





รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10

Proceeding

The 10th Rajamangala University of Technology National Conference

ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมสู่ประเทศไทย 4.0

RMUT Driving Innovation for Thailand 4.0

กลุ่มสาขา : วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี



1-3 สิงหาคม 2561

โรงแรมเรือรัษฎา จังหวัดตรัง

ชื่อหนังสือ

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 (10th RMUTNC)

กลุ่มสาขา วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

เจ้าของลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ สงรักษ์

จำนวนหน้า 1389 หน้า

เผยแพร่ สิงหาคม 2561

ออกแบบโดย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
179 หมู่ 3 ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

คณะอนุกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ

การจัดประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ครั้งที่ 10

ผู้ทรงคุณวุฒิ Session 3 วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

1. ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.นันทชัย ชูศิลป์
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พิทักษ์ บุญนุ่น
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.จินดา สามัคคี
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพงษ์ บุญช่วยแทน
5. ดร.ชัชฎา หนูสาย
6. ดร.ชยานิษฐ์ บุญสนิท
7. ดร.ปฏิมากร จันทร์พริ้ม

2.ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ลพ ภวภูตานนท์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สิริพร โรจนนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สนติพีร์ เอมมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
5.	รองศาสตราจารย์ดร.ปิยะพร คามภีรภาพพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
6.	ดร.ทนงศักดิ์ อิ่มใจ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
7.	ดร.วันโชค เครือหงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
8.	ดร.สุชาติ ทองรัมภากุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
10.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิวัฒน์ มูเก็ม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
11.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เฉลิมพล คล้ายนิล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ชูศักดิ์ คีรีรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
13.	ดร.จักราวุธ ตันสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
14.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.จิระพล กลิ่นบุญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
15.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศิษฐ์ ลีลาผาติกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
16.	ดร.โศภิดา สังข์สุนทร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

17. ดร.ณัฐวุฒิ สุวรรณภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
18. ดร.ฐกัด เบญจเลิศยานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ไกรฤกษ์ เชยชื่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
20. รองศาสตราจารย์ดร.พิชิต กิตติสุวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
21. อาจารย์ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
22. อาจารย์ประพัทธ์ อานมณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
23. ดร.ไชยณรงค์ กิตติญาณปัญญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
24. ดร.จักรพงษ์ ตรีตรง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
25. ดร.ชัยพร ปานยินดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
26. ดร.พีรัมพร จิรนันทนาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
27. ดร.ชัยพิชิต คำพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
28. ดร.ปรัชญา มงคลไวย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
29. ดร.บัญชา เหลือแดง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
30. อาจารย์อดิศักดิ์ แข็งสาริกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
31. อาจารย์เรืองยศ เกตุรักษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
32. ว่าที่ ร.ต. เจษฎาพร สถานทรัพย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พงศกร เกิดช้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
34. ดร.พัสกร สิงโต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
35. ดร.ปวีณา ชัยวนารมย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
36. ดร.มนต์รวี ทองเสน่ห์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
37. ดร.ติณณภพ แพงผม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัช อนุชานุรักษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
39. ดร.พินิจ ศรีธร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
40. ดร.อิทธิพล วรพันธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
41. ดร.สุจิตรา อุ่นเรือน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
42. ดร.จารุพงษ์ บรรเทา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
43. ดร.นิรัติศักดิ์ คงทน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
44. ดร.เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
45. ดร.ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุมามาลย์ บรรเทิง มหาวิทยาลัยศิลปากร

47.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.อังก์ศิริ ทิพยารมณ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
48.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ศิวนิต อรรถวุฒิกุล	มหาวิทยาลัยศิลปากร
49.	ดร.กฤติกา แก้วจำนง	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
50.	ดร.อนันท์ ชกสุริวงค์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

คำนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้รับมอบหมายให้เป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 (10th RMUTNC) และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9th RMUTIC) ระหว่างวันที่ 1-3 สิงหาคม 2561 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง เพื่อเป็นเวทีสำหรับนักวิจัยในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและมุมมองในด้านวิชาการเทคโนโลยีสร้างสรรค์ รวมถึงการค้นพบนวัตกรรมทางการศึกษาและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่มีความสำคัญในการสร้างประโยชน์แก่สังคม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการพัฒนาเศรษฐกิจทั่วภูมิภาคของประเทศไทย ตามนโยบายรัฐบาล สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยรู้สึกเป็นเกียรติอย่างสูงที่ได้เป็นเจ้าภาพจัดการประชุมในปีนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมเสียสละทั้งแรงกายและแรงใจและเวลาอันมีค่า เพื่อผลักดันให้เกิดการประชุมวิชาการครั้งนี้ขึ้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าพลังความร่วมมืออย่างต่อเนื่องจากการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่ง จะพัฒนาเติบโตต่อเนื่องไปทุกปี จนก้าวสู่การเป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำของประเทศไทย

ในการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 (10th RMUTNC) และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9th RMUTIC) ประกอบไปด้วยปาฐกถาพิเศษ การนำเสนอผลงานวิจัยจากนักวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง และนักวิจัยนักวิชาการสถาบันอุดมศึกษาในประเทศและต่างประเทศ โดยมีการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติจำนวน 482 ผลงาน ผลงานวิจัยระดับนานาชาติ 53 ผลงาน และสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมจำนวน 49 ผลงาน ตลอดจนการแสดงนิทรรศการผลงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (Proceeding) ฉบับนี้เป็นของกลุ่มสาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์ รวมจำนวน 129 บทความ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ เพื่อการนำไปแลกเปลี่ยนความรู้ทางวิชาการในอนาคต

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารจากอธิการบดี

ตามที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยได้เป็นเจ้าภาพการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 (10th RMUTNC) และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9th RMUTIC) ระหว่างวันที่ 1-3 สิงหาคม 2561 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง นั้น ด้วยการวิจัยเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างละเอียดลึกซึ้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลองค์ความรู้ เทคโนโลยี นวัตกรรม หรือผลงาน ซึ่งมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ทั้ง 9 แห่ง ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาการวิจัย และระบบส่งเสริมและสนับสนุนการแสวงหาองค์ความรู้จากการวิจัยในแต่ละศาสตร์เพื่อพัฒนาวิชาการ ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน และในฐานะที่เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่เน้นทักษะความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี และสร้างนวัตกรรมเพื่อชุมชนสังคม ได้มุ่งพัฒนางานวิจัยที่ตอบโจทย์ความต้องการในการพัฒนาชุมชนทุกระดับอย่างต่อเนื่อง

ดังนั้นการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 (10th RMUTNC) และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 (9th RMUTIC) ประจำปี 2561 ภายใต้หัวข้อ : **ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0** ซึ่งเป็นจุดสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง และภาคีหน่วยงานที่สนับสนุนการวิจัยระดับประเทศ ประกอบด้วย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) และสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ที่จะนำเสนอผลงานวิจัยอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาสังคมไทยให้เกิดความเข้มแข็งและยั่งยืน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้เกียรติเป็นเจ้าภาพร่วม และขอขอบคุณท่านวิทยากรปาฐกถาพิเศษ ผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิจัย ผู้ร่วมประชุมและนำเสนอผลงานวิจัย คณะกรรมการดำเนินการจัดประชุมวิชาการฯ ทุกท่าน รวมทั้งบุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลทั้ง 9 แห่ง ที่มีส่วนร่วมให้การจัดประชุมวิชาการในครั้งนี้ สัมฤทธิ์ผลตามความมุ่งหมายทุกประการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ หนูเนียม
รักษาราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สารบัญ

กลุ่มสาขา: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคบรรยาย**

รหัส	ชื่อเรื่อง	ผู้นำเสนอ	หน้าที่
NO3-001	การจำแนกสถานที่ท่องเที่ยวและจัดการเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดตราดด้วยเทคนิค Heuristic Solution	มีนนภา รักษ์หิรัญ	1
NO3-002	ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่	ธีรภพ แสงศรี	13
NO3-003	การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต	อังคณา สินน้อย	25
NO3-004	การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ป่วยโรคเอดส์ ด้วยเครื่องระบุตำแหน่ง สำหรับเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จังหวัดเชียงใหม่	นรินทร์ จิวิตัน	37
NO3-005	การพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กรณีศึกษา สื่อประชาสัมพันธ์วัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา	ภาณุวัฒน์ ศิริกัน	47
NO3-006	ระบบการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา	ละออ ศรีสุมา	60
NO3-007	ระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์	ศราวุฑ คงลำพันธ์	75
NO3-008	ระบบสแกนใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลเข้าใช้ห้องบนราสเบอร์รี่ไพ	จินดา สามัคคี	84
NO3-009	การประชาสัมพันธ์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ผ่านสื่อออนไลน์	ศิรินันทร์ นาพอ	97
NO3-010	การพัฒนาแอพพลิเคชั่นประชาสัมพันธ์และรับสมัครโควตาวิทยาลัยรัตภูมิผ่านสมาร์ทโฟน	วันประชา นวนสร้อย	106
NO3-011	ระบบควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องจำหน่ายเวลา	กาญบัญชา พานิชเจริญ	116
NO3-012	การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน สำหรับแจ้งการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานผ่านโซเชียลมีเดีย	นเรศ ขวัญทอง	124
NO3-013	การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง	สิริรักษ์ ขันฒานุรักษ์	138
NO3-014	การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานจากเถ้าปาล์มน้ำมันสำหรับชุมชนท้องถิ่น	อมเรศ บกสุวรรณ	145
NO3-015	การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจากเศษหินไรโอไลต์	ประชุม คำพุฒ	156
NO3-016	คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก	จรูญ เจริญเนตรกุล	166
NO3-017	การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันทาง: การเปรียบเทียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตและวิธีสมดุลขีดจำกัด	กงกิจ ยิ่งเจริญกิจขจร	183
NO3-018	การศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา	ขวัญชีวา หยงสตาร์	195
NO3-022	การออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณากรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์	เพ็ญสุภา รัตนบุษยาพร	204

NO3-024	อิทธิพลของตัวสร้างกระแสการหมุนวนที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุน	ตฤษฐพร แก้วสุก	221
NO3-027	การควบคุมความชื้นสบู่จากสมุนไพรใบพลูด้วยตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์	อาริษา โสภาจารย์	235
NO3-028	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน	บัญชา เหลือแดง	242
NO3-029	การหาผลได้และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย	ศราวุธ จิตต์พินิจ	252
NO3-030	การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิค	จารุวัฒน์ เจริญจิต	265
NO3-031	ไพโรไลซิสองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว	ยรรยง สุขคล้าย	278
NO3-032	ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้ลมร้อนร่วมกับ การเป่าอากาศแวดล้อม	เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์	288
NO3-033	ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก	ทินวัฒน์ จังจริง	296
NO3-035	การศึกษาการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการจราจรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	ฐนียา รังสีสุริยะชัย	307
NO3-036	การเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำเสียบ่อเกรอะด้วยกระบวนการกรองแบบผันกลับ	ปิติพร มโนคุ้น	315
NO3-037	การลดของเสียในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพ	กฤษณะ สุรินทร์	322
NO3-038	การพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศรายงานผลบนสมาร์ทโฟน	อาทิตย ยาวุฑฒิ	337
NO3-039	การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศที่ภาคกลางของประเทศไทย ประเทศกัมพูชาและประเทศพม่า	รุสมาดี สะบูดิง	346
NO3-040	การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับเศษอาหารในการผลิตก๊าซชีวภาพ	คฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์	357
NO3-041	การแก้ปัญหาโรครากเน่าของพืชไฮโดรโพนิคส์ที่เกิดจากอุณหภูมิด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ	อดิศักดิ์ แข็งสาริกิจ	365
NO3-043	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช	กรสิริณัฐ โรจนวรรณ์	371
NO3-045	การปรับปรุงประสิทธิภาพในการเบิกจ่ายสินค้าในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอาง	วิภาวรรณ นิยมเวช	382
NO3-046	การปรับปรุงประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้ว	วาเศรษฐ ศรขวัญ	392
NO3-047	การพัฒนาคุณสมบัติการต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ผสมเส้นใยทะลายเปล่าปาล์ม โดยวิธีการบ่มไอน้ำ	พีระพงษ์ เพ็ชรพัน	403
NO3-048	อิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน	พรนรายณ์ บุญราศี	413
NO3-049	การศึกษาเบื้องต้นเพื่อผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม	วิบูลย์ จันทรมณี	428
NO3-050	อิทธิพลของอัตราส่วน Na2SiO3:NaOH ต่อกำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์	เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒพงศ์	436

NO3-051	ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อถนนลาดยางมะตอยผสมสำเร็จ ด้วยเครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา	พุทธพล ทองอินทร์ดำ	445
NO3-052	การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิก	วุฒิชัย ปวงมณี	458
NO3-053	การศึกษาปัจจัยของหอผึ่งเย็นแบบไหลสวนทางสำหรับเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาด 100 ลิตร : กรณีศึกษาโรสแมรี่	นฤเบศร์ หนูใสเพ็ชร	473
NO3-054	การใช้หลักการลีนในการพัฒนาระบบรับสมัครโควตาออนไลน์เพื่อลดขั้นตอนกาทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบ Agile กรณีศึกษา มทร.ศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ	วันประชา นวนสร้อย	480
NO3-055	การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาแผนกวิศวกรรม โรงแรม WSP	จารุวรรณ พรหมเงิน	489
NO3-057	ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย	กรภัทร เฉลิมวงศ์	498
NO3-058	แบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจี และตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่	วันเฉลิม ชั้นวัฒนพงศ์	510
NO3-059	การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงสำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตในการเชื่อมโลหะ	สรายุทธ มณีงาม	519
NO3-061	วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างแบบซีมอสที่มีช่วงสวิงกว้างไฟเลี้ยงต่ำโดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า	อภิรักษ์ เสือเดช	529
NO3-062	การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือนด้วยเพียโซอิเล็คทริค	นิติพัฒน์ จอมมงคล	543
NO3-063	การพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และระบบขับเคลื่อน สำหรับรถสามล้อไฟฟ้า	นเรศ สุยะโรจน์	553
NO3-064	กรณีศึกษา การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยารีดอกซ์เพื่อประกอบการตัดสินใจนำไปใช้งาน	กฤดิกร แก้ววงศ์ศรี	563
NO3-065	การออกแบบสายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจากสถานีโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดิน	คมกฤช บุญยิ่ง	577
NO3-066	ชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลป	ภูเบต แสงมะฮะหมัด	590
NO3-068	สายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมสำหรับประยุกต์ใช้กับ การสื่อสารไร้สาย	เอกสิทธิ์ นุกูลเจริญลาภ	605
NO3-069	ศึกษาสนามการไหลและประสิทธิภาพของกังหันลมแนวแกนนอน จากอวิสต้าโปรไฟล์ในอุโมงค์ลม	ติณณภพ แพงผม	612
NO3-070	การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงด้วยการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น	ภูเบต แสงมะฮะหมัด	625
NO3-071	การพัฒนาสื่อสิ่งพิมพ์ความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์	อุมาพร ไชยสูง	636
NO3-072	โครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ	บุญฤทธิ์ คุ้มเขต	647
NO3-073	ระบบจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์	ไพศาล สุธีบรรเจิด	662
NO3-074	การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการสำรวจเชิงอุทกศาสตร์	ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์	671
NO3-075	การพัฒนาวิธีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ โดยประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด	กิ่งกาญจน์ ปวนสุรินทร์	687
NO3-076	การสร้างแผนที่และระบบนำทางสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	ศุภชัย มะเดื่อ	699

NO3-077	เครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด	คณิศร บุญรัตน์	705
NO3-078	เครื่องทำเม็ดแป้งสาคู	พนม อินทฤทธิ์	715
NO3-079	การพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์	สถาพร ขุนเพชร	724
NO3-080	ระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ	กฤษฎา พวงสุวรรณ	738
NO3-081	แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน	นุชจิเรศ แก้วสกุล	750
NO3-083	การพัฒนาชุดการฝึกงานวัดละเอียด	กฤษฎา คงพูน	757
NO3-084	การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก	สาคร อินทะชัย	771
NO3-085	การพัฒนาเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามเพื่องานจักสาน	ธนะวิทย์ ทองวิเชียร	780
NO3-086	เครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ	จตุพร ใจดำรง	787
NO3-087	รถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์	ไพฑูรย์ รักเหลือ	800
NO3-088	ตู้รับจดหมายอัจฉริยะ	ธีรโชติ โมทอง	813
NO3-090	การศึกษามุมเอียงผิวหน้าดายที่มีอิทธิพลในการลากขึ้นรูปลึกถ้วยอลูมิเนียม	เชษฐ อุทธิยัง	820
NO3-092	การวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือโดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลและการหากฎความสัมพันธ์	ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์	833
NO3-093	การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยตามมาตรฐาน ISO13287:2012	วรพจน์ หมีงาม	848
NO3-094	ค่าต้านการลื่นเฉลี่ยสำหรับรองเท้านิรภัยในประเทศไทย โดยเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นตามมาตรฐาน ISO13287:2012	วรพจน์ หมีงาม	865
NO3-096	การวิเคราะห์โดยใช้เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นในการตัดสินใจในการเปลี่ยนและคัดเลือกเครื่องปรับอากาศกรณีศึกษาโรงแรมระดับ 3 ดาวแห่งหนึ่งในอำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่	อนันต์ สันติอมรทัต	877
NO3-097	การลดอุบัติเหตุทางจราจรในสถาบันการศึกษา ด้วยป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก	พุทธพล ทองอินทร์ดำ	891

กลุ่มสาขา: วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี **ภาคโปสเตอร์**

รหัส	ชื่อเรื่อง	ผู้นำเสนอ	หน้า
NP3-001	การประยุกต์ใช้ตัวแบบเกรย์เพื่อการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดตาก	จักรกฤษณ์ เคลือบวัง	900
NP3-002	การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ	วรกฤช ดอนคำเพ็ง	909
NP3-003	การสร้างและออกแบบหุ่นยนต์ ABU 2017 “ยุทธการจานร่อน	สุประวิทย์ เมืองเจริญ	922
NP3-004	การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต่อสู้	สุประวิทย์ เมืองเจริญ	930
NP3-005	การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	เมทิกา พ่วงแสง	940
NP3-006	การพัฒนาฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน และ	พัชราภรณ์ หงส์สิบสอง	949

	การแสดงผลข้อมูลด้วยระบบคิวอาร์โค้ด		
NP3-007	ระบบม่านพลางแสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะ	บุญญฤทธิ์ วังงอน	959
NP3-008	การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นแบบมีส่วนร่วม กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผ่านเว็บแอพพลิเคชั่น	ศวรรณรัศม์ อภัยพงค์	968
NP3-009	ระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต	พิมพ์ใจ ธรรมอินทร์	980
NP3-010	การศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาดูโนสำหรับแจ้งเตือนภัย	กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์	989
NP3-011	การวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย	พรคิด อั้นขาว	998
NP3-012	AR Guide Book 5 สถานที่ท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ จังหวัดภูเก็ต	จิรวัฒน์ จำปาทอง	1011
NP3-013	แอปพลิเคชันบัญชีครัวเรือน	มณฑาทิพย์ ศรีจันทร์	1019
NP3-014	อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับแอปพลิเคชันฟาร์มผัก	นพรัตน์ จันทร์สุวรรณ	1026
NP3-016	การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร กรณีศึกษาเกษตรกรจังหวัดภูเก็ต	ธีรเมธ เสมพืช	1033
NP3-017	แอปพลิเคชันบริการร้านซักรีด	จีรพงศ์ พลเดช	1041
NP3-018	การพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์ เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก	ปฏิกมล โพธิคามบำรุง	1054
NP3-019	แอพพลิเคชั่นการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ต	วสันต์ รอดคืน	1068
NP3-020	การศึกษาและการค้นหาแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ	ศิริลักษณ์ อินทสโร	1078
NP3-021	วิทยาการข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์และคาดคะเนการเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต	พลวัต มณีสุรัตน์	1092
NP3-022	การสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์	ฉันทนา ปาปัดถา	1101
NP3-023	หนังสือการ์ตูนเสริมการเรียนเรื่องระบบสุริยะ	ฉันทนา ปาปัดถา	1114
NP3-024	สื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ	ฉันทนา ปาปัดถา	1121
NP3-025	การพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก	มรกต ทองพรหม	1128
NP3-026	แนวทางการพัฒนาการปรับปรุงชุดดันปลดชิ้นงานโดยใช้ลมในแม่พิมพ์ขึ้นรูป	ธวัชชัย ชาติตำนาญ	1140
NP3-027	การผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์วัสดุผสมจากน้ำยางธรรมชาติผสมกับเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว	สมพงษ์ พิริยายนต์	1147
NP3-028	ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ	กิตติกร ขันแกล้ว	1155
NP3-029	ชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์	กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา	1169
NP3-030	การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน	ประกอบ ชาติภุกต์	1182
NP3-031	ผลกระทบในงานก่อสร้างจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดของโครงการบ้านจัดสรร	ชูเกียรติ ชูสกุล	1191
NP3-032	ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเถ้าปาล์มน้ำมัน	ประชุม คำพุฒ	1200

NP3-033	การวิเคราะห์ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศที่ภาคกลาง และภาคเหนือของประเทศไทย และประเทศลาว	รุสมาดี สะบูดิง	1209
NP3-034	การออกแบบระบบป้อนโซเดียมไฮโปคลอไรด์ในระบบน้ำหล่อเย็นของโรงกลั่นน้ำมัน	ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน	1219
NP3-035	การศึกษาประสิทธิภาพของตัวกรองจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับการแยกน้ำมัน	วิทวัส สิงห์สังข์	1232
NP3-036	การพยากรณ์การผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในประเทศไทยด้วยการวิเคราะห์ด้วยอนุกรมเวลา	ณัฐพล ดีเสมอ	1238
NP3-037	การบำบัดน้ำผิวดินด้วยเม็ดบีดสารสกัดจากมะรุม	ปทุมทิพย์ ปราบพาล	1251
NP3-038	เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์	จงรักษ์ เนียมสวรรค์	1263
NP3-040	การศึกษาโอ่งสำหรับย่างไก่ด้วยการประยุกต์ใช้ขดลวดทำความร้อน	กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์	1276
NP3-042	เครื่องล้างลูกละมุด	อมร อ้นกรอง	1286
NP3-044	อัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด	ปรีดา เสมา	1297
NP3-045	การศึกษาระดับผลกระทบของปัจจัยและต้นทุนด้านโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรม แปรรูปกล้วยในเขตภาคเหนือตอนล่าง	พินิจ บุญเอี่ยม	1309
NP3-047	ศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา	1317
NP3-048	การศึกษาความเหมาะสมเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว	ชนิดา ป้อมเสน	1331
NP3-049	การจำแนกสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้การรับรู้ระยะไกล: กรณีศึกษา อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช	อภิรัญธ์ จันทร์ทอง	1341
NP3-050	การศึกษาหาค่ากำลังของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์	รพีพงศ์ เปี่ยมสุวรรณ	1349
NP3-051	การวิเคราะห์เสถียรภาพความนิ่งเฉยแบบทนทานสำหรับโครงข่ายประสาทชนิดเป็นกลางที่มีตัวหน่วยแปรผันตามช่วงเวลา	ณรงค์ศักดิ์ โยธา	1358
NP3-052	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง	พุทธิพร เทียมสินสังวร	1367
NP3-053	ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส โดยใช้โปรแกรม พีแอลซี	นุชจิเรศ แก้วสกุล	1378

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10

“ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

Session 3

สาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาคบรรยาย

การจำแนกสถานที่ท่องเที่ยวและจัดการเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดตราด ด้วยเทคนิค Heuristic Solution

Landmarks Classification and Travel Routing Management in Trat Province Using Heuristic Solution

มีนนภา รักษ์หิรัญ[1*] พูลศิริ ประคองภักดิ์[1] สุทธิพงศ์ คล่องดี[2] และ มนัสนันทน์ บุญปาลวงศ์[2]

Meennapa Rukhiran[1*], Poonsiri Prakongpuk[1], Suttipong Kongdee[2] and Manassanan Bunplanwong[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อรวบรวมและจัดทำฐานข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดตรา 2) เพื่อประยุกต์ใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์และนำเสนอแนะนำแหล่งท่องเที่ยวและเส้นทางท่องเที่ยวโดยประยุกต์ใช้ Clarke & Wright saving เป็นพื้นฐานในการจัดกลุ่มเส้นทางและเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด จากการใช้คู่มือการประเมินมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวของกรมการท่องเที่ยว เพื่อประเมินความเหมาะสมของสถานที่ตามองค์ประกอบที่แตกต่างกันตามคู่มือของทั้ง 4 ประเภท โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านเป็นผู้ประเมินจากสถานที่จริง พบว่ามีสถานที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน 18 แห่ง จากนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแผนที่นำทางท่องเที่ยวโดยสร้างจุดเชื่อมโยงของสถานที่กับข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ ละติจูดและลองจิจูด เพื่อจัดทำเส้นทางวิเคราะห์โครงข่ายเชื่อมโยงเส้นทางของสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมดด้วยโปรแกรม Google Maps สามารถแบ่งเส้นทางตามระยะทางที่เหมาะสมได้ 3 เส้นทาง ได้แก่ 1) เส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยา 2) เส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ 3) เส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ เพื่อแนะนำแหล่งท่องเที่ยวและเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดตราดให้เป็นที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้น

คำสำคัญ : เส้นทางที่เหมาะสม, แหล่งท่องเที่ยว, จังหวัดตราด

---

[1] สาขาวิชาการคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ตำบลพลวง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22210

[1] Department of Computer Science, Faculty of Social Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-OK, Chanthaburi Campus, Chanthaburi Province 22210, Thailand

[2] สาขาโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง คณะเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ตำบลพลวง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22210

[2] Department of Logistics and Transportation System Management, Faculty of Social Technology, Rajamangala University of Technology Tawan-OK, Chanthaburi Campus, Chanthaburi Province 22210, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : meennapa_ru@rmutto.ac.th

ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) to collect database of landmarks in Trat Province 2) to apply geographic information for analysis and present tourist attractive suggestion. Clarke & Wright's algorithm basing on time window is used to category groups of routes and to analyze routing optimization. By applying the four standard manuals of tourism from the department of tourism, the evaluation survey of the appropriated tourist attraction have been studied toward the manuals by three specialists. The results have found that there are eighteen landmarks selecting through the evaluations criteria. After that the researchers have designed tourist attractive suggestion. The relationships between each landmark are performed by using geographic information (latitude and longitude). The analysis of the shortest routes is designed for collecting the network analyst extension using Google Maps. There are three routes that are designed to link the landmarks: 1) The route of studying nature and ecology 2) The route of learning cultural art and history 3) The route of studying nature and learning cultural art and history. The final purpose of this design is to suggest landmarks of Trat Province in order to get more popular and to increase economy. The better routes suggestion is obtained by the proposed method comparing to the manual system.

Keyword: Route Optimization, Landmark, Trat Province

บทนำ

ในปัจจุบันระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) สามารถประยุกต์ กับงานได้หลากหลาย อาทิ การวางผังเมือง การศึกษา เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร การศึกษาและติดตาม ภัยพิบัติ และด้านการท่องเที่ยว GIS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพใช้ในการจัดการ วิเคราะห์ และแสดงผลทั้งในระดับชุมชนและระดับภูมิภาค สามารถประยุกต์ GIS กับงานด้านการท่องเที่ยวได้หลากหลาย ได้แก่ การจัดทำบัญชีรายชื่อสิ่งอำนวยความสะดวกด้านนันทนาการ การจัดการการเส้นทางท่องเที่ยวทางบก (ธัญญรัตน์ ไชยคราม, 2555, ชุติมา เจิมขุนทด, 2554) การประเมินผลกระทบของนักท่องเที่ยว ระบบการจัดการข้อมูลการท่องเที่ยว (สุรงค์รัตน์ เชาว์โคกสูง และจักรกฤษณ์ เส่นห์, 2554, ณรงค์ พลีรักษ์, 2556) และระบบสนับสนุนการตัดสินใจด้านการท่องเที่ยว ด้วยข้อจำกัดของเวลาที่ใช้สำหรับการท่องเที่ยว นักท่องเที่ยว บางส่วนต้องการเที่ยวชมแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ข้อมูลของแหล่งท่องเที่ยวและการประเมินเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากที่พักไปยังแหล่งท่องเที่ยวจึงมีความจำเป็น เพื่อประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่ง GIS และการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing: RS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ GIS และ RS ช่วยทำให้นักท่องเที่ยวสามารถวางแผนและมองเห็นข้อมูลเส้นทางเชิงพื้นที่สำหรับใช้เดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวนั้น ๆ ในระยะเวลา และระยะทางที่สั้นที่สุด

แผนพัฒนาจังหวัดตราด พ.ศ. 2557 – 2560 จัดทำขึ้นภายใต้คณะกรรมการบริหารงานจังหวัดแบบบูรณาการจังหวัดตราด (ก.บ.จ.ตร.) โดยได้กำหนดและดำเนินการบูรณาการกับทุกภาคส่วนในการเชื่อมโยงแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัด

กับส่วนกลาง กลุ่มจังหวัด จังหวัด และท้องถิ่น ให้สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 พ.ศ. 2555-2559 กรอบยุทธศาสตร์การพัฒนาภาค กลุ่มจังหวัด รวมทั้งวิเคราะห์ปัญหาความต้องการของประชาชน แนวโน้มสถานการณ์ ศักยภาพของจังหวัด (SWOT) สภาพภูมิสังคมที่เป็นอัตลักษณ์และวิถีชีวิตของพื้นที่ โดยในแผนพัฒนาจังหวัดตราดนั้น ได้วางแนวทางในการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยพบว่าเกิดปัญหาด้านการท่องเที่ยว ได้แก่ การบริหารจัดการแหล่งท่องเที่ยวยังไม่เป็นระบบ ขาดบุคลากรที่มีสมรรถนะ ด้านการส่งเสริมการท่องเที่ยว มัคคุเทศก์ท้องถิ่นยังขาดความรู้ในภาพรวมของจังหวัด และแหล่งท่องเที่ยวที่มีอยู่เดิมหลายแห่งมีความเสื่อมโทรม ไม่ได้รับการฟื้นฟู ปรับปรุงและบำรุงรักษา รวมทั้งปัญหาการไม่ทราบถึงแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจอื่น ๆ ภายในจังหวัดตราด เนื่องจากนักท่องเที่ยวให้ความสนใจในการท่องเที่ยวเฉพาะตามเกาะต่างๆ ของจังหวัดตราด เช่น เกาะช้าง เกาะหมาก และเกาะกูด เป็นต้น อีกทั้งเส้นทางการเดินทางไปท่าเรือเพื่อไปยังเกาะนั้นไม่ผ่านพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด ทำให้นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติไม่มีโอกาสได้สัมผัสความสวยงามของแหล่งท่องเที่ยวอื่น ๆ

ดังนั้นจากปัญหาการขาดการบริหารจัดการแหล่งท่องเที่ยว ปัญหาการขาดความรู้ และไม่ทราบถึงข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว นำไปสู่การนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับอัลกอริทึมของ Clarke & Wright saving ให้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัยในหัวข้อการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อแนะนำแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดตราด โดยคณะผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถจัดการแหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดตราดให้เป็นระบบ และช่วยเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวภายในจังหวัดตราดมากขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนารายได้ของท้องถิ่น และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดของเทคนิคการคำนวณเส้นทางของ Heuristic นั้น คือ การแก้ปัญหา การเรียนรู้ และการค้นหาเส้นทางท่องเที่ยวที่ดีที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกัน ซึ่งเทคนิคของ Heuristic นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อการตัดสินใจ (Wikipedia, n.d.) องค์ประกอบของการคำนวณนั้น (Girish Potdar และ R Thool, 2015) ประกอบด้วย กราฟแบบไม่มีทิศทาง (Undirected graph) กำหนดให้ G (V, E) โดยที่ V คือ จุด (Vertices) ได้แก่ สถานที่ (Location) และ E คือ เส้นทางหรือด้าน (Edge) ที่ใช้ในการเชื่อมแต่ละจุดเข้าด้วยกัน สำหรับจุดเริ่มต้นของการคำนวณนั้น กำหนดให้ Vertex คือ V_0 ซึ่งสามารถคำนวณตำแหน่งของสถานที่ถัดไป จากจุดเริ่มต้น (V_0) ถึงจุดสิ้นสุด (V_j) ทั้งนี้ อาจมีสถานที่ท่องเที่ยวอื่น ๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ V_i โดยที่ i มากกว่าหรือเท่ากับ 1 (for $i \geq 0$) การคำนวณระยะทางของเส้นทางได้จากการกำหนดให้ ($V_0 - V_i - V_0$) (Karel Jerabek, Peter Majercak, Katarinma Valaskova, and Tomas Kliestik, 2016)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณเส้นทางด้วยสมการ (1), (2), (3)

$$C(V_i, V_j) \geq 0 \quad \text{---------- (1)}$$

$$C(V_i, V_j) = C(V_i, V_j) \quad \text{---------- (2)}$$

$$C(V_i, V_j) = C(V_i, V_k) + C(V_k, V_j) \quad \text{---------- (3)}$$

ดังนั้น สามารถระบุได้ว่า $C(V_i, V_j)$ คือ ค่าใช้จ่ายของเส้นทาง (V_i, V_j)

อัลกอริทึม **Clark and Wright ถูกพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 คืออัลกอริที่ออกแบบเพื่อแก้ปัญหาเส้นทางเดินรถ ถือว่าเป็นอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมสำหรับการประยุกต์ใช้**แนวคิดของเทคนิคการคำนวณเส้นทางของ Heuristic โดยที่ระยะเวลาการเดินทางจะหมายถึง ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด (Emrana Hasan และ Md. Zaman, 2016) การคำนวณเส้นทางเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุดนั้นมีคุณสมบัติดังนี้ แต่ละสถานที่ต้องเข้าถึงเพียงครั้งเดียว จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดต้องเป็นจุดเดียวกัน โดยการหาคำนวณนั้นต้องเลือกกำหนดและตั้งค่าความเร็วของพาหนะให้มีค่าสูงสุดตามเส้นทางเดินรถตามที่กฎหมายกำหนด

สำหรับการตัดสินเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดใช้สูตร (4) นั้นจะมีการกำหนดค่าข้อมูล และการตัดสินใจดังนี้

กำหนดให้ข้อมูล ได้แก่ C : ความเร็วของรถ

V : เซตของจุดหยุดพัก ด้วย $|V| = n$

E : เซตของเส้นทางระหว่างจุดหยุดพัก

C_{ij} : ค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากจุด i ไป j

S_{ij} : ถ้ารถไปหยุดยังจุดเริ่มต้นที่ 1 จะกำหนดให้ i = 0

ดังนั้น $t_{max} = \sum_{i \in v} x_{ijk} \quad \forall i \in V, k = 1,\ldots, n$ ---------- *(4)*

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาพบว่า มีหลายงานวิจัยได้นำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเส้นทางและแหล่งท่องเที่ยวที่เหมาะสม สำหรับด้านการแนะนำเส้นทางท่องเที่ยวนั้น ธัญญรัตน์ ไชยคราม (2555) ได้นำเสนอเส้นทางการเข้าถึงสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อให้เสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุด โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อแสดงจุดต่างๆ ของแหล่งท่องเที่ยว และใช้กระบวนการ Network Analyst วิเคราะห์ข้อมูลโครงข่ายของเส้นทาง โดยแบ่งเส้นทางท่องเที่ยวเป็น 4 สาย มีการกำหนดระยะทาง เวลาเดินทาง และระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าชมสถานที่ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละเส้นทางจะประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยวมากกว่า 10 แห่งขึ้นไป อีกทั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาระบบบริการข้อมูลการท่องเที่ยวและกำหนดการเดินทางท่องเที่ยว โดยสุรางค์ รัตน์ เชาว์โคกสูง และจักรกฎษณ์ เสน่ห์ (2554) ได้ทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบการท่องเที่ยวด้วยการเชื่อมโยงเส้นทางและแหล่งวิสาหกิจการบริการภายในท้องถิ่น การจัดการกฎ (Rule Base) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อการคำนวณให้ค่าน้ำหนักความเหมาะสมของแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวและการบริการที่เกี่ยวข้อง ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้รองรับการค้นหาและแจ้งผลการกำหนดการเดินทางโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ด้านการแก้ปัญหาด้วยเทคนิค Heuristic สำหรับการจัดตารางรถบัสนั้น Emrana Hasan และ Md. Zaman (2016) ได้นำอัลกอริทึม Clark and Wright มาใช้ในการพัฒนาเส้นทางเดินรถบัส จากผลการทดสอบพบว่า เส้นทางที่พัฒนาขึ้นเป็นเส้นทางแบบไดนามิก (Dynamic) และเป็นเส้นทางที่เร็วที่สุด รองรับการ ใช้งานด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อรองรับการ Web GIS ถือเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการจัดเส้นทางและระยะทางที่สั้นที่สุดเพื่อการสร้างระบบสารสนเทศสำหรับตอบสนองความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน Adzanil Putra, Fatwa Ramdani และ Retno Rokmawati (2017) ได้นำระบบ Web GIS มาประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาของระบบจัดการสารสนเทศเพื่อรองรับข้อร้องเรียนต่าง ๆ ของร้านแมคโดนัล (McDonald) ที่สามารถรองรับการแสดงผลระดับการร้องเรียนด้วยแผนที่ ทำให้เจ้าของร้านสามารถตรวจสอบระดับขอร้องเรียนด้วยการใช้สีที่ ๆ แตกต่างกันเพื่อแสดงถึงพื้นที่ที่มักถูกร้องเรียนทั้งบริการและอาหารเป็นประจำ ด้วยการจำแนกเป็น 3 สี ได้แก่ สีแดง หมายถึง พบข้อร้องเรียนมาก สีเหลือง หมายถึง พบข้อร้องเรียนปานกลาง สีเขียว หมายถึง ไม่พบข้อเรียกเลย

วิธีดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1. การรวบรวมข้อมูลพื้นที่ในจังหวัดตราด

การรวบรวมข้อมูลแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดตราดจากการสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ กรมการท่องเที่ยวจังหวัดตราด และเว็บไซต์ต่าง ๆ รวมทั้งเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นทำการคัดเลือกแหล่งท่องเที่ยวโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจงตามความแตกต่างของพื้นที่

2. การเก็บข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว

การเก็บข้อมูลแหล่งท่องเที่ยว ได้แก่ ค่าพิกัด โดยใช้ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System : GPS) ได้แก่ ละติจูดและลองจิจูด รวมทั้งการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการลงพื้นที่จริง และเส้นทางที่มีการปรับปรุงด้วย GPS และจากภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลตำแหน่งเชิงภูมิศาสตร์

3. การประเมินมาตรฐานคุณภาพของแหล่งท่องเที่ยว

การประเมินมาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน โดยใช้คู่มือการประเมินมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวของกรมการท่องเที่ยว แบ่งตามประเภทของสถานที่ท่องเที่ยว 4 ประเภท ได้แก่ 1) คู่มือการประเมินแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศวิทยา 2) คู่มือการประเมินแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์3) คู่มือการประเมินแหล่งท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรมและขนบธรรมเนียมประเพณี 4) คู่มือการประเมินแหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ ค่าคะแนนแต่ละประเภทคิดเป็น 100 คะแนนเต็ม ใช้วิธีการลงพื้นที่เพื่อสำรวจโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้สถานที่ท่องเที่ยวที่คัดเลือกในระดับดีเป็นต้นไป ได้แหล่งท่องเที่ยวทั้งหมด 18 จุด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แหล่งท่องเที่ยวที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์การประเมินมาตรฐานคุณภาพแหล่งท่องเที่ยวในชุมชน

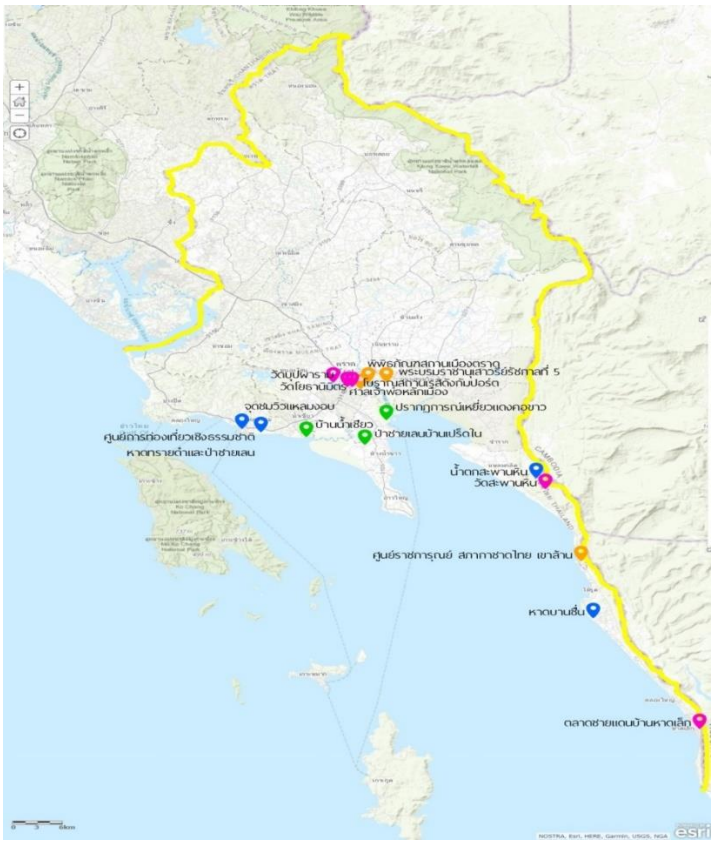
แหล่งท่องเที่ยว	ละติจูด	ลองจิจูด
จุดชมวิวแหลมงอบ	12.172169	102.39408
ตลาดชายแดนบ้านหาดเล็ก	11.652005	102.90880700000001
น้ำตกสะพานหิน	12.101143	102.729214
บ้านน้ำเชี่ยว	12.176022	102.450147
โบราณสถานเรสิดังกัมปอร์ต	12.2419	102.513288
ปรากฏการณ์เหยี่ยวแดงคอขาว	12.19986	102.53422
ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน	12.210902	102.551676
พระบรมราชานุเสาวรีย์รัชกาลที่ 5	11.1245	102.15
พิพิธภัณฑสถานเมืองตราด	12.267450	102.423323
วัดบุปผาราม	12.249619	102.495124

วัดโยธานิมิต	12.244208	102.507963
วัดสะพานหิน	12.103781	102.701397
ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	12.243559	102.50862100000002
ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน	**12.167597**	**102.440332**
ศูนย์ราชการุณย์ สภากาชาดไทย เขาล้าน	11.9736031	102.7747395
หาดบานชื่น	11.892651	102.788593
อ่าวตาลคู่	12.203819	102.27983999999999

ผลการวิจัย

การจัดทำฐานข้อมูเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรม Google Map เพื่อเชื่อมโยสถานที่ทั้งหมด 18 แห่งและตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ภาพรูปที่ 1 แสดงภาพขยายของสถานที่ท่องเที่ยวตามจุดต่าง ๆ ตามสีที่แตกต่างกัน

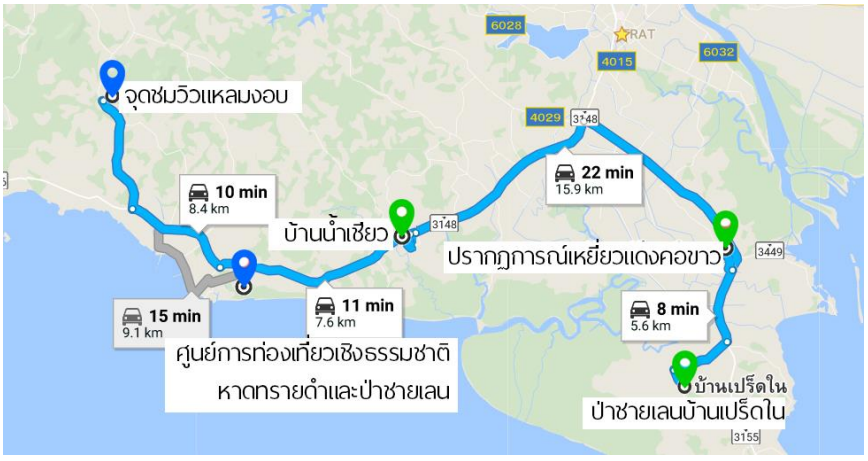
1. แหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศวิทยา แทนด้วยสัญลักษณ์
2. แหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ แทนด้วยสัญลักษณ์
3. แหล่งท่องเที่ยวเชิงศิลปวัฒนธรรมและขนบธรรมเนียมประเพณี แทนด้วยสัญลักษณ์
4. แหล่งท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติ แทนด้วยสัญลักษณ์



ภาพที่ 1 แสดงภาพของสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมดของจังหวัดตราด

จากนั้นวิเคราะห์เส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Route) เพื่อจัดทำเส้นทางวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyst Extension) เชื่อมโยงเส้นทางของสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด 18 แห่ง สามารถแบ่งเส้นทางตามระยะทางที่เหมาะสมได้ 3 เส้นทางดังภาพที่ 2-4

1. เส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยา ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว 5 จุด และ 4 เส้นทาง ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยา

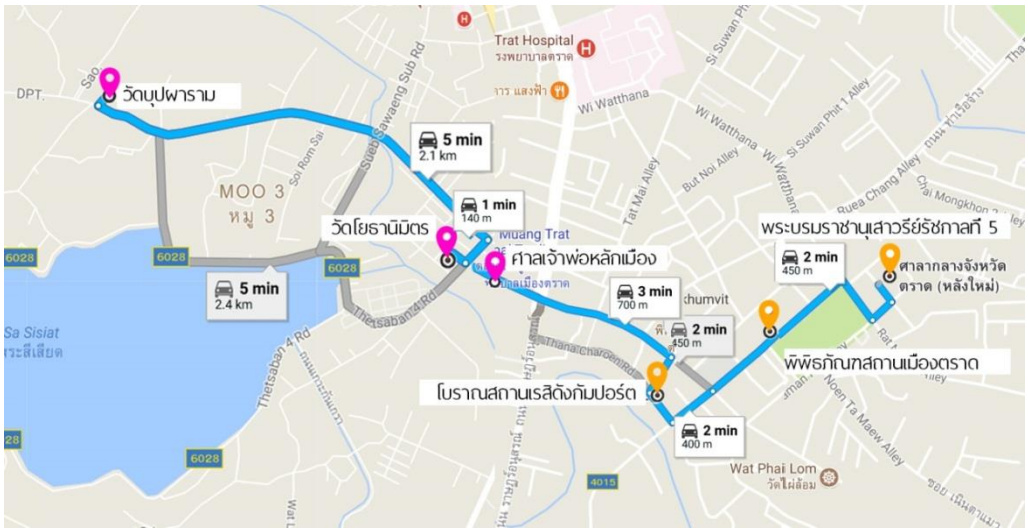
จากภาพที่ 2 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยา สามารถแสดงตารางเปรียบเทียบระยะทางและเวลาเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบเส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยา

เส้นทางที่	จุดเริ่มต้น	จุดสิ้นสุด	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
1	จุดชมวิวแหลมงอบ	ศูนย์การท่องเที่ยวฯ	8.40	10
2	ศูนย์การท่องเที่ยวฯ	บ้านน้ำเชี่ยว	7.60	11
3	บ้านน้ำเชี่ยว	ปรากฏหารณ์เหยี่ยวฯ	15.90	22
4	ปรากฏการณ์เหยี่ยวฯ	ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน	5.60	8
		รวม	37.50	51

ตารางที่ 2 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและนิเวศวิทยาโดยเริ่มเดินทางจากจุดชมวิวแหลมงอบ เพื่อไปยังป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน รวมระยะทางทั้งสิ้น 37.5 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาการเดินทาง 51 นาที

2. เส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว 6 จุด และ 5 เส้นทาง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงเส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์

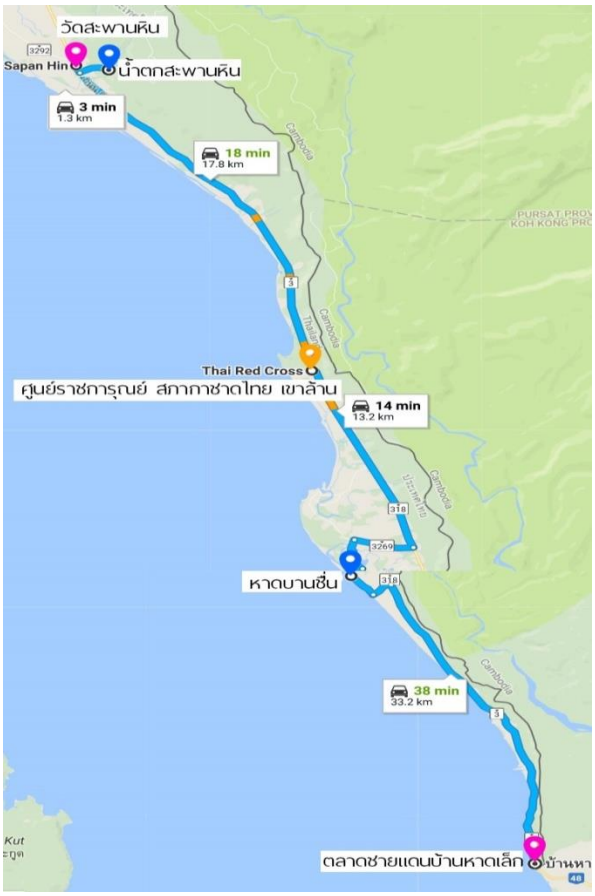
จากภาพที่ 3 แสดงเส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ สามารถแสดงตารางเปรียบเทียบระยะทางและเวลาเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางเปรียบเทียบเส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์

เส้นทางที่	จุดเริ่มต้น	จุดสิ้นสุด	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
1	วัดบุปผาราม	วัดโยธานิมิตร	2.10	5
2	วัดโยธานิมิตร	ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	0.14	1
3	ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	โบราณสถานฯ	0.70	3
4	โบราณสถานฯ	พิพิธภัณฑสถานฯ	0.40	2
5	พิพิธภัณฑสถานฯ	พระบรมราชานุเสาวรีย์	0.45	2
		รวม	3.69	13

ตารางที่ 3 แสดงเส้นทางเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์โดยเริ่มเดินทางจากวัดบุปผาราม เพื่อไปยังพระบรมราชานุเสาวรีย์รัชกาลที่ 5 รวมระยะทางทั้งสิ้น 3.69 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาการเดินทาง 13 นาที

3. เส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ ประกอบด้วยสถานที่ท่องเที่ยว 5 จุด และ 4 เส้นทางดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์

จากภาพที่ 4 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์ สามารถแสดงตารางเปรียบเทียบระยะทางและเวลาเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบเส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์

เส้นทางที่	จุดเริ่มต้น	จุดสิ้นสุด	ระยะทาง (กม.)	เวลา (นาที)
1	น้ำตกสะพานหิน	วัดสะพานหิน	1.30	3
2	วัดสะพานหิน	ศูนย์ราชการฯ	17.80	18
3	ศูนย์ราชการฯ	หาดบานชื่น	13.20	14
4	หาดบานชื่น	ตลาดชายแดนฯ	33.20	38
		รวม	65.60	73

ตารางที่ 4 แสดงเส้นทางศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์โดยเริ่มเดินทางจากน้ำตกสะพานหินเพื่อไปยังตลาดชายแดนบ้านเล็ก รวมระยะทางทั้งสิ้น 65.60 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาการเดินทาง 73 นาที

อย่างไรก็ตามเส้นทางที่ออกแบบนั้นเป็นการจัดกลุ่มเส้นทางจากการใช้เทคนิควิเคราะห์ระยะทางที่ สั้นที่สุด เนื่องด้วยจังหวัดตราดเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก แต่ละเส้นทางที่ออกแบบมีความยาวไม่เกินเส้นทางละ 2 ชั่วโมง ทำให้นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่สนใจสามารถเลือกท่องเที่ยวทั้ง 3 เส้นทางครบภายในเวลา 1 วัน โดยเริ่มจากเส้นทางที่ 2 (เรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์) ตามด้วยเส้นทางที่ 1 (เรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์) และ เส้นทางที่ 3 (ศึกษาธรรมชาติและเรียนรู้ศิลปวัฒนธรรมและประวัติศาสตร์) ตามลำดับ หรืออาจจะเลือกกำหนดเส้นทางท่องเที่ยวจากประเภทของสถานที่ท่องเที่ยวตามความสนใจได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการสำรวจข้อมูลและออกแบบเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดตราดที่มีความเหมาะสมตามพื้นที่ ทางภูมิศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของ Clarke & Wright saving เป็นพื้นฐานในการจัดกลุ่มเส้นทางและเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด สำหรับรูปแบบของการจัดกลุ่มเส้นทางนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Emrana Hasan และ Md. Zaman (2016) ที่ได้ประยุกต์ใช้อัลกอริทึมดังกล่าวในการคำนวณหาเส้นทางสำหรับการจัดตารางรถบัสของโรงเรียน ทั้งนี้คณะผู้วิจัยพบว่าอัลกอริทึมของ Clarke & Wright มีความยืดหยุ่นเพื่อรองรับการจัดระบบเส้นทางที่หลากหลายทั้งการเดินทางรถยนต์และรถประจำทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการคำนวณและการประยุกต์ใช้ของผู้วิจัยในแต่ละสถานที่ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้การแบ่งพื้นที่ตามคู่มือการประเมินมาตรฐานแหล่งท่องเที่ยวของกรมการท่องเที่ยว สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ประกอบด้วย เชิงนิเวศวิทยา ประวัติศาสตร์ ศิลปวัฒนธรรมและขนบธรรมเนียมประเพณี และธรรมชาติสอดคล้องกับงานวิจัยของณรงค์ พลีรักษ์ (2556) ที่ได้ทำการแบ่งประเภทของเส้นทางท่องเที่ยวเป็น 4 ประเภทเช่นกัน อย่างไรก็ตามรูปแบบการแบ่งเส้นทางการท่องเที่ยวของพื้นที่แต่ละจังหวัดย่อมมีความแตกต่างกันตามสถานที่ท่องเที่ยว ลักษณะของสภาพแวดล้อมและความเป็นธรรมชาติ เช่น การแนะนำเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดสุพรรณบุรี (ธัญญรัตน์ ไชยคราม, 2555) ได้ทำการแบ่งพื้นที่เป็น 4 ประเภท โดยมีการแบ่งแหล่งท่องเที่ยวทางการเกษตรเพิ่มเติมเข้ามาแทนแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่คณะผู้วิจัยได้ทำการ

แบ่งเส้นทางท่องเที่ยวของจังหวัดตราดไว้ รวมทั้งคณะผู้วิจัยเชื่อว่าการใช้สีที่แตกต่างกันหรือการกำหนดสัญลักษณ์ในแผนที่จะช่วยให้นักท่องเที่ยวสามารถเข้าใจแผนที่และเลือกตัดสินใจท่องเที่ยวได้ง่ายขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูล และการศึกษาประวัติศาสตร์ของสถานที่ต่าง ๆ ในจังหวัดตราดพบว่า เป็นจังหวัดที่มีความสำคัญและเหมาะสมทั้งทางยุทธศาสตร์ของการสงครามและสถานที่ท่องเที่ยวที่มีความสวยงามดึงดูดใจ คณะผู้วิจัยได้ทำการจำแนกสถานที่ท่องเที่ยวเป็น 4 ประเภท ซึ่ง 4 ประเภทดังกล่าวมีความหลากหลายและแตกต่างกันเหมาะสำหรับการเดินทางมาท่องเที่ยวของทุกเพศและทุกวัย อย่างไรก็ตามจากการสำรวจความรับผิดชอบและการลงทุนของหน่วยงานต่าง ๆ ในการพัฒนาสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดตราด พบว่า ส่วนใหญ่ยังอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของรัฐบาลและองค์การการปกครองในระดับจังหวัด ยังไม่มีการลงทุนของเอกชน ยกเว้นการสร้างท่าเรือเพื่อข้ามไปยังเกาะต่าง ๆ มากกว่า สำหรับข้อเสนอแนะของงานวิจัยนั้นหลังจากการประยุกต์ใช้ Heuristic Solution ในการวิเคราะห์เส้นทางเพื่อแนะนำแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดตราดนั้นยังเป็นงานวิจัยในเชิงสำรวจและออกแบบเส้นทางเท่านั้น ผู้สนใจสามารถนำผลการออกแบบไปพัฒนาต่อยอดเป็นระบบสารสนเทศในรูปแบบของเว็บไซต์สำหรับรองรับการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดตราด เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวของจังหวัดตราดให้เป็นที่รู้จักมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2559 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

เอกสารอ้างอิง

ชุติมา เจิมขุนทด. (2554). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาระดับการเข้าถึงในการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ: กรณีศึกษาเทศบาลนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ณรงค์ พลีรักษ์. (2556). ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อจัดการการท่องเที่ยวชุมชนในจังหวัดชลบุรี. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.** 36(2): 235-248.

สุรางค์รัตน์ เชาว์โคกสูง และ จักรกฤษณ์ เสน่ห์. 2554. การพัฒนาระบบบริการข้อมูลการท่องเที่ยวและแนะนำกำหนดการท่องเที่ยวด้วยการแสดงผลในลักษณะระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. **วารสารมนุษย์และสังคมศาสตร์** 2(1): 31-45.

ธัญญรัตน์ ไชยคราม. 2555. การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อแนะนำเส้นทางการท่องเที่ยวในจังหวัดสุพรรณบุรี. *ใน* **รายการประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตแห่งชาติครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**, กรุงเทพฯ.

Hasan, E. k. and Zaman, M. S. 2016. GIS based on Heuristic Solution of the Vehicle routing Problem to Optimize the School Bus Routing and Scheduling, pp. 56 – 60. *In* **19th International Conference on Computer and Information Technology**. Dhaka, Bangladesh.

Jerabek, K., Majercal, P., Valaskov, K, Kliestik, T. 2016. **Application of Clark and Wright´s Savings Algorithm Model to Solve Routing Problem in Supply Logistics. Nase more** 63(3) : 115 - 119.

Potdar, G. and Thool, R. 2014. Optimal Solution for Shortest Path Problem Using Heuristic Search Technique. **International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)** 3(9) : 3247 – 3256.

Putra, A. R., Ramdani, F., and Rokhmawati, R. I. 2017. Development of Web-GIS Based Customer Complaint Management Information System, pp 48 - 54. *In* **IEEE International Symposium on Geoinformatics 2017. Jalan Veteran Malang, Indonesia**.

Wikipedia. n.d. **Heuristic**. Available Source: https://en.wikipedia.org/wiki/Heuristic, March 2, 2018.

ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน : กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่

Development of Information Management System for Community Fund : Case Study of Community Housing Chiang Mai

ธีรภพ แสงศรี [1] และ อนัญญา พักเรือง [1]

Theeraphop Saengsri [1] and Ananya Pukreuang [1]

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ในการพัฒนาระบบสารสนเทศใช้วิธีการพัฒนาแบบวงจรชีวิตของการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Life Cycle : SDLC) โดยใช้วิธีการพัฒนาแบบวอเทอร์ฟอล โมเดล (Waterfall Model) โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาคือ ไมโครซอฟท์วิชวลสตูดิโอ 2010 (Microsoft Visual Studio 2010) ใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) เป็นภาษาในการเขียนโปรแกรม ร่วมกับระบบฐานข้อมูลไมโครซอฟท์เอสคิวแอลเซิฟร์เวอร์ 2005 (Microsoft SQL Server 2005) มีการวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล ให้รองรับกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยลักษณะของระบบสารสนเทศเป็นในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดว์ สามารถแบ่งประเภทผู้ใช้งานระบบเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1. เจ้าหน้าที่กองทุน สามารถจัดการข้อมูลสมาชิก ข้อมูลเงินฝาก ข้อมูลการกู้เงินและการชำระเงินกู้ ข้อมูลหุ้นของสมาชิก รายรับรายจ่ายของกองทุน และ 2. ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ ข้อมูลอัตราดอกเบี้ยเงินกู้และอัตราเงินปันผลเงินฝาก คำนวณผลกำไร ณ สิ้นปี และเรียกดูรายงานจากระบบ ประกอบไปด้วยทั้งหมด 5 รายงาน ได้แก่ รายงานข้อมูลการฝากเงิน รายงานการกู้เงิน รายงานการชำระเงินกู้ รายงานข้อมูลการซื้อหุ้น และรายการอัตราปันผลหุ้นและเงินฝาก จากผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ได้ผลสรุปภาพรวมความพึงพอใจอยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.615

คำสำคัญ: กองทุนชุมชน, ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการ, โปรแกรมประยุกต์บนระบบปฏิบัติการวินโดว์

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to develop the Information Management System for Community Fund, Case Study of Community Housing Chiang Mai, and 2) to evaluate the usage of satisfaction of the Information Management System for Community Fund, Case Study of Community Housing Chiang Mai.

The researcher developed this system as a window application that use Microsoft Visual Studio 2010 based on C# with Microsoft SQL Server 2005 database and analyze and design the system that meet the needs of users. It was developed to collect community funds information. There are two groups of people to use this system are: 1) staff can manage membership information, deposit information, loan payment information and income information 2) administrator can manage user information, interest rate and deposit rates, calculate the profit at the end of the year, browse 5 reports include deposit report, loan report, payment report, purchase report and stock dividend and deposit rate report.

The result from the study of the user's satisfaction towards the system was on the good level (M=4.06, SD=0.615)

Keywords: Community Funds, Management Information Systems, Windows Application

---

[1] หลักสูตรระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง เชียงใหม่ 50300 โทรศัพท์ : 053-921444 ต่อ 2680 E-mail: tees@rmutl.ac.th

[1] Bachelor of Business Administration Program in Computer Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, 128 Huay Kaew Road Amphoe Muang Chiang-Mai 50300, Thailand

บทนำ

กองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ ได้ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ. 2544 ในรัฐบาลของนายกทักษิณ ชินวัตร ได้มีนโยบายเพื่อแก้ปัญหาความยากจนของชุมชนทั่วประเทศ โดยได้ให้เงินลงทุนแก่ชุมชน ชุมชนละ 1,000,000 บาท และให้จัดตั้งเป็นกองชุมชนและโดยให้ลูกบ้านที่มีรายได้น้อยได้มากู้ยืมเงินไปประกอบอาชีพหรือประกอบกิจการภายในชุมชนและทางกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่นั้นได้ให้ลูกบ้านมากู้ยืมเงินไปประกอบกิจการของลูกบ้านมาเป็นระยะเวลาหลายปีแล้ว

จากการศึกษาระบบการทำงานของกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ เดิมนั้นทางกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ได้ทำการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ด้วยเอกสาร เช่น ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินเงินฝาก ข้อมูลหุ้นของสมาชิก ข้อมูลการกู้เงินและการชำระเงินกู้ โดยข้อมูลเหล่านี้ขาดการดูแลรักษาในด้านของความปลอดภัยของข้อมูล จึงเกิดก่อให้เกิดการกระจัดกระจายของข้อมูลและเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ รวมไปถึงปัญหาความซ้ำซ้อนของข้อมูลและการจัดเก็บเอกสารหรือหลักฐานต่างๆ และทางกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่นั้นไม่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ส่งผลให้การจัดเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นจากการทำงานเดิมของทางกองทุนเองสามารถสรุปปัญหาที่เกิดขึ้นได้ คือ การค้นหาข้อมูลเป็นไปอย่างลำบากและล่าช้า การจัดเก็บข้อมูลด้วยเอกสารทำให้มีการเปลืองพื้นที่หรือสถานที่ในการจัดเก็บรักษาเอกสารนั้นๆ และเอกสารมีโอกาสสูญหายได้ และทางกองทุนเงินล้านยังไม่มีนโยบายในการจัดสรรโปรแกรมสำเร็จรูปที่จะนำมาจัดเก็บข้อมูลเหล่านี้

จากปัญหาดังกล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยได้คิดถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา คือ ทำการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาเพื่อบริหารและจัดการข้อมูลกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ขึ้น เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในการจัดเก็บข้อมูลแบบเดิมและช่วยอำนวยความสะดวกในการจัดการกับข้อมูลต่างๆ ที่กองทุนจะต้องทำขึ้น โดยจะมีการจัดเก็บข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลแทนการเขียนข้อมูลลงในสมุด ซึ่งในการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาครั้งนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการบริหารของกองทุนได้อีก

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ของกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ของกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่โดยใช้การสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 12 คน
2. เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ และแบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่
3. การสร้างและการตรวจคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย 2 ส่วน ดังนี้
    3.1 ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ได้มีการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบโดยมีขั้นตอนในการพัฒนาดังนี้
        1) ศึกษาและรวบรวมข้อมูล (Study Problem) เป็นขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อเข้าใจการทำงานของระบบงานในปัจจุบัน
        2) วิเคราะห์ระบบงานเดิมและหาแนวทางแก้ไขปัญหา (Analysis) มีการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบงานใหม่ ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design) เป็นขั้นตอนของการกำหนดถึงลักษณะของรูปแบบที่เกิดจากการทำงานของระบบ ลักษณะของการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบโดยการใช้ แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) เพื่อให้เห็นขั้นตอนการทำงานได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น การออกแบบฐานข้อมูลโดยกำหนดว่าในระบบต้องมีแฟ้มข้อมูลที่จำเป็นอะไรบ้างและแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล (Entity Relationship Diagram หรือ ER Diagram) รวมไปถึงการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

4) ออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design) เป็นขั้นตอนที่ระบุถึงลักษณะอุปกรณ์ทางกายภาพที่จะนำมาใช้ เทคโนโลยีและเทคนิคที่สำคัญต่างๆ ภาษาที่จะนำมาเขียนโปรแกรมเพื่อใช้เขียนโปรแกรมตามลักษณะการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบและกำหนดไว้ มีการเลือกใช้ฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับระบบ

5) การพัฒนาระบบ เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากวิเคราะห์และออกแบบ มาพัฒนาที่เครื่องคอมพิวเตอร์

6) การทดสอบและแก้ไขระบบ

7) ติดตั้งระบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งานและจัดทำคู่มือการใช้งาน

3.2 แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีวิธีการสร้างดังนี้

1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ

2) สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ เป็นแบบมาตรประเมินค่า 5 ระดับ ดังนี้ 5 หมายถึง ดีมาก 4 หมายถึง ดี 3 หมายถึง ปานกลาง 2 หมายถึง น้อย และ 1 หมายถึง น้อยมาก โดยสามารถแบ่งเนื้อหาการประเมินความพึงพอใจออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านการทำงานและด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ

3) นำแบบประเมินความพึงพอใจ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ โดยใช้วิธีคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) และให้ค่าคะแนน ดังนี้ ค่าคะแนนเป็น 1 หมายถึง ใช้ได้ ค่าคะแนนเป็น 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และค่าคะแนนเป็น -1 หมายถึง ใช้ไม่ได้ จากนั้นคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งเกณฑ์การตัดสินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา คือ ถ้า IOC > 0.50 หมายถึง ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับเนื้อหา ถ้า IOC <= 0.50 หมายถึงข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับเนื้อหา

4) ปรับปรุงแบบประเมินความพึงพอใจ ตามผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

4. ขั้นตอนและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 แนะนำการใช้งานระบบให้กับผู้ใช้งาน

4.2 ให้ผู้ใช้งานทดลองใช้งาน

4.3 ให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจ

4.4 เก็บรวบรวมข้อมูลและประเมินผล

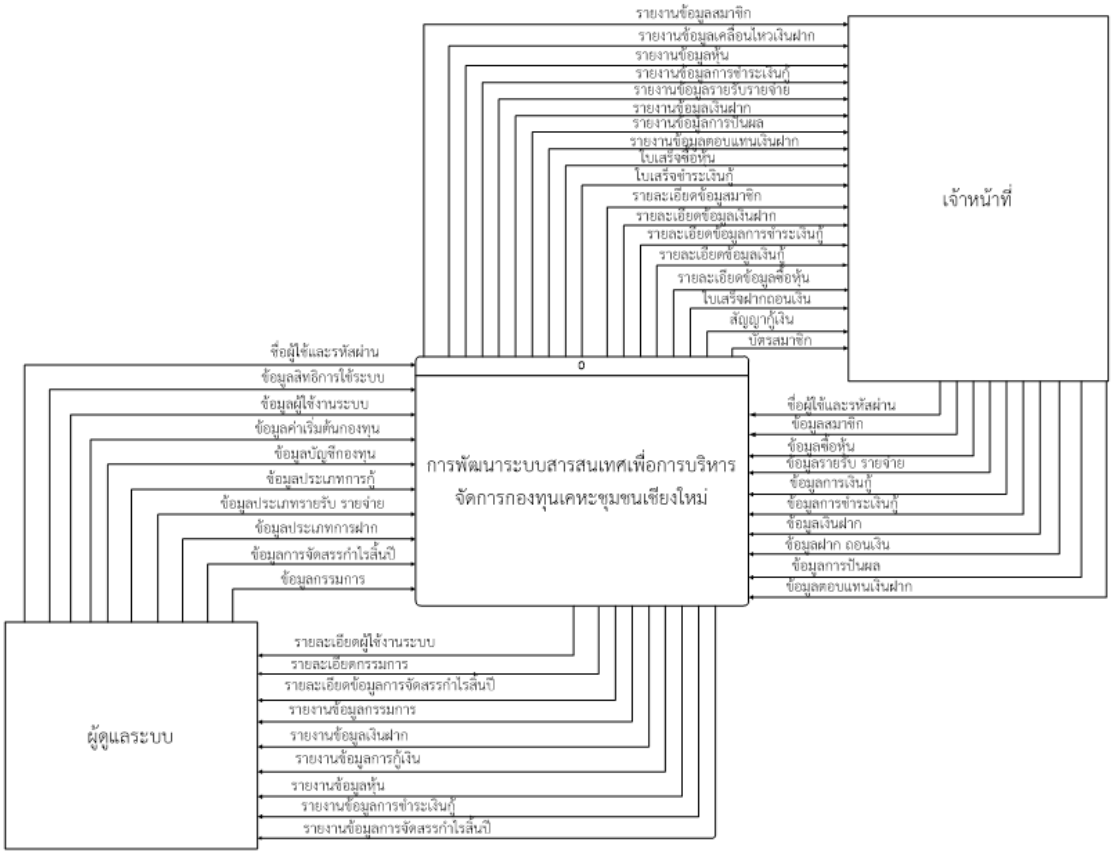
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

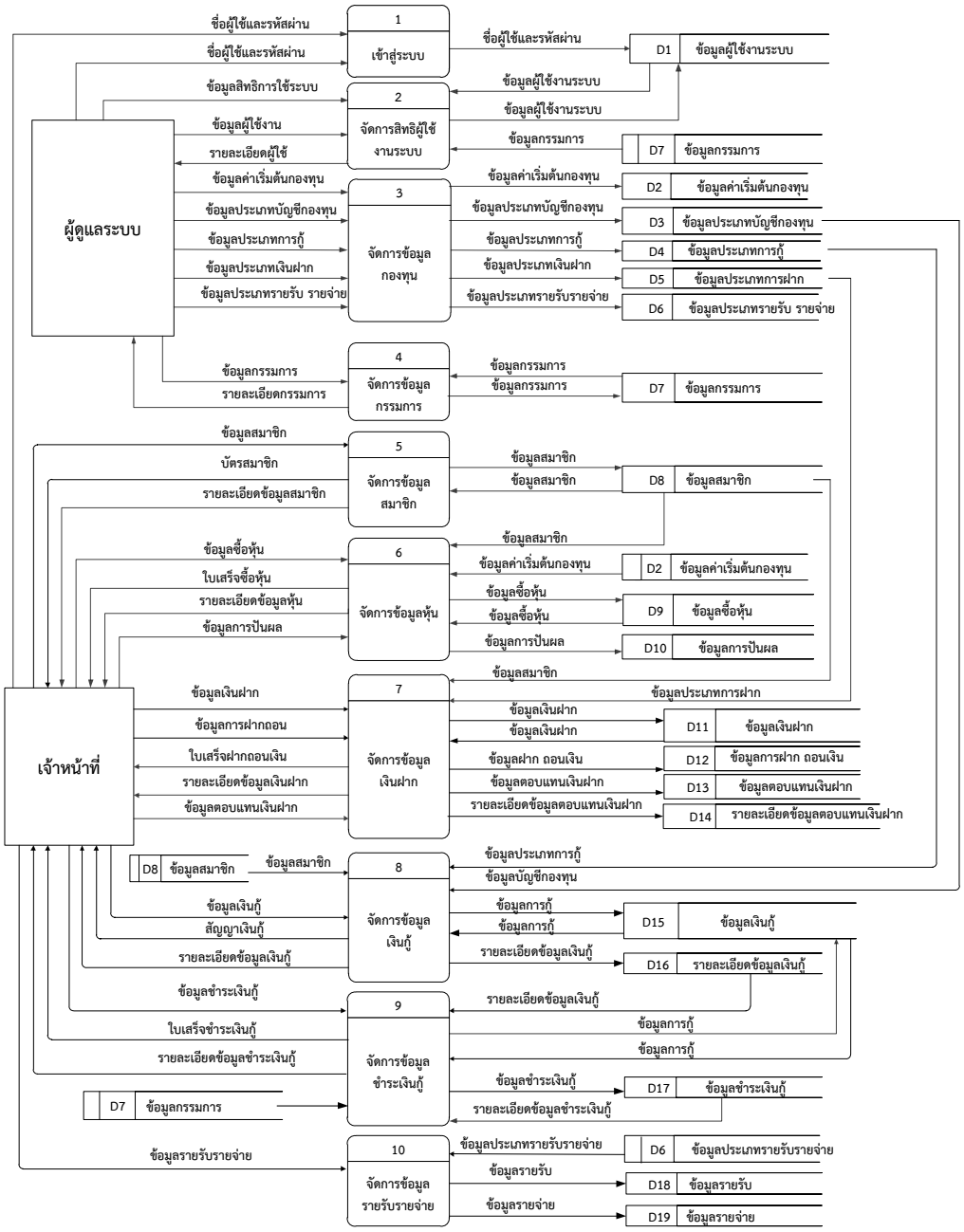
5.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบโดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลและวิจารณ์ผล

ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ตามผู้ใช้งาน คือ 1. ผู้ดูแลระบบ และ 2. เจ้าหน้าที่กองทุน สามารถแสดงแผนผังบริบท (Context Diagram) ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงแผนภาพบริบท (Context Diagram)



ภาพที่ 2 แสดงแผนกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram)

จากภาพที่ 2 สามารถอธิบายแต่ละกระบวนการได้ดังนี้

กระบวนการที่ 1 เข้าสู่ระบบ เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบ และเจ้าหน้าที่ ต้องผ่านการตรวจสอบสิทธิ์ของผู้ใช้ก่อน โดยจะเข้าสู่ระบบ โดยใช้ชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านก่อน เพื่อเข้าไปทำรายการต่างๆ ภายในระบบ

กระบวนการที่ 2 จัดการสิทธิผู้ใช้ เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบ เข้าระบบโดยชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านที่กำหนด โดยมีหน้าที่หลักคือ สามารถเข้ามาเพื่อ เพิ่ม แก้ไข ลบ และค้นหาข้อมูลของผู้ใช้งาน และกำหนดสิทธิ์ของผู้ใช้งานเองได้

กระบวนการที่ 3 จัดการข้อมูลค่าเริ่มต้นกองทุน เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบ เข้ามาเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับระบบ สามารถทำการค้นหา เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลทั่วไปของกองทุน ข้อมูลประเภทบัญชีกองทุน และกำหนดอัตรา

ดอกเบี้ยในแต่ละรายการของข้อมูลประเภทการกู้ กำหนดราคาต่อหุ้นในข้อมูลหุ้น อัตราผลตอบแทนเงินฝาก และจัดการข้อมูลประเภทรายรับ รายจ่าย

กระบวนการที่ 4 จัดการข้อมูลกรรมการ เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบเข้ามาเพื่อจัดการข้อมูลค้นหา เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลกรรมการ

กระบวนการที่ 5 จัดการข้อมูลสมาชิก เป็นกระบวนการสำหรับเจ้าหน้าที่กองทุน เข้ามาจัดการข้อมูลสมาชิก สามารถ ค้นหา เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลสมาชิก

กระบวนการที่ 6 จัดการข้อมูลซื้อหุ้น เป็นกระบวนการสำหรับเจ้าหน้าที่ เข้ามาเพื่อเพิ่ม จำนวนหุ้นที่สมาชิกต้องการทำรายการ บันทึกข้อมูลการซื้อ ของสมาชิก และออกใบเสร็จซื้อ ให้กับสมาชิก สามารถคำนวณเงินปันผลหุ้นในวันสิ้นปีได้

กระบวนการที่ 7 จัดการข้อมูลเงินฝาก เป็นกระบวนการสำหรับเจ้าหน้าที่กองทุน เข้ามาเพื่อจัดการข้อมูลการเปิดบัญชีเงินฝากของสมาชิกที่ต้องการฝากเงินกับกองทุน สามารถรับฝากเงิน ถอนเงินให้สมาชิกได้ สามารถคำนวณอัตราตอบแทนเงินฝากได้

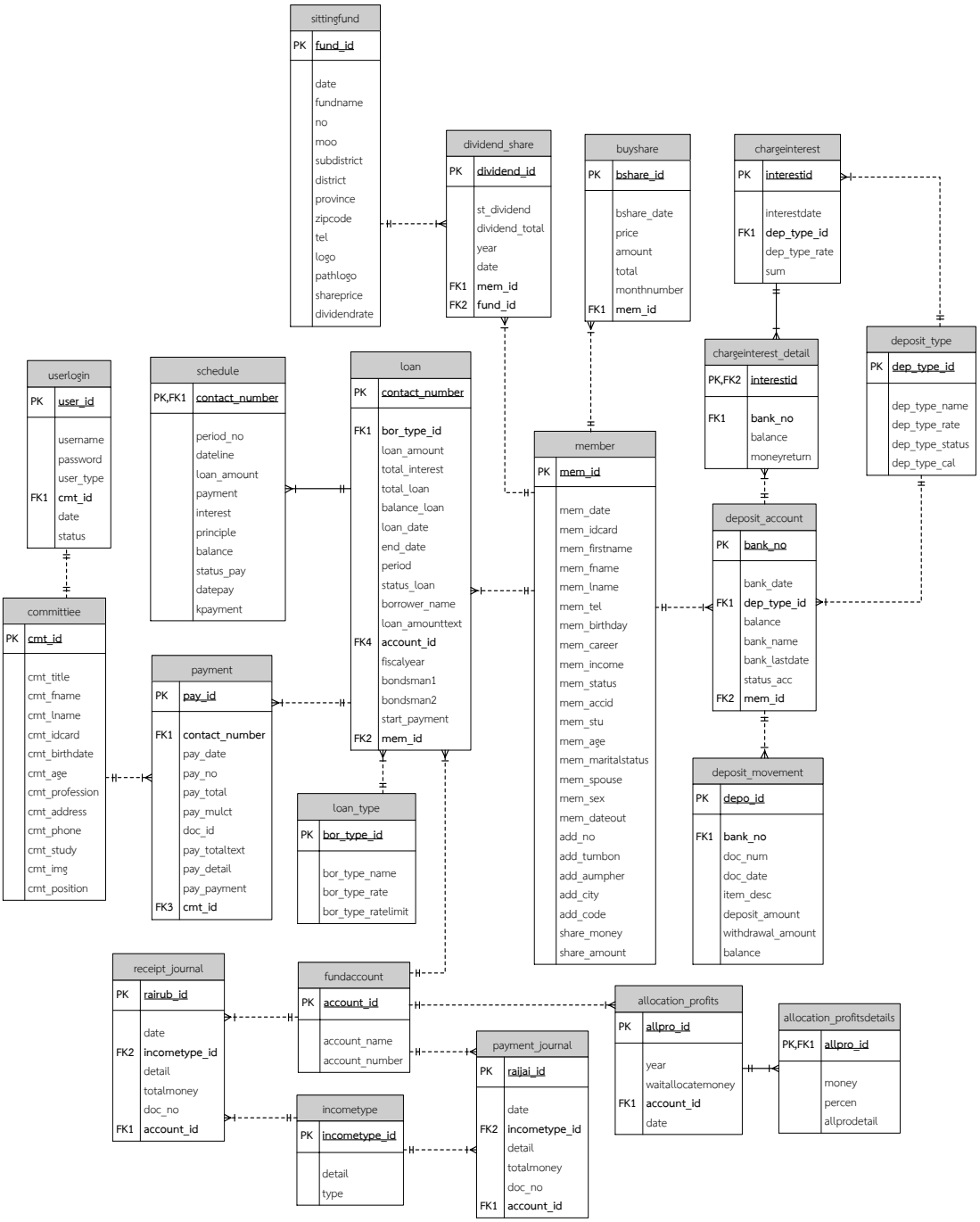
กระบวนการที่ 8 จัดการข้อมูลเงินกู้ เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบและเจ้าหน้าที่กองทุน เข้ามาจัดการข้อมูลการกู้เงินของสมาชิก คำนวณค่างวดและดอกเบี้ยตามประเภทการกู้ และออกใบสัญญาเงินกู้ ให้สมาชิกเก็บไว้

กระบวนการที่ 9 จัดการข้อมูลชำระเงินกู้ เป็นกระบวนการสำหรับเจ้าหน้าที่กองทุน เข้ามาเพื่อจัดการข้อมูลชำระเงินกู้คืนของสมาชิกสามารถค้นหา เลขที่สัญญาเงินกู้เพื่อชำระเงินและคำนวณอัตราค่าปรับตามประเภทการกู้ และออกใบเสร็จชำระเงินคืนให้กับสมาชิก

กระบวนการที่ 10 จัดการข้อมูลบัญชีรายรับ รายจ่าย เป็นกระบวนการสำหรับเจ้าหน้าที่กองทุน เข้ามาเพื่อจัดการข้อมูลรายการในบัญชีรายรับ และ รายจ่ายของกองทุน และแสดงรายงานรายรับรายจ่ายหลังจากบันทึกรายการบัญชีรายรับรายจ่าย

กระบวนการที่ 11 จัดการข้อมูลจัดสรรกำไรสิ้นปี เป็นกระบวนการสำหรับผู้ดูแลระบบ เข้ามาเพื่อจัดการข้อมูลเงินที่มีการจัดสรรไว้แต่ละปี เพื่อนำมาคำนวณตามรายการ สามารถเลือกวิธีคำนวณได้ เมื่อบันทึกข้อมูลลงในระบบ สามารถเรียกดูรายงานการจัดสรรกำไรแต่ละปีได้

กระบวนการที่ 12 แสดงรายงาน แสดงรายงานข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผล ให้กับผู้ดูแลระบบ และเจ้าหน้าที่



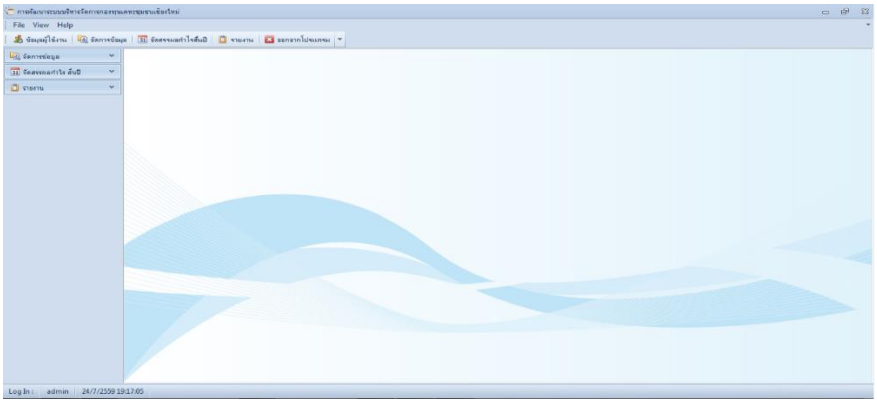
ภาพที่ 3 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูล (E-R Diagram)

จากแผนภาพความสัมพันธ์ของข้อมูลของระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ สามารถแสดงรายละเอียดตารางข้อมูลได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของตารางข้อมูล

ลำดับที่	ชื่อตาราง	ประเภท	รายละเอียด
1	userlogin	Master	เก็บข้อมูลผู้ใช้งานระบบ
2	sittingfund	Master	เก็บข้อมูลกองทุน
3	fundaccount	Reference	เก็บข้อมูลประเภทบัญชีกองทุน
4	loan_type	Reference	เก็บข้อมูลประเภทการกู้เงิน
5	Income_type	Reference	เก็บข้อมูลประเภทรายรับ รายจ่าย
6	deposit_type	Reference	เก็บข้อมูลประเภทการฝาก
7	committiee	Master	เก็บข้อมูลคณะกรรมการ
8	member	Master	เก็บข้อมูลสมาชิก
9	buyshare	Transaction	เก็บข้อมูลซื้อหุ้น
10	dividend_share	Transaction	เก็บข้อมูลเงินปันผลหุ้น
11	chargeinterest	Transaction	เก็บข้อมูลเงินตอบแทนเงินฝาก
12	chargeinterest_detail	Transaction	เก็บข้อมูลรายละเอียดตอบแทนเงินฝาก
13	loan	Transaction	เก็บข้อมูลการกู้
14	schedule	Transaction	เก็บข้อมูลรายละเอียดการกู้
15	payment	Transaction	เก็บข้อมูลการชำระเงินกู้
16	deposit_account	Transaction	เก็บข้อมูลเงินฝาก
17	deposit_movement	Transaction	เก็บข้อมูลฝาก ถอนเงิน
18	allocation_profits	Transaction	เก็บข้อมูลจัดสรรกำไรสิ้นปี
19	receipt_journal	Transaction	เก็บข้อมูลรายรับ
20	payment_journal	Transaction	เก็บข้อมูลรายจ่าย
21	allocation_profitsdetail	Transaction	เก็บข้อมูลรายละเอียดจัดสรรกำไรสิ้นปี

จากการวิเคราะห์และออกแบบระบบโดยใช้แผนภาพบริบท แผนภาพกระแสข้อมูล และแผนผังความสัมพันธ์ของข้อมูล สามารถออกแบบหน้าจอโดยจะแสดงเฉพาะหน้าจอหลักของผู้ดูแลระบบได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอหลักของระบบงาน

ตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ ความพึงพอใจ
1. ด้านการทำงาน			
1.1 ความถูกต้องในการจัดเก็บข้อมูล	4.42	0.515	ดี
1.2 ความถูกต้องจากการประมวลผลข้อมูล	4.17	0.577	ดี
1.3 ความถูกต้องของผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน	4.17	0.389	ดี
1.4 ความง่ายต่อการใช้งานระบบ	3.67	0.778	ปานกลาง
1.5 ประสิทธิภาพของระบบงาน	3.83	0.718	ปานกลาง
1.6 การเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลได้ถูกต้อง	3.92	0.793	ปานกลาง
2. ด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ			
2.1 การกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้	4.25	0.622	ดี
2.2 ความเหมาะสมในการแสดงรายละเอียดข้อมูลที่ค้นหา	4.17	0.718	ดี
2.3 ความปลอดภัยของข้อมูล	4.00	0.426	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.06**	**0.615**	**ดี**

จากตารางที่ 2 ระดับความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ จากผู้ใช้งานทั้งหมด 12 คนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.615 สรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดี

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ในครั้งนี้ผู้จัดทำได้ศึกษาระบบการทำงานและข้อบกพร่องของกองทุนแล้วนำมาวิเคราะห์และออกแบบระบบงานใหม่ โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาปรับใช้กับการทำงาน ด้วยการจัดทำระบบฐานข้อมูลที่เชื่อมมีความโยงกันจนส่งผลข้อมูลมีความเป็นปัจจุบัน ซึ่งทำให้ระบบที่จัดทำขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ ส่งผลดีต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่ ผู้ดูแลระบบ ลดความยุ่งยากซับซ้อนในการทำงาน ทำให้สะดวกในการจัดการข้อมูลเงินกู้ และจัดการข้อมูลการชำระเงินกู้ จัดการข้อมูลและมีระบบการคำนวณค่างวดการส่งเงินกู้ และการสืบค้นข้อมูลที่ง่ายและทันสมัย ให้รองรับแก่เทคโนโลยีปัจจุบันและอนาคต ตามวัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการ การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่

ซึ่งการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ทำการศึกษาความรู้พื้นฐานทางด้านภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบ คือ ภาษาซีชาร์ป (C#) และรวมไปถึง ดีเอ็กซ์เพลส (DevExpress) ที่ใช้เครื่องมือคอมโพเน้นในการจัดรูปแบบและการแสดงผลข้อมูล รวมไปถึงศึกษาการใช้โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบ เช่น ไมโครซอฟท์ วิชวลสตูดิโอ 2010 (Microsoft Visual Studio 2010) และ ไมโครซอฟ ออฟฟิซ (Microsoft Office) เป็นต้น เมื่อได้ทำการศึกษาความรู้พื้นฐานในด้านต่างๆ แล้ว จากนั้นทำการวิเคราะห์ระบบ ออกแบบระบบฐานข้อมูล ออกแบบหน้าจอระบบในแต่ละหน้าจอ และทำการพัฒนาระบบไปพร้อมกับการทดสอบการทำงานในแต่ละส่วน ทั้งนี้ต้องทำการทดสอบและปรับปรุงในตอนท้ายหลังจากทำการพัฒนาจนกระทั่งพัฒนาระบบเสร็จสิ้น

ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ จำนวน 12 คน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.615 สรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับ ดี

ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ ดี โดยในเรื่องความถูกต้องจากการประมวลผลข้อมูลและความถูกต้องของผลลัพธ์ในรูปแบบรายงาน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.17 และในด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับ ดี โดยในเรื่องการกำหนดรหัสผู้ใช้ และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าใช้ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.25

ดังนั้นระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการกองทุนชุมชน กรณีศึกษา เคหะชุมชนเชียงใหม่ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นสามารถบริหารจัดการกองทุนชุมชนของเคหะชุมชนเชียงใหม่และสามารถนาไปใช้งานเพื่อให้การดำเนินงานในชุมชนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับผลงานของวีระชัย บุญปก (2545) ซึ่งได้จัดทำสารนิพนธ์เรื่องระบบฐานข้อมูลกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง และสอดคล้องกับผลงานของสิริลักษณ์ ไชยวงศ์ (2552) ซึ่งได้จัดทำการค้นคว้าแบบอิสระเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนหมู่บ้าน ป่าพร้าวนอก ตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดย 2 ผลงานนี้มีค่าเฉลี่ยของผลการประเมินของความพึงพอใจในการใช้งานระบบอยู่ในระดับ ดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กองทุนเคหะชุมชนเชียงใหม่ที่ให้ความไว้วางใจในการพัฒนาระบบให้กับทางกองทุน และให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลที่จำเป็นรวมถึงการเสียสละเวลาในการตอบข้อสอบถามและรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญมากในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. 2550. **ระบบฐานข้อมูล (Database Systems)**. เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์. กรุงเทพฯ.

ชนิการ หล้าโน. 2554. **การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารกองทุนหมู่บ้าน อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม**. ภาคนิพนธ์ สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ธนพล ฉันจรัสวิชัย. 2548. **Crystal Report สร้างรายงานอย่างมืออาชีพ**. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.

ยุทธนันท์ กามอ้อย. 2558. **มาทำความรู้จักกับภาษา C#**. ภาษา C# - Programming. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/programmingm42/phasa-c. 12 กุมภาพันธ์ 2558

เยาวมาลย์ บุญปก. 2545. **ระบบสารสนเทศเพื่อบริหารงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต**. สารนิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย. สถานบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วีระชัย บุญปก. 2545. **ระบบฐานข้อมูลกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง**. สารนิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย. สถานบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานคณะกรรมการ กองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมืองแห่งชาติ. 2544. **คู่มือสำหรับประชาชนเพื่อเตรียมการจัดตั้งและดำเนินงานกองทุนหมู่บ้านและชุมชนเมือง**. โรงพิมพ์คุรุสภา. กรุงเทพฯ.

สิริลักษณ์ ไชยวงศ์. 2552. **การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการกองทุนหมู่บ้าน ป่าพร้าวนอก ตำบลป่าแดด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่**. การค้นคว้าแบบอิสระ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ(System Analysis and Design)**. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ.

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

The Development of Information System for Coral Repository in Phuket

อังคณา สินน้อย[1] และ ภูริทรัพย์ เดชพิพัฒน์ประชา[1*]

Angkana sinnoi[1] and Bhurisub Dejpipatpracha[1*]

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต มีวัตถุประสงค์ **1)** เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต **2)** เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต การศึกษาครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงพัฒนา โดยมีประชากรกลุ่มตัวอย่าง 8 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการพัฒนาระบบได้มีการใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL พัฒนาด้วยภาษา PHP ผลการวิจัยพบว่า **1)** ระบบสารสนเทศสามารถจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตได้ **2)** ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.25

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศ, ปะการัง

ABSTRACT

The development of information system for coral repository in Phuket Aims to 1) To develop the information system for coral repository in Phuket and 2) to study the satisfaction of users who used the information system. This study is a research development. The population and sample was the users about 8 people. The research instrument was questionnaire and statistics were Mean and Standard Deviation. To develop the information system used MySQL database management and developed with the PHP language. The result of this research was 1) to develop the information system for coral repository in Phuket and to use in reality. 2) the satisfaction of users of the information system found that the overall satisfaction was excellent. (The mean of 4.58 and the standard deviation of 0.25)

Keywords : Information System , Coral

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University Sub-district Ratsada, District Muang, Province Phuket 83000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : bhurisub@pkru.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและเทคโนโลยีสารสนเทศมีความเจริญก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดด เมื่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเชื่อมโยงเครือข่ายทั่วโลกให้สามารถติดต่อถึงกันได้หมดจนกลายเป็นเครือข่ายของโลก ดังนั้นจึงมีผู้ใช้งานบนเครือข่ายนี้จำนวนมาก การใช้งานเหล่านี้เป็นสิ่งที่กำลังได้รับการกล่าวถึงกันทั่วไป เพราะการเชื่อมโยงเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทำให้โลกไร้พรมแดน ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สามารถสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างการใช้งานบนอินเทอร์เน็ตที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นเพียงตัวอย่างที่แพร่หลายและใช้กันมามากเท่านั้น ยังมีการประยุกต์งานอื่นที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่ตลอดเวลา เช่น การโอนย้ายแฟ้มข้อมูลระหว่างกัน (File Transfer Protocol: FTP) การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในที่ห่างไกล (Telnet) และ การเรียกค้นข้อมูลข่าวสาร (Search Engine) เป็นต้น ระบบสารสนเทศมีส่วนสำคัญของการดำเนินงานในทุกภาคส่วนไม่ว่าจะเป็นภาครัฐและเอกชน เนื่องจากระบบสารสนเทศเป็นระบบงานที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศ ช่วยในการจัดเก็บข้อมูล ประมวลผลเรียกดูข้อมูลหรือจัดการเก็บข้อมูลข่าวสารเพื่อให้เป็นสารสนเทศที่ดีและสามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจการทำงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องพร้อมยังช่วยลดขั้นตอนการทำงานได้อย่างดีดังนั้นหน่วยงานต่าง ๆ จึงมีการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อมาเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานขององค์กร

อย่างระบบสารสนเทศจัดเก็บข้อมูลชิ้นส่วนปะการังที่ใช้ในการปลูกฟื้นฟูแนวปะการังเสื่อมโทรมนั้น เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลที่บันทึกจากภาคสนามเข้าสู่ระบบจัดเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็วกว่าการใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซล เนื่องจากมีการกำหนดแบบฟอร์มการกรอกที่ชัดเจน รวมทั้งสามารถอัพโหลดข้อมูลรูปภาพเพื่อดูประกอบกับชุดข้อมูลในแต่ละชุดได้ง่าย นอกจากนั้นยังสะดวกต่อผู้บริหารจัดการโครงการ เนื่องจากสามารถเปิดดูข้อมูลปัจจุบันและแก้ไขจากพื้นที่อื่น ๆ ได้ทันที ไม่ต้องส่งข้อมูลผ่านอีเมล ข้อมูลที่อยู่ในระบบสารสนเทศนี้จะถูกส่งต่อไปยังหน่วยงานที่รับผิดชอบโครงการ คือ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง การฟื้นฟูแนวปะการังเสื่อมโทรมโดยวิธีการปลูกปะการัง จะใช้ชิ้นส่วนปะการังขนาดเล็กยึดติดกับพื้นวัสดุบนแนวปะการัง ในแต่ละพื้นที่ที่ฟื้นฟูแนวปะการังนั้น ใช้พื้นที่และจำนวนชิ้นส่วนปะการังจำนวนมาก ในจังหวัดภูเก็ตพื้นที่ฟื้นฟูแนวปะการังเสื่อมโทรม ได้แก่ พื้นที่เกาะเฮ เกาะราชาใหญ่ และ เกาะไม้ท่อน ยกตัวอย่างการฟื้นฟูแนวปะการัง เช่น ในพื้นที่เกาะเฮ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งได้กำหนดพื้นที่แนวปะการังเพื่อฟื้นฟูจำนวน 20 ไร่ ต้องใช้ชิ้นส่วนปะการังจำนวน 3,2000 ชิ้น (1600 ชิ้น/ไร่) จำนวนชิ้นส่วนปะการังเหล่านี้ประกอบด้วยปะการังหลายชนิดและมีขนาดที่แตกต่างกัน นอกจากนั้นในแต่ละชิ้นส่วนต้องมีการติดเครื่องหมายหรือหมายเลขเพื่อติดตามอัตราการรอดและการเจริญเติบโตต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ขอบเขตประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย ได้แก่ ผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ พนักงานจากบริษัท รีฟเมเนจเมนท์ จำกัด ที่ทำการปลูกปะการังในเขตพื้นที่จังหวัดภูเก็ตจำนวน 8 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ ระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

ตัวแปรตาม คือ ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

3. ขอบเขตเนื้อหา

การวิจัยพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต โดยระบบสารสนเทศมีการพัฒนาเป็นลักษณะเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) โดยมีขอบเขตของระบบงาน ได้แก่ ผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสามารถเพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลปะการัง ในเขตจังหวัดภูเก็ต และตรวจสอบรายงานผลการจัดเก็บข้อมูลปะการัง

4. ขอบเขตพื้นที่

พื้นที่เกาะเฮ เกาะราชาใหญ่ และ เกาะไม้ท่อน จังหวัดภูเก็ต

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานและเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน
2. ช่วยในการจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถติดตามการเจริญเติบโตของปะการังที่จัดเก็บ

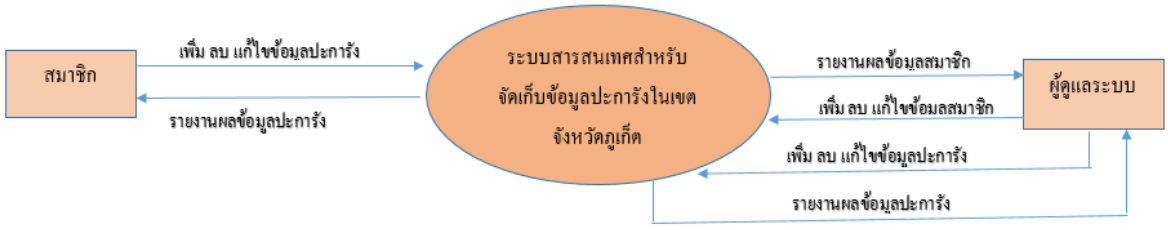
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังนี้

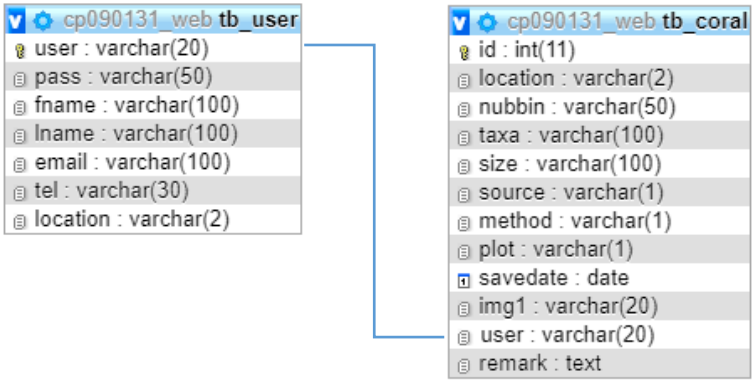
1.1 การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาของการจัดเก็บข้อมูลปะการัง พบว่าการจัดเก็บข้อมูลปะการังมีความล่าช้าในการรวบรวมข้อมูลจัดเก็บข้อมูลอีกทั้ง ประสบกับปัญหาต่าง ๆ เช่น การจดบันทึกลงในกระดาษด้วยตนเองและต้องกลับนำมาลงในไมโครซอฟท์เอกเซล ซึ่งมีความล่าช้าในการทำงานเป็นต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาความเป็นไปได้ โดยการแก้ปัญหาด้วยการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต อีกทั้งระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันสามารถเข้าถึงได้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งานมากขึ้น

1.2 การออกแบบระบบ แบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบโดยใช้ context diagram แสดงการทำงานของระบบ โดยสามารถจำลองได้ด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram : DFD) ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

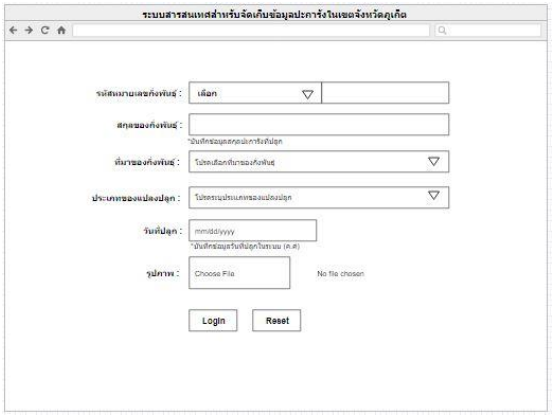
1.3 ขั้นตอนในการออกแบบ (Design) ได้ดำเนินการออกแบบโครงร่างจอภาพให้มีความง่ายเหมาะสมกับผู้ใช้งานทั่วไป และออกแบบระบบสารสนเทศ



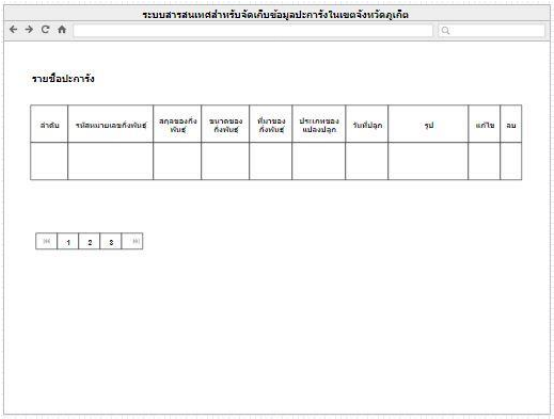
ภาพที่ 2 แผงผังความสัมพันธ์ระหว่างตารางและข้อมูล



ภาพที่ 3 การออกแบบหน้าเข้าใช้งานระบบ

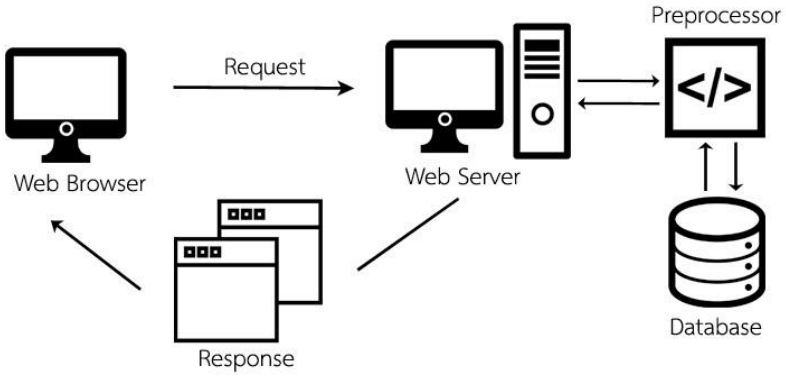


ภาพที่ 4 การออกแบบหน้าเพิ่มข้อมูลปะการัง



ภาพที่ 5 การออกแบบหน้าแสดงข้อมูลปะการัง

1.4 ขั้นตอนการพัฒนา (Development) ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและจัดเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลจึงเลือกใช้โปรแกรมจัดการระบบฐานข้อมูล MySQL และเขียนสคริปต์ด้วยภาษา PHP หลังจากได้การพัฒนาระบบทดสอบติดตั้งระบบฐานข้อมูลบนเซิร์ฟเวอร์จำลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้บริการ (Client) เพื่อตรวจสอบด้านข้อมูลและด้านการออกแบบระบบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง



ภาพที่ 6 การทำงานร่วมกันระหว่างเครื่อง

1.5 การทดลองใช้ (Implementation) ผู้วิจัยได้นำระบบสารสนเทศทดลองใช้ หลังจากการทดลองและได้นำระบบสารสนเทศไปใช้งานจำเป็นต้องบำรุงรักษาข้อมูลให้มีความถูกต้องรวมทั้งเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงานอื่น ๆ

1.6 การประเมิน (Evaluation) ผู้วิจัยศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลนำมาคำนวณโดยหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เครื่องมือการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต โดยลักษณะคำถามแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีลิเคิร์ท (Likert Scale) โดยให้เกณฑ์ระดับ 5 คะแนน

ตารางที่ 1 มาตรส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท

ค่าน้ำหนัก	ระดับความพึงพอใจ
5	มากที่สุด
4	มาก
3	ปานกลาง
2	น้อย
1	น้อยที่สุด

ที่มา: ธานินทร์(2550)

โดยเครื่องมือฉบับนี้มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 -1.00 และตรวจสอบด้านความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's Alpha coefficient) ได้เท่ากับ 0.93

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สำหรับการวิจัย ได้แก่ค่าความถี่ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยแบบสอบถามมีประเด็นดังนี้

2.1 ด้านความเหมาะสมด้านการทำงานของระบบ
2.2 ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ
2.3 ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน
2.4 ด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ
2.5 ด้านการรักษาความปลอดภัย

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากนั้นผู้วิจัยได้นำระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตที่ผู้วิจัยออกแบบให้ผู้ใช้งานระบบได้ทดลองใช้งาน แจกแบบสอบถามความพึงพอใจให้กับผู้ใช้งานระบบทำการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบแล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ข้อมูลหาความพึงพอใจตามขั้นตอนการวิจัยจำนวน 8 คน

โดยมีวิธีสร้างและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในการสร้างแบบสอบถาม
ขั้นที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาประมวลผลและกำหนดเป็นโครงสร้างของเครื่องมือและขอบเขตของเนื้อหา
ขั้นที่ 3 สร้างแบบสอบถามตามขอบเขตของเนื้อหา
ขั้นที่ 4 นำแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทดสอบกับผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพัฒนาความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา (Content validity) โดยนำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence-IOC)

ขั้นที่ 5 นำแบบสอบถามที่ได้ไปทำการหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 8 คน

ขั้นที่ 6 ปรับปรุงแบบสอบถามอีกครั้ง เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์มากที่สุดแล้วจึงนำแบบสอบถามที่สมบูรณ์ไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่แท้จริงต่อไป

การวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1.ข้อมูลทุติยภูมิ การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมต่าง ๆ การวิเคราะห์เอกสาร (Documentation Analysis) เพื่อศึกษาข้อมูลจากแนวคิดและทฤษฎี

2.ข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลที่ได้รับจากการตอบแบบสอบถาม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

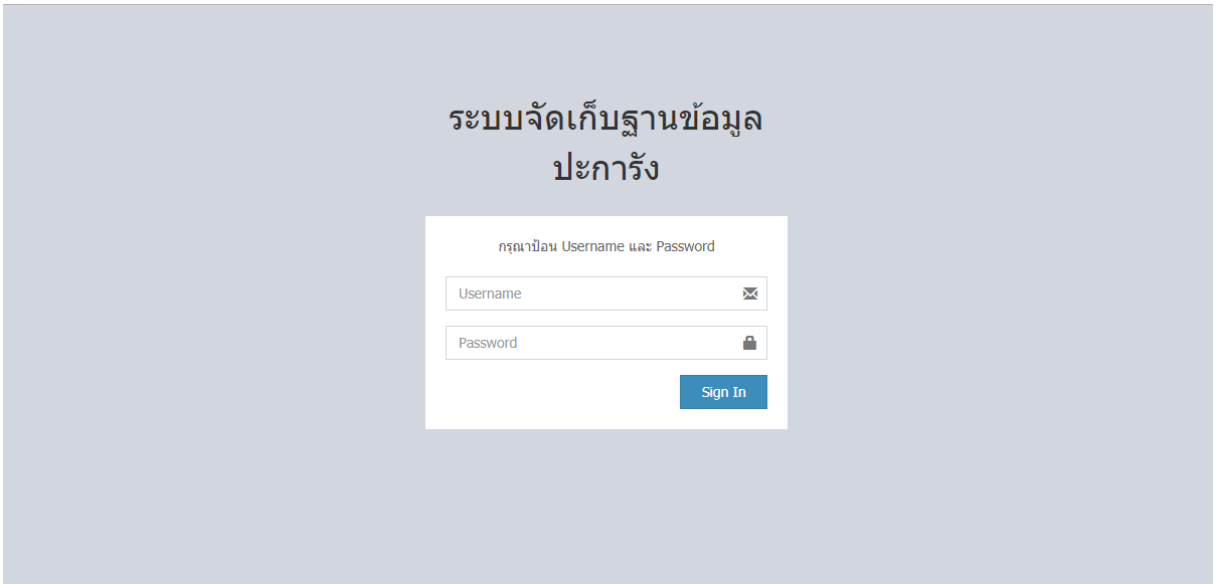
การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศสำหรับรายงานผลการปฏิบัติงานของบุคลากรใช้การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และมีกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยค่าความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบสารสนเทศ

ตารางที่ 2 เกณฑ์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

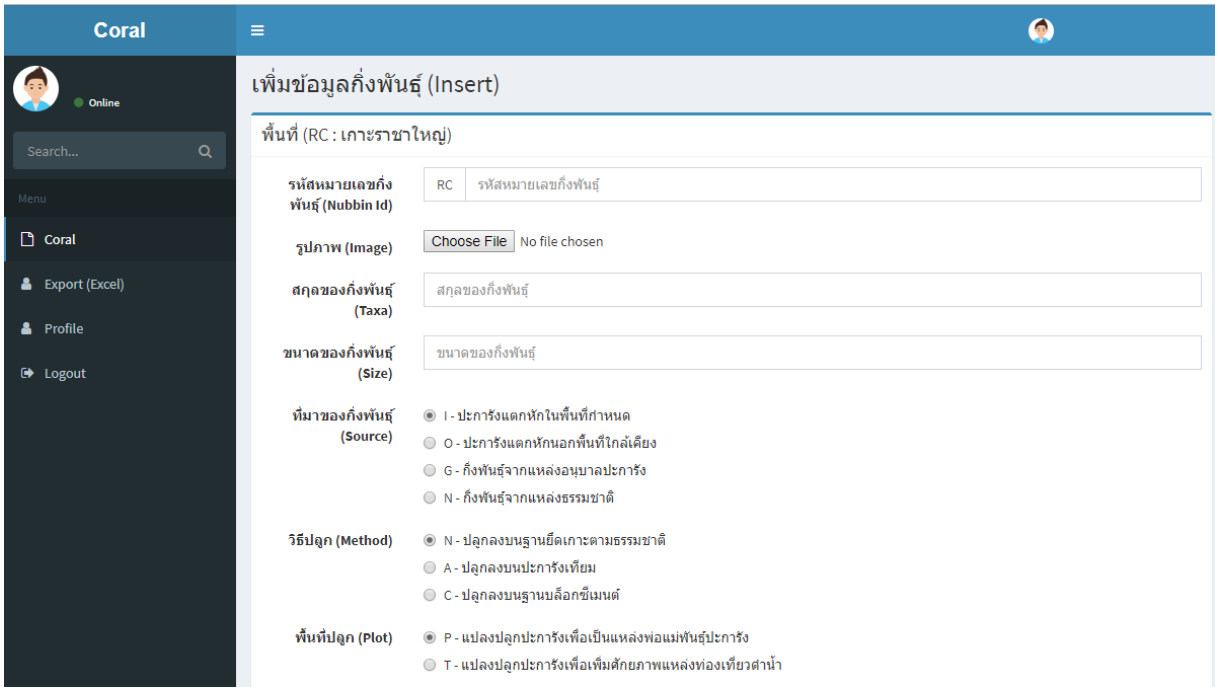
คะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
4.50-5.00	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก
3.50-4.49	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับดี
2.50-3.49	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับปานกลาง
1.50-2.49	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับปรับปรุง
1.00-1.49	ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

ผลการวิจัย

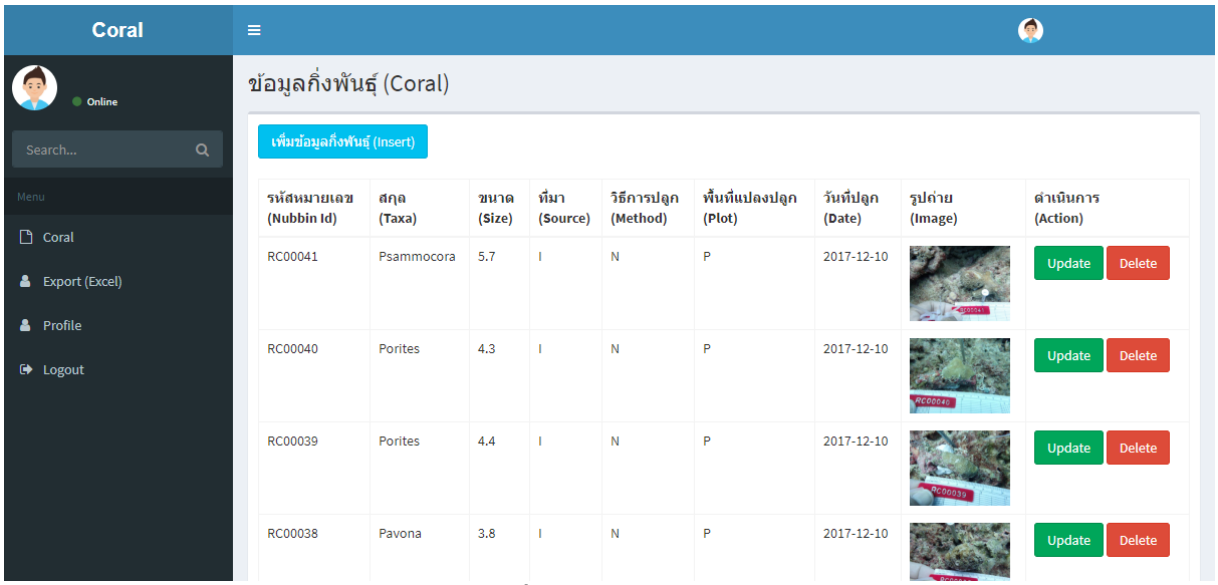
ผลการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยสามารถนำไปใช้เก็บปะการังได้



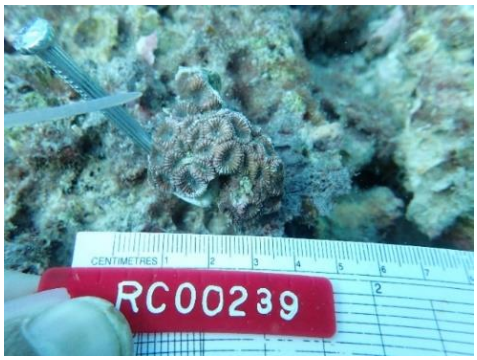
ภาพที่ 7 หน้า Login



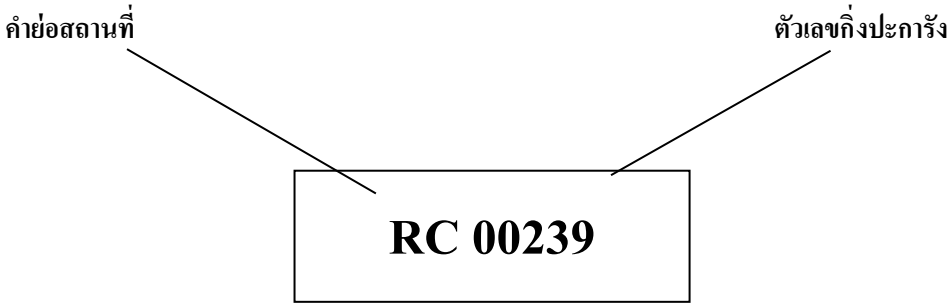
ภาพที่ 8 แสดงข้อมูลปะการัง



ภาพที่ 9 แสดงข้อมูลปะการัง



ภาพที่ 10 ตัวอย่างปะการังและหมายเลขกิ่งพันธุ์ติดตาม

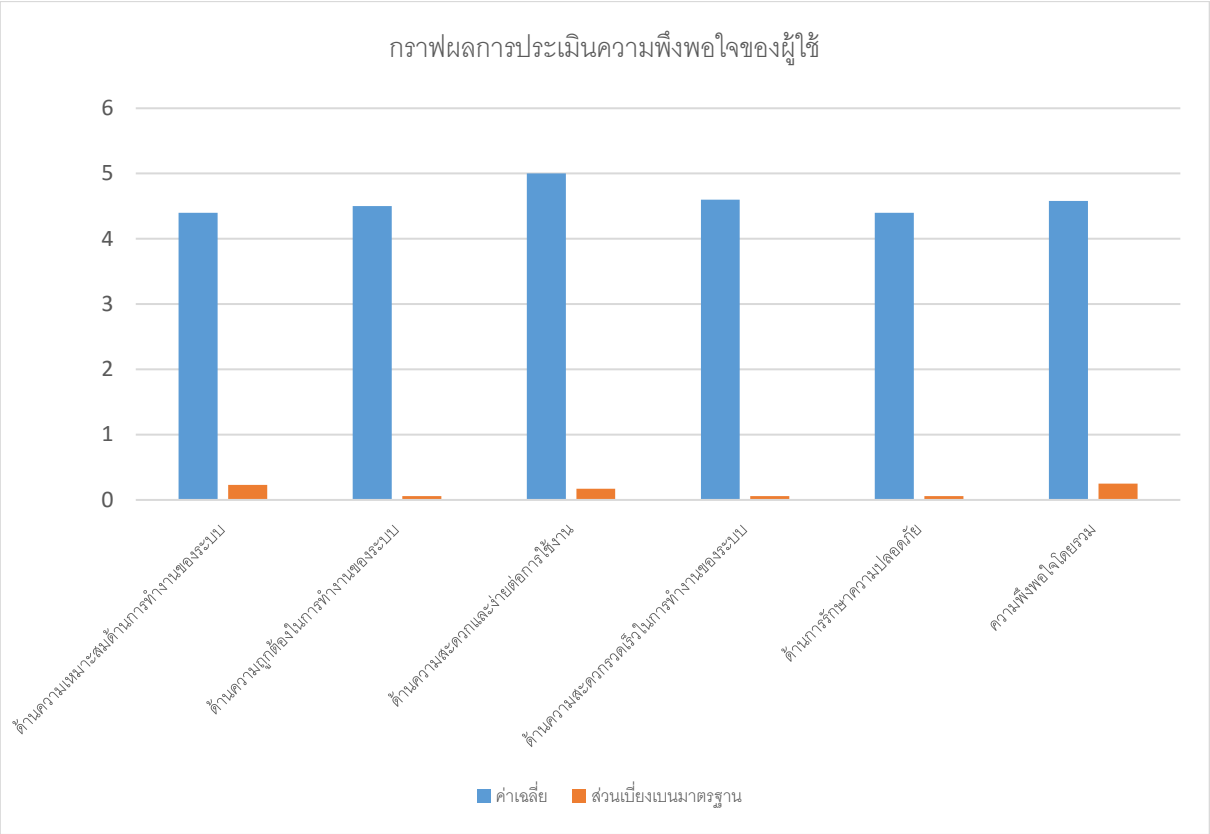


ภาพที่ 11 ตัวอย่างป้ายแสดงรหัสของพื้นที่ และหมายเลขกิ่งพันธุ์

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศสำหรับการจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับ
ด้านความเหมาะสมด้านการทำงานของระบบ	4.4	0.23	ดี
ด้านความถูกต้องในการทำงานของระบบ	4.5	0.06	ดีมาก
ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน	5.0	0.17	ดีมาก
ด้านความสะดวกรวดเร็วในการทำงานของระบบ	4.6	0.06	ดีมาก
ด้านการรักษาความปลอดภัย	4.4	0.06	ดี
ความพึงพอใจโดยรวม	**4.58**	**0.25**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจจากผู้ใช้งานจำนวน 8 คน ได้ค่าเฉลี่ย 4.58 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25 ดังนั้นสามารถสรุปผลการประเมินได้ว่าระบบสารสนเทศสำหรับจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ตที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจในระดับดีมาก



ภาพที่ 12 กราฟแสดงผลความพึงพอใจของผู้ใช้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต ได้นำระบบสารสนเทศจัดเก็บข้อมูลปะการัง งานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีมาปรับใช้ให้เป็นระบบที่อำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานระบบ
2. ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบจัดเก็บข้อมูลปะการัง โดยผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบจัดเก็บข้อมูลปะการังในเขตจังหวัดภูเก็ต โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลปะการัง ในเขตจังหวัดภูเก็ต สำเร็จได้เนื่องจากความอนุเคราะห์จาก บริษัท รีฟเมเนจเมนท์ จำกัด กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง และอาจารย์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่สนับสนุนข้อมูลในการจัดทำระบบนี้ขึ้นมา

เอกสารอ้างอิง

ทรงวุฒิ จันทะรัง. (2545). **โครงสร้างชุมชนของปะการังแข็งบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.133 หน้า

ณิฏฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และคณะ. (2545). **การเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศปะการังเกาะสีชัง จังหวัด ชลบุรี.** รายงานการวิจัย.187 น.

สุนัดดา เสียงสุวรรณ. (2541). **เปรียบเทียบการกระจายของปะการังต่างชนิดตามระดับความลึกระหว่างอ่าวไทยและทะเลอันดามัน** : วิทยานิพนธ์ บัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2547**). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ**. กรุงเทพฯ. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี ด้วยเครื่องระบุตำแหน่ง สำหรับเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จังหวัดเชียงใหม่

The Development of Elderly People, Disabled and HIV infected Database Management using GPS for Mae Tha Chang Subdistrict municipality, Chiang Mai Province

นรินทร์ จิวิตัน[1*] และ ชวาลินี อัศวะมณเฑียร[1]

Narin Jiwitan[1*] and Chawarinee Aussawamontien[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี สำหรับเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ โดยดำเนินตามหลักการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle) จากเดิมเทศบาลมีการเก็บข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวีในกระดาษ ทำให้ยากต่อการจัดการข้อมูล จึงพัฒนาระบบให้สามารถทำงานได้ทั้งบนเว็บไซต์และอุปกรณ์เคลื่อนที่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการข้อมูล การสรุปรายงานการจ่ายเบี้ยยังชีพ โครงการเพื่อส่งเสริมสวัสดิการสังคม สามารถระบุตำแหน่งที่อยู่และการนำทางไปยังที่พักอาศัยได้อย่างถูกต้อง ใช้ภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL ในการพัฒนาเว็บไซต์ ใช้โปรแกรม Android Studio ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 10 ท่าน จากการตอบแบบสอบถามมาตราส่วนประเมิน 5 ระดับ ด้วยวิธี Black Box Testing ซึ่งแบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถตามความต้องการของผู้ใช้ ด้านความถูกต้องในการทำงาน ด้านความสะดวกต่อการใช้งาน ด้านความรวดเร็วในการทำงาน และด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ พบว่าประสิทธิภาพของระบบโดยรวมอยู่ในระดับดี สำหรับการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ โดยตอบแบบสอบถามจาก นายกเทศมนตรี ปลัดเทศบาล และเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชนเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จากผลการประเมินพบว่า นายกเทศมนตรี และปลัดเทศบาลมีความพึงต่อใจโดยรวมในระดับมากที่สุด สำหรับเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชน มีความพึงต่อใจโดยรวมในระดับมาก จึงสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นตรงตามวัตถุประสงค์และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : โปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่จีพีเอส, ระบบฐานข้อมูล, ผู้สูงอายุ, ผู้พิการ, ผู้ติดเชื้อเอชไอวี

ABSTRACT

The purpose of this research is the development of elderly people, disabled and HIV infected Database Management using GPS for Mae Tha Chang subdistrict municipality, Chiang Mai Province. To evaluate the efficiency and user satisfaction of the system. Based on the System Development Life Cycle (SDLC), the municipality has collected information on the elderly, the disabled, HIV infected in the paper. Make it difficult to manage information. Developed to work on both the web and mobile devices on the Android operating system. To simplify data management. Summary of the contribution paid. Project to promote social welfare. Identify the location and navigation to your residence correctly. Use PHP language and MySQL database for website development. Use Android Studio to develop on mobile applications. System performance test results 4 experts from the 5 level questionnaires were assessed using Black Box Testing, which was divided into five categories, namely, the ability to meet the needs of users, the ability to meet the needs of users, the accuracy of the work, the ease of use, the speed of work and security of the system. The overall system performance was at a good level. For evaluating user satisfaction with the system. By responding to the questionnaire from Mayor Permanent Secretary and Community Development Officer, Mae Ta Chang District. The results of the evaluation showed that the mayors and municipal clerks had the highest level of overall satisfaction. For community development staff, the overall level of satisfaction was high. It can be concluded that the system developed to meet the objectives and meet the needs of users effectively.

Keywords : GPS. Mobile application, database system, elderly, disabled person, AIDS patient

---

[1*] สาขาระบบสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1*] Department of Business Information Systems Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Narin Jiwitan, narin@rmutl.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทสำคัญในองค์กรทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน รวมถึงสถาบันการศึกษาในระดับต่างๆ ได้มีการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการดำเนินงานและกิจกรรม ส่งผลให้องค์กรต่างๆมีความก้าวหน้าทันสมัย สะดวก รวดเร็ว และทันต่อสถานการณ์ของโลกยุค ระบบ GPS "Global Positioning System" เป็นระบบบระบุตำแหน่ง โดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกซึ่งทราบตำแหน่ง[9] ทำให้ระบบนี้สามารถที่จะบอกตำแหน่ง ณ จุดที่ สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลกนั้นได้ ในปัจจุบันนอกจากฟังก์ชั่นการนำทางพื้นฐานแล้ว ยังมีการเตือนทางโค้ง จุดด่านเก็บเงิน จุดที่มักจะมีการตรวจจับความเร็ว ตำแหน่งกล้องตรวจจับการฝ่าฝืนกฎจราจร การกำหนดความเร็วในถนนแต่ละสาย ข้อมูลการท่องเที่ยวพร้อมรายละเอียดพร้อมภาพประกอบภาพเสมือนจริง ข้อมูลจราจร TMC หรือ(Traffic Message Channel) การใช้ GPS ในการติดตามรถบรรทุกรถยนต์นั้น รถแท็กซี่ รถพยาบาล รถตำรวจ รถโรงเรียน รถขนส่งสาธารณะ ฯลฯ การแสดงสภาพการจราจรที่คาดว่าในอนาคตจะมี จุดที่ต้องระวังในการขับขี่ เช่น โค้งอันตราย เขตชุมชนลดความเร็ว เป็นต้น

แนวคิดเรื่องการให้ความช่วยเหลือแก่ผู้สูงอายุ ผู้พิการ และผู้ติดเชื้อเอชไอวีเป็นเรื่องที่รัฐบาลในทุกยุคนั้นได้ให้ความสำคัญมาเป็นลำดับ เห็นได้จากการจัดกิจกรรม และบริการต่างๆ ที่เพิ่มขึ้นนั้น เช่น การจัดตั้งศูนย์บริการผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี โครงการกองทุนส่งเสริมสวัสดิการผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีในชุมชน มีการกำหนดนโยบายและแผนในทุกระดับที่เกี่ยวกับเรื่องการจัดสวัสดิการสำหรับผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีมากขึ้นตามลำดับ เพื่อให้เพียงพอทั่วถึง และสอดคล้องกับสถานการณ์ทางสังคม ปัจจุบันมีการจ่ายเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีแบบขั้นบันได[3] โดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักอยู่ 3 หน่วยงาน กล่าวคือกรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กรุงเทพมหานคร และเมืองพัทยา โดยผู้มีสิทธิ์สามารถยื่นคำขอรับสิทธิ์ได้ที่องค์การบริหารส่วนตำบลในพื้นที่ที่มีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน[2]

เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง มีเนื้อที่ประมาณ 4.056 ตารางกิโลเมตร หรือ จำนวนประมาณ 2,535 ไร่ มีจำนวนหมู่บ้าน ในเขตรับผิดชอบทั้งหมด 6 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 1 บ้านท้าวคำวัง หมู่ที่ 5 บ้านแม่ขัก หมู่ที่ 6 บ้านดงหลวง หมู่ที่ 7 บ้านป่าแป๋-โรงวัว หมู่ที่ 8 บ้านกอง หมู่ที่ 9 บ้านดง ในปี 2560 มีจำนวนประชากร เพศชาย จำนวน 1,663 คน เพศหญิง จำนวน 1,782 คน รวมจำนวนประชากรทั้งหมด 3,445 คน[7] เนื่องจากมีการส่งเสริมการจัดบริการ และสวัสดิการสังคมแก่ผู้สูงอายุ ผู้พิการ และผู้ติดเชื้อเอชไอวี ที่ต้องเก็บข้อมูลต่างๆ ปัจจุบันใช้วิธีการจดบันทึกทั้งหมด ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสารในแต่ละฝ่ายงาน การเพิ่มภาระงาน ขาดการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้ยากต่อการค้นหาเอกสารเพื่อนำข้อมูลมาใช้งาน เมื่อต้องการใช้งานจะต้องใช้การนับข้อมูลจากสมุดบันทึกหรือเอกสารที่เก็บไว้ หากมีฝ่ายงานที่ต้องการข้อมูลเพื่อที่จะใช้งานนั้นจะไม่สามารถเรียกดูข้อมูลได้ทันที จะต้องขอจากฝ่ายงานที่รับผิดชอบ อาจเกิดความไม่สะดวกรวมถึงการล่าช้า อีกทั้งจำนวนข้อมูลผู้สูงอายุที่มี อายุ 60 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป และผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี เพิ่มจำนวนขึ้นทุกปี ทำให้ยากต่อการค้นหา เมื่อมีการจัดกิจกรรม หรือโครงการที่เกี่ยวกับผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีทางเทศบาล ไม่สามารถ จำแนกสถานะผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี ที่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ เป็นต้น

ดังนั้น ในการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้เครื่องระบุตำแหน่ง หรือ GPS ทำงานผ่านระบบเครือข่ายข้อมูล (Internet) สามารถลดระยะเวลาภาระงานของบุคลากร ใช้งานได้สะดวก มีการเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล ทำให้สามารถค้นหา รวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้สะดวก มีความรวดเร็ว มี พร้อมทั้งมีการสรุปยอดรวมเป็นรายงานการจ่ายเบี้ยในแต่ละ เดือน/ปีตามที่ต้องการ สรุปผลวิเคราะห์การดำเนินงานโครงการ และกิจกรรมต่างๆ ที่ควรจัด เพื่อการส่งเสริมการจัดบริการ และสวัสดิการสังคม แก่

ผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี และสามารถทราบที่อยู่ของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีโดยแผนที่ปักหมุดตำแหน่ง เพื่อให้สามารถค้นหาได้ง่าย โดยจะทำงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น รวมทั้งทำให้ประหยัดเวลา มีความสะดวกรวดเร็ว ลดขั้นตอนการทำงาน ข้อมูลมีความถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องระบุตำแหน่ง GPS

2) เพื่อประเมินการใช้งานระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบโดยใช้แบบจำลองน้ำตก (The Waterfall SDLC model) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับกระบวนการพัฒนาระบบ ซึ่งมีขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) กำหนดความต้องการจากผู้ใช้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความต้องการผู้ใช้ โดยเข้าไปสัมภาษณ์นายกเทศมนตรี เจ้าหน้าที่กรองคลัง เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชน หน้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์แผนนโยบาย และเจ้าหน้าที่กองคลัง จากนั้นได้ทำการจดบันทึกความต้องการมาจัดทำเป็นเอกสารรายงานการระบุความต้องการของผู้ใช้ และนำเอกสารรายงานดังกล่าวกลับไปให้เทศบาลตำบลแม่ท่าช้างรับทราบความต้องการให้เป็นแนวเดียวกัน

2) วิเคราะห์ระบบงานเดิม เป็นการวิเคราะห์ปัญหาจากการรวบรวมความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้น คือ ต้องเก็บข้อมูลต่างๆ โดยใช้วิธีการจดบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในกระดาษ ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บเอกสารในแต่ละฝ่ายงาน ข้อมูลเกิดความขัดแย้งกัน เพิ่มภาระงาน ขาดการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้ยากต่อการค้นหาเอกสาร หากมีฝ่ายงานที่ต้องการข้อมูลเพื่อที่จะใช้งานนั้นจะไม่สามารถเรียกดูข้อมูลได้ทันที จะต้องขอจากฝ่ายงานที่รับผิดชอบ อาจเกิดความไม่สะดวกรวมถึงการล่าช้า

3) ออกแบบระบบงานใหม่ นำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ มาทำการงานออกแบบระบบงานใหม่ ประกอบด้วย งานออกแบบสถาปัตยกรรมระบบที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และระบบเครือข่าย เพื่อให้แต่ละส่วนสามารถทำงานร่วมกันได้ รวมไปถึงการออกแบบรายงาน การออกแบบหน้าจอรับข้อมูล การออกแบบผังงานระบบ การออกแบบฐานข้อมูล และเพื่อเตรียมเขียนโปรแกรมในขั้นตอนต่อไป

4) พัฒนาโปรแกรม ทีมงานผู้วิจัยพัฒนาโปรแกรมตามที่วิเคราะห์ระบบไว้ การเขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างเป็นระบบงานทางคอมพิวเตอร์ขึ้นมา โดยนำเครื่องมือเข้ามาช่วยในการพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ Android Studio สำหรับใช้พัฒนาโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ใช้โปรแกรม XAMPP เป็นชุดการติดตั้งโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้พัฒนาโปรแกรมในชุดโปรแกรมจะประกอบไปด้วยโปรแกรม ApacheWebServer, PHPScript Language, MySQL Database, PhpMyAdmin Database Manager และ Genymotion สำหรับทดสอบโปรแกรมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ [5] [8]

5) ทำการทดสอบระบบ โดยการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นก่อน ด้วยการสร้างข้อมูลจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบงาน หากพบข้อผิดพลาดปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง การทดสอบระบบจะมีการตรวจสอบไวยากรณ์ของภาษาเขียน และตรวจสอบว่าระบบตรงกับความต้องการของผู้ใช้หรือไม่

6) การนำระบบไปใช้ เมื่อดำเนินการทดสอบระบบจนมั่นใจว่าระบบที่ได้รับการทดสอบนั้นพร้อมที่จะนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานบนสถานการณ์จริง พร้อมทั้งจัดทำเอกสารคู่มือการใช้งาน รวมถึงการฝึกอบรมการใช้งานให้แก่นายกเทศมนตรี เจ้าหน้าที่กองคลัง เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชน หน้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์นโยบายและแผน และเจ้าหน้าที่กองคลัง

7) **ประเมินผลการใช้งานระบบ** ผู้วิจัยทำการจัดเก็บข้อมูลผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานโดยวิธีการสัมภาษณ์และแจกแบบสอบถามให้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ และ เจ้าหน้าที่ฝ่ายต่าง ๆ หลังจากเริ่มต้นใช้งานประมาณ 1 สัปดาห์ โดยจัดเก็บข้อมูลด้านความสามารถตามความต้องการของผู้ใช้ ด้านความถูกต้องในการทำงาน ด้านความสะดวกต่อการใช้งาน ด้านความรวดเร็วในการทำงาน และด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ

ผลและวิจารณ์ผล

1) ผลการวิเคราะห์ระบบงานเดิมและระบบงานใหม่

ผลการวิเคราะห์ระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี สำหรับเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จังหวัดเชียงใหม่ สามารถวิเคราะห์ความต้องการ แสดงดังตารางที่ 1

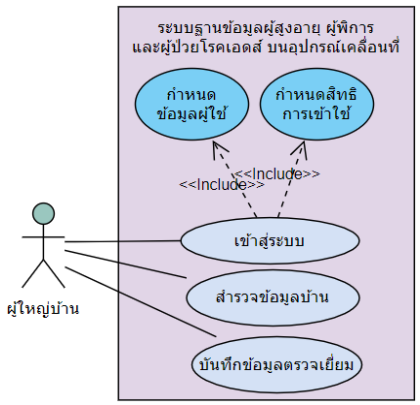
ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบระหว่างระบบงานเดิมและระบบงานใหม่

ชื่อส่วนงาน	ส่วนงานเดิม	ส่วนงานใหม่
1. ส่วนสำรวจข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี 1.1 จัดการข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ป่วยโรคเอดส์ 1.2 สถานะของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ 1.3 ที่อยู่ของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ 1.4 ปรับปรุงข้อมูลรายละเอียดและอายุของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ 1.5 เพิ่มรูปภาพของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์	1.1 ใช้กระดาษ เพื่อบันทึกข้อความในใบขอขึ้นทะเบียนผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ ส่งให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อเก็บข้อมูลไว้เป็นหลักฐาน 1.2 หลังจากที่ได้ข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ แล้วมีการกำหนดสถานะผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ปกติ ติดเตียงและพิการ หลังจากประเมินจะเก็บเอกสารการประเมินใส่ในแฟ้มเอกสารและเก็บไว้ที่หน่วยงานพัฒนาชุมชน 1.3 ภายหลังจากการสำรวจหากมีการเข้าเยี่ยมผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ ในแต่ละครั้ง ต้องมีแผนที่บ้านของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ เพื่อเดินทางเข้าเยี่ยมชมและเพื่อเป็นขวัญและ	1.1 นำระบบฐานข้อมูลเข้ามาใช้งานเพื่อช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ 1.2 นำระบบฐานข้อมูลเข้ามาใช้งานช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการวางแผนกิจกรรม 1.3 นำระบบเทคโนโลยีแผนที่สำหรับระบุตำแหน่ง หรือ GPS เพื่อให้สามารถทราบที่อยู่โดยปักมุดไว้พร้อมถ่ายภาพกำหนดข้อมูล เพื่อช่วยในการเก็บข้อมูลและการเดินทางเข้าเยี่ยมผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวีตามพิกัดที่ระบุ 1.4 การออกตรวจเยียม สามารถนำ

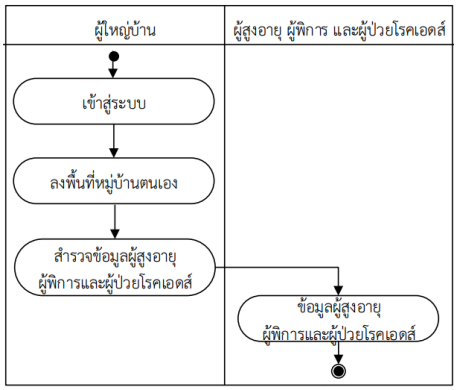
ชื่อส่วนงาน	ส่วนงานเดิม	ส่วนงานใหม่
	กำลังใจ บันทึกข้อมูลโดยวาดรูปแผนที่และเก็บไว้ที่หน่วยงานพัฒนาชุมชน 1.4 หลังจากที่เริ่มบันทึกข้อมูลอายุในครั้งแรกแล้ว ต้องทำเอกสารใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนอายุของผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ ในทุกๆ ปี การแบ่งตามจำนวนหรือขั้นการจัดสรรเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ จะสามารถระบุจำนวนได้จากการคัดดู	ระบบระบุตำแหน่ง หรือ GPS ช่วยนำทางไปยังที่พักได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปรับปรุงข้อมูลต่าง ๆ ทันที 1.5 สามารถนำรูปภาพที่เก็บในฐานข้อมูลมาใช้งานได้ทันทีเมื่อมีการรายงานผลให้กับผู้บังคับบันชาได้ 1.6 ระบบสามารถเตรียมการเพื่อจัดสรรงบประมาณ เบี้ยยังชีพให้แก่ผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี ได้อย่างทันท่วงที

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และออกแบบระบบงานใหม่ โดยใช้เครื่องมือ ได้แก่ แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram – DFD) การออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (E – R Model) แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram) และ แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) เป็นต้น

ภาพที่ 1 แสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram) และ แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram)



Use Case Diagram

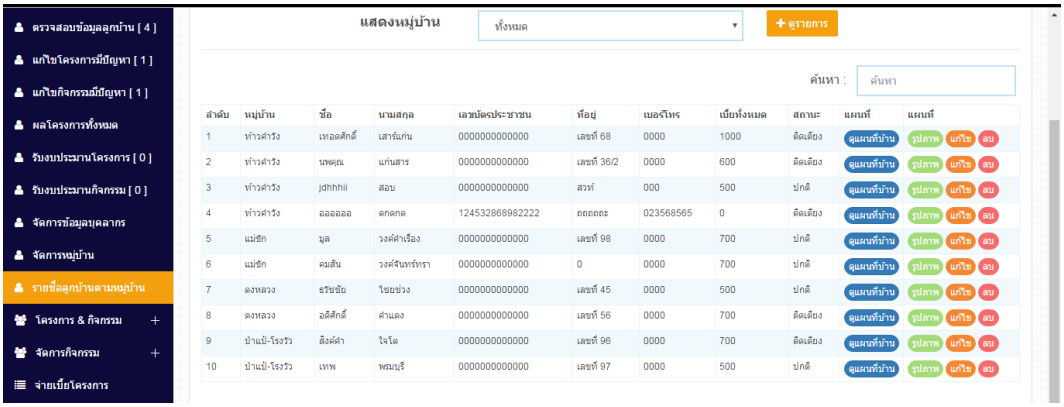


Activity Diagram

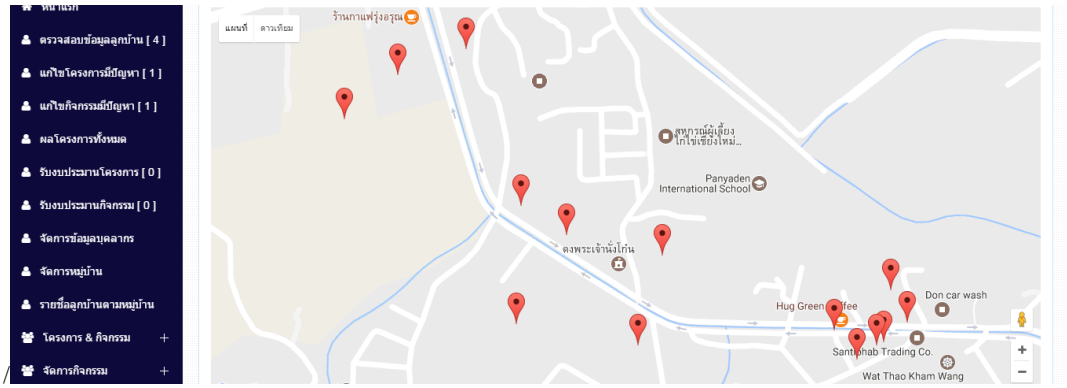
2) ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศ

หน้าจอรายงานข้อมูลลูกบ้าน สามารถทราบที่อยู่ลูกบ้าน ระบบจะแสดงรายละเอียด ชื่อ-นามสกุล ประเภทลูกบ้าน ได้แก่ ผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี แยกตามหมู่บ้าน ที่ได้ทำการบัญทึกข้อมูลไว้แล้ว

ภาพที่ 2 แสดงผลรายชื่อผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี แยกตามหมู่บ้าน



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งแผนที่ลูกบ้าน จากการจัดเก็บตำแหน่งที่อยู่ด้วยเครื่องระบุตำแหน่ง GPS



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงผลหน้าแรกของแอพพลิเคชั่น สำหรับผู้ใหญ่บ้าน



ภาพที่ 5 หน้าจอจัดการข้อมูลลูกบ้าน แสดงส่วนที่ต้องกรอกข้อมูลลูกบ้าน สำหรับผู้ใหญ่บ้าน



3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินภาพโดยผู้เชี่ยวชาญในด้านเทคนิคทั้ง 10 คน ผู้วิจัยได้ใช้หลักการคำนวณทางสถิติมาใช้ในการสรุปการประเมินระบบที่พัฒนาขึ้น คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มาทำการประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ของระบบ ตามเกณฑ์มาตรวัดอันดับ (Rating Scale) 5 ระดับ และนำค่าที่ได้จากการประเมินทั้ง 5 ด้านมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานพบว่าระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการ ผู้ติดเชื้อเอชไอวี สำหรับเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยรวมอยู่ที่ระดับ 0.57 แสดงว่าการประเมินผลประสิทธิภาพระบบอยู่ในเกณฑ์มาก

4) ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน จากแบบสอบถามมาตรส่วนประเมิน 5 ระดับ ด้วยวิธี Black Box Testing ซึ่งแบ่งเป็น 5 ด้าน ตามกลุ่มประเภทผู้ใช้งานฟังก์ชัน

ตารางที่ 2 การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน นายกเทศมนตรี และปลัดเทศบาล

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านความสามารถตามความต้องการของผู้ใช้	4.25	0.46	มาก
ด้านความถูกต้องในการทำงาน	4.75	0.52	มากที่สุด
ด้านความสะดวกต่อการใช้งาน	4.50	0.35	มากที่สุด
ด้านความรวดเร็วในการทำงาน	4.75	0.50	มากที่สุด
ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ	4.75	0.50	มากที่สุด
โดยรวม	**4.60**	**0.47**	**มากที่สุด**

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชน และเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานทั่วไป

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านความสามารถตามความต้องการของผู้ใช้	4.60	0.49	มากที่สุด
ด้านความถูกต้องในการทำงาน	4.35	0.53	มาก
ด้านความสะดวกต่อการใช้งาน	4.25	0.52	มาก
ด้านความรวดเร็วในการทำงาน	4.60	0.71	มากที่สุด
ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ	4.55	0.35	มาก
โดยรวม	**4.47**	**0.52**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า นายกเทศมนตรี และปลัดเทศบาลพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน โดยรวมในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60 , S.D. = 0.47) และ จากตารางที่ 3 พบว่าเจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนาชุมชน และเจ้าหน้าที่ผู้ใช้งานทั่วไปพึงพอใจที่มีต่อการใช้งาน โดยรวมในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.47 , S.D. = 0.52)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่าระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ติดเชื้อเอชไอวี เทศบาลตำบลแม่ท่าช้างได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา และตรงตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ เว็บไซต์และแอพพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่สามารถใช้งานได้จริง ตรงกับความต้องการของผู้ใช้ โดยเป็นการเพิ่มช่องทางในการจ่ายเบี้ยผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์ โดยมีการทำงานอย่างเป็นระบบ ทั้งในส่วนนักพัฒนาชุมชน ส่วนของผู้ใหญ่บ้าน นายกเทศมนตรี เจ้าหน้าที่วิเคราะห์แผนและนโยบาย และเจ้าหน้าที่ฝ่ายกองคลัง มีการกำหนดสิทธิ์ตามกลุ่มของผู้ใช้เพื่อให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปอย่างมีระบบเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาหาความรู้และได้นำเครื่องมือมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้โปรแกรม NetBeans ใช้ในการเขียนโปรแกรม และระบบจัดการฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Xampp ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบคือ ภาษาพีเอสพี (PHP) ซึ่งเป็นภาษาที่ผู้จัดทำได้นำมาใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์ (Web site) และใช้โปรแกรม Android Studio สำหรับใช้ในการพัฒนา Application ให้สามารถระบุตำแหน่งด้วย GPS และใช้โปรแกรมจำลองเครื่อง Genymotion สำหรับทดสอบ Mobile Application ใช้ภาษา Java ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น (Application) ในครั้งนี้ เมื่อมีความรู้เบื้องต้นประกอบกับการศึกษาจากตำราเรียนต่างๆ ผู้ศึกษาได้ทำการลงมือปฏิบัติโดยสร้างส่วนต่างๆ ของระบบขึ้นมา ได้แก่ การออกแบบฐานข้อมูล การออกแบบหน้าจอของเว็บไซต์และแอพพลิเคชั่น ซึ่งในระหว่างการจัดทำระบบได้มี การทดสอบและปรับปรุงระบบอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังใช้แบบประเมิน เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งานอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ นายกเทศมนตรี ปลัดเทศบาล เจ้าหน้าที่พัฒนาชุมชน ผู้ใหญ่บ้าน เจ้าหน้าที่ฝ่ายวิเคราะห์แผนและนโยบาย เจ้าหน้าที่ฝ่ายกองคลัง เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลและ ประเมินผล เพื่อจัดทำ การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้สูงอายุ ผู้พิการและผู้ป่วยโรคเอดส์

เอกสารอ้างอิง

กมลทิพย์ พรมดี. **ศัพท์เบื้องต้นเกี่ยวกับ internet และ website**. [online]. 2556. Available :

http://www.enjoyday.net/build-website-vocab.html. [24 กันยายน 2559].

กระทรวงพัฒนาสังคม และความมั่นคงของมนุษย์. **ความพิการ**. [online]. 2550. Available :

https://th.wikipedia.org/wiki/ความพิการ [24 กันยายน 2559].

กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์. **หลักเกณฑ์การขึ้นทะเบียนรับเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุ**

คนพิการ ผู้ป่วยเอดส์หรือโรคภูมิคุ้มกัน บกพร่องขึ้นทะเบียนรับเงินเบี้ยยังชีพผู้สูงอายุ.

[online]. 2552. Available : https://www.m-society.go.th/ewt_news.php?nid=

15283 [24 กันยายน 2559]

คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล. **รูปแบบการมีส่วนร่วมของชุมชน ในการส่งเสริมสุขภาพ**.

[online]. 2542. Available : https://www.gotoknow.org/posts/195870+กิจกรรมส่งเสริมสุขภาพ

มีอะไรบ้าง [24 กันยายน 2559].

เจมส์ กอสลิง. **Java คืออะไร**. [online]. 2549. Available : http://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คือ

อะไร/2185-java-คืออะไร.html [24 กันยายน 2559].

เทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง. **ประวัติความเป็นมาของเทศบาลตำบลแม่ท่าช้าง**

Available: http://www.maetachang.go.th/history.php [30กันยายน 2559]

สมพร จิวรสกุล. **สารานุกรม IT**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2550

Anuchit Chalothorn. **มาใช้ Genymotion Android Emulator กัน**. [online]. 2557. เข้าถึงได้จาก :

https://thaiopensource.org/มาใช้-genymotion-android-emulator-กัน/ [30 กันยายน 2559].

Jo Wen-ma. **ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก.** [online]. 2550. เข้าถึงได้จาก :

https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก [24 กันยายน 2559].

.

การพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง : กรณีศึกษา สื่อประชาสัมพันธ์วัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา

The Development of A 360-degree Photos Procedure for Interactive Media of Virtual Reality : Case Study for Public Relations of Tourism Temple in Ancient Nakhon Ratchasima Province

ภาณุวัฒน์ ศิริกัน[1*] และ วัลลภ ศรีสำราญ[1]

Panuwat Sirikan[1*] and Wanlop Srisamran[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง 2) เพื่อศึกษาผลการถ่ายภาพ 360 องศา ตามรูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งถือเป็นการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาประยุกต์ โดยการนำแนวคิดที่จะนำรูปแบบการถ่ายภาพ 360 องศา ด้วยเทคนิคพิเศษ เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์ ของวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา ที่เป็นสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ เพื่อพัฒนาสื่อรูปแบบใหม่ โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ กับเชิงคุณภาพ จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลัก กับการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละด้าน จากการศึกษาพบว่า 1) รูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง มีระดับคุณภาพดี 2) ผลการถ่ายภาพ 360 องศา ตามรูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีระดับคุณภาพในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 87.20

คำสำคัญ : ภาพถ่าย 360 องศา, สื่อความเป็นจริงเสมือน, สื่อปฏิสัมพันธ์, วัดในเขตเมืองเก่า, นครราชสีมา

ABSTRACT

The purpose of this study was to (1) The Development of A 360-degree Photos Procedure for Interactive Media of Virtual Reality (2) To shoot 360 degrees follow by 360-degree Photos Procedure for Interactive Media of Virtual Reality Case Study for Public Relations of Tourism Temple in Ancient Nakhon Ratchasima Province. This Apply innovation and technology, By the idea is to bring the 360-degree photos with technique. For interactive media of virtual reality, For promote creative tourism. Temple in ancient Nakhon Ratchasima province, A historic landmark. To develop new media. By using quantitative evaluation. With qualitative evaluation on interviews with key stakeholders. The research found that 1) Implement A 360-degree design and technical procedure to create a quality virtualization model. And new technical testing. 2) For use with Interactive Media of Virtual Reality. To public relations tourism, content and use. To have a clear, complete and useful content. The result found that quality at a good level is 87.20 percent.

Keywords : 360-degree Photos, Virtual Reality Media, Interactive Media, Tourism, Temple

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Department of Multimedia Technology, Faculty of Fine Art and Industrial Design, Rajamangala University of Technology Isan, Nai Muang Sub-district, Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : jibjawg@hotmail.com

บทนำ

การท่องเที่ยวของประเทศไทยเป็นหัวใจสำคัญในการนำรายได้เข้าสู่ประเทศ มีเม็ดเงินจำนวนมากไหลเข้าสู่ระบบของประเทศไทย และเป็นการส่งเสริมอาชีพที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยวมากมาย มีแนวโน้มของมูลค่าที่สูงต่ออนาคตการท่องเที่ยวไทย (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2560) ซึ่งสอดคล้องกับวัดในเขตเมืองเก่าของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่จะประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวของประเทศไทยที่มีลักษณะการท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์บนพื้นฐานของศิลปะและวัฒนธรรม ซึ่งวัดในเขตเมืองเก่าของจังหวัดนครราชสีมา มีเอกลักษณ์ที่โดดเด่น ทางด้านศิลปะ ประเพณี และวัฒนธรรม มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน และมีความเก่าแก่ ไม่ว่าจะเป็น เรื่องราวความเป็น โบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปะ และปูชนียบุคคล เป็นต้น ซึ่งเป็นมรดกที่ประเมินค่าไม่ได้ต่อประเทศไทย ตั้งแต่ยุคพระนารายณ์มหาราช จนถึงได้รับพระราชทานเป็นพระอารามหลวงในปัจจุบัน (Richards, 2010)

จากสภาพปัญหาในปัจจุบัน วัดในเขตเมืองเก่าของจังหวัดนครราชสีมา ไม่มีการประชาสัมพันธ์ในรูปแบบสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงที่เป็นรูปแบบใหม่ ไม่มีการเล่าเรื่องราวความเป็นมาที่มีคุณค่า และการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตามกาลเวลา และการบูรณะ (นิคม บุญญานุสิทธิ์, 2560) ไม่บรรลุเป้าหมายที่ประชาสัมพันธ์ ให้กับนักท่องเที่ยวประเภทเชิงสร้างสรรค์บนพื้นฐานของศิลปะและวัฒนธรรมให้กว้างขวางผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ทั้งยังไม่เข้าใจในเรื่องราวความเป็นมาที่แท้จริงที่ไม่มีภาพเสมือนจริงที่อธิบายความเป็นมาวัดในเขตเมืองเก่าของจังหวัดนครราชสีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ทำให้ไม่เกิดการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเข้าถึง หรือการศึกษาหาความรู้ที่เป็นการเดินตามรอยประวัติศาสตร์เกิดขึ้น (Richards and Raymond, 2000)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่าจังหวัดนครราชสีมา ที่จะบอกเล่าเรื่องราวประวัติศาสตร์ความเป็นมาผ่านกราฟิก และรูปภาพจากสถานที่จริง โดยการใช้เทคนิคการภาพถ่าย 360 องศา และการปรับแต่งโดรน(Drone) แบบพิเศษ ซึ่งจะทำให้เห็นภาพจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจน สามารถมองเห็นทุกมุมมอง ทุกมิติ เช่น มุมมองสายตานก มุมมองสูง และมุมมองต่ำ เป็นต้น ทุกมุมมองที่กล่าวมาจะเห็นองค์ประกอบได้โดยรอบ และมีความละเอียด ทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนมุมมองภาพได้ตามต้องการ หรือการเคลื่อนที่ไปยังจุดต่าง ๆ เพื่อปรับเปลี่ยนมุมมองใหม่ทำให้ผู้ใช้งานเหมือนเข้าไปอยู่ในสถานที่จริง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง
2. เพื่อศึกษาผลการถ่ายภาพ 360 องศา ตามรูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา

เครื่องมือที่ใช้วิจัย

1. รูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา สำหรับการพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง
2. แบบประเมินคุณภาพสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงสำหรับผู้เชี่ยวชาญ
3. กล้อง 360 องศา
4. โดรน (Drone) ที่ได้รับการปรับแต่งกับตัวกล้อง 360 องศา
5. สื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์และเก็บข้อมูล สามารถอธิบายในรายละเอียดได้ ดังนี้

1) ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา ไม่ว่าจะเป็น หนังสือ ใบลาน และสมุดข่อย ที่ได้รับการอนุญาตจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นต่อไป

2) ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยว และการประชาสัมพันธ์ เพื่อนำวิธีการใหม่ไปปรับใช้กับตัวสื่อที่จะพัฒนา

3) ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม และเทคโนโลยีรูปแบบใหม่ที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับสื่อที่จะพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นสื่อความเป็นจริงเสมือน, สื่อปฏิสัมพันธ์ และรูปแบบขั้นตอนเทคนิคการถ่ายภาพ 360 องศา รวบรวม และเก็บข้อมูลจากที่ได้กล่าวข้างต้น เพื่อออกแบบ และพัฒนาสื่อในขั้นต่อไป

4) วิเคราะห์ข้อมูลจากขอบเขตเนื้อหา และกลุ่มเป้าหมาย

5) ลงพื้นที่โดยวิธีสัมภาษณ์ ซึ่งผู้วิจัยต้องสัมภาษณ์ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องหลักที่ให้ข้อมูลวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา ประกอบด้วย เจ้าอาวาส พระลูกวัด กรรมการวัด และลูกศิษย์วัด ซึ่งจะให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ เรื่องราวความเป็นมา โบราณสถาน โบราณวัตถุ ศิลปะ และปูชนียบุคคล และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

6) ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ และพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา

1) ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production)

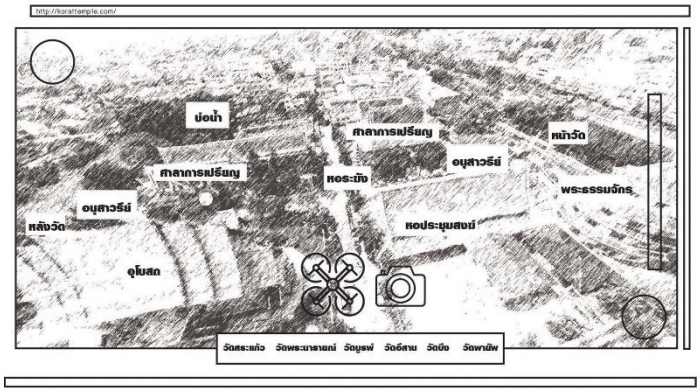
1.1) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตในการพัฒนาสื่อ โดยการเลือกจุดสำคัญที่เป็นเอกลักษณ์ของวัด ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่บริเวณวัด และบริเวณด้านในอุโบสถ พร้อมทั้งจุดมุมมองสายตานกที่ต้องศึกษาจุดจากแผนที่ เพื่อกำหนดจุดที่สำคัญ เนื่องจากการถ่ายภาพทางอากาศจำเป็นต้องวางแผนมากกว่าปกติ อันเกิดปัญหาขีดจำกัดของอุปกรณ์ จำเป็นต้องวางแผนให้รัดกุม เพื่อให้ง่ายต่อการลงพื้นที่ในการเก็บภาพถ่าย 360 องศา

1.2) วางแผนจากขอบเขตงานที่ได้วิเคราะห์มา โดยจะต้องเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น คือ โดรน กล้องถ่ายภาพ 360 องศา และแท็บเล็ต ซึ่งจะต้องปรับแต่งโดรน (Drone) ยึดกับตัวกล้อง 360 องศา แบบพิเศษให้ตรง หรือมุม 90 องศา ยึดให้แน่นเวลาถ่ายภาพกล้องจะได้ตั้งตรง ไม่เอียง และเพื่อป้องกันความเสียหายจากการตก ต้องเว้นระยะห่างจากตัวกล้องที่มากับโดรน (Drone) ดังภาพที่ 1 เนื่องจากภาพที่ได้จากตัวกล้อง 360 องศามีคุณภาพ ราคาไม่สูงมาก และเป็นรูปแบบภาพแบบเดียวกันกับภาพพื้นดิน ในส่วนของแท็บเล็ตสามารถพกพาไปใช้ในพื้นที่เพื่อนำไปใช้ตรวจสอบภาพ 360 องศา และเพื่อใช้ตั้งเวลานับถอยหลังในการถ่ายภาพ หากเป็นไปได้ควรมีแท็บเล็ตอย่างน้อย 2 เครื่อง เพื่อแยกการทำงาน



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนก่อนการผลิต โดยการปรับแต่งกล้อง 360 องศา กับโดรน(Drone)

1.3) ออกแบบ และจัดทำแผนที่จำลอง (แบบร่าง) จุดที่ต้องไปถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อกำหนดพื้นที่ขอบเขตงานได้อย่างชัดเจน เนื่องจากช่วยประหยัดเวลา และแสงดวงอาทิตย์ที่ใช้ถ่ายต้องมีแสงที่ใกล้เคียงกัน จะทำให้ภาพมีคุณภาพกลมกลืนกัน และการเชื่อมต่อภาพทีละจุด ในขั้นตอนนี้ ต้องออกแบบหน้าของสื่อปฏิสัมพันธ์ เช่นกัน เพื่อให้ขนาดภาพถ่ายกับหน้าสื่อมีองค์ประกอบศิลป์ที่เหมาะสม และสวยงาม ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการจัดทำแผนที่จำลอง (แบบร่าง) จุดที่ต้องถ่ายภาพ 360 องศา และหน้าสื่อปฏิสัมพันธ์

1.4) ผู้เชี่ยวชาญตรวจตรวจสอบจุดที่ได้วางแผนไว้ เนื่องจากจะต้องมีการบิน และการวางจุดที่สำคัญ สำหรับการถ่ายภาพ 360 องศา ทั้งองค์ประกอบภาพจะต้องเหมาะสม และจะต้องคำนึงถึงความเชื่อของชาวพุทธ และกฎการบินอย่างเคร่งครัด จึงจำเป็นต้องตรวจสอบให้ละเอียด เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บข้อมูลภาพ 360 องศา

2) ขั้นตอนการผลิต (Production)

2.1) ตรวจสอบสภาพอากาศ แสง และสถานที่ พร้อมทั้งประสานงานในพื้นที่ เนื่องจากขณะปฏิบัติงานต้องมีวิสัยทัศน์ที่เหมาะสม มีความสว่างที่เพียงพอ และประชาชนในพื้นที่ไม่หนาแน่นจนเกินไป จึงจำเป็นต้องมีการประสานงานที่ดี และต้องทำการขออนุญาตบินกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

2.2) การถ่ายภาพ 360 องศา ตามจุดสำคัญ คือ โดยใช้โดรน (Drone) ที่ปรับแต่งกับกล้อง 360 องศา ทั้งนี้ต้องทำการขออนุญาตตามกฎหมายก่อนบินเสียก่อน ในการทำงานกล้อง 360 องศา จำเป็นต้องตั้งฉาก หรือทำมุม 90 องศา กับพื้น ในการบินจะต้องไม่บินกลางวัด ต้องบินเยื้องออกนอกวัดเล็กน้อย ไม่บินต่ำหรือสูงมากเกินไป เพื่อมุมมองภาพจะได้เห็นองค์ประกอบที่ชัดเจนของตัววัดทั้งหมด ในการบินจะต้องตั้งเวลานับถอยหลังเพื่อถ่ายภาพทุกครั้ง และมีการตรวจสอบภาพ

ทุกครั้ง และภาพที่ได้มีการเชื่อมต่อกัน (Link) ในการบินทุกครั้งต้องคำนึงถึง แสงสว่าง แบตเตอรี่ และระยะเวลาในการถ่ายภาพที่ 3 ซึ่งต้องดูแผนที่จำลอง (แบบร่าง) ควบคู่ไปด้วย



ภาพที่ 3 แสดงโดรน (Drone) ที่ได้รับการปรับแต่งกับกล้อง 360 องศา พร้อมทั้งสภาพอากาศที่ เหมาะสมกับการบินถ่ายทำ

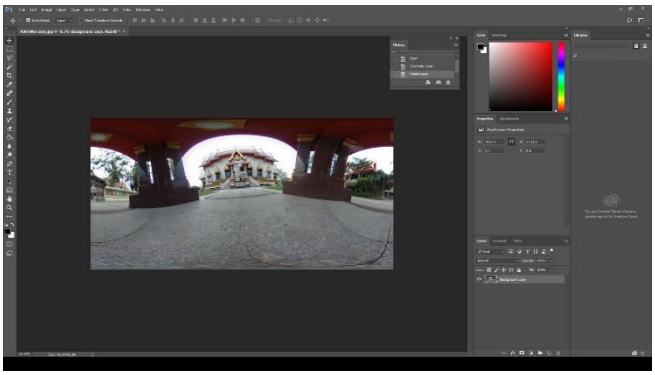
การถ่ายภาพทางภาคพื้นดิน มีการถ่าย 2 แบบ พื้นที่บริเวณวัด และบริเวณด้านในอุโบสถ จะต้องตั้งกล้อง 360 องศา ให้ตั้งฉาก กับพื้นดิน ดังภาพที่ 4 เนื่องจากการทำงานภาคพื้นดิน จะต้องตั้งกล้องกับพื้นที่เรียบ ไม่เอียงไปมุมอื่น ในระหว่างการปฏิบัติงานประชาชนในพื้นที่จะต้องไม่บดบังองค์ประกอบที่จะต้องเก็บภาพ ทั้งภาพมีมุมมองสูง มุมมองต่ำ มีมุมมองระยะใกล้ ไกล และอื่น ๆ ทั้งยังในการตั้งกล้องภาคพื้นดินจะต้องคำนึงความเชื่อของชาวพุทธ ในขณะถ่ายภาพจะต้องดูแผนที่จำลอง (แบบร่าง) ควบคู่ไปด้วยเสมอ เมื่อถ่ายเสร็จตามแผนงาน จะต้องตรวจสอบคุณภาพงานทันที เพื่อจะได้ไม่ต้องเสียเวลาเก็บข้อมูลใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 4 แสดงการตั้งกล้องให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพในภาคพื้นดิน

2.3) นำภาพถ่ายที่ได้จากการเก็บข้อมูลไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ และความเหมาะสม

2.4) นำภาพถ่ายที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาทำการตกแต่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยการใช้โทนสีที่บอกลักษณะของเอกลักษณ์ของวัด เพิ่มแสงสว่างของภาพให้ใกล้เคียงกัน ตกแต่งภาพด้วยกราฟิกเสริม หากมีวัตถุที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น มีโดรน (Drone) ติดมากับภาพ จำเป็นต้องตกแต่งให้ภาพดูกลมกลืน พร้อมทั้งสวยงาม เป็นต้น ในขั้นตอนการทำงานนี้ ควรจัดกลุ่มรูปภาพให้เป็นสัดส่วน ดังภาพที่ 5 เนื่องจากรูปแบบมีการเชื่อมต่อกัน (Link)



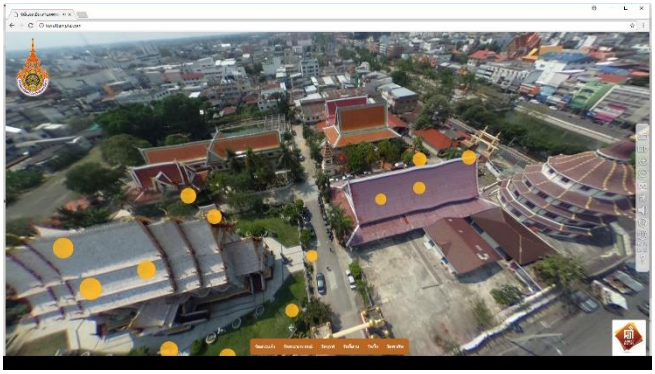
ภาพที่ 5 แสดงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อตกแต่งภาพถ่ายที่ได้จากการลงพื้นที่การเก็บข้อมูล

2.5) นำภาพที่ตกแต่งแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญต้องตรวจสอบคุณภาพ ความสวยงาม ความกลมกลืน และความเหมาะสม

3) ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production)

3.1) สร้างสื่อปฏิสัมพันธ์เพื่อรองรับภาพ 360 องศา จากแผนงาน และที่ได้ออกแบบไว้ โดยต้องทำการสร้างแบบออฟไลน์ก่อน เพื่อความง่ายต่อการทำงาน แล้วจึงทำการทดสอบบนระบบอินเทอร์เน็ตในขั้นต่อไป

3.2) จดชื่อเว็บไซต์ และพื้นที่ บนระบบอินเทอร์เน็ต เมื่อผู้วิจัยได้รูปภาพที่สมบูรณ์แล้ว จึงทำการเชื่อมต่อภาพสู่ภาพในโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เห็นภาพ 360 องศา ในมุมมองที่หลากหลาย ตามที่ได้จัดกลุ่มรูปภาพเอาไว้ จากนั้นทำการประกอบภาพกราฟิก และเสียง แล้วจึงทำการอัพโหลดขึ้นบนระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทำการตรวจสอบข้อผิดพลาด ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงการตรวจสอบภาพบนอินเทอร์เน็ต

3.3) นำสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบก่อนนำไปใช้ ขั้นตอนนี้สำคัญมาก จะต้องตรวจสอบให้รัดกุม เพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ตามมาในภายหลัง เพื่อให้สื่อมีคุณภาพ และสามารถในไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย การจัดกิจกรรม และการประเมินผลการจัดกิจกรรม

1) ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดวันในการนำสื่อไปทดลองใช้ และจัดกิจกรรม

2) ดำเนินการจัดกิจกรรมตามแนวทางการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่าจังหวัดนครราชสีมา โดยนำเสนอบนระบบอินเทอร์เน็ต

3) นำเสนอแบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ โดยทั้งหมดตรวจสอบความถูกต้อง คุณภาพ และข้อเสนอแนะ เพื่อนำ ไปปรับปรุงแก้ไขต่อไป

4) นำผลการประเมินสื่อ และการจัดกิจกรรมจากผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด มาวิเคราะห์ และประเมินผล โดยใช้วิธีการประเมินเชิงปริมาณ (Quantitative Evaluation) และเชิงคุณภาพ (Qualitative Evaluation) ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์

5) สรุปโครงการนำเสนอผลทางการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมาต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนสรุปผล

วิเคราะห์ผลที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา

1) นำผลงานที่เกิดจากการวิเคราะห์การพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา มาปรับปรุง แก้ไข ตามข้อเสนอแนะ เพื่อพัฒนางานให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2) นำสื่อการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา จากข้อเสนอแนะมาพัฒนาในการวิจัยครั้งต่อไป

3) ได้สื่อการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา จากการจัดกิจกรรม เพื่อประชาสัมพันธ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ ทั้งหมด 5 ท่าน มีดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพ

รายการประเมิน	**เฉลี่ย**	**ระดับคุณภาพ**
ด้านเนื้อหา		
1. เนื้อหามีความถูกต้อง และชัดเจน	4.20	ดี
2. ความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์	4.20	ดี
3. เนื้อหามีความเหมาะสมต่อผู้ใช้งาน	4.20	ดี
4. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา	4.40	ดี
5. ความสอดคล้องของเนื้อหาในแต่ละหัวข้อ	4.60	ดีมาก
6. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.00	ดี
7. เนื้อหาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้	4.60	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.31**	**ดี**
ด้านออกแบบ และเทคนิค		
1. ภาพ 360 องศา และมุมมอง 360 องศา มีความน่าสนใจ	4.20	ดี
2. ความสวยงาม และคุณภาพของภาพ 360 องศา	4.40	ดี
3. ความต่อเนื่องของการปรับเปลี่ยนมุมมองภาพ 360 องศา	4.20	ดี
4. ความสอดคล้องของภาพ 360 องศา ที่มีต่อเนื้อหา	4.40	ดี
5. ความเหมาะสมของภาพกราฟิกที่ใช้ประกอบ	4.00	ดี
6. ความเหมาะสมของการใช้สี	4.00	ดี
7. ความเหมาะสมของตัวอักษร และเมนู	4.20	ดี
8. ความเหมาะสมของภาพ 360 องศา กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง	4.60	ดีมาก

ด้านการนำไปใช้		
1. ประโยชน์ในการนำเสนอบนระบบอินเทอร์เน็ต	5.00	ดีมาก
2. ประโยชน์ในการใช้สื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง	4.60	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาประยุกต์	4.60	ดีมาก
4. ประโยชน์ต่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว	4.40	ดี
5. ประโยชน์ต่อการเรียนรู้ด้านศิลปะและวัฒนธรรม	4.60	ดีมาก
6. ประโยชน์ต่อการอนุรักษ์	4.20	ดี
เฉลี่ย	**4.57**	**ดีมาก**
เฉลี่ยรวม	**4.36**	**ดี**

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินอยู่ในระดับดีมากในด้านความสอดคล้องของเนื้อหา การนำเนื้อหาไปใช้ประโยชน์ ความเหมาะสมของภาพ 360 องศากับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ประโยชน์ในการนำเสนอบนระบบอินเทอร์เน็ต ประโยชน์ในการใช้สื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ความเหมาะสมในการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีมาประยุกต์ และประโยชน์ต่อการเรียนรู้ด้านศิลปะและวัฒนธรรมผลสรุปจากตารางประเมินคุณภาพ พบว่าอยู่ในระดับคุณภาพดีซึ่งคิดเป็นร้อยละ 87.20

สรุปผล

1. ศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่า การใช้วิธีการรูปแบบใหม่ จะช่วยประหยัดเวลาในการดำเนินงาน มีค่าใช้จ่ายไม่สูงเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการถ่ายภาพ และช่วยให้ภาพ 360 องศามีคุณภาพ พร้อมทั้งเห็นสภาพแวดล้อมที่ชัดเจน สามารถมองเห็นทุกมิติ เห็นองค์ประกอบได้โดยรอบ และมีความละเอียด จากการศึกษาจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ อยู่ในระดับระดับคุณภาพดี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 87.20

2. จากการศึกษาเพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความเหมาะสมของภาพ 360 องศา กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง มีระดับคุณภาพดีมาก เป็นการนำนวัตกรรม และเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ได้อย่างดี จะเห็นได้ว่าระดับคุณภาพดีมาก ทั้งนี้จะช่วยให้การนำเสนอเรื่องราวประวัติศาสตร์ ความเป็นมา ของวัดในเขตเมืองเก่า ที่มีการจัดแสดงหลักฐานทางประวัติศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นพิพิธภัณฑ์ ศูนย์การเรียนรู้ โรงเรียน โบราณสถาน โบราณวัตถุ ปูชนียบุคคล ศิลปะ และวัฒนธรรม เป็นต้น ซึ่งมีจุดเด่น และเอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นการนำรูปแบบใหม่ ให้ทันต่อยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลง และยังพบว่าการนำเสนอบนระบบอินเทอร์เน็ตมีประโยชน์มาก ถ้านำเทคโนโลยีสารสนเทศ ก้าวไปสู่สายตาโลก จะช่วยในการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวได้เป็นอย่างดี และเป็นการอนุรักษ์ศิลปะ และวัฒนธรรมในรูปแบบใหม่

อภิปรายผล

1. จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา จากขั้นตอนด้านออกแบบ และเทคนิค เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบใหม่ จากผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Aznoora et al., (2009) ที่ว่า การนำเทคนิคภาพพาโนราม่า(Panorama) มาปรับแต่ง และออกแบบ เป็นครั้งแรก เพื่อทดสอบใช้กับสื่อความจริงเสมือน (Virtual Reality) ในรูปแบบสภาพแวดล้อมดิจิทัลอินเตอร์แอคทีฟ (Interactive Digital Environment) ที่สร้างจินตนาการให้กับผู้เข้ามาใช้งานเสมือนอยู่ในสถานที่จริง อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีที่จะเกิดในอนาคต เป็นองค์ประกอบความเป็นจริงเสมือนเป็นการนำทางเสมือนจริงของภูมิประเทศที่มีอยู่ในโลกแห่งความจริง โดยการใช้ภาพถ่าย ภาพวิดีโอ และภาพพาโนราม่า มาประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาแหล่งท่องเที่ยว เพื่อเป็นการนำทางให้นักท่องเที่ยวเข้าใจข้อมูลจากเทคนิคการใช้เสียงบรรยาย ข้อความ และเสียงเพลงประกอบ ซึ่งเสมือนการพัฒนาทัวร์การท่องเที่ยวจากโลกเสมือนจริง ทำให้เพิ่มความน่าสนใจของตัวสื่อ และการท่องเที่ยว โดยที่จากการทดสอบในการใช้งานด้านความพึงพอใจและประสิทธิภาพของผู้ใช้งาน ได้รับผลการตอบรับที่ดี และผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดเห็นพ้องกันว่าสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้าชมได้ และยังสอดคล้องกับ Chelsea et al., (2017) ที่ว่า ความก้าวหน้า และการพัฒนาที่เกิดขึ้นใหม่อย่างรวดเร็ว และเทคโนโลยีความเข้าใจในเชิงลึกของผู้ใช้งานปฏิสัมพันธ์ และประสบการณ์เป็นสิ่งจำเป็น เทคโนโลยีใหม่เหล่านี้กำลังนำเสนอความท้าทายใหม่ ๆ และโอกาสในการสร้างโลกเสมือน และประสบการณ์เสมือนจริง ช่วยให้ผู้ใช้สามารถก้าวกระโดดได้อย่างรวดเร็ว และทำในสิ่งที่พวกเขาไม่สามารถทำได้ในโลกปกติ โดยการนำเนื้อหาของ วิดีโอ 360 องศามา มาใช้กับความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) ทำให้ ตลาดสนามบิน และท้องถิ่น มีความน่าสนใจขึ้นมา ซึ่งผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่า การตั้งค่าส่วนตัวไม่เพียงพอ เพราะมีสิ่งรบกวนที่มีอยู่ใน สถานที่กึ่งสาธารณะ อีกแนวทางหนึ่ง พบว่า แนวทางที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบประสบการณ์ของ ดูวิดีโอ 360 องศา ที่สามารถช่วยนักออกแบบ และนักวิจัยในการสร้างเนื้อหาที่ไม่ซ้ำกันและนวนิยาย สร้างอารมณ์ การมีส่วนร่วมดึงดูดความสนใจของผู้ชม ส่งเสริมการสำรวจความเข้าใจที่เหมาะสมบริบท และการหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องด้านเทคนิค และยังสอดคล้องกับ จุฑาวรรณ (2559) ที่ว่า การท่องเที่ยวเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ของหลายประเทศทั่วโลก เพื่อช่วงชิงส่วนแบ่งตลาดท่องเที่ยวโลก ทำให้ประเทศไทยต้องปรับทิศทางการส่งเสริมการท่องเที่ยวโดยใช้อัตลักษณ์ของประเทศ มีการบอกเล่าเรื่องราวในการพัฒนาทางสังคม และมนุษย์ผ่านทางประวัติศาสตร์อันเป็นผลเกี่ยวเนื่องกับวัฒนธรรม องค์ความรู้ และการให้คุณค่าของสังคม โดยการศึกษาแนวทางการออกแบบ วิธีการนำเสนอข้อมูล และเทคนิคการปฏิสัมพันธ์ ที่เกิดระหว่างสื่อปฏิสัมพันธ์(Interactive) กับมนุษย์ เชื่อมโยงกับเทคนิคต่าง ๆ สามารถส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงมรดกวัฒนธรรม ให้ความรู้เชิงประวัติศาสตร์ ทำให้นักท่องเที่ยวมีความเข้าใจวัดอรุณราชวรารามราชวรมหาวิหาร ได้อย่างลึกซึ้ง นักท่องเที่ยวสามารถศึกษาล่วงหน้ามาก่อนวางแผนการท่องเที่ยวได้ด้วยตนเอง ลดขั้นตอนที่ซับซ้อนยุ่งยากในการเดินทาง และหัวใจสำคัญที่สุด คือ สามารถสะท้อนเอกลักษณ์ทางมรดกวัฒนธรรมอันทรงคุณค่าของชาติ ที่มีความชัดเจน และโดดเด่นให้แก่ชาวโลกได้ประจักษ์ และถือเป็นการสืบทอดทางวัฒนธรรมที่มีมาช้านานให้ดำรงอยู่ต่อไป

2. จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการพัฒนารูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว กรณีศึกษาวัดในเขตเมืองเก่า จังหวัดนครราชสีมา จากขั้นตอนด้านเนื้อหา และประโยชน์ในการนำไปใช้ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบใหม่ จากผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด ธัญพร (2558) ที่ว่า การให้ข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยว เป็นวิธีการหนึ่งในการส่งเสริม และพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยว เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น การให้ข้อมูลออนไลน์ในรูปแบบของเว็บไซต์ การจำลองภาวะเสมือนจริงของสถานที่ท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม โดยการจัดการข้อมูล นำเสนอ

เนื้อหา และประโยชน์ในการนำไปใช้งาน จากกลุ่มนักท่องเที่ยว และมัคคุเทศก์ มีประสิทธิภาพในการใช้ ยังสอดคล้องกับพงศธร (2559) ที่ว่า ในปัจจุบันประเทศจีน เป็นประเทศในภูมิภาคเอเชียที่มีนักท่องเที่ยวเดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทยมากเป็นอันดับหนึ่ง ทำให้ต้องพัฒนาสื่อที่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานของนักท่องเที่ยว พฤติกรรมการใช้สื่อมัลติมีเดียทำให้เกิดการสร้างสื่อบนปฏิสัมพันธ์บนโทรศัพท์มือถือ ได้รับความนิยมกว่าการสร้างสื่อแบบหลายแพลตฟอร์ม เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยการนำข้อมูล และเนื้อหาจากการศึกษาพฤติกรรมนักท่องเที่ยวจีน พบว่านักท่องเที่ยวต้องการข้อมูลการเดินทางที่ชัดเจนของเวลา และราคาจากระบบโดยสารสาธารณะ ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว และรูปภาพจากสถานที่จริง ซึ่งผลการประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก จากกลุ่มผู้ใช้งานคือนักท่องเที่ยวจีน การประเมินผลการออกแบบสื่อปฏิสัมพันธ์จากผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ในด้านการรูปแบบขั้นตอนการถ่ายภาพ 360 องศา ควรมีมุมมองตรงป้ายหน้าวัดที่ชัดเจน หรือมีจุดที่สำคัญ หรืออาจจะเป็นภายในพระอุโบสถ

2. ในด้านออกแบบ และเทคนิค เพื่อใช้กับสื่อปฏิสัมพันธ์เสมือนจริง ควรทำการท่องเที่ยวเสมือนจริง (Virtual Tours) ควรมีการกำหนดการนำทางโดยผู้ใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้ได้ปฏิสัมพันธ์กับสื่อได้

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ปัญหาทางด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ มีข้อจำกัดในการถ่ายภาพ 360 องศา ทางอากาศ เนื่องจากภาพที่ได้มามีภาพโดรน (Drone) ติดมากับภาพ 360 องศา จำเป็นต้องปรับแต่งอุปกรณ์ใหม่ หรือซื้ออุปกรณ์มาปรับแต่งเพิ่ม หรือเทคนิคในการแต่งโดรน (Drone) โดยเฉพาะ

2. ปัญหาตัวอุปกรณ์กล้อง 360 องศา ที่ปรับแต่งกับโดรน (Drone) มีข้อจำกัด ไม่มีจอแสดงผล (Monitor) ระยะการควบคุมที่สั้น เกิดปัญหา ต้องตั้งค่าอัตโนมัติให้กล้องถ่ายภาพเองบนอากาศ จึง จำเป็นต้องใช้ความสามารถในการบิน และต้องเสียเวลาในการทำงานพอสมควร

3. ในการลงพื้นที่ไปเก็บภาพถ่าย 360 องศา ยังพบปัญหาจากประชาชนที่หนาแน่น ทำให้บดบังสภาพแวดล้อมความสวยงามของวัด ไม่ว่าจะเป็น การก่อสร้าง การซ่อมแซมวัด การมาทำบุญ การจัดงานในวัด และการใช้พื้นที่ในการจอดรถยนต์ภายในวัด เป็นต้น จึงจำเป็นต้องประสานงานที่ดี

4. ในการทำงานบริเวณพื้นที่วัดอยู่ในเมือง มีคลื่นรบกวนเป็นจำนวนมาก จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ในการใช้บินที่ทันสมัยพอสมควร เพื่อช่วยให้งานดำเนินงานไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะในครั้งต่อไป

1. ในการพัฒนาเพื่อต่อยอดในครั้งต่อไป โดยสามารถนำไปพัฒนาในการสร้างโมเดล 3 มิติ (3D Model) ที่มีรูปทรง 360 องศา ไปสร้างโมเดล เช่น โมเดลจากสิ่งก่อสร้าง โมเดลจากวัตถุโบราณ และโมเดลจากสภาพแวดล้อม เป็นต้น เพื่อพัฒนาสื่อปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบความจริงเสริม(Augmented Reality) ในครั้งต่อไป เป็นการเพิ่มช่องทางการตลาดให้กับการท่องเที่ยวในอีกรูปแบบ และเป็นการอำนวยความสะดวกให้นักท่องเที่ยวเข้าถึงได้ง่าย พร้อมทั้ง

ยังสามารถนำโมเดล 3 มิติ (3D Model) ไปต่อยอดงานด้านต่าง ๆ ได้ เช่น ด้านแอนิเมชัน(Animation) ด้านความจริงเสมือน (Virtual Reality) ด้านเกม (Game) และด้านภูมิศาสตร์ (Geography) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. 2560. ฐานข้อมูลประกอบการที่พัก ปี 2560 ศึกษาร่วมระหว่างสำนักงานสถิติแห่งชาติ และกระทรวงการท่องเที่ยว. กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

กฤตยา พวงมะลิ. 2554. การอนุรักษ์พระวิหารลายคำและจิตกรรมฝาผนังในวัดพระสิงห์วรมหาวิหารด้วยสื่อวีดีทัศน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีสื่อและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จุฑาวรรณ วรงค์. 2559. การออกแบบสื่ออินเตอร์แอคทีฟเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงมรดกวัฒนธรรมไทย กรณีศึกษา วัดอรุณราชวราราม ราชวรมหาวิหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต. สาขาวิชาศิลปะการออกแบบ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธัญพร กุลพรพันธ์. 2558. ระบบสารสนเทศอ้างอิงตำแหน่งเพื่อการนำเสนอข้อมูลในสถานที่ท่องเที่ยวด้วยวิดีโอ 360 องศา กรณีศึกษาโบราณสถานวัดศรีชุม จังหวัดสุโขทัย. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

นิคม บุญญานุสิทธิ์. 2560. รายงานวิชาการมีส่วนร่วมในการวางแผน. วิชาการมีส่วนร่วมในการวางแผน. สาขาวิชาการจัดการผังเมือง คณะศิลปกรรมและออกแบบอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

พงศธร ตั้งสะสม. 2559. การออกแบบสื่อปฏิสัมพันธ์เพื่อการท่องเที่ยวจังหวัดภูเก็ตสำหรับนักท่องเที่ยวจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต. สาขาวิชาศิลปะการออกแบบ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Richards, G. and Raymond, C. 2000. Creative Tourism. ATLAS News 23.

Richards, G. 2010. Creative Tourism and Local Development.In Wurzburger, R. (Ed.). Creative Tourism A Global Conversation how to provide unique creative experiences for travelers worldwide: **at present at the 2008 Santa Fe & UNESCO International Conference** on Creative Tourism in Santa 2010 : 78–90. New Mexico. USA.

ระบบการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา

Public Relations Compensation Payment System : A Case Study of Chalermkarnchana University

ละออ ศรีสุมา[1*] และ ฐิมาพร เพชรแก้ว[2]

Laor Srisuma[1*] and Thimaporn Phetkaew[2]

บทคัดย่อ

การเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนาเดิมจัดเก็บข้อมูลโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลการรับสมัครนักศึกษาและระบบการเงิน ทำให้ขั้นตอนการเบิกจ่ายเกิดข้อผิดพลาดได้ง่ายและใช้เวลานาน จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบใหม่ สำหรับกลุ่มผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ดังนี้ (1) ผู้แนะนำ สามารถตรวจสอบหลักฐานการรับสมัครและนำส่งข้อมูลให้ฝ่ายการเงินผ่านระบบได้ (2) ฝ่ายการเงิน สามารถตรวจสอบการส่งยอดผู้สมัครใหม่จากผู้แนะนำ ทำการสรุปข้อมูลเพื่อขออนุมัติเบิกจ่าย และทำการจ่ายค่าตอบแทนที่ได้รับการอนุมัติแล้วให้แก่ผู้แนะนำได้ (3) หัวหน้าฝ่ายแนะแนวสามารถสรุปข้อมูลจำนวนผู้สมัครที่ผ่านกระบวนการรับสมัครโดยสมบูรณ์แล้ว เพื่อวางแผนการแนะแนวและประชาสัมพันธ์ได้ (4) ผู้บริหารสามารถกำหนดเงื่อนไขการเบิกจ่ายและพิจารณารายการขออนุมัติเบิกจ่ายได้ รวมทั้งมีข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนบริหารงานรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบใหม่ช่วยให้การกำหนดเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทนครอบคลุมหลักเกณฑ์ตามที่ผู้บริหารได้กำหนดไว้ ช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบและติดตามเอกสารการรับสมัคร ช่วยให้การตรวจสอบรายการขออนุมัติเบิกสามารถได้อัตโนมัติโดยเชื่อมโยงข้อมูลจากระบบรับสมัครและระบบการเงินทำให้ได้ข้อมูลรายการขออนุมัติเบิกจ่ายที่มีความถูกต้องและครบถ้วน สามารถแก้ปัญหาข้อมูลขออนุมัติเบิกผิดพลาดและแก้ปัญหาการได้รับค่าตอบแทนล่าช้า มีระบบแจ้งเตือนเมื่อได้รับการอนุมัติค่าตอบแทน มีการนำเสนอรายงานเปรียบเทียบข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนบริหารงานรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้

คำสำคัญ : ระบบการเบิกจ่ายค่าตอบแทน, การเบิกจ่ายค่าตอบแทน, การรับนักศึกษา

ABSTRACT

A case study of Chalermkarnchana University regarding the public relations compensation payment process. There is no data file connected with the database system from the recruitment and financial system. As a result, the compensation process may be faulty and time-consuming. Therefore, the researcher has analyzed and designed as well as developed a new system for 4 user groups as follows: (1) The public relations officer can check the application form and send it to the finance department via the system. (2) The finance department can check the submission of new applicants from the public relations officer and summarize information for compensation approval request and pay the approved public relations officer. (3) The Chief Public Relations Officer can summarize the number of applicants who complete the information and use it to plan a student application. (4) The President can set the payment terms and approve the request also has information for decision making about student admission plan.

The research findings showed that the new system allows for the determination of the conditions for the payment of compensation in accordance with the guidelines set by the president. It facilitates the monitoring and tracking of the application documents, allows the verification of the list of approvals to be automatically obtained by linking information from the database of recruitment and financial systems to obtain accurate and complete disbursement information. This system can solve the problem of data retrieval, error recovery and solving the problem of delayed compensation. The new system offers an alert system when approved for remuneration and offers comparative advantage reporting in the recruitment management planning. A comparative report is available to assist in the planning of the recruitment process.

Keyword: compensation payment development, compensation payment, Student Admission

---

[1] สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160

[1] Department of Management of Information Technology, School of Informatics, Walailak University, Thaiburi, Thasala, Nakhonsrithammrat 80160, Thailand

[2] สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160

[2] School of Informatics, Walailak University, Thaiburi, Thasala, Nakhonsrithammrat 80160, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : srisuma.laor@gmail.com

บทนำ

มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนาเป็นมหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่งในประเทศไทย มีศูนย์การเรียนตั้งอยู่ใน 5 จังหวัด ผู้บริหารมีนโยบายให้ความสำคัญกับงานรับสมัครนักศึกษาใหม่ เพื่อให้จำนวนนักศึกษาใหม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ โดยให้บุคคลากรภายในมหาวิทยาลัยสามารถประชาสัมพันธ์และรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้ และให้ค่าตอบแทนเมื่อมีนักศึกษาใหม่ทำการสมัครเรียน โดยเรียกค่าตอบแทนนี้ว่า "ค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์การศึกษา" หรือเรียกอย่างย่อว่า "ค่าตอบแทน" บุคคลากรที่ประชาสัมพันธ์จนมีผู้สนใจสมัครเรียนได้เรียกว่า "ผู้แนะนำ" ผู้สนใจสมัครเรียนเรียกว่า "ผู้สมัครใหม่" การเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ เรียกอย่างย่อว่า "การขออนุมัติเบิกจ่าย" การกำหนดนโยบายการเบิกค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ในแต่ละปีการศึกษาอาจมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้บริหาร มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนามีส่วนงานพัฒนาระบบสารสนเทศได้พัฒนาระบบบริหารการศึกษา (Education Management System) หรือเรียกชื่ออย่างย่อว่า "EMS" หรือเรียกว่า "ระบบรับสมัคร" เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในการจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งมีโมดูลงานหลักดังนี้ (1) งานรับสมัครนักศึกษา (2) งานการเงิน (3) งานวิชาการ (4) งานทะเบียนนักศึกษา (5) งานบุคคลากร

ปัจจุบันไม่มีระบบฐานข้อมูลสำหรับจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการของการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลแบบเดิมทำโดยฝ่ายการเงินและจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ Excel ซึ่งอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ ดังนี้ (1) ไฟล์ Excel สามารถทำการแก้ไขโดยไม่ได้รับการตรวจสอบได้ หากมีข้อมูลไม่สอดคล้องกับฐานข้อมูลการรับสมัครและการเงิน การตรวจสอบความถูกต้องทำได้ยากและใช้เวลานาน (2) ฝ่ายการเงิน เป็นผู้ทำการสรุปข้อมูล โดยพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จัดเตรียมไว้จากไฟล์ Excel กับเงื่อนไขการเบิกจ่ายที่ผู้บริหารได้กำหนดนโยบายไว้ อาจเกิดความผิดพลาดในการตรวจสอบเงื่อนไขได้ ส่งผลให้ผู้แนะนำบางรายอาจได้รับเงินค่าตอบแทนไม่ครบถ้วน หรือได้รับค่าตอบแทนซ้ำซ้อน หรือไม่ได้รับการส่งรายการเพื่อขออนุมัติเบิกจ่าย และขั้นตอนนี้ใช้เวลานานในการดำเนินงาน (3) ผู้บริหาร เมื่อต้องการเรียกดูข้อมูลสรุปเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล ไม่สามารถทำได้ทันทีต้องรอการสรุปข้อมูลจากฝ่ายการเงินของทุกศูนย์และข้อมูลที่ได้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น

จากปัญหาความล่าช้าและความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงเห็นควรว่าต้องจัดทำระบบเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงฐานข้อมูลกับโมดูลงานรับสมัครจากระบบรับสมัคร เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับฝ่ายการเงินแต่ละศูนย์ และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริหารเมื่อต้องการเรียกข้อมูลรายงานจากระบบได้ทันที รวมทั้งช่วยให้ผู้แนะนำสามารถทราบสถานะของการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ของตนเองได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ข้อมูลการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์มีความถูกต้อง เป็นไปตามนโยบายของผู้บริหาร
2. เพื่อให้ขั้นตอนการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ทำได้สะดวก รวดเร็ว ตรวจสอบได้โดยง่าย
3. เพื่อให้การนำเสนอรายงานเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ต่อผู้บริหารทำได้ถูกต้อง สะดวก และรวดเร็ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนโครงการ (Project Planning Phase)

เนื่องจาก ขั้นตอนการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ ทำได้ล่าช้า ตรวจสอบได้ยากและใช้เวลาในการจัดทำนาน ผู้บริหารจึงได้กำหนดนโยบายให้พัฒนาระบบเพิ่มเติม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปัญหาและความเป็นไปได้ของโครงการเพื่อนำมาวางแผนดำเนินงานพัฒนาระบบใหม่ตามนโยบายของผู้บริหาร

2. วิเคราะห์ระบบ (Analysis Phase)

2.1 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการของกลุ่มผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับระบบ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วสรุปการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ได้ทราบถึงความต้องการของระบบใหม่ เพื่อนำมาพัฒนาระบบใหม่ให้สามารถแก้ไขปัญหาและช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการรวบรวมข้อมูล 3 วิธี ดังนี้

2.1.1 วิธีศึกษาจากแบบฟอร์มเอกสารและรายงานที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

เอกสารประกอบด้วย (1) เอกสารโครงสร้างสายงานและความรับผิดชอบ เพื่อให้เข้าใจถึงหน้าที่และความรับผิดชอบของบุคคลการฝ่ายต่างๆ ภายในองค์กร (2) แบบฟอร์มใบรับสมัครจากผู้แนะนำ แบบฟอร์มการส่งยอดผู้สมัครใหม่ของฝ่ายการเงิน แบบฟอร์มการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ของฝ่ายการเงิน และแบบฟอร์มการจ่ายค่าตอบแทน รวมทั้งรายงานสรุปจำนวนผู้สมัครใหม่ จากการศึกษาพบว่า แบบฟอร์มและรายงานดังกล่าวจัดเก็บเป็นไฟล์ "Excel" มีการตรวจสอบข้อมูลผู้สมัครใหม่จากข้อมูลงานรับสมัครและตรวจสอบจำนวนเงินค่าสมัครจากข้อมูลการเงิน ซึ่งสามารถทำการตรวจสอบได้จากระบบรับสมัคร เพื่อให้เข้าใจถึงการเก็บข้อมูลของระบบปัจจุบัน

2.1.2 วิธีการสัมภาษณ์ โดยการสัมภาษณ์ประเด็นสำคัญหลัก ดังนี้ ขั้นตอนการดำเนินงานปัจจุบัน ความต้องการของระบบใหม่ การจัดเก็บข้อมูล ความสะดวกในการใช้งาน ความถูกต้อง ความปลอดภัยของข้อมูล การใช้ประโยชน์จากระบบ ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่นๆ จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานทั้งหมด 8 คน จากกลุ่มผู้ใช้งาน 4 กลุ่มดังนี้ (1) ผู้บริหาร จำนวน 1 คน (2) ผู้แนะนำ จำนวน 5 คน (3) ฝ่ายการเงิน จำนวน 1 คน (4) หัวหน้าฝ่ายแนะแนวและประชาสัมพันธ์ จำนวน 1 คน ผลการสัมภาษณ์สรุปตามกลุ่มผู้ใช้งาน ดังนี้

1) ผู้บริหาร มีหน้าที่ (1.1) กำหนดนโยบายและเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ โดยเงื่อนไขอาจแตกต่างกันในแต่ละปีการศึกษา มีการกำหนดจำนวนงวดขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนได้หลายงวด และการกำหนดค่าตอบแทนขึ้นอยู่กับศูนย์ และสาขาที่ผู้สมัครใหม่เลือกเรียน รวมทั้งพิจารณาจากสถานะของการออกรหัสนักศึกษา (1.2) ทำการอนุมัติการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์จากข้อมูลการขออนุมัติเบิกจ่ายของฝ่ายการเงินในแต่ละศูนย์ และพิจารณาผลการอนุมัติต่อรายชื่อผู้สมัครใหม่ที่ขออนุมัติเบิกจ่าย ผลการอนุมัติ ได้แก่ (ก) อนุมัติ รายการที่ได้รับการอนุมัติจะถูกนำไปทำการจ่ายค่าตอบแทนต่อไป (ข) ไม่อนุมัติ รายการที่ไม่ได้รับอนุมัติไม่สามารถทำการจ่ายค่าตอบแทนได้ (1.3) เรียกดูข้อมูลสรุปยอดนำส่งผู้สมัครรายใหม่และติดตามจำนวนผู้สมัครรายใหม่ว่าได้ทำการสมัครครบถ้วนหรือไม่ ได้ทำการออกรหัสนักศึกษาแล้วหรือไม่ เพื่อนำข้อมูลไปใช้บริหารงานรับสมัครต่อไป

ผู้บริหารมักประสบปัญหาการจ่ายเงินซ้ำซ้อน หรือจ่ายค่าตอบแทนไม่ครบถ้วน เนื่องจากข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายที่ถูกส่งมารอการอนุมัติมีความผิดพลาด

2) ผู้แนะนำ มีหน้าที่นำเอกสารการรับสมัครฉบับจริงส่งต่อให้กับฝ่ายการเงิน และรอการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์จากฝ่ายการเงิน ซึ่งผู้แนะนำมักประสบปัญหาการติดตามข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ โดยไม่สามารถติดตามรายละเอียดการขออนุมัติเบิกจ่ายของตนเองได้และมักเกิดความล่าช้าในการจ่ายค่าตอบแทน หรือได้รับค่าตอบแทนไม่ถูกต้อง

3) ฝ่ายการเงิน มีหน้าที่ ดังนี้ (3.1) ตรวจสอบข้อมูลเอกสารการรับสมัครฉบับจริงจากผู้แนะนำ และเตรียมไฟล์ Excel การขออนุมัติเบิกจ่าย โดยตรวจสอบข้อมูลการรับสมัครจากระบบรับสมัคร และเอกสารการรับสมัครฉบับจริง แล้วจึงบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ Excel เมื่อตรวจสอบข้อมูลเอกสารการรับสมัครถูกต้องครบถ้วนแล้ว (3.2) ทำการสรุปข้อมูลจากไฟล์ Excel เพื่อขออนุมัติเบิกจ่ายจากผู้บริหาร โดยสรุปข้อมูลรายการขออนุมัติเบิกที่ตรวจสอบตามเงื่อนไขการขออนุมัติเบิกจ่ายที่กำหนดไว้ ฝ่ายการเงินมักประสบปัญหาการแก้ไขและตรวจสอบข้อมูลให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกับเงื่อนไขขั้นตอนการเบิกจ่ายค่าตอบแทนทำได้ล่าช้าใช้เวลานานและเกิดความผิดพลาดได้ เช่น รายการขออนุมัติเบิกจ่ายไม่ครบถ้วนหรือซ้ำซ้อน เนื่องจากปัญหาของไฟล์ Excel ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทนำ

4) หัวหน้าฝ่ายแนะแนวและประชาสัมพันธ์ มีหน้าที่สรุปข้อมูลที่ยืนยันจากฝ่ายการเงินเพื่อนำมาใช้วิเคราะห์และปรับกลยุทธ์ในการประชาสัมพันธ์งานรับสมัครนักศึกษาใหม่ให้เป็นไปตามนโยบายของผู้บริหาร ซึ่งการสรุปข้อมูลทำได้ล่าช้าและข้อมูลอาจไม่ถูกต้อง

สรุปข้อแนะนำเพิ่มเติมของระบบใหม่ สามารถใช้งานผ่านระบบออนไลน์ เข้าใช้งานหรือตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลา ให้มีการแจ้งเตือนผู้เกี่ยวข้องเมื่อมีข้อมูลที่สัมพันธ์กับผู้เกี่ยวข้อง เช่น เมื่อผู้บริหารทำการพิจารณาผลการอนุมัติรายการขออนุมัติเบิกแล้วนั้นให้แจ้งเตือนผู้แนะนำทราบข้อมูลทางอีเมล์ได้

2.1.3 วิธีสังเกตการณ์ โดยได้สังเกตกระบวนการทำงานของผู้ใช้งาน ดังนี้ (1) กระบวนการรับสมัคร โดยผู้แนะนำทำการประชาสัมพันธ์และรับสมัครผู้สมัครใหม่ มีการบันทึกข้อมูลการรับสมัครลงฐานข้อมูลระบบรับสมัคร พร้อมทั้งติดตามเอกสารการสมัครและการชำระเงินค่าสมัครจากผู้สมัครใหม่ (2) กระบวนการส่งยอดผู้สมัคร โดยผู้แนะนำรวบรวมเอกสารการสมัครส่งให้ฝ่ายการเงินตรวจสอบหากเอกสารครบถ้วนและถูกต้อง ฝ่ายการเงินบันทึกข้อมูลการส่งยอดผู้สมัครใหม่ลงในไฟล์ Excel (3) กระบวนการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทน โดยฝ่ายการเงินทำการสรุปข้อมูลผู้สมัครใหม่ที่ตรวจสอบเงื่อนไขการขออนุมัติเบิก นำส่งข้อมูลให้ผู้บริหารพิจารณาผลการอนุมัติ และให้ฝ่ายการเงินทำการจ่ายค่าตอบแทนแก่ผู้แนะนำได้รับการอนุมัติ (4) กระบวนการเบิกจ่ายค่าตอบแทน โดยฝ่ายการเงินทำการจ่ายค่าตอบแทนให้กับผู้แนะนำตามรายชื่อผู้ได้รับการอนุมัติเบิกจ่ายจากหัวข้อ 3)

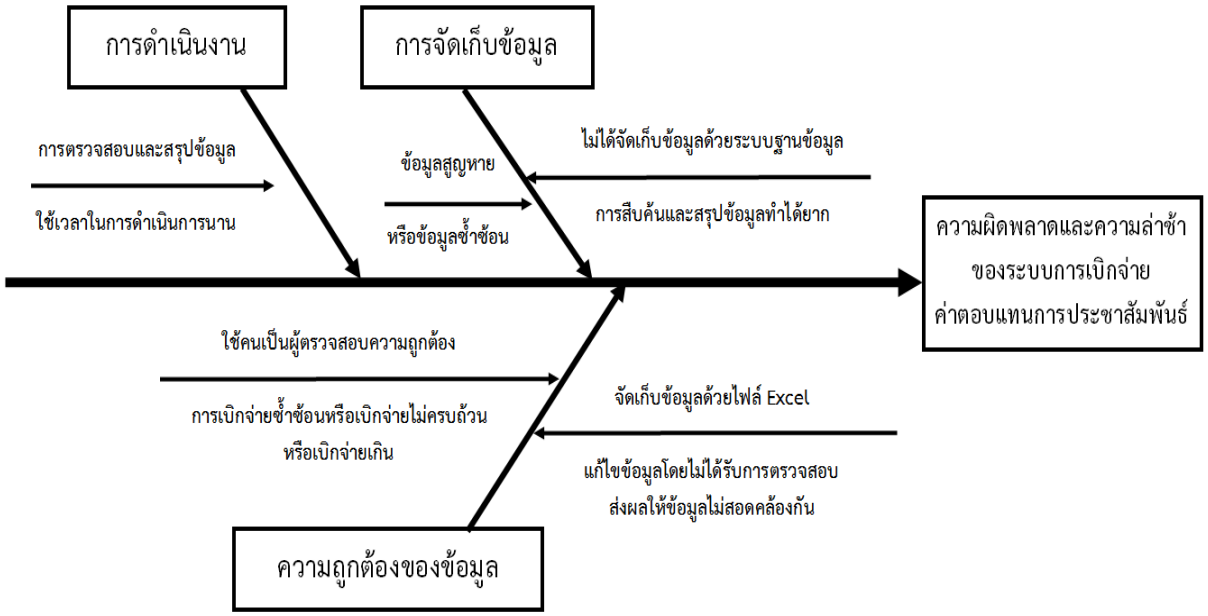
2.1.4 วิธีศึกษาระบบงานที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบรับสมัคร ส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทน พบว่ามีตารางข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ ตารางข้อมูลรับสมัคร ตารางข้อมูลรับชำระค่าสมัคร ตารางข้อมูลพนักงานซึ่งเป็นข้อมูลของผู้แนะนำ ตารางข้อมูลนักศึกษากรณีที่ผู้สมัครออกรหัสนักศึกษาแล้ว รวมถึงข้อมูลการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลของระบบรับสมัคร

2.2 การทำงานของระบบปัจจุบัน

สามารถสรุปกระบวนทำงานของระบบปัจจุบันได้ดังนี้ (1) ผู้แนะนำตรวจสอบเอกสารการรับสมัคร หากไม่ครบถ้วนจะติดต่อกับผู้สมัครเพื่อขอเอกสารเพิ่มเติม หากครบถ้วนทำการรวบรวมเอกสารนำส่งฝ่ายการเงิน (2) ฝ่ายการเงินรับเอกสารจาก ข้อ (1) นำมาตรวจสอบข้อมูลการรับสมัครและการชำระเงินค่าสมัครจากระบบรับสมัคร หากข้อมูลไม่ถูกต้อง หรือไม่ครบถ้วนทำการแจ้งข้อมูลกลับไปที่ผู้แนะนำและส่งคืนเอกสารให้ผู้แนะนำ เพื่อนำไปติดตามข้อมูลจากผู้สมัครมาให้ครบถ้วนอีกครั้ง หากเอกสารถูกต้องจะจัดเก็บข้อมูลลงไฟล์ Excel (3) ฝ่ายการเงินสรุปข้อมูลจากไฟล์ Excel ตามข้อมูลที่ได้จาก ข้อ 2) และตรวจสอบเงื่อนไขตามนโยบายขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนของผู้บริหาร หากเงื่อนไขเป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ทำการสรุปข้อมูลเพื่อนำส่งให้ผู้บริหารพิจารณาอนุมัติ (4) ผู้บริหารพิจารณาข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่าย โดยสรุปผลการพิจารณาส่งคืนฝ่ายการเงิน ผลการพิจารณาสรุปได้ ดังนี้ รายการรายชื่อผู้ได้รับการอนุมัติ และรายการรายชื่อผู้ที่ไม่ได้รับการอนุมัติ (5) ฝ่ายการเงินแจ้งผลการพิจารณาให้แก่ผู้แนะนำรับทราบ ฝ่ายการเงินทำการจ่ายค่าตอบแทนให้กับผู้แนะนำที่ได้รับอนุมัติแล้ว

2.3 ปัญหาของระบบปัจจุบัน

เนื่องจากระบบปัจจุบันไม่มีระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลของการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ฝ่ายการเงินจัดเก็บข้อมูลด้วยไฟล์ Excel ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดข้อผิดพลาดได้ดังนี้ (1) ข้อมูลไม่ครบถ้วน (2) ข้อมูลซ้ำซ้อน (3) ใช้เวลาดำเนินการนาน (4) การตรวจสอบข้อผิดพลาดทำได้ยาก (5) การตรวจสอบเงื่อนไขทำโดยฝ่ายการเงินเป็นคนตัดสินใจ โดยพิจารณาข้อมูลและเอกสารดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น (6) การเรียกดูข้อมูลสรุปต่างๆ ไม่สามารถทำได้ทันทีต้องรอการสรุปข้อมูลจากฝ่ายการเงินของทุกศูนย์และข้อมูลที่ได้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดอันเกิดจากเหตุผลที่ได้อธิบายมาแล้วข้างต้น สามารถสรุปปัญหา สาเหตุและที่มาของปัญหา ดังแสดงในภาพที่ 1.



ภาพที่ 1. แผนภูมิก้างปลาแสดงปัญหาและสาเหตุของระบบเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์

2.4 การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานของกลุ่มผู้ใช้งานทั้ง 4 กลุ่ม สามารถสรุป Module การทำงานของระบบใหม่ออกเป็น 4 Module ดังนี้

Module ที่ 1. กำหนดเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทน

เป็นฟังก์ชันงานสำหรับผู้บริหาร มีหน้าที่กำหนดเงื่อนไขการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบการประชาสัมพันธ์

Module ที่ 2. ตรวจสอบเอกสารการรับสมัคร

เป็นฟังก์ชันงานสำหรับกลุ่มผู้ใช้งาน ดังนี้

ก) ผู้แนะนำ ทำหน้าที่แนบไฟล์เอกสารการรับสมัคร และยืนยันสถานะการนำส่งเอกสารการสมัคร

ข) ฝ่ายการเงิน ทำหน้าที่ตรวจสอบเอกสารการสมัครจากผู้แนะนำ ผลการตรวจสอบเป็นได้ ดังนี้ (ข.1) หากเอกสารครบถ้วนแล้ว ทำการยืนยันรับเอกสาร (ข.2) หากเอกสารไม่ครบถ้วน แจ้งแนบไฟล์เอกสารใหม่แก่ผู้แนะนำผ่านระบบ และให้ผู้แนะนำทำการแนบไฟล์เอกสารใหม่หรือแนบไฟล์เพิ่มเติมได้ ผู้แนะนำสามารถทำการยืนยันส่งเอกสารการสมัครให้ฝ่ายการเงินตรวจสอบอีกครั้ง

Module ที่ 3. ขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทน

เป็นฟังก์ชันการทำงานของกลุ่มผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม ได้แก่ (ก) ฝ่ายการเงิน ทำการสรุปข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนที่ได้จาก (ข.1) ของ Module ที่ 2. ระบบจะตรวจสอบเงื่อนไขการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนที่ได้กำหนดไว้จาก Module ที่ 1. และสรุปข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายที่เป็นไปตามเงื่อนไขการเบิกจ่ายที่ได้กำหนดไว้ (ข) ผู้บริหาร สามารถทำการพิจารณาข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายและให้ผลการพิจารณาอนุมัติ ดังนี้ (ข.1) อนุมัติ ข้อมูลที่ได้รับการอนุมัติแล้วฝ่ายการเงินนำไปทำการบันทึกข้อมูลการจ่ายค่าตอบแทน (ข.2) ไม่อนุมัติ ข้อมูลที่ไม่ได้รับการอนุมัติจะไม่สามารถทำการบันทึกข้อมูลจ่ายค่าตอบแทนได้

เมื่อผู้บริหาร พิจารณาผลการขออนุมัติเบิกจ่ายแล้ว ระบบทำการแจ้งเตือนผลการพิจารณารายการขออนุมัติเบิกแก่ผู้แนะนำทางอีเมล์

Module ที่ 4. แสดงรายงาน

เป็นฟังก์ชันการทำงานของกลุ่มผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้บริหาร ฝ่ายการเงิน ผู้แนะนำ และหัวหน้าฝ่ายแนะแนวและประชาสัมพันธ์

ก) รายงานสำหรับผู้บริหาร

ก.1) เรียกดูรายงานสรุปการส่งยอดผู้สมัครรายใหม่ แสดงข้อมูลแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของจำนวนการส่งยอดผู้สมัครใหม่ในแต่ละปีการศึกษา โดยให้แสดงได้ทั้งแบบภาพรวมทุกศูนย์ หรือแยกตามศูนย์ ตามคณะ ตามสาขาได้

ก.2) เรียกดูรายงานการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์

ก.3) เรียกดูรายงานการจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์

ก.4) เรียกดูรายงานข้อมูลและแนวโน้มสถิติของจำนวนผู้สมัครใหม่เปรียบเทียบย้อนหลัง 3 ปี ได้

ข) รายงานสำหรับผู้แนะนำ

ข.1) ตรวจสอบสถานะและประวัติการดำเนินงานของข้อมูลผู้สมัครใหม่ของตนเองได้ว่าอยู่ในกระบวนการใด

ข.2) ตรวจสอบข้อมูลการเบิกจ่ายค่าตอบแทนของตนเองที่ได้รับการอนุมัติเบิกจ่ายแล้วได้

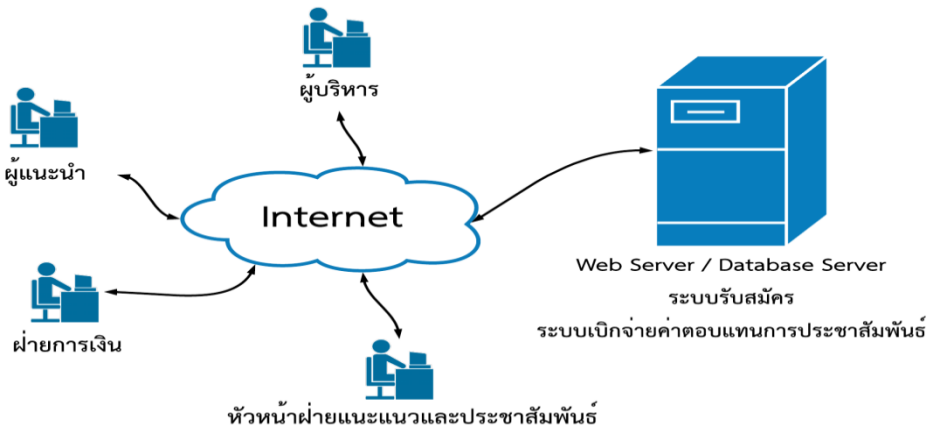
ค) รายงานสำหรับหัวหน้าฝ่ายแนะแนวและประชาสัมพันธ์

ค.1) เรียกดูข้อมูลสรุปจำนวนการส่งยอดผู้สมัครใหม่ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้ โดยให้แสดงข้อมูลได้ทั้งแบบภาพรวมตามคณะ ตามสาขา และผู้แนะนำแต่ละราย

3. ออกแบบระบบ (Design Phase)

หลังจากวิเคราะห์ระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการออกแบบระบบงานมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (1) ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และระบบเครือข่าย (2) ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ เมนูการใช้งานแบบฟอร์มและรายงานต่างๆ ของระบบ (3) ออกแบบระบบฐานข้อมูล ความเชื่อมโยงของข้อมูล คุณสมบัติต่างๆ ของข้อมูล (4) ออกแบบกระบวนการทำงานของโปรแกรมเพื่อเตรียมเขียนโปรแกรมในขั้นตอนถัดไป

3.1 สถาปัตยกรรมของระบบใหม่ ใช้สถาปัตยกรรม Web-based application ใช้งานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และ Web Browser ในสภาพแวดล้อมของระบบรับสมัคร ซึ่งเป็นระบบที่พัฒนามาก่อนแล้ว เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลของระบบรับสมัครแบบออนไลน์มีเครื่องแม่ข่ายให้บริการและประมวลผลข้อมูลตลอดเวลา โดยเครื่องลูกข่ายสามารถเข้าถึงข้อมูลและใช้งานระบบได้ทุกที่ทุกเวลาผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังแสดงข้อมูลใน ภาพที่ 2. สถาปัตยกรรมของระบบใหม่



ภาพที่2สถาปัตยกรรมของระบบใหม่

3.2 การออกแบบกระบวนการ กระบวนการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ของระบบใหม่สามารถอธิบายการทำงานได้ ดังนี้

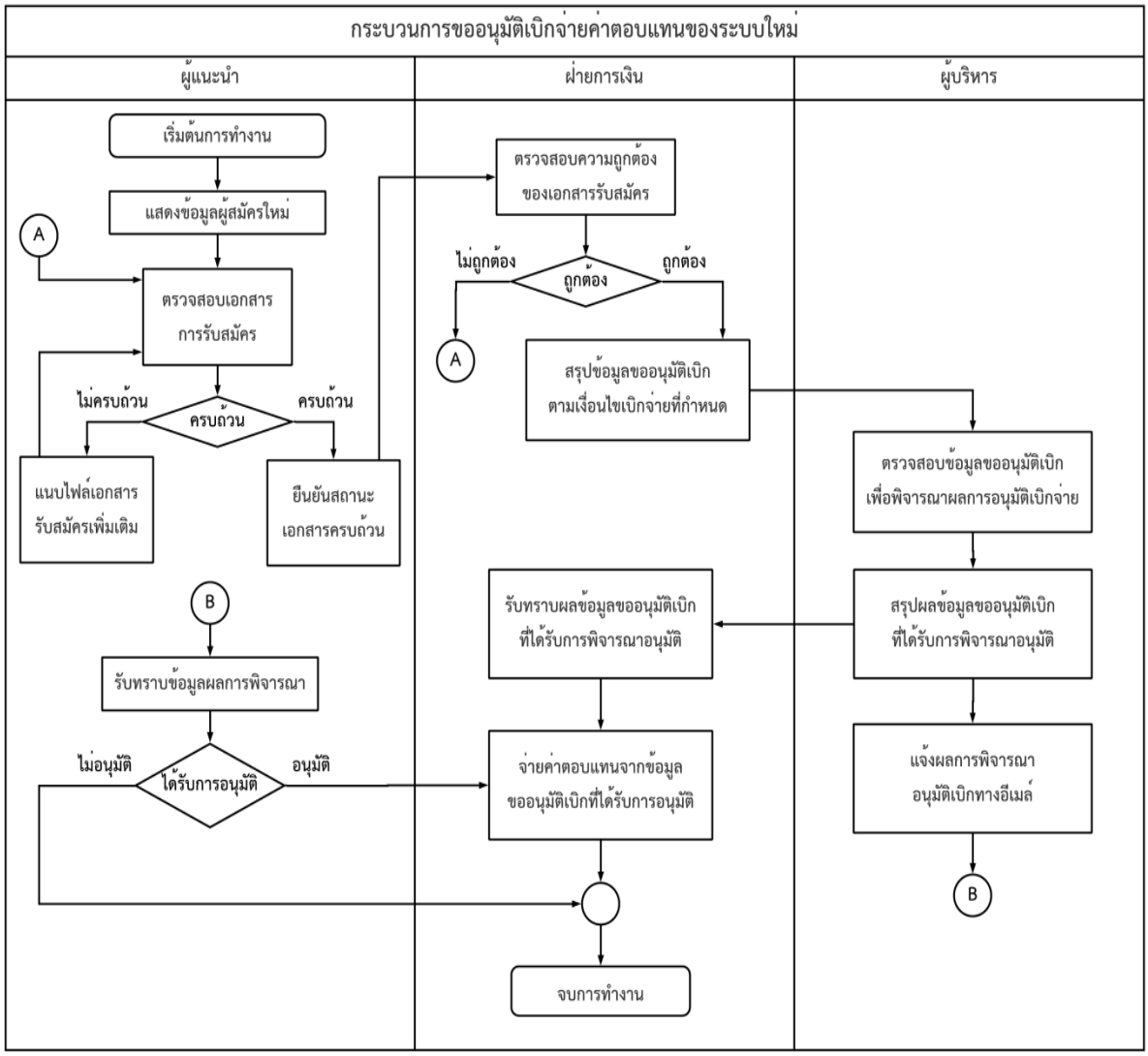
1) ผู้บริหาร (ก) กำหนดข้อมูลเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ (ข) พิจารณารายการขออนุมัติเบิกจ่ายผ่านระบบ โดยผู้บริหารสามารถเลือกสรุปผลการพิจารณาได้ 2 กรณี ดังนี้ กรณี "อนุมัติ" รายการที่ได้รับการอนุมัติจะถูกนำไปทำการบันทึกข้อมูลการจ่ายชำระค่าตอบแทนให้กับผู้แนะนำโดยฝ่ายการเงินในขั้นตอนต่อไป และกรณี "ไม่อนุมัติ" รายการที่ไม่ได้รับการอนุมัติไม่ถูกนำไปบันทึกข้อมูลจ่ายชำระค่าตอบแทนได้ เมื่อพิจาณาผลการอนุมัติแล้วระบบทำการแจ้งเตือนข้อมูลผลการอนุมัติของผู้แนะนำแต่ละรายทางอีเมล์

2) ผู้แนะนำ แนบไฟล์เอกสารการรับสมัครและยืนยันการส่งยอดผู้สมัครใหม่ผ่านระบบได้ การตรวจสอบข้อมูลการรับสมัครและยอดรับชำระจากระบบรับสมัคร ระบบทำโดยอัตโนมัติ

3) ฝ่ายการเงิน (ก) ทำการตรวจสอบและยืนยันรับเอกสารรับสมัครรวมทั้งแจ้งให้ผู้แนะนำแนบไฟล์เอกสารการรับสมัครใหม่หากข้อมูลไม่ถูกต้องผ่านระบบได้ (ข) การสรุปข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนระบบทำการประมวลผลจากข้อมูลการส่งยอดผู้สมัครใหม่เปรียบเทียบเงื่อนไขการเบิกจ่ายที่ผู้บริหารได้กำหนดโดยอัตโนมัติหลังจากบันทึกข้อมูลทำการแจ้งเตือนผู้แนะนำทางอีเมล์ถึงข้อมูลการขออนุมัติเบิกจ่ายของผู้แนะนำแต่ละคน (ค) จัดเก็บข้อมูลการจ่ายค่าตอบแทนให้กับผู้แนะนำจากรายการขออนุมัติเบิกที่ได้รับการอนุมัติจากผู้บริหาร

4) แสดงผลรายงาน โดยผู้ใช้งานระบบสามารถกำหนดเงื่อนไขรายงาน ระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลแสดงรายงานออกทางหน้าจอ โดยผู้ใช้งานระบบจะมีสิทธิ์เข้าถึงรายงานได้ตามสิทธิ์การเข้าใช้งานของตนเอง

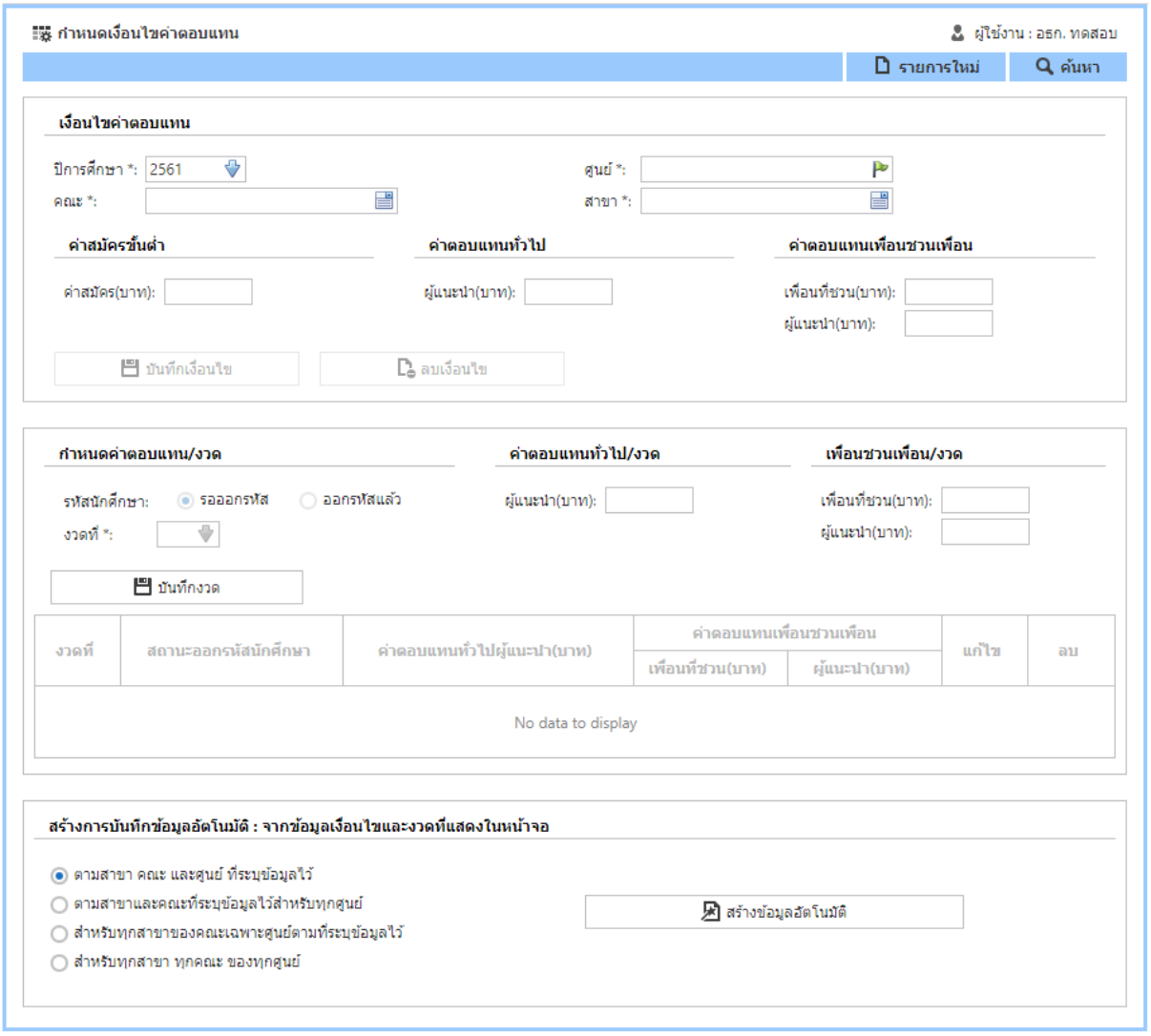
ผู้วิจัยสรุปกระบวนการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนของระบบใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 3.



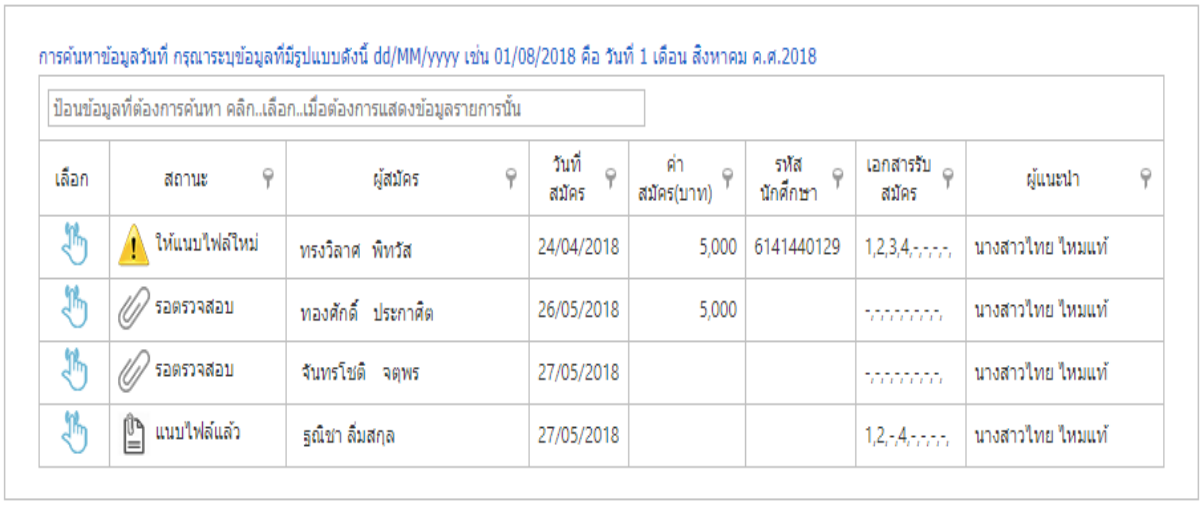
ภาพที่ 3. ภาพแสดงกระบวนการขออนุมัติเบิกจ่ายค่าตอบแทนของระบบใหม่

4. ระยะการนำไปใช้งาน (Implement Phase)

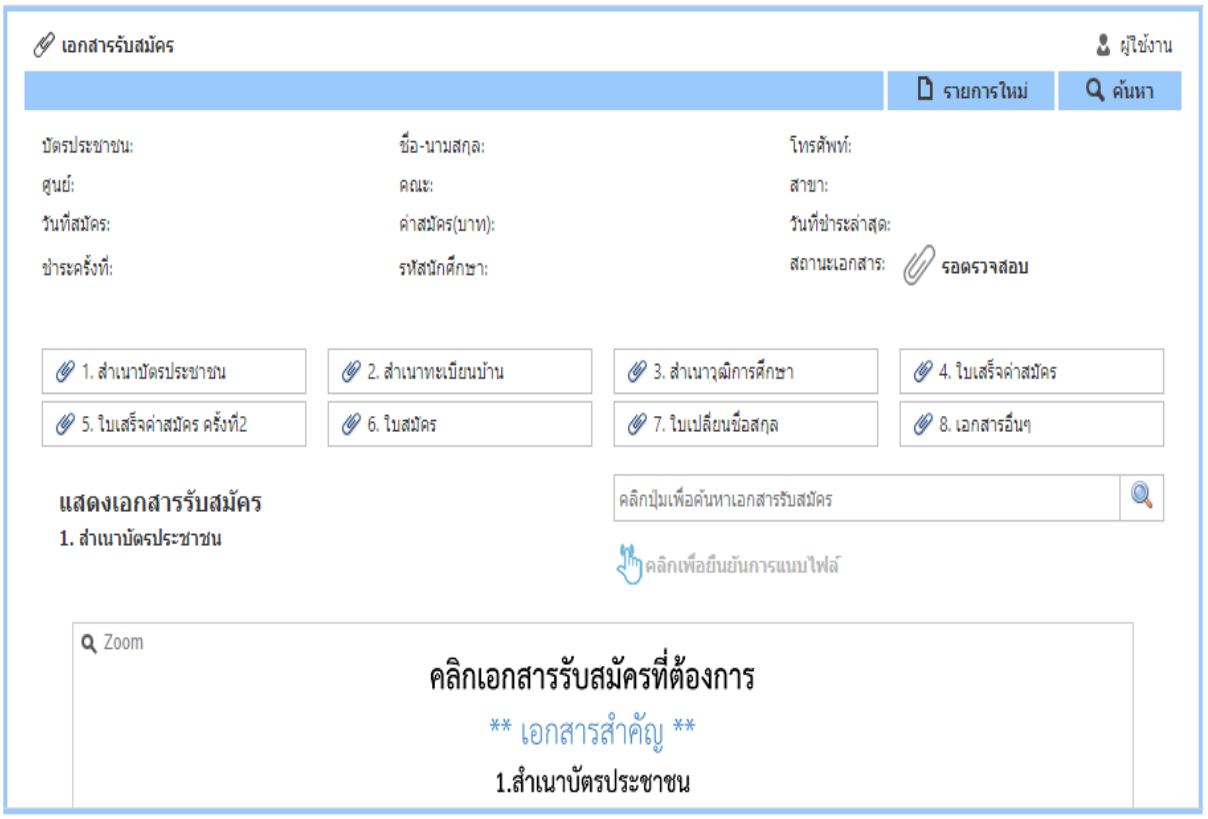
เป็นระยะของการสร้างระบบ ทดสอบระบบ ติดตั้งระบบ และประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไขระบบให้ใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว ข้อมูลมีความถูกต้องและครบถ้วน ระบบใหม่ช่วยให้ขั้นตอนการเบิกจ่ายค่าตอบแทนทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างหน้าจอของระบบใหม่ มีดังนี้ (1) หน้าจอกำหนดเงื่อนไขเบิกจ่ายค่าตอบแทน เป็นหน้าจอสำหรับผู้บริหาร ดังแสดงในภาพที่ 4. (2) หน้าจอการตรวจสอบเอกสารรับสมัคร เป็นหน้าจอสำหรับผู้แนะนำ ดังแสดงหน้าจอในภาพที่ 5. หน้าจอยืนยันส่งเอกสารรับสมัคร เป็นหน้าจอสำหรับผู้แนะนำ ดังแสดงหน้าจอในภาพที่ 6. (3) หน้าจอยืนยันเอกสารรับสมัครสำหรับฝ่ายการเงิน ดังแสดงใน ภาพที่ 7. (4) หน้าจอขออนุมัติเบิก สำหรับฝ่ายการเงินทำการสรุปข้อมูลผ่านระบบมีการตรวจสอบรายการที่ยืนยันรับเอกสารแล้วผ่านระบบ ดังแสดงหน้าจอในภาพที่ 8. โดยระบบทำการประมวลผลอัตโนมัติจากข้อมูลเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ดังแสดงหน้าจอในภาพที่ 4. ตัวอย่างรายงานรายงานสรุปข้อมูลสำหรับผู้บริหารแสดงจำนวนผู้สมัครใหม่ดังแสดงรายงานในภาพที่ 9. และรายงานสำหรับผู้บริหารแสดงจำนวนผู้สมัครของสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจศูนย์นครศรีธรรมราชใหม่เปรียบเทียบ 3 ปี ดังแสดงรายงานในภาพที่ 10.



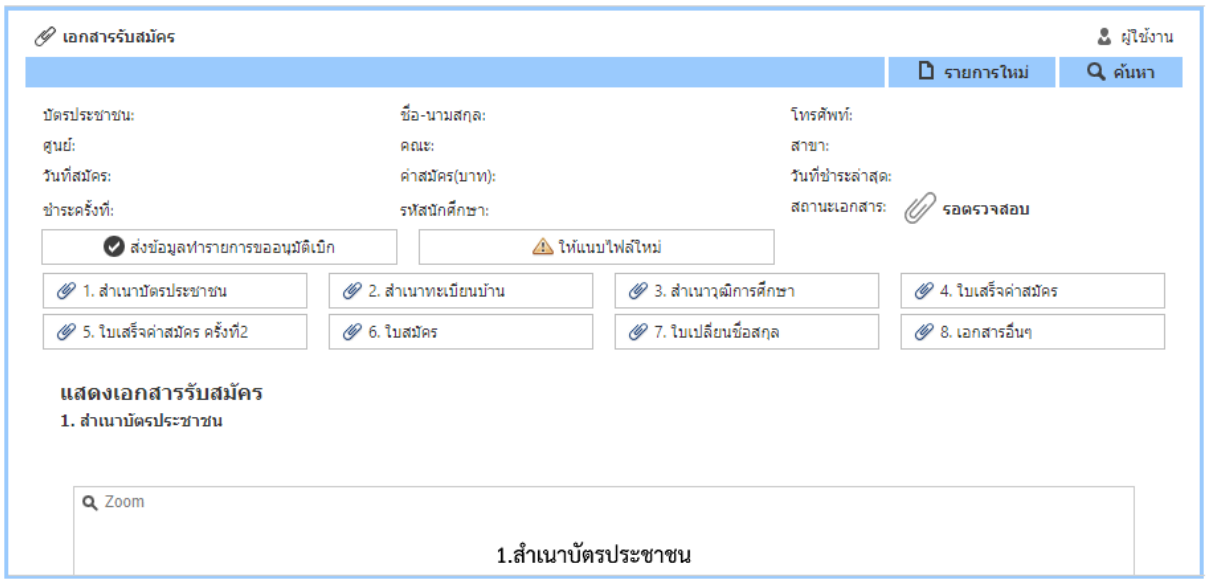
ภาพที่ 4. ภาพแสดงหน้าจอกำหนดเงื่อนไขเบิกจ่ายค่าตอบแทน



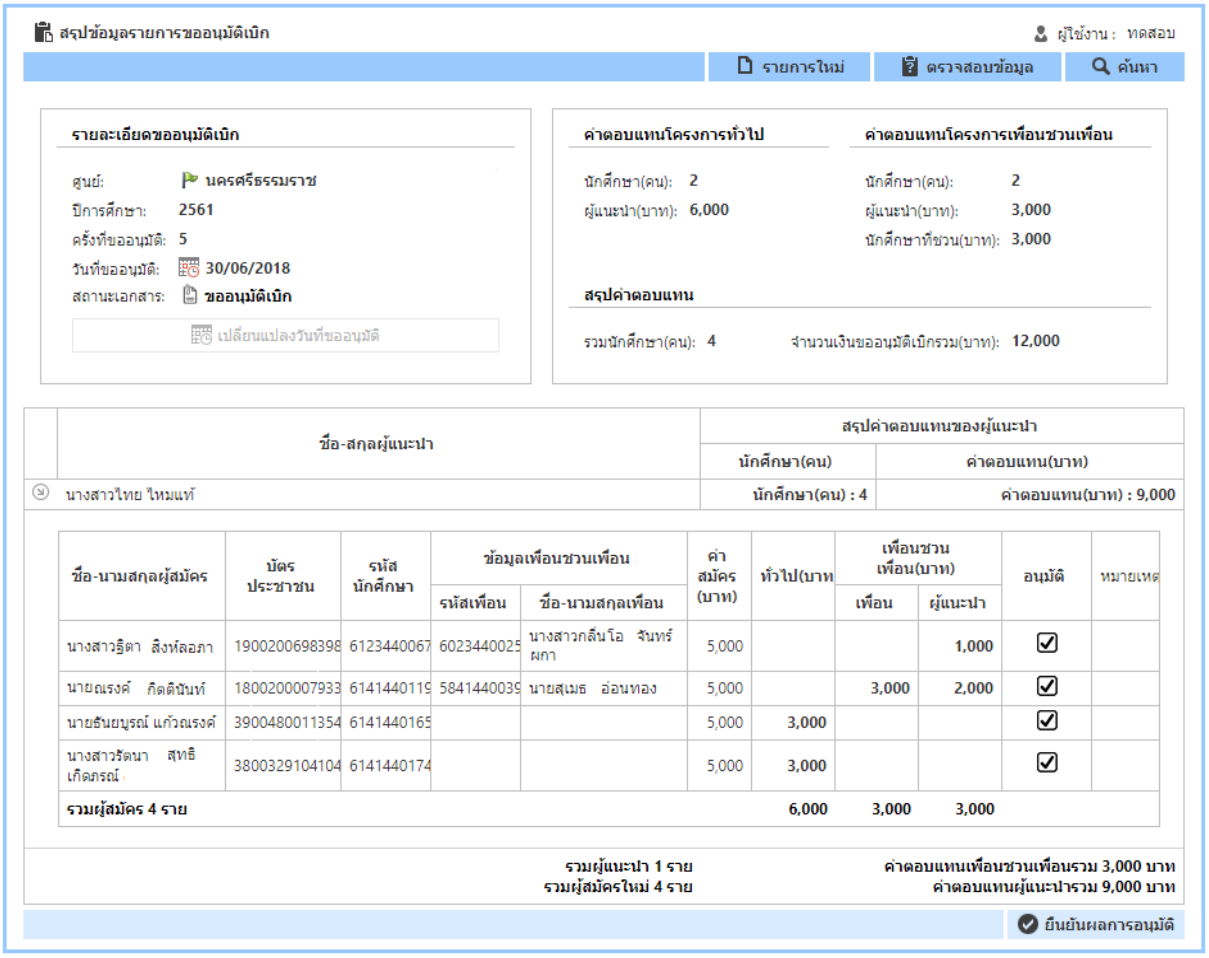
ภาพที่ 5. ภาพแสดงหน้าจอรายชื่อผู้สมัครใหม่ของผู้แนะนำเพื่อการตรวจสอบเอกสารและแนบไฟล์



ภาพที่ 6. ภาพแสดงหน้าจอแนบไฟล์เอกสารการรับสมัครและยืนยันส่งเอกสารสำหรับผู้แนะนำ



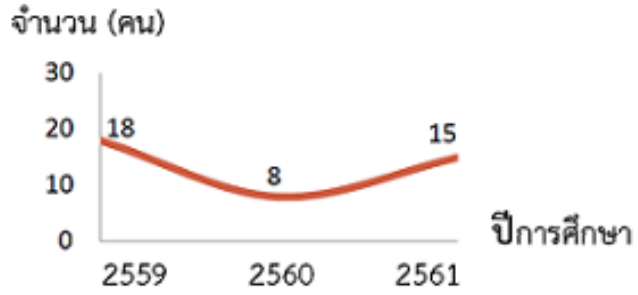
ภาพที่ 7. ภาพแสดงหน้าจอตรวจสอบเอกสารการรับสมัครและยืนยันรับเอกสารสำหรับฝ่ายการเงิน



ภาพที่ 8. ภาพแสดงหน้าจอพิจารณาผลอนุมัติเบิกจ่าย



ภาพที่ 9. ภาพแสดงหน้าจอรายงานสรุปข้อมูลสำหรับผู้บริหารแสดงจำนวนผู้สมัครใหม่



ภาพที่ 10. ภาพแสดงหน้าจอรายงานสำหรับผู้บริหารแสดงจำนวนผู้สมัครของสาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ**(22)** ศูนย์นครศรีธรรมราชใหม่เปรียบเทียบย้อนหลัง 3 ปี

ผลและวิจารณ์ผล

ระบบเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่มีการจัดเก็บข้อมูลด้วยระบบฐานข้อมูลและเป็นส่วนหนึ่งของระบบรับสมัคร โดยระบบใหม่ช่วยให้การกำหนดเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทนครอบคลุมหลักเกณฑ์ตามที่ผู้บริหารได้กำหนดไว้ สามารถกำหนดเงื่อนไขแยกตามศูนย์ และสาขาวิชาได้ รวมทั้งสามารถกำหนดจำนวนงวดการเบิกจ่ายค่าตอบแทนได้หลายงวด เมื่อฝ่ายการเงินทำรายการสรุปข้อมูลขออนุมัติเบิกเพื่อเสนอต่อผู้บริหาร ระบบใหม่จะทำการตรวจสอบรายการขออนุมัติเบิกอัตโนมัติ จากเงื่อนไขการเบิกจ่ายค่าตอบแทนที่ได้กำหนดไว้และจากข้อมูลที่ได้เชื่อมโยงจากระบบรับสมัครและระบบการเงิน ทำให้ได้ข้อมูลรายการขออนุมัติเบิกจ่ายที่มีความถูกต้องและครบถ้วน สามารถแก้ปัญหารายชื่อขออนุมัติเบิกตกหล่น แก้ปัญหาการไม่ได้รับค่าตอบแทน แก้ปัญหาจ่ายค่าตอบแทนซ้ำซ้อน และแก้ปัญหาการได้รับค่าตอบแทนล่าช้า เมื่อผู้บริหารทำการพิจารณาผลการอนุมัติเบิกแล้วระบบจะทำการส่งอีเมล์แจ้งผลการพิจารณาให้แก่ผู้แนะนำได้รับทราบอัตโนมัติ ระบบใหม่สามารถช่วยให้กระบวนการเบิกจ่ายค่าตอบแทนทำได้สะดวก รวดเร็ว ข้อมูลมีความถูกต้องและครบถ้วน

การตรวจสอบเอกสารรับสมัครสามารถทำรายการผ่านระบบ ทำให้ผู้แนะนำสามารถติดตามข้อมูลเอกสารการรับสมัครจากผู้สมัครใหม่ได้ ลดการเกิดปัญหาเอกสารรับสมัครสูญหาย ฝ่ายการเงินสามารถตรวจสอบเอกสารรับสมัครผ่านระบบจากรายการเอกสารที่ผู้แนะนำได้ยืนยันส่งเอกสารแล้ว การแจ้งผลการตรวจสอบเอกสารรับสมัครที่ไม่ครบถ้วนฝ่ายการเงินสามารถแจ้งผ่านระบบได้ โดยระบบจะแสดงรายการที่ฝ่ายการเงินแจ้งให้แนบไฟล์ใหม่ไปยังผู้แนะนำ การนำส่งเอกสารรับสมัครผ่านระบบถูกนำมาใช้แทนการส่งเอกสารรับสมัครแบบเดิมที่ผู้แนะนำจะต้องนำส่งเอกสารฉบับจริงส่งให้แก่ฝ่ายการเงินด้วยตนเอง ระบบใหม่ช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงานและช่วยจัดเก็บเอกสารรับสมัคร สามารถทำการตรวจสอบข้อมูลได้สะดวก และรวดเร็ว

การจัดเก็บข้อมูลด้วยระบบฐานข้อมูลแทนการจัดเก็บด้วยไฟล์ Excel นอกจากช่วยให้ข้อมูลถูกต้อง ตรวจสอบได้แล้วยังช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการเรียกดูรายงานต่างๆ เช่น รายงานสรุปยอดผู้สมัครใหม่ จากเดิมที่เมื่อผู้บริหารต้องการเรียกดูข้อมูลจำนวนผู้สมัครใหม่รวมทุกศูนย์ต้องใช้เวลารวบรวมและสรุปข้อมูลนานและข้อมูลที่ได้อาจเกิดความผิดพลาดได้ ระบบใหม่สามารถสรุปและประมวลผลข้อมูลรวมทุกศูนย์ได้ทันที

การแสดงผลข้อมูลรายงานมีลักษณะ Drill-Down สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับลึกได้หลายระดับ แสดงรายงานในเชิงเปรียบเทียบข้อมูลย้อนหลังได้ มีการนำเสนอข้อมูลรายงานด้วยกราฟที่ต่างชนิดกันในการแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กันตามความเหมาะสมของข้อมูล การแสดงผลแบบกราฟสื่อถึงข้อมูลในมุมมองการเปรียบเทียบข้อมูลได้อย่างชัดเจน สามารถคลิกดูรายละเอียดระดับลึกลงไปได้ เป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน เช่น ช่วยผู้บริหารสามารถนำข้อมูลรายงานที่ได้ไปใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจและวางแผนบริหารงานรับสมัครนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย

ระบบเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา เป็นระบบที่จัดเก็บข้อมูลต่างๆ ของการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ โดยได้ดำเนินงานเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการทำงานของระบบงานปัจจุบันและความต้องการของระบบใหม่ รวมทั้งศึกษาระบบงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ความต้องการของระบบใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและพัฒนาเป็นระบบใหม่ที่มีสถาปัตยกรรมแบบ Web-based application พัฒนาด้วยเครื่องมือ Visual Studio 2017 และ DevExpress version 16.2 เลือกใช้ ASP.Net และภาษา C# รวมทั้งใช้ Microsoft SQL Server 2014 Express Edition สำหรับจัดการฐานข้อมูล โดยมีกลุ่มผู้ใช้งานระบบ 4 กลุ่ม ดังนี้ ผู้บริหาร ผู้แนะนำ ฝ่ายการเงิน และหัวหน้าฝ่ายแนะแนวและประชาสัมพันธ์

ระบบใหม่แก้สามารถปัญหาของระบบปัจจุบันที่มีความล่าช้าและใช้เวลาในการดำเนินงานนาน รวมทั้งเกิดความผิดพลาดของข้อมูลขออนุมัติเบิกจ่ายโดยข้อมูลไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน และซ้ำซ้อน โดยระบบใหม่มีการประมวลผลและตรวจสอบเงื่อนไขการเบิกขออนุมัติเบิกจ่ายที่กำหนดไว้ ทำให้ข้อมูลรายการขออนุมัติเบิกที่ได้มีความถูกต้อง ครบถ้วน ฝ่ายการเงินสามารถดำเนินงานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และสามารถทำการตรวจสอบข้อมูลต่างๆ ได้โดยสะดวก รวมทั้งช่วยให้ผู้แนะนำตรวจสอบและติดตามข้อมูลการเบิกจ่ายค่าตอบแทนการประชาสัมพันธ์ของตนเองได้สะดวก นอกจากนี้ระบบมีรูปแบบการนำเสนอรายงานที่ช่วยให้ผู้บริหารได้มีข้อมูลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนบริหารงานรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนาที่ให้ข้อมูลสำหรับงานวิจัย ขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่สนับสนุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ขอบคุณกำลังใจจากเพื่อนๆ MIT รุ่น 20 ทุกท่าน และขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

คนึงศรี นิลดี. 2560**. การพัฒนาระบบสารสนเทศงานสารบรรณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.** มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

มนัสนันท์ บุญปาลวงศ์. 2559**. การพัฒนาระบบสารสนเทศการฝึกงานภายนอก.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี, จันทบุรี.

น้ำฝน อัศวเมฆิน. 2560. **หลักการพื้นฐานของวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ฉบับปรับปรุง.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

สามิต สิงห์สุวรรณ. 2557**. ระบบอนุมัติทำงานล่วงเวลาแบบออนไลน์**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพฯ**.**

สุทธิวรรณ กุมกร. 2557**. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดส่งข้อมูลกู้หนี้สินเชื่อให้กับบริษัทภายนอกโดยใช้เทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2560. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์

Access Class Room Via Webserver and RFID Monitoring LINE Application

ศราวุฑ คงลำพันธ์[1*] ธีระ มุ่งสุเพ็ง[1]และ อภิวัตร พานุรักษ์[1]

Saravut Konglumphun[1*] ,Teera Mungsupeng[1] and Apiwat panurak[1]

บทคัดย่อ

การใช้ห้องเรียนในอาคาร9 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นนั้น มีการใช้ห้องเรียนเกือบเต็มทุกห้องตลอดวันตั้งแต่เวลา 08.00 น – 21.00 น ของวันจันทร์-ศุกร์ และบางครั้งอาจจะมีการใช้ห้องเรียนในวันเสาร์-อาทิตย์อีกด้วย ทำให้บางครั้งนักศึกษาเมื่อเรียนเสร็จไม่ทำการปิดระบบไฟฟ้าต่างๆภายในห้องที่เรียนทำให้สิ้นเปลืองพลังงานอย่างไร้ประโยชน์ และเมื่อจะทำการตรวจสอบว่านักศึกษากลุ่มไหนที่เรียนเสร็จแล้วไม่ทำการปิดระบบไฟฟ้าก่อนออกจากห้องนั้นเป็นเรื่องที่ยากที่จะตรวจสอบ

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาระบบระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ ขึ้นมาเพื่อช่วยในการตรวจสอบว่าในเวลานั้นอาจารย์ท่านใดเข้าใช้ห้องเรียนและออกจากห้องเรียนเวลากี่โมงซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(NODEMCU ESP8266)มาช่วยควบคุม สามารถระบุตัวตนได้ด้วยโมดูล(RFID:RC522) และ Webserver ซึ่งเมื่อมีการสั่งเปิดหรือปิด ก็จะมีการส่งสัญญาณไปที่ Node-mcu เพื่อระบุตัวตนส่งข้อความเข้าไลน์ และ Node-mcu ก็จะสั่งงานให้ Relay ตัดการทำงานของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิดห้องเรียน เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบการใช้ห้องเรียนได้อย่างสะดวกมากขึ้น

คำสำคัญ : ปิดเปิดห้องเรียน,Line Application

---

[1] สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

[1] Department of Electronics and Telecommunication Faculty of Technical Education Rajamangala University of Tecnology Isan Khonkaen Campus, T.Naimaung, A.Maung, Khonkaen 40000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : saravut.ko@rmuti.ac.th

ABSTRACT

The use of classrooms in Building 9 of Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen campus is used all hours from 08:00 to 21:00 Monday - Friday, and sometimes the classroom is used on the past Saturday to learn. Making electricity without electricity If you do not close the electrical system before leaving the room, it will be difficult to verify.

We then recommend using RFID to help determine when you need to go to the classroom and leave the classroom. The NODEMCU ESP8266 is used for identification (RFID: RC522) and the Webserver. When activated or deactivated, a signal is sent to Node-mcu to send the message. And Node-mcu will instruct the electrical switch to open or close the classroom so that it can monitor the use of the classroom more.

Keywords : Access Classroom, Line Application

บทนำ

ความมาและความสำคัญของปัญหา

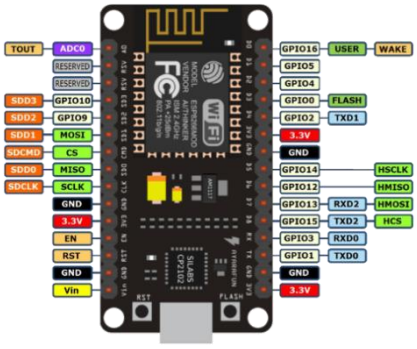
การใช้ห้องเรียนในอาคาร9 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่นนั้น มีการใช้ห้องเรียนเกือบเต็มทุกห้องตลอดวันตั้งแต่เวลา 08.00 น – 21.00 น ของวันจันทร์-ศุกร์ และบางครั้งอาจจะมีการใช้ห้องเรียนในวันเสาร์-อาทิตย์อีกด้วย ทำให้บางครั้งนักศึกษาเมื่อเรียนเสร็จไม่ทำการปิดระบบไฟฟ้าต่างๆภายในห้องที่เรียนทำให้สิ้นเปลืองพลังงานอย่างไร้ประโยชน์ และเมื่อจะทำการตรวจสอบว่านักศึกษากลุ่มไหนที่เรียนเสร็จแล้วไม่ทำการปิดระบบไฟฟ้าก่อนออกจากห้องนั้นเป็นเรื่องที่ยากที่จะตรวจสอบ

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาระบบระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ ขึ้นมาเพื่อช่วยในการตรวจสอบว่าในเวลานั้นอาจารย์ท่านใดเข้าใช้ห้องเรียนและออกจากห้องเรียนเวลากี่โมงซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์(NODEMCU ESP8266)มาช่วยควมคุม สามารถระบุตัวตนได้ด้วยโมดูล(RFID:RC522) และ Webserver ซึ่งเมื่อมีการสั่งเปิดหรือปิด ก็จะมีการส่งสัญญาณไปที่Nodemcu เพื่อระบุตัวตนส่งข้อความเข้าไลน์ และ Nodemcu ก็จะสั่งงานให้Relay ตัดการทำงานของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิดห้องเรียน เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบการใช้ห้องเรียนได้อย่างสะดวกมากขึ้น

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

nodemcu esp8266

Node-MCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจค Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูลESP8266นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชั่นแรกที่เป็น ESP-01 02 03 และปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ในNode-MCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก Node-MCUนั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output buil in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น Node-MCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆ



รูปที่ 1 Node-mcu ESP8266 พร้อม I/O

โมดูล RFID : RC522

RFID (Radio frequency identification) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้คลื่นวิทยุ (Radio frequency) ในการเก็บข้อมูล เพื่อใช้ระบุตัวตน เช่น นำไปแปะกับสิ่งของเพื่อใช้ระบุตัวสิ่งของ ใช้กับบัตรนักเรียนเพื่อระบุข้อมูลนักเรียน

เครื่องอ่าน เขียน RFID (RFID Reader) เป็นเครื่องที่ใช้อ่านข้อมูล หรือเขียนข้อมูลลงบัตร RFID ซึ่งเครื่องที่ใช้อ่าน/เขียนนี้จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงความถี่ที่รองรับ รวมถึงรวมถึงรองรับการอ่านเพียงอย่างเดียว หรือรองรับการเขียนด้วยบัตร RFID หรือ แท็ก RFID (RFID Tag) - ภายในจะประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือส่วนเก็บข้อมูล และส่วนเสาร์อากาศ ตัวแท็กนี้สามารถเก็บข้อมูลไว้ได้โดยไม่ต้องใช้พลังงาน เมื่อมีการส่งคลื่นวิทยุเข้ามาที่ตัวแท็ก ตัวแท็กก็จะส่งเป็นสัญญาณข้อมูลกลับไป แท็ก RFID จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงความถี่ที่รองรับเช่นเดียวกับเครื่องอ่าน / เขียน และยังแบ่งได้ตามความจุของข้อมูลอีกด้วย บัตร RFID ได้ถูกใช้งานกับอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น ใช้ในบัตรนักศึกษาเพื่อระบุตัวตนของนักศึกษา ใช้เป็นบัตรเติมเงินในศูนย์อาหาร หรือใช้เป็นบัตรเข้าที่จอดรถ รวมถึงใช้เพื่อป้องกันการขโมยสินค้าในห้างสรรพสินค้าอีกด้วย



รูปที่ 2 โมดูล RC522

Switching Power Supply

ในปัจจุบัน ได้มีการใช้เทคโนโลยีแหล่งจ่ายกำลังสวิตชิ่งกันอย่างแพร่หลาย ซึ่ง Switching Power Supply นั้นถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟจากไฟสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟตรงโวลต์ต่ำได้ ซึ่งองค์ประกอบพื้นฐานนั้นโดยทั่วไปจะคล้ายกันและสิ่งที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบนี้คือ คอนเวอร์เตอร์

Switching Power Supply จะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- วงจรฟิลเตอร์และเรกติไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง
- คอนเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงไฟตรงเป็นไฟสลับความถี่สูง และแปลงกลับเป็นไฟตรงโวลต์ต่ำ
- วงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตตามต้องการ



รูปที่ 3 Switching Power Supply

มดูล รีเลย์

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย

รีเลย์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1.) ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน(ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2.) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่เราต้องการนั่นเอง จุดต่อใช้งานมาตรฐาน

โมดูล Step Down LM2596

อุปกรณ์ตัวนี้ทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าตรงลง โดยสามารถปรับค่าแรงดัน output ได้โดย Potentiometer ที่มีอยู่บนบอร์ด สามารถจ่ายกระแสได้ถึง 3 A และใช้หลักการแปลงโดยวงจร Buck Converter ความถี่ Swithching 150 kHz ทำให้ทำงานเงียบ และแรงดันเรียบ

- Input voltage: 4V-35V
- Output voltage: 1.23V-30V
- Input current: 3A(maximum)



รูปที่ 3 LM2596S Module (3A)

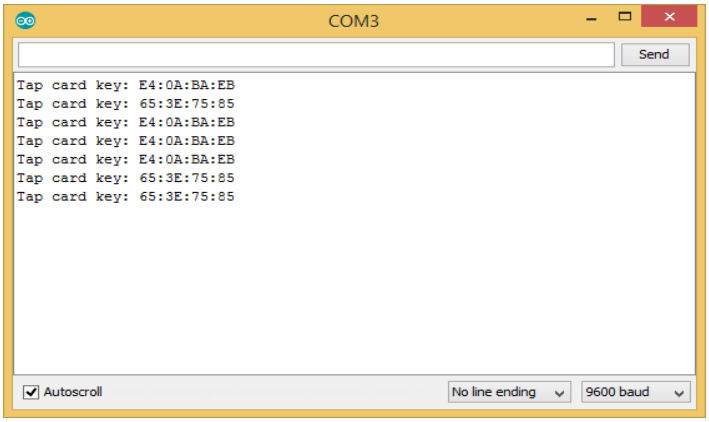
กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า

กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า ในท้องตลาดทั่วไปมีขายอยู่หลายแบบซึ่งแต่ละแบบใช้งานแตกต่างกันออกไป แบบแรกให้แรงดูดของแม่เหล็กในการดูดแผ่นเหล็กเรียกว่า กลอนไฟฟ้า (Magnetic Lock) แบบที่สองการทำงานเป็นแบบสลักล็อคเรียกว่า (Electric Bolt) แบบที่สามเรียกว่า Electric Strike โดยทั้งสามแบบต้องให้ไฟเลี้ยงอุปกรณ์โดยไฟที่จ่ายให้นั้นมาจาก Power supply หรือ เครื่องควบคุมการเปิด – ปิด ประตูอัตโนมัติ (Access control) สามารถนำมาติดตั้งที่ประตู เพื่อดูดประตูไม่ให้สามารถเปิดออกได้โดยง่ายและสามารถไปติดตั้งกับประตูได้หลากหลายวัสดุ นำไปใช้งานร่วมกับ เครื่องทาบบัตร หรือ เครื่องสแกนลายนิ้วมือ เป็นระบบควบคุมการเข้า – ออกของห้อง หรือ อาคาร กลอนแม่เหล็กไฟฟ้ารุ่นใหม่มีเสียงเตือนในตัวไม่ต้องไปต่อกับ Buzzer ให้ยุ่งยาก ซึ่งง่ายต่อใช้งานเหมือน กลอนแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไป และ เมื่อประตูเปิดแล้วไม่ปิดในเวลาที่กำหนดจะมีเสียงดังโดยเวลานั้นสามารถตั้งได้ที่ตัว สามารถตั้งได้ตั้งแต่ 1 – 15 วินาที

การดำเนินงาน

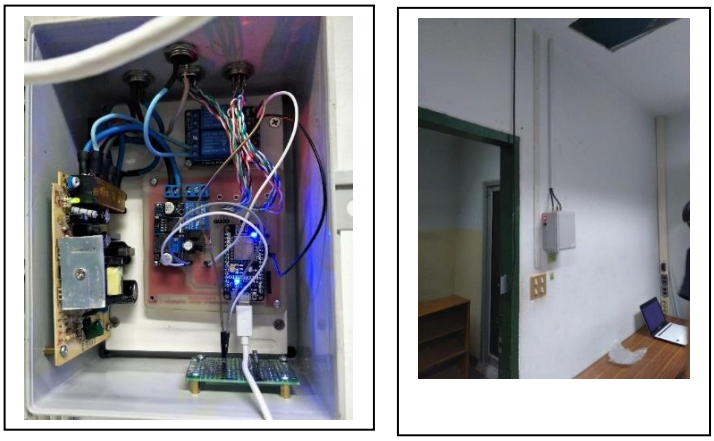
ในบทนี้จะนำเสนอข้อมูลวิธีการสร้างระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ และการสร้างวงจรควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานตามแผนผังดังรูปที่ 3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลของโครงการชุดนี้ได้อาศัยหลักทฤษฎี และความรู้ทางด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาช่วยในการ

ออกแบบและลดข้อผิดพลาดในการดำเนินงานทำให้งานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงได้ทำการเก็บรวบรวมหลักการทฤษฎีที่



รูปที่ 4 ทดลองอ่านค่า RF ID

เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2 จากนั้นได้นำทฤษฎีเหล่านี้มาออกแบบโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ เพื่อให้โครงการออกมาสมบูรณ์มากที่สุด การเก็บรวบรวมข้อมูลจำเป็นต้องคำนึงข้อปฏิบัติจริง และต้องสามารถนำมาใช้งานได้สะดวก หลังจากนั้นเป็นการออกแบบส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่จะต้องนำมาใช้งานตามวัตถุประสงค์ของโครงการโดยอาศัยแนวคิดจากแหล่งข้อมูล



รูปที่ 5 การติดตั้งชุดควบคุม

การทดลองเพื่อเก็บผล

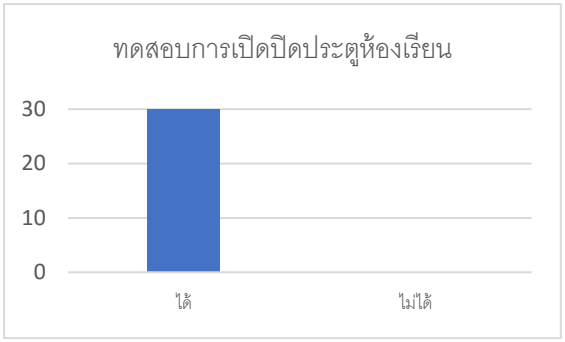
เมื่อทำการออกแบบลายวงจรชุดควบคุมต่างๆ และทำการออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการเปิดปิดประตูเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในบทนี้จะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานจริงของระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ ว่าจะทำงานได้จริงตามขอบเขตที่ตั้งไว้หรือไม่จะวัดผลทดลองดังนี้



รูปที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งตัวอ่าน RF ID

ผลการทดสอบการเปิดปิดผ่านRFID และแจ้งเตือนเข้าไลน์

การทดสอบการเปิดปิดประตูนั้นทดสอบทั้งหมด30ครั้ง โดยมีบัตร RFID 4ใบ ทำการแตะRFID ระยะเวลาห่างกัน 30 วินาที สลับกันไปมา



รูปที่ 8 แผนภูมิแสดงการเปิดปิดประตู

ผลการทดสอบการเปิดปิดผ่าน Web Server และแจ้งเตือนเข้าไลน์

การทดสอบการเปิดปิดประตูนั้นทดสอบทั้งหมด30ครั้ง โดยเข้า IP ที่แจ้งเตือนเข้าไลน์ตอนเปิดเครื่อง

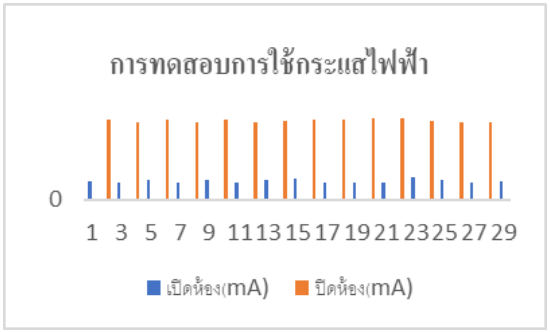


รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงการแจ้งเตือนการเปิดปิดประตูห้องเรียน

ทำการกดปุ่มในหน้า Web Server ระยะเวลาห่างกัน 30 วินาที สลับกันไปมา

ผลการทดสอบการใช้กระแสไฟฟ้า

การทดสอบการใช้กระแสไฟฟ้าเมื่อมีการเปิดปิดประตูว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าตู้ควบคุมเท่าไหร่โดยการทดสอบทดสอบพร้อมกับการเปิดปิดประตูผ่านRFID โดยที่ กลอนแม่เหล็กจะทำงานก็ต่อเมื่อ ประตูอยู่ในสภาวะปิด ผมการทดสอบค่ากระแสอ่านค่าได้ดังนี้



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงการกินกระไสไฟฟ้า

เมื่อทดลองเก็บค่ากระแสแล้วจะเห็นว่าค่ากระแสจะอยู่ในช่วง 127-134 mA ขณะที่ห้องอยู่ในสภาวะปิด และค่ากระแสอยู่ในช่วง 26-34 mA ขณะที่ห้องอยู่ในสภาวะเปิด

สรุปผล

สรุปผลการดำเนินงาน

ระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ เป็นอุปกรณ์เพื่อให้มีการจัดระเบียบการเข้าใช้ห้องเรียนได้อย่างง่าย มีการระบุคคลเข้าใช้ห้องเรียนโดยแอพพลิเคชั่นไลน์จะเป็นตัวบันทึกให้ว่าช่วงเวลานั้นๆ มีบุคคลเข้าใช้ห้องเรียน การออกจากห้องเรียน ระบบเปิดปิดห้องเรียนผ่าน Web server และ RFID แจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชั่นไลน์ ช่วยในการตรวจสอบว่าในเวลานั้นอาจารย์ท่านใดเข้าใช้ห้องเรียนและออกจากห้องเรียนเวลากี่โมง ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (NODEMCU ESP 8266) มาช่วยควบคุม สามารถระบุตัวตนได้ด้วยโมดูล (RFID:RC522) และ Web server ซึ่งเมื่อมีการสั่งเปิดหรือปิด ก็จะมีการส่งสัญญาณไปที่ Node

-mcu เพื่อระบุตัวตนส่งข้อความเข้าไลน์ และNode-mcu ก็จะสั่งงานให้ Relay ตัดการทำงานของกลอนแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อเปิดหรือปิดห้องเรียน เพื่อที่จะสามารถตรวจสอบการใช้ห้องเรียนได้อย่างสะดวกมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

การใช้งานโมดูลอ่าน RFID.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.ioxhop.com/article/37/การใช้งานโมดูลอ่าน-rfid-กับ-arduino-แบบง่ายๆ.(วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า [ออนไลน์] เข้าถึงได้ http://www.autoslidedoor.com/อุปกรณ์ประตูอัตโนมัติ/กลอนแม่เหล็กไฟฟ้า/. (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

รู้จักกับ ESP8266 NodeMCU [ออนไลน์] เข้าถึงได้ http://www.ayarafun.com/2015/08/introduction-arduino-esp8266-nodemcu/ (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

Internet of Things Global Standards Initiative ITUวันที่ค้นข้อมูล http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx. (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

[ออนไลน์] เข้าถึงได้ https://hbr.org/resources/pdfs/comm/verizon/18980_HBR_Verizon_IoT_Nov_14.pdf

(วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

[ออนไลน์] http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/Converging_Technologies_for_Smart_Environments_and_Integrated_Ecosystems_IERC_Book_Open_Access_2013.pdf (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

The Supply Chain: Changing at the Speed of Technology [ออนไลน์] เข้าถึงได้ http://connectedworld.com/the-supply-chain-changing-at-the-speed-of-technology/. เรียกข้อมูลเมื่อ 2015-09-18. (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

[ออนไลน์] เข้าถึงได้ http://www.iotsworldcongress.com/ documents/4643185/0/IoT_IBSG_0411FINAL+Cisco.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561).

ระบบสแกนใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลเข้าใช้ห้องบนราสเบอร์รี่พาย

Face Scan System for Identity Confirmation Accessing Room on Raspberry Pi

สาวิตรี ทองมี[1] เทพทัต สุวรรณมณี[1]และ จินดา สามัคคี[1*]

Savitree Thongmee[1] Theppatath Suwanmanee[1] and Chinda Samakee[1*]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเทคโนโลยีการประมวลภาพใบหน้ากำลังได้รับความนิยมและสนใจกันมาก เนื่องจากมีความสะดวกและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะบุคคล บทความนี้นำเสนอระบบสแกนใบหน้าสำหรับยืนยันตัวบุคคลในการเข้าใช้ห้องโดยใช้ตัวประมวลผลราสเบอร์รี่พาย การออกแบบระบบแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การตรวจจับใบหน้าและการรู้จำใบหน้าโดยใช้ฟังก์ชันโอเพนซีวีในการประมวลผล จากนั้นจะรายงานผลการตรวจสอบภาพใบหน้ากับฐานข้อมูลเพื่อยืนยันตัวบุคคลพร้อมการแจ้งเตือนผ่านทางอีเมล์ไปยังผู้ดูแลระบบว่าเป็นบุคคลที่ได้รับหรือไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง จากการทดลองผลโดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 5 คน โดยมีเงื่อนไขแสงสว่างสีขาว ระบบสามารถยืนยันตัวบุคคลท่าทางใบหน้าตรงมีค่าความถูกต้อง 100% ประโยชน์ของระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านรักษาความปลอดภัยได้หลากหลายรูปแบบและด้านการควบคุมอุปกรณ์ตามความต้องการผู้ใช้เมื่อทราบผลการตรวจสอบใบหน้า

คำสำคัญ : สแกนใบหน้า, การรู้จำใบหน้า, การประมวลภาพ, ราสเบอร์รี่พาย

ABSTRACT

Recently, security systems by face processing technology have become popular and more interesting due to its convenience and identification. This paper presents face scan system for identity confirmation accessing room on raspberry Pi. The system design is divided into two parts: face detection and face recognition are by OpenCV library functions in processing. The reporting system of the face scan is with database to identify personal, and in addition it is alert notification via email into administrator. From testing of 5 sample groups by conditioning lighting white color, the system can be confirmed with straight face as a accuracy of 100%. The benefits of this system can apply for multiple security systems and equipment control for determining user requirements.

Keywords : Face Scan, Face Recognition, Imaging Processing, Raspberry Pi

---

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Program of Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bo Yong, Muang, Songkhla 90000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): chindasamakee@hotmail.com

บทนำ

ความปลอดภัยในการใช้ชีวิตและทรัพย์สินถือได้ว่าเป็นความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงเป็นสิ่งแรกของมนุษย์ ปัจจุบันได้มีการคิดค้นระบบรักษาความปลอดภัยหลากหลายรูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบขึ้นอยู่กับเหตุปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ต้องการความปลอดภัย เช่น ภายในตัวอาคาร ธนาคาร บ้าน พื้นที่ส่วนบุคคล เป็นต้น และในการออกแบบแต่ละระบบนั้นจะมีการใช้อุปกรณ์ที่มีความแตกต่างกัน ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพมาใช้อย่างแพร่หลายในด้านรักษาความปลอดภัย ตัวอย่างเช่น การตรวจจับความเร็วรถยนต์บนท้องถนน การตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ การประมวลผลภาพทางการแพทย์ เป็นต้น ซึ่งมีการยอมรับในประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานที่ดี (กิตติ, 2549; อรฉัตร และคณะ, 2558) ในช่วงที่ผ่านมาการประมวลผลสัญญาณภาพจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วและหน่วยความจำสูงสำหรับประมวลผลที่ทำได้ซับซ้อนขึ้น ซึ่งในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานบางประเภท ขนาดของตัวอุปกรณ์อาจไม่มีความยืดหยุ่นและเหมาะสมมากนัก ปัจจุบันเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงและมีขนาดเล็กลง คอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กชนิดหนึ่งคือราสเบอรี่พาย (Raspberrry Pi) กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีระบบการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ของบอร์ดผ่านไลบารี่และมีขนาดโครงสร้างเล็ก ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานต่างๆได้หลากหลายอย่างมีประสิทธิภาพ

ในช่วงที่ผ่านมานี้มีหลายๆงานวิจัยได้นำเทคนิคการมวลภาพมาใช้สำหรับตรวจสอบใบหน้าเพื่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการตามผู้ใช้งาน ดังเช่น การตรวจจับใบหน้าและติดตามบุคคลผ่านกล้องวงจรปิด ตู้ฝากสัมภาระโดยใช้เทคนิคการรู้จำใบหน้า การเปิดปิดประตูอัตโนมัติ และการสืบค้นข้อมูลทางการแพทย์โดยวิธีรู้จำใบหน้าสำหรับหุ่นยนต์ดูแลผู้ป่วย เป็นต้น (กฤตกรณ์ และคณะ, 2560; จักรี และคณะ, 2560; จตุรนต์ และอธิฐาน, 2560) นอกจากนี้ยังเริ่มมีรายงานศึกษาใช้การสร้างระบบสแกนใบหน้าด้วยราสเบอรี่พาย สำหรับวัตถุประสงค์ตามความต้องการผู้ใช้งานมากขึ้น เช่น การลงเวลา และยืนยันตัวบุคคลเพื่อเข้าพักโรงแรม เป็นต้น (นวพล และคณะ, 2560; สุรเชษฐ์ และคณะ, 2560) ในบทความนี้ได้เล็งเห็นถึงประโยชน์ของเทคโนโลยีการประมวลภาพสำหรับใช้ระบบรักษาความปลอดภัย และอุปกรณ์ประมวลผลที่มีความสะดวกต่อการใช้งาน จึงได้นำเสนอระบบสแกนใบหน้าเพื่อยืนยันตัวบุคคลบนราสเบอรร์รี่พายในการเข้าใช้ห้องโดยใช้เทคนิคการตรวจจับและรู้จำใบหน้าด้วยฟังก์ชันของโอเพนซีวี (Open CV) พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนผลผ่านอีเมล์ไปยังผู้ดูแลระบบ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การตรวจจับใบหน้า

การตรวจจับใบหน้า (Face detection) เป็นกระบวนการจับภาพใบหน้าสำหรับใช้เป็นภาพต้นฉบับเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลสำหรับนำไปใช้ในประมวลผลเปรียบเทียบกับภาพใบหน้าของเป้าหมายที่ตรวจสอบโดยใช้หลักการเรียนรู้จำ วิธีการพื้นฐานสำหรับการตรวจจับใบหน้าสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทประกอบด้วย วิธีแรกคือวิธีการเชิงความรู้ (Knowledge-based methods) เป็นวิธีที่ใช้องค์ประกอบส่วนที่สำคัญบนใบหน้า เช่น ดวงตา ปาก จมูก มีจำนวนและแต่ละส่วนมีตำแหน่งระยะอย่างไร โดยจะนำมาใช้หากฎเกณฑ์เพื่อแยกแยะใบหน้า ข้อด้อยของวิธีนี้คือ กรณีที่กำหนดกฎเกณฑ์มากเกินไปจะทำให้การตรวจจับใบหน้าทำได้ยาก แต่หากน้อยไปก็จะส่งผลให้การตรวจจับใบหน้ามีความผิดพลาดได้เช่นเดียวกัน วิธีที่สองคือวิธีเชิงลักษณะ (Feature invariant approaches) เป็นวิธีการใช้ดึงลักษณะเด่นใบหน้าของปาก จมูก คิ้ว ตา และเส้นผม โดยใช้การคำนวณหาเส้นขอบ (Edge detection) เพื่อนำมาคำนวณความสันพันธ์การตรวจจับใบหน้า วิธีนี้มีข้อด้อยในเรื่องสภาพแวดล้อมีที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น สภาพแสงและสัญญาณรบกวนซึ่งส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณหา

เส้นขอบได้ วิธีที่สามคือวิธีการจับคู่แม่แบบ (Template matching methods) วิธีนี้ถือได้ว่าง่ายไม่ยุ่งยาก ด้วยการใช้ภาพใบหน้าตรงเป็นต้นฉบับ จากนั้นเมื่อรับภาพใบหน้าที่ตรวจจับเข้ามาจะนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation value) กับภาพต้นฉบับ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ประสิทธิภาพการตรวจจับยังไม่ดีมากนักเนื่องจากรูปทรงใบหน้าและขนาดที่แตกต่างจากภาพต้นฉบับ และวิธีที่สี่คือวิธีเชิงรูปลักษณ์ (Appearance-based methods) วิธีการนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรูปภาพต้นฉบับของใบหน้า และที่ไม่ใช่ใบหน้าในการหาคุณลักษณ์ความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติ และการเรียนรู้ของอัลกอริธึมที่เขียนขึ้นเพื่อประมวลผล จากการตรวจสอบรายงานวิจัยพบว่าวิธีนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าทั้งสามวิธีก่อนตามที่กล่าวมา โดยเฉพาะเทคนิคที่ถูกนำเสนอโดย Viola และ Jones มีประสิทธิภาพที่ดี และเป็นที่นิยมนำไปใช้ตรวจจับใบหน้าในหลายๆงานที่ผ่านมา (รุสลี่ และวิไลพร, 2554)

เทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola และ Jones ได้ถูกนำเสนอในปี ค.ศ. 2001 ซึ่งเทคนิคนี้มีข้อเด่นในเรื่องความเร็วและความถูกต้องการตรวจจับสูง เป็นที่นิยมและยอมรับในหลายงานวิจัย ขั้นตอนการทำงานของนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การคำนวณรูปแบบการจำลอง การค้นหารูปแบบการจำลอง และการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง การคำนวณรูปแบบใช้เทคนิคการจำลองแบบ Haar-like เป็นตัวตรวจจับซึ่งเทคนิคนี้ตัวตรวจจับจะมีการปรับขนาดที่แตกต่างกันในการค้นหาภาพใบหน้าที่นำมาแบ่งออกเป็นภาพย่อย (Sub-window) ต้นฉบับ วิธีการนี้จะใช้เวลาคงที่สำหรับการตรวจจับใบหน้าในแต่ละรอบ การจำลองรูปแบบ Haar-like ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีแสงเงาและไม่มีแสงเงา ดังนั้นการคำนวณหาค่าการจำลองแบบจะเป็นผลต่างของความเข้มในบริเวณส่วนแสงเงาและไม่มีแสงเงา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าเทรสโฮลด์ (Threshold) เพื่อกำหนดเกณฑ์ตัดสินว่าเป็นภาพใบหน้าหรือไม่ ขั้นตอนที่สองเป็นกระบวนการเรียนรู้ด้วยอัลกอริธึม Adaboost สำหรับการหาตัวจำแนกแบบอ่อนแอ และการปรับค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อลดค่าความผิดพลาดให้น้อยที่สุด และขั้นตอนที่สามจะใช้ตัวจำแนกหลายๆตัวต่อเรียงลำดับเพื่อลดเวลาการคำนวณให้น้อยลงและเพิ่มความถูกต้องในการตรวจจับ (Viola, P. and Jone M., 2004)

การรู้จำใบหน้า

การรู้จำใบหน้า (Face recognition) คือระบบการค้นหาใบหน้าจากอินพุทที่ตรวจจับเพื่อเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับในฐานข้อมูลที่เก็บเอาไว้ โดยใช้อัลกอริธึมในการแยกเอกลักษณ์ใบหน้า ระบบรู้จำใบหน้าประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน 3 ส่วนคือ การค้นหาใบหน้า การหาคุณลักษณะต่างๆของใบหน้า และการรู้จำใบหน้าเป็นส่วนสุดท้าย (Liu, S. S. et al., 2007; Zhao W. et al., 2003) ระบบการทำงานทั้ง 3 ขั้นตอนแสดงดังภาพที่ 1 ปัจจุบันมีอัลกอริธึมที่ใช้ตรวจจับและการเรียนรู้จำใบหน้าด้วย Open CV หรือ Open Source Computer Vision



ภาพที่ 1 ระบบการทำงานของการรู้ใบหน้า

Library เป็นไลบารี่ที่มีการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิคของ Viola และ Jones และมีโมดูลการรู้จำใบหน้า ถูกพัฒนาโดยบริษัทอินเทลสำหรับใช้ในการประมวลผลภาพและงานทางด้าน Computer Vision ไลบารี่ที่พัฒนาเป็นโอเพนซอร์ส ตัวไลบารี่นี้เขียนขึ้นด้วยภาษา C และ C++ ซึ่งสามารถรันได้บนทั้ง Linux Mac OSX และ Windows นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับภาษาอื่นๆ เช่น ไพทอน และเมทแลป เป็นต้น ตัวไลบารี่มีความสามารถในการทำงานอย่างมี

ประสิทธิภาพ และมีมากกว่า 500 ฟังก์ชันสำหรับใช้ในการพัฒนางานที่มีความซับซ้อน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้กัน (Kaehler, A. and Bradski G., 2014)

ใน Open CV มีไลบารี่การรู้จำใบหน้าด้วยไอเกนเฟส (Eigenface) ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับหลายๆวิธีสำหรับการรู้จำใบหน้าและได้รับความนิยมใช้กันมาก (Muge, C. and Ozen F., 2011) วิธีนี้อาศัยหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) ในการลดขนาดของมิติภาพ วิธีการไอเกนเฟสเริ่มจากการหาค่าเฉลี่ยของภาพใบหน้าจากสมการ (Tolba, A. S. et al., 2005)

$$\psi = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\Gamma_i \tag{1}$$

เมื่อ ψ คือค่าเฉลี่ยใบหน้า M คือจำนวนรูปภาพ และ Γ_i คือเวกเตอร์ภาพใบหน้า จากนั้นนำเวกเตอร์ภาพใบหน้าลบเฉลี่ยใบหน้า จากสมการ

$$\Phi_i = \Gamma_i - \psi \tag{2}$$

เมื่อ Φ_i คือเวกเตอร์ใบหน้าใหม่หรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำเป็นเมตริกซ์ กำหนดให้เป็น $A=\{\Phi_1, \Phi_2, ..., \Phi_M\}$ จากนั้นคำนวณหาค่าความแปรปรวนร่วม (C) จาก

$$C = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\Phi_i\Phi_i^T = AA^T \tag{3}$$

คำนวณหาค่าไอเกนเวกเตอร์ (v) และค่าไอเกน (μ) ของเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วมใน (3) จาก

$$AA^T Av_i = \mu Av_i \tag{4}$$

ทำการเลือกใช้ค่าไอเกนที่มีนัยสำคัญสำหรับใช้ในการเรียนรู้จำโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก นำภาพที่ต้องการทดสอบรู้จำมาคำนวณหาค่าน้ำหนัก (ω_k) จาก

$$\omega_k = \mu_k^T(\Gamma - \psi) \tag{5}$$

เมื่อ $k = 1, ..., M$ จะได้ค่าน้ำหนักในรูแบบเวกเตอร์แต่ละใบหน้าไอเกนคือ $\Omega^T = [\omega_1, \omega_2, ..., \omega_M]$ การทดสอบรู้จำภาพใบหน้าสามารถพิจารณาได้จาก

$$\varepsilon_k = \left\|\Omega - \Omega_T\right\| \tag{6}$$

เมื่อ ε_k คือระยะทางยุคลิด (Euclidean distance) Ω คือใบหน้าไอเกน และ Ω_k คือใบหน้าที่ทดสอบ ซึ่งถ้าหากค่า ε_k ที่มีความแตกต่างน้อยที่สุดมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold แสดงว่าเป็นใบหน้าบุคคลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

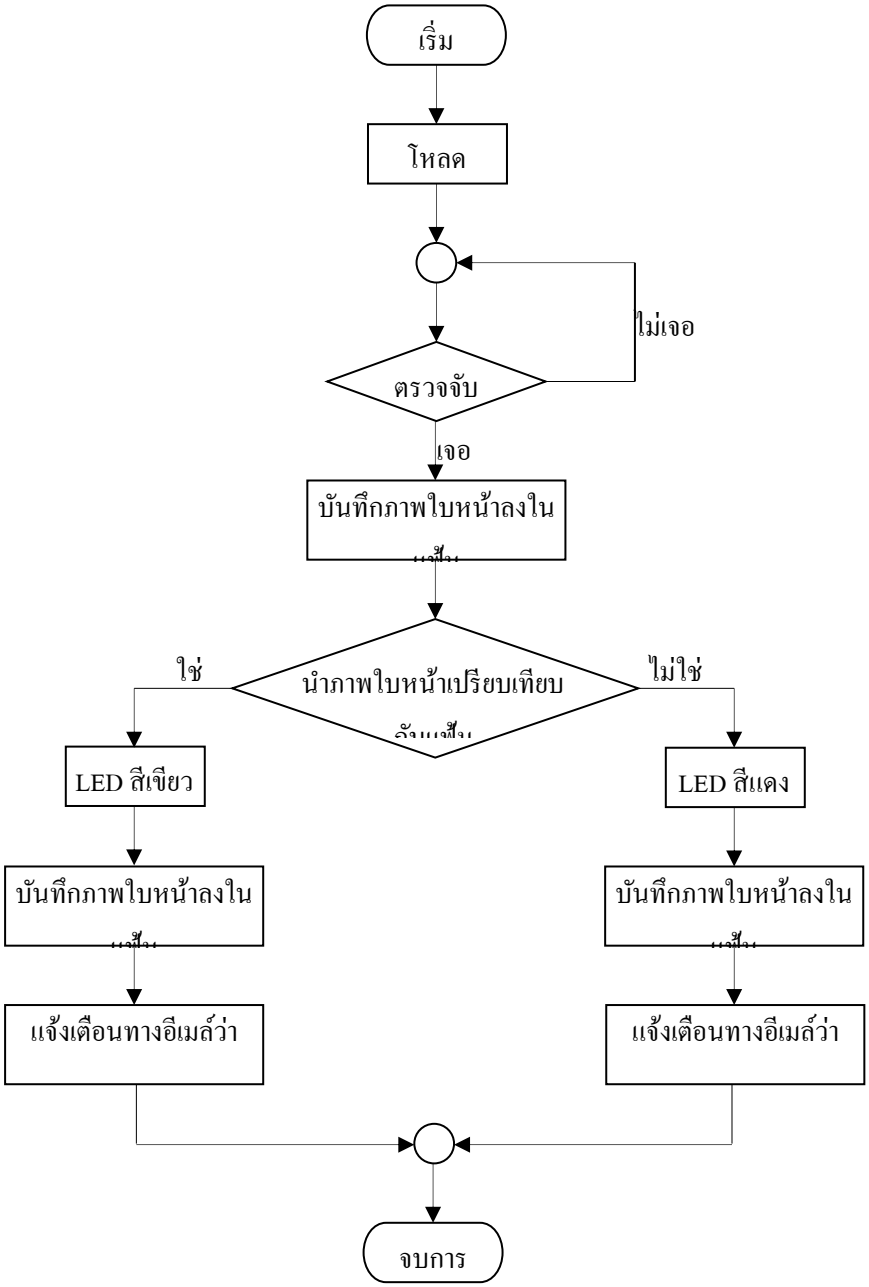
การออกแบบและจัดสร้างอุปกรณ์

การออกแบบ

การออกแบบระบบการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักประกอบด้วย การตรวจจับใบหน้าและการรู้จำใบหน้า ตัวประมวลผลเลือกใช้ราสเบอร์รี่พายสาม โมเดลบี และกล้องจับภาพใช้กล้องราสเบอร์รี่เวอร์ชั่น 2 การทำงานของระบบเริ่มจากเมื่อมีผู้ต้องการผ่านเข้ามาระบบจะทำการตรวจจับใบหน้าด้วยกล้อง จากนั้นจะนำภาพที่ได้มาทำการเรียนรู้จำเปรียบเทียบกับภาพต้นฉบับในฐานข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่ทั้งสองขั้นตอนจะใช้ฟังก์ชันของ Open CV เมื่อระบบทำการประมวลผลการรู้จำใบหน้าเป็นการรวมชุดรูปภาพใบหน้าที่จะใช้ในการฝึกฝน (Training set) สำหรับการทำนายบุคคลกับใบหน้าที่เก็บฐานข้อมูลว่าตรงกันหรือไม่โดยใช้ค่าไอเกนเฟสในการรู้จำใบหน้าจากการรวมชุดภาพใบหน้า โดยบุคคลที่ใกล้เคียงมากที่สุดในจำนวนชุดของภาพที่ทำการฝึกฝนแสดงว่าบุคคลนั้นอยู่ในฐานข้อมูลจากนั้นกล้องจะถ่ายภาพบุคคลนั้นเก็บไว้และไฟแอลอีดีสีเขียวติดสว่าง พร้อมทั้งมีการแจ้งเตือนผ่านอีเมลด้วยข้อความ “มีบุคคลเข้าใช้ห้อง” หากไม่มีค่าที่ใกล้เคียงกล้องจะทำการถ่ายภาพเก็บเช่นเดียวกันและไฟแอลอีดีสีแดงติดสว่างพร้อมแจ้งเตือนผ่านอีเมลด้วยข้อความว่า “มีบุคคลไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง” ซึ่งระบบที่ได้ออกแบบสามารถเรียกดูภาพบุคคลที่ทั้งที่มีและไม่มีอยู่ในฐานได้ทั้งนี้เป็นการเก็บหลักฐานสำหรับรักษาความปลอดภัย แผนผังการทำงานของโปรแกรมตรวจจับและรู้จำใบหน้าสามารถสรุปเป็นลำดับแสดงได้ดังภาพที่ 2 สำหรับการทำงานโปรแกรมการถ่ายภาพเพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลเริ่มจากเมื่อมีการตรวจจับใบหน้าเจอแล้วทำการถ่ายภาพและแปลงภาพเป็นภาพระดับเทาและบันทึกลงในแฟ้มชื่อ training/positive

การจัดสร้างอุปกรณ์

การออกแบบโครงสร้างตัวอุปกรณ์ของเครื่องตรวจจับและรู้จำใบหน้าตัวโครงสร้างทำจากแผ่นอะคริลิคสีใสมีความหนา 4 มิลลิเมตร โดยมีขนาดความกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 14 เซนติเมตร และสูง 19 เซนติเมตร ติดตั้งตัวอุปกรณ์ให้สูงจากพื้นระยะ 130 เซนติเมตรสำหรับผู้ใช้งานความสูงระหว่าง 150-185 เซนติเมตร ลักษณะโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ออกแบบแสดงดังภาพที่ 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 แผนผังการทำงานโปรแกรมการตรวจจับและรู้จำใบหน้า



ภาพที่ 3 ตัวเครื่องตรวจจับและรู้จำใบหน้า



ภาพที่ 4 โครงสร้างทางกายภาพโดยรวมของอุปกรณ์

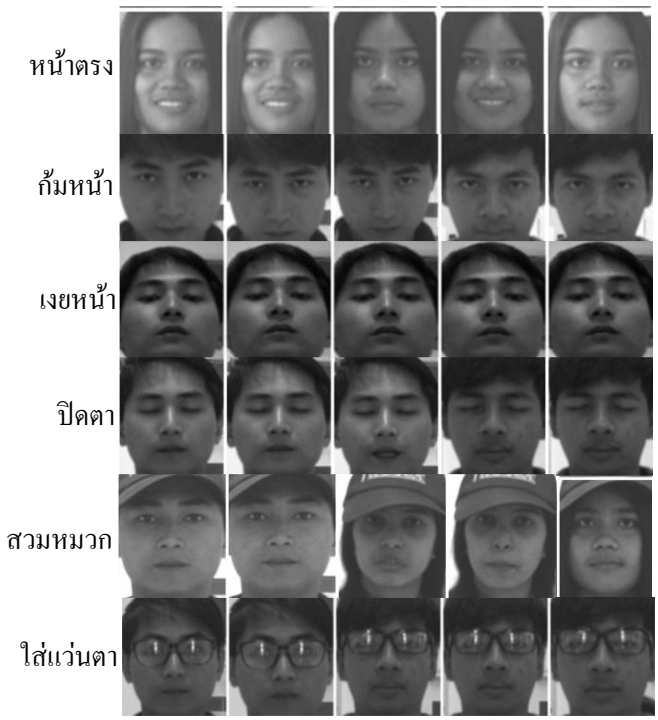
การทดสอบและวิจารณ์ผล

การตรวจจับใบหน้า

การทดลองการตรวจจับใบหน้าเพื่อบันทึกภาพใบหน้าลงในแฟ้มสำหรับเป็นฐานข้อมูล ผู้จัดทำได้ทำการทดลองในห้องเรียนชั้น 10 อาคารศรีวิศววิทยา มีการทดลองทั้งหมด 8 ลักษณะท่าทางคือ หน้าตรง ก้มหน้า เงยหน้า ปิดตา สวมหมวก ใส่แว่นตา หันซ้ายและหันขวา โดยใช้บุคคลในการทดลองแต่ลักษณะจำนวน 5 คน คนละ 5 รูปโดยที่ผู้ทดสอบยื่นห่างจากตัวเครื่องเป็นระยะ 80-100 เซนติเมตร เมื่อความสูงของผู้ใช้งานอยู่ระหว่าง 150-185 เซนติเมตร ภายใต้แสงสว่างสีขาว ตัวอย่างท่าทางของการทดสอบการตรวจจับใบหน้าแสดงดังภาพที่ 5

จากผลการทดสอบพบว่าทั้ง 5 คนจำนวนคนละ 5 ครั้ง ประสิทธิภาพของเครื่องที่ออกแบบมีความสามารถตรวจจับใบหน้าท่าทางลักษณะต่างๆมีความถูกต้องสรุปได้ดังตารางที่ 1 จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าว่าการตรวจจับใบหน้าท่าทางหน้าตรงเครื่องสแกนสามารถตรวจจับได้ทุกครั้ง ในภาพที่ 5 เป็นตัวอย่างท่าทางต่างๆที่ใช้ในการทดสอบการตรวจจับใบหน้าที่เครื่องสามารถตรวจจับได้ประกอบด้วยท่าทาง หน้าตรง ก้มหน้า เงยหน้า ปิดตา สวมหมวก และใส่แว่นตา สำหรับท่าทางหันซ้ายและหันขวาพบว่าเครื่องสแกนไม่สามารถตรวจจับได้ ทั้งนี้เนื่องจากในการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีของ Viola และ

Jones นั้น จะต้องตรวจพบความแตกต่างของบริเวณดวงตา แก้มและความแตกต่างระหว่างบริเวณดวงตาสองข้างและบริเวณจมูก ดังนั้นจะไม่มีภาพแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ภาพที่ได้จากการตรวจจับใบหน้าด้วยลักษณะท่าทางที่แตกต่างกัน

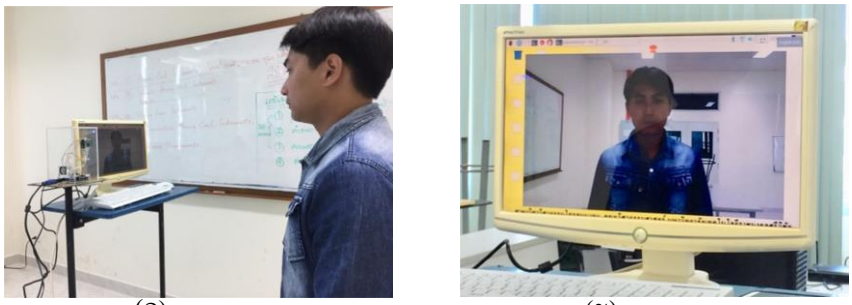
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบตรวจจับใบหน้าด้วยลักษณะท่าทางที่แตกต่างกัน

ท่าทางใบหน้า	ค่าความถูกต้อง
หน้าตรง	100%
ก้มหน้า	84%
เงยหน้า	92%
ปิดตา	52%
สวมหมวก	32%
ใส่แว่นตา	72%
หันซ้าย	0%
หันขวา	0%

การรู้จำใบหน้า

การทดสอบการรู้จำใบหน้าของบุคคลเพื่อใช้ในการตรวจสอบสิทธิ์การเข้าใช้ห้อง ได้ทำการทดสอบในห้องเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบการตรวจจับใบหน้าโดยมีเงื่อนไขแสงสว่างและลักษณะท่าทางใบหน้า 8 ลักษณะเช่นเดียวกัน โดยใช้บุคคลในการทดสอบแต่ลักษณะเป็นบุคคลที่มีภาพใบหน้าในฐานข้อมูลจำนวน 5 คน คนละ 3 ครั้ง ภาพที่ 6 แสดงตัวอย่าง

การทดสอบรู้จำใบหน้า ผลจากการทดสอบพบว่าการรู้จำใบหน้าในลักษณะหน้าตรงสามารถเปรียบเทียบใบหน้าได้ถูกต้องที่สุดคิดเป็น 100% ส่วนในลักษณะอื่นๆ เช่น เงยหน้า หันซ้าย หันขวา สวม



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการทดสอบรู้จำใบหน้าด้วยลักษณะหน้าตรง (ก) ลักษณะการยืน (ข) ภาพที่แสดงหน้าจอ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบรู้จำใบหน้าด้วยลักษณะท่าทางที่แตกต่างกัน

คนที่	ครั้งที่ทดสอบ	ลักษณะท่าทาง							
		หน้าตรง	ก้มหน้า	เงยหน้า	ปิดตา	หันซ้าย	หันขวา	สวมหมวก	ใส่แว่นตา
1	1	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้
	2	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	3	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้
2	1	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	2	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	3	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
3	1	ได้	ได้	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	2	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	3	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
4	1	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	2	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	3	ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	1	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้

5	2	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
	3	ได้	ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้	ได้	ไม่ได้
จำนวนครั้งที่เปรียบเทียบได้		15	12	2	10	0	0	3	1
คิดเป็นร้อยละ		100%	80%	13.333%	66.667%	0%	0%	20%	6.667%

หมวก และใส่แว่น ไม่สามารถเปรียบเทียบใบหน้าได้นั้นเกิดจากการตรวจจับใบหน้าไม่เจอเนื่องจากระบบไม่สามารถตรวจพบความแตกต่างของบริเวณดวงตา แก้มและความแตกต่างระหว่างบริเวณดวงตาสองข้างและบริเวณจมูกที่ชัดเจน รายละเอียดผลการทดสอบความสามารถของเครื่องสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

การบันทึกภาพจะทำการแยกเป็นแฟ้มเพื่อทำการเก็บรูปภาพเป็นหลักฐานว่ามีบุคคลใดต้องการจะเข้าใช้ห้องโดยบันทึกชื่อรูปเป็นวันและเวลา แยกออกเป็น 3 แฟ้มประกอบด้วยแฟ้มบันทึกรูปบุคคลทั้งหมดที่ต้องการเข้าใช้ห้อง แฟ้มที่สองบันทึกรูปภาพบุคคลที่อนุญาตให้เข้าใช้ห้องได้ และแฟ้มที่บันทึกรูปภาพผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าใช้ห้อง

เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเรียนรู้จำใบหน้ากับงานวิจัยอื่นที่ใช้วิธีไอเกนเฟสเหมือนกัน ในงานของสุรเชษฐ์ และคณะ (2560) มีความถูกต้อง 100% งานของ จักรี และคณะ (2560) มีความถูกต้อง 100% งานของ จตุรนต์ และอธิฐาน (2560) มีความถูกต้อง 93.33% และ กฤตกรณ์ และคณะ (2560) ความถูกต้อง 83% ในตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบบางวิธีสำหรับใช้ในการเรียนรู้จำใบหน้าที่ใช้จำนวนภาพในชุดการสอน (Training set) และvy9อัตราความสำเร็จ (Success rate) ที่ต่างกัน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบงานที่เกี่ยวกับการเรียนรู้จำใบหน้า (Muge, C. and Ozen, F., 2012)

วิธี	จำนวนภาพในการชุดการสอน	อัตราความสำเร็จ
Principal component analysis	400	79.65%
Principal component analysis + Relevant component analysis	400	92.34%
Independent component analysis	40	Gauss function 81.35%
Hidden Markov model	200	84%
Active shape model	100	78.12-92.05%
Wavelet transform	100	80-91%
Support vector machines	-	85-92.1%
Neural networks	-	93.7%
Eigenfaces	70	92-100%

การแจ้งผลผ่านทางอีเมล์

การทดสอบระบบการแจ้งเตือนผ่านอีเมลเพื่อเป็นเตือนผู้ดูแลระบบให้ทราบว่าในขณะนี้มีบุคคลที่ได้รับอนุญาตหรือมีบุคคลไม่ได้รับอนุญาตกำลังมาเข้าใช้ห้อง หากเป็นผู้ที่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้องจะมีการแจ้งเตือนว่ามีบุคคลได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง แต่ถ้าเป็นบุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตจะมีการแจ้งเตือนว่าด้วยข้อความว่ามีบุคคลไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง โดยทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง พบว่าสามารถแจ้งเตือนได้ทุกครั้ง ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการแจ้งเตือนข้อความผ่านอีเมล์เพื่อเป็นการแจ้งเตือนผู้ดูแลระบบ

☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลไม่ได้รับอนุญาตเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.
☐ ☆	telecomequipmentrmutsv@	(ไม่มีหัวเรื่อง) - มีบุคคลเข้าใช้ห้อง	14 มี.ค.

ภาพที่ 7 ข้อความแจ้งเตือนทางอีเมล์

สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการระบบตรวจจับและรู้จำใบหน้าสำหรับยืนยันตัวบุคคลในการเข้าใช้ห้อง มุ่งประเด็นไปที่การนำบนตัวประมวลผลราสเบอร์รี่พายมาใช้ในการประมวลผล การทดสอบผลการตรวจจับและรู้จำใบหน้าประกอบด้วย 8 ลักษณะท่าทางคือ หน้าตรง ก้มหน้า เงยหน้า หันซ้าย หันขวา ปิดตา สวมหมวกและใส่แว่นตา จากการทดสอบพบว่าระบบสามารถทำการตรวจจับและรู้จำใบหน้าแม่นยำที่สุดค่าความถูกต้อง 100% ด้วยท่าทางหน้าตรง การแจ้งข้อความผ่านทางอีเมล์สามารถทำได้ทุกครั้ง การเก็บบันทึกภาพประวัติแยกไฟล์ทั้งผู้ที่มีและไม่มีชื่ออยู่ในฐานสามารถทำงานได้ถูกต้อง ระบบนี้เมื่อมีการตรวจจับและรู้จำใบหน้าแล้วสามารถสร้างเงื่อนไขเอาท์พุทที่ได้ไปประยุกต์สำหรับใช้ควบคุมอุปกรณ์อื่นใดตามความต้องการผู้ใช้งานเหมาะกับงานที่ใช้ทรัพยากรไม่มากนัก เคลื่อนย้ายสะดวก อย่างไรก็ตามกรณีที่งานมีความซับซ้อนอาจมีข้อจำกัดในเรื่องหน่วยความจำและความเร็วในการประมวลผล

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการนำเสนอผลงาน

อ้างอิง

กิตติ ไพฑูรย์วัฒนกิจ. 2549. **การประมวลผลภาพดิจิตอล**. แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

อรฉัตร จิตต์โสภักตร์, จตุพล เบญจประกายรัตน์ และ ชัยพิทักษ์ พัฒนกิตติคุณ. 2558. ระบบตรวจจับใบหน้าและติดตาม บุคคลผ่านกล้องวงจรปิด. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

กฤตกรณ์ ศรีวันนา สุวนันท์ สุยะต๊ะ ธนาวุฒิ ธนวาณิชย์ กมล บุญล้อม อนุสรณ์ ใจแก้ว อธิคม ศิริ และ ภูมิพงษ์ ดวงตั้ง. 2560. ตู้ฝากสัมภาระแบบอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคการรู้จำใบหน้า, น. 293-296. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการงานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9.** เชียงคาน เลย.

จตุรนต์ เงินพลับพลา และ อธิฐาน จ่างเจริญ. 2560. การรู้จำใบหน้าเพื่อความปลอดภัยสำหรับประตูอัตโนมัติ, น. 285-288. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9.** เชียง คาน เลย.

จักรี พิชญพิบุล กมล บุญล้อม และ ธวัชชัย สุเขื่อน. 2560. ระบบสืบค้นข้อมูลทางการแพทย์โดยวิธีรู้จำใบหน้าสำหรับหุ่นยนต์ดูแลผู้ป่วย, น. 81-83. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9.** เชียงคาน เลย.

นวพล พรเจริญ สราวุฒิ พันธุ์เนียม ปิยะนุช ตั้งกิตติพล และ อภิวัฒน์ สวัสดิรัตน์. 2560. ระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อลงเวลาด้วยราสเบอร์รี่ไพ, น. 301-304. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9.** เชียงคาน เลย.

สุรเชษฐ์ โทวราภา เทวิน เอมิล บร๊านโซเซน จิรกิตติ์ กั่วพานิช ธนกฤต เอียงอิ่ม คมสัน เกียรติกอบชัย และ พงศธร เตชะเลิศกมล. 2560. ระบบยืนยันตัวบุคคลเพื่อเข้าพักอาศัยในโรงแรมด้วยอุปกรณ์สื่อสารระยะใกล้และระบบจำแนกใบหน้า, น. 289-292. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9.** เชียงคาน เลย.

รุสลี่ สุทธวีร์กูล และ วิไลพร แซ่ลี้. 2554. การตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีพื้นฐานของการจำลองรูปแบบ Haar-like. **วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรนครินทรวิโรฒ** 6(2): 34–43.

Viola, P. and Jones M. 2004. Robust real-time face detection. **International Journal of Computer Vision** 57(2): 137–154.

Liu, S.-S., Tian Y.-T. and Li D. 2009. New research advances of facial expression recognition. 2; pp. 1150-1155. **International Conference on Machine Learning and Cybernetics**. Baoding, China.

Zhao, W., Chellappa, R., Phillips, P. J. and Rosenfeld, A. 2003. Face recognition: A literature survey. **ACM Computing Surveys Journal**. 35: 399-458.

Kaehler, A. and Bradski, G. 2014. Learning Opencv, 2nd Edition O'Reilly Media, Inc.

Muge, C., and Ozen, F. 2012. A Face recognition system based on eigenfaces method. **Procedia Technology Journal**. 1: 118-123.

Tolba, A. S., El-Baz, A. H., and El-Harby, A. A. 2005. Face recognition a literature review. **International Journal of Signal Processing**. 2(2): 88-103.

การประชาสัมพันธ์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ผ่านสื่อออนไลน์

The public relations of Kao Paya Bung Sa ecoturism group on Online media

ศิรินันทร์ นาพอ[1*] ศวรรณรัศม์ อภัยพงค์[1] และ สุมนา ปาธะรัตน์[2]

Sirinun Napor[1*] Sawannarat Apaipong[1] and Sumana Patarat[2]

บทคัดย่อ

กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาจัดตั้งขึ้น เพื่อให้เยาวชนรุ่นหลังได้รับรู้ถึงประวัติความเป็นมา และรู้ค่าแก่การอนุรักษ์ ทั้งในด้าน วิถีชีวิต ภูมิปัญญาท้องถิ่นตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้เปิดให้บุคคลภายนอกที่สนใจในแหล่งท่องเที่ยว วิถีชีวิต และภูมิปัญญาท้องถิ่นของคนในชุมชน ได้เข้าเรียนรู้ถึงวิถีชีวิตและภูมิปัญญามากขึ้น ซึ่งในขณะนี้ทางกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาได้มีรูปแบบการประชาสัมพันธ์ในลักษณะของเว็บไซต์อยู่แล้ว แต่เว็บไซต์ดังกล่าวเป็นเว็บไซต์ที่ตอบสนองทางเดียว ไม่มีการติดต่อกับฐานข้อมูล และไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ นอกจากนี้ทางกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสายังเป็นที่รู้จักไม่มากนัก ซึ่งนักท่องเที่ยวส่วนใหญ่จะรู้จักกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาผ่านทางการบอกต่อแบบปากต่อปาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์แบบออนไลน์ในรูปแบบของเว็บไซต์ เพื่อจัดเก็บข้อมูล ประชาสัมพันธ์ และเผยแพร่กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา เมื่อพัฒนาเว็บไซต์เรียบร้อยแล้วได้มีการนำเว็บไซต์ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องภายในกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เขาพญาบังสาทดลองใช้งาน ผลของความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมาก หลังจากนั้นทำการจัดอันดับ (Rank) ของเว็บไซต์ด้วยเทคนิคด้วยเทคนิค Search Engine Optimization (SEO) ซึ่งเป็นเทคนิคในการปรับแต่งเว็บไซต์เพื่อให้เว็บไซต์อยู่ในอันดับต้นๆ ของการแสดงผลจากเสิร์ชเอนจิน โดยกำหนดคำค้น (Keyword) ที่ใช้ในการค้นหาบนเสิร์ชเอนจิน ผลที่ได้จากการทำ SEO ของเว็บไซต์ ทำให้การแสดงผลเว็บไซต์จากเสิร์ชเอนจินอยู่ในอันดับที่สูงขึ้น เป็นผลให้กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาเป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ : การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์, จังหวัดสตูล, สื่อประชาสัมพันธ์, เว็บไซต์, เอสอีโอ

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 179 ม.3 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[1] Department of Engineering Technology Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya,Trang Campus, Maifad, Sikao, Trang, 92150, Thailand

[2]คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 19 ถนนอู่ทอง ตำบลท่าวาสุกรี เทศบาลนครพระนครศรีอยุธยา 13000

[2]Faculty of Business Administration and Information Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi., Thawasikree, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : นางสาวศิรินันทร์ นาพอ, kik-si@hotmail.com

ABSTRACT

Kao Paya Bung Sa ecoturism group established for the younger generation to know the history. The conservation of both the way of life, local wisdom as well as the conservation of the environment. Nowadays, it is open to outsiders who are interested in tourist attractions, local lifestyle and local wisdom. Learn more about life and wisdom. At this time, the Kao Paya Bung Sa ecoturism group has public relations our group with the website. But the website is a one-way response site (Static web) . No contact with database and can't be stored. In addition Kao Paya Bung Sa ecoturism group is not very known. Most tourists will know the Kao Paya Bung Sa ecoturism group through tell people-to-people. So researchers have developed online media in the form of websites. To store data public relations and publish the Kao Paya Bung Sa ecoturism group. When the website has been developed, the website has been test by the concerned ecotourists. The satisfaction on the site was at the high level. Then rank the website with techniques by Search Engine Optimization (SEO) is the process of affecting the online visibility of a website or a web page in a web search engine's results. In general, the earlier (or higher ranked on the search results page), and more frequently a website appears in the search results list, the more visitors it will receive from the search engine's users; these visitors can then be converted into customers. The result of the SEO of the website, the search engine results in the search engine rank higher. As a result, the Kao Paya Bung Sa ecoturism group is becoming more known.

Keyword : Ecotourism, Satun Province, Media Relations, Website, SEO

บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ เนื่องจากอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวก่อให้เกิดรายได้ให้กับประเทศชาติเป็นจำนวนมหาศาล ในระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมาการท่องเที่ยวช่วยชูภาพลักษณ์ประเทศไทยให้เป็นดินแดนแห่งความรื่นรมย์ (Happiness on Earth) เนื่องจากประเทศไทยมีทรัพยากรการท่องเที่ยวที่หลากหลาย มีเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมความเป็นไทย และด้วยเหตุนี้ทำให้ปัจจุบันการท่องเที่ยวที่เน้นความเป็นธรรมชาติ ได้เห็นถึงวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของชาวบ้าน เช่น การท่องเที่ยวเชิงนิเวศหรือเชิงอนุรักษ์ (ส่วนนันทนาการและสื่อความหมาย, 2559) การท่องเที่ยวเชิงบาเพ็ญประโยชน์ เป็นต้น จึงเป็นการท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมทั้งชาวไทยเองและชาวต่างชาติ

ชุมชนตำบลควนโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสตูล เป็นตำบลหนึ่งที่มีการรวมตัวกันเพื่อดำเนินกิจกรรมการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ โดยชุมชนได้มีการจัดตั้งกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาขึ้น ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เยาวชนรุ่นหลังได้รับรู้ถึงประวัติความเป็นมา และรู้ค่าแก่การอนุรักษ์ ทั้งในด้าน วิถีชีวิต ภูมิปัญญาท้องถิ่นตลอดจนการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม รวมถึงหาแนวทางปรับปรุง อนุรักษ์ และสืบค้น แหล่งท่องเที่ยวใหม่ๆ บริเวณเขาพญาบังสา โดยให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วม จนในปัจจุบัน ทางกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา ได้เปิดให้บุคคลภายนอกที่สนใจในแหล่งท่องเที่ยว วิถีชีวิต และภูมิปัญญาท้องถิ่นของคนในชุมชน ได้เข้าเรียนรู้ถึงวิถีชีวิตและภูมิปัญญามากขึ้น ทำให้ในปีหนึ่งๆ มีผู้ที่สนใจเข้าเยี่ยมชมกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์นับพันคน ซึ่งในปี พ.ศ. 2557 มีผู้เข้าเยี่ยมชมกลุ่มท่องเที่ยวเขาพญาบังสาถึง 1,562 คน ซึ่งสร้าง

รายได้ให้กับคนในชุมชนได้จำนวนมาก แต่มาในปี พ.ศ. 2558 ที่ผ่านมา มีผู้เข้าเยี่ยมชมกลุ่มแค่ 1,118 คน เท่านั้น (เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล, 2559) ทั้งนี้อาจเกิดจากสภาพเศรษฐกิจที่ถดถอย และยังขาดการประชาสัมพันธ์ที่ดีตรงกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญของสื่อประชาสัมพันธ์แบบออนไลน์ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าสื่อประชาสัมพันธ์แบบออนไลน์ สามารถเข้าถึงนักท่องเที่ยวได้มากที่สุด และสะดวกที่สุด (กนกพล, 2556) ผู้วิจัยจึงการนำเว็บไซต์เข้ามาช่วยประชาสัมพันธ์กลุ่มท่องเที่ยวเขาพญาบังสาให้เป็นที่รู้จักมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นผู้จัดทำได้มีแนวความคิดในการใช้สื่อประชาสัมพันธ์แบบออนไลน์ในรูปแบบของเว็บไซต์ ในการประชาสัมพันธ์ และเผยแพร่กลุ่มท่องเที่ยวเขาพญาบังสา โดยการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ทั้งสถานที่ท่องเที่ยว ลักษณะวิถีชีวิตภูมิปัญญา รวมไปถึงกิจกรรมที่น่าสนใจภายในชุมชน แล้วทำการจัดอันดับของเว็บไซต์ให้อยู่ในอันดับต้นๆ ของเสิร์ชเอนจิน เพื่อให้นักท่องเที่ยวที่สนใจสมามารถเข้าถึงข้อมูลกลุ่มท่องเที่ยวเขาพญาบังสาได้ง่ายขึ้น

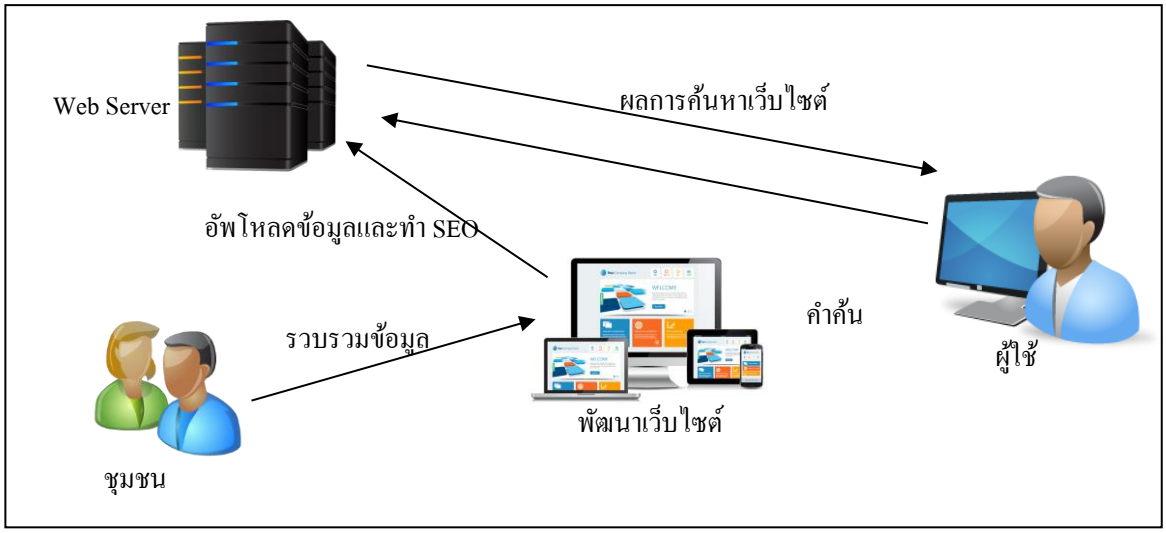
วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1. เพื่อพัฒนาเว็บไซต์ของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล

1.2. เพื่อประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ให้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย

กรอบแนวคิดการวิจัย

ภาพรวมของระบบจะเป็นการนำข้อมูลต่างๆ ของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสาโดยการเก็บข้อมูลจริงจากคนในชุมชน แล้วนำมาสร้างเว็บไซต์ประชาสัมพันธ์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาเก็บลงในฐานข้อมูล เมื่อผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลก็สามารถดูได้ผ่านทางเว็บไซต์ของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา ได้แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาเว็บไซต์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ด้วยกระบวนการพัฒนาทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลข้อมูลของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล โดยการลงพื้นที่พูดคุยกับประธานกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา ผู้ที่ดูแลเว็บไซต์เก่า ผู้นำชุมชน และบุคคลที่เกี่ยวข้อง โดยเป็น

- ข้อมูลความรู้/ภูมิปัญญาพื้นบ้านที่เกิดขึ้นจากภายในกลุ่ม
- ข้อมูลร้านอาหารและโรงแรม ที่พัก บริเวณใกล้เคียง
- ข้อมูลกิจกรรมการท่องเที่ยว
- ข้อมูลสถานที่ใกล้เคียง

ซึ่งข้อมูลต่างๆเหล่านี้มีทั้งข้อมูลทั่วไป รูปภาพ และ ภาพเคลื่อนไหว เพื่อเป็นแนวทางในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลในรายละเอียด

1.2. ขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ

- ออกแบบโครงสร้างการทำงานของเว็บไซต์
- ออกแบบฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูล รวมไปถึงหา และสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล
- ออกแบบหน้าจอของเว็บไซต์ เรามักเรียกกันว่า User Interface (UI) เพื่อให้สามารถพัฒนาระบบตามแบบที่ออกแบบไว้ข้างต้น

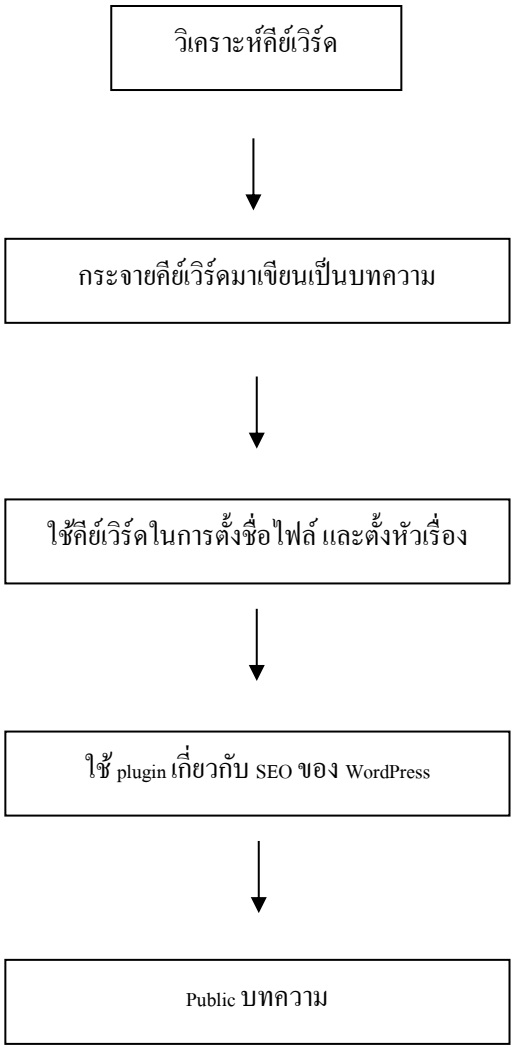
1.3. การพัฒนาเว็บไซต์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมเวิร์ดเพรส (Word Press) และได้สร้างฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ด้วยโปรแกรมมายเอสคิวแอล (MySQL) ตามโครงสร้างการทำงานที่ได้ออกแบบไว้ข้างต้น และทำการทดสอบความถูกต้องของการทำงานและเนื้อหา โดยเว็บไซต์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนของผู้ใช้ทั่วไป ซึ่งผู้ใช้ทั่วไปจะสามารถเข้ามาดูข้อมูลต่างๆ ภายในเว็บไซต์ได้ และส่วนของผู้ดูแลระบบจะมีหน้าที่จัดการข้อมูลต่างๆ ภายในเว็บไซต์

1.4 เผยแพร่แอพพลิเคชั่น โดยการอัพโหลดเว็บไซต์ขึ้น server และทำการโปรโมทเว็บไซต์ด้วยกระบวนการ Search Engine Optimization (SEO) ซึ่งเป็นการปรับแต่งเว็บไซต์ และปรับปรุงเนื้อหาและเพิ่มลิงค์ที่มีประสิทธิภาพมายังเว็บไซต์ เพื่อให้เว็บไซต์ ติดอยู่ในอันดับต้นๆ ของ Google เมื่อค้นหาคีย์เวิร์ดที่ต้องการผ่าน Google ดังนั้น จึงเน้นการทำ SEO บน เว็บไซต์ Google เป็นหลัก ซึ่งการทำ SEO แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.4.1 On-Page SEO เป็นสิ่งแรกที่จะช่วยให้มีโอกาสเจอได้มากขึ้นในการค้นหา ซึ่งการทำ SEO แบบ on-page จะประกอบด้วยกันหลายเครื่องมือที่จะเอามาใช้ร่วมกัน ไม่ว่าจะเป็น Google Keyword Planner (เครื่องมือหาคีย์เวิด), WordPress (เครื่องมือจัดการเว็บไซต์) และ Plugin สำหรับการทำ SEO

1.4.2 Off-Page SEO คือการอาศัยปัจจัยภายนอกมาทำให้อันดับของเว็บเราดีขึ้น โดยการเพิ่ม link จากเว็บอื่นๆ เช่น การลงข่าวสาร สินค้า บริการ ในเว็บไซต์ PR ต่างๆ ที่มีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ ให้ link กลับมาเว็บไซต์เรา โดยการทา SEO เพื่อให้ดูเป็นธรรมชาติ และป้องกันการโดนปฏิเสธจาก Google จึงควรทำอย่างต่อเนื่อง ไม่ควรทำครั้งละมากๆ (นันท์นภัส และคณะ, 2556)

ซึ่งในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะใช้การทำ SEO แบบ on-page เป็นหลัก โดย SEO แบบ on-page จะมีขั้นตอนหลักๆ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำ SEO แบบ on-page

1.4. สำรวจความพึงพอใจของนักท่องเที่ยว โดยการแจกแบบสอบถามให้กับนักท่องเที่ยวที่ติดต่อกับทางกลุ่มผ่านทางเว็บไซต์

- การหาคุณภาพของเว็บไซต์ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเว็บไซต์ จำนวน 3 คน
- ประเมินความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อเว็บไซต์ โดยการแจกแบบสอบถามนักท่องเที่ยวที่ติดต่อกับทางกลุ่มผ่านทางเว็บไซต์ จำนวน 30 คน

1.5. วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการวิจัย โดยการประเมินผลความพึงพอใจจากผู้ใช้

โดยวิเคราะห์ผลจากแบบประเมินคุณภาพของเว็บไซต์และแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

กำหนดค่าคะแนน

5 หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด

4 หมายถึง ความพึงพอใจมาก

3 หมายถึง ความพึงพอใจปานกลาง

2 หมายถึง ความพึงพอใจน้อย

1 หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1.1. การทดสอบการทำงานของเว็บไซต์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล

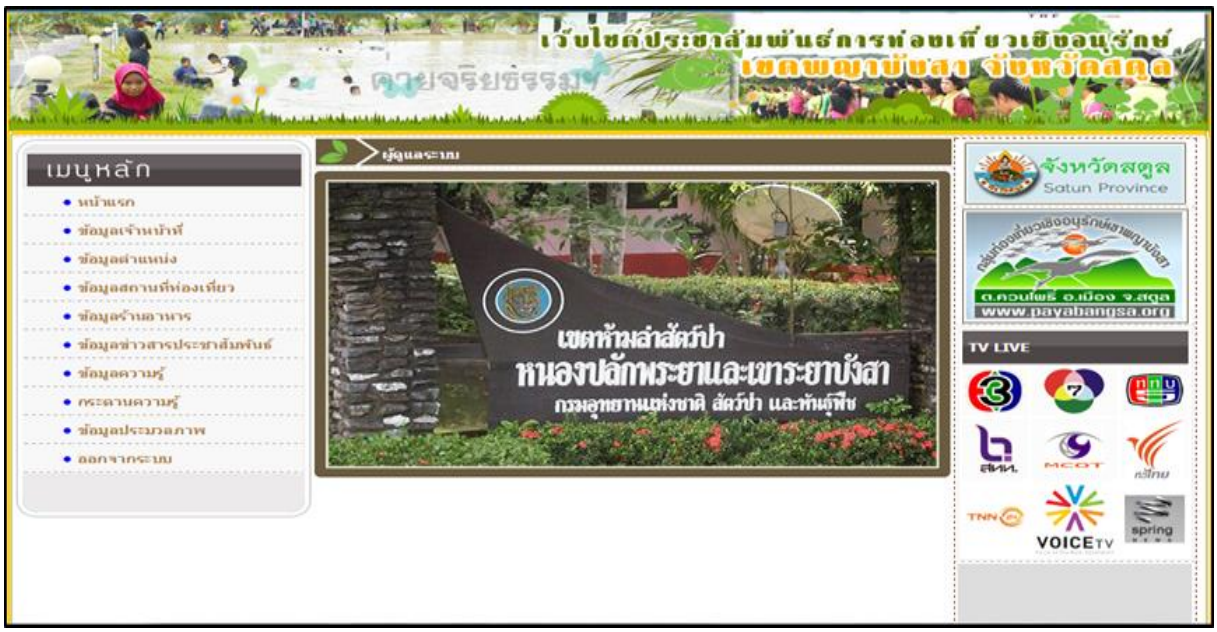
เว็บไซต์กลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ได้มีการนำเสนอข้อมูลหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ และวีดิโอ เป็นต้น มีดังต่อไปนี้

1.1.1. หน้าหลัก ประกอบด้วยข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา ที่ตั้งของกลุ่มที่แสดงในลักษณะของแผนที่ และเมนูต่างๆ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงหน้าหลักของเว็บไซต์

1.1.2. หน้าของผู้ดูแลระบบ เป็นหน้าที่ผู้ดูแลระบบจะใช้ในการเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเว็บไซต์ ซึ่งแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอเมนูของผู้ดูแลระบบ

1.2. การประเมินผลของเว็บไซต์

หลังจากทำการพัฒนาเว็บไซต์และติดตั้งให้ผู้ใช้ใช้งาน ผู้วิจัยได้วัดผล 2 ส่วนด้วยกันคือ ประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาเว็บไซต์จำนวน 3 คน และประเมินความพึงพอใจของนักท่องเที่ยวที่มีต่อเว็บไซต์ จำนวน 30 คน ผลการประเมินที่ได้แสดงดังตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ จากผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	การแปลผล
1. การออกแบบตัวเว็บไซต์ (ข้อความ สี เสียง รูปภาพ)	4.3	0.00	มาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.3	0.58	มาก
3. ความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา	3.7	0.58	มาก
4. ความสะดวกต่อการนำไปใช้	4.3	0.58	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.17	0.43	มาก

ผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านพบว่าคุณภาพของเว็บไซต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก โดยที่การออกแบบตัวเว็บไซต์ ความถูกต้องของเนื้อหา และความสะดวกต่อการนำไปใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.3 อยู่ในระดับมาก และรองลงมาคือ ความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา มีค่าเฉลี่ย 3.7 อยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	การแปลผล
1. ความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล	4.02	0.77	มาก
2. ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล	3.96	0.67	มาก
3. ความเป็นมิตรกับผู้ใช้	3.02	0.62	ปานกลาง
4. การนำไปใช้ประโยชน์	3.58	0.54	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.65	0.65	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเว็บไซต์ ของกลุ่มผู้ใช้ พบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก กล่าวคือ ความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 4.02 อยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 3.96 อยู่ในระดับมาก ถัดมา คือ ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล มีค่าเฉลี่ย 3.58 อยู่ในระดับมาก และอันดับที่มีค่าพึงพอใจน้อยที่สุดคือ ความเป็นมิตรกับผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ย 3.02 อยู่ในระดับปานกลาง

1.3. มีการนำข้อมูลทั้งหมดไปประชาสัมพันธ์ผ่านเว็บไซต์ เว็บไซต์ที่ทางทีมวิจัยพัฒนาขึ้นได้ ติดอันดับในหน้าแรกของกูเกิล ผลลัพธ์หน้าเว็บติดอันดับที่ Search Engine ของกูเกิลมีดังนี้

1.3.1. คำว่า ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์จังหวัดสตูล มีผลการค้นหาอยู่ในอันดับที่ 5 ของ Search Engine กูเกิล จากเว็บไซต์ที่กูเกิลค้นเจอประมาณ 189,000 รายการ

1.3.2. คำว่า ท่องเที่ยวเชิงเกษตรจังหวัดสตูล มีผลการค้นหาอยู่ในอันดับที่ 10 ของ Search Engine กูเกิล จากเว็บไซต์ที่กูเกิลค้นเจอประมาณ 241,000 รายการ

1.3.3. คำว่า ควนโพธิ์ มีผลการค้นหาอยู่ในอันดับที่ 10 ของ Search Engine กูเกิล จากเว็บไซต์ที่กูเกิลค้นเจอประมาณ 416,000 รายการ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บไซต์ถือเป็นการประชาสัมพันธ์แบบออนไลน์รูปแบบหน่ง และเป็นช่องทางในการสื่อสารไปยังกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากนักท่องเที่ยวนิยมใช้สื่อออนไลน์ในการเข้าถึงแหล่งท่องเที่ยว ที่พัก และ สถานที่อื่นที่เกี่ยวข้องกับแหล่งท่องเที่ยว ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาเว็บไซต์ของกลุ่มท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์เขาพญาบังสา จังหวัดสตูล ขึ้น โดยที่ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อเว็บไซต์นี้อยู่ในระดับมาก

การตลาดด้วยวิธีการทำอันดับของกูเกิล เพื่อทำให้เข้าถึงได้ง่ายจากการค้นหา การทำการตลาดออนไลน์ ทำให้ผลการค้นหาจากคำหลักที่แสดงหน้าเว็บเพจของหน่วยงานด้านการท่องเที่ยวอยู่ในอันดับสูงโดยมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มจำนวนการเข้าเยี่ยมชมเว็บไซต์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล. ชุมชนบ้านควนโพธิ์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.cbt-satun.org/knowledge_list.php?id=5** (22 พฤษภาคม 2559)

กนกพล ชัยรัตนศักดา. 2556. **ประสิทธิภาพของสื่อประชาสัมพันธ์ด้านการท่องเที่ยวในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาการประชาสัมพันธ์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ส่วนนันทนาการและสื่อความหมาย สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. **การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์หรือเชิงนิเวศ (Ecotourism).** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.dnp.go.th/parkreserve/Np/Html/Tour/About_Eco.html** (22 พฤษภาคม 2559)

นันท์นภัส และคณะ. 2556. การพัฒนาและประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลและเว็บไซต์การท่องเที่ยวเชิงบำเพ็ญประโยชน์ของภาคเหนือตอนบน. **วารสารวิชาการ FEU Academic Review**. 7(1) : 59-66

สุธี จันทร์แต่งผล. 2551. **Search Engine Optimization (SEO) ปรับเว็บให้แรง แต่งให้ติดอันดับ.** โปรวิชั่น . กรุงเทพฯ

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นประชาสัมพันธ์และรับสมัครโควตาวิทยาลัยรัตภูมิ ผ่านสมาร์ทโฟน

The Development Application Public Relations and Admissions Quota via Smartphone

วันประชา นวนสร้อย[1*] สุภาวดี มากอ้น[1] และ พิเชฐ สุวรรณโณ[1]

Wanpracha Nuansoi[1*] , Suppawadee Mak-on [1] and Pichet Suwanno [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการประชาสัมพันธ์และเพิ่มช่องทางในการสมัครเข้ามาเป็นนักศึกษาใหม่ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ โดยใช้โปรแกรม Android Studio ผลที่ได้จากการพัฒนาแอปพลิเคชั่นมีความสามารถดังนี้คือ ในส่วนของการประชาสัมพันธ์วิทยาลัยในรูปแบบข้อความ รูปภาพ และวิดีโอ และส่วนระบบรับสมัครนักศึกษาใหม่ มีฟังก์ชั่นการใช้งานคือ การสมัครเรียน การตรวจสอบสถานะ และการแก้ไขข้อมูลของผู้สมัคร จากผลการประเมินการใช้แอปพลิเคชั่นเป็นดังนี้ ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.62 อยู่ในระดับดีมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น .48 และผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานแอปพลิเคชั่น มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.49 อยู่ในระดับดีมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น .50

คำสำคัญ : แอปพลิเคชั่น, แอนดรอยสตูดิโอ, การออกแบบแมททีเรล

---

[1] วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบล ท่าชะมวง อำเภอ รัตภูมิ จังหวัด 90180

[1] Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thachamuang, Rattaphum, Songkhla, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : wanpracha.n@rmutsv.ac.

ABSTRACT

This research aimed to develop the application on android operating system for public relations and to provide another way for new students to apply for RMUTSV Rattaphum College. Android Studio program was used to design the User interface and developed application. The result from application development could reveal in many aspects. For the college public relations, it could present in the patterns of text, picture and video. For the system of new students' application, there were many functions such as study applying, checking status and modifying data. The results of application evaluation showed that the mean score of the satisfaction on the presentation was 4.62, very good level. The standard deviation was .48. The mean score of satisfaction on using application was 4.49, very good level. The standard deviation was .50.

Keywords: Application, Android, Material Design

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันการใช้โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่เข้ามามีบทบาททั้งใช้ในการทำงานและใช้งานแอปพลิเคชั่นทั่วไปแม้แต่มหาวิทยาลัยก็จำเป็นที่จะต้องมีแอปพลิเคชั่นที่ช่วยในการประชาสัมพันธ์ และแนะนำมหาวิทยาลัยเพื่อให้ผู้ใช้สมาร์ทโฟนสามารถทราบกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยได้จัดขึ้นรวมถึงการสมัครเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยผ่านแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนส่งผลให้มหาวิทยาลัยมีความโดดเด่นและเป็นที่รู้จักมากขึ้น ซึ่งปัญหาของวิทยาลัยรัตภูมิคือด้านการประชาสัมพันธ์ที่ไม่เป็นที่รู้จักเพราะเป็นสถานศึกษาใหม่ และประกอบกับช่องทางการรับสมัครมีจำกัด ทำให้นักศึกษาใหม่มีจำนวนไม่มาก หากมีช่องทางในการประชาสัมพันธ์ผ่านแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟน ซึ่งเป็นที่นิยมของคนรุ่นใหม่ ที่สามารถดาวน์โหลดแอปพลิเคชั่นของ วิทยาลัยรัตภูมิ ผ่าน play store ได้ จะทำให้การประชาสัมพันธ์และการรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นจึงได้พัฒนาแอปพลิเคชั่นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จะช่วยอำนวยความสะดวกและช่วยในการประชาสัมพันธ์ถึงกิจกรรมต่าง ๆนอกจากนี้นักเรียนหรือนักศึกษาใหม่ ที่ต้องการสมัครเข้าเรียนภายในมหาวิทยาลัย ก็จะสามารถสมัครผ่านแอปพลิเคชั่นได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีและหลักการ

แอนดรอยด์ (Android)

จากโครงสร้างของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จะ มีการแบ่งออกมาเป็นส่วน ๆ โดยส่วนบนสุดจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานทำการติดต่อโดยตรงซึ่งก็คือ ส่วนของแอปพลิเคชัน จากนั้นก็จะลำดับลงมาเป็นองค์ประกอบอื่น ๆ ตามลำดับ และสุดท้ายจะเป็นส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์โดยผ่านทาง ลีนุกซ์เคอเนล (Linux Kernel) โครงสร้างของแอนดรอยด์ สามารถอธิบายได้ ดังนี้ (เบญจภัค จงหมื่นไวย์, 2558)

แอปพลิเคชัน (Applications) ส่วนแอปพลิเคชัน หรือส่วนของโปรแกรม โดยผู้ใช้งานสามารถเรียกใช้โปรแกรมได้โดยตรง ซึ่งการทำงานของแต่ละโปรแกรมจะเป็นไปตามที่ผู้พัฒนาโปรแกรมได้ออกแบบและเขียนโค้ดโปรแกรมเอาไว้

เฟรมเวิร์กของแอปพลิเคชัน (Application Framework) เป็นส่วนที่มีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมได้ โดยไม่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนที่มีความยุ่งยาก เพียงแค่ทำการศึกษาถึงวิธีการเรียกใช้งาน เฟรมเวิร์กของแอปพลิเคชัน (Application Framework) ในส่วนที่ต้องการใช้งาน แล้วนำมาใช้งาน

ไลบรารี (Libraries) เป็นส่วนของชุดคำสั่งที่พัฒนาด้วย C หรือ C++ โดยแบ่งชุดคำสั่งออกเป็นกลุ่ม ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น Surface Manage จัดการเกี่ยวกับการแสดงผล Media Framework จัดการเกี่ยวกับการการแสดงภาพและเสียง Open GL | ES และ SGL จัดการเกี่ยวกับภาพ 3 มิติ และ 2 มิติ SQLlite จัดการเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล เป็นต้น

แอนดรอยด์รันไทม์ (Android Runtime) จะมี Darvik Virtual Machine ที่ถูกออกแบบมา เพื่อให้ทำงานบนอุปกรณ์ที่มีหน่วยความจำ (Memmory) หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และพลังงาน (Battery) ที่จำกัด ซึ่งการทำงานของ Darvik Virtual Machine จะทำการแปลงไฟล์ที่ต้องการทำงานไปเป็นไฟล์ .DEX ก่อนการทำงาน เหตุผลก็เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเมื่อใช้งานกับ หน่วยประมวลผลกลางที่มีความเร็วไม่มาก ส่วนต่อมาคือ Core Libraries ที่เป็นส่วนรวบรวมคำสั่งและชุดคำสั่งสำคัญ โดยถูกเขียนด้วยภาษาจาวา (Java Language)

2. การออกแบบโดยใช้ Material Design

Material Design ไม่ใช่เป็นแค่ธีม (Theme) แต่ลงลึกไปถึงการวางโครงสร้างของวัตถุพื้นฐานของ Material Design จึงเป็นเหมือนกระดาษขาว ที่วัตถุหรือข้อความสามารถมาวางไว้บนนั้นได้ (มนัสวิน แสนคำ, 2558)

หลักการออกแบบ (Design Principle) ของ Material Design

- ใช้หลักการเลียนแบบ "วัสดุ" (Material) เน้นการใช้พื้นผิว (Surface) และขอบ (Edge) ใช้แสงเงา
- ภาพเคลื่อนไหวเหมือนกับแสงเงา-การเคลื่อนไหวของวัตถุเชิงกายภาพ
- เป็นการออกแบบที่ "ตั้งใจนำเสนอ" (Intentional) ใช้วิธีการนำเสนอแบบเดียวกับสิ่งพิมพ์กระดาษ เช่น ฟอนต์ ที่ว่าง สีสัน ภาพประกอบ
- แสดงการเคลื่อนไหว (Motion) เพื่อบอกความหมาย (Meaning) ของการกระทำ

3. โปรแกรม Android Studio

เป็นเครื่องมือไว้สำหรับพัฒนาโปรแกรม Android **(**Muhammad,2017**)** โดยเฉพาะโดยวัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE ที่สามารถพัฒนา App บน Android ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบ **GUI** ที่ช่วยให้สามารถ **Preview** ตัว App มุมมองที่แตกต่างกันบน Smart Phone แต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการรัน App บน Emulator รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของ Emulator ที่ยังเจอปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โปรแกรมท่องเที่ยวในมือถือ (ณัฐพล และคณะ**,** 2558) เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Androids โดยเป็นแอปพลิเคชันที่ช่วยนักเดินทางหรือนักท่องเที่ยว เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทางภายในจังหวัดขอนแก่น โดยที่ผู้ใช้สามารถจะค้นหางานเทศกาลต่าง ๆ ภายในจังหวัดขอนแก่น หรือสามารถอัพเดทเทศกาลได้ด้วยตัวเอง เมื่อผู้ใช้เลือกสถานที่ ที่ต้องการไปจะสามารถรับรู้เส้นทางการเดินทางไปยังสถานที่นั้นผ่านทางแผนที่ ที่จะแสดงภายในแอปพลิเคชัน โครงการนี้สามารถนำมาใช้ในการศึกษาการทำงานของระบบแผนที่ในการระบุตำแหน่งบนมือถือได้เป็นอย่างดี โปรแกรมช่วยผู้ปกครองติดตามตำแหน่งของบุตรหลาน (พงศกร และคณะ**,** 2558) เป็นโปรแกรมที่ประยุกต์การใช้งานระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทสมาร์ทโฟน โปรแกรมประยุกต์ผ่านเว็บไซต์ และเครื่องมือรับสัญญาณจีพีเอส ในการสร้างโปรแกรมที่ช่วยผู้ปกครอง ในการติดตามดูแลบุตรหลาน ส่วนของโปรแกรมประยุกต์บน

โทรศัพท์เคลื่อนที่ ผู้ใช้สามารถกำหนดสถานที่และเวลาที่จะติดตาม และโปรแกรมมีการแจ้งเตือนผู้ปกครอง หากอุปกรณ์ของบุตรหลานออกจากพื้นที่และเวลาที่กำหนด ในส่วนของโปรแกรมประยุกต์ผ่านเว็บไซต์เป็นอีกทางเลือก ซึ่งให้ผู้ใช้สามารถเพิ่มหรือลบอุปกรณ์ที่จะติดตาม, ติดตามตำแหน่งของอุปกรณ์โดยผ่านทางแผนที่ของกูเกิล (Google) และสามารถดูประวัติย้อนหลังของอุปกรณ์ที่ติดตาม ซึ่งช่วยในการติดตามและดูแลพฤติกรรมของบุตรหลานในต่อไป ในงานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำระบบการระบุตำแหน่งบนแผนที่ได้ดีกว่าวิจัยชิ้นแรกในส่วนของการระบุตำแหน่งของผู้ใช้พร้อมทั้งบอกระยะทาง และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง สามารถนำมาศึกษาและประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดี ระบบจองห้องเรียนรู้กลุ่มย่อยผ่านมือถือ (น้ำฝน และคณะ, 2558) เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเป็นการพัฒนาต่อยอดจากโปรแกรมการจองห้องการเรียนรู้กลุ่มย่อยที่มีอยู่เดิมที่ให้บริการจองห้องผ่านเว็บไซต์ ส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ออกแบบเดิมเป็นการแสดงตารางขนาดใหญ่ ซึ่งยากต่อการดูบนโทรศัพท์มือถือ และไม่สะดวกต่อผู้ใช้ในการบันทึกข้อมูล โปรแกรมที่พัฒนาจะช่วยอำนวยความสะดวกต่อกลุ่มผู้ใช้มากขึ้นในการจองห้อง ยกเลิกหรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขการจองรวมไปถึงการปรับเปลี่ยนข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้ โครงการชิ้นนี้สามารถนำมาศึกษาการพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสมัครเรียนได้เป็นอย่างดี

5. การออกแบบ User Interface

การออกแบบ User Interface เป็นการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายและมีความทันสมัยและได้ใช้รูปแบบที่สอดคล้องกับสีประจำกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ ประกอบด้วย หน้าแรกของแอปพลิเคชั่น หน้าข้อมูลทั่วไปของแอปพลิเคชั่น หน้าข้อมูลในการสมัครเรียน หน้าข่าวสารและกิจกรรมของมหาวิทยาลัย และหน้าแผนที่ของมหาวิทยาลัย



ภาพที่ 1 แสดงการออกแบบ

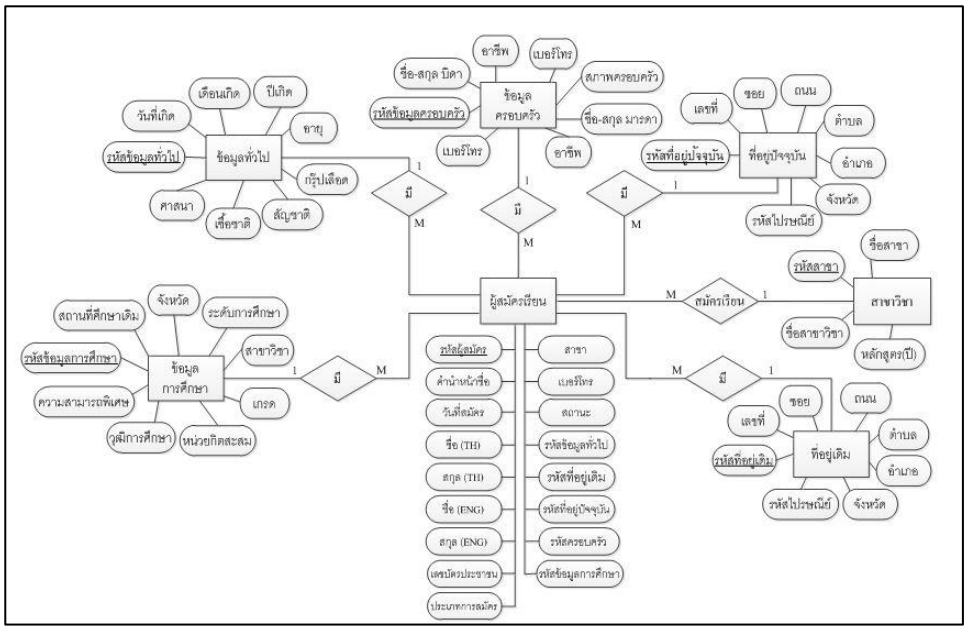
การออกแบบฐานข้อมูล

E-R Diagram หรือ Entity Relationship Diagram (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2558) คือแผนผังแสดงความสัมพันธ์ระว่าง Entity หรือกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะแสดงชนิดของความสัมพันธ์ว่าเป็นชนิดหนึ่งต่อหนึ่ง (One to One), หนึ่งต่อหลายสิ่ง (One to Many), หรือหลายสิ่งต่อหลายสิ่ง (Many to Many)

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

- ผู้สมัครเรียนหลายคนมีข้อมูลทั่วไปได้ 1 ข้อมูล
- ผู้สมัครเรียนหลายคนเลือกโควต้าได้ 1 โควต้า
- ผู้สมัครเรียนหลายคนมีที่อยู่ปัจจุบันได้ 1 ที่
- ผู้สมัครเรียนหลายคนมีที่อยู่เดิมได้ 1 ที่
- ผู้สมัครเรียนหลายคนสมัครเรียนได้ 1 สาขาวิชา
- ผู้สมัครเรียนหลายคนมีข้อมูลครอบครัว 1 ข้อมูล
- ผู้สมัครเรียนหลายคนมีข้อมูลการศึกษา 1 ข้อมูล

จากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสามารถออกแบบฐานข้อมูลโดยใช้ ER- Diagram ได้ดังนี้



รูปที่ 2 แสดง ER-Diagram

การออกแบบขั้นตอนส่วนการสมัครเรียน

1) ระบบรับสมัครนักศึกษา เมื่อเริ่มใช้งานระบบในส่วนนี้ ผู้สมัครจะต้องป้อนข้อมูลของผู้สมัครตามแบบฟอร์มในการลงทะเบียน เมื่อผู้สมัครป้อนข้อมูลเสร็จสิ้น ระบบจะทำการตรวจสอบข้อมูลที่จะต้องกรอก หากไม่กรอกข้อมูลจะไม่สามารถบันทึกข้อมูลได้

2) ระบบตรวจสอบสถานะของผู้สมัคร

เมื่อเริ่มใช้งานระบบในส่วนนี้ ผู้สมัครจะต้องป้อนรหัสบัตรประจำตัวประชาชน เมื่อป้อนรหัสแล้วระบบจะตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้ระบบ ระบบก็จะแสดงสถานะของผู้สมัครหากใส่รหัสบัตรประชาชนไม่ถูกต้องระบบจะแสดงว่าไม่พบข้อมูลและให้กรอกข้อมูลใหม่อีกครั้ง

3) ระบบแก้ไขข้อมูลของผู้สมัคร

เมื่อเริ่มใช้งานระบบในส่วนนี้ ผู้สมัครจะต้องป้อนรหัสบัตรประจำตัวประชาชน เมื่อป้อนรหัสแล้วระบบจะตรวจสอบความถูกต้องในการเข้าใช้ระบบ หากใส่รหัสบัตรประชาชนไม่ถูกต้องระบบจะแสดงว่าไม่พบข้อมูล

ให้กรอกข้อมูลใหม่อีกครั้ง เมื่อผู้สมัครใส่รหัสถูกต้องจะสามารถเพิ่มลบและแก้ไขข้อมูลของผู้สมัครได้

การพัฒนาแอปพลิเคชั่น

ขั้นตอนแรกเริ่มพัฒนาระบบ User Interface เช่น Action bar , เมนูต่าง ๆ ให้รองรับกับขนาดของจอภาพโดยใช้การออกแบบด้วย Material Design และพัฒนาฟังก์ชั่นการทำงานให้สามารถใช้งานเมนู ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นได้พัฒนาระบบรับสมัครนักศึกษาโดยการจำลองฐานข้อมูลบนคอมพิวเตอร์และจำลองการส่งข้อมูล การแสดงผลของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Android Studio นำข้อมูลจากเว็บมาแสดงบนสมาร์ทโฟน และตรวจสอบการทำงานต่าง ๆ ของระบบหากมีข้อผิดพลาด ผู้จัดทำได้ทำการแก้ไขข้อผิดพลาดตามขั้นตอนเพื่อไม่ให้แอปพลิเคชั่นเกิดปัญหาในระหว่างการใช้งาน เมื่อตรวจสอบเสร็จแล้ว จึงได้ทดลองคอมไพล์แอปพลิเคชั่นให้อยู่ในรูปแบบนามสกุลไฟล์ .apk ซึ่งเป็นไฟล์ที่ใช้ในการติดตั้งแอปพลิเคชั่นลงบนสมาร์ทโฟน

6. การทดสอบการใช้งาน

ขั้นตอนแรกทดสอบโดยการรันแอปพลิเคชั่นบน Emulator เพื่อดูการทำงานของแอปพลิเคชั่นผ่าน API แต่ละเวอร์ชั่น และตรวจสอบ Error ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นใน Emulator จากนั้นได้ทดสอบการรันบนอุปกรณ์จริง โดยใช้สมาร์ทโฟนแอนดรอยด์เวอร์ชั่น 5.0 มีขนาดหน้าจอ 5.0 นิ้ว ความละเอียด 1280x720 Pixels เมื่อทดสอบการใช้งานแล้วผู้จัดทำได้นำแอปพลิเคชั่นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของงานและปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพในการใช้งาน

7. การประเมินการใช้งาน

การประเมินความพึงพอใจของการใช้งานแอปพลิเคชั่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ ได้กำหนดเกณฑ์วิธีการประเมินแบบรวมค่า มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และทำการทดสอบการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน 30 คน โดยมีผู้เกี่ยวข้องดังนี้

1) นักเรียนหรือนักศึกษาที่มีคุณสมบัติเป็นนักศึกษาใหม่

2) ผู้ใช้งานทั่วไป

ในการทดสอบประเมินการทดสอบการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีเกณฑ์การประเมินค่าความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจของระบบ ซึ่งแบบสอบถามเป็นมาตราส่วนประมาณค่า มี 5 ระดับ เช่นกัน

1) วิธีการทางสถิติ มีการใช้สถิติแบบพรรณนา เพื่อบรรยายลักษณะของข้อมูลได้แก่

ค่ามัชฌิมาเลขคณิต (Mean)

2) เกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพและความพึงพอใจของระบบ พิจารณาจากคะแนนเฉลี่ย ของกลุ่มทดสอบโดยต้องมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีขึ้นไป จึงยอมรับว่าระบบการเข้าใช้ มีประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการนำไปใช้งานได้จริง

ผลและวิจารณ์ผล

1. หน้าแรกของแอปพลิเคชั่น

การออกแบบหน้าแรกของแอปพลิเคชั่น เป็นการนำรูปภาพมาแสดงเมื่อเปิดใช้งาน ซึ่งเมื่อไปยังหน้าถัดไปจะเป็นหน้าหลักของแอปพลิเคชั่นคือหน้าเมนู การออกแบบหน้าเมนูเป็นการแบ่งเมนูออกเป็นส่วน ๆ เช่น การกดปุ่มเมนูข่าวสารเพื่อไปยังหน้าข่าวสาร หรือการกดปุ่มเมนู อื่น ๆ เพื่อเข้าไปในหน้าหลักของเมนูนั้น ๆ



ภาพที่ 3 หน้าแรกของแอปพลิเคชั่น

2. หน้าข่าวสารของมหาวิทยาลัย

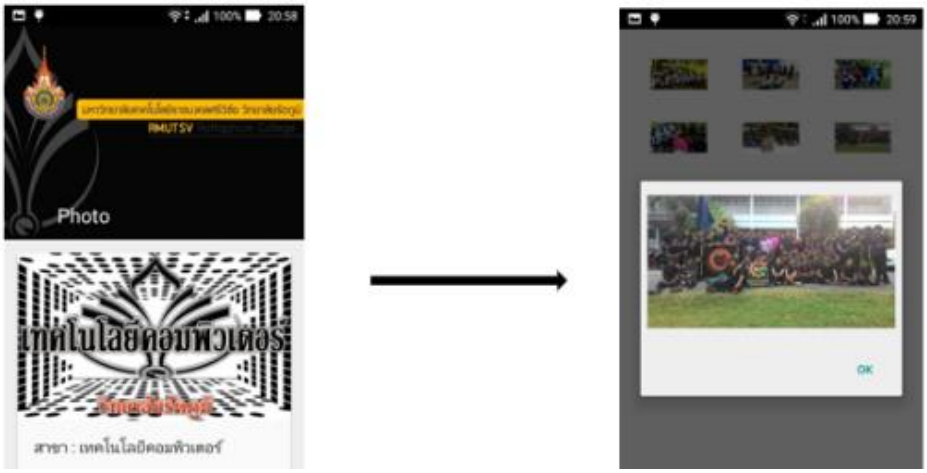
หน้าแสดงข่าวสารของมหาวิทยาลัยเป็นการนำข้อมูลที่เป็นเว็บไซต์มาแสดงบนสมาร์ทโฟน โดยเรียกดูผ่าน webView ผลลัพธ์ของหน้าจอแสดงข้อมูลเกี่ยวกับข่าวสารและกิจกรรมภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ ข้อมูลหน้ากิจกรรมเป็นข้อมูลที่ดึงมาจากเว็บเมื่อคลิกหัวข้อกิจกรรม หรือข่าวสาร จะลิงค์ไปยังเว็บของมหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4 หน้าข่าวสารของมหาวิทยาลัย

3. หน้าแสดงรูปภาพของแต่ละสาขาวิชา

ผลลัพธ์ของหน้าแสดงรูปภาพและผลงานต่าง ๆ ของแต่ละสาขาโดยแยกเป็น Gallery สาขาวิชาละ 1 gallery เมื่อคลิกที่รูปภาพจะสามารถดูภาพที่ขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพที่ 5 หน้ารูปภาพของแต่ละสาขา

4. ระบบรับสมัครนักศึกษา

ผลลัพธ์ของหน้าจอแสดงการสมัครเข้าเรียนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ โดยมีฟอร์มให้กรอกข้อมูลของนักศึกษาที่ต้องการจะศึกษาในมหาวิทยาลัย ต้องกรอกข้อมูลให้ครบตามฟอร์มที่บังคับ ไม่สามารถเว้นฟอร์มบังคับได้ เมื่อข้อมูลถูกต้องและครบถ้วนจะสามารถบันทึกลงฐานข้อมูลได้



ภาพที่ 6 หน้าข้อมูลในการสมัครเรียน

5. ผลการประเมินความพึงพอใจของการใช้งาน

การจัดทำแบบประเมินเพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชั่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ โดยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้ใช้งานทั่วไปและนักเรียนหรือนักศึกษาที่มีคุณสมบัติเป็นนักศึกษาใหม่ จำนวน 30 คน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการนำเสนอ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
1 ความถูกต้องในการจัดเรียงเนื้อหาข้อมูล	4.50	0.50	ดีมาก
2 ความถูกต้องในด้วยการใช้สื่อ หรือ รูปภาพในการแสดง	4.73	0.44	ดีมาก
3 สามารถเข้าใจในการแสดงข้อมูลของแอปพลิเคชั่น	4.66	0.47	ดีมาก
4 ความเหมาะสมในการใช้สัญลักษณ์หรือรูปภาพในการสื่อความหมาย	4.60	0.49	ดีมาก
รวม	4.62	0.48	ดีมาก

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานแอปพลิเคชั่น

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
1 ความง่ายของการใช้งานแอปพลิเคชั่น	4.60	0.49	ดีมาก
2 ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิดตัวอักษร	4.26	0.44	ดี
3 ความถูกต้องของข้อมูลในการสมัครเรียนผ่านแอปพลิเคชั่น	4.50	0.50	ดีมาก
4 ความถูกต้องการในตรวจสอบข้อมูลผ่านแอปพลิเคชั่น	4.60	0.49	ดีมาก
5 ความถูกต้องในการแก้ไขข้อมูลผ่านแอปพลิเคชั่น	4.20	0.40	ดี
6 ความรวดเร็วในการใช้งานของแอปพลิเคชั่น	4.80	0.40	ดีมาก
รวม	4.49	0.50	ดีมาก

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชั่นและเพิ่มช่องทางในการรับสมัครเข้ามาเป็นนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีการดำเนินงานประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้ 1) ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลของแอปพลิเคชั่น โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ทฤษฎีพื้นฐานของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) การออกแบบแอปพลิเคชั่น เริ่มออกแบบ User Interface และฟังก์ชั่นของแอปพลิเคชั่น และการออกแบบฐานข้อมูล 3) การพัฒนาแอปพลิเคชั่น โดยเริ่มพัฒนาฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ ของแอปพลิเคชั่นให้มีประสิทธิภาพต่อการใช้งานและให้มีความง่ายต่อผู้ใช้ รวมไปถึงการพัฒนาฐานข้อมูลให้สามารถใช้เป็นระบบรับสมัครนักศึกษาใหม่ได้ 4) ทดสอบการใช้งาน โดยเริ่มทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชั่น และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบแอปพลิเคชั่น 5) ประเมินการใช้งาน ขั้นตอนนี้จะประเมินผู้ใช้ที่เป็นนักศึกษา

ที่มีคุณสมบัติเป็นนักศึกษาใหม่ และประเมินผู้ใช้ทั่วไปเพื่อนำผลประเมินมาปรับปรุงแก้ไข 6) จัดทำเอกสารและสรุปการทดลองเพื่อนำเสนอแอปพลิเคชั่น ผลทดลองพัฒนาแอปพลิเคชั่นมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยเริ่มตั้งแต่การพัฒนาแอปพลิเคชั่นที่ใช้ในการประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัย โดยใช้การออกแบบ Material Design ทำให้แอปพลิเคชั่นมีการทำงานที่ง่ายและรวดเร็วขึ้นต่อผู้ใช้ และการพัฒนาระบบรับสมัครนักศึกษา ซึ่งในการดำเนินงานได้มีการเขียนโปรแกรมติดต่อกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ของมหาวิทยาลัยเพื่อใช้ในการรับสมัครนักศึกษา รวมไปถึงการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลของผู้สมัคร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ และขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัย นายธนพล ศรีวรรณ และนายกิตติศักดิ์ เสรีทัศนเสถียร

เอกสารอ้างอิง

ณัฐพล สุวรรณนัง และ ศุภวิชญ์ ศรีสงคราม. 2558. การพัฒนาโปรแกรมท่องเที่ยวในมือถือ. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

น้ำฝน จิตเย็น และ วราลักษณ์ ชัยโชติ. 2558. ระบบจองห้องเรียนรู้ กลุ่มย่อยผ่านมือถือ. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เบญจภัค จงหมื่นไวย์. 2558. มัลแวร์ในระบบปฏิบัติการมือถือบน iOS และ Android. วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

พงศกร นามสร และ สุกฤษฎิ์วิชญ์ ธวัชวิเชียร. 2558. โปรแกรมช่วย ผู้ปกครองติดตามตำแหน่ง ของบุตรหลาน. ภาควิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มนัสวิน แสนคำ. 2558. Material Design. แหล่งที่มา : http://www.siamhttp.com/site/article/google-material-design.html, 1 มิถุนายน 2560

โอภาศ เอี่ยมสิริวงศ์. 2558. ระบบฐานข้อมูล. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

Muhammad Nazar and Zulfadli Zulfadli.2017. Usability Testing of Chemistry Dictionary (ChemDic) Developed on Android Studio, International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICELTICs 2017), Banda Aceh, Indonesia.

ระบบควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องจำหน่ายเวลา

System control computer working including time seller machine.

ผไท เทพแก้ว[1*] และ กาญบัญชา พานิชเจริญ[1]

Pathai Thepkaew[1*] and Kanbuncha Panichcharoen[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการนำเสนอระบบควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์ โดยการควบคุมเวลาในการใช้งาน ซึ่งมีการแบ่งผู้ใช้เป็น 2 กรณี คือ ผู้ใช้บุคลากรภายในและผู้ใช้ภายนอก โดยที่ผู้ใช้บุคลากรภายในจะกำหนดให้มีเวลาในการใช้งานเป็นจำนวน 20 ชม. ต่อเดือน ถ้าเวลาใช้งานหมดต้องซื้อเวลาจากเครื่องจำหน่ายเวลาใช้งาน โดยมีอัตราการจำหน่ายเวลาใช้งาน 1 ชั่วโมงต่อจำนวนเงิน 10 บาท ส่วนของผู้ใช้บุคลากรภายนอกจะต้องซื้อจากเครื่องจำหน่ายเวลาใช้งานเท่านั้น โดยผู้ใช้ต้องใส่รหัส 2 ตัว และใส่จำนวนเงินที่ต้องการไม่เกิน 50 บาท ระบบจะแจกรหัส 5 หลัก ผู้ใช้สามารถนำรหัสมาใส่บนคอมพิวเตอร์เพื่อใช้งานได้เลยซึ่ง บทความนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นตัวหลักในการควบคุมการทำงานของระบบควบคุมการจำกัดการใช้งานคอมพิวเตอร์ การจำหน่ายเวลาการใช้งานคอมพิวเตอร์ เพื่อให้มหาวิทยาลัยสามารถควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์สาธารณะ และมีรายได้มากขึ้น ผู้จัดทำหวังว่าบทความฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับหลายๆ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และให้ความรู้แก่ผู้ศึกษาต่อไป

คำสำคัญ : ไมโครคอนโทรลเลอร์, ระบบควบคุม, รหัส

ABSTRACT

This article for present system control computer working including time seller machine by controlling time which has separate user for 2 cases: internal staffs and external staffs. In case of internal staffs will be assigned using time working for 20 hours per month. If the time is up they must buy working time which have working rate for one hour per 10 baht. For external staffs must buy time working from time seller machine only. The users will enter a code and money not more than 50 baht. System will provide the code for five figures and the user can enter a code in computer for continuous work. This Thesis has content concerning apply knowledge for using Microcontroller which is the main in controlling control system for limitation computer usage, time seller machine for computer usage which university can control public computer usage and has incremental income. The researcher hope that this thesis will be benefits for concerning department and educate for other researcher.

Keywords : Microcontroller, Control system, Password

---

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์,
96 หมู่ที่ 3 ถนนพุทธมณฑลสาย 5 ต.ศาลายา อ.พุทธมณฑล นครปฐม 73170. โทรศัพท์: 0-2441-6000 ต่อ 2680

[1] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Rattanakosin,
96 Moo 3 Thanon Phutthamonthon Sai 5 Salaya Phutthamonthon Nakhon Pathom 73170. โทรศัพท์: 0-2441-6000 ต่อ 2680

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kanbuncha.pan@rmutr.ac.th

บทนำ

คอมพิวเตอร์สาธารณะ เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการทำงานและเล่นอินเทอร์เน็ตเป็นอย่างมาก โดยในแต่ละวันจะมีปริมาณในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสืบค้นข้อมูลและทำงานเป็นจำนวนมาก โดยคอมพิวเตอร์สาธารณะส่วนมากยังเป็นระบบเก็บเงินโดยมีผู้ดูแลมาคอยสอดส่องดูแล และเวลาใช้งานผู้ใช้งานจะต้องจ่ายเงินต้องจ่ายให้กับผู้ดูแลระบบ ทำให้ต้องมีผู้ดูแลระบบตลอดเวลา ไม่สะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน และถ้าหากผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์ทำความผิดกฎหมายหรือทำความเสื่อมเสียก็ไม่สามารถหาหลักฐานมายืนยันความผิดได้ เนื่องจากไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์คนไหนกระทำความผิดและประกอบกับปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยียืนยันตัวตนจากรหัสผ่านเข้ามาช่วยในการบริหารงานมากขึ้น เพื่อความทันสมัย ลดแรงงาน ต้นทุนและยังสามารถค้นหาข้อมูลได้ง่าย ดังนั้นการนำเทคโนโลยียืนยันตัวตนจากรหัสผ่านมาช่วยในการบริหารงานจึงมีบทบาทในการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาระบบ โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เข้ามาช่วยในการบริหารการใช้งานคอมพิวเตอร์สาธารณะ โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจสอบสถานการณ์เข้าสู่ระบบและมีการเก็บเงิน จึงได้มีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทยิ่งขึ้น และยังทำให้มีความทันสมัยอีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. หลักการที่เกี่ยวข้อง

1.1 การทำงานเบื้องต้นของอุปกรณ์

Arduino Mega 2560 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้งานที่ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 โวลต์ แรงดันที่จ่ายในระบบอยู่ที่ 5 โวลต์ ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านขาสัญญาณแต่ละขา

ESP8266-01 โมดูลการสื่อสารไร้สาย ใช้งานที่ไฟเลี้ยง 3.3 โวลต์ ทำหน้าที่ในรับข้อมูล และส่งข้อมูล จากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยังเซิร์ฟเวอร์ หรือจากเซิร์ฟเวอร์มายังไมโครคอนโทรลเลอร์

เครื่องหยอดเหรียญ เป็นอุปกรณ์สำหรับรับเหรียญต่างๆ โดยจะตรวจสอบ ความหนา น้ำหนัก เนื้อเหรียญ เส้นผ่านศูนย์กลาง ของเหรียญชนิดต่างๆ

1.2 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

ภาษา Visual Basic เป็นภาษาที่พัฒนาโดย ไมโครซอฟท์ และเป็นภาษาที่สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรม ในการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ และเป็นภาษาที่สามารถเรียนรู้ได้ง่านและรวดเร็ว เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

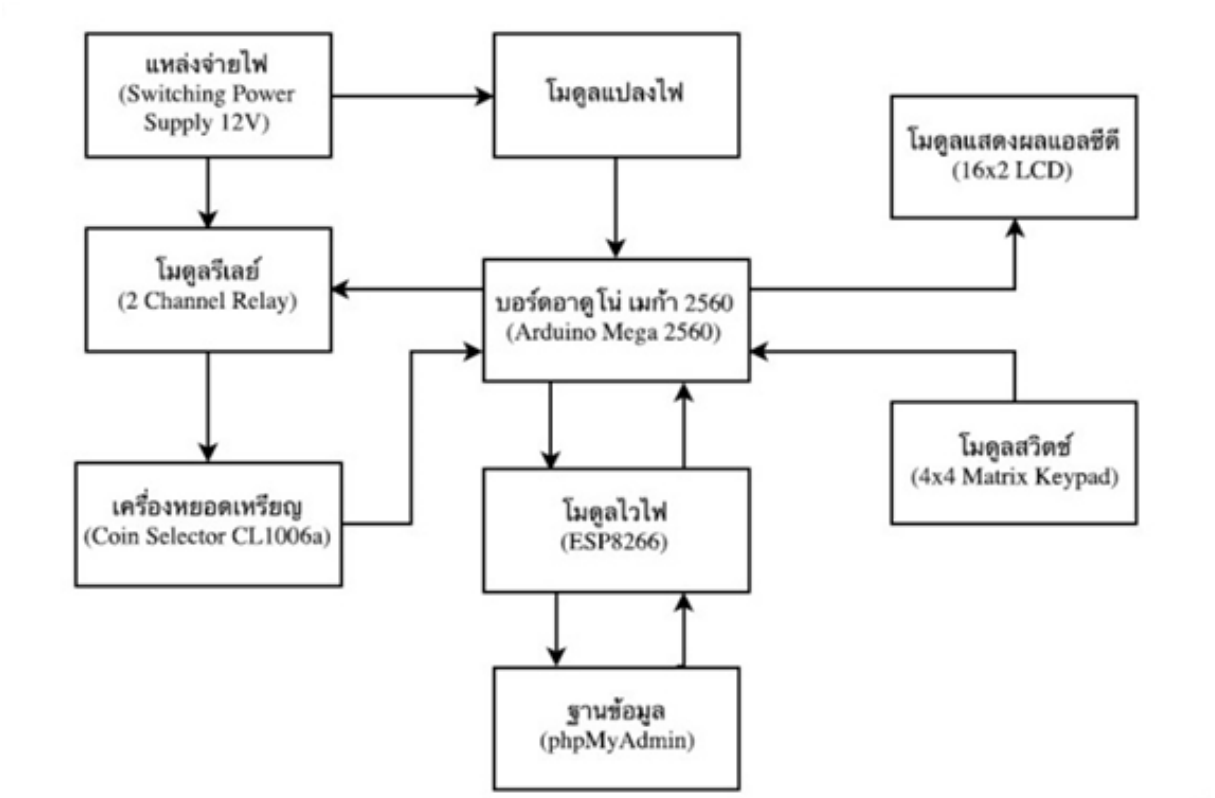
ภาษา PHP เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในลักษณะเซิร์ฟเวอร์-ไซด์ สคริปต์ โดยลิขสิทธิ์อยู่ในลักษณะโอเพนซอร์ส ภาษาพีเอชพีใช้สำหรับจัดทำเว็บไซต์ และแสดงผลออกมาในรูปแบบ HTML โดยมีรากฐานโครงสร้างคำสั่งมาจากภาษา

ภาษาซี ภาษาจาวา และ ภาษาเพิร์ล ซึ่ง ภาษาพีเอชพี นั้นง่ายต่อการเรียนรู้ ซึ่งเป้าหมายหลักของภาษานี้ คือให้นักพัฒนาเว็บไซต์สามารถเขียน เว็บเพจ ที่มีความตอบโต้ได้อย่างรวดเร็ว

ภาษา C เป็นภาษาที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นภาษาที่มีความเร็วในการทำงานสูงใกล้เคียงกับภาษาเครื่อง มีโครงสร้างที่ชัดเจน เข้าใจง่าย สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้เป็นอย่างดี

2. ขั้นตอนการออกแบบระบบการทำงาน

2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์

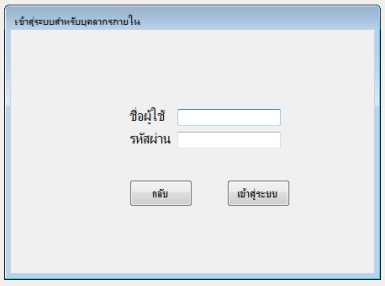
จากภาพที่ 1 โครงสร้างการทำงานของระบบ จะใช้บอร์ด อาดูโน่เมก้า 2560 (Arduino Mega 2560)เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงาน โดยการใช้ขาสัญญาณต่างๆ ในการรับและส่งค่าต่างๆ ภายในระบบ ทั้งโมดูลรีเลย์ (2 Channel Relay), เครื่องหยอดเหรียญ (Coin Selector CL1006a), โมดูลสวิตซ์ (4x4 Matrix Keypad) และสามารถแสดงผลผ่านทางจอแอลซีดีด้วยโมดูลแสดงผล (16x2 LCD) เพื่อนำไปเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์ และยังสามารถดูข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชันบนเว็บเบราว์เซอร์ และมีระบบจัดเก็บฐานข้อมูล โดยการส่งข้อมูลผ่านโมดูลการสื่อสารไร้สายโดยผ่านโมดูลไวไฟ (ESP8266)

2.2 การทำงานของแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์



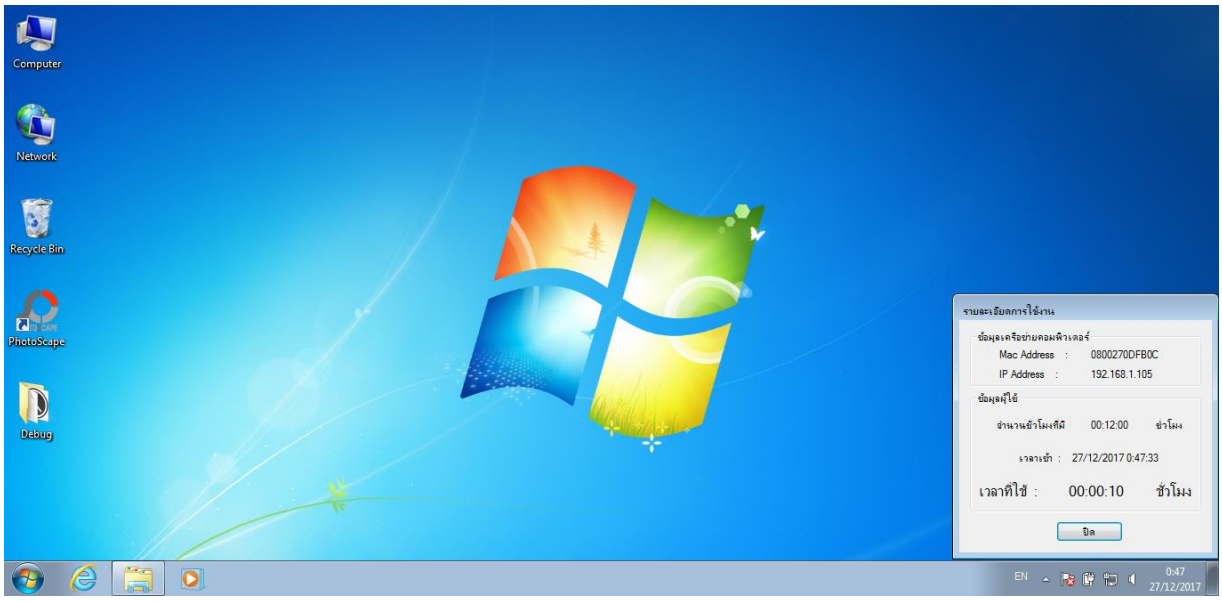
ภาพที่ 2 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน

จากภาพที่ 2 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน จะแสดงปุ่มสำหรับกดเพื่อเข้าไปหน้าสำหรับการลงชื่อเข้าใช้งาน



ภาพที่ 3 หน้าสำหรับลงชื่อเข้าใช้งาน

จากภาพที่ 3 เป็นหน้าสำหรับลงชื่อเข้าใช้งาน เมื่อต้องการเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์ โดยจะมีการตรวจสอบข้อมูล และเก็บข้อมูลเมื่อลงชื่อเข้าใช้งาน



ภาพที่ 4 แสดงการเข้าใช้งานคอมพิวเตอร์

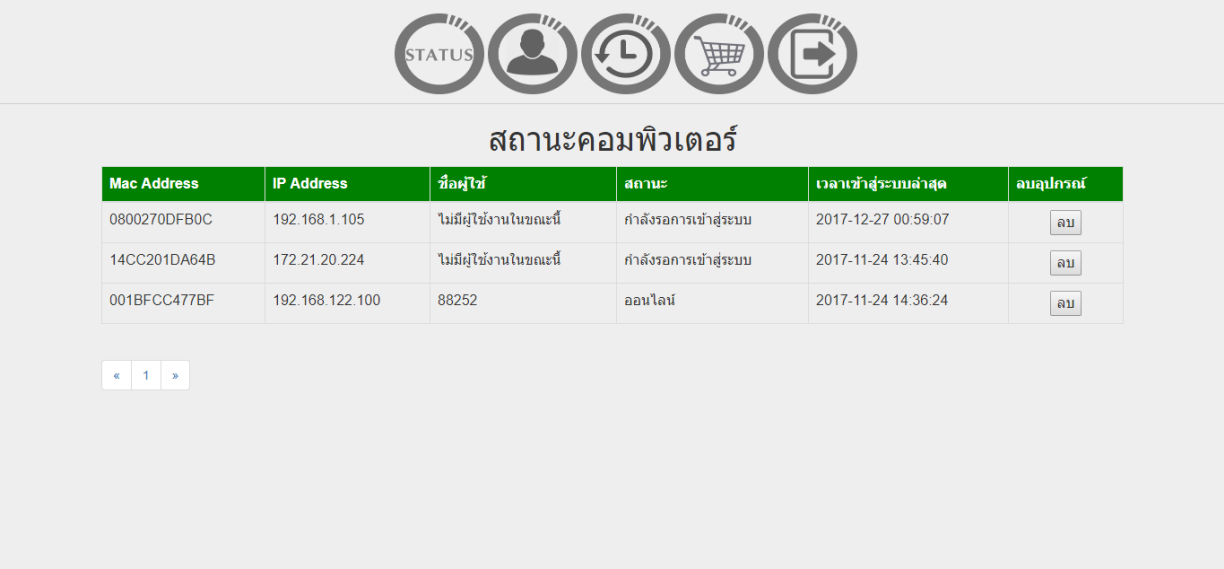
จากภาพที่ 4 เมื่อลงชื่อเข้าใช้งาน บุคลากรภายนอก หรือบุคลากรภายใน จะเข้าสู่หน้านี้ โดยจะแสดง ข้อมูลต่างๆ เช่น เวลาในการใช้งาน และเวลาการใช้งานคงเหลือ เป็นต้น เมนูข้อมูลสถานะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ รายละเอียดเครือข่ายของคอมพิวเตอร์ จะบอกรายละเอียดของ IP Address กับ Mac Address ของเครือข่าย และสถานะของผู้ใช้งาน จะบอกเกี่ยวกับเวลาที่มี เวลาที่เข้าใช้งาน และเวลาที่ใช้งานในปัจจุบัน

2.3 การทำงานของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแล



ภาพที่ 5 หน้าสำหรับเข้าสู่ระบบ

จากภาพที่ 5 เป็นหน้าสำหรับเข้าสู่ระบบ เมื่อต้องการเข้าใช้งาน โดยจะมีการตรวจสอบข้อมูล และบุคคลที่เข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 6 หน้าสำหรับดูสถานะ

จากภาพที่ 6 แสดงสถานะของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องว่ามีการใช้งานอยู่ หรือไม่ และแสดงข้อมูลต่างๆ ของคอมพิวเตอร์ แสดงข้อมูลของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องว่ามี Mac Address IP Address อะไร ผู้ใช้คนไปเป็นคนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นอยู่ บอกเวลาที่เข้าสู่ระบบล่าสุด และสามารถลบคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นออกจากระบบได้

ผลและวิจารณ์ผล

ระบบควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์พร้อมเครื่องจำหน่ายเวลา สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ โดยมีการควบคุมระบบปฏิบัติการผ่านการปิดใช้งานฟังก์ชันของระบบปฏิบัติการเช่น Task Manager Switch Application เป็นต้น สามารถแสดงผลข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ผ่านเว็บแอปพลิเคชันผู้ดูแลระบบ ว่ามีการซื้อเวลาจากเครื่องจำหน่ายเวลา การเข้าสู่ระบบผ่านแอปพลิเคชันบนคอมพิวเตอร์ ชื่อผู้ใช้บุคลากรภายใน เปลี่ยนรหัสผ่านในกรณีลืมรหัสผ่าน สถานะของคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องในระบบ

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้วิจัยเป็นการนำเสนอถึงการควบคุมการใช้งานคอมพิวเตอร์ และสามารถยืนยันตัวบุคคลที่ทำการใช้งานได้ และสามารถเก็บค่าบริการในการใช้งานได้ ระบบนี้ได้ชูจุดเด่นในเรื่องระบบอัตโนมัติซึ่งไม่จำเป็นต้องมีผู้แลระบบ แต่ก็ยังต้องมีผู้ดูแลระบบเนื่องจากระบบไม่สามารถป้องกันการสูญหายของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ได้ ในการทดลองแสดงให้เห็นถึงการใช้งานคอมพิวเตอร์สาธารณะโดยไม่จำเป็นต้องมีผู้ดูแลระบบ โดยผู้ใช้สามารถมีอิสระในการใช้งาน และสามารถเปิดบริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง ทั้งยังเป็นระบบอัตโนมัติจึงทำให้สะดวก รวดเร็ว และประหยัดทรัพยากรบุคคล บทความนี้แสดงถึงการนำการใช้งานคอมพิวเตอร์สาธารณะและระบบอัตโนมัติมาใช้งานร่วมกัน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่สนับสนุนการเผยแพร่งานวิจัยในครั้งนี้ขอบคุณคณาจารย์และผู้ร่วมวิจัยในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่แนะนำให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องต่างๆ ที่สามารถทำให้โครงงานวิจัยฉบับนี้ประสบความสำเร็จลงได้

เอกสารอ้างอิง

เกียรติก้อง ศรีพิสุทธิ์, **เครือข่ายไร้สาย**, ออนไลน์. [11 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://www.ict.mahidol.ac.th/

กุลนารี แย้มสุข, **HTML คืออะไร**, ออนไลน์. [20 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://krukunlanari.wordpress.com/

นภาศิริ อูปแก้ว, **Arduino MEGA2560**, ออนไลน์. [2 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://www.micontechlab.com/product/4

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด, **โมดูลรีเลย์**, ออนไลน์. [11 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://thaieasyelec.com/

ไมโครซอฟท์, **วิชวลสตูดิโอ**, ออนไลน์. [20 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://www.mindphp.com/

ลาวัณย์ นันทโววาทย์, **เริ่มต้นด้วย HTML + CSS**, ออนไลน์. [20 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://www.w3.org/

ลาวัณย์ นันทโววาทย์, **JavaScript คืออะไร**, ออนไลน์. [20 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://www.w3.org/

ศุภกิตต์ อนุพรชัย, **phpMyAdmin คืออะไร**, ออนไลน์. [22 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://saixiii.com/

สนธยา นงนุช, **การใช้งาน ESP8266 ในโหมด AP และการรับส่งข้อมูลผ่าน TCP**, ออนไลน์. [19 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : https://www.ioxhop.com

สมศักดิ์ โชคชัยโชติยะกุล, **ตู้หยอดเหรียญ**, ออนไลน์. [1 ตุลาคม 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://guru.sanook.com/8828/

สุวิทย์ มนัสไธสง, **ภาษา Visual Basic**, ออนไลน์. [19 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://pazavisualbasic.blogspot.com/

Watsan Homsin, **ภาษาซี**, ออนไลน์. [20 กันยายน 2560], สาระสังเขป สืบค้นจาก : http://marcuscode.com/lang/c

การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน สำหรับแจ้งการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานผ่านโซเชียลมีเดีย

The Design and Development of Smartphone Application for Bicycle Emergency Notification via Social Media

นเรศ ขวัญทอง[1*] และ ศยมน พุทธมงคล[1]

Naras Kwanthong[1*] and Sayamon Buddhamongkol[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอระบบตรวจจับพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของรถจักรยานและตรวจหารูปแบบลักษณะการล้มของรถจักรยาน เพื่อแจ้งเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุของนักปั่นและสามารถเข้าช่วยเหลือผู้ประสบเหตุได้ทันก่อนที่อาจจะเกิดความสูญเสียแก่ชีวิตได้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับติดตั้งบนรถจักรยานเพื่อติดตามพฤติกรรมการปั่นรถจักรยานและแจ้งเตือนตำแหน่งที่เกิดเหตุเพื่อขอความช่วยเหลือ โดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวบนสมาร์ทโฟน ประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่งและเซนเซอร์มุม ผ่านกระบวนการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจตรวจจับพฤติกรรมการล้มของรถจักรยาน จากนั้นระบบสามารถส่งพิกัดที่เกิดอุบัติเหตุไปยังเจ้าหน้าที่กู้ภัยผ่านทางโซเชียลมีเดียด้วยเซนเซอร์ระบุพิกัดบนพื้นโลก ผลการทดสอบการทำงานของระบบทั้งหมดได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 98.75 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : พฤติกรรมของรถจักรยาน, การล้ม, สมาร์ทโฟน, โซเชียลมีเดีย

ABSTRACT

This paper describes about the system of bicycle movement behavior and bicycle fall pattern detection for biker emergency notification and rescuers to help them immediately. This research present the design and development of smartphone application that setup on bicycle for bicycle behavior monitoring and emergency notification. The system using accelerometer and gyrometer data analysis with Support Vector Magnitude (SVM) algorithm for recognize bicycle behavior pattern and bicycle fall detection. The application send GPS coordination of accident location to rescuers via social media. The accuracy result of system about 98.75 percentages.

Keyword : Bicycle behavior, Falling, Smartphone, Social Media

---

[1] สาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[1] Department of Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad, Sikao, Trang, 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : นเรศ ขวัญทอง, naras.k@rmutsv.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่หันมาใส่ใจสุขภาพของตนเองมากขึ้น การทานอาหารที่ดีและการออกกำลังกายที่พอเหมาะจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการรักษาสุขภาพให้ปราศจากโรคภัย การออกกำลังกายในปัจจุบันมีให้เลือกหลากหลายประเภททั้งแบบที่ต้องใช้อุปกรณ์ เช่น การปั่นจักรยาน เล่นฟิตเนต ฟุตบอล แบดมินตัน เป็นต้น และแบบที่ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ เช่น การเดิน วิ่ง ว่ายน้ำ เป็นต้น ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายประเภทใดก็ย่อมส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้ออกกำลังกาย แต่ไม่ว่าจะเป็นการออกกำลังกายหรือกีฬาประเภทใดย่อมมีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุ เช่น เกิดการฟกช้ำของกล้ามเนื้อ กระดูกหัก เอ็นในส่วนของการเคลื่อนไหวเกิดการฉีกขาด กรณีร้ายแรงอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ ดังนั้นการเฝ้าติดตามและระวังเหตุการณ์ที่ก่อให้เกิดอันตรายจากการออกกำลังกาย จึงมีความสำคัญต่อบุคคลเป็นอย่างมาก

การปั่นจักรยานเป็นกีฬาและการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ประเทศไทยได้มีการรณรงค์และจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการปั่นจักรยานอย่างหลากหลาย ทั้งชมรมหรือหน่วยงานภาครัฐก็มีการนำกิจกรรมการปั่นจักรยานเข้ามาเพื่อกระชับความสัมพันธ์ในองค์กรและเพิ่มการปฏิสัมพันธ์กับคนหลากหลายสังคม แต่การปั่นจักรยานก็มีความเสี่ยงที่จะเกิดการบาดเจ็บได้เหมือนกีฬาประเภทอื่น จากสถิติของหน่วยงานเฝ้าระวังและสะท้อนสถานการณ์ความปลอดภัยบนท้องถนน (มูลนิธิไทยโรดส์, 2556) พบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2556 ทั่วประเทศไทยมีผู้ประสบอุบัติเหตุจากการปั่นจักรยานประมาณ 35.79 เปอร์เซ็นต์ต่อประชากร 100,000 คน โดยเกิดจากสาเหตุการล้ม การชนและรวมถึงการเบรกรถจักรยานอย่างกะทันหัน (สถานีสุขภาพ, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำปัญหาการเกิดอุบัติเหตุจากการปั่นจักรยานมาวิเคราะห์และพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุในการปั่นจักรยานบนท้องถนน เพื่อติดตามเฝ้าระวังเหตุการณ์การเกิดอุบัติเหตุเพื่อให้เจ้าหน้าที่หรือคนใกล้ชิดของนักปั่นได้รับทราบและเข้าให้ความช่วยเหลือได้ทันก่อนเกิดการสูญเสียที่เป็นอันตรายแก่ชีวิต

บทความของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (N.Watthanawisuth, 2012),(J.Iwasaki, 2015) ได้พัฒนาระบบตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุของมอเตอร์ไซด์บนท้องถนนและการล้มของมนุษย์ (พงษ์พันธ์ สมแพง 2560) จากการอ่านค่าความเร่งของเซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน (x, y, z) จากนั้นนำค่าความเร่งทั้งหมดผ่านกระบวนการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ (Signal Vector Magnitude) และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าคงที่ในการตัดสินใจ (Threshold value) โดยใช้การเรียนรู้จำแบบต้นไม้ (Decision tree) เพื่อตรวจจับลักษณะการล้มและส่งข้อความขอความช่วยเหลือ (SMS) และพิกัด (GPS) ที่ประสบเหตุไปยังโรงพยาบาลหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับผู้ประสบภัย มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 82% บทความนี้ (F.Aloul, 2014)ได้พัฒนาระบบตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุของรถยนต์ผ่านทางสมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อวิเคราะห์หาลักษณะการชนของรถยนต์ โดยใช้วิธีการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ร่วมกับการเปรียบเทียบความต่างของความเร็วกับเวลา (Dynamic Time Warping) มีค่าความแม่นยำ 98% บทความนี้ (S.Rihana, 2016) ได้พัฒนาระบบตรวจจับการล้มของมนุษย์ โดยใช้ค่าที่ได้จากการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์เปรียบเทียบกับค่าคงที่ในการตัดสินใจร่วมกับการใช้ค่าความเร่ง 3 แกนมาวิเคราะห์หามุมที่เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์การล้ม มีค่าความแม่นยำ 87% ซึ่งจากบทความวิจัยที่กล่าวมาสามารถนำหลักการดังกล่าวมาออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจจับการเกิดอุบัติเหตุจากการปั่นจักรยานที่สามารถแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุแบบ real-time ได้ โดยการนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาใช้ในการพัฒนาระบบบนสมาร์ทโฟนเพิ่มเติมทำให้ความแม่นยำในการแจ้งเตือนสูงถึง 98.75%

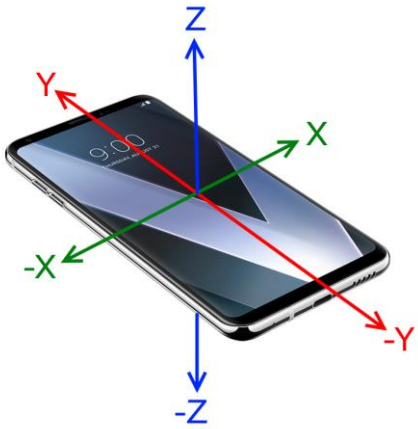
วิธีดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุจากการปั่นรถจักรยาน ผู้วิจัยพัฒนาระบบให้ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวอยู่ภายใน ประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่ง (Accelerometer) และเซนเซอร์มุม (Gyro sensor) โดยค่าที่อ่านได้จากเซนเซอร์จะถูกนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการปั่นจักรยานของบุคคลเพื่อตรวจจับการล้มและระบบจะแจ้งเหตุโดยการส่งพิกัดตำแหน่งที่อยู่ของนักปั่นผ่านทางโซเชียลมีเดียไปยังหน่วยกู้ภัยหรือครอบครัวของนักปั่นเข้าไปดูแลผู้ประสบเหตุ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนา

1.1 สมาร์ทโฟน (Smartphone)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้สมาร์ทโฟนประมวลผลด้วยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับการวัดค่าความเร่งและความเร็วเชิงมุมเพื่อนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมการปั่นรถจักรยานของนักปั่น โดยสมาร์ทโฟนที่ใช้ในทดสอบงานวิจัยมีเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวของวัตถุ (K6DS3TR) ภายในประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่งแบบ 3 แกน รองรับการวัดค่าความเร่งในช่วง ±2, ±4, ±6, ±8, ±16 และเซนเซอร์มุมแบบ 3 แกน รองรับการวัดค่ามุมในช่วง ±125, ±245, ±500, ±1000, ±2000 dps มีเซนเซอร์ตรวจจับสนามแม่เหล็กและ GPS (Global Positioning System) ที่ใช้ค้นหาและระบุตำแหน่งที่จักรยานเกิดอุบัติเหตุ



ภาพที่ 1 ทิศทางแกนทั้ง 3 ของชุดเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว

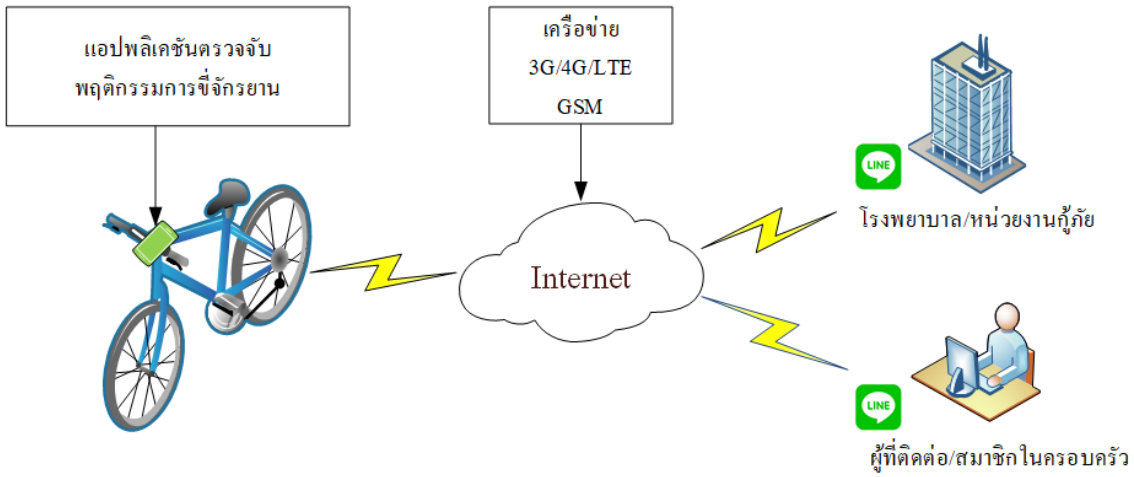
การคำนวณข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวจำเป็นต้องทราบทิศทางของแกนทั้ง 3 นั่นคือ แกนX, Y, Z ซึ่งทั้งเซนเซอร์ความเร่งและเซนเซอร์มุม แกนทั้ง 3 สามารถอ้างอิงแนวทิศทางของแกนเหมือนกัน ทำให้สะดวกในการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจจับ แสดงดังภาพที่ 1

1.2 โปรแกรม AppInventor

เป็นซอร์ฟแวร์สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับติดตั้งบนอุปกรณ์สมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ แอนดรอย์ในการประมวลผล โดยอาศัยการพัฒนาที่คล้ายกับการต่อจิ๊กซอว์หรือที่เรียกว่าการโปรแกรมแบบบล็อก (Blockly) นักพัฒนาสามารถเชื่อมต่อคอมโพเนนท์ของแต่ละบล็อกชุดคำสั่งเข้าด้วยกันจนได้การทำงานที่ต้องการ และสามารถทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันที่ออกแบบผ่านการทำงานแบบเสมือน (Android Emulator) หรือเชื่อมต่อสมาร์ทโฟนแอนดรอยด์โดยตรง การใช้งานโปรแกรม AppInventor จะพัฒนาผ่านทางเว็บบราวเซอร์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องติดตั้งซอร์ฟแวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ทำให้สะดวกต่อการใช้งาน

2. ภาพรวมของระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยาน

ในส่วนนี้อธิบายภาพรวมของระบบการตรวจจับพฤติกรรมการล้มของนักปั่นและเฝ้าระวังการเกิดอุบัติเหตุของรถจักรยานบนท้องถนน โดยแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ แอปพลิเคชันตรวจจับพฤติกรรมการล้มของรถจักรยานและการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านโซเชียลมีเดีย แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ภาพรวมของระบบติดตามพฤติกรรมการล้มของรถจักรยานและแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุ

ภาพรวมระบบที่ออกแบบและพัฒนาดังแสดงภาพที่ 2 แอปพลิเคชันถูกติดตั้งบนสมาร์ทโฟนซึ่งติดตั้งบริเวณกึ่งกลางของแฮนด์รถจักรยาน เป็นตำแหน่งที่ให้ค่าความแม่นยำสูงและสะดวกต่อการใช้งานของนักปั่นมากที่สุด แอปพลิเคชันจะรับค่าข้อมูลของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมาประมวลผลเพื่อหาพฤติกรรมการเกิดอุบัติเหตุ หากตรวจพบจะแจ้งเตือนไปยังผู้ติดต่อหรือสมาชิกในครอบครัวและโรงพยาบาลใกล้เคียงที่นักปั่นจักรยานได้ทำการบันทึกข้อมูลไว้ผ่านบริการไลน์โนทิไฟย์ (LINE Notify)

3. ขั้นตอนและวิธีการตรวจจับพฤติกรรมการล้มของนักปั่นจักรยาน

การตรวจจับพฤติกรรมการปั่นรถจักรยาน ระบบอ่านค่าการเคลื่อนที่ของรถจักรยานจากเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว ประกอบด้วยค่าความเร่ง 3 แกน (a_x, a_y, a_z) และค่าความเร็วเชิงมุม 3 แกน (g_x, g_y, g_z) จากนั้นนำค่าที่ได้ของแต่ละเซนเซอร์มาผ่านกระบวนการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ ดังสมการ (1) เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจแบ่งแยกพฤติกรรมการเคลื่อนที่

$$a_{SVM} = \sqrt{{a_x}^2 + {a_y}^2 + {a_z}^2} \quad (1)$$

จากสมการ (1) คือ สมการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งของรถจักรยาน(a_{SVM}) เพราะเมื่อเกิดการล้มจะเกิดค่าความเร่งที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและสูงกว่าปกติ ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าความเร่งที่ใช้ในการตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 30 m/s^2 (อธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อทดสอบผลงานวิจัย) แต่เนื่องจากสมการหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งไม่สามารถบอกทิศทางของการเคลื่อนที่ได้ จึงทำให้เกิดค่าความผิดพลาดในบางกรณี ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำค่าความเร็วเชิงมุมมาใช้ในการตัดสินใจหาทิศทางของการเคลื่อนที่ของรถจักรยาน

การหาทิศทางการเคลื่อนที่ของรถจักรยานสามารถหาได้โดยใช้เซนเซอร์ความเร็วเชิงมุมอ้างอิง 3 แกน เช่นเดียวกับค่าแกนของความเร่ง แต่โดยปกตินักปั่นจะติดตั้งสมาร์ทโฟนในลักษณะหงายหน้าจอขึ้นดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ตำแหน่งติดตั้งสมาร์ทโฟนบนรถจักรยาน

จากการติดตั้งสมาร์ทโฟนส่งผลให้แกน Z ใกล้เคียงกับการตั้งฉากกับพื้นผิวโลกทำให้ค่าความเร็วเชิงมุมของแกน Z จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเลี้ยวของรถจักรยานแต่ไม่มีผลต่อการล้มของรถจักรยาน และหากสังเกตจากพฤติกรรมการล้มของจักรยานการล้มจะเอียงไปทางด้านซ้ายหรือด้านขวาของนักปั่นดังแสดงในภาพที่ 4 ซึ่งส่งผลให้เกิดลักษณะการหมุนรอบแกน Y และเกิดความเร็วเชิงมุมรอบแกน Y ส่วนแกน X จะมีผลในกรณีเมื่อแฮนด์ของรถจักรยานหมุนพับก่อนล้มจึงทำให้เกิดความเร็วเชิงมุมรอบแกน X แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ลักษณะการล้มด้านข้างของรถจักรยาน

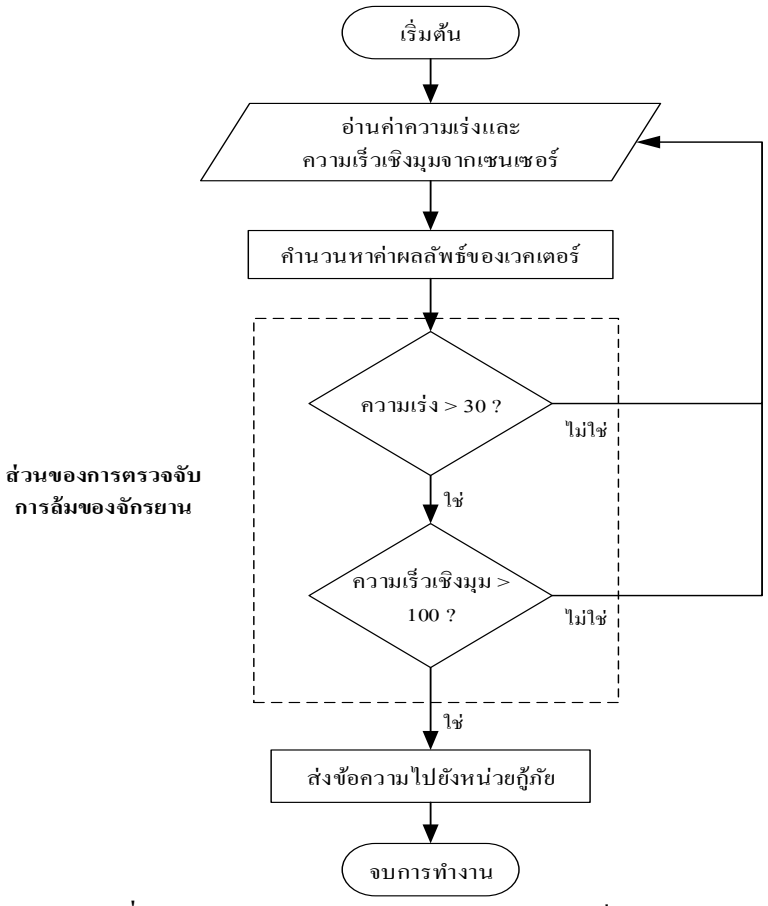


ภาพที่ 5 ลักษณะการล้มด้านข้างของรถจักรยานแต่แฮนด์หมุนพับก่อนล้ม

จากการวิเคราะห์ลักษณะการล้มของรถจักรยาน ผู้วิจัยคำนวณหาผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุม (g_{SVM}) รอบแกน X และแกน Y เข้ามาใช้ในการตัดสินใจเพื่อหาทิศทางของการเคลื่อนที่ดังสมการ (2)

$$g_{SVM} = \sqrt{{g_x}^2 + {g_y}^2} \quad (2)$$

จากการทดลองของผู้วิจัยพบว่าค่าผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมที่นำมาใช้ในการตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 100 องศาต่อวินาที (อธิบายเพิ่มเติมในหัวข้อทดสอบผลงานวิจัย) เมื่อระบบตรวจจับได้ว่านักปั่นเกิดอุบัติเหตุล้มรถจักรยาน ระบบจะส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโรงพยาบาลหรือผู้ที่สามารถติดต่อได้เพื่อเข้าช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงที ขั้นตอนประมวลผลสรุปขั้นตอนดังผังงานในภาพที่ 6

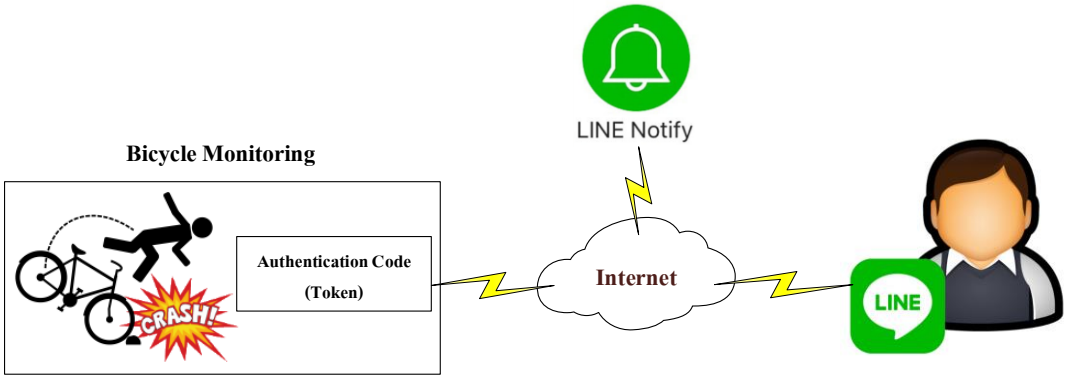


ภาพที่ 6 ผังงานการตรวจจับพฤติกรรมการล้มของนักปั่นจักรยาน

4. การแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุผ่านโซเชียลมีเดีย

โซเชียลมีเดีย (Social Media) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลที่ใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการส่งข้อมูลเชื่อมต่อกัน มีลักษณะการพูดคุยและมีการปฏิสัมพันธ์กันเสมือนพูดคุยกันผ่านสื่อที่ติดตั้งบนอุปกรณ์สื่อสารอัจฉริยะ (Smart Device) สามารถส่งข้อความ รูปภาพ สื่อมัลติมีเดีย และรวมถึงการส่งพิกัดระบุตำแหน่งด้วยเซนเซอร์ GPS (Global Positioning System) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแจ้งพิกัดตำแหน่งที่อยู่บนพื้นโลก ทำให้สะดวกในการติดตามค้นหาตำแหน่งที่อยู่ของอุปกรณ์ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาประยุกต์นำการแจ้งพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลกมาใช้ในการแจ้งตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุผ่านแอปพลิเคชันไลน์ LINE ซึ่งเป็นหนึ่งในสื่อสังคมออนไลน์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย

แอปพลิเคชั่นไลน์ถือว่าเป็นสื่อสังคมออนไลน์ที่ใช้ง่าย สะดวก และได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก เพราะมีฟังก์ชั่นการใช้งานที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้มากมาย และฟังก์ชั่นที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ในการแจ้งเตือนพิกัดตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุของนักปั่นจักรยาน คือ ไลน์โนทิไฟย์ LINE Notify ซึ่งเป็นลักษณะการส่งข้อความอัตโนมัติด้วยแอปพลิเคชั่นที่พัฒนาขึ้น ลักษณะการทำงานของระบบการส่งข้อความแจ้งการเกิดอุบัติเหตุผ่านโซเชียลมีเดีย แสดงดังภาพที่ 7



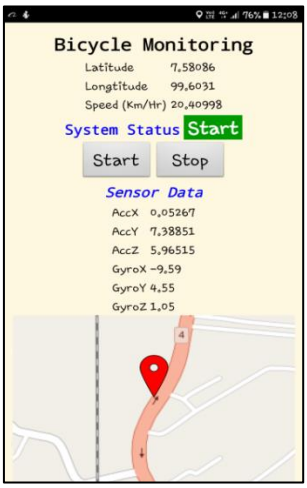
ภาพที่ 7 การส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านบริการ LINE Notify

การใช้บริการไลน์โนทิไฟย์ผู้ใช้งานหรือให้บริการเพื่อแจ้งเตือนจำเป็นต้องมีการสมัครไอดีเพื่อเข้าใช้งานและตั้งกลุ่มสนทนาภายในแอปพลิเคชันเพื่อเชิญผู้ใช้ที่ต้องการแจ้งให้ทราบเข้ามาภายในกลุ่มสนทนา จากนั้นต้องทำการตั้งค่ากลุ่มสนทนาเพื่อขอใช้บริการไลน์โนทิไฟย์ ผู้ที่ตั้งกลุ่มจะได้รับรหัสโทเคน (Token) ซึ่งเป็นรหัสที่บอกถึงกลุ่มที่ต้องการให้ส่งข้อความไปหา โดยบริการไลน์โนทิไฟย์จะใช้เครื่องแม่ข่ายของผู้ให้บริการ LINE เป็นสื่อกลางในการบริหารจัดการเส้นทางการส่งข้อมูลอ้างอิงตามรหัสโทเคนที่ได้รับผ่านทางโปรแกรม API (Application Programming Interface) ของผู้ให้บริการ LINE

ผลการทดสอบงานวิจัย

ในส่วนนี้นำเสนอการทดสอบระบบที่พัฒนาซึ่งผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 3 ประเด็น ประกอบไปด้วย ลักษณะโปรแกรมที่พัฒนาและทดสอบระบบ การทดสอบการตรวจจับพฤติกรรมการปั่นและล้มรถจักรยาน และการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ มีรายละเอียดการทดสอบดังนี้

1. ลักษณะโปรแกรมที่พัฒนาและทดสอบระบบ



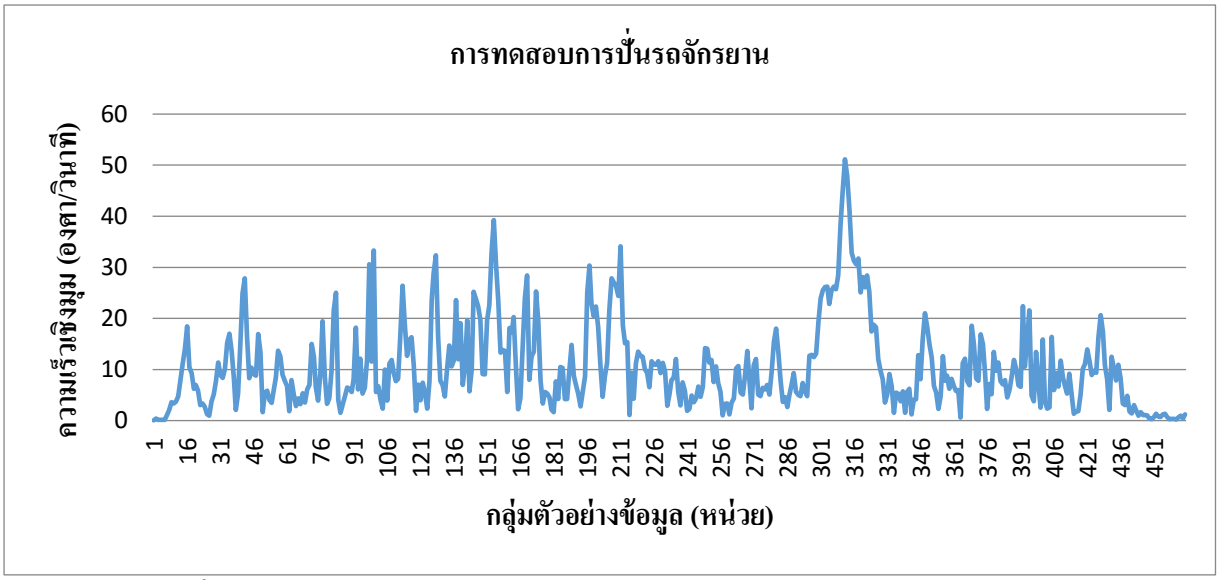
ภาพที่ 8 ลักษณะโปรแกรมที่พัฒนาและทดสอบระบบ

จากการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับติดตั้งในสมาร์ทโฟน แสดงดังภาพที่ 8 ผู้วิจัยได้พัฒนาตามหลักการและวิธีที่ได้นำเสนอในหัวข้อวิธีดำเนินงานวิจัย เมื่อติดตั้งในสมาร์ทโฟนมีลักษณะของโปรแกรมที่สามารถปิดหรือเปิดระบบการทำงาน แสดงผลการตรวจจับค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ พิกัดตำแหน่งที่อยู่ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจักรยาน และแสดงแผนที่ติดตามของรถจักรยาน

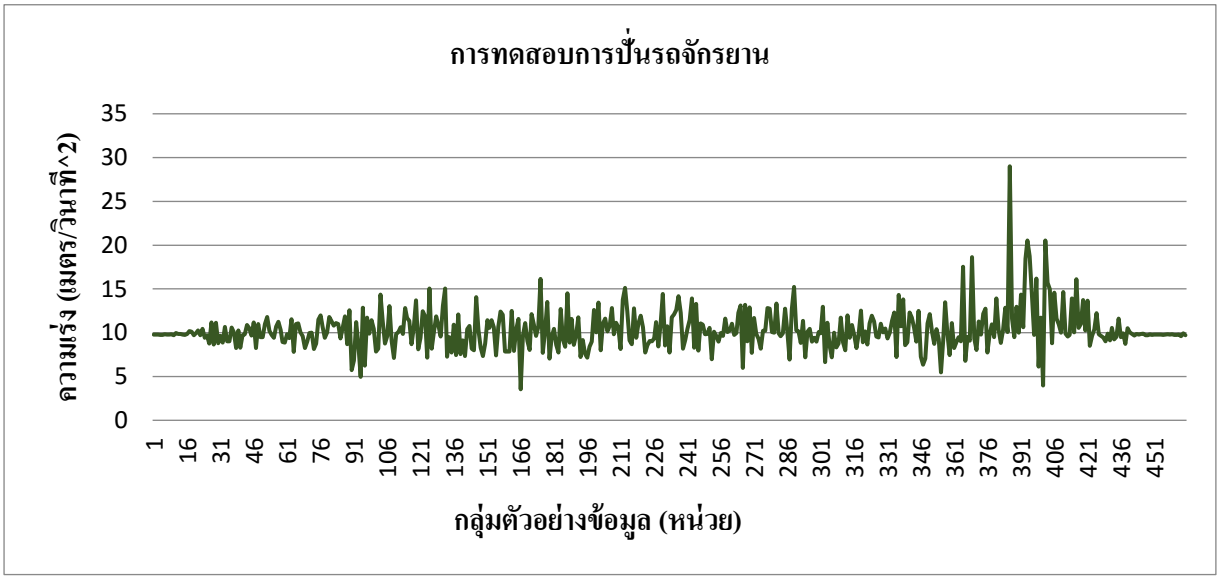
2. การทดสอบการตรวจจับพฤติกรรมการปั่นและล้มของรถจักรยาน

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบการตรวจจับพฤติกรรมการปั่นรถจักรยาน ซึ่งพฤติกรรมที่ทดสอบแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ประกอบด้วยการทดสอบการปั่นและการล้มของรถจักรยานเพื่อให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่สามารถเกิดขึ้นได้ในการปั่นจักรยาน ซึ่งอธิบายผลการทดสอบในแต่ละประเภทได้ดังนี้

2.1 การปั่นรถจักรยานโดยไม่เกิดอุบัติเหตุ



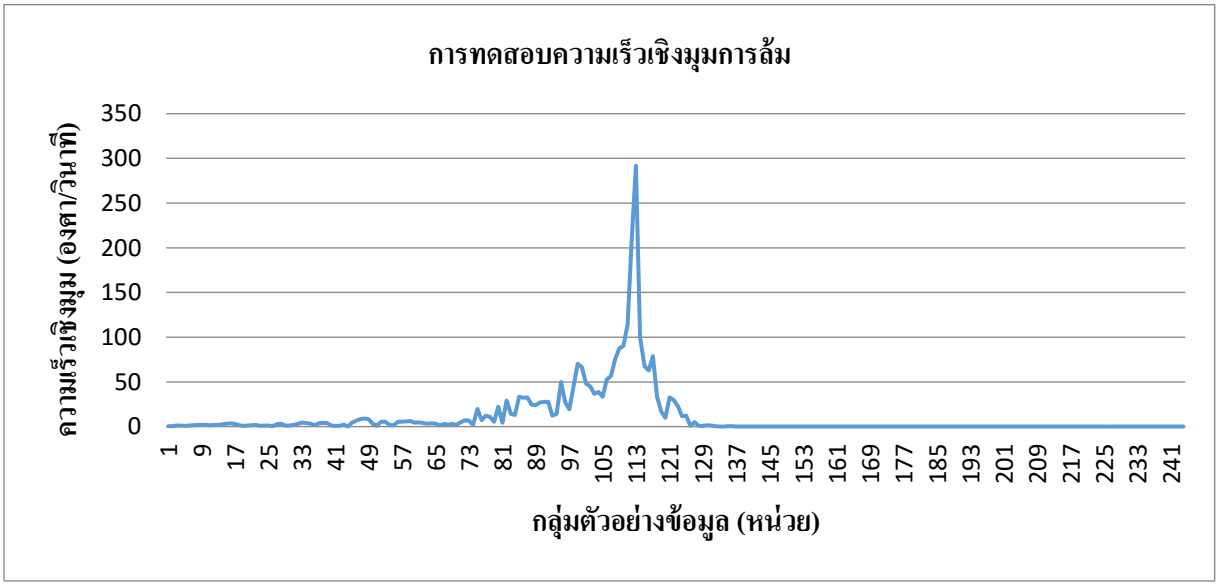
ภาพที่ 9 ผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมพฤติกรรมการปั่นรถจักรยานโดยไม่เกิดอุบัติเหตุ



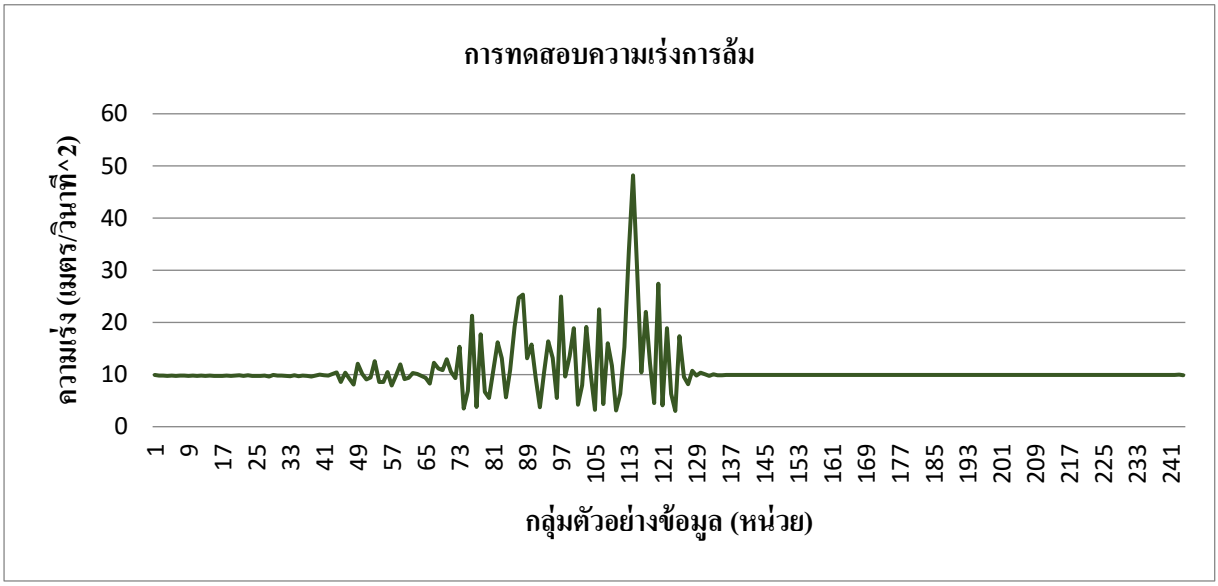
ภาพที่ 10 ผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งพฤติกรรมการปั่นรถจักรยานโดยไม่เกิดอุบัติเหตุ

จากภาพที่ 9 และภาพที่ 10 แสดงผลของการตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานจักรยานกรณีทดสอบการปั่นจักรยานบนพื้นราบระยะทาง 100 เมตร การทดสอบประกอบด้วยการปั่นรถจักรยานเส้นทางตรง ปั่นรถจักรยานข้ามถนนและหยุดจอดอย่างกะทันหันพบว่า ค่าสูงสุดผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 51.14 องศาต่อวินาที และผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งเท่ากับ 29 m/s^2

2.2 การเกิดอุบัติเหตุล้มรถจักรยาน



ภาพที่ 11 ผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมพฤติกรรมการล้มรถจักรยาน



ภาพที่ 12 ผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งพฤติกรรมการล้มรถจักรยาน

จากภาพที่ 11 และภาพที่ 12 แสดงผลของการตรวจจับพฤติกรรมการใช้งานจักรยานกรณีทดสอบการล้ม โดยการทดสอบนี้ทำการทดสอบบนพื้นราบระยะทาง 100 เมตร มีการระบุตำแหน่งให้ผู้ทดสอบล้ม ผลการทดสอบระบบพบว่า ทั้งการล้มทางด้านขวาและด้านซ้ายมีลักษณะที่เหมือนกันไม่สามารถแบ่งได้ว่าล้มไปทางด้านไหนของรถจักรยานและมีค่าข้อมูลที่สามารถแบ่งแยกพฤติกรรมการล้มได้อย่างชัดเจน

จากการทดสอบทั้งหมดนำข้อมูลมาวิเคราะห์พบว่า เมื่อพิจารณาค่าผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมของการปั่นโดยไม่เกิดอุบัติเหตุค่าสูงสุดไม่เกิน 100 องศาต่อวินาที และค่าผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งของการปั่นโดยไม่เกิดอุบัติเหตุค่าสูงสุดไม่เกิน 30 m/s^2 และเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการล้มรถจักรยานในช่วงที่เกิดการล้มค่าผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร็วเชิงมุมของการปั่นไม่ต่ำกว่า 100 องศาต่อวินาที และค่าผลลัพธ์ของเวคเตอร์ความเร่งไม่ต่ำกว่า 30 m/s^2 จึงนำมาสรุปเป็นค่าคงที่ที่ใช้ในการออกแบบระบบการตัดสินใจการแจ้งเตือนโดยการพิจารณาร่วมกันทั้ง 2 ตัวแปร

3. การส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

การแจ้งเตือนการล้มของนักปั่นผู้วิจัยได้ออกแบบโดยใช้บริการไลน์โนติไฟย์เป็นเครื่องมือในการส่งข้อมูลชื่อของนักปั่นและตำแหน่งพิกัดที่เกิดอุบัติเหตุพบว่า สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนได้แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การแจ้งเตือนอุบัติเหตุของระบบ

4. การประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

ความถูกต้องในการทำงานของระบบตรวจจับพฤติกรรมของการปั่นรถจักรยานในแต่ละส่วนสามารถสรุปได้ โดยคำนวณจากสมการ (3)

$$\text{ค่าเปอร์เซ็นความถูกต้อง (True Classification Rate)} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจจับพฤติกรรมในแต่ละกรณีได้}}{\text{จำนวนครั้งที่ทำการทดสอบ}} \times 100 \quad (3)$$

ในการทดสอบระบบผู้วิจัยกำหนดให้ทำการทดสอบแต่ละกรณีอย่างละ 100 ครั้ง กรณีที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยการปั่นและการล้มของรถจักรยาน สรุปผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความถูกต้องของการตรวจจับการเคลื่อนที่ของจักรยาน

กรณีที่ใช้ในการทดสอบ	ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (%)
การปั่นรถจักรยานปกติ	98
การล้มทางซ้าย	99
การล้มทางขวา	98
การแจ้งเตือนการเกิดอุบัติเหตุ	100
ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง	**98.75**

สรุปผลการทดสอบระบบ

ระบบตรวจจับพฤติกรรมการขับขี่รถจักรยานที่พัฒนาขึ้นโดยใช้สมาร์ทโฟนที่มีเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวของวัตถุ ประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่งและเซนเซอร์มุม สามารถตรวจจับพฤติกรรมที่สามารถเกิดขึ้นขณะที่รถจักรยานเคลื่อนที่ได้ โดยสามารถแบ่งแยกรูปแบบพฤติกรรมระหว่างการปั่นรถจักรยานแบบปกติและการเกิดอุบัติเหตุล้มรถจักรยานและยังสามารถแจ้งการเกิดอุบัติเหตุได้อย่างแม่นยำ โดยส่งข้อความระบุพิกัดการแจ้งเตือนแก่โรงพยาบาลและครอบครัวของนักปั่นผ่านบริการไลน์โนติไฟย์ สรุปการทำงานของทั้งระบบมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 98.75% ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิจัย นักศึกษา และผู้ที่สนใจเรียนรู้ ที่จะนำไปประยุกต์ใช้หรือพัฒนาต่อในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ให้การสนับสนุนทุนและสถานที่ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

มูลนิธิไทยโรดส์. 2556. “อัตราการบาดเจ็บของคนเดินเท้าและขี่จักรยาน ต่อ ประชากร 100,000 8o.” 2556. http://trso.thairoads.org/statistic/national/N-SPI-B/N-SPI-B5/N-SPI-B5-05.

สถานีสุขภาพ. 2560. “ปลอดภัยหรือเสียชีวิตขึ้นอยู่กับนาทีแรก.” 2560. https://www.pptvhd36.com/health-station/อุบัติเหตุ/18.

Watthanawisuth, N., T. Lomas, and A. Tuantranont. 2012. “Wireless Black Box Using MEMS Accelerometer and GPS Tracking for Accidental Monitoring of Vehicles.” In *Proceedings - IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics: Global Grand Challenge of Health Informatics, BHI 2012*, 847–50. https://doi.org/10.1109/BHI.2012.6211718.

Iwasaki, Jun, Akira Yamamoto, and Shigeo Kaneda. 2016. “Road Information-Sharing System for Bicycle Users Using Smartphones.” In *2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics, GCCE 2015*, 674–78. https://doi.org/10.1109/GCCE.2015.7398521.

พงษ์พันธ์ สมแพงธนัญ จารุวิทยโกวิท. 2560. “ระบบตรวจจับการล้มแบบ 2 มิติด้วย Bluetooth Accelerometer Sensor.” In , 287–91. การประชุมวิชาการระดับประเทศด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ (NCIT) ครั้งที่ 9.

Aloul, Fadi, Imran Zualkernan, Ruba Abu-Salma, Humaid Al-Ali, and May Al-Merri. 2015. “IBump: Smartphone Application to Detect Car Accidents.” *Computers and Electrical Engineering* 23: 66–75. https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.03.003.

Rihana, S., and J. Mondalak. 2016. “Wearable Fall Detection System.” In *Middle East Conference on Biomedical Engineering, MECBME*, 2016–November:84–87. https://doi.org/10.1109/MECBME.2016.7745414.

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง

Development of Learning Media in Topics of Computer Components with Augmented Reality Technology

สิริรักษ์ ขันฒานุรักษ์[1*] และ พาสนา เอกอุดมพงษ์[1]

Sirirak Khanthanurak[1*] and Passana Ekudompong[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality) 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ 3) เพื่อประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และผู้เรียน จำนวน 30 คน วิธีสุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถาม และสื่อ ซึ่งเป็นการจำลองโมเดลลักษณะโครงสร้างของชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ในรูปแบบแอนิเมชั่นสามมิติ (3 dimension) ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สื่อการเรียนรู้นี้พัฒนาด้วยโปรแกรม Autodesk 3ds max โปรแกรม Adobe Photoshop โปรแกรม Adobe Premiere Pro และโปรแกรม Unity 3D ผลการพัฒนาและทดสอบระบบด้วยการวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า IOC) และประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ด้วยแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญพบว่า ความสอดคล้องของเนื้อหามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 และผลประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เรียน มีค่าเท่ากับ 4.46 (จากคะแนนเต็ม 5.00) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า คุณภาพโดยรวมของสื่อการเรียนรู้นี้อยู่ในระดับดี

คำสำคัญ : สื่อการเรียนรู้, เทคโนโลยีเสมือนจริง, ส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

The objective of this research was to 1) Development of learning media in topics of computer components with augmented reality technology. 2) Determine the effectiveness of learning from the experts. 3) Evaluate the quality of learning media by learners. The samples in this study were 5 experts and 30 learners. The purposive sampling method was used in this study. The statistics tool used in this study was questionnaire and media. The model of the structure of computer components in 3D animation format using the Android operating system. The media was developed by using Autodesk 3ds max, Adobe Photoshop, Adobe Premiere Pro and Unity 3D. The performance of the learning media was studied by analyzing the item-objective congruence (IOC) and evaluation of the quality of learning media using a questionnaire. The findings indicated that index of IOC was 0.81 and Evaluation of quality of learning media by learners was 4.46 (in total 5) . It can be concluded that the overall performance of developed media is high level.

Keywords : Augmented Reality Technology, Learning media, Computer Components

[1] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง92150

[1] Department of Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Sub- Mai Fad Sub-district, Sikao District, Trang 92150, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sirirak.k@rmutsv.ac.th

บทนำ

การเรียนการสอนจะให้มีประสิทธิภาพนั้น นอกจากวิธีการสอนที่หลากหลาย ปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งคือจะทำอย่างไรให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจ อีกทั้งความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในขณะนี้ กำลังก้าวย่างเข้าสู่ยุคข้อมูลข่าวสารแบบไรพรมแดน อีกทั้งในอนาคตอันใกล้จะมีการเปิดเสรีทางการศึกษา ทำให้รูปแบบการศึกษาของประเทศไทยที่มีอยู่ต้องได้รับการพัฒนาและปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างมาก เนื่องจากในปัจจุบันมีกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทำให้เกิดระบบการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ขึ้นเน้นการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วมของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลาทุกสถานที่ โดยผู้เรียนจะเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับมาเป็นผู้เรียนรู้ มีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยศึกษาจากแหล่งเรียนรู้ เช่น เอกสารการสอนและสื่อ นอกจากนี้การจัดการศึกษาในปัจจุบัน ยังได้มุ่งเน้นการจัดการศึกษาที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จึงทำให้การจัดการศึกษาในปัจจุบันต้องยึดหลักที่ว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด และสอดรับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย (Thailand 4.0) (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2559) ซึ่งเป็นนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจใหม่ของประเทศไทยที่เน้นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจไปสู่ “Value-Based Economy” หรือเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม โดยมีฐานคิด คือ เปลี่ยนจากการผลิตสินค้า “โภคภัณฑ์” ไปสู่สินค้าเชิง “นวัตกรรม” เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม โดยเฉพาะกลุ่มดิจิทัล

ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาสื่อการเรียนรู้เรื่องส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (พนิดา ตันศิริ, 2553) เพื่อนำผลการวิจัยไปพัฒนาการเรียนการสอนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่องส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality)
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ
3. เพื่อประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 เทคโนโลยีเสมือนจริงที่แสดงถึงส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 แบบประเมินหาประสิทธิภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.3 แบบสอบถามการประเมินคุณภาพสื่อโดยผู้เรียน

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และผู้เรียนจำนวน 30 คนได้จากการเลือกอย่างเจาะจง จากคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

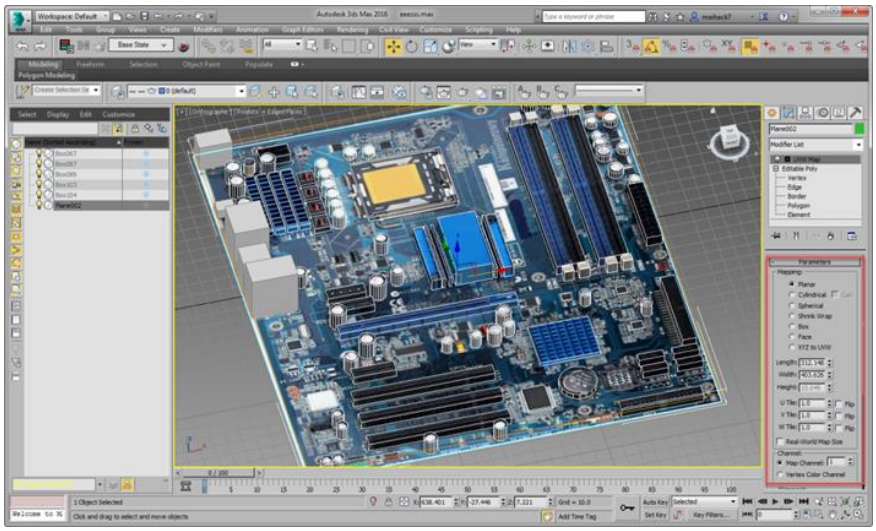
3. การออกแบบและพัฒนาสื่อการเรียนรู้

การสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงที่แสดงถึงส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ (วิวัฒน์ มีสุวรรณ, 2554) ผู้วิจัยดำเนินงานครั้งนี้โดยยึดหลักการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงที่แสดงถึงส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ตามหลักการสร้าง Augmented Reality ซึ่งแบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) การออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติ ซึ่งเป็นแบบจำลองแสดงลักษณะโครงสร้างของอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ (2) การออกแบบและพัฒนามาร์กเกอร์ และ (3) การ

พัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อให้แสดงผลโมเดลที่พัฒนาขึ้นบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ รายละเอียดการพัฒนามีดังนี้

3.1 การออกแบบและพัฒนาโมเดลสามมิติ

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Autodesk 3ds max ในการออกแบบและพัฒนาโมลเดลสามมิติที่เกี่ยวกับส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 1 การออกแบบโมเดลสามมิติ

3.2 การออกแบบและพัฒนา Target Image หรือ Marker

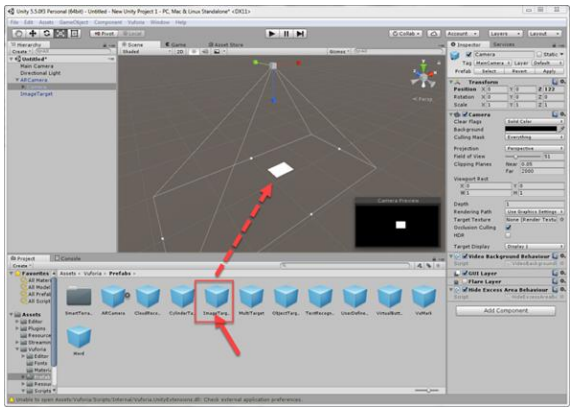
ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Adobe Photoshop ในการออกแบบและพัฒนา Target Image หรือ Marker ซึ่งออกแบบตามชื่อย่อที่ใช้เรียกอุปกรณ์แต่ละส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่ายตัวอย่างแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบพัฒนา Target Image หรือ Marker

3.3 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

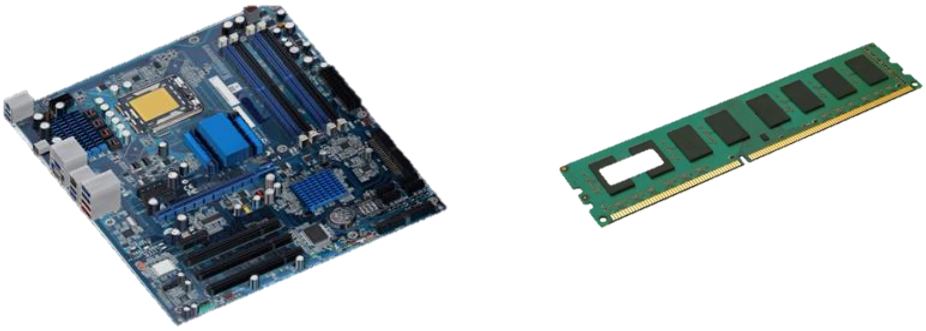
การพัฒนาแอพพลิเคชั่นที่ใช้งานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรม Unity 3D ร่วมกับ Vuforia เพื่อเชื่อมโยง Target Image หรือ Marker ที่พัฒนาในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ให้แท็บเล็ตหรือสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สามารถอ่านค่ามาร์คเกอร์ผ่านกล้องแล้วแสดงผลโมเดลสามมิติที่ตรงกันได้



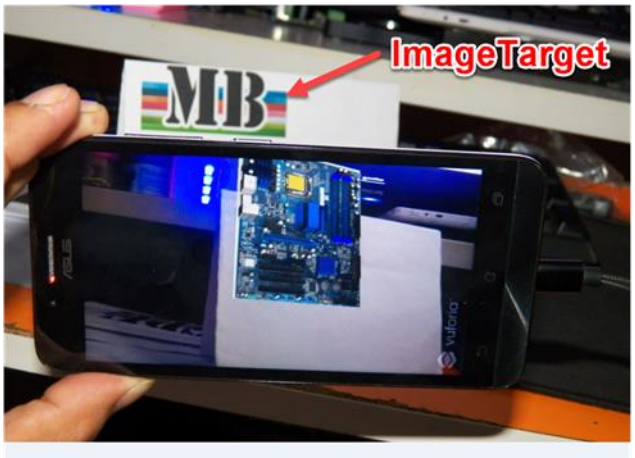
ภาพที่ 3 การใช้งาน Unity 3D ร่วมกับ Vuforia เพื่อเชื่อมโยง Target Image หรือ Marker

ผลการพัฒนาและทดสอบระบบ

สื่อการเรียนรู้ เรื่องส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างโมเดลเกี่ยวกับส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 4 และผลการทดสอบโดยการใช้งานแอพพลิเคชั่น แสดงในภาพที่ **5**



ภาพที่ 4 โมเดลเกี่ยวกับส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบโดยการใช้งานแอพพลิเคชั่นโดยสมาร์ทโฟน

การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า ICO) และ (2) การหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสอดคล้องของเนื้อหา (ค่า ICO : index of item-objective congruence) (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548)

$$ICO = \sum R / N$$

โดยที่ $\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน และ **N** คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วยอาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จำนวน 5 คน ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบด้านเนื้อหา และสื่อ ประเมินความตรงของเนื้อหา ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ประเมินความเชื่อมั่น ว่ามีความเชื่อมั่นเพียงไรตรวจสอบ ด้านตัวสื่อด้านการออกแบบคอมพิวเตอร์ ประเมินลักษณะของสื่อ อักษร ภาพ ภาพเคลื่อนไหว กราฟิกเนวิเกชั่น และอื่นๆ ผลการคำนวนหาค่า ICO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานได้

การศึกษาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้จากผู้เรียน จำนวน 30 คน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) คุณภาพด้านเนื้อหา (2) คุณภาพด้านสื่อ และ (3) ความพึงพอใจในการใช้งาน เกณฑ์คะแนนแบ่งเป็น 5 ระดับตามมาตราส่วนประเมินค่าของลิเคอร์ท (Likert Scale) (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548) ผลการประเมินพบว่าคุณภาพของสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับดี ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เรียน

คุณภาพ	ระดับคะแนนเฉลี่ย	การแปลผล
ด้านเนื้อหา	4.60	ระดับดีมาก
ด้านสื่อ	4.60	ระดับดีมาก
ความพึงพอใจในการใช้งาน	4.20	ระดับดี
รวม	4.46	ระดับดี

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เรื่อง ส่วนประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประสิทธิภาพด้านเนื้อหา และสื่อ ประเมินความตรงของเนื้อหา ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ประเมินความเชื่อมั่น ว่ามีความเชื่อมั่นเพียงไร ตรวจสอบด้านตัวสื่อด้านการออกแบบคอมพิวเตอร์ ประเมินลักษณะของสื่อ อักษร ภาพ ภาพเคลื่อนไหว กราฟิกเนวิเกชั่น และอื่นๆ ผลการคำนวนหาค่า ICO มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.81 ถือได้สามารถนำไปใช้งานได้ และนำงานวิจัยไปประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เรียน จำนวน 30 คน มีค่าเท่ากับ 4.46 (คะแนนเต็ม 5) จึงสามารถสรุปได้ว่า คุณภาพของสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับดี

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ปัจจัยด้านการรับรู้ที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีเสมือนจริงของผู้ใช้งานกลุ่มเจเนอเรชั่นวาย” โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณปี 2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

พนิดา ตันศิริ. 2553. โลกเสมือนผสานโลกจริง (Augmented Reality). วารสารนักบริหาร มหาวิทยาลัยกรุงเทพ 30(2): 169-175.

มนชัย เทียนทอง. 2548. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ. 2554. การเรียนรู้ด้วยการสร้างโลกเสมือนผสานโลกจริง. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 13(2): 119-127.

สุวิทย์ เมษินทรีย์. 2 พฤษาคม 2559. ไขรหัส "ประเทศไทย 4.0" สร้างเศรษฐกิจใหม่ ก้าวข้ามกับดักรายได้ปานกลาง. ไทยรัฐออนไลน์. ค้นเมื่อ 29 พฤษภาคม 2559, จาก http://www.thairath.co.th/content/613903

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานจากเถ้าปาล์มน้ำมันสำหรับชุมชนท้องถิ่น

Product Development of Concrete Block and Interlocking Block from Oil Palm Ash for Local Communities

อมเรศ บกสุวรรณ[1] และ ประชุม คำพุฒ[1*]

Amres Boksuwan[1] and Prachoom Khamput[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการใช้เถ้าปาล์มน้ำมันสำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน กำหนดอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน ประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: เถ้าปาล์มน้ำมัน: หินฝุ่น เท่ากับ 1: 0: 7, 1: 0.2: 6.8, 1: 0.4: 6.6, 1: 0.6: 6.4, 1: 0.8: 6.2 และ 1: 1: 6 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ของคอนกรีตบล็อก เท่ากับ 0.5 โดยน้ำหนัก และอิฐบล็อกประสาน เท่ากับ 1 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร และอิฐบล็อกประสาน ขนาด 12.5 x 25 x 10 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัด ทดสอบตามมาตรฐาน มอก.58 – 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก มาตรฐาน มผช. 602 – 2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน และมาตรฐาน ASTM C518 ผลการทดสอบ พบว่า บล็อกที่มีส่วนผสมเถ้าปาล์มน้ำมันทั้ง 2 ชนิดนั้น เมื่อผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณมาก ส่งผลให้น้ำหนัก การดูดกลืนน้ำ ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำกว่าบล็อกที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณน้อย ทั้งนี้อัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่เหมาะสมที่สุด คือ อัตราส่วน 1: 0.8: 6.2 ซึ่งสามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อก, อิฐบล็อกประสาน, เถ้าปาล์มน้ำมัน, วัสดุก่อสร้าง, ความต้านทานแรงอัด

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Khonghok, Thanyaburi, Pathumtani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : prachoom.k@en.rmutt.ac.th

ABSTRACT

This research aims to study and compare the using oil palm ash to develop concrete block and interlocking block products. The mix ratios of concrete block and interlocking block are Portland cement type1: oil palm ash: quarry dust which include 1: 0: 7, 1: 0.2: 6.8, 1: 0.4: 6.6, 1: 0.6: 6.4, 1: 0.8: 6.2 and 1: 1: 6 by weight and the water to cement ratios equal to 0.6 by weight (for concrete blocks) and 1 by weight (for interlocking blocks). The concrete block samples are cast in 7 x 19 x 39 centimeter and the interlocking block samples are cast in 12.5 x 25 x 10 centimeter with compression molding machine. The concrete block and interlocking block samples were tested in accordance with TIS 58-2533, TCPS 602-2547, and ASTM C518 standard, respectively. From the experiment, the weight, water absorption, compressive strength, and thermal conductivity of the 2 block types with high quantity of oil palm ash are lower than the blocks with low quantity of oil palm ash. The suitable ratio of concrete block and interlocking block mixed with oil palm ash samples is 1: 0.8: 6.2 which can pass the standard.

Keywords : Concrete Block; Interlocking Block; Oil Palm Ash; Construction Material; Compressive Strength

บทนำ

เถ้าปาล์มน้ำมัน เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการนำกากของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย ทางใบ ใบ และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม เผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส (ชัย, 2553) เมื่อพิจารณาการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้งานในปัจจุบันมุ่งเน้นด้านการเป็นวัสดุปอซโซลานสำหรับทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน (วีระชาติ และคณะ, 2546) ซึ่งต้องนำมาทำการบดย่อยให้ละเอียดขนาดเท่ากับปูนซีเมนต์ ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 จึงเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เมื่อมาทำการผลิตในเชิงพาณิชย์ยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในระดับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม หรือวิสาหกิจชุมชน ซึ่งหากมีวิธีการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์โดยไม่ต้องบดย่อยได้ ก็จะเป็นการใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าเป็นอย่างยิ่ง

คอนกรีตบล็อก และอิฐบล็อกประสาน เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ น้ำ และมวลรวม ทั้งทราย หินฝุ่น ดิน ลูกรัง มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ขึ้นรูปได้ทั้งเครื่องจักรขนาดใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือเครื่องจักรขนาดเล็กแบบวิสาหกิจชุมชน ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็ก จึงมีความเหมาะสมหากนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัสดุที่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต โดยนำมาออกแบบส่วนผสมให้มีความเหมาะสมกับทั้งคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน โดยมุ่งเน้นให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ ผ่านตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 602/2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน (สมอ., 2547) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการช่วยลดปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เป็นปัญหาในการบริหารจัดการเป็นอย่างมากในปัจจุบัน โดยการนำวัสดุเหลือทิ้งเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์นั้น ยังสามารถพัฒนาต่อเป็นวัสดุก่อสร้างประเภทอื่น ๆ ได้ในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1

2) เถ้าปาล์มน้ำมัน จากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 1ก)

3) หินฝุ่น จากจังหวัดสระบุรี ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 (ภาพที่ 1ข)

4) น้ำประปา

5) เครื่องผสมคอนกรีต

6) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่ากึ่งอัตโนมัติ พร้อมแบบอัดขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร

7) อุปกรณ์พลิกคอนกรีตบล็อก

8) เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบมือโยก ขนาด 12.5 x 25 x 10 เซนติเมตร

9) แบบหล่อแผ่นคอนกรีต ขนาด 30 x 30 x 5 เซนติเมตร สำหรับหล่อตัวอย่างทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

10) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล

11) เตาอบ

12) ชุดอุปกรณ์เครื่องแก้วสำหรับตวงส่วนผสม

13) ชุดอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ขนาด (Sieve Analysis)

14) ชุดอุปกรณ์การทดสอบความหนาแน่นและการดูดซึมน้ำ

15) ชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล

16) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

17) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ (Universal Testing Machine)



ก. เถ้าปาล์มน้ำมัน



ข. หินฝุ่น

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่น

2. การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน

ออกแบบอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการทำวิจัย โดยการทดลองผสมอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แล้วทำการปรับส่วนผสมให้เถ้าปาล์มน้ำมันไปแทนที่หินฝุ่นทีละน้อย เพื่อให้สามารถนำไปทดสอบแล้วได้แนวโน้มผลการทดสอบสมบัติทางกลตามต้องการ และไม่แตกหักง่าย ซึ่งสามารถสรุปอัตราส่วนผสมได้ ดังตารางที่ 1

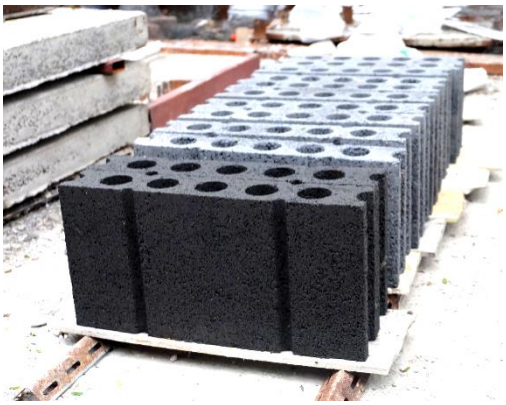
ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก (CPA) และอิฐบล็อกประสาน (IPA) สำหรับการวิจัย (โดยน้ำหนัก)

สัญลักษณ์	อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์ประเภท 1	เถ้าปาล์มน้ำมัน	หินฝุ่น
PA1	1 : 0 : 7	1	0	7
PA2	1 : 0.2 : 6.8	1	0.2	6.8
PA3	1 : 0.4 : 6.6	1	0.4	6.6
PA4	1 : 0.6 : 6.4	1	0.6	6.4
PA5	1 : 0.8 : 6.2	1	0.8	6.2
PA6	1 : 1 : 6	1	1	6

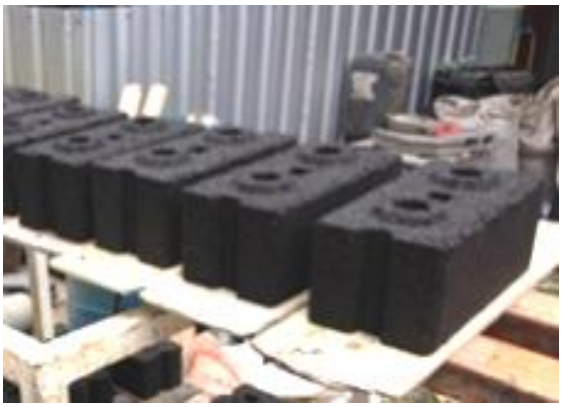
หมายเหตุ ปริมาณน้ำของคอนกรีตบล็อกเท่ากับ 0.5 และอิฐบล็อกประสานเท่ากับ 1.0

3. การขึ้นรูปตัวอย่างทดสอบและการทดสอบสมบัติ

ทำการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างการทดสอบทั้งหมด ทั้งคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน โดยผสมส่วนผสมให้เข้ากันก่อน แล้วจึงค่อย ๆ เติมน้ำลงไปด้วยฝักบัวหรือหัวฉีดพ่นให้เป็นละอองกว้าง ขณะผสมควรหยุดเครื่องเพื่อเกลี่ยส่วนผสมที่ติดอยู่ข้างเครื่องผสมออก เมื่อส่วนผสมเข้ากันดีแล้วให้นำเข้าเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานทันที เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ นำก้อนตัวอย่างออกจากแบบ (ภาพที่ 2) บ่มคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานในสภาพอากาศปกติ โดยการพรมน้ำและห่อด้วยแผ่นพลาสติกป้องกันการสูญเสียความชื้น จากนั้นนำมาทดสอบสมบัติต่าง ๆ ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) ทดสอบตามมาตรฐาน มผช.602-2547 เรื่องอิฐบล็อกประสาน (สมอ., 2547) ประกอบด้วย การทดสอบความต้านทานแรงอัดหรือกำลังอัด ที่อายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน การทดสอบปริมาณความชื้น การทดสอบการดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำ การทดสอบการหดตัวแห้ง ที่อายุการบ่ม 28 วัน หลังจากนั้นทำการทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C518-15 (ASTM, 2015) ที่อายุการบ่ม 28 วัน



ก. คอนกรีตบล็อก



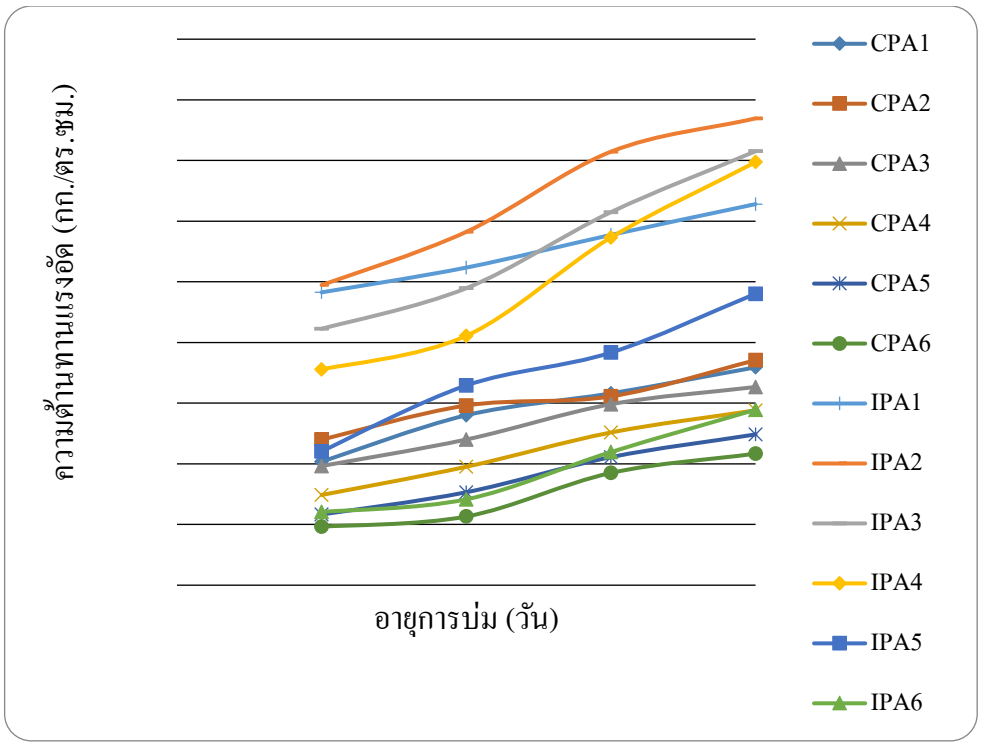
ข. อิฐบล็อกประสาน

ภาพที่ 2 คอนกรีตบล็อก (ซ้ายมือ) และอิฐบล็อกประสาน (ขวามือ)

ผลและวิจารณ์ผล

1. ความต้านทานแรงอัด

ผลการทดสอบความต้านทานแรงอัดได้กำหนดสัญลักษณ์ของคอนกรีตบล็อกเป็น CPA และอิฐบล็อกประสานเป็น IPA โดยมีการเรียงลำดับอัตราส่วนผสมดังตารางที่ 1 ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 3 ต่อไปนี้



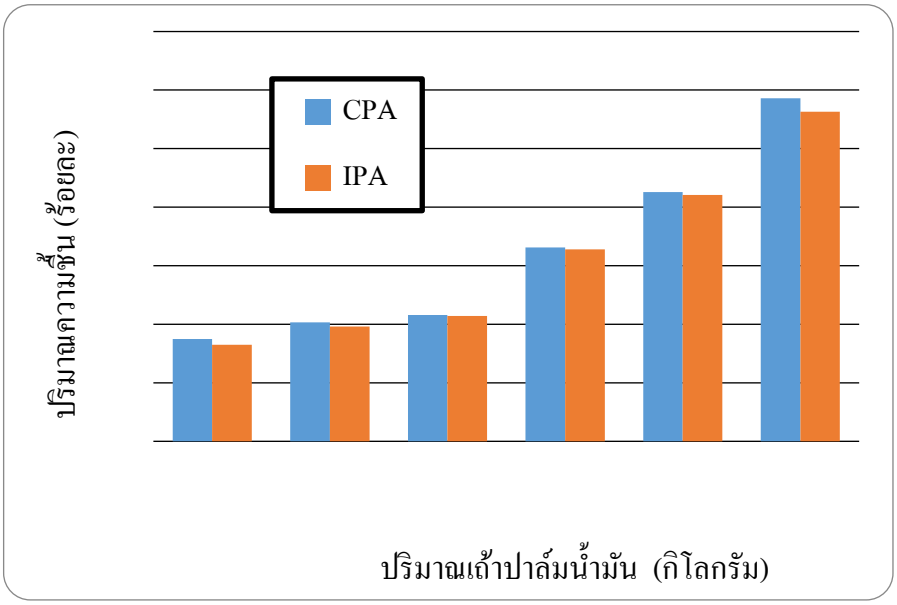
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและอายุการบ่มของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน

ภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความต้านทานแรงอัดที่ลดลงของทั้งคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน เมื่อมีการผสมเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่หินฝุ่นในปริมาณที่มากขึ้น เนื่องจากเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาผสม แม้ว่าจะเป็นวัสดุปอซโซลาน

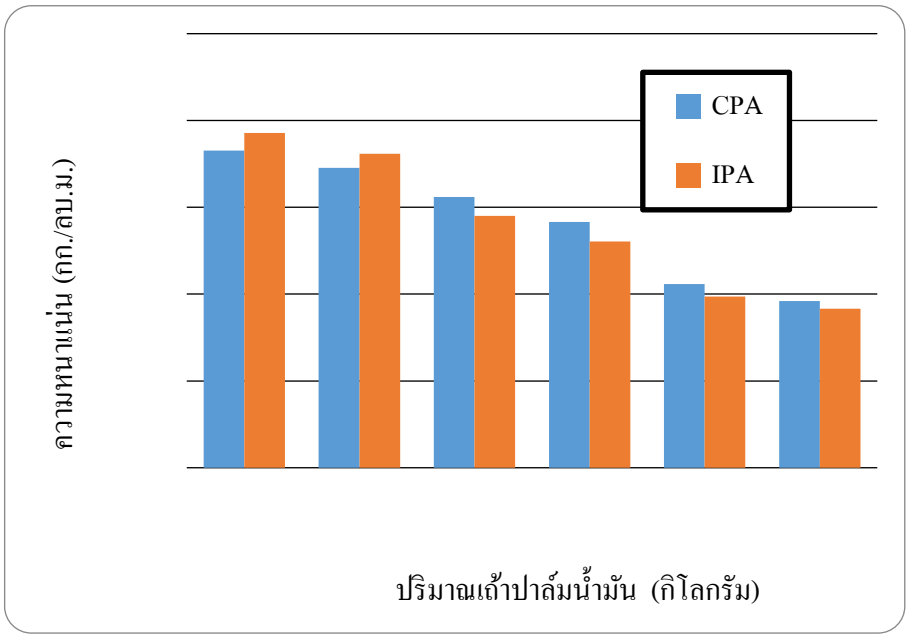
(Pozzolan) ที่มีปริมาณของซิลิก้า (SiO_2) มาก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์และเพิ่มความต้านทานแรงอัดได้ แต่เถ้าปาล์มน้ำมันนี้ยังไม่ผ่านการบดให้มีขนาดเล็กกว่า 325 เมช จึงทำให้ไม่สามารถทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ (ปริญญา และชัย, 2555) เถ้าปาล์มน้ำมันจึงเป็นเพียงวัสดุที่มีอนุภาคขนาดเล็ก และจากขนาดของอนุภาคทำให้การเชื่อมประสานเถ้าปาล์มน้ำมันกับส่วนผสมอื่นของคอนกรีตบล็อกหรืออิฐบล็อกประสาน ต้องใช้ปูนซีเมนต์ในปริมาณที่มากกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า เพราะเถ้าปาล์มน้ำมันจะหลุดร่อนได้ง่ายและบล็อกทั้ง 2 ชนิด มีความเปราะแตกหักได้ง่ายขึ้น โดยที่อัตราส่วนผสมเดียวกันของบล็อกทั้ง 2 ชนิด พบว่าอิฐบล็อกประสานมีแนวโน้มของความต้านทานแรงอัดที่สูงกว่าคอนกรีตบล็อก ซึ่งเป็นผลมาจากรูปร่างลักษณะของคอนกรีตบล็อกที่มีความสูง ตลอดจนช่องว่างขนาดใหญ่กว่าอิฐบล็อกประสาน เมื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกกับมาตรฐาน มอก.58-2533 (สมอ., 2533) และอิฐบล็อกประสานกับมาตรฐาน มอก.602-2547 (สมอ., 2547) พบว่า อัตราส่วน CPA6 และ IPA6 หรืออัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันต่ำกว่านี้สามารถผ่านตามที่มาตรฐานคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานชนิดไม่รับน้ำหนักกำหนด คือ มีความต้านทานแรงอัดสูงกว่า 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 2.5 เมกะพาสคัล ที่อายุการบ่ม 28 วัน ซึ่งสามารถใช้งานก่อเป็นผนังเปลือกอาคารทั่วไปได้

2. ปริมาณความชื้นและความหนาแน่น

ปริมาณความชื้นและความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันแสดงผลเปรียบเทียบดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 4 ปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

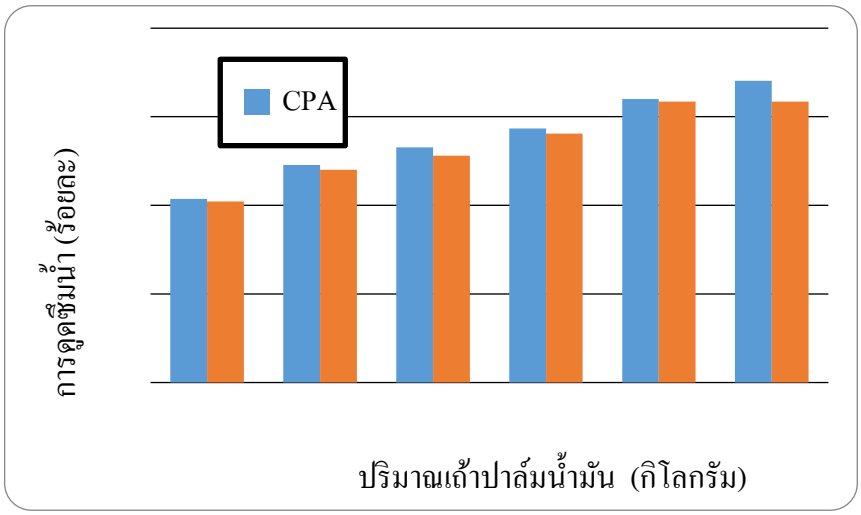


ภาพที่ 5 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

ภาพที่ 4 พบว่าปริมาณความชื้นของบล็อกทั้ง 2 ชนิด มีค่าค่อนข้างต่ำและมีความใกล้เคียงกัน ซึ่งปริมาณความชื้นที่อยู่ภายในบล็อกเป็นปริมาณน้ำที่เหลือจากปฏิกิริยาของปูนซีเมนต์ รวมทั้งความชื้นบริเวณโดยรอบที่แทรกตัวเข้าไปภายในบล็อก โดยเห็นได้ว่าปริมาณของเถ้าปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อแนวโน้มของความชื้นที่สูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ก็เป็นผลมาจากเถ้าปาล์มน้ำมันที่นำมาผสมเป็นวัสดุที่มีความพรุนค่อนข้างสูง เนื่องจากยังไม่ผ่านการบดให้ละเอียดทำให้การสะสมความชื้นเกิดขึ้นได้มาก อย่างไรก็ตามความพรุนและลักษณะของเถ้าปาล์มน้ำมันกลับส่งผลดีต่อน้ำหนักที่ลดลงของบล็อกทั้ง 2 ชนิด โดยเห็นได้จากผลการทดสอบความหนาแน่นในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่า คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่ไม่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันมีความหนาแน่นเท่ากับ 1,865 และ 1,885 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ แต่เมื่อมีการแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันทำให้ความหนาแน่นลดลงต่ำที่สุดเป็น 1,692 และ 1,683 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมัน 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการแทนที่เถ้าปาล์มน้ำมันที่มีค่าความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าหินฝุ่นที่มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.70 (ดนุพล, 2553)

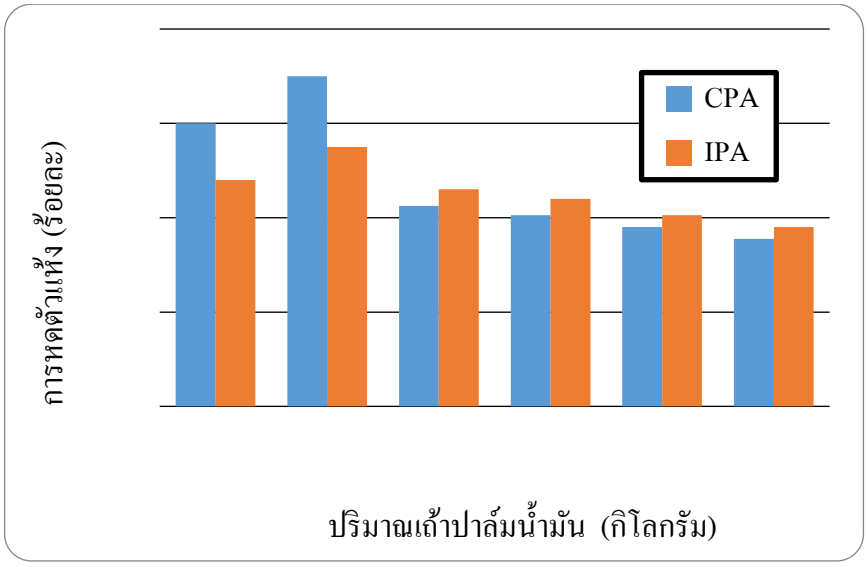
3. การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้ง

การดูดซึมน้ำและการหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมัน แสดงผลเปรียบเทียบดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5



ภาพที่ 6 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

ภาพที่ 6 แสดงผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่อายุการบ่ม 28 วัน ซึ่งมีปริมาณการแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันต่าง ๆ พบว่า ลักษณะพรุนของเถ้าปาล์มน้ำมันที่ไม่ผ่านการบดมีผลต่อค่าการดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้นของบล็อกทั้ง 2 ชนิด โดยบล็อกที่ไม่มีเถ้าปาล์มน้ำมัน มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 8.29 และ 8.18 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันมากที่สุด มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 13.62 และ 12.68 ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกกับมาตรฐาน มอก.58-2533 และอิฐบล็อกประสานกับมาตรฐาน มผช.602-2547 สรุปได้ว่า บล็อกทั้งหมดมีค่าการดูดซึมผ่านตามมาตรฐานทั้งหมด โดยคอนกรีตบล็อกต้องมีค่าการดูดซึมน้ำ ไม่เกินกว่า ร้อยละ 25 ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์ น้อยกว่า 25 และมีค่าการหดตัวทางยาวมากกว่าร้อยละ 0.245 จึงสามารถนำบล็อก ทั้ง 2 ชนิด จากงานวิจัยไปใช้งานก่อสร้างได้ โดยไม่มีปัญหาการแตกร้าวของปูนก่อ-ปูนฉาบ จากการดูดซึมน้ำของบล็อก

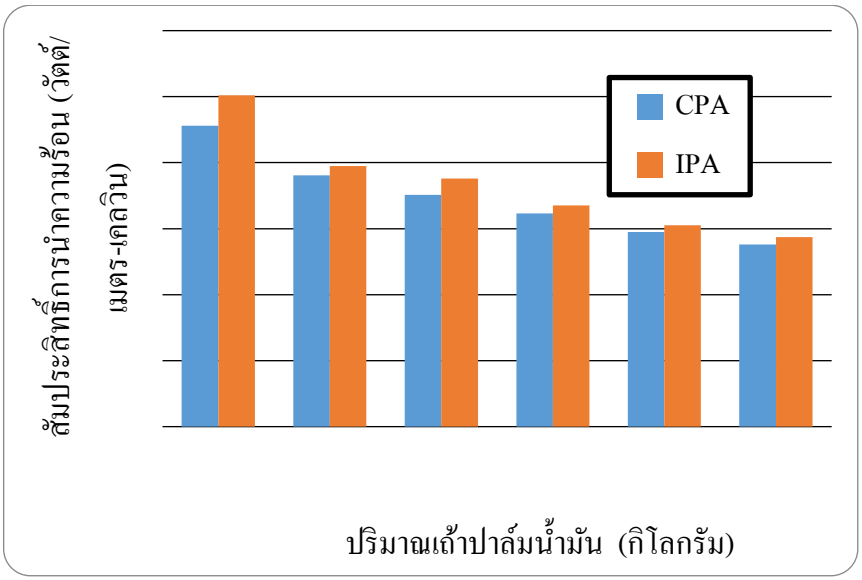


ภาพที่ 7 การหดตัวแห้งของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

ภาพที่ 7 พบว่าการหดตัวแห้งของบล็อกทั้ง 2 ชนิด มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปโดยมีค่าลดลง เมื่อแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณที่สูงขึ้น ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.71 ถึง 1.4 ซึ่งถือว่าน้อยมากและไม่มีผลต่อการนำบล็อกดังกล่าวไปใช้งานก่อผนังโดยทั่วไป อีกทั้งมาตรฐานของคอนกรีตบล็อก (มอก.58-2533) และอิฐบล็อกประสาน (มผช.206-2547) ไม่ได้มีการกำหนดว่าบล็อกดังกล่าวต้องมีการหดตัวแห้งไม่เกินเท่าใด เพียงแต่กำหนดไว้ประกอบการพิจารณาค่าการดูดซึมน้ำเท่านั้น (สมอ., 2533; สมอ., 2547) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือการหดตัวดังกล่าวเป็นผลมาจากการสูญเสียความชื้น ซึ่งหากวัสดุมีการสูญเสียความชื้นมากหรือง่ายก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวหรือหดตัวมากขึ้นตามไปด้วย (วินิต, 2527)

4. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนเป็นสมบัติหนึ่งที่ส่งผลต่อการเลือกใช้งานคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน แม้ว่าจะไม่มีระบุไว้ในมาตรฐาน เนื่องจากบล็อกที่มีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนดี สามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศได้ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเป็นผลการทดสอบที่สามารถแสดงให้เห็นประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของวัสดุได้ดี)ASTM, 2015 จากภาพที่ (8 พบว่าการผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณที่มากขึ้นสามารถช่วยให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนลดลง เนื่องจากความพรุนของเถ้าปาล์มน้ำมันซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ,ประชุม และคณะ)2558ทั้งนี้เมื่อเทียบกับคอนกรีต อิฐมอญ และคอนกรีตบล็อกทั่วไป ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การ (1.28 นำความร้อน เท่ากับ,) เคลวิน ตามลำดับ-เมตร/วัตต์ 0.519 และ 1.15Young, 1992พบว่า คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อก (ประสานผสมเถ้าปาล์มน้ำมันมีความเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีมาก



ภาพที่ 8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานที่อายุ 28 วัน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานจากเถ้าปาล์มน้ำมัน สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนในการผลิตคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานจากเถ้าปาล์มน้ำมันไม่มีความแตกต่างจากการผลิตบล็อกทั่วไปมากนัก เพียงแต่ปริมาณน้ำที่ใช้ผสมต้องเพิ่มปริมาณมากขึ้น เนื่องจากเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุที่มีความพรุน ทำให้เมื่อผสมกับวัสดุอื่นแล้วเกิดการดูดน้ำเข้าไปในเนื้อเถ้าปาล์มน้ำมันค่อนข้างมาก จึงต้องทำการเติมน้ำมากขึ้นกว่าบล็อกทั่วไป ทั้งในกรณีของคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน เพื่อให้น้ำที่เติมสามารถเข้าไปทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์อย่างเพียงพอ

2. อัตราส่วนที่เหมาะสมและผ่านเกณฑ์มาตรฐานของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์: เถ้าปาล์มน้ำมัน: หินฝุ่น เท่ากับ 1: 0.8: 6.2 โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 0.5 ส่วนของอิฐบล็อกประสาน ตามมาตรฐาน มผช.602-2547 คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์: เถ้าปาล์มน้ำมัน: หินฝุ่น เท่ากับ 1: 0.8: 6.2 โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ เท่ากับ 1.0

3. ผลการทดสอบและเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ระหว่างคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานจากเถ้าปาล์มน้ำมันพบว่า สมบัติของบล็อก ทั้ง 2 ชนิด มีค่าใกล้เคียง และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลต่อความต้านทานแรงอัด ความหนาแน่น การหดตัวแห้ง และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่สมบัติที่แตกต่างกัน คือ ความต้านทานแรงอัดของอิฐบล็อกประสานที่สูงกว่าคอนกรีตบล็อกเสมอ ซึ่งเป็นผลมาจากรูปร่างลักษณะของอิฐบล็อกประสานที่รับแรงอัดได้ดีกว่าคอนกรีตบล็อก

4. การนำบล็อกทั้ง 2 ชนิด คือ คอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสาน มาใช้งานจริง พบว่าสามารถใช้งานได้ดีเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกและอิฐบล็อกประสานทั่วไป โดยไม่เห็นถึงความแตกต่างของบล็อกที่มีส่วนผสมของเถ้าปาล์มน้ำมันและบล็อกทั่วไป ยกเว้น แต่เรื่องสีของบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่ดำเข้มกว่าบล็อกทั่วไปเท่านั้น ซึ่งไม่มีผลต่อการใช้งานเมื่อทำเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2553. เถ้าปาล์มน้ำมัน : วัสดุปอซโซลานในอนาคตสำหรับคอนกรีต. **วารสารคอนกรีต.** สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 9 : 8 หน้า.

ดนุพล ตันนโยภาส. 2553. **แร่และหิน.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร, นิรมล ปั้นลาย และธงเทพ ศิริโสดา. 2558. การใช้เศษหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก. **วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต.** 3 (1).

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 381 หน้า.

วินิต ช่ออวิเชียร. 2527. **คอนกรีตเทคโนโลยี.** (พิมพ์ครั้งที่ 5). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร,

วีรชาติ ตั้งจิรภัทร, จตุพล ตั้งปกาศิต, ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2546. วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, 26(4) : 459-474.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก.** กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.109 เรื่องวิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต.** กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.602-2547) เรื่องอิฐบล็อกประสาน**. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

ASTM C518-15. 2015. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. **ASTM International**. West Conshohocken, PA.

Young, Hugh D. 1992. **Hyper Physics**. University Physics. Addison Wesley.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจากเศษหินไรโอไลต์

Development of Concrete Block Product from Rhyolite Fragment

ประชุม คำพุฒ[1*]

Prachoom Khamput[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้เศษหินไรโอไลต์สำหรับพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: หินฝุ่น: เศษหินไรโอไลต์: เท่ากับ 1:10:0, 1:9:1, 1:8:2, 1:7:3, 1:6:4, 1:5:5 และ 1:4:6 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนน้ำประปาต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.65 โดยน้ำหนัก ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ทดสอบตามมาตรฐาน มอก. 58 – 2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก ผลการทดสอบ พบว่า น้ำหนักต่อก้อน กำลังอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์มีค่าสูงกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไป และอัตราส่วนที่เหมาะสมของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์สามารถผ่านตามที่มาตรฐานกำหนด รวมทั้งใช้เป็นวัสดุสำหรับก่อผนังได้ดีเช่นเดียวกับคอนกรีตบล็อกทั่วไป

คำสำคัญ : เศษหินไรโอไลต์, คอนกรีตบล็อก, วัสดุก่อสร้าง, ความต้านทานแรงอัด

ABSTRACT

This research aims to study the using rhyolite rock fragments to develop concrete block product. The mixture ratios of Portland cement type1: quarry dust: rhyolite rock fragments are 1:10:0, 1:9:1, 1:8:2, 1:7:3, 1:6:4, 1:5:5 and 1:4:6 by weight and water to cement ratio (w/c) equal to 0.65 by weight. The concrete block samples are cast in 7 x 19 x 39 centimeter standard hollow core units with a concrete block molding machine. The concrete block sample testing follows the TIS 58-2533 Standard on non-load bearing concrete blocks. From the experiment, the unit weight, compressive strength, and thermal conductivity of concrete blocks mixed with rhyolite rock fragment are higher than general concrete blocks. The suitable ratio of concrete block mixed with rhyolite rock fragment can be classified as standard and use for wall construction as well as the general concrete block.

Keywords : rhyolite rock Fragments, concrete block, construction material; compressive strength

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Khonghok, Thanyaburi, Pathumtani 12110, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : prachoom.k@en.rmutt.ac.th

บทนำ

หินไรโอไลต์ เป็นหินประเภท หินอัคนีผุ เกิดจากหินลาวาขึ้นมาเย็นตัวบนพื้นผิวโลก แร่ที่เป็นส่วนประกอบเกือบทั้งหมดเป็นพวกซิลิกา ที่เป็นแร่ควอตซ์เม็ดเล็กละเอียด หรือส่วนที่เป็นแก้วธรรมชาติ ลักษณะเนื้อเป็นฟองและเบา มีเนื้อสีจาง เช่น สีขาว มีรูพรุนเล็ก ๆ เต็มไปหมด จนบางครั้งสามารถลอยน้ำได้ เนื้อไม่เนียน เพราะมีรูพรุน แต่อย่างไรก็ตามเนื้อยังเป็นแก้ว เพราะลาวาเย็นตัวเสียก่อนที่แร่จะตกผลึกได้ทัน ก๊าซที่มีปนอยู่ในเนื้อทำให้เกิดเป็นรูเล็ก ๆ ทั้งก้อน พบตามชายทะเล จังหวัดระยอง ซึ่งลอยมาได้จากที่อื่น ประโยชน์ใช้เป็นหินถูตัว ใช้ทำวัสดุขัดถูภาชนะดี ทำให้ผิวภาชนะเป็นเงาวาว บางก้อนถ้าตัดได้เป็นแผ่น ใช้ทำเป็นฉนวนในเครื่องทำความเย็น หากนำมาใช้กับปูนซีเมนต์ และปูนพลาสเตอร์จะทำให้น้ำหนักเบาขึ้น หินไรโอไลต์ส่วนในจังหวัดสระบุรี พบพื้นที่ศักยภาพบริเวณบ้านบ่อหิน ซึ่งชาวบ้านใช้ทำวัตถุดิบอุตสาหกรรมหินลับมีด เป็นแหล่งที่มีชื่อเสียงพอกับหินลับมีดที่ทำจากหินชนิดเดียวกันจาก จังหวัดลพบุรี และราชบุรี ชาวบ้านย่านบ้านบ่อหิน ตำบลพุแค อำเภอเมือง สกัดหินไรโอไลต์ จากพื้นหินบริเวณใกล้ ๆ บ้านมาทำหินลับมีด ซึ่งเป็นกิจกรรมเลี้ยงชีพที่ทำมานาน บริเวณนี้จึงพบบ่อหินในบริเวณหินไรโอไลต์มากมาย หินลับมีดไรโอไลต์ที่มาจากบ้านบ่อหินมีลักษณะเนื้อทรายค่อนข้างละเอียด สีเทาขาว ประด้วยสีเหลืองและน้ำตาลแดงของสนิมเหล็ก ส่วนพื้นที่แหล่งหินไรโอไลต์เพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง พบในเขตอำเภอแก่งคอย เป็นพื้นที่ประทานบัตรที่เปิดการ 1 แปลง และอยู่ระหว่างขอต่ออายุ 1 แปลง มีเนื้อที่รวม 0.1983 ตร.กม. ปริมาณสำรองที่มีศักยภาพเป็นไปได้ประมาณ 19 ล้านเมตริกตัน นอกจากนี้แหล่งหินไรโอไลต์ ยังพบร่วมกับหินแอนดีไซต์ โดยพบตามขอบที่ราบสูงโคราช เช่น นครราชสีมา สระบุรี เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครนายก แพร่ และลำปาง ทางด้านทิศตะวันออก จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดตราด อีกด้วย ปัจจุบันมีเศษหินฝุ่นที่เหลือทิ้งจากกระบวนการทำเหมืองและบดย่อยแร่ไรโอไลต์กองอยู่บริเวณเหมืองหินเป็นจำนวนมาก การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะเป็นการนำไปถมที่ ซึ่งมีราคาถูกมาก

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ มวลรวม และน้ำ ซึ่งปกติมวลรวมในการผลิตคอนกรีตบล็อกจะใช้หินฝุ่นหินปูนเป็นหลัก เนื่องจากมีความแข็งแรงและขึ้นรูปได้ง่ายด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก คอนกรีตบล็อกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีทั้งชนิดรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) การนำเศษหินไรโอไลต์มาใช้ประโยชน์ในการเป็นมวลรวมทดแทนหินฝุ่นหินปูนมีความเป็นไปได้ในการผลิตคอนกรีตบล็อก เนื่องจากเป็นเศษหินที่เหลือทิ้งจากกระบวนการบดย่อยและคัดแยกขนาดหินภายในเหมืองหินเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากหินไรโอไลต์เป็นหินภูเขาไฟซึ่งมีความแข็งแรงน้อยกว่าหินปูน (ประชุม และคณะ, 2558) จึงมุ่งเน้นการพัฒนาส่วนผสมเป็นผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนักก่อนเป็นหลัก ทั้งนี้หากบรรลุตามเป้าที่ตั้งไว้ก็จะได้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกที่สามารถส่งเสริมให้เกิดเป็นวิสาหกิจชุมชนภายในพื้นที่บริเวณเหมืองหินไรโอไลต์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1) เศษหินไรโอไลต์ จากจังหวัดสระบุรี (ภาพที่ 1ก)

2) หินฝุ่นหินปูน จากจังหวัดสระบุรี (ภาพที่ 1ข)

3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1

4) น้ำประปา

5) เครื่องชั่งน้ำหนัก

6) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด 7 x 19 x 39 ลูกบาศก์เซนติเมตร

7) เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ (ภาพที่ 2ก)

8) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่ากึ่งอัตโนมัติ (ภาพที่ 2ข)

9) เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

10) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน



ก. เศษหินไรโอไลต์



ข. หินฝุ่นหินปูน

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเศษหินไรโอไลต์และหินฝุ่นหินปูน



ก. เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ



ข. เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่า

ภาพที่ 2 เครื่องผสมคอนกรีตและเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก

2. การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

อัตราส่วนการผสมขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินหินไรโอไลต์นั้น ยึดตามส่วนผสมการผลิตคอนกรีตบล็อกโดยทั่วไปที่จำหน่ายตามท้องตลาดเป็นหลัก คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นหินปูน เท่ากับ 1: 10 แล้วทำการทดแทนหินฝุ่นหินปูนด้วยปริมาณเศษหินไรโอไลต์ไปเรื่อย ๆ ทีละ 1 ส่วน โดยน้ำหนัก จำนวน 6 อัตราส่วน กำหนดปริมาณน้ำคงที่เท่ากับ 0.65 เพื่อลดตัวแปรในการดำเนินงาน แล้วเปรียบเทียบกับอัตราส่วนที่ไม่มีเศษหินไรโอไลต์ (คอนกรีตบล็อกปกติ) ซึ่งอัตราส่วนทั้งหมดที่กำหนดแสดงได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์มันแทนที่หินฝุ่นหินปูนบางส่วนโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	หินฝุ่นหินปูน	เศษหินไรโอไลต์	น้ำ
1:10:0	1	10	0	0.65
1:9:1	1	9	1	0.65
1:8:2	1	8	2	0.65
1:7:3	1	7	3	0.65
1:6:4	1	6	4	0.65
1:5:5	1	5	5	0.65
1:4:6	1	4	6	0.65

3. การขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกและการทดสอบสมบัติ

1) หาโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus, F.M.) และความถ่วง จำเพาะ (Specific Gravity, S.G.) ของมวลรวมทั้ง 2 ชนิด คือ หินฝุ่นหินปูน และเศษหินไรโอไลต์

2) ตวงส่วนผสมทั้งหมดตามที่กำหนดในตารางที่ 1



ภาพที่ 3 การอัดขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อก

3) นำปูนซีเมนต์และเศษหินไรโอไลต์เทใส่เครื่องผสมคอนกรีต เติมน้ำประปาและผสมส่วนผสมให้เข้ากัน จนใช้มือกำส่วนผสมให้ติดกันได้

4) ขึ้นรูปคอนกรีตบล็อกด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปกึ่งอัตโนมัติแบบสั่นเขย่า ได้ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกขนาด 7 x 19 x 39 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อทำการทดสอบ (ภาพที่ 3)

5) บ่มคอนกรีตบล็อกในที่ร่มตามอายุที่ต้องการ

6) ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (สมอ., 2533) ประกอบด้วย การหดตัวทางยาว การดูดซึมน้ำ ความต้านทานแรงอัด (ภาพที่ 4) ที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน ทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ตามมาตรฐาน ASTM C518 (2015) ที่อายุการบ่ม 28 วัน



ภาพที่ 4 ทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

ผลและวิจารณ์ผล

1. ลักษณะทั่วไป

จากการตรวจพินิจลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ทั้ง 7 อัตราส่วน ตามตารางที่ 1 พบว่าคอนกรีตบล็อกทุกอัตราส่วน มีความแข็งแรง ปราศจากรอยแตกร้าว ยกเว้นอัตราส่วนที่ผสมเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณ 6 ส่วน มีรอยแตกร้าวเล็กน้อยที่มักเกิดขึ้นในกรรมวิธีผลิตตามปกติหรือรอยปริเล็กน้อยเนื่องจากวิธีการเคลื่อนย้ายหรือขนส่งอย่างธรรมดา และทุกอัตราส่วนมีมิติที่ไม่เปลี่ยนแปลง มีเหลี่ยมคมที่ชัดเจน ไม่บิ่น ไม่หลุดร่อน หรือเสียหาย

2. โมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวม

ตารางที่ 2 โมดูลัสความละเอียด (F.M.) และความถ่วงจำเพาะ (S.G.) ของมวลรวม

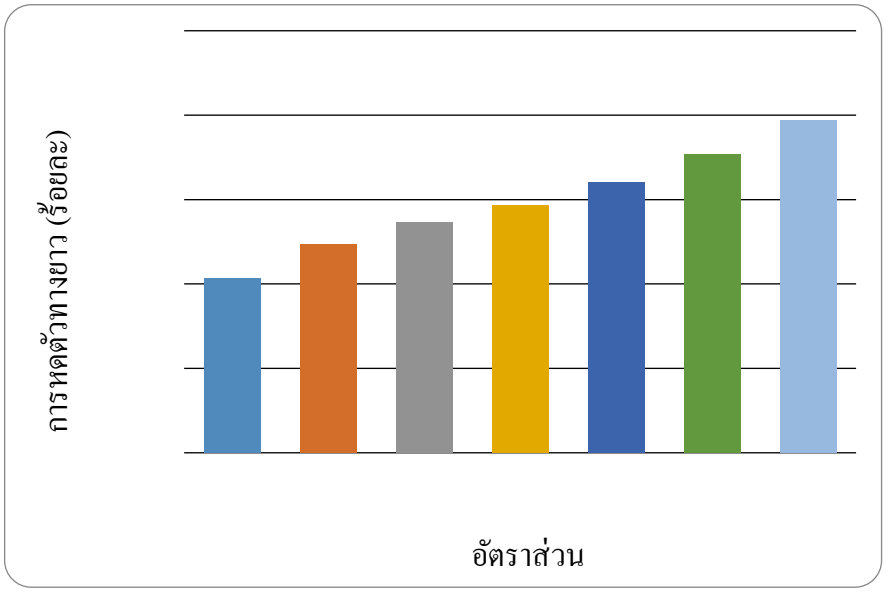
ประเภทของมวลรวม	โมดูลัสความละเอียด (F.M.)	ความถ่วงจำเพาะ (S.G.)
หินฝุ่นหินปูน	5.46	2.71
เศษหินไรโอไลต์	5.25	2.66

จากค่าโมดูลัสความละเอียดและความถ่วงจำเพาะของมวลรวมในตารางที่ 2 พบว่า เศษหินไรโอไลต์ที่นำมาทดลองนั้น เป็นหินที่มีขนาดและลักษณะภายนอก ใกล้เคียงกับหินฝุ่นหินปูนมาก แต่มีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย อีกทั้งความถ่วงจำเพาะก็มีค่าที่ใกล้เคียงกัน โดยต่ำกว่าเล็กน้อย เมื่อนำเศษหินไรโอไลต์มาใช้ทดแทนหินฝุ่นหินปูน แล้วอัดขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อก จึงทำให้คอนกรีตบล็อกที่ได้จากการวิจัยมีลักษณะที่เหมือนกับคอนกรีตปกติทั่วไป โดยความถ่วงจำเพาะของเศษหินไรโอไลต์ที่น้อยกว่าหินฝุ่นหินปูนจะทำให้น้ำหนักของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์เบาลงเล็กน้อย ในขณะที่ค่า

โมดูลัสความละเอียดต่ำกว่าก็ส่งผลให้เนื้อของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์มีความแน่นมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่สูงขึ้นต่อไป

3. การหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อก

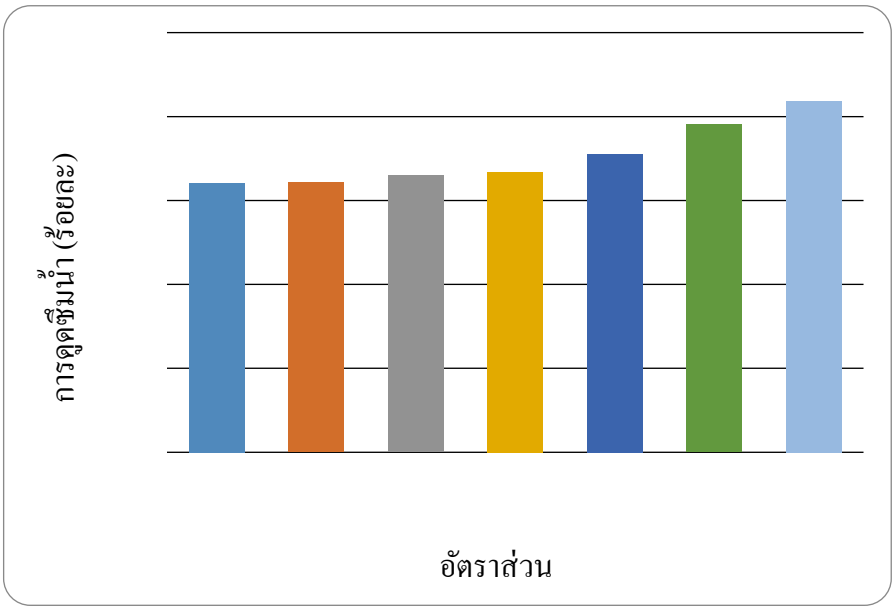
การหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ในภาพที่ 5 พบว่า การผสมเศษหินไรโอไลต์ลงในคอนกรีตบล็อกในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อค่าการหดตัวทางยาวที่สูงขึ้น โดยคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ทั้งหมดมีค่าการหดตัวทางยาวอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.031 ถึง 0.059 ซึ่งพฤติกรรมการหดตัวทางยาวเป็นผลมาจากการสูญเสียความชื้นของเนื้อคอนกรีต (ชัชวาลย์, 2552) แสดงว่าการทดแทนหินฝุ่นด้วยเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณมากส่งผลต่อการสูญเสียความชื้นของคอนกรีตบล็อกที่เพิ่มขึ้น การหดตัวก็สูงขึ้นตามไปด้วย แต่จะมีผลต่อการแตกร้าวที่เพิ่มขึ้นของปูนฉาบหรือไม่นั้น ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป



ภาพที่ 5 การหดตัวทางยาวของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

4. การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก

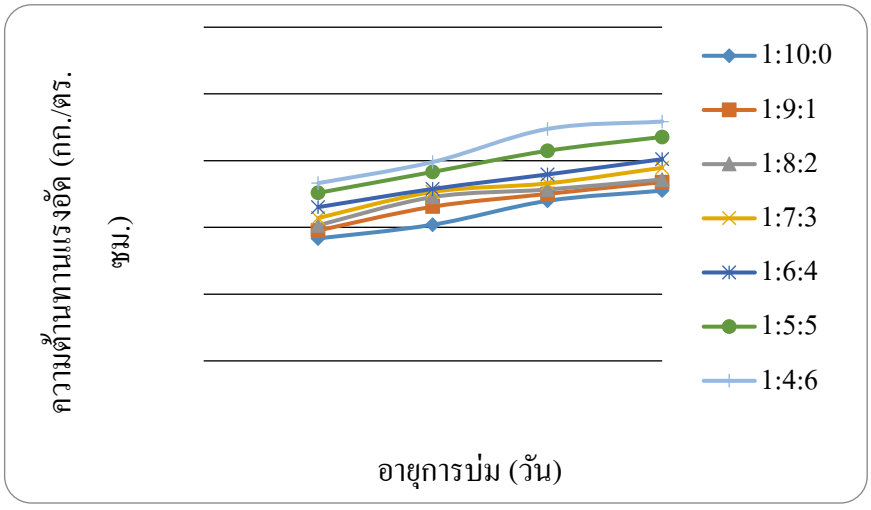
จากภาพที่ 6 การดูดซึมน้ำหรือการดูดกลืนน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ทดแทนหินฝุ่นหินปูนที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า เนื้อของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์มีแนวโน้มของการดูดซึมน้ำมากขึ้น เมื่อผสมเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากหินไรโอไลต์เป็นหินภูเขาไฟชนิดหนึ่ง ที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืดเป็นหินอัคนีผุ ถึงแม้เนื้อหินจะมีความละเอียดมาก เนื้อแน่น ทึบ ลักษณะผลึกมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นก็ตาม แต่ความที่พื้นฐานเป็นหินภูเขาไฟ จึงมีรูพรุนเล็ก ๆ แทรกอยู่ภายในเนื้อหิน ทำให้ดูดซึมน้ำได้มากกว่าหินฝุ่นหินปูน (ประชุม และคณะ , 2558) จึงส่งผลให้เมื่อนำเศษหินไรโอไลต์มาผสมเป็นมวลรวมในปริมาณที่มากก็ทำให้การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกสูงขึ้นตามไปด้วย และจากการเปรียบเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 (เมื่อคอนกรีตบล็อกมีการหดตัวทางยาวมากกว่า 0.045 และความชื้นสัมพัทธ์รายปีเฉลี่ยน้อยกว่าร้อยละ 50) [อ้างอิงจากสถานีกรมอุตุวิทยาจังหวัดปทุมธานี] ซึ่งระบุให้ค่าการดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 25 เมื่อส่งถึงสถานที่ที่ก่อสร้างนั้น พบว่าคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ทั้งหมดมีค่าการดูดซึมน้ำเป็นไปตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด



ภาพที่ 6 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

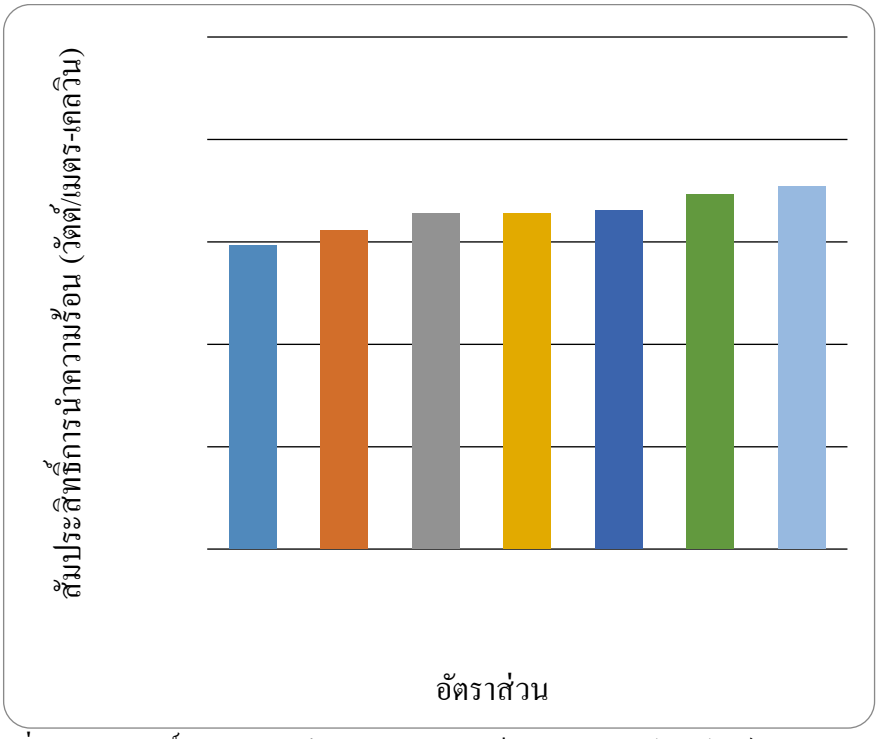
5. ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

เมื่อนำคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์อัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุการบ่ม ,21 ,14 ,7และ วัน ไปทดสอบความ 28 ต้านทานแรงอัด ได้ผลการทดสอบตามภาพที่7 พบว่า เมื่ออายุการบ่มเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีระยะเวลาการก่อตัวของคอนกรีต ,ชัชวาลย์)2552เมื่อ (พิจารณาที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ พบว่า ความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเมื่อผสมเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลมาจากความถ่วงจำเพาะของเศษหินไรโอไลต์ที่น้อยกว่าหินฝุ่นหินปูนจะทำให้คอนกรีตบล็อกรับกำลังได้น้อยลง อีกทั้งยิ่งเมื่อผสมลงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ปริมาณปูนซีเมนต์น้อยลงส่งผลให้ซีเมนต์เพสต์ที่ไปเคลือบผิวของเศษหินไรโอไลต์มีจำนวนน้อยลงตามไปด้วย ทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวของเนื้อคอนกรีตน้อยลง ส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดต่ำลงตามไปด้วย ชัชวาล)ย์ ,2552และเมื่อเปรียบเทียบค่า (2533-58.ความต้านทานแรงอัดที่ได้กับมาตรฐาน มอกที่กำหนดให้ค่าความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกเฉลี่ย 5 ก้อน ที่อายุการบ่ม ,.สมอ) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร 25 วัน ต้องไม่น้อยกว่า 282533พบว่าทุกอัตราส่วนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน (กำหนด



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและอายุการบ่มของคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนต่าง ๆ

6. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน



ภาพที่ 8 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์อัตราส่วนต่าง ๆ

จากผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ดังภาพที่ 8 พบว่าเศษหินไรโอไลต์ที่ผสมลงในคอนกรีตบล็อก ส่งผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยตามลำดับปริมาณการผสมที่เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากเนื้อของคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์ที่มีความแน่นมากขึ้นจากขนาดคละของมวลรวมที่ดีขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีค่าการดูดซึมน้ำมากขึ้นจากพื้นที่ผิวของมวลรวมที่มากขึ้นก็ตาม ดังนั้นจึงทำให้การส่งผ่านความร้อนระหว่างก้อนคอนกรีตบล็อกเกิดขึ้นง่ายกว่าเมื่อผสมเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนจึงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการนำเศษหินไรโอไลต์มาเป็นมวลรวมทดแทนหินฝุ่นหินปูนบางส่วนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก สรุปได้ว่าเศษหินไรโอไลต์สามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมสำหรับผสมและขึ้นรูปเป็นคอนกรีตบล็อกทดแทนหินฝุ่นหินปูนได้บางส่วน โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.65 โดยน้ำหนัก ซึ่งทุกอัตราส่วนมีสมบัติผ่านมาตรฐานกำหนด โดยเมื่อผสมเศษหินไรโอไลต์ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ การหดตัวทางยาว การดูดซึมน้ำ และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมีค่าสูงขึ้น ส่วนความต้านทานแรงอัดต่ำลง ดังนั้นคอนกรีตบล็อกผสมเศษหินไรโอไลต์สามารถใช้งานก่อผนังอาคารทั่วไปได้ดีเหมือนกับคอนกรีตบล็อกปกติ แต่ไม่ช่วยในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนของอาคาร และในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการนำเศษหินไรโอไลต์ไปใช้ทดแทนหินฝุ่นหินปูนทั้งหมดเพื่อความคุ้มค่าในการดำเนินงานและลดต้นทุนในการผลิตให้มากยิ่งขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร. 2552. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน.** บจ.ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.

ประชุม คำพุฒ, กิตติพงษ์ สุวีโร, นิรมล ปั้นลาย และธงเทพ ศิริโสดา. 2558. การใช้เศษหินภูเขาไฟในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก. วารสารการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต (3) : 115-122.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 381 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก.** กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

ASTM C518-15. 2015. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. **ASTM International**. West Conshohocken, PA.

คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

Porous Concrete Mixed With Crumbs of Concrete Block

จรูญ เจริญเนตรกุล [1*] และ นันทชัย ชูศิลป์[1]

Charoon Charoennetkul[1*] and Nuntachai Chusilp[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเศษคอนกรีตบล็อก มาผสมเป็นมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีตพรุน เปรียบเทียบคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกในอัตราส่วนที่แตกต่างกันโดยทำการทดสอบกำลังรับแรงอัด การไหลผ่านของน้ำ และการขัดสีของคอนกรีต โดยปรับเปลี่ยนปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่เป็นวัสดุเชื่อมประสานที่อัตราส่วนร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 ของน้ำหนักเศษคอนกรีตบล็อก และเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมมาทดสอบการใช้งานจริงด้วยการทำที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุมวลรวมหยาบ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกมีกำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้น แต่การขัดสีของคอนกรีต การไหลผ่านของน้ำ มีค่าลดลง ซึ่งพบว่าที่ CB-48 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ผสมซีเมนต์เพสต์ร้อยละ 48 ของน้ำหนักเศษคอนกรีตบล็อก สามารถรับกำลังอัดได้สูงสุดถึง 110.61 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร มีค่าการไหลผ่านของน้ำอยู่ที่ 1.36 เซนติเมตรต่อวินาที และการขัดสีของคอนกรีตเพียง 7 กรัม จากการทดลองใช้งานจริงโดยการนำรถยนต์ส่วนบุคคล มาจอดบริเวณพื้นคอนกรีตพรุนนั้นพบว่าสามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้โดยไม่มีการแตกร้าวและยังสามารถระบายน้ำลงสู่พื้นดินได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นคอนกรีตทั่วไป

คำสำคัญ : คอนกรีตพรุน, เศษคอนกรีตบล็อก, การไหลผ่านของน้ำ, การขัดสีของคอนกรีต

ABSTRACT

The objective of this study was to produce porous concrete in mass production by mixing concrete blocks with crumbs of concrete block in different ratios. Tests would be conducted to compare various properties of porous concrete; they included compression test, water flow and attrition of concrete. The volume of the cement paste i.e. the binding materials would be varied in the ratios (with respect to concrete block weight) of 40, 42, 44, 46 and 48 percents. An appropriate ratio would then be selected by testing the porous concrete by parking a car on it.

For porous concrete mixed with crumbs of concrete block, it was found that when the volume of the cement paste increased, the compression of the concrete increased. However, the attrition of concrete and water

flow decreased. The increased compression and the decreased attrition was for CB-48 that is a concrete block which had 48 percent of cement paste. The maximum compression was 110.61 kg. per square centimeter while the water flow test was 1.36 centimeters per second and attrition of concrete was 7 grams. Experiments were conducted by parking a private car on the porous concrete. It was found that the porous concrete could withstand the weight of the car without rupture. Water could also be drained to the ground similar to conventional concrete floors.

Keywords : Porous concrete, Crumbs of concrete block, Water flow, Attrition of concrete.

---

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 1 Rajadamnernnok Road, Bo Yang, Mueang, Songkhla 90000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) :Charoon2515@gmail.com

บทนำ

คอนกรีตพรุนเป็นคอนกรีตที่มีสมบัติแตกต่างจากคอนกรีต ทั่วไปคือยอมให้น้ำและอากาศไหลผ่านเข้า-ออกได้ คอนกรีตพรุนจะมีโพรงหรือช่องว่างจำนวนมากที่ต่อเนื่องกัน ภายในโครงสร้างมากกว่าคอนกรีตธรรมดาทั่วไป สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเป็นวัสดุก่อสร้างที่ลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีสมบัติเป็นฉนวนกันเสียงและความร้อน ถูกใช้ในงานคอนกรีตที่รักษาสภาพแวดล้อม

การนำคอนกรีตพรุนไปใช้งาน Chareerat (2009) พบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นวัสดุชั้นผิวทางและชั้นรองผิวทางร่วมกับการจัดการระบายน้ำ ดังภาพที่ 1 สามารถช่วยลดปัญหาการไหลนองของน้ำฝน และลดขนาดของระบบระบายน้ำลงได้ โดยน้ำสามารถซึมลงสู่ชั้นดินด้านล่างทำให้คุณภาพของน้ำที่ไหลลงสู่ระบบแม่น้ำดีขึ้น ใช้เป็นพื้นทางบริเวณเขตเมืองร่วมกับการปลูกต้นไม้ เพื่อเป็นพื้นที่สีเขียว



ภาพที่ **1 การนำคอนกรีตพรุนไปประยุกต์กับการใช้งานต่าง ๆ**

ที่มา Sata, V., Wongsa, A., and Chindaprasirt, P. (2013)

คอนกรีตบล็อกหรือภาษาทางตลาดจะเรียกว่า "อิฐบล็อก" โดยมีทั้งชนิดรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง และเป็นที่นิยมใช้มากเนื่องจากมีราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย ไม่มีปัญหาในขั้นตอนการก่อสร้าง อีกทั้งยังสามารถทำงานได้รวดเร็วเพราะมีขนาดก้อนใหญ่ จากลักษณะที่มีรูกลวงตรงกลางทำให้ช่องอากาศภายในนั้นเป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี ปัจจุบันมีการนำคอนกรีตบล็อกมาเป็นผนังอาคารจำนวนมาก ในระหว่างก่อสร้างจะมีเศษคอนกรีตบล็อกที่แตกเหลือใช้จากงานก่อ อีกทั้งในการทุบทิ้งของอาคารก็จะมีเศษคอนกรีตบล็อกเหลือทิ้งดังภาพที่ 2 จึงมีแนวคิดที่จะนำเศษคอนกรีตบล็อกที่เหลือทิ้งมาผสมกับซีเมนต์เพสต์แล้วผลิตเป็นคอนกรีตพรุน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานพื้นสำหรับที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล หรืองานถนนดังภาพที่ 3 ซึ่งมีข้อดีคือสามารถระบายน้ำได้ ลดน้ำท่วมขังบนผิวถนน ช่วยลดอุบัติเหตุได้อีกทางหนึ่งด้วย




ภาพที่ 2 เศษคอนกรีตบล็อกที่เหลือทิ้งจากงานก่อสร้าง



ภาพที่ 3 คอนกรีตพรุนที่ใช้กับงานถนน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีดำเนินการผลิต ออกแบบส่วนผสม การทดสอบคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก โดยการนำเศษคอนกรีตบล็อกผสมกับซีเมนต์เพสต์ในปริมาณร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ48 โดยน้ำหนักของเศษคอนกรีตบล็อก ควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (w/c) เท่ากับ 0.40 อัดขึ้นรูปโดยใช้แบบหล่อทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร นำไปทดสอบกำลังรับแรงอัดและการไหลผ่านของน้ำที่อายุ 28 วันและแบบหล่อทรงลูกบาศก์ขนาด 15×15×15 เซนติเมตร นำไปทดสอบการสูญเสียน้ำหนักจากการขัดสีของคอนกรีต โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดสอบที่ใช้ในการทดสอบ

1.1 วัสดุที่ใช้ในการผลิตคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

คอนกรีตบล็อกที่นำมาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 น้ำสะอาดโดยใช้น้ำประปา

1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

1) เครื่องทดสอบการขัดสีของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 944-99 ดังภาพที่ 4

2) เครื่องทดสอบการไหลผ่านของน้ำตามมาตรฐาน ISSN 1983-4195 ดังภาพที่ 5

3) เครื่องทดสอบกำลังอัดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 409-2525 ดังภาพที่ 6

4) อุปกรอื่นๆ เช่นเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความละเอียด 0.01 กรัม เครื่องมือวัดความยาวที่มีความละเอียด 0.01 มิลิเมตร



ภาพที่ 4 เครื่องทดสอบการขัดสีของคอนกรีต



ภาพที่ 5 เครื่องทดสอบการไหลผ่านของน้ำ



ภาพที่ 6 เครื่องทดสอบกำลังอัด

2. ขั้นตอนการศึกษา

2.1 อัตราส่วนการผสมคอนกรีตพรุนที่ใช้ในการทดสอบ

ใช้ปริมาณปูนซีเมนต์ร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 ของน้ำหนักมวลรวมหยาบ(เศษคอนกรีตบล็อก) และควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ร้อยละ 0.40 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก แสดงได้ดัง ตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตพรุนสำหรับหล่อคอนกรีตรูปทรงกระบอก

ส่วนผสม	มวลรวมหยาบ (กรัม)	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	น้ำ (กรัม)
CB-40	19,200	7,680	3,648
CB-42	19,200	8,064	3,802
CB-44	19,200	8,448	3,955
CB-46	19,200	8,832	4,109
CB-48	19,200	9,216	4,263

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตพรุนสำหรับหล่อคอนกรีตรูปทรงลูกบาศก์

ส่วนผสม	มวลรวมหยาบ (กรัม)	ปูนซีเมนต์ (กรัม)	น้ำ (กรัม)
CB-40	16,500	6,600	3,135
CB-42	16,500	6,930	3,267
CB-44	16,500	7,260	3,399
CB-46	16,500	7,590	3,531
CB-48	16,500	7,920	3,663

หมายเหตุ : CB คือ คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกขนาดผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8

2.2 การหล่อตัวอย่างคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

การหล่อคอนกรีตพรุนโดยใช้คอนกรีตบล็อกที่นำมาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุเชื่อมผสานตามอัตราส่วนที่ออกแบบ เพื่อศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นในด้านต่างๆ และหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมและดีที่สุดเพื่อนำไปใช้งานจริง ซึ่งมีวิธีหล่อดังนี้

1) การนำคอนกรีตบล็อกมาย่อยและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 เป็นมวลรวมหยาบ ปูนซีเมนต์ และน้ำสะอาด ตามอัตราส่วนที่ออกแบบ



ภาพที่ 7 เศษคอนกรีตบล็อก



ภาพที่ 8 ปูนซีเมนต์

2) นำเศษคอนกรีตบล็อก ปูนซีเมนต์ และน้ำที่เตรียมไว้ตามอัตราส่วน มาผสมรวมกันในภาชนะผสมแล้วคลุกเคล้าให้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เครื่องผสมคอนกรีต เทส่วนผสมจนเต็มแบบหล่อคอนกรีตแล้ว ใช้เกรียงเหล็กแต่งผิวด้านบนของตัวอย่างคอนกรีตพรุน เพื่อให้ขอบด้านบนของตัวอย่างคอนกรีตพรุนเรียบสม่ำเสมอกับแบบหล่อคอนกรีตทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง



ภาพที่ 9 เทคอนกรีตพรุนในแบบหล่อคอนกรีตทั้งรูปทรงกระบอกและทรงลูกบาศก์

3) หลังจากครบ 24 ชั่วโมง ให้ถอดแบบหล่อคอนกรีตด้านข้างออกเพื่อนำตัวอย่างคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกออกจากแบบหล่อนำแช่น้ำทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อรักษาความชื้นของคอนกรีตพรุนให้มีความชื้นมากพอที่จะทำปฏิกิริยาไฮเดรชั่นกับปูนซีเมนต์

4) เมื่อแช่น้ำคอนกรีตพรุนครบ 7 วันแล้ว นำคอนกรีตพรุนมาห่อด้วยฟิล์มยืดเพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นในเนื้อคอนกรีต แล้วนำมาบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7, 14 และ 28 วัน



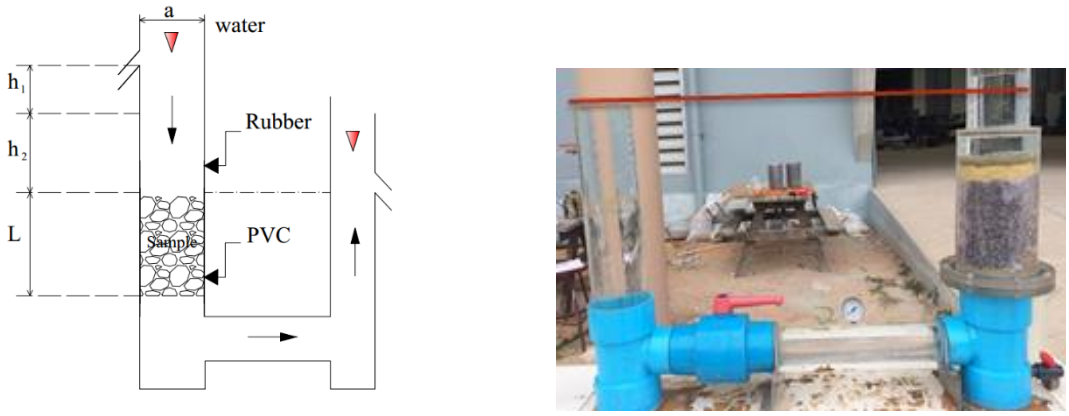
ภาพที่ 10 คอนกรีตพรุนที่ห่อด้วยฟิล์ม

2.3 การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ

ตัวอย่างคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก นำมาทดสอบกำลังอัด ค่าการไหลผ่านของน้ำ และค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 409-2525

2) ทดสอบการไหลผ่านของน้ำตามมาตรฐาน ISSN 1983-4195 ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แบบจำลองเครื่องทดสอบการไหลผ่านของน้ำ

$$k = \left(\frac{aL}{At}\right)\ln\left(\frac{h1}{h2}\right) \quad (1)$$

โดยที่ k = ค่าการไหลผ่านของน้ำ (เซนติเมตรต่อวินาที)

a = พื้นที่หน้าตัดของท่อเครื่องมือทดสอบ (ตารางเซนติเมตร)

A = พื้นที่หน้าตัดตัวอย่าง (ตารางเซนติเมตร)

L = ความสูงตัวอย่าง (เซนติเมตร)

t = ระยะเวลาในการทดลอง (วินาที)

h_1,h_2 = ระดับน้ำขั้นต้นและขั้นสุดท้าย (เซนติเมตร)

3) ทดสอบการขัดสีของคอนกรีตตามมาตรฐาน ASTM C 944-99 โดยมีชุดทดสอบดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การติดตั้งตัวอย่างคอนกรีตพรุนเพื่อทดสอบการขัดสี

ผลและวิจารณ์ผล

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลการดำเนินการที่ได้จากวิธีการผลิต ออกแบบส่วนผสมการทดสอบของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก เพื่อให้ได้ตามจุดประสงค์ของโครงการที่กล่าวมาขั้นต้น ตลอดจนศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีตพรุน โดยกำหนดให้อัตราส่วนที่ใช้ในการทดสอบมี 5 อัตราส่วน คือ CB-40, CB-42, CB-44, CB-46 และ CB-48 โดยมีผลการทดสอบดังนี้

1. คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

จากการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตบล็อกที่จะนำมาผสมเป็นคอนกรีตพรุน มีผลการทดสอบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของคอนกรีตบล็อก

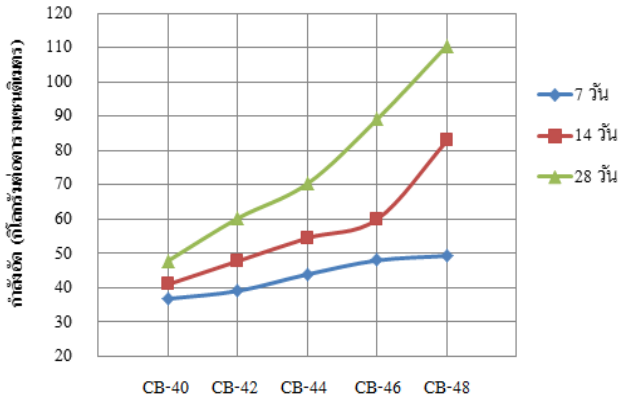
คุณสมบัติ	คอนกรีตบล็อก
ขนาดของคอนกรีตบล็อก (เซนติเมตร)	18.06 × 39.32 × 6.48
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	2.25
การดูดซึมน้ำ (เปอร์เซ็นต์)	6.82
กำลังรับแรงอัด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)	40
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)	1,734.28

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากการทดลองนำเศษคอนกรีตบล็อกมาใช้เป็นมวลรวมหยาบแทนวัสดุธรรมชาติในการผลิตคอนกรีตพรุน และนำคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มาทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น มีผลการทดสอบดังนี้

2.1 การทดสอบกำลังรับแรงอัด

จากผลการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 7, 14 และ 28 วัน นำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและปริมาณของซีเมนต์ ดังภาพที่ 9

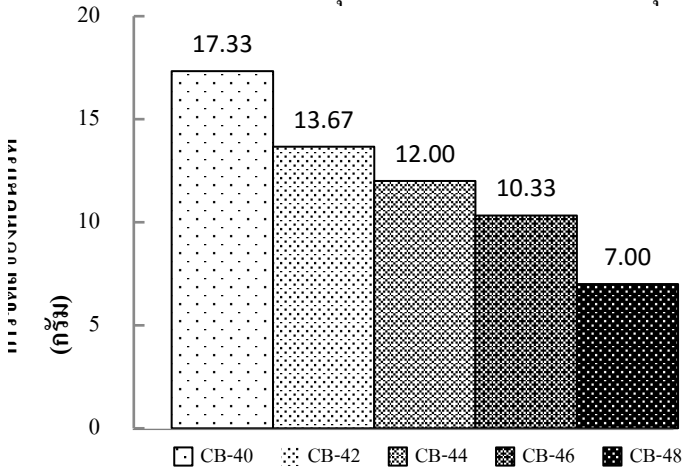


ภาพที่ 13 กำลังรับแรงอัดคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 9 พบว่าคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกจะมีการพัฒนากำลังอัดเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุการบ่ม เพราะปฏิกิริยาไฮเดรชันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ) การเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์จะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดที่สูงขึ้นด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของอำพล วงศ์ษา และคณะ (2556)

2.2 ผลการทดสอบการขัดสีของคอนกรีต

จากผลการทดสอบการขัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 28 วัน ได้ผลดังภาพที่ 14

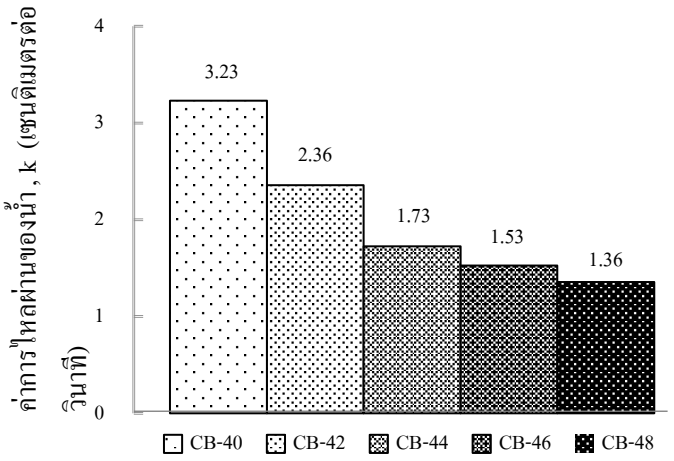


ภาพที่ 14 การขัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 14 ผลการทดสอบการขัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มีค่าการสูญเสียน้ำหนักจะแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมผสานคือ CB-40, CB-42, CB-44, CB-46 และ CB-48 มีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีเท่ากับ 17.33, 13.67, 12.00, 10.33 และ 7.00 กรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ทำให้คอนกรีตพรุนมีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการขัดสีลดลง เนื่องจากซีเมนต์เพสต์มีความแข็งกว่าคอนกรีตบล็อก

2.3 การไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพรุน

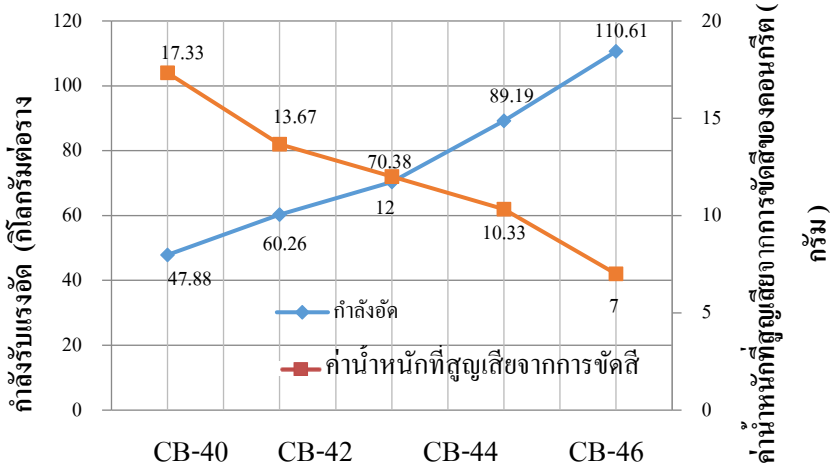
จากผลการทดสอบการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน แสดงได้ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ค่าการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 15 ค่าการไหลผ่านของน้ำจะแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์คือเมื่อเพิ่มปริมาณซีเมนต์มากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพรุนมีค่าการไหลผ่านของน้ำลดลงเนื่องจากซีเมนต์เพสต์จะทำให้มีรูพรุนของคอนกรีตน้อยลง

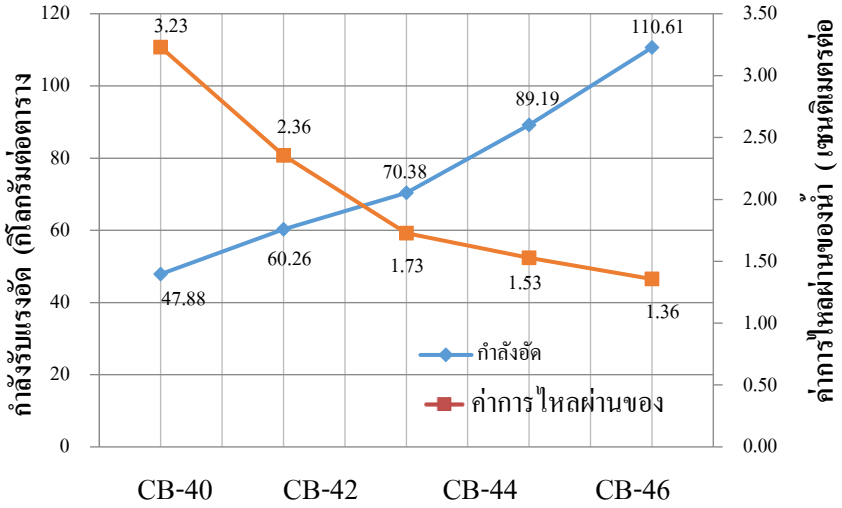
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังอัดและค่าการขัดสีของคอนกรีตพรุนที่อายุ 28 วันดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดกับค่าการขัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 16 พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีตมีปริมาณลดลงและมีค่าแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมผสานคือเมื่อปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้นแต่ค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีจะมีค่าลดลงตามลำดับ

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน และค่าการไหลผ่านของน้ำคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกที่อายุ 28 วัน มีผลการทดสอบดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังรับแรงอัดและค่าการไหลผ่านของน้ำ

จากภาพที่ 17 พบว่าเมื่อกำลังรับแรงอัดมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการไหลผ่านของน้ำมีปริมาณลดลง และมีค่าแปรผันตามปริมาณของซีเมนต์เพสต์ที่ใช้เป็นวัสดุเชื่อมผสานคือ เมื่อปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดเพิ่มมากขึ้นแต่ค่าไหลผ่านของน้ำจะมีค่าลดลง อัตราส่วนผสม CB-38 ให้ค่ากำลังอัดที่เหมาะที่สุดนำไปใช้เป็นผิวถนนลานจอดรถยนต์ส่วนบุคคล ในขณะที่การระบายน้ำก็ยังมีความสามารถในการระบายได้ จึงมีความเป็นไปได้มากที่สุดในการนำไปใช้งานได้มากที่สุด

3. วิเคราะห์ผลการทดสอบคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษาพบว่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกมีค่าแปรผันตามสัดส่วนของซีเมนต์เพสต์ต่อเศษคอนกรีตบล็อก กล่าวคือถ้ามีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงขึ้นเพราะซีเมนต์เพสต์และเศษคอนกรีตบล็อกผสานกันได้มากขึ้น การขัดสีของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก พบว่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีต จะมีค่าแปรผันตามสัดส่วน ซีเมนต์เพสต์ต่อเศษคอนกรีตบล็อก กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณซีเมนต์เพสต์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกมีค่าการสูญเสียน้ำหนักจากการขัดสีลดลง การไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก พบว่าค่าการไหลผ่านของน้ำของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก จะมีค่าแปรผันตามสัดส่วนซีเมนต์เพสต์ต่อเศษคอนกรีตบล็อก กล่าวคือ ถ้ามีปริมาณ

ซีเมนต์เพสต์เพิ่มขึ้นจะทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มีค่าการไหลผ่านของน้ำลดลง เนื่องจากซีเมนต์เพสต์และเศษคอนกรีตบล็อกผสานกันมากขึ้น ทำให้มีช่องว่างระหว่างเศษคอนกรีตบล็อกลดน้อยลง

จากการเปรียบเทียบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก พบว่าตัวอย่างคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ที่อายุ 28 วัน ตัวอย่างการทดสอบที่ CB-48 สามารถรับกำลังอัดได้มากที่สุด

จากการเปรียบเทียบอัตราการสูญเสียน้ำหนักจากการขัดสีของคอนกรีต พบว่าตัวอย่างคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ตัวอย่างการทดสอบที่ CB-48 มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด

จากผลการทดลองคุณสมบัติเบื้องต้นของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกสรุปได้ว่า คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกสามารถระบายน้ำได้ดี แต่รับกำลังอัดและต้านทานการขัดสีคอนกรีตได้ต่ำ จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในงานที่มีไม่ต้องการรับน้ำหนักมาก เช่น การทำบล็อกทางเดินในสวน พื้นที่สำหรับจัดสวน กระถางต้นไม้ พื้นที่ซักล้าง ที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล ชั้นรองผิวทางร่วมกับการจัดการระบายน้ำเป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาการนำคอนกรีตพรุนไปใช้งานของ Chareerat (2009)

4. การนำไปใช้งานจริง

จากการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกข้างต้นจึงนำผลการทดสอบมาพิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมและนำมาใช้งานจริงโดยทำเป็นที่จอดรถรถยนต์ส่วนบุคคล เพื่อทดสอบเปรียบเทียบการไหลผ่านของน้ำ ระหว่างคอนกรีตทั่วไปและคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

ก่อนที่จะทำที่จอดรถได้มีการทำการขุดสำรวจดิน ลึก 50 เซนติเมตรและนำเอาตัวอย่างดินมาทดสอบเพื่อจำแนกประเภทดิน

จากค่าความถ่วงจำเพาะของดินเท่ากับ 2.69 จัดเป็นดินทรายปนตะกอนและจากการทำ Sieve Analysis ได้ค่า Cu เท่ากับ 4.22 และค่า Cc เท่ากับ 0.30 ในการจำแนกดินเม็ดหยาบระบบ USCS จัดได้ว่าเป็นดินประเภท SP (Poetry Graded Sand) มีการซึมน้ำได้ดีและเกิดการทรุดตัวน้อย ซึ่งเหมาะที่จะใช้เป็นพื้นที่สำหรับทดสอบใช้งานจริง

4.1 ขั้นตอนการทำที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล มีดังนี้

1) เตรียมเศษคอนกรีตบล็อกที่จะใช้สำหรับทำที่จอดรถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งในที่นี้จะใช้เศษคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการทุบและร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 3/4 ค้างบนตะแกรงเบอร์ 3/8 เพื่อใช้เป็นมวลรวมหยาบ

2) ปรับระดับดินเดิมให้ต่ำกว่าระดับที่ต้องการเทคอนกรีตประมาณ 15 เซนติเมตร

3) ติดตั้งไม้แบบให้ได้ขนาดความกว้างความยาว ตามที่ต้องการและใช้ทรายหยาบรองพื้นปรับระดับหนา 5 เซนติเมตร ให้ทั่วบริเวณที่จะเทคอนกรีต

4) ทำการปูแผ่นพลาสติกกันชื้นและวางเหล็กตะแกรงลงในแบบหล่อดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การปูแผ่นพลาสติกกันชื้น

5) เทคอนลงในแบบหล่อให้มีความหนา 10 เซนติเมตร โดยที่คอนกรีตทั่วไปจะใช้สัดส่วน 1 : 2 : 4 ส่วนคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกจะใช้สูตร CB-48 และแต่งหน้าคอนกรีตให้เรียบดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 พื้นคอนกรีตทั่วไปและพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

4.2 ทดสอบใช้งานจริงและเปรียบเทียบระหว่างคอนกรีตทั่วไป และคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

หลังจากบ่มคอนกรีตครบ 28 วัน แล้วทำการทดลองใช้งานจริงโดยการจำลองขังน้ำบนพื้นคอนกรีตทั่วไปและพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกเพื่อดูการไหลผ่านของน้ำดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ขังน้ำทั้งพื้นคอนกรีตทั่วไปและพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 20 เทน้ำปริมาณ 100 ลิตร และขังน้ำทั้งพื้นคอนกรีตทั่วไป และพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก เพื่อดูความแตกต่างของการไหลผ่านของน้ำ ซึ่งหลังจากทำการทดลองแล้วในด้านของพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกเมื่อเทน้ำไปแล้วน้ำไหลซึมผ่านทั้งหมด ส่วนในด้านของพื้นคอนกรีตทั่วไป น้ำไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ สรุปได้ว่าพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มีการไหลผ่านของน้ำได้ดีกว่า



ภาพที่ 21 การจอดรถยนต์ส่วนบุคคลบนพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากภาพที่ 21 ทำการทดสอบใช้งานจริงด้วยการนำรถขึ้นมาจอดบนพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ซึ่งสามารถจอดรถยนต์ส่วนบุคคลได้จริงโดยที่พื้นไม่พังเสียหาย แสดงว่าพื้นคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกสามารถรับน้ำหนักของรถยนต์ส่วนบุคคลได้

4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

การวิเคราะห์ต้นทุน โดยใช้เหล็กเสริมที่มีปริมาณเท่ากันทั้งพื้นคอนกรีตทั่วไป และคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ไม่คิดส่วนของกำไรและค่าดำเนินการ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิต

ตัวอย่างพื้นคอนกรีต	ความหนา (เซนติเมตร)	ราคา (บาท/ตารางเมตร)
คอนกรีตทั่วไป	10	250
คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก	10	350

จากตารางที่ 4 เปรียบเทียบราคาระหว่างการผลิตคอนกรีตทั่วไปและคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก ซึ่งราคาในการผลิตคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกจะมีราคาที่สูงกว่าราคาในการผลิตคอนกรีตทั่วไป แต่คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกสามารถระบายน้ำได้ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบคุณสมบัติคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุมวลรวมหยาบ โดยการนำเศษคอนกรีตบล็อก มาผสมกับซีเมนต์เพสต์ในสัดส่วนร้อยละ 40, 42, 44, 46 และ 48 โดยน้ำหนักเศษคอนกรีตบล็อก ผลที่ได้จากการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สรุปผลการทดสอบคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษาทดลองผลิตคอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก สรุปได้ดังนี้

1) เศษคอนกรีตบล็อก สามารถนำมาใช้เป็นมวลรวมหยาบในการผลิตคอนกรีตพรุนได้ ทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มีคุณสมบัติการไหลผ่านของน้ำได้ดี การต้านทานการขัดสีของคอนกรีตและค่ากำลังรับแรงอัดต่ำ เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในงานที่ไม่ต้องการรับน้ำหนักมาก เช่น การทำบล็อกทางเดิน การทำกระถางต้นไม้ เป็นต้น

2) คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก มีคุณสมบัติในการรับกำลังอัดได้น้อย เพราะเศษคอนกรีตบล็อก มีช่องว่างภายในมากและมีความสามารถในการรับกำลังอัดน้อย เมื่อนำเศษคอนกรีตบล็อกมาใช้เป็นมวลหยาบในการผลิตคอนกรีตพรุนจึงทำให้คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อกรับกำลังอัดได้น้อย

3) คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก จะมีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีตสูง ซึ่งค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีของคอนกรีตจะมีค่าลดลงสัมพันธ์กับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อมีการเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก จะมีค่าน้ำหนักที่สูญเสียจากการขัดสีคอนกรีตลดลงเพราะเมื่อมีการเพิ่มปริมาณซีเมนต์เพสต์ทำให้ช่องว่างระหว่างเศษคอนกรีตบล็อกลดลงและซีเมนต์เพสต์ผสานกับเศษคอนกรีตบล็อกมากขึ้น

4) คอนกรีตพรุนผสมเศษคอนกรีตบล็อก จะมีการไหลผ่านของน้ำได้ ซึ่งค่าการไหลผ่านของน้ำจะมีค่าลดลงสัมพันธ์กับปริมาณซีเมนต์เพสต์ที่เพิ่มขึ้นเพราะเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของซีเมนต์เพสต์ทำให้ช่องว่างระหว่างเศษคอนกรีตบล็อกลดลง

2. ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาคุณสมบัติด้านกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุนเพิ่มเติมเพื่อหาแนวโน้มในการพัฒนากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตพรุน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยและอุปกรณ์ประกอบการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ธวัชชัย โทอินทร์ วันชัย สะตะ และปริญญา จินดาประเสริฐ (2554). จีโอโพลิเมอร์คอนกรีตพรุน, เอกสารการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 19-21 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

อำพล วงศ์ษา, ยุวดี แซ่ตั้ง, วันชัย สะตะ และปริญญา จินดาประเสริฐ (2556). สมบัติของคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมเบา, เอกสารการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปี ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18-20 พฤษภาคม พ.ศ. 2556

Chareerat, T., Y., Hirun, et al. (2009). Porous concrete: Environmentally Friendly concrete for Sustainable Urban Development. RSID6, Bangkok Thailand.

Sata, V., Wongsa, A., & Chindaprasirt, P. 2013. Properties of pervious geopolymer concrete using recycled aggregate. Construction and Building Materials, 42(2013), 33-39

Field, R., H. Masters, et al (1982). “Anover view of porous pavement research 1”. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 18(2): 265-270.

Scholz, M. and P. Grabowiecki (2007). “Review of permeable pavement systems.” Building and Environment 42(11): 3830-3836

American Society for Testing and Materials, Annual Book of ASTM Standards, 2001, Vol. 04.02, Philadelphia American Concrete Institute, ACI 211.1-91: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal,

Heavyweight and Mass Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1 : Materials and General Properties of concrete , 38 pp. Detroit, Michigan, 2000

การวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันทาง: การเปรียบเทียบวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตและวิธีสมดุลขีดจำกัด

Stability Analysis of Embankments: Comparison of Finite Element Limit Analysis with Limit Equilibrium Methods

กงกิจ ยิ่งเจริญกิจขจร[1*] วัชระ ปิโย[1] และ สัญญา ดำดุก[1]

Kongkit Yingchaloenkitkhajorn [1*], Watchara Piyo [1] and Sanya Damdook [1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการหาค่าเสถียรภาพของลาดคันทาง โดยพิจารณาปัญหาเสถียรภาพของคันทางที่มีลักษณะพิเศษ คือลาดคันทางที่มีดินทรายถมบนดินเหนียว ซึ่งได้ใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตแบบระนาบความเครียดสองมิติถูกนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของปัญหานี้ ความสูงของลาดคันดินถม (H), แฟกเตอร์ความลึก (d/H) และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) สำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต สำหรับดินทรายถูกจำลองเป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติ ของวัสดุแบบมอร์-คูลอมบ์ในสภาพระบายน้ำ และดินเหนียวถูกจำลองเป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติของวัสดุแบบเทรสกาในสภาพไม่ระบายน้ำ โดยมีพารามิเตอร์คือ หน่วยน้ำหนักของดิน (γ), กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) และมุมเสียดทานภายใน (ϕ') การศึกษาทางพารามิเตอร์ ประกอบด้วยตัวแปรไร้มิติแฟกเตอร์ความลึก (d/H), มุมเสียดทานภายใน (ϕ') และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) ผลที่ได้ถูกสรุปในรูปของพารามิเตอร์ไร้มิติของตัวเลขเสถียรภาพ ($s_u/\gamma H(FS)$) พร้อมทั้งได้นำเสนอกราฟช่วยออกแบบ และการประยุกต์ใช้งาน นอกจากนั้นได้เปรียบเทียบผลเฉลยของตัวเลขเสถียรภาพกับวิธีสมดุลขีดจำกัด และรูปแบบการวิบัติได้ถูกนำเสนอในบทความนี้ด้วยเช่นกัน

คำสำคัญ : เสถียรภาพของลาดดิน, คันทาง, ไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต, วิธีสมดุลขีดจำกัด,ตัวเลขเสถียรภาพ

---

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

[1] Department of Civil Engineering, College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thongnian, Khanom, Nakhon Si Thammarat, 80210, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: Corresponding author kongkit.y@rmutsv.ac.th

ABSTRACT

This paper presents investigates embankment slope stability. The considered slope stability problem is specific case in which fill sand placed on purely cohesive clay. The two dimensional plane strain finite element limit analysis was employed to determine the stability of this problem. An embankments height (H), depth factors (d/H) and slope angle (β). For finite element limit analysis, the sand is modelled as the volume element with Mohr-Coulomb material in a drained condition and the clay is modelled as the volume element with Tresca material in an undrained condition where the parameters are soil unit weight (γ), undrained shear strength (s_u) and friction angle (ϕ'). Parametric studies were performed for three dimensionless variables including depth factors (d/H), friction angle (ϕ') and slope angle (β). Results were summarized in the form of the dimensionless stability number ($s_u/\gamma H(FS)$) and also presented the design chart and application. In addition, there was numerical solution are comparison between the dimensionless stability number and the limit equilibrium method. Failure mechanisms associated with dimensionless variables were proposed in this paper.

Keyword: Slope stability, Embankments, Finite element limit analysis, Limit equilibrium method,Stability number

บทนำ

เสถียรภาพของลาดคันทางโดยมากมักพบในงานก่อสร้างถนนในโครงการต่าง ๆ การทำนายเสถียรภาพของลาดคันทางในทุกวันนี้ จึงเป็นบทบาทหน้าที่ ๆ สำคัญของวิศวกรโยธา โดยทั่วไปแล้วอิทธิพลที่ส่งผลต่อเสถียรภาพของลาดคันทาง มีด้วยกันหลายประการ อาทิ เช่น คุณสมบัติทางกายภาพของลาดดิน พารามิเตอร์กำลังของดิน และรูปร่างทางเรขาคณิตของลาดคันทาง นอกจากนั้นกระบวนการก่อสร้างยังส่งผลกระทบต่อลาดคันทางด้วยเช่นกัน โดยทั่วไปแล้วลาดคันดินสามารถแบ่งประเภทออกเป็น ลาดคันดินตามธรรมชาติ หรือ ลาดคันดินตามกระบวนการก่อสร้าง โดยส่วนใหญ่ลาดคันดินถมมักพบเจอในงานก่อสร้างในลักษณะของลาดคันทาง (Indraratna et al., 1992 และ AI-Homoud et al., 1997)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีสมดุลขีดจำกัด (Limit equilibrium method; LEM) เป็นหนึ่งในวิธีการแบบประเพณีนิยม (Conventional method) ที่มักใช้ในการประเมินเสถียรภาพของลาดดิน เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายไม่ซับซ้อนมากนัก อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้มีข้อจำกัดอยู่ เช่น สมมติฐานของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในการแบ่งชิ้นส่วน และสมมติฐานของเส้นโค้งแนวการวิบัติ โดยทั่วไปแล้ววิธีสมดุลขีดจำกัดจะใช้หลักการของโมเมนต์และสมดุลของแรงเพื่อประเมินเสถียรภาพของลาดดิน ซึ่งได้มีงานวิจัยที่สำคัญ ๆ เช่น Bishop (1955), Morgenstern and Price (1965), Spencer (1967), Fredlund and Krahn (1977) และ Leshchinsky and Huang (1992) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพของลาดดิน โดยใช้วิธีสมดุลขีดจำกัด แต่จะเป็นการวิเคราะห์ในระบบ 2 มิติเท่านั้น โดยการตั้งสมมติฐานเส้นโค้งแนวการวิบัติ แล้วทำการแบ่งชิ้นส่วนของเส้นโค้งแนวการวิบัติ ซึ่งจะต้องเป็นไปตามหลักการของโมเมนต์และสมดุลของแรง เพื่อให้อยู่บนหลักการพื้นฐานของวิธีสมดุลขีดจำกัด ในการวิเคราะห์หาเสถียรภาพของลาดดิน โดยหลังจากนั้นต้องมีการตรวจสอบสมมติฐานที่งานวิจัยเหล่านี้ได้นำเสนอขึ้น เพื่อให้แน่ใจว่าสมมติฐานดังกล่าวถูกต้อง และต้องเป็นไปตามหลักการของวิธีสมดุลขีดจำกัด

วิธีวิเคราะห์ลิมิต (Limit analysis) สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพของลาดดินได้ด้วยเช่นกัน โดยการใช้วิธีดังกล่าว ได้ถูกรวบรวมไว้ในงานวิจัยของ Michalowski (1995), Donald and Chen (1997) และ Chen et al., (2003, 2004) ตามลำดับ และได้มีงานวิจัยบางส่วนได้หาผลเฉลยสำหรับกรณีที่ลาดดินเป็นชั้น ๆ (Layered soil slope) สำหรับดินที่ลักษณะแบบเชื่อมแน่นและดินที่มีแรงเสียดทาน (Cohesive-frictional slope) เช่น งานวิจัย Kumar and Samui (2006) และ Lim et al., (2015) อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้จากการวิเคราะห์ลาดคันดินที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียวด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตยังมีไม่มากนัก เพราะฉะนั้นการวิจัยในหัวข้อนี้จึงมีความสำคัญและมีการวิจัยเพิ่มเติมต่อไปอีก

บทความนี้นำเสนอการหาค่าเสถียรภาพของลาดคันทาง โดยพิจารณาปัญหาเสถียรภาพของลาดคันทางที่มีลักษณะพิเศษ คือลาดคันทางที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียว ด้วยวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต (Finite element limit analysis) ทั้งขอบบนและขอบล่างบนระนาบความเครียด (2D Plane Stain) พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลเฉลยของตัวเลขเสถียรภาพกับวิธีสมดุลขีดจำกัด และการประยุกต์ใช้งาน

วิธีการวิเคราะห์และแบบจำลอง

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต (Finite Element Limit Analysis) OptumG2 โดย Krabbenhoft et al., (2017) ในการจำลองและวิเคราะห์หาผลเฉลยแบบขอบบน (Upper Bound, UB) และขอบล่าง (Lower Bound, LB) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่อาศัยหลักการของทฤษฎีลิมิตพลาสติก (Plastic Limit Theorem) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำและสามารถประยุกต์ใช้กับพารามิเตอร์ทั่ว ๆ ไปทางวิศวกรรมธรณีเทคนิคได้ การหาคำตอบด้วยทฤษฎีขอบเขตพลาสติก (Plastic Bound Theorems) โดยหลักการดังกล่าวคือ ถ้าเราสามารถจำกัดขอบเขตของคำตอบให้อยู่ในช่วงๆ หนึ่งที่แน่นอนได้ และทำการปรับปรุงแก้ไขระบบการคำนวณไปเรื่อยๆ จนกระทั่งช่วงของคำตอบนี้เข้าใกล้กัน

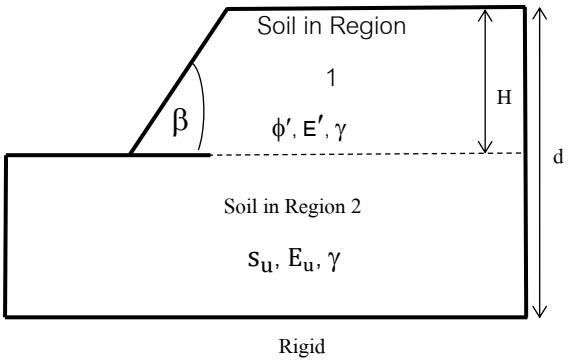
มากที่สุด เราก็จะได้ผลเฉลยที่ใกล้เคียงกับผลเฉลยแม่นตรง (Exact solution) มากที่สุด ทฤษฎีขอบเขตพลาสติกถูกแบงออกเป็นอีก 2 ทฤษฎีบท คือ ทฤษฎีบทขอบล่าง (Lower bound theorem) และทฤษฎีบทขอบบน (Upper bound theorem)

ในการวิจัยครั้งนี้จะถือว่าหน่วยน้ำหนักของดินทรายมีค่าเท่ากับหน่วยน้ำหนักของดินเหนียว โดยรูปแบบสมการที่ 1 ได้ถูกค้นพบและยังถือว่าเป็นการค้นพบที่สำคัญในการศึกษาของ Li et al., (2012) อย่างไรก็ตามค่ามุมเสียดทานภายใน (ϕ') ไม่ได้ถูกรวมอยู่ในสมการที่ 1 ซึ่งสามารถแสดงได้โดยผลเฉลยเชิงตัวเลขในรูปแบบกราฟเสถียรภาพ โดยการพิจารณาค่าความแตกต่างของค่า ϕ' ที่แปรเปลี่ยนไป นอกจากนั้นรูปแบบการวิบัติที่พบจะมีลักษณะของการวิบัติเป็นส่วนโค้งผ่านคันดินทั้งหมด (Base slide) ซึ่งการวิบัติในลักษณะนี้ จะเกิดขึ้นในชั้นดินอ่อนที่วางอยู่บนชั้นดินแข็ง ดังนั้นจะแสดงให้เห็นว่าชั้นดินที่เป็นดินเหนียว จะเกี่ยวข้องกับรูปแบบการวิบัติของลาดคันทางที่มีการถม

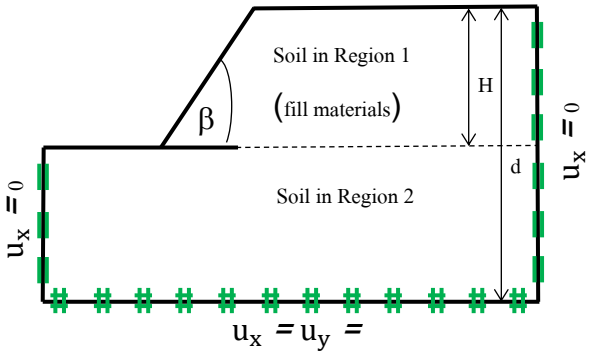
$$N_{sc} = \frac{s_u}{\gamma H\,(FS)} \tag{1}$$

ความสูงของลาดคันทางถม (H), แฟกเตอร์ความลึก (d/H) และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) สำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต ดินทรายถมถูกจะถูกจำลองให้เป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติของวัสดุแบบมอร์-คูลอมบ์ (Mohr-Coulomb) ในสภาพระบายน้ำ และดินเหนียวถูกจำลองเป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติของวัสดุแบบเทรสกา (Tresca) ในสภาพไม่ระบายน้ำ โดยมีพารามิเตอร์คือ หน่วยน้ำหนักของดิน (γ), กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) และมุมเสียดทานภายใน (ϕ') ดังแสดงในภาพที่ 1

เงื่อนไขการเคลื่อนตัวที่ขอบเขตของแบบจำลองนี้ คือขอบล่างของแบบจำลองไม่มีการเคลื่อนที่ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง ($u_x = u_y = 0$) ขอบซ้ายและขอบขวาไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวราบ ($u_x = 0$) สำหรับบนพื้นผิว (Ground surface) ของแบบจำลองเป็นแบบอิสระ ไม่มีการยึดในแนวแกนใด ๆ ทั้งสิ้น โดยรายละเอียดแสดงอยู่ในภาพที่ 2

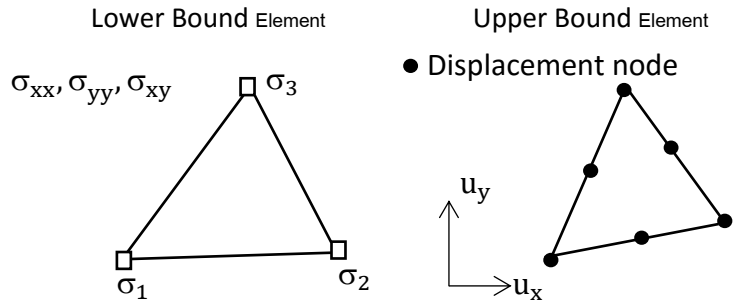


ภาพที่ 1 ปัญหาลาดคันทางที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียว และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 2 เงื่อนไขขอบเขตและรูปแบบเรขาคณิตของแบบจำลอง

แบบจำลองเป็นแบบระนาบความเครียด (Plane strain) ชิ้นส่วนดิน ของโครงข่ายไฟไนต์อิลิเมนต์ของขอบล่างเป็นชิ้นส่วน (Element) รูปสามเหลี่ยมแบบมี 3 จุดต่อของความเค้น (Nodal unknown stresses) ส่วนขอบเขตบนมีชิ้นส่วนรูปสามเหลี่ยมแบบมี 6 จุดต่อการเคลื่อนตัว (Nodal unknown displacement node) ดังที่แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ชิ้นส่วนสำหรับการวิเคราะห์ขอบล่างและขอบบน

โดยผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้โปรแกรม OptumG2 ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชั่นพิเศษ คือการที่แบบจำลองสามารถเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนหรือพัฒนาโครงข่าย (Adaptive mesh) ด้วยตัวเองได้ซึ่งสามารถทำให้ผลเฉลยของปัญหามีความเข้าใกล้ผลเฉลยแม่นตรง (Exact solution) มากยิ่งขึ้น โดยได้กำหนดให้แบบจำลองพัฒนาโครงข่าย ทั้งหมด 5 รอบต่อการวิเคราะห์หาผลเฉลยของ 1 ปัญหา ฟังก์ชั่นนี้จะเพิ่ม จำนวนชิ้นส่วนในพื้นที่มีการเปลี่ยนเปลี่ยนความเค้นและความเครียดสูง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าพื้นที่ประสิทธิผล (Effective area) เช่น ตรงตำแหน่งที่เกิดเส้นการวิบัติ (Slip-line field) เป็นต้น ผลเฉลยทุกค่าใน งานวิจัยนี้ได้ถูกตั้งค่าให้มีชิ้นส่วนเริ่มต้นที่ 5,000 ชิ้น และแบบจำลองจะพัฒนา โครงข่ายไปจำนวนทั้งหมดทั้งหมด 5 รอบ ซึ่งจะมีการเพิ่มจำนวนของชิ้นส่วนไปได้ถึง 30,000 ชิ้นส่วนหลังจากการพัฒนาโครงข่ายครั้งสุดท้าย

พิจารณาค่ามุมเอียงของลาดคันทาง $\beta = 15^\circ, 22.5^\circ, 30^\circ$และ 40° เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และพิจารณาค่ามุมเสียดทานภายใน $\phi' = 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ และ 45° และกำหนดให้ค่า $\psi = \phi'$ เนื่องจากต้องพิจารณาวิเคราะห์เสถียรภาพสำหรับลาดดินทรายถมบนดินเหนียว ซึ่งเป็นคุณพลาสติกแบบสมบูรณ์ (Rigid-perfectly plastic) ร่วมกับกฎการไหลแบบสอดคล้อง (Associated flow rule) ค่าโมดูลัสแบบไม่ระบายน้ำ (E_u/s_u=300) สำหรับกรณีค่าโมดูลัสแบบระบายน้ำ (E'= 2,800N) โดยอัตราส่วนของปัวซองแบบไม่ระบายน้ำเท่ากับ (ν_u) = 0.495 อัตราส่วนของปัวซองแบบระบายน้ำของวัสดุถมแบบเสียดทานเท่ากับ (ν') =0.35 รวมถึงค่า d/H ซึ่งจะมีค่าระหว่าง 1.5, 2, 3, 4 และ 5 โดยเมื่อพิจารณาค่าแฟกเตอร์ความลึก d/H = 1 จะเท่ากับกรณีลาดคันทางที่มีลักษณะเป็นแบบเอกพันธ์ (Homogeneous slope) ซึ่งผลเฉลยของตัวเลขเสถียรภาพในกรณีดังกล่าว จะตรงกับผลเฉลยได้ถูกนำเสนอโดย Taylor (1937) โดยผลเฉลยที่ได้จากวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตจะถูกสรุปในรูปของพารามิเตอร์ไร้มิติของตัวเลขเสถียรภาพ, $s_u/\gamma H(FS)$ ดังแสดงตามสมการที่ 1

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมดุลขีดจำกัดเพื่อเปรียบเทียบผลเฉลยในงานวิจัยครั้งนี้ จะใช้โปรแกรม AutoSLOPE โดย Ukritchon (2002) ในการจำลองและวิเคราะห์หาผลเฉลย โดยโปรแกรมดังกล่าว สามารถค้นหารูปแบบการวิบัติโดยอัตโนมัติ (Self - Adaptive Failure Surface Generation, SAFEGEN) ซึ่งเป็นอัลกอริทึม (Algorithm) ย่อยหนึ่งในโปรแกรม

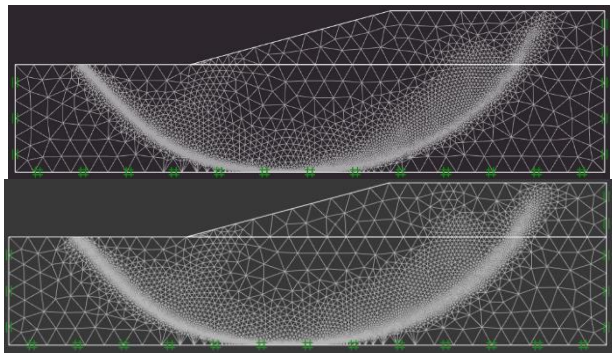
AutoSLOPE นอกจากนั้นยังสามารถวิเคราะห์เสถียรภาพของลาดคันทางโดยใช้หลักการของวิธีสมดุล เพื่อหาอัตราส่วนความปลอดภัยได้ด้วยเช่นกัน

ผลการวิเคราะห์

ภาพที่ 4 แสดงผลของการพัฒนาโครงข่าย (Adaptive mesh) ครั้งสุดท้ายของลาดคันทางที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียวบนระนาบความเครียดสองมิติ สำหรับกรณี $\beta = 15^\circ$, $\phi' = 25^\circ$, d/H = 3 เปรียบเทียบระหว่างผลเฉลยของเขตล่าง และขอบเขตบน หลังจากการพัฒนาโครงข่ายครั้งที่ 5 จำนวนชิ้นส่วน (Element) ของแบบจำลองจะถูกเพิ่มจำนวนในพื้นที่ประสิทธิผล (Effective area) หรือตรงส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเค้นเฉือนสูง โดยช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงของความเค้นเฉือนสูงนั้น จะมีลักษณะเป็นส่วนโค้งผ่านคันดินทั้งหมด (Base slide) ซึ่งตำแหน่งและลักษณะของการเกิดขึ้นของความเค้นเฉือนดังกล่าวนี้ จะเกิดขึ้นในกรณีที่ชั้นดินอ่อนวางอยู่บนชั้นดินแข็ง

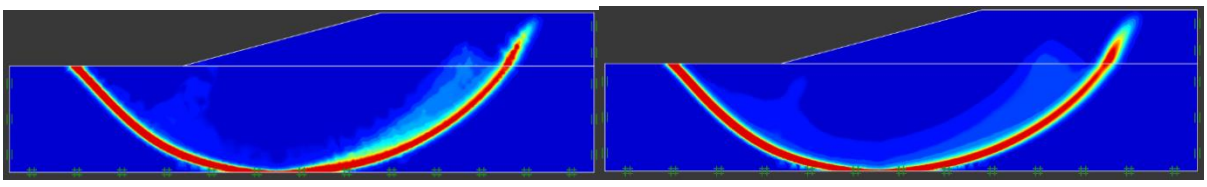
ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งที่มีการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน (Shear dissipation) ของลาดคันทางที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียว สำหรับกรณี $\beta = 15^\circ$, $\phi' = 25^\circ$, d/H = 3 เปรียบเทียบระหว่างผลเฉลยของขอบล่าง และขอบบน และเมื่อเปรียบกับรูปโครงข่ายในกรณีเดียวกันจะเห็นได้ว่ามีการการเคลื่อนตัวรวมไปถึงความเครียดเฉือนในตำแหน่งเดียวกันกับภาพที่ 4

ภาพที่ 6, 7, 8 และ 9 แสดงผลการพัฒนาโครงข่าย และการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือนของลาดคันทางที่ถมด้วยดินทรายวางบนดินเหนียว สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 30^\circ$, d/H = 2 และสำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 35^\circ$, d/H = 1.5 จะเห็นว่ามีลักษณะเป็นส่วนโค้งผ่านคันดินทั้งหมด โดยตำแหน่งของลักษณะของการเกิดขึ้นของโครงข่ายและความเค้นเฉือนดังกล่าวนี้ จะเกิดขึ้นในกรณีที่ชั้นดินอ่อนวางอยู่บนชั้นดินแข็ง เช่นเดียวกันกับภาพที่ 4 และภาพที่ 5



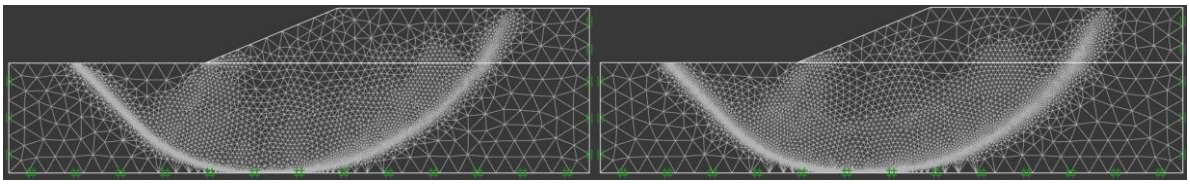
(a) (b)

ภาพที่ 4 การพัฒนาโครงข่ายไฟไนต์อิลิเมนต์ สำหรับกรณี $\beta = 15^\circ$, $\phi' = 25^\circ$, d/H = 3, (a) LB, (b) UB



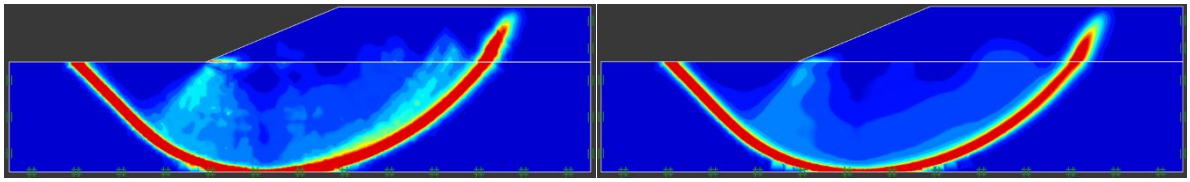
(a) (b)

ภาพที่ 5 รูปแบบการวิบัติของการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน สำหรับกรณี $\beta = 15^\circ$, $\phi' = 25^\circ$, d/H = 3, (a) LB, (b) UB



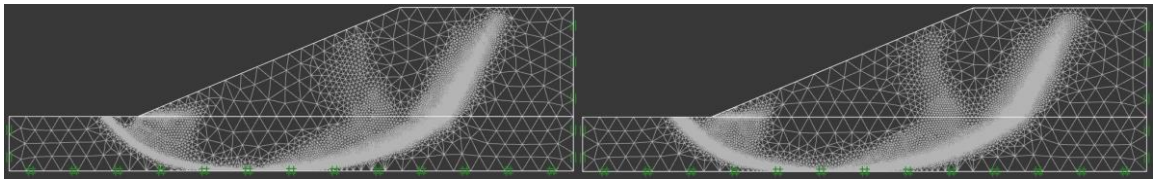
(a) (b)

ภาพที่ 6 การพัฒนาโครงข่ายไฟไนต์อิลิเมนต์ สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 30^\circ$, d/H = 2, (a) LB, (b) UB



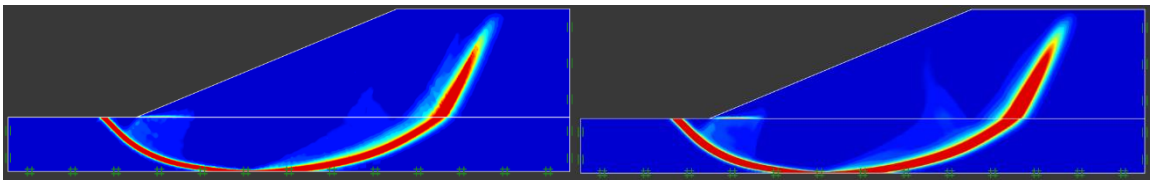
(a) (b)

ภาพที่ 7 รูปแบบการวิบัติของการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 30^\circ$, d/H = 2,
(a) LB, (b) UB



(a) (b)

ภาพที่ 8 การพัฒนาโครงข่ายไฟไนต์อิลิเมนต์ สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 35^\circ$, d/H = 1.5, (a) LB, (b) UB



(a) (b)

ภาพที่ 9 รูปแบบการวิบัติของการเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$, $\phi' = 35^\circ$, d/H = 1.5,
(a) LB, (b) UB

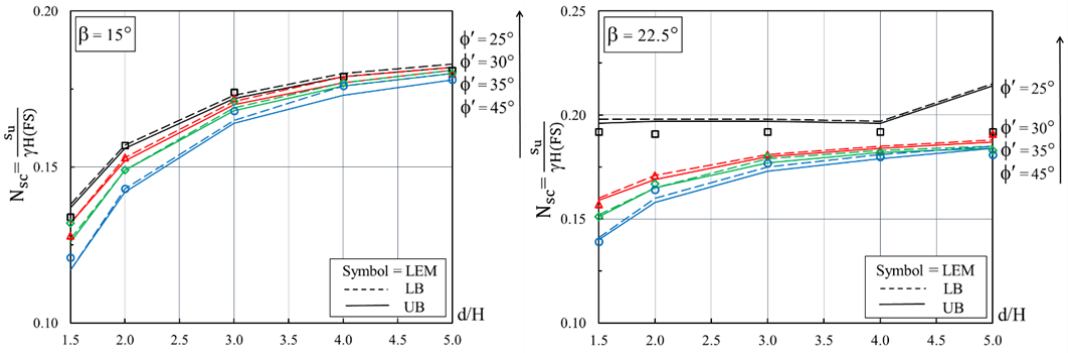
ภาพที่ 10(a) และภาพที่ 10(b) แสดงผลเฉลยจากวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต ด้วยโปรแกรม OptumG2 ผลเฉลยที่ได้คือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไร้มิติของตัวเลขเสถียรภาพ, $s_u/\gamma H(FS)$ กับแฟกเตอร์ความลึก, d/H ตั้งแต่ 1.5 ถึง 5 ซึ่งมีค่ามุมเอียงของลาดคันทาง, $\beta = 15^\circ$และ 22.5° โดยกราฟในภาพจะแบ่งเป็นสองแบบคือแบบผลเฉลยของขอบล่างจะเป็นเส้นประ ส่วนผลเฉลยของขอบบนจะเป็นเส้นทึบ จากภาพจะเห็นได้ว่าผลเฉลยที่ได้มีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดยที่ขอบล่างและขอบบนมีความใกล้เคียงกันมากจนเกือบจะเป็นเส้นเดียวกันซึ่งแสดงว่าผลเฉลยที่ได้มีค่าใกล้เคียงผลเฉลยแม่นตรงมาก เส้นต่าง ๆ ในภาพที่ 10(a) และภาพที่ 10(b) มีค่ามุมเสียดทานภายใน, ϕ' แตกต่างกันโดยเส้นบนสุดมีค่า $\phi' = 25^\circ$ และเส้นล่างสุดมีค่า $\phi' = 45^\circ$ ซึ่งเส้นล่างสุดเป็นกรณีที่ค่ามุมเสียดทานภายในมีค่าสูงสุดที่สามารถทำให้ลาดคันทางยังคงมีเสถียรภาพอยู่ได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัด พบว่าผลเฉลยมีแนวโน้มสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้วิธีสมดุลขีดจำกัดนั้น มีทั้งผลเฉลยที่มีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่า ขอบบนหรือขอบล่าง และไม่อยู่ในช่วงของเขตล่างและบนเลยก็มีบางกรณีด้วยเช่นกัน ดังแสดงภาพที่ 10(b) สำหรับกรณี $\beta = 22.5^\circ$ และ$\phi' = 25^\circ$ อย่างไรก็ตาม สำหรับกรณีที่ค่ามุมเอียงของลาดคันทาง, $\beta = 30^\circ$ และ 40° ซึ่งเป็นลาดคันทางที่มีความลาดเอียงสูง

จะมีค่ามุมเสียดทานภายในที่ยังสามารถรักษาเสถียรภาพของลาดคันทางให้คงอยู่ได้ (FS > 1) ซึ่งจะมีค่าอยู่ช่วงระหว่าง ϕ' = 35 - 45° สำหรับกรณี β = 30° และ β = 40° ดังแสดงในภาพที่ 11(a) และภาพที่ 11(b) ตามลำดับ

ภาพที่ 11(a) และภาพที่ 11(b) แสดงผลเฉลยจากวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต ด้วยโปรแกรม OptumG2 ผลเฉลยที่ได้คือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรไร้มิติของตัวเลขเสถียรภาพ, $s_u/\gamma H(FS)$ กับแฟกเตอร์ความลึก, d/H ตั้งแต่ 1.5 ถึง 5 ซึ่งมีค่ามุมเอียงของลาดคันทาง, β = 30° และ 40° โดยกราฟในภาพจะแบ่งเป็นสองแบบคือแบบผลเฉลยของขอบล่างจะเป็นเส้นประ ส่วนผลเฉลยของขอบบนจะเป็นเส้นทึบ จากรูปจะเห็นได้ว่าผลเฉลยที่ได้มีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดยที่ขอบล่างและขอบบนมีความใกล้เคียงกันมากจนเกือบจะเป็นเส้นเดียวกัน ซึ่งแสดงว่าผลเฉลยที่ได้มีค่าใกล้เคียงผลเฉลยแม่นตรงมาก เส้นต่าง ๆ ในภาพที่ 11(a) และภาพที่ 11(b) มีค่ามุมเสียดทานภายใน, ϕ' แตกต่างกันโดยเส้นบนสุดมีค่า ϕ' = 35°และเส้นล่างสุดมีค่า ϕ' = 45° ซึ่งเส้นล่างสุดเป็นกรณีที่ค่ามุมเสียดทานภายในมีค่าสูงสุดที่สามารถทำให้ลาดคันทางยังคงมีเสถียรภาพอยู่ได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัด พบว่าผลเฉลยมีแนวโน้มสอดคล้องกันเฉพาะ ในช่วง d/H เท่ากับ 3 ถึง 5 อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้วิธีสมดุลขีดจำกัดนั้น ไม่อยู่ในช่วงของเขตล่างและบนเลยในช่วง d/H เท่ากับ 1.5 ถึง 3 ดังแสดงใน ภาพที่ 11(a) และภาพที่ 11(b)

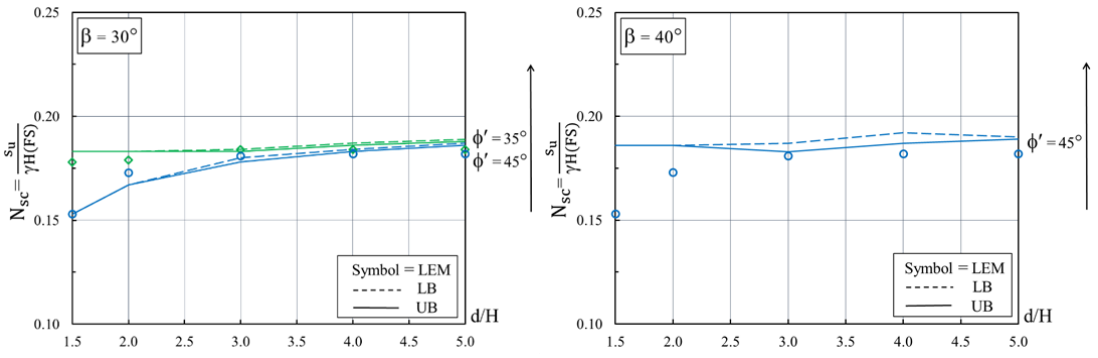
ภาพที่ 12(a) และภาพที่ 12(b) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $s_u/\gamma H(FS)$ กับ d/H เช่นเดียวกัน แต่เส้นต่าง ๆ ในภาพแสดงค่า β ที่แตกต่างกัน โดยเส้นล่างสุดมีค่า β = 15° และเส้นบนสุดมีค่า β = 22.5° ซึ่งเส้นล่างสุดเป็นกรณีที่ค่ามุมเอียงของลาดคันทางต่ำ ทำให้ลาดคันทางมีเสถียรภาพสูง และเมื่อเพิ่มค่ามุมเอียงของลาดคันทางให้สูงขึ้น เสถียรภาพของลาดคันทางก็จะลดลง ซึ่งผลเฉลยทุกค่าในสองภาพนี้จะเท่ากับ ϕ' = 25° และ ϕ' = 30° ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัด พบว่าผลเฉลยไม่สอดคล้องกันเฉพาะกรณี β = 22.5° โดยที่ ϕ' = 25° โดยผลเฉลยดังกล่าวไม่อยู่ในช่วงของเขตล่างและบนเลยในบางกรณี ดังแสดงในภาพที่ 12(a)

ภาพที่ 13(a) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $s_u/\gamma H(FS)$ กับ d/H เช่นเดียวกันกับภาพที่ 13(b) แต่เส้นต่าง ๆ ในภาพแสดงค่า β ที่แตกต่างกัน ดังนี้ β = 15°, 22.5° และ 30° ผลเฉลยมีค่าใกล้กันมากจนเกือบเป็นเส้นเดียวกัน โดยเสถียรภาพของลาดคันทางจะมีน้อยลงจากเส้นล่างสุดไปสู่เส้นบนสุด โดยผลเฉลยทุกค่าในภาพนี้จะเท่ากับ ϕ' = 35° และเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัด พบว่าผลเฉลยมีแนวโน้มสอดคล้องกัน อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้วิธีสมดุลขีดจำกัดนั้น มีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่า ขอบบนหรือขอบล่าง และไม่อยู่ในช่วงของเขตล่างและบนเลยในบางกรณี ดังแสดงภาพที่ 13(a) สำหรับกรณี β = 30° โดยที่ ϕ' = 35°และดังแสดงภาพที่ 13(b) สำหรับกรณี β = 40° โดยที่ ϕ' = 45°



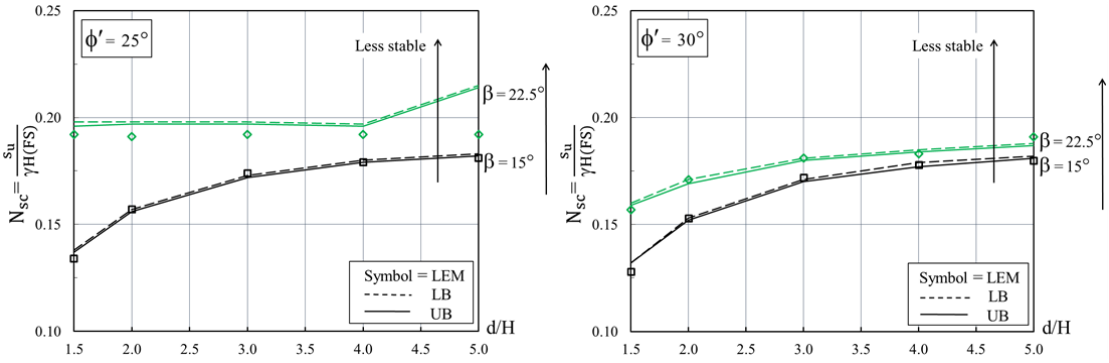
(a) (b)

ภาพที่ 10 ผลเฉลยของ $s_u/\gamma H(FS)$ ที่ (a) β = 15°, (b) β = 22.5°



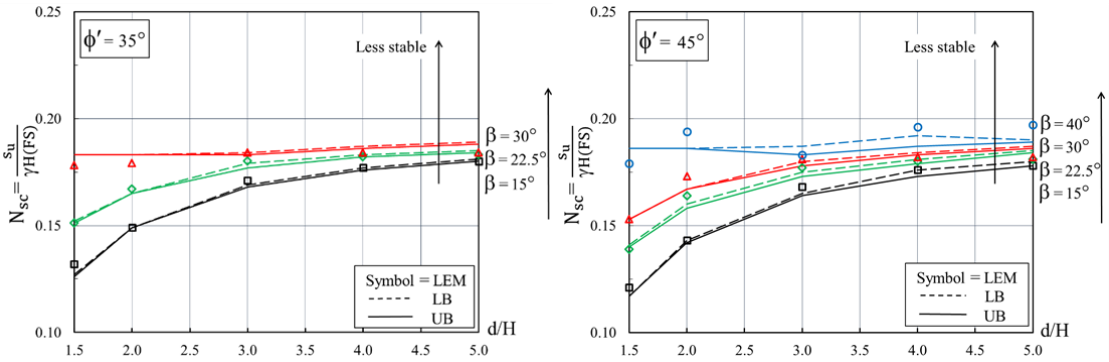
(a) (b)

ภาพที่ 11 ผลเฉลยของ $s_u/\gamma H(FS)$ ที่ (a) $\beta = 30^\circ$, (b) $\beta = 40^\circ$



(a) (b)

ภาพที่ 12 ผลเฉลยของ $s_u/\gamma H(FS)$ ที่ (a) $\phi' = 25^\circ$, (b) $\phi' = 30^\circ$



(a) (b)

ภาพที่ 13 ผลเฉลยของ $s_u/\gamma H(FS)$ ที่ (a) $\phi' = 35^\circ$, (b) $\phi' = 45^\circ$

สำหรับภาพที่ 13(b) แสดงความสัมพันธ์เช่นเดียวกันกับภาพที่ 13(a) แต่เส้นต่าง ๆ ในรูปแสดงค่า β ที่แตกต่างกัน ดังนี้ $\beta = 15^\circ, 22.5^\circ, 30^\circ$และ 40° ผลเฉลยมีค่าใกล้กันมากจนเกือบเป็นเส้นเดียวกัน โดยเสถียรภาพของลาดคันทางจะมี

น้อยลง จากเส้นล่างสุดไปสู่เส้นบนสุด โดยผลเฉลยทุกค่าในภาพนี้จะเท่ากับ $\phi' = 45^\circ$ และจะเห็นได้ว่าตัวเลขเสถียรภาพจะเริ่มมีค่าคงที่เมื่อ $d/H \geq 3$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวตั้งแต่ภาพที่ 10 ถึงภาพที่ 13 สามารถสรุปได้ว่าผลเฉลยส่วนใหญ่ของตัวเลขเสถียรภาพ, $s_u/\gamma H(FS)$ เมื่อพิจารณามุมเอียงของลาดคันดิน $\beta = 15^\circ - 40^\circ$ และค่าแฟกเตอร์ความลึก, $d/H = 1.5 - 3$ แสดงให้เห็นถึงค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีแนวโน้มลดลง ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการถมคันทางด้วยดินทรายให้มีความสูงเพิ่มขึ้น จากระดับดินเดิม จะทำให้เสถียรของลาดคันทางลดลง และเมื่อพิจารณาค่า d/H โดยให้มีค่าอยู่ระหว่างช่วง $d/H = 4 - 5$ พบว่าค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และลาดคันทางยังคงมีเสถียรภาพ ($FS > 1$) พร้อมทั้งแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการถมด้วยดินทรายเพื่อนำไปทำการก่อสร้างลาดคันทาง ที่มีค่า $d/H \geq 4$ จะไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรของลาดคันทาง

เมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัดกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต พบว่าผลเฉลยมีแนวโน้มสอดคล้องกัน ในบางกรณี อย่างไรก็ตามผลเฉลยที่ได้จากวิธีสมดุลขีดจำกัดนั้น มีทั้งผลเฉลยที่มีค่าน้อยกว่า หรือมากกว่า ขอบบนหรือขอบล่าง และไม่อยู่ในช่วงของเขตล่างและบนเลย ก็มีในบางกรณีด้วยเช่นกัน

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน

ต้องการออกแบบลาดคันทางที่ใช้ดินทรายถม กรณีที่ 1 มีค่ามุมเอียงของลาดคันทาง (β) เท่ากับ 15°, ค่ามุมเสียดทานภายในของดินทรายถม (ϕ') เท่ากับ 45°, ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) ของดินเหนียวใต้ดินทรายถมเท่ากับ 20 kPa, ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (γ) เท่ากับ 18 kN/m^3, ค่าความสูงของลาดทางถม (H) เท่ากับ 5 m และค่าแฟกเตอร์ความลึก (d/H) เท่ากับ 4 โดยนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปหาค่า $s_u/\gamma H(FS)$ จากภาพที่ 10(a) $s_u/\gamma H(FS) = 0.176$ (LB), $s_u/\gamma H(FS) = 0.173$ (UB) ได้ค่า $s_u/\gamma H(FS) = 0.175$ (เฉลี่ย) หลังจากนั้นนำไปคำนวณหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (FS) จากสมการที่ 1 จะได้ $FS = 1.27$

สำหรับ กรณีที่ 2 มีค่ามุมเอียงของลาดคันทาง (β) เท่ากับ 22.5°, ค่ามุมเสียดทานภายในของดินทรายถม (ϕ') เท่ากับ 35°, ค่ากำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) ของดินเหนียวใต้ดินทรายถม เท่ากับ 20 kPa, ค่าหน่วยน้ำหนักของดิน (γ) เท่ากับ 18 kN/m^3, ค่าความสูงของลาดทางถม (H) เท่ากับ 5 m และค่าแฟกเตอร์ความลึก (d/H) เท่ากับ 2 โดยนำค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวไปหาค่า $s_u/\gamma H(FS)$ จากภาพที่ 13(a) $s_u/\gamma H(FS) = 0.171$ (LB), $s_u/\gamma H(FS) = 0.169$ (UB) ได้ค่า $s_u/\gamma H(FS) = 0.170$ (เฉลี่ย) หลังจากนั้นนำไปคำนวณหาค่าอัตราส่วนความปลอดภัย (FS) จากสมการที่ 1 จะได้ $FS = 1.31$

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการหาค่าเสถียรภาพของลาดคันทาง โดยพิจารณาปัญหาเสถียรภาพของคันทางที่มีลักษณะพิเศษ คือลาดคันทางที่มีดินทรายถมบนดินเหนียว ซึ่งได้ใช้วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิตแบบระนาบความเครียดสองมิติถูกนำมาใช้วิเคราะห์เสถียรภาพของปัญหานี้ ความสูงของลาดคันดินถม (H), แฟกเตอร์ความลึก (d/H) และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) สำหรับการวิเคราะห์วิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต โดยมีพารามิเตอร์คือ หน่วยน้ำหนักของดิน (γ), กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) และมุมเสียดทานภายใน (ϕ') การศึกษาทางพารามิเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรไร้มิติแฟกเตอร์ความลึก (d/H), มุมเสียดทานภายใน (ϕ') และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) สำหรับการวิเคราะห์ไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต สำหรับดินทรายถูกจำลองเป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติ ของวัสดุแบบมอร์-คูลอมบ์ในสภาพระบายน้ำ และดินเหนียวถูกจำลองเป็นอิลิเมนต์แบบปริมาตรที่มีคุณสมบัติของวัสดุแบบเทรสกา

ในสภาพไม่ระบายน้ำ โดยมีพารามิเตอร์คือ หน่วยน้ำหนักของดิน (γ), กำลังรับแรงเฉือนแบบไม่ระบายน้ำ (s_u) และมุมเสียดทานภายใน (ϕ') การศึกษาทางพารามิเตอร์ ประกอบด้วยตัวแปรไร้มิติแฟกเตอร์ความลึก (d/H), มุมเสียดทานภายใน (ϕ') และมุมเอียงของลาดคันทาง (β) ผลที่ได้ถูกสรุปในรูปของพารามิเตอร์ไร้มิติของตัวเลขเสถียรภาพ ($s_u/\gamma H(FS)$) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของตัวแปรไร้มิติป้อนเข้าไป

ผลเฉลยที่ได้นำเสนอในรูปของรูปแบบการวิบัติ (Failure mechanism) ที่ประกอบไปด้วยผลการพัฒนาโครงข่าย การเพิ่มขึ้นของความเครียดเฉือน จากผลการวิเคราะห์พบว่าจำนวนอิลิเมนต์เพิ่มขึ้นอย่างมากบริเวณที่เกิดความเครียดเฉือนสูง โดยมีลักษณะเป็นส่วนโค้งผ่านคันดินทั้งหมด (Base slide) ซึ่งลักษณะของตำแหน่งกล่าวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lim et al., (2015) กล่าวคือเส้นโค้งของการวิบัติจะเกิดขึ้นในกรณีที่ชั้นดินอ่อนวางอยู่บนชั้นดินแข็ง และเมื่อ d/H = 1.5 - 3 แสดงให้เห็นถึงค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีแนวโน้มลดลง ($FS < 1$) ซึ่งหมายความว่าเมื่อมีการถมคันทางด้วยดินทรายให้มีความสูงเพิ่มขึ้น จากระดับดินเดิม จะทำให้เสถียรของลาดคันทางลดลง และเมื่อค่า d/H อยู่ในช่วงระหว่าง d/H = 4 - 5 พบว่าค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และลาดคันทางยังมีเสถียรภาพ ($FS > 1$) ดังนั้น เมื่อมีการถมด้วยวัสดุถมแบบเสียดทาน เช่น ทรายถม กรวดเพื่อนำไปทำการก่อสร้างลาดคันทาง ที่มีค่า $d/H \geq 4$ จะไม่ส่งผลกระทบต่อเสถียรของลาดคันทาง

ค่าของผลเฉลยที่ได้จะถูกแสดงในภาพกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $s_u/\gamma H(FS)$ กับ d/H ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่าค่า $s_u/\gamma H(FS)$ จะมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อค่า d/H = 1.5 – 3 เมื่อ ϕ' มีค่าเพิ่มขึ้น และ β มีค่าลดลง และเมื่อค่า d/H อยู่ในช่วงระหว่าง d/H = 4 - 5 พบว่าค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และลาดคันทางมีเสถียรภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในช่วง d/H = 1.5 – 3

เมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยจากวิธีสมดุลขีดจำกัดกับวิธีไฟไนต์อิลิเมนต์ของการวิเคราะห์ลิมิต จากการวิเคราะห์หาค่า $s_u/\gamma H(FS)$ ในปัญหาของลาดคันทางที่ดินทรายถมบนดินเหนียว พบว่าผลเฉลยโดยส่วนใหญ่ เมื่อพิจารณามุมเอียงของลาดคันทาง (β) เท่ากับ 15°- 40° และค่าแฟกเตอร์ความลึก (d/H) เท่ากับ 1.5 - 5 จะพบว่าค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีแนวโน้มสอดคล้องกันแต่สำหรับในกรณีที่มุมเอียงของลาดคันทาง (β) ที่สูงๆ และ d/H มากๆ ค่า $s_u/\gamma H(FS)$ มีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เมื่อวิเคราะห์ปัญหาเสถียรภาพของลาดคันทาง สำหรับกรณีดินทรายถมบนดินเหนียว จะใช้วิธีสมดุลขีดจำกัดได้เพียงบางกรณีเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

AI-Homoud, A.S. Tal, A.B. and Taqieddin, S.A. 1997. A comparative study of slope stability methods and mitigative design of a highway embankment landslide with a potential for deep seated sliding. **Engineering Geology**, 47(1), pp. 157–173.

Bishop, A.W., 1955. The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. **Géotechnique**. 5(1), 7–17.

Chen, J. Yin, J.H. and Lee, C.F. 2003. Upper bound limit analysis of slope stability using rigid finite elements and nonlinear programming. **Canadian Geotechnical Journal**, 40(4), pp. 742-752.

Chen, J. Yin, J.H. and Lee, C.F. 2004. Rigid finite element method for upper bound limit analysis of soil slopes subjected to pore water pressure. **Journal of Engineering Mechanics (ASCE)**, 130(8), pp. 886-893.

Donald, I.B. and Chen, Z. 1997. Slope stability analysis by the upper bound approach: fundamentals and methods. **Canadian Geotechnical Journal**, 34(6), pp. 853-862.

Fredlund, D.G., and Krahn, J., 1977. Comparison of slope stability methods of analysis. **Canadian Geotechnical Journal**. 14(3), 429-439.

Indraratna, B. Balasubramaniam, A. and Balachandran, S, 1992. Performance of test embankment constructed to failure on soft marine clay. **Journal Geotechnical Engineering**, 118(1), pp. 12–33.

Krabbenhoft, K. Lyamin, A.V. and Krabbenhoft, J. 2017. **Optum computational engineering (OptumG2)**, OptumG2 Company

Kumar, J. and Samui, P. 2006. Stability determination for layered soil slopes using the upper bound limit analysis. **Geotechnical and Geological Engineering**, 24(6), pp. 1803-1819.

Leshchinsky, D., and Huang, C.C. 1992. Generalized slope stability analysis: Interpretation, modification, and comparison. **Journal Geotechnical Engineering (ASCE)**, 118(10), pp. 1559–1576.

Li, A. J. Cassidy, M. J. Wang, Y. Merifield, R.S. and Lyamin, A.V., 2012. Parametric Monte Carlo studies of rock slopes based on the Hoek–Brown failure criterion. **Computers and Geotechnics**, 45(Sep), pp. 11–18.

Lim, K. Lyamin, A.V. Cassidy, M.J. and Li, A.J. 2015. Three-dimensional slope stability charts for frictional fill materials placed on purely cohesive clay. **International Journal for Geomechanics**, 16(2), pp. 1-7.

Michalowski, R.L. 1995. Slope stability analysis: A kinematical approach. **Géotechnique**, 45(2), pp. 283-293.

Morgenstern, N. R., and Price, V. E., 1965. The analysis of the stability of general slip surfaces. **Géotechnique.** 15(1), 79-93.

Spencer, E., 1967. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. **Géotechnique**. 17(1), 11-26.

Taylor, D.W. 1 937. Stability of earth slopes. **Journal of the Boston Society of Civil Engineers**, 24(3), pp. 197–246.

Ukritchon, B., 2002. An automatic search method for general failure surface in slope stability analysis. **Proceedings of the 15th KKCNN Symposium on Civil Engineering.** 19-20 December, Singapore.

การศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา

A Study of Concrete Paving Block Mixed With Para - wood Ash

ขวัญชีวา หยงสตาร์[1*] วัชระ ศรีสะกูล[1] นุอนันท์ คุระแก้ว[1] ชาตรี สามชุม[1]
ณัฐนนท์ เพ้งหล้ง [1] และ ชูเกียรติ ชูสกุล[2]

Khwanchiwa Yongsata[1*] Watchara Srisakul[1] Nuanan Kurakaew[1] Chatree Samchum[1]

Nattanon Panglong[1] and Chookiat Choosakul[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราโดยใช้อัตราส่วนของเถ้าไม้ยางพาราแทนที่ปูนซีเมนต์ร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนัก ใช้อัตราส่วนปูนซีเมนต์ : ทราย : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 2 : 3 โดยน้ำหนัก อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.60 ทดสอบกำลังรับแรงอัดคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่อายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน และทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วัน พิจารณาคุณสมบัติของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531

จากการศึกษาพบว่า ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่เพิ่มขึ้นของเถ้าไม้ยางพารา และค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา ทุกอัตราส่วนการผสมไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531 ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าอัตราส่วนการแทนที่ปูนซีเมนต์ของเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 20 เหมาะสมที่สุดซึ่งมีค่ากำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 174.34 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.53

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น, เถ้าไม้ยางพารา, กำลังรับแรงอัด

---

[1]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[1] Department of Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of technology Srivijaya, Mai Fad, Sikao, Trang 92150, Thailand

[2] สาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

[2] Department of civil engineering, College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of technology Srivijaya, Thongnian, Khanom, Nakhon Si Thammarat 80210, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : arjanpla@hotmail.com

ABSTRACT

This research aimed to study the concrete paving blocks mixed ash wood using a ratio of ash wood instead of cement percentage at 0, 20, 40 and 60 by weight ratio of cement: sand: quarry dust ratio of 1: 2: 3 weight ratio of water to cement (W / C) of 0.60 to test the compressive strength of concrete blocks paving of 7, 14, 21 and 28 days and test the water absorption at 28 day to consider the property of concrete paving block mixed ash wood products compared to standard Concrete Blocks Paving TIS. 827-2531.

According to the studies, it found that the water absorption of concrete blocks paving mixed the ash timber increased by an increased amount of ash wood ,and had the compressive strength of concrete mixed with fly ash wood flooring. All mixing ratios do not meet the standards of Concrete Block Paving TIS. 827-2531. This study found the ratio of cement instead of wood ash by 20 percent was the most suitable compressive strength at 28 days equal to 174.34 kilograms per square centimeter and a water absorption was 8.53 percent.

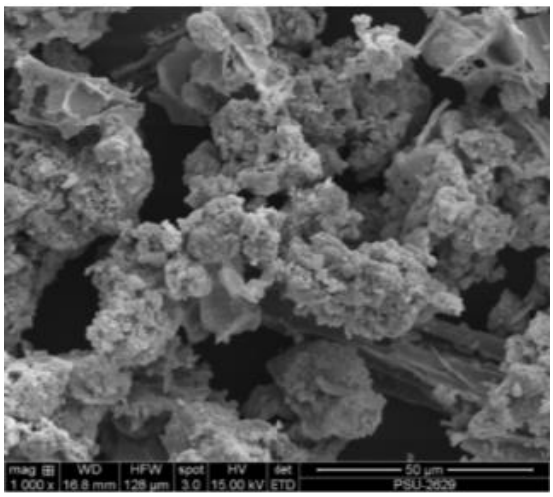
Keywords : Concrete paving blocks, With Para - wood Ash, Compressive strength

บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญทางภาคใต้ของประเทศไทย แต่เมื่อให้น้ำยางเป็นเวลา 25 ปีต้นยางพาราจะถูกตัดและไม้ยางพาราที่ได้นอกจากจะนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ยังถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าพลังความร้อน เถ้าไม้ยางพารา (Parawoed or Rubberwood ; RWA) เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการเผาเศษไม้ปีกไม้ และขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่เหลือทิ้งจากโรงเลื่อยโรงงานเฟอร์นิเจอร์ โดยทำการเผาที่อุณหภูมิสูง (1,000 องศาเซลเซียส) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าจากการเผาที่เกิดขึ้นเรียกว่า “เถ้าลอย (fly ash)” ซึ่งเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 80-85 ของเถ้าที่เกิดขึ้นทั้งหมด เถ้าชนิดนี้มีน้ำหนักเบาและมีขนาดเล็กประมาณ 1-200 ไมโครเมตร มีองค์ประกอบหลักทางเคมีคล้ายกับปูนซีเมนต์ คือ ซิลิกอนออกไซด์ อลูมิเนียมออกไซด์ เฟอร์ริกออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ หากนำมาผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำจะเกิดปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มการเชื่อมประสาน ทำให้อิฐมีความแข็งแรงมากขึ้น (อาบีดีน และคณะ, 2554) และโรงไฟฟ้ามักจะประสบปัญหาในการกำจัดเถ้าไม้ยางพาราที่มีปริมาณมาก แม้ว่าเถ้าสามารถใช้ประโยชน์เกี่ยวกับการปรับปรุงดิน การก่อสร้างทางหลวงหรือวัสดุเกี่ยวกับการก่อสร้าง เช่น อิฐ เป็นต้น โดยในบางงานวิจัยได้มีการนำเถ้าไม้ยางพารามาใช้ผสมเถ้าลอยผลิตปูนสอ (ดนุพลและจิรชาติ, 2543) ผลิตอิฐบล็อกประสาน (อาบีดีน และคณะ , 2558) ผลิตกระเบื้องเซรามิกมวลเบา (เสาวภา และคณะ, 2556) และ (ดนุพล และคณะ, 2557) ซึ่งผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเทคนิค SEM/EDX พบว่าเถ้าไม้ยางพารามี CaO เป็นองค์ประกอบหลัก มีปริมาณของ SiO_2 Al_2O_3 และ Fe_2O_3 รวมกันร้อยละ 2.15 (อาบีดีน และคณะ, 2554) ดังแสดงในตารางที่ 1 และลักษณะสัณฐานวิทยาของเถ้าไม้ยางพาราพบว่ามีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน มีผิวขรุขระ (กัลยา และคณะ, 2558) ดังแสดงในภาพที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของปูนซีเมนต์และเถ้าไม้ยางพารา (อาบีดีน และคณะ, 2554)

	องค์ประกอบทางเคมี							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3	CaO	MaO	K_2O	LOI
เถ้าไม้ยางพารา	1.08	0.31	0.76	1.65	33.93	1.77	13.06	21.34
ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1	11.96	2.35	3.66	3.93	73.73	0.94	0.51	-



ภาพที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเถ้าไม้ยางพารา (กัลยา และคณะ, 2558)

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นเป็นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ใช้ในการปูถนน ทางเดินหรือพื้นโรงรถมีลักษณะเป็นก้อนเป็นก้อนคอนกรีตหนามีรูปทรงและสีสันต่างๆ เวลาปูพื้นก็สามารถนำอิฐทางเท้าคอนกรีตที่มีรูปทรงและสีสันต่างๆ มาไปเรียงสลับหรือเรียงต่อกันให้เป็นลวดลายสลับสีอย่างสวยงามได้ โดยแต่ละก้อนจะวางเข้ามุมกันอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย และการวางสามารถวางบนพื้นดินหรือพื้นทรายที่มีการปรับระดับและอัดแน่นแล้ว โดยไม่จำเป็นต้องเทพื้นคอนกรีตรองรับข้างใต้ สามารถใช้งานในลักษณะเดียวกันกับพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กชนิดเทหล่อกับที่แล้ว คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมีข้อดีคือให้ความสวยงามโดยมีสีสันและลวดลายที่แปลกตาง่ายและสะดวกเพียงแต่ปรับพื้นและวางบล็อกปูพื้นคอนกรีตลงไปเท่านั้น สามารถเปลี่ยนแปลงลวดลายได้เมื่อใช้ไปนานปี ซ่อมแซมได้สะดวกเมื่อเกิดการชำรุด ส่วนข้อเสียคือไม่มีความคงรูปเมื่อใช้งานไปสักระยะหนึ่งผิวพื้นจะมีลักษณะเป็นคลื่นไม่ได้ระดับ เนื่องจากน้ำหนักที่กดทับในแต่ละจุดจะไม่เท่ากันยิ่งถ้ามีการปรับพื้นด้านล่างไม่ดีในตอนแรกอาจมีลักษณะเป็นหลุมเป็นบ่อ คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมักจะให้ประโยชน์ในแง่ความสวยงามมากกว่าแต่จะต้องคอยติดตามดูแลรักษาในภายหลัง ขณะที่การทำพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กแบบหล่ออยู่กับที่จะให้ความคงทนแข็งแรงและการใช้สอยที่สะดวกสบายมากกว่าสำหรับถนนภายในบ้านที่สร้างไว้เพื่อการเดินรถเข้า - ออกบล็อกปูพื้นก็ถือว่าเป็นวัสดุหนึ่งที่เรานิยมเลือกใช้ เพราะเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทานสามารถรองรับน้ำหนักของรถที่วิ่งเข้า - ออกได้คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปัจจุบันก็มีหลากสีหลากหลายคุณสมบัติให้เลือกใช้เพื่อให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานและยิ่งถ้าออกแบบลายให้มีลูกเล่นสวยงามจะยิ่งทำให้ถนนในบ้านสวยส่งเสริมบ้านให้ดูโดดเด่นน่ามองดังนั้นหากอิฐทางเท้าที่ใช้มีน้ำหนักเบา แต่ยังคงรักษาคุณภาพและสมบัติที่ดีให้คงอยู่ก็จะช่วยให้มีความสะดวกในการขนส่ง ประหยัดแรงงาน และช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างลงได้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นพัฒนาการศึกษาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 827-2531 โดยใช้วัสดุทางธรรมชาติซึ่งได้แก่ เถ้าไม้ยางพาราเป็นส่วนผสมและทำการศึกษาการรับกำลังอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีขายตามท้องตลาดโดยทั่วไป เพื่อเป็นการพัฒนาคุณสมบัติคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราให้เกิดประสิทธิภาพในการรับกำลังอัดได้และเป็นแนวทางในการประยุกต์และพัฒนาคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นเพื่อเพิ่มมูลค่าวัสดุที่เหลือใช้ต่างๆ ให้มีมูลค่าเพิ่มมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการศึกษา

งานวิจัยนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตราช้างของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด ผลิตขึ้นโดยมีคุณสมบัติตามกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 15-2547 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และตามมาตรฐาน ASTM C-150 TYPE 1 เถ้าไม้ยางพาราที่ใช้ในการดำเนินการศึกษาจาก บริษัท นาเมืองเพชรพาราวู้ด จำกัด ตำบลนาเมืองเพชร อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง วัสดุผสมใช้ทรายหยาบ หินฝุ่นนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และใช้น้ำประปาในการผสมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบ

ออกแบบอัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นประกอบด้วย ปูนซีเมนต์ : ทราย : หินฝุ่น เท่ากับ 1 : 2 : 3 โดยน้ำหนัก ใช้เถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 โดยน้ำหนักของปูนซีเมนต์ ใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (W/C) เท่ากับ 0.60 รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

Mix	Mix Proportion (kg)				
	Cement	RWA	Sand	Quarry Dust	Water
OPC	5	0	10	15	3
PWA20	4	1	10	15	3
PWA40	3	2	10	15	3
PWA60	2	3	10	15	3

หมายเหตุ OPC = คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ไม่ผสมเถ้าไม้ยางพารา

PWA20 = คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ที่ร้อยละ 20

การผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตัวอย่างจะทำการผสมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 827-2531 แล้วทำการเทคอนกรีตลงในแบบหล่อมาตรฐานขนาด 9.5 × 9.5 × 6 เซนติเมตร อัดแห้งด้วยแรงคน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จึงถอดแบบและนำไปบ่มในน้ำตามอายุ 7, 14, 21 และ 28 วัน จนครบอายุวัน จึงนำไปทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดและความหนาแน่นตาม มอก. 827-2531 ทดสอบค่าการดูดซึมน้ำที่อายุ 28 วันตาม มอก. 378-2531 โดยศึกษาค่ากำลังรับแรงอัดเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 827-2531

ผลและวิจารณ์ผล

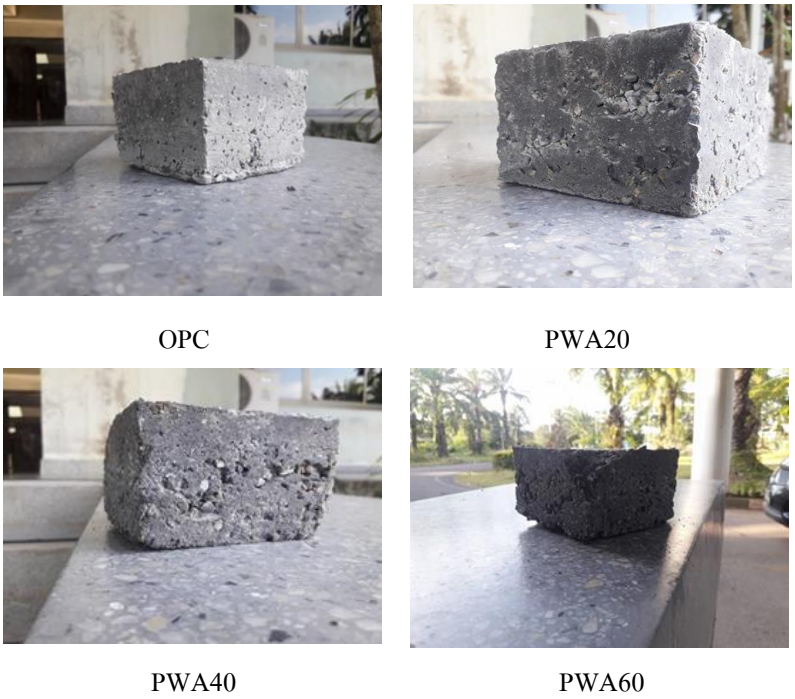
ลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบลักษณะทั่วไปของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา

ตัวอย่าง	กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)	สูง (ซม.)	น้ำหนัก (กก.)	ลักษณะทางกายภาพ	ความหนาแน่น (กก./ม^3.)
OPC	9.7	9.5	5.8	1.40	ได้ฉาก มีมุม ลักษณะผิวหน้าไม่ค่อยเรียบ	2,619
PWA20	9.7	9.6	6.1	1.40	ได้ฉาก มีมุม ลักษณะผิวหน้าค่อนข้างเรียบ	2,465
PWA40	9.6	9.5	5.8	1.39	ได้ฉาก มีบางมุมแตก ลักษณะผิวหน้าค่อนข้างเรียบ	2,428
PWA60	9.5	9.8	5.9	1.31	ไม่ได้ฉาก มุมแตก ลักษณะผิวหน้าเรียบ	2,384

จากตารางที่ 3 ลักษณะทั่วไปและมิติของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ที่อายุ 28 วัน โดยจากการสังเกตและวัดขนาดก้อนตัวอย่างที่นำไปทดสอบพบว่าตัวอย่างทดสอบมีขนาดเฉลี่ยดังนี้ ความกว้าง

เท่ากับ 9.6 เซนติเมตร ความยาวเท่ากับ 9.6 เซนติเมตร ความสูง เท่ากับ 5.9 เซนติเมตร เมื่อเพิ่มปริมาณเถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์พบว่าก้อนคอนกรีตบล็อกประสานตัวอย่างทดสอบจะมีความหนาแน่นลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของอาบีดีน และคณะ (2554) เนื่องจากเถ้าไม้ยางพารามีอนุภาคเล็ก น้ำหนักเบา โดยก้อนตัวอย่างจะค่อยๆ มีสีเทาเข้มขึ้น และมีฉาก เหลี่ยมผิดรูปไม่สวยงามตามลำดับ แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 2



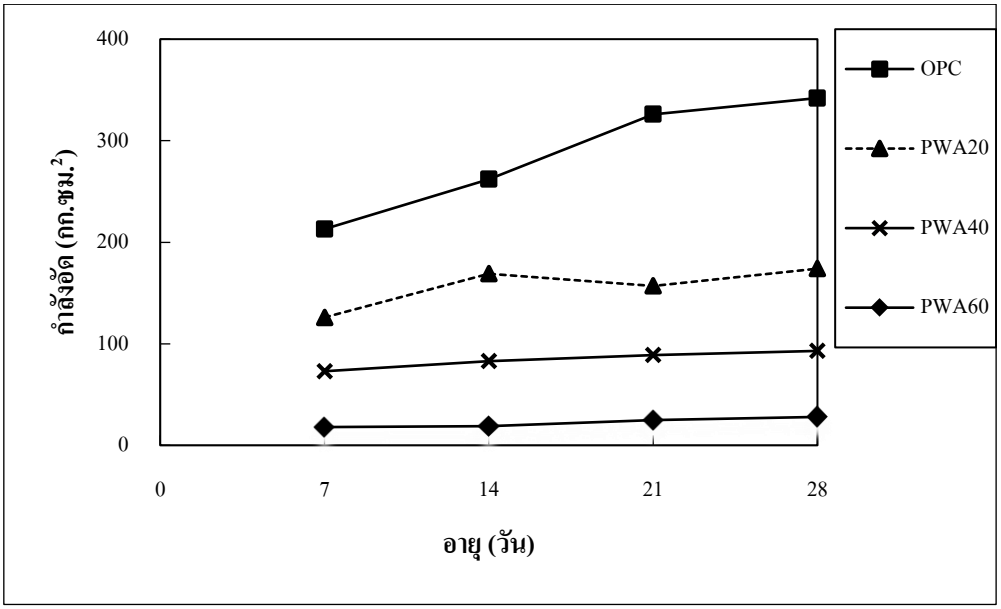
ภาพที่ 2 ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพารา

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

ในตารางที่ 4 พบว่าค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 21 และ 28 วัน ค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผสมเถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์จะมีค่าลดลงตามปริมาณการเพิ่มของเถ้าไม้ยางพารา เนื่องจากความพรุนและร้อยละของซิลิกอนไดออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์ของเถ้าไม้ยางพารามีน้อย ทำให้ลดการเกิดปฏิกิริยาปอซโซลานซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่สร้างความแข็งแรงให้คอนกรีต (อาบีดีน และคณะ, 2554) และที่อายุ 28 วัน เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับ มอก. 827-2531 (ระบุกำลังรับแรงอัดที่กำหนดสำหรับคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 350 กก./ซม.^{2}) พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ทุกอัตราส่วนผสม โดยคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราร้อยละ 20 มีค่ากำลังรับแรงอัดเหมาะสมที่สุด คือ 174 กก./ซม.^{2} ซึ่งมีค่าน้อยกว่าคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นควบคุมประมาณร้อยละ 49

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

Mix	Compressive strength (kg/m^2) (Normalized) (%)			
	7-d	14-d	21-d	28-d
OPC	213 (100)	262 (100)	(100)	342 (100)
PWA20	126 (59)	169 (65)	157 (48)	174 (51)
PWA40	73 (34)	83 (32)	89 (27)	93 (27)
PWA60	18 (8)	19 (7)	25 (8)	28 (8)



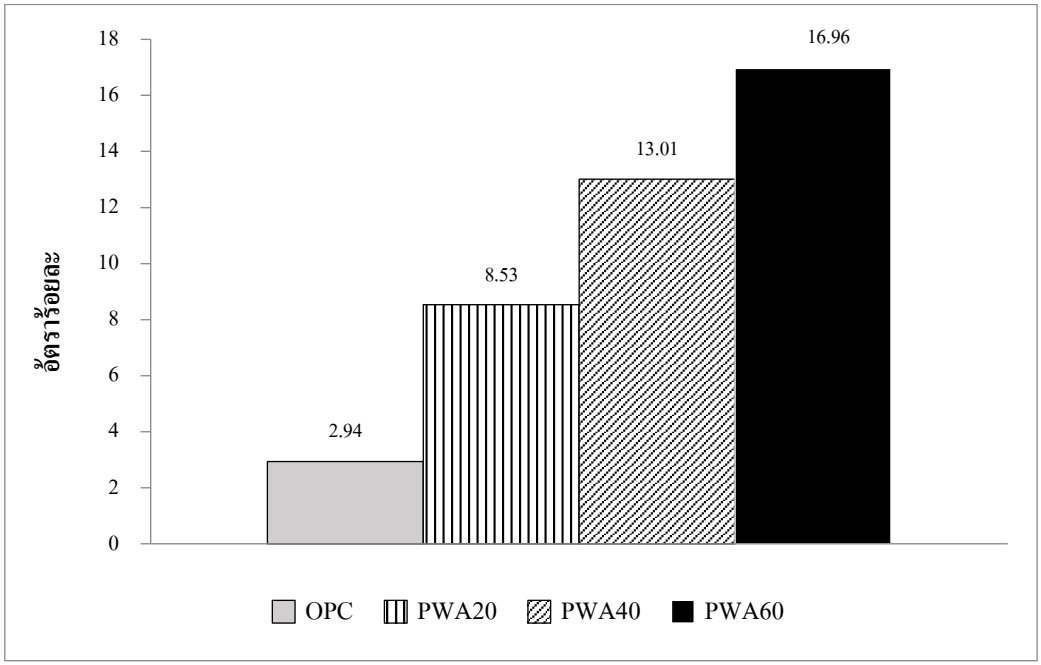
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังรับแรงอัดกับอายุของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากกราฟในภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นกับระยะเวลาในการบ่ม พบว่าความสามารถในกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในแต่ละอัตราส่วนผสม มีแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อระยะเวลาการบ่มที่มากขึ้นค่ากำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะเพิ่มขึ้นไปด้วย อันเป็นผลเนื่องมากจากเมื่อระยะเวลาการบ่มที่ยาวนานขึ้นทำให้ปฏิกิริยาไฮเดรชั่นของปูนซีเมนต์เกิดอย่างต่อเนื่อง เกิดแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตหรือซีเมนต์เจลซึ่งมีคุณสมบัติเป็นวัสดุประสานเกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรง (ชูเกียรติ, 2559)

ค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากภาพที่ 4 ผลจากการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นผสมเถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ที่อายุครบ 28 วัน พบว่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพาราที่ร้อยละ 20 มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดคือร้อยละ 8.53 ซึ่งผ่านมาตรฐาน มอก. 378-2531 (ระบุค่าดูดซึมน้ำเฉลี่ยของกระเบื้องคอนกรีต

ปูพื้นต้องไม่มากกว่าร้อยละ 10) โดยค่าการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าไม้ยางพาราที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคของเถ้าไม้ยางพารามีผิวขรุขระ มีรูพรุน (Cellular) มีพื้นที่ผิวมากทำให้กักเก็บน้ำโดยการดูดซึมน้ำเข้าไปในอนุภาค และมีการดูดซึมน้ำเนื่องจากแรงตึงที่ผิวของอนุภาค (อาบีดีน และคณะ, 2554) ซึ่งอัตราการดูดซึมน้ำสามารถบอกถึงความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อคประสานปูพื้น ถ้าอัตราการดูดซึมน้ำน้อยแสดงว่าคอนกรีตบล็อคนั้นมีความหนาแน่นมากกว่าสูงกว่าอัตราส่วนผสมที่มีค่าอัตราการดูดซึมน้ำสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ อุดมวิทย์ และคณะ (2561)



ภาพที่ 4 ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาของงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การใช้เถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นส่งผลให้หน่วยน้ำหนักและค่ากำลังรับแรงอัดลดลงตามอัตราส่วนของการเพิ่มขึ้นของเถ้าไม้ยางพารา

2) การใช้เถ้าไม้ยางพาราทดแทนปูนซีเมนต์ในคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นส่งผลให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเถ้าไม้ยางพาราที่ทดแทนปูนซีเมนต์

3) สรุปผลการศึกษาเปรียบเทียบค่ากำลังรับแรงอัดกับมาตรฐาน มอก. 827-2531 พบว่าทุกอัตราส่วนการผสมไม่ผ่านเกณฑ์

4) อัตราส่วนการทดแทนของเถ้าไม้ยางพาราที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษาครั้งนี้คือ ที่อัตราส่วนร้อยละ 20 โดยที่อายุ 28 วัน มีหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 2,465 กก./ม.^{3} ค่าการดูดซึมน้ำเท่ากับร้อยละ 8.53 และมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 174 กก./ซม.^{2} ซึ่งต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกประสานควบคุมร้อยละ 49

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ บริษัท นาเมืองเพชรพาราวู้ด จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เถ้าไม้ยางพารา และแผนกวิชาช่างโยธา สถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 2 วิทยาลัยเทคนิคตรัง ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบกำลังรับแรงอัดของคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

เอกสารอ้างอิง

กัลยา พรสุขสมบูรณ์ สิริญญา จันทรักษ์ และ แก้วตา แก้วตาทิพย์. 2558**.** อิทธิพลของเถ้าไม้ยางพาราต่อสมบัติของโฟมแป้งดิบ. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ** 18(3): 57-63.

ชูเกียรติ ชูสกุล. 2559. **คอนกรีตเทคโนโลยี ทฤษฎีและปฏิบัติ.** บริษัท ทริปเปิ้ลกรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ.

ดนุพล ตันนโยภาส และ จิรชาติ เจ้าสินเจริญ. 2543. ปูนสอผสมเถ้าลอยและเถ้าขี้เลื่อยไม้ยางพารา. **วารสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 22(4): 489-500.

ดนุพล ตันนโยภาส กัลยาณี คุปตานนท์ หทัยทิพย์ พันฤทธิ์ดำ และ สุชาติ จันทรมณีย์. 2557. กระเบื้องเซรามิกมวลเบาชนิดใหม่ทำจากหางแร่ดินขาวและเถ้าลอยไม้ยางพารา. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง** 7(1): 70-82.

เสาวภา ชูศรี ดนุพล ตันนโยภาส และ สุชาติ จันทรมณีย์. 2556. การผลิตกระเบื้องเซรามิกและกระเบื้องมวลเบาจากหินฝุ่นแอนดีไซต์ผสมเถ้าไม้ยางพารา. **วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต** 3(1): 70-83.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระเบื้องคอนกรีตปูพื้น มอก. 378-2531.** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มอก. 827-2531.** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ จินดา มะมิง โนรีสะ ราแดง และ ยาเซ็ง อาแว. 2554**.** สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของอิฐที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา** *6(1):* 25-35.

อาบีดีน ดะแซสาเมาะ โพซี วาจิ พารีด๊ะ สาแล และ นูรีฮัน แนแซ. 2558**.** อิฐบล็อกประสานที่มีส่วนผสมของเถ้าไม้ยางพารา. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา** 10*(1):* 77-86.

อุดมวิทย์ ไชยสกุลเกียรติ ทนง อิ่มใจ และ ฉิชาภา มินาบูลย์. 2561. การศึกษาคุณสมบัติของบล็อกคอนกรีตผสมผงตะกรันเหล็กสำหรับใช้เป็นวัสดุปูพื้นภายนอก, น.MAT 44-MAT48. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการคอนกรีตประจำปีครั้งที่ 13**. สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย, ชลบุรี.

การออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา : กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์

System Design for Printing Media and Advertising Design

: A Case Study of WeDesign Limited Partnership

เพ็ญสุภา รัตนบุษยาพร[1*] และ ฐิมาพร เพชรแก้ว[2]

Pensupa Rattanabussayaporn[1*] and Thimaporn Phetkaew[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัดวีดีไซน์ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล การคำนวณค่าใช้จ่าย การติดตามการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการสั่งผลิตงานสื่อสิ่งพิมพ์ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบระบบให้มีขั้นตอนการตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงานของลูกค้าก่อนรับคำสั่งทำชิ้นงานใหม่ ทั้งประวัติการสั่งทำชิ้นงานการยกเลิกชิ้นงาน และการชำระเงิน เป็นต้น ระบบที่ออกแบบมีฟังก์ชันงาน ดังนี้ การรับคำสั่งทำชิ้นงานการมอบหมายงาน การบันทึกผลการออกแบบชิ้นงาน การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานจากลูกค้า การอนุมัติสั่งพิมพ์ชิ้นงาน การสั่งพิมพ์ชิ้นงาน การรับชำระเงินและออกใบเสร็จรับเงิน การออกใบส่งของ การส่งชิ้นงานและการออกรายงานผลการดำเนินงาน เพื่อใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน มีการกำหนดสิทธิการใช้งานตามกลุ่มผู้ใช้ 7 กลุ่ม ได้แก่ ผู้บริหาร ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ พนักงานฝ่ายการเงิน ลูกค้าและผู้ดูแลระบบ

ผู้วิจัยออกแบบระบบโดยใช้เครื่องมือในการออกแบบ ได้แก่ Functional Decomposition Diagrams ใช้อธิบายโครงสร้างของกระบวนการทำงาน Workflow Diagram ใช้ในการอธิบายการทำงานของระบบปัจจุบัน Cause and Effect Diagram ใช้เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบปัจจุบัน ER-Diagram ใช้ออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ และ Context Diagram และ Data Flow Diagram ใช้ออกแบบกระบวนการทำงานของระบบใหม่

คำสำคัญ : ระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา, งานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา, การออกแบบระบบ

ABSTRACT

This Article presents the system design for printing media and advertising design: a case study of WeDesign Limited Partnership to reduce mistake in data storage and costs, track the progress, and increase efficiency in ordering print media. The researcher designed the system to check the order history of the customer before ordering a new piece of work such as the history of the order, the history of job cancellation and the payment history. The designed system has functions as follows: ordering subsystem, assigning job, reporting the results, customer satisfaction assessment, print approval, payment subsystem, delivery subsystem and the performance report for decision making and planning operations. There are seven groups of users including the executive, manager, sales, designer, finance, customer and administrator.

Tools which are used for design the systems such as Functional Decomposition Diagrams for representing work breakdown structure, Workflow Diagram for representing the current system, Cause and Effect Diagram for identifying the root causes of the problems, ER-Diagram for describing the data relationship, Context Diagram and Data Flow Diagram for designing the process of the system.

Keyword: System Design for Printing Media and Advertising Design, Printing Media and Advertising design, System Design

---

[1] สาขาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลักษณ์ ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

[1] Department of Management of Information Technology, School of Informatics, Walailak University, Tha Sala, Nakhon Si Thammarat, 80160, Thailand

[2] สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยวลักษณ์ ตำบลไทยบุรี อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

[2] School of Informatics, Walailak University, Tha Sala, Nakhon Si Thammarat, 80160, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pens.tak@gmail.com

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

บทนำ

แนวคิดการออกแบบการจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณาในทางธุรกิจ ด้วยระบบสารสนเทศ เป็นแนวทางที่เหมาะสม เนื่องจากรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลด้วยวิธีจดบันทึกลงสมุดและการเก็บเอกสารต่างๆ ทำให้การนำข้อมูลมาใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก อาจเกิดการสูญหายหรือใช้เวลาในการค้นหามากเกินไป มีความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูลลูกค้า เนื่องจากไม่ได้จัดเก็บเป็นทะเบียนลูกค้า มีความผิดพลาดในการคำนวณราคาชิ้นงาน การติดตามสถานะการผลิตชิ้นงานทำได้ล่าช้า การมอบหมายงานไม่ทั่วถึง ไม่สามารถตรวจสอบตารางงานของพนักงานแต่ละคนได้ ทำให้พนักงานบางคนมีภาระงานมากเกินไป การรับคำสั่งทำชิ้นงานไม่มีการจัดลำดับความเร่งด่วนในการผลิตชิ้นงาน เกิดปัญหาผลิตชิ้นงานไม่ทันกำหนด หรือเกิดการตกหล่นของคำสั่งทำชิ้นงาน ทำให้คำสั่งทำชิ้นงานของลูกค้าไม่ได้รับการผลิต

ดังนั้น เพื่อให้การดำเนินงานมีความรวดเร็วและถูกต้อง เกิดความคล่องตัวในการทำงาน และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์ เพื่อจะได้นำไปพัฒนาเป็นระบบสารสนเทศช่วยในการดำเนินงานของร้านได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับคำสั่งทำชิ้นงาน การติดตามสถานะชิ้นงาน การมอบหมายงานให้พนักงาน การคำนวณราคาชิ้นงาน การคำนวณยอดเงินมัดจำและรับชำระเงิน การติดตามสถานะทางการเงิน และลดปัญหาความซับซ้อนในการจัดเก็บข้อมูลลูกค้า ให้พนักงาน
2. เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ ลูกค้า พนักงาน และผู้บริหารในการติดตามสถานะงาน
3. เพื่อความสะดวกในการจัดการการดำเนินงาน และการประสานงานภายในองค์กร ให้แก่ ผู้บริหาร ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายปฏิบัติงาน และพนักงานฝ่ายการเงิน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ประกอบด้วย

1. วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555)
    1.) การวางแผนโครงการ (Project Planning) เป็นการทำความเข้าใจปัญหา ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบใหม่ ความคุ้มค่าคุ้มเวลา การกำหนดคุณสมบัติและขอบเขตเบื้องต้นของระบบ โดยการกำหนดปัญหา และกำหนดเวลาโครงการ
    2.) การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบงานปัจจุบัน เพื่อความเข้าใจปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา รวบรวมข้อมูล และความต้องการของระบบ เพื่อวิเคราะห์และพัฒนาระบบใหม่
    3.) การออกแบบ (Design) เป็นการนำข้อมูลปัญหาและความต้องการของผู้ใช้มาใช้ในการออกแบบระบบใหม่ โดยการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ และโครงสร้างพื้นฐานด้านเครือข่ายที่นำมาใช้งาน การออกแบบเอาต์พุตและส่วนติดต่อผู้ใช้งาน การสร้างต้นแบบ และการออกแบบโปรแกรม เพื่อนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ในระยะการนำไปใช้

4.) การนำไปใช้ (Implementation) เป็นการเขียนโปรแกรม ทดสอบระบบ และการติดตั้งระบบพร้อมทั้งการจัดทำเอกสารประกอบระบบ การฝึกอบรมและสนับสนุนผู้ใช้ ทบทวนและประเมินผลระบบหลังการติดตั้งเพื่อการใช้งานตรงตามที่กำหนดและแก้ไขเพิ่มเติมส่วนที่ต้องปรับ

5.) การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นการดูแลรักษาการใช้งานระบบหลังจากทำการติดตั้งระบบ โดยเพิ่มเติมคุณสมบัติใหม่เข้าระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ระบบได้

2. แบบจำลองกระบวนการ (Process Model) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555) เป็นการสร้างแบบจำลอง ให้สามารถมองเห็นภาพได้ง่ายขึ้น
3. แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2555) เป็นเครื่องมือแสดงทิศทางการไหลของข้อมูลและการประมวลผลต่างๆในระบบ โดยแผนการไหลของข้อมูลจะเป็นสื่อที่แสดงกระบวนการ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับข้อมูล และมีกระบวนการใดบ้างที่เกิดขึ้นในระบบ
4. แบบจำลอง E-R (The Entity-Relationship Diagram) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2558) เป็นเครื่องมือจำลองข้อมูลของระบบ เพื่อแสดงให้เห็นข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดในระบบ
5. ผังงาน (Flowchart) (ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์, 2551) เป็นแผนภาพที่ใช้แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ โดยจะมีสัญลักษณ์รูปภาพและลูกศรที่แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ ตั้งแต่แรกจนได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
6. แผนผังสาเหตุและผล หรือ แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) (กนิษฐา พิพิธภัณฑ์, 2558) เป็นแผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ของปัญหาและสาเหตุของปัญหานั้น โดยส่วนที่เป็นก้างปลาแสดงให้เห็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก ซึ่งรวบรวมปัจจัยสำคัญที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น ส่วนหัวปลาเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้น
7. พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) เป็นเอกสารที่ใช้อธิบายรายละเอียดโครงสร้างแฟ้มข้อมูล รายการข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย Relation, Attribute, Data Description (รายละเอียดข้อมูล), Primary Key (คีย์หลัก), Foreign (คีย์ที่ใช้เชื่อมโยงกับตารางข้อมูลหลัก) และชนิดข้อมูล(Data Type) เป็นต้น แต่รูปแบบการนำเสนอพจนานุกรม สามารถแสดงรายละเอียดแตกต่างกันได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ ได้ดำเนินการวิจัยตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ดังนี้

1. การวางแผนโครงการ (Project Planning) เนื่องจากผู้บริหารห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์ มีความพร้อมในการลงทุนและเห็นถึงความคุ้มค่าในการลงทุนนี้ จึงดำเนินศึกษาระบบงานเดิม รวบรวมข้อมูล ขอบเขตของระบบ ทฤษฎีและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ และวางแผนการออกแบบระบบ
2. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นขั้นตอนการศึกษาวิธีการดำเนินงานของระบบงานที่มีอยู่ เพื่อความเข้าใจ และตระหนักถึงปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหา ดังนี้

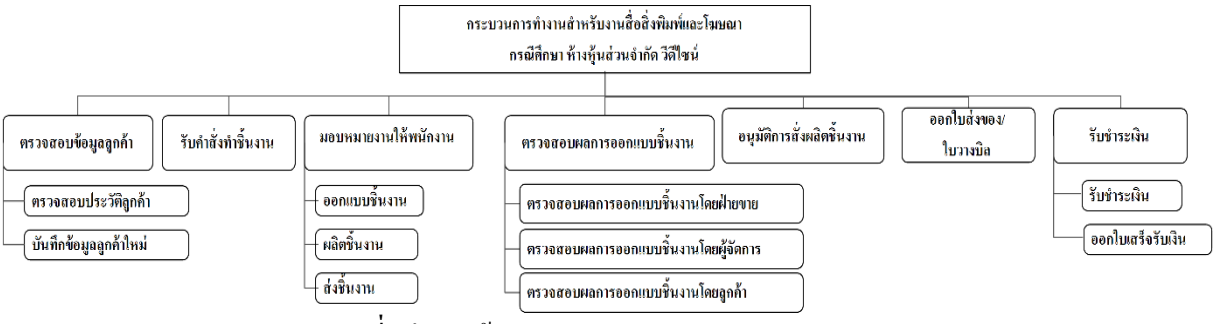
1.) ศึกษาโครงสร้างการบริหารงานในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับระบบ ประกอบด้วย 5 ฝ่าย ได้แก่ ผู้บริหาร ผู้จัดการฝ่ายขาย ฝ่ายปฏิบัติการ ฝ่ายการเงิน

2.) เทคนิคการรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นสำหรับใช้ มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี ดังนี้

2.1) การศึกษาเอกสาร แบบฟอร์ม สิ่งพิมพ์ ซึ่งได้ศึกษาจากเอกสารต่างๆ ได้แก่ แบบฟอร์มการรับงานหรือใบรับคำสั่งทำชิ้นงาน ใบสั่งทำชิ้นงาน ใบส่งของ/ใบวางบิล และใบเสร็จรับเงิน

2.2) การสัมภาษณ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้กำหนดกลุ่มเป้าหมายในการสัมภาษณ์ไว้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่ ผู้บริหาร 1 คน ผู้จัดการ 1 คน ฝ่ายขาย 1 คน ฝ่ายปฏิบัติการ 5 คน ฝ่ายการเงิน 1 คน และลูกค้า 3 คน โดยการสัมภาษณ์จะสอบถามข้อมูลเพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบงานในปัจจุบัน ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหาในกระบวนการดำเนินงาน และใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบสารสนเทศ

3.) กระบวนการทำงานของระบบปัจจุบัน เป็นการศึกษากระบวนการทำงานปัจจุบัน พบว่าในการดำเนินงานของร้านมีลักษณะชิ้นงานที่ผลิต ได้แก่ Card (บัตร), ป้ายไวนิล (Vinyl), งานพิมพ์รีดลงวัสดุอื่น (Sticker Board) และสติกเกอร์ (Sticker) สามารถแบ่งกระบวนการทำงานได้ ดังนี้ ตรวจสอบข้อมูลลูกค้าก่อนรับคำสั่งทำชิ้นงาน ตรวจสอบประวัติลูกค้า บันทึกข้อมูลลูกค้าใหม่ รับคำสั่งทำชิ้นงาน มอบหมายงานให้พนักงาน การออกแบบชิ้นงาน การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานจากฝ่ายขาย การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานจากผู้จัดการ การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานจากลูกค้า อนุมัติการสั่งผลิตชิ้นงาน การผลิตชิ้นงาน การออกใบส่งของ/ใบวางบิล การรับชำระเงิน การออกใบเสร็จรับเงิน และการส่งชิ้นงาน ซึ่งแสดงได้ตามโครงสร้างกระบวนการทำงานตามลำดับชั้น โดยใช้ FDD-Functional Decomposition Diagrams ดังภาพที่ 1 และเขียนเป็นขั้นตอน การปฏิบัติงานที่แสดงอยู่ในรูปแบบของ Workflow Diagram ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 โครงสร้างกระบวนการทำงานของระบบปัจจุบัน

4.) สาเหตุและปัญหาของระบบ จากการศึกษากระบวนการทำงานของระบบปัจจุบัน สามารถวิเคราะห์และสรุปผลให้อยู่ในรูปของ Cause and Effect Diagram เพื่อแสดงให้เห็นปัญหาและสาเหตุ ดังภาพที่ 3
การวิเคราะห์ปัญหาของระบบปัจจุบัน สามารถสรุปรายละเอียดได้ ดังนี้

4.1) การติดตามสถานะชิ้นงานให้ลูกค้าไม่สามารถตรวจสอบผ่านระบบได้ เนื่องจากยังไม่มีเลขที่อ้างอิง ให้ลูกค้าใช้ในการติดตามสถานะชิ้นงาน ต้องติดตามงานผ่านพนักงานที่รับผิดชอบงานนั้น

4.2) การคำนวณยอดเงิน คำนวณราคาชิ้นงาน และการคำนวณค่ามัดจำ ผิดพลาดบ่อยครั้ง

4.3) การรับคำสั่งทำชิ้นงานและการสั่งผลิตชิ้นงานไม่มีตารางข้อมูลที่เรียงลำดับความเร่งด่วนของงานทำให้บางครั้งมีชิ้นงานที่เกินกำหนดเวลา หรือชิ้นงานตกหล่นไม่ได้ทำการผลิต

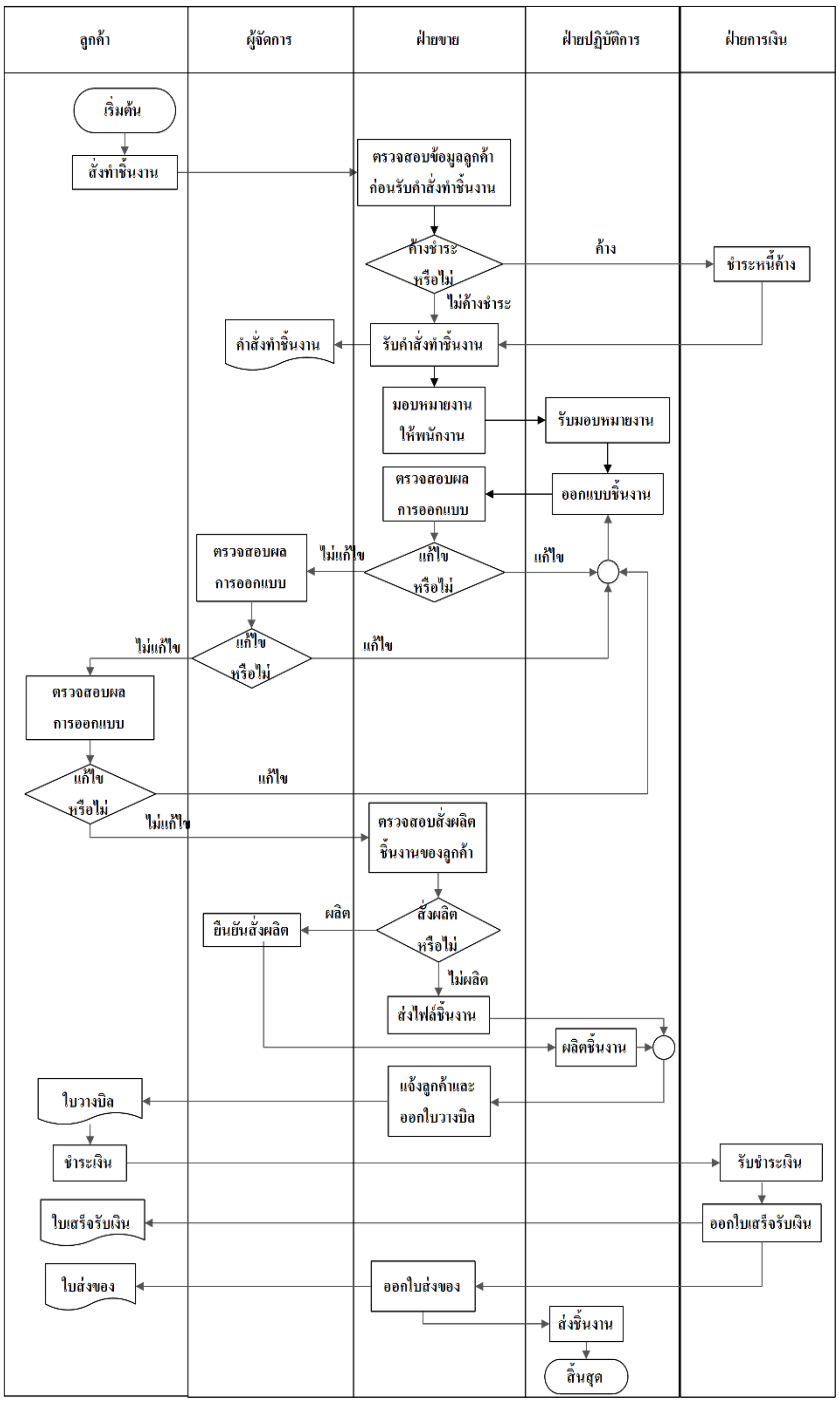
4.4) การจัดเก็บข้อมูลลูกค้ามีความซ้ำซ้อน ไม่มีทะเบียนข้อมูลลูกค้าที่สามารถตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงานได้ อีกทั้งข้อมูลลูกค้าที่จัดเก็บมีข้อมูลชื่อที่ซ้ำกัน สะกดผิด ไม่มีสถานที่ติดต่อ หรือเบอร์โทรศัพท์ ทำให้การค้นหาข้อมูลลูกค้าทำได้ล่าช้า ไม่สะดวกต่อการติดต่อลูกค้า

4.5) การมอบหมายงานให้พนักงานไม่ทั่วถึง ไม่มีการจัดเก็บตารางข้อมูลภาระงานของพนักงานทำให้ไม่สามารถตรวจสอบตารางงานของพนักงานได้ ทำให้กระจายงานไม่ทั่วถึงหรือบางคนได้รับงานมากเกินไป ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าพนักงานแต่ละคนมีงานที่รับผิดชอบอะไรบ้าง

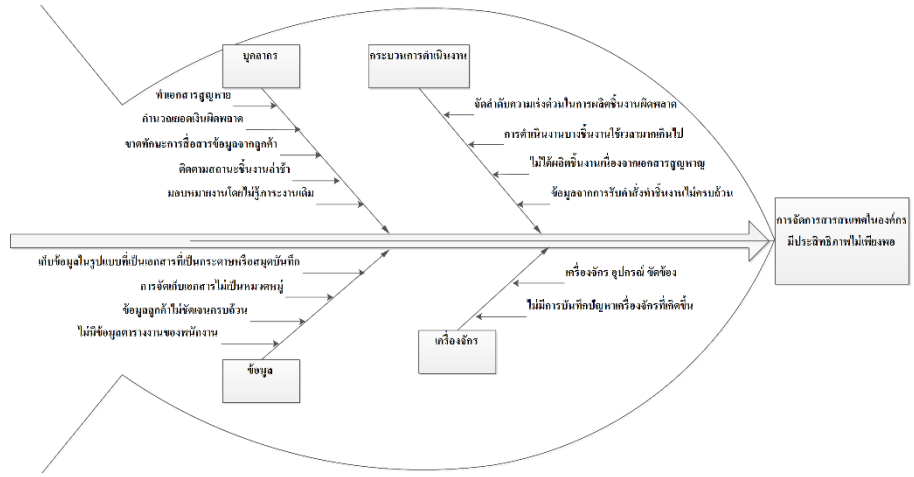
4.6) เครื่องจักร อุปกรณ์ ในการผลิตสื่อสิ่งพิมพ์มีปัญหา หรือเกิดขัดข้องบ่อยครั้ง แต่ไม่มีการบันทึกข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ไม่ได้รับการบำรุงรักษาเครื่องจักร อุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้ดีอยู่เสมอ

5.) ความต้องการของระบบ จากการศึกษาระบบงานเดิม เอกสาร แบบฟอร์ม สิ่งพิมพ์ และการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม ได้สรุปความสามารถของระบบใหม่ ดังนี้

5.1) ระบบการจัดการข้อมูลพื้นฐาน สามารถจัดเก็บข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ข้อมูลผู้ใช้งานระบบ ข้อมูลสิทธิ์การเข้าใช้งานระบบ ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลลูกค้า ข้อมูลการรับคำสั่งทำชิ้นงาน ข้อมูลทางการเงิน



ภาพที่ 2 Workflow Diagram กระบวนการทำงานของระบบปัจจุบัน



ภาพที่ 3 Cause and Effect Diagram ของระบบการทำงานปัจจุบัน

5.2) การตรวจสอบข้อมูลลูกค้าก่อนรับคำสั่งทำชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายรับข้อมูลลูกค้าเข้าสู่ระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลการค้างชำระเงินของลูกค้า และบันทึกผลการรับชำระหนี้ค้างเข้าสู่ระบบ

5.3) การรับคำสั่งทำชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายรับข้อมูลลูกค้าเข้าสู่ระบบ สามารถบันทึกรายละเอียดลูกค้าและรายละเอียดชิ้นงานที่รับคำสั่งทำ

5.4) การมอบหมายงานให้พนักงาน พนักงานฝ่ายขายสามารถตรวจสอบตารางงานของพนักงานผ่านระบบ แล้วบันทึกผลการมอบหมายงานให้พนักงาน

5.5) การออกแบบชิ้นงาน พนักงานฝ่ายปฏิบัติการที่ออกแบบสามารถเรียกดูภาระงานที่ต้องออกแบบจากระบบและเมื่อออกแบบชิ้นงานเสร็จแล้วสามารถบันทึกไฟล์ชิ้นงานเข้าสู่ระบบได้

5.6) การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงาน โดยพนักงานฝ่ายขาย ผู้จัดการ ลูกค้า สามารถเรียกดูชิ้นงานที่ออกแบบเสร็จแล้วจากระบบ และบันทึกผลการตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานได้ หากตรวจสอบไม่ผ่านพนักงานฝ่ายปฏิบัติการจะรับข้อมูลรายละเอียดที่ต้องแก้ไข และนำไปแก้ไขชิ้นงานต่อไปได้

5.7) การอนุมัติการสั่งผลิตชิ้นงาน ผู้จัดการสามารถเรียกดูชิ้นงานที่ออกแบบเสร็จสมบูรณ์แล้วจากระบบ บันทึกอนุมัติการสั่งผลิตชิ้นงาน การสั่งผลิตชิ้นงาน พนักงานฝ่ายปฏิบัติการเรียกดูตารางชิ้นงานที่สั่งพิมพ์จากระบบ เมื่อสั่งพิมพ์ชิ้นงานเสร็จแล้วสามารถบันทึกสถานะการผลิตชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์

5.8) การออกใบส่งของ พนักงานฝ่ายขายเรียกดูชิ้นงานที่มีสถานะเสร็จสมบูรณ์ได้จากระบบ และบันทึกยืนยันการสั่งพิมพ์ใบส่งของ

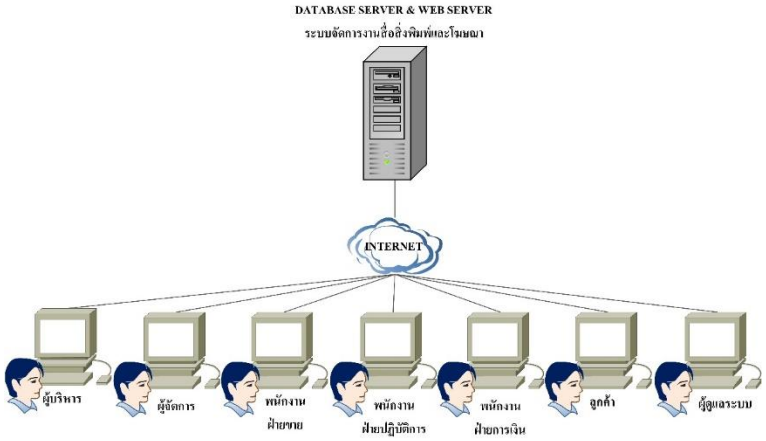
5.9) การรับชำระเงิน พนักงานฝ่ายขายเรียกดูข้อมูลการออกใบส่งของของชิ้นงานที่จะรับชำระเงินได้จากระบบและบันทึกรายละเอียดการรับชำระเงิน และยืนยันการสั่งพิมพ์ใบเสร็จรับเงิน

5.10) การติดตามสถานะชิ้นงาน สามารถติดตามสถานะชิ้นงานผ่านระบบโดยค้นหาจากเลขที่ชิ้นงาน

3. การออกแบบ (Design) การออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์ มีการออกแบบ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1.) **สถาปัตยกรรมของระบบใหม่ (System Architecture)** ออกแบบโดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ร่วมกับระบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลและสารสนเทศต่างๆ ในรูปแบบ Web-based application ซึ่งช่วยให้

สามารถใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยระบบใหม่จะมีสถาปัตยกรรมของระบบ แสดงได้ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สถาปัตยกรรมของระบบสารสนเทศ**ใหม่**

สถาปัตยกรรมของระบบใหม่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบ ดังนี้ อุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) และระบบอินเตอร์เน็ต

2.) **การออกแบบกระบวนการ (Process Design)** ในการออกแบบกระบวนการแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการดำเนินงาน โดยใช้แผนภาพบริบท (Context Diagram) เพื่อแสดงให้เห็นภาพรวมของระบบ ดังภาพที่ 5และใช้แผนผังกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) ในการอธิบายขั้นตอนของกระบวนการทำงาน โดย**ผู้วิจัยออกแบบ** กระบวนการทำงานหลักในระบบ ซึ่งประกอบด้วย 6 กระบวนการ ดังนี้

2.1) กระบวนการที่ 1 กระบวนการตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานระบบ เป็นการรักษาความปลอดภัยและ การเตรียมข้อมูลที่จะต้องใช้ในระบบ มี 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

(1) จัดการข้อมูลผู้ใช้งานระบบ ผู้ดูแลระบบเป็นผู้นำเข้าข้อมูลของพนักงานทุกคนในร้าน โดยนำเข้าข้อมูลได้แก่ ข้อมูลรหัสพนักงาน รหัสผ่าน หมายเลขประชาชน ชื่อ-สกุล เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ ที่อยู่ วันเข้าทำงานของพนักงาน อีกทั้ง พนักงานแต่ละคนสามารถแก้ไขข้อมูลแก้ไขข้อมูลของตนเองให้เป็นปัจจุบันได้ ได้แก่ ข้อมูลรหัสผ่าน เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ ที่อยู่

(2) ตรวจสอบสิทธิ์ผู้ใช้งานระบบ เป็นการรักษาความปลอดภัยของระบบ โดยผู้ใช้ระบบทุกคนจะต้องใส่ข้อมูลรหัสผู้ใช้งาน และรหัสผ่านทุกครั้งเมื่อต้องการเข้าใช้งานระบบ เพื่อตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้งานระบบว่าสามารถใช้งานระบบส่วนใดได้บ้าง

(3) กำหนดสิทธิผู้ใช้งาน ผู้ดูแลระบบเป็นผู้กำหนดสิทธิ์ให้กับพนักงานผู้ใช้งานระบบทุกคน และผู้ดูแลระบบสามารถยกเลิกสิทธิการใช้งานระบบพนักงานผู้ใช้งาน กรณีที่พนักงานคนนั้นลาออก

2.2) กระบวนการที่ 2 กระบวนการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ผู้ดูแลระบบสามารถบันทึก แก้ไข และลบข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ข้อมูลวัสดุ ข้อมูลสิทธิ์การใช้งาน ระบบ ข้อมูลหน่วยนับ ข้อมูลบริษัทข้อมูลเครื่องพิมพ์ ข้อมูลประเภทการสื่อสิ่งพิมพ์ และข้อมูลหน่วยนับ มี 6 กระบวนการย่อย ดังนี้

(1) จัดการข้อมูลวัสดุที่ใช้ผลิตสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ ข้อมูลเลขที่วัสดุ ชื่อวัสดุ ขนาด สี ราคา ประเภทการใช้งานวัสดุ ข้อมูลหน่วยนับ ข้อมูลประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ ข้อมูลเครื่องพิมพ์ สถานะวัสดุ

(2) จัดการข้อมูลเครื่องพิมพ์ ได้แก่ ข้อมูลเลขที่เครื่องพิมพ์ ชื่อเครื่องพิมพ์ สถานะเครื่องพิมพ์

(3) จัดการข้อมูลหน่วยนับ ได้แก่ เลขที่หน่วยนับ ชื่อหน่วยนับ สถานะหน่วยนับ

(4) จัดการข้อมูลบริษัท เป็นการจัดการข้อมูลบริษัทให้เป็นปัจจุบัน ได้แก่ เลขที่ผู้เสียภาษีบริษัท ชื่อบริษัท ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ เงื่อนไขการวางมัดจำ

(5) จัดการข้อมูลประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ ได้แก่ เลขที่ประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ ชื่อประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ สถานะประเภทสื่อสิ่งพิมพ์

(6) จัดการข้อมูลสิทธิ์การใช้งาน ได้แก่ เลขที่สิทธิ์การใช้งาน ชื่อสิทธิ์การใช้งาน สถานะสิทธิ์การใช้งาน

2.3) กระบวนการที่ 3 กระบวนการรับคำสั่งทำชิ้นงาน จะเป็นลำดับขั้นตอนในการรับคำสั่งทำชิ้นงานโดยลูกค้าเข้ามาสั่งทำชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายรับคำสั่งทำชิ้นงานจากลูกค้า ตรวจสอบข้อมูลลูกค้าถ้าไม่เป็นลูกค้าก็จะบันทึกข้อมูลลูกค้าใหม่ ถ้าเป็นลูกค้าเดิมจะตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงาน ก่อนรับคำสั่งทำชิ้นงาน บันทึกข้อมูลคำสั่งทำชิ้นงาน ออกใบรับคำสั่งทำชิ้นงานให้ลูกค้า และแจ้งข้อมูลการรับคำสั่งทำชิ้นงานให้ผู้จัดการทราบ มี 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

(1) บันทึกข้อมูลลูกค้า พนักงานฝ่ายขายจะเป็นการบันทึกข้อมูลลูกค้าใหม่ ได้แก่ เลขที่ลูกค้า เลขประชาชน ชื่อ-สกุล ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ อีเมล์ ของลูกค้า

(2) ตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายจะการตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงานของลูกค้า ได้แก่ ตรวจสอบประวัติการสั่งทำชิ้นงาน ตรวจสอบประวัติการแก้ไขคำสั่งทำชิ้นงาน ตรวจสอบประวัติการยกเลิกการสั่งทำชิ้นงาน

(3) รับคำสั่งทำชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายจะบันทึกข้อมูลคำสั่งทำชิ้นงานที่ลูกค้าต้องการ ได้แก่ ข้อมูลรายละเอียดชิ้นงานที่ลูกค้าสั่งทำ ข้อมูลใบรับคำสั่งทำชิ้นงาน และบันทึกข้อมูลคำสั่งทำชิ้นงาน

2.4) กระบวนการที่ 4 กระบวนการผลิตชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายเป็นผู้มอบหมายงานให้แก่พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ เพื่อดำเนินการผลิตชิ้นงานและส่งชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขาย ผู้จัดการ และลูกค้า จะเป็นผู้ตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงาน และตรวจสอบสถานะชิ้นงาน มี 5 กระบวนการย่อย ดังนี้

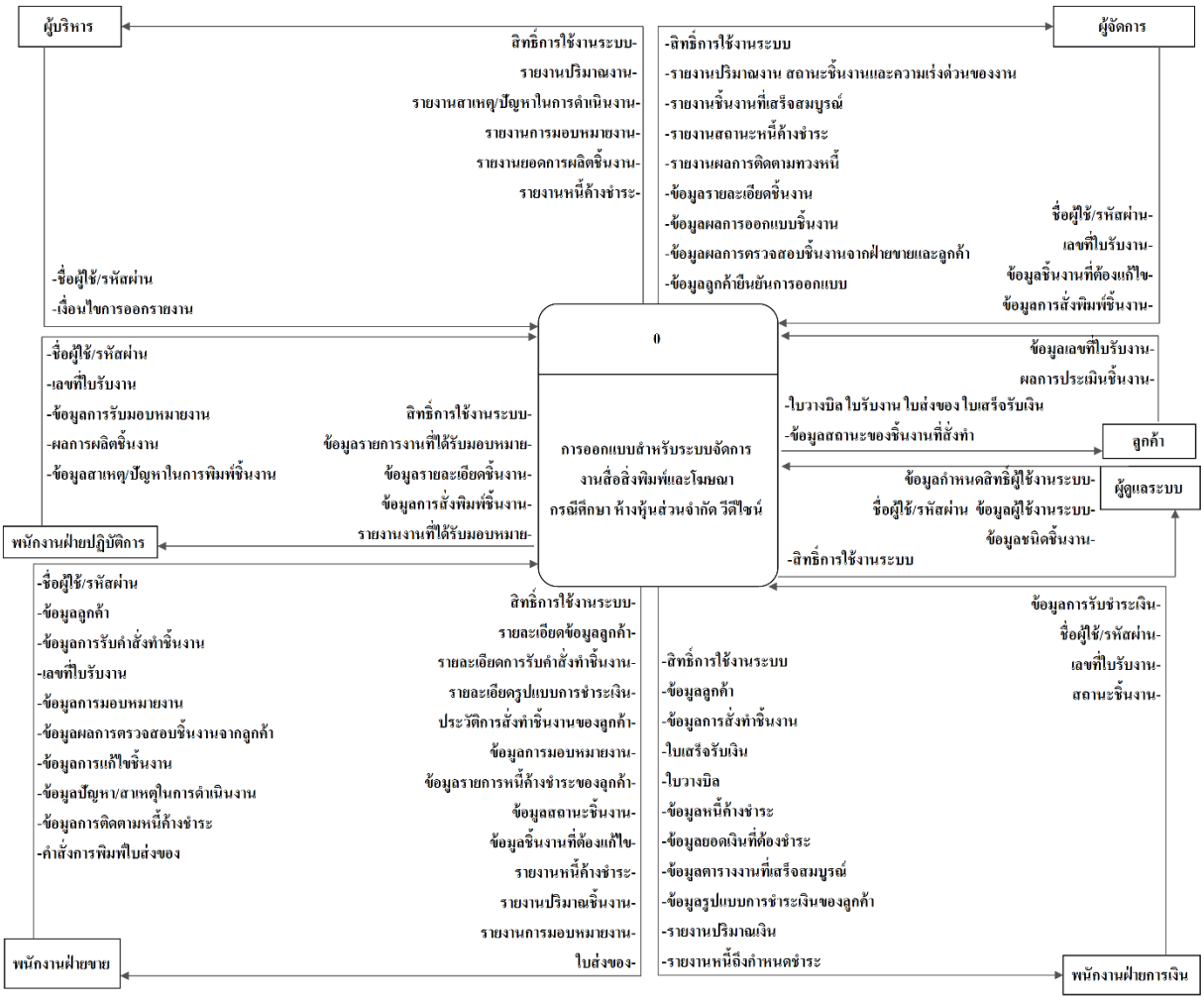
(1) มอบหมายงาน พนักงานฝ่ายขายจะเรียกดูรายการชิ้นงาน ดูตารางงานและมอบหมายงานให้พนักงานที่เหมาะสม ผู้จัดการสามารถดูตารางงานทั้งหมด และข้อมูลการมอบหมายงาน

(2) บันทึกผลการผลิตชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายสามารถยกเลิกรายการชิ้นงานที่ลูกค้าสั่งยกเลิกส่วนพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ สามารถดูรายการชิ้นงานที่ได้รับมอบหมาย บันทึกผลการออกแบบชิ้นงาน บันทึกผลการผลิตชิ้นงาน บันทึกผลการส่งชิ้นงาน

(3) ตรวจสอบผลการผลิตชิ้นงาน เมื่อพนักงานฝ่ายปฏิบัติผลิตชิ้นงานเสร็จสมบูรณ์ พนักงานฝ่ายขายจะตรวจสอบผลการผลิตชิ้นงานก่อนส่งให้ลูกค้าตรวจสอบผลการผลิตชิ้นงาน และส่งให้ผู้จัดการตรวจสอบผลการผลิตชิ้นงาน และหากผลการตรวจสอบผลการผลิตชิ้นงานไม่ผ่าน ก็จะส่งกลับให้พนักงานฝ่ายปฏิบัติการแก้ไขชิ้นงาน

(4) ตรวจสอบสถานะชิ้นงาน ลูกค้า ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ สามารถตรวจสอบสถานะชิ้นงานโดยใช้เลขที่ชิ้นงาน เพื่อดูว่าชิ้นงานอยู่ในกระบวนการดำเนินงานใด

(5) ส่งชิ้นงาน พนักงานฝ่ายขายจะดูรายการชิ้นงานที่ต้องส่ง และออกใบส่งของ แล้วส่งต่อให้พนักงานฝ่ายปฏิบัติการส่งชิ้นงานให้ลูกค้า จากนั้นจึงจะบันทึกผลการส่งชิ้นงาน



ภาพที่ 5 แผนภาพบริบท (Context Diagram)

2.5) กระบวนการที่ 5 กระบวนการรับชำระเงิน พนักงานฝ่ายขายจะตรวจสอบข้อมูลหนี้ค้างของลูกค้าก่อนรับคำสั่งทำชิ้นงานและแจ้งรายการที่ลูกค้าต้องชำระเงิน พนักงานฝ่ายการเงินจะเป็นผู้รับชำระเงินและออกใบเสร็จรับเงิน มี 3 กระบวนการย่อย ดังนี้

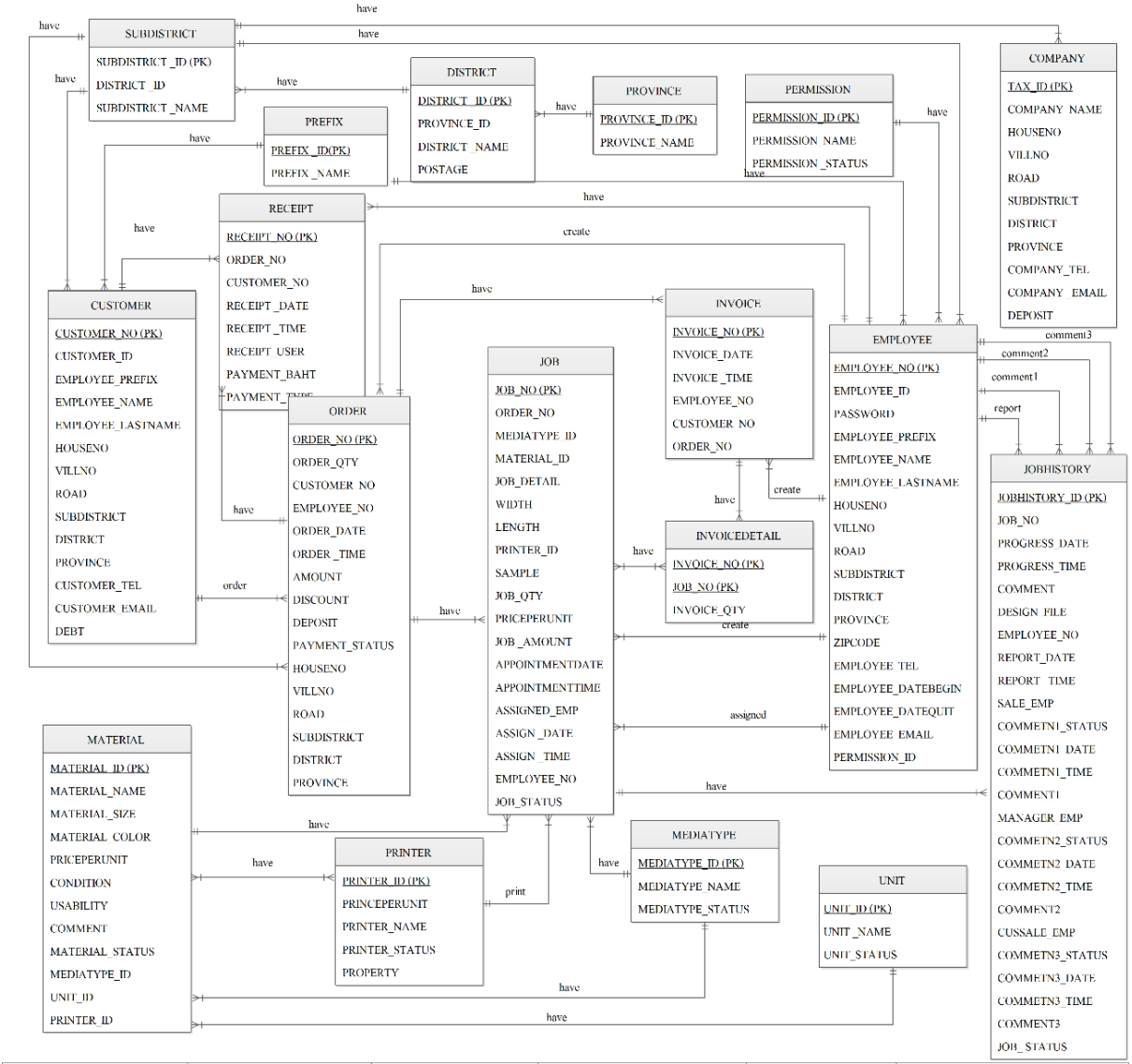
(1) ตรวจสอบหนี้ค้าง พนักงานฝ่ายขายและพนักงานฝ่ายการเงินรับข้อมูลลูกค้า ตรวจสอบยอดค้างชำระ คำนวณยอดเงินที่ต้องชำระ และแจ้งยอดเงินที่ต้องชำระให้ลูกค้าทราบ

(2) รับชำระเงิน พนักงานฝ่ายการเงินเลือกรายการชิ้นงาน คำนวณยอดเงินที่ต้องชำระ แจ้งยอดเงินที่ลูกค้าต้องชำระ รับชำระเงิน และบันทึกข้อมูลการรับชำระเงิน

(3) ออกใบเสร็จรับเงิน เมื่อพนักงานฝ่ายการเงินรับชำระเงิน จะรายการรายการชิ้นงานที่รับชำระเงิน คำนวณยอดเงินคงเหลือ และออกใบเสร็จรับเงินให้แก่ลูกค้า

2.6) กระบวนการที่ 6 กระบวนการออกรายงาน จะแสดงรายงานต่างตามสิทธิ์การใช้งาน สามารถแสดงผลรายงาน ได้แก่ รายงานปริมาณงาน รายงานสาเหตุ/ปัญหาในการดำเนินงาน รายงานการมอบหมายงาน รายงานยอดการผลิตชิ้นงาน รายงานหนี้ค้างชำระ รายงานผลการติดตามทวงหนี้ รายงานหนี้ถึงกำหนดชำระ รายงานงานที่รับได้มอบหมาย

การออกแบบฐานข้อมูล(Data Management Design) แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างและรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์และการออกแบบ มีการแสดงแบบจำลองข้อมูล (Data Model) โดยใช้แผนภาพแสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของระบบ (Entity Relationship Diagram) รวมทั้งแสดงรายละเอียดของข้อมูลโดยใช้พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary) ดังภาพที่ 6



PERMISSION ข้อมูลสิทธิ์การใช้งาน	**EMPLOYEE** ข้อมูลพนักงาน	**MATERIAL** ข้อมูลวัสดุ	**MEDIATYPE** ข้อมูลประเภทสื่อสิ่งพิมพ์	**UNIT** ข้อมูลหน่วยนับ	**PRINTER** ข้อมูลเครื่องพิมพ์
CUSTOMER ข้อมูลลูกค้า	**ORDER** ข้อมูลใบรับคำสั่งทำชิ้นงาน	**JOB** ข้อมูลรายละเอียดใบรับงาน	**JOBHISTORY** ข้อมูลประวัติชิ้นงาน	**INVOICE** ข้อมูลใบส่งของ	**INVOICEDETAIL** ข้อมูลรายละเอียดใบส่งของ
RECEIPT ข้อมูลใบเสร็จรับเงิน	**COMPANY** ข้อมูลบริษัท	**PROVINCE** ข้อมูลจังหวัด	**DISTRICT** ข้อมูลอำเภอ	**SUBDISTRICT** ข้อมูลตำบล	**PREFIX** ข้อมูลคำนำหน้าชื่อ

ภาพที่ 6 แผนภาพแสดงโครงสร้างฐานข้อมูลของระบบ และพจนานุกรมข้อมูล

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์ เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อการจัดการการผลิตงานสื่อสิ่งพิมพ์ โดยเก็บข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับการจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา ซึ่งทำให้ข้อมูลมีการจัดเก็บอยู่ที่เดียวกัน เป็นปัจจุบัน มีความถูกต้อง และทำให้การประมวลผลทำได้

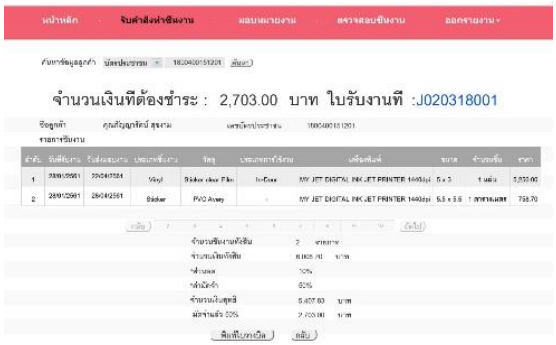
รวดเร็วขึ้น ในการพัฒนาระบบ ได้ออกแบบให้สามารถสนับสนุนการทำงานตามความต้องการของใช้แต่ละกลุ่ม โดยสามารถทำงานได้ทั้งในส่วนของการ การรับคำสั่งทำชิ้นงาน การมอบหมายงาน การบันทึกผลการออกแบบชิ้นงาน การตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงานจากลูกค้า การอนุมัติสั่งผลิตชิ้นงานการสั่งผลิตชิ้นงาน การรับชำระเงิน การออกใบส่งของ การส่งชิ้นงาน และการแสดงรายงานต่างๆ ตามสิทธิ์ของผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มได้รับ หน้าแสดงผลการใช้งานระบบดังภาพที่ 7 – 24



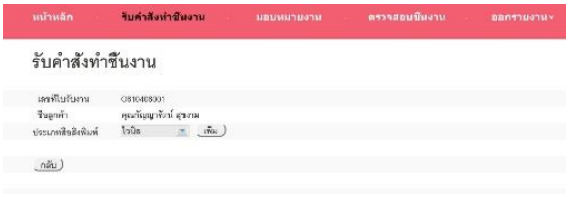
ภาพที่ 7 หน้าจอตรวจสอบสถานะ



ภาพที่ 8 หน้าจอรับข้อมูลลูกค้าใหม่



ภาพที่ 9 หน้าตรวจสอบข้อมูลหนี้ค้าง



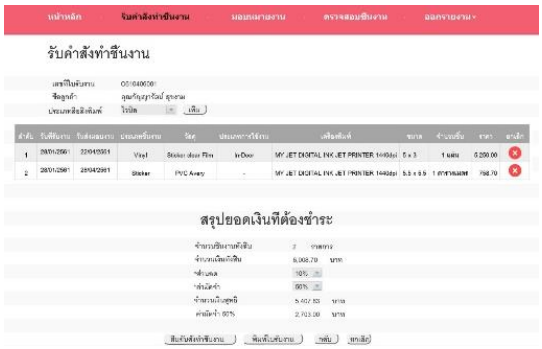
ภาพที่ 10 หน้าจอรับคำสั่งทำชิ้นงาน



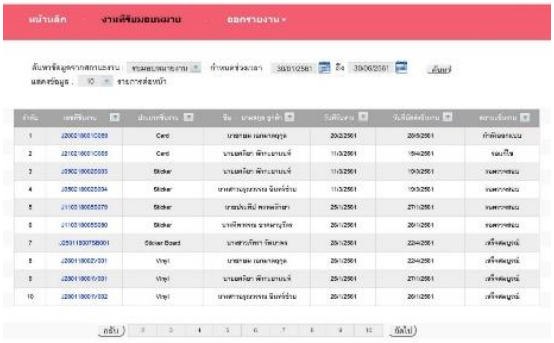
ภาพที่ 11 หน้าจอรับรายละเอียดคำสั่งทำชิ้นงาน



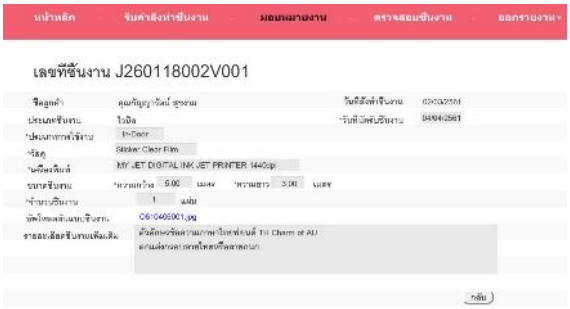
ภาพที่ 12 หน้าจอสรุปรายการสั่งทำชิ้นงาน



ภาพที่ 13 หน้าจอยืนยันสั่งทำชิ้นงาน



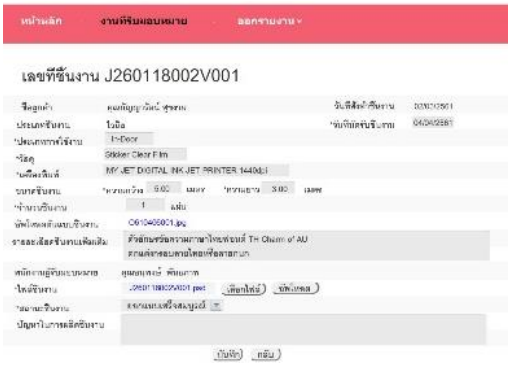
ภาพที่ 14 รายการชิ้นงานแสดงตามสถานะ



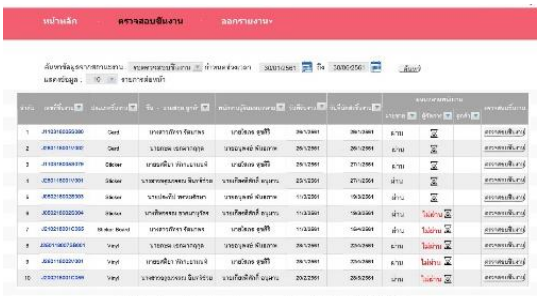
ภาพที่ 15 รายละเอียดชิ้นงานก่อนมอบหมายงาน



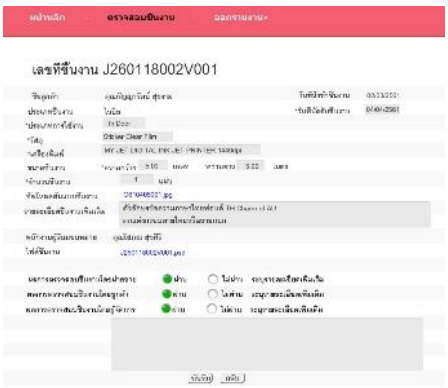
ภาพที่ 16 ตารางงานของพนักงานก่อนมอบหมายงาน



ภาพที่ 17 หน้าจอบันทึกผลการผลิตชิ้นงาน



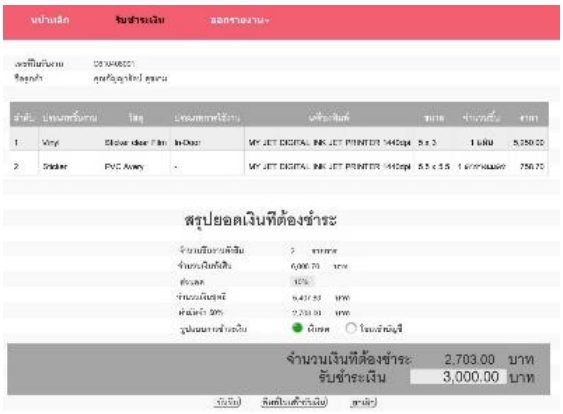
ภาพที่ 18 รายการชิ้นงานที่รอตรวจสอบ



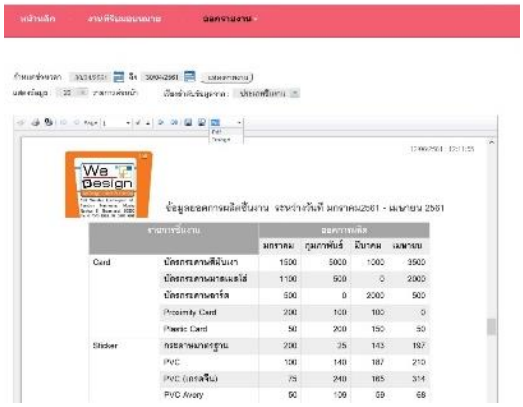
ภาพที่ 19 หน้าจอตรวจสอบผลการออกแบบชิ้นงาน



ภาพที่ 20 อนุมัติชิ้นงานที่ตรวจสอบผลการออกแบบ



ภาพที่ 21 แสดงการรับชำระเงิน



ภาพที่ 22 แสดงรายการออกรายงาน



ภาพที่ 23 แสดงรายงานการมอบหมายงาน



ภาพที่ 24 รายงานยอดการผลิตชิ้นงาน

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบสำหรับระบบจัดการงานสื่อสิ่งพิมพ์และโฆษณา กรณีศึกษา ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซต์ แบ่งกลุ่มใช้งานออกเป็น 7 กลุ่มตามฟังก์ชันหรือการทำงาน ซึ่งได้แก่ ผู้บริหาร ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขายพนักงานฝ่ายปฏิบัติการ พนักงานฝ่ายการเงิน ลูกค้า และผู้ดูแลระบบ ช่วยให้การค้นหาข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็วข้อมูลไม่สูญหาย การจัดเก็บข้อมูลลูกค้าไม่ซ้ำซ้อน และสืบค้นประวัติการสั่งทำชิ้นงานได้ การคำนวณราคาชิ้นงานถูกต้องและรวดเร็ว การติดตามสถานะการผลิตชิ้นงานทำได้สะดวกและรวดเร็ว การมอบหมายงานสามารถตรวจสอบตารางงานของพนักงานแต่ละคนได้ ทำให้พนักงานมีภาระงานเท่าๆ กัน สามารถจัดลำดับความเร่งด่วน ในการผลิตชิ้นงานได้ โดยความสามารถของระบบมีดังต่อไปนี้

1. ผู้บริหาร สามารถเข้าสู่ระบบ เพื่อดูรายงานปริมาณงาน รายงานสาเหตุ/ปัญหาในการดำเนินงานรายงานการมอบหมายงาน รายงานยอดการผลิตชิ้นงาน รายงานหนี้ค้างชำระได้

2. ผู้จัดการ สามารถเข้าสู่ระบบ เพื่อดูรายละเอียดข้อมูลลูกค้า ดูสถานะชิ้นงานและความเร่งด่วนของงานดูรายงานสถานะหนี้ค้างชำระ ดูข้อมูลรายละเอียดชิ้นงาน ดูข้อมูลผลการออกแบบชิ้นงาน ดูข้อมูลผลการประเมินการออกแบบจากลูกค้า ดูผลการประเมินชิ้นงาน ดูรายงานปริมาณงาน ดูรายงานชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ ดูรายงานผลการติดตามทวงหนี้ได้
3. พนักงานฝ่ายขาย สามารถเข้าสู่ระบบ เพื่อดูรายละเอียดข้อมูลลูกค้า ดูรายละเอียดการรับคำสั่งทำชิ้นงานดูรายละเอียดรูปแบบการชำระเงิน ดูประวัติการสั่งทำชิ้นงานของลูกค้า ดูข้อมูลการมอบหมายงาน ดูข้อมูลรายการหนี้ค้างชำระของลูกค้า ดูข้อมูลสถานะชิ้นงาน ดูข้อมูลชิ้นงานที่ต้องแก้ไข ดูผลการประเมินชิ้นงานดูรายงานหนี้ค้างชำระ ดูรายงานปริมาณชิ้นงาน ดูรายงานการมอบหมายงาน ดูข้อมูลใบส่งของ/ใบวางบิล
4. พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ สามารถเข้าสู่ระบบ โดยการป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน เพื่อดูข้อมูลรายการงานที่ได้รับมอบหมาย ดูข้อมูลรายละเอียดชิ้นงาน ดูข้อมูลการสั่งพิมพ์ชิ้นงาน ดูผลการประเมินชิ้นงาน ดูรายงานชิ้นงาน ที่ได้รับมอบหมาย
5. พนักงานฝ่ายการเงิน สามารถเข้าสู่ระบบ โดยการป้อนชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน เพื่อดูรายการค้างชำระ รับชำระเงิน และออกใบเสร็จรับเงินให้ลูกค้า
6. ลูกค้า สามารถตรวจสอบสถานะชิ้นงาน โดยการป้อนเลขที่ชิ้นงาน เพื่อทำการตรวจสอบสถานะของชิ้นงานที่สั่งทำได้
7. ผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการกำหนดสิทธิการใช้งานให้กับผู้ใช้ระบบ ซึ่งได้แก่ ผู้บริหาร ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายปฏิบัติการ พนักงานฝ่ายการเงิน สามารถนำเข้าข้อมูลพนักงาน ข้อมูลวัสดุ ข้อมูลสิทธิ์การใช้งานระบบ ข้อมูลหน่วยนับ ข้อมูลบริษัท ข้อมูลเครื่องพิมพ์ ข้อมูลประเภทสื่อสิ่งพิมพ์ และข้อมูลหน่วยนับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหาร ผู้จัดการ พนักงานฝ่ายขาย พนักงานฝ่ายปฏิบัติ พนักงานฝ่ายการเงิน และลูกค้าของห้างหุ้นส่วนจำกัด วีดีไซน์ ที่กรุณาอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และให้ความร่วมมือเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ยิ่งในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกรดา นิ่มละมูล. 2557 .**การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านขายหนังสือ BK BookStore**. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์. 2551. **พฤติกรรมองค์การ.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

วนิดา โรจนศิลปชัย. 2554. **การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการร้านชัยศิลา**. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รัชนี กัลยาวินัย และอัจฉรา ธารอุไรกุล. 2542. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบคอมพิวเตอร์สมัยใหม่: Introduction to system analysis and design.** กรุงเทพฯ : การศึกษาจำกัด.

สาวิตรี ใจลังกา. 2553. **การพัฒนาระบบสารสนเทศสินค้าคงคลังสำหรับร้านค้าปลีกอุปกรณ์ไฟฟ้าร้านปงชัยการไฟฟ้า**. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการ เทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุพรรษา แก้วแปง.2555.**การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการการขาย และสินค้าคงคลังร้านขวัญช็อป.** โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อมรโรจน์ เอี่ยมเจริญ. 2555.**เว็บไซต์การจัดการโรงพิมพ์**. โครงงานปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2558. **ระบบฐานข้อมูล Database Systems.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ System Analysis and Design**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อิทธิพลของตัวสร้างกระแสการหมุนวนที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุน

Influence of Swirler on Combustion Behaviors for Fuel Having Low Calorific Value in Pourous Media Burner

ตฤษฐพร แก้วสุก[1*]

Tritthaporn Kaewsook[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาอิทธิพลของตัวสร้างกระแสการหมุนวนที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุน โดยนำก๊าซหุงต้มผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงตัวอย่างในการทดสอบภายใต้มุมองศาของตัวสร้างกระแสการหมุนวน ที่ 24 องศา และ 45 องศา ที่ย่านอัตราการไหล $4.781\times10^{-5} kg/s$ $7.172\times10^{-5} kg/s$ และ $9.652\times10^{-5} kg/s$ โดยใช้ปริมาณอากาศในการผสมก่อนการเผาไหม้ที่ 100% ของปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมดและปริมาณเชื้อเพลิงสัมพันธ์กับอัตราส่วนสมมูลที่ 0.6 จากการศึกษาพบว่าที่มุมองศาของตัวสร้างกระแสการหมุนวน 45 องศา การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและเปลวไฟยังมีลักษณะที่สั้นลง เนื่องจากการไหลแบบหมุนวนนั้นทำให้เปลวไฟขยายตัวออกตามแนวรัศมี อีกทั้งทำให้การผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศดีขึ้น ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลง

คำสำคัญ : ตัวสร้างกระแสการหมุนวน, เชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำ, หัวเผาวัสดุพรุน, การผสมก่อนการเผาไหม้

---

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก

จังหวัดสุพรรณบุรี 72130

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : tritthaporn@gmail.com

ABSTRACT

This paper aims describes the influent of swirler on combustion behaviors for fuel with low heating value by diluted the liquid petroleum gas (LPG) with carbon dioxide (40% *LPG* : 60% CO_2 by volume) . The factors influenting performance of the pourous burner ; swirl blade angle of secondary air at 24° and 45°. The experiment were conducted at fuel flow rate of 4.87×10^{-5} kg/s 7.172×10^{-5} kg/s and 9.652×10^{-5} kg/s ware at equivalent ratio 0.6 . Moreover, %Premixed of total combustion air was 100% . From the experiment, when swirl blade angle was varied angle, more intense combustion took place at swirl angle 45° with shorter flame than those observed with 24° swirl angle because of the swirling flow bring about to the flame expanded radially which it made the mixture between fuel and air was better. Consequently, the *CO* emission had decreased

Keyword: Swirler, Fuel with low heating value, Pourous burner, Premixed

บทนำ

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานทางเลือกใน 10 ปี (พ.ศ 2555-2564) ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน[1] ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การใช้พลังงานจากชีวมวลจากผลผลิตทางการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรจึงทำให้มีชีวมวลที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ภาคอุตสาหกรรมได้หันมานำวัสดุชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น ในปัจจุบันหัวเผาที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมเป็นหัวเผาประเภทผสมกันมาก่อน (Premixed burner) มีเปลวไฟค่อนข้างยาวและเกิดเป็นเปลวไฟแบบแพร่ (Diffuse flame) ที่ส่วนปลายของเปลวโดยเฉพาะในย่านอัตราการไหลเชื้อเพลิงสูง เกิดจากเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด ทำให้มีการกระจายอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้ไม่สม่ำเสมอ รวมถึงเป็นสาเหตุของการเกิดมลพิษ[3], [7-8]

นอกจากนี้การนำเชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำจากวัสดุชีวมวลมาเป็นเชื้อเพลิงนั้นพบว่าเกิดปัญหาความเสถียรภาพเกิดการหลุดลอยของเปลวไฟ การเผาไหม้เกิดขึ้นไม่ต่อเนื่องและเปลวไฟยาวลักษณะของเปลว ซึ่งเปลวไฟที่ดีนั้นโดยทั่วไปจะเป็นเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ มีเสถียรภาพ และมีอุณหภูมิสูง อนุภาคของคาร์บอนหลงเหลือน้อยที่สุด โดยหากสังเกตลักษณะทางกายภาพของเปลวไฟจะเห็นเปลวเปลวไฟสีฟ้า นอกจากนี้เปลวไฟเกิดเผาไหม้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ ที่ผ่านมามีการนำวัสดุพรุนมาใช้ร่วมกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงแก๊ส โดยการเผาไหม้นั้นเกิดขึ้นในโพรงของเนื้อของแข็งขณะเกิดการเผาไหม้จะมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างเนื้อก๊าซและเนื้อของแข็งทำให้เกิดการเผาไหม้ในลักษณะที่มีการหมุนเวียนความร้อนภายใน การอุ่นส่วนผสมด้วยความร้อนจากก๊าซไอเสียก่อนการเผาไหม้ทำได้โดยอาศัยโครงสร้างของวัสดุพรุนโดยไม่ต้องมีการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มเติม การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากมีการอุ่นอากาศและเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ด้วยกลไกการถ่ายเทความร้อนในเนื้อวัสดุพรุน อุณหภูมิการเผา

ไหม้ที่ได้ จึงมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิการเผาไหม้แอเดียแบติกที่สภาวะมาตรฐาน (Standard State Adiabatic flame temperature) ทำให้สามารถเผาไหม้ส่วนผสมที่เจือจางที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ด้วยหัวเผาบรรยากาศเปิดทั่วไป ค่าการปลดปล่อยมลภาวะทั้งไนโตรเจนออกไซด์และคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำ โดยวัสดุพื้นฐานที่ได้รับการนิยมไปผลิตเป็นหัวเผาวัสดุพรุนในปัจจุบันมี 3 ชนิด คือ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (*SiC*) อะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3)และเซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO_2) [3], [7]

จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าการเผาไหม้โดยการใช้หัวเผาวัสดุพรุนทำจากวัสดุอะลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างมีเสถียรภาพ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นภายในโพรงวัสดุพรุน ทำให้ก๊าซไอเสียกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งโครงสร้างและคุณสมบัติของวัสดุพรุนมีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ดีซึ่งทำให้การเผาไหม้มีการหมุนเวียนความร้อนในตัวเองจึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ เพิ่มความเข้มข้นในการเผาไหม้และขยายขอบเขตการเผาไหม้ให้สามารถใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำได้ [7] ในขณะที่ปริมาณอากาศที่ใช้ในการผสมก่อนการเผาไหม้และอัตราส่วนเชื้อเพลิงและอากาศก็ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเผาไหม้อย่างนัยสำคัญ [8] นอกจากนี้การเพิ่มสมรรถนะการเผาไหม้สำหรับการใช้เชื้อเพลิงก๊าซค่าความต่ำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้นยังสามารถแก้ไข้ได้ โดยการปรับปรุงพลศาสตร์ของอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผสมผสานระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง โดยการใช้ตัวสร้างกระแสหมุนวนซึ่งทำให้การผสมผสานระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงดีขึ้น [4],[8]

ข้อดีของการเผาไหม้ในวัสดุพรุนโดยการใช้ตัวสร้างกระแสของการหมุนวน (Swirler) ในงานวิจัยฉบับนี้จึงได้ติดตั้งตัวสร้างกระแสการหมุนวนในแนวรัศมี ภายใต้การสันนิษฐานว่าการเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างมีเสถียรภาพ เปลวไฟมีลักษณะสั้น เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มากขึ้น การปลดปล่อยมลพิษต่ำ ให้การกระจายตัวอุณหภูมิก๊าซไอเสียในห้องเผาไหม้สม่ำเสมอ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์การทดลอง

ในการศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ในครั้งนี้นั้นได้ทำการติดตั้งตัวสร้างตัวสร้างกระแสการหมุนวนในแนวรัศมีในหัวเผาที่มีวัสดุพรุนมาประยุกต์ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำโดยใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) เจือจางค่าความร้อนด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2) ในปริมาณ 40% LPG : 60% CO_2 โดยปริมาตร เพื่อต้องการลดขั้นตอนในการวิจัย ซึ่งจะทำให้ค่าความร้อนที่ใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงจากชีวมวล [2-3]

1.1 ชุดทดลอง (Unit Test)

ภาพที่ 1 แสดงไดอะแกรมชุดทดลองในการศึกษา สำหรับการทดลองมุ่งเน้นถึงพฤติกรรมการเผาไหม้ซึ่งเริ่มจากอากาศถูกป้อนเข้าระบบผ่านอุปกรณ์วัดอัตราการไหล โดยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ในส่วนที่หนึ่งป้อนเข้าผสมกับเชื้อเพลิงในกล่องผสมที่ทำการติดตั้งหัวฉีดเชื้อเพลิงอยู่ภายในและในส่วนที่สองนั้นถูกป้อนเข้าห้องเผาไหม้ทางกล่องลำเลียงอากาศ ส่วนที่สองมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาด 25.6 เซนติเมตร สูง 22 เซนติเมตร ซึ่งภายในทำการติดตั้งแผ่นตาข่ายสำหรับจัดเรียงการไหลของอากาศให้เป็นระเบียบ เพื่อทำการผสมกับส่วนผสมในส่วนที่หนึ่งภายในห้องเผาไหม้โดยอากาศในส่วน

ที่สองจะไหลผ่านตัวสร้างกระแสการหมุนวนและไหลออกในแนวรัศมี โดยปริมาณอากาศส่วนที่หนึ่งจะคิดเป็นสัดส่วนจากปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด ในขณะที่ห้องเผาไหม้ในการทดลองนั้นเป็นแบบปิดมีลักษณะเป็นตัวถังทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 58 เซนติเมตร สูง 88 เซนติเมตร ภายในหุ้มฉนวนกันความร้อนด้วยเซรามิกส์ความหนา 1 นิ้ว บริเวณด้านบนเป็นทางออกของก๊าซไอเสีย ซึ่งเป็นรูปทรงกรวยโดยไอเสียจะไหลผ่านท่อขนาด 4 นิ้ว ด้านหน้าติดตั้งกระจกทนความร้อนเพื่อสังเกตลักษณะของเปลวไฟ ด้านล่างเป็นกล่องให้อากาศส่วนที่หนึ่งไหลเข้ามาผสมกับเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ โดยอากาศจะถูกป้อนเข้ามาจากแหล่งผลิต (ปั๊มลม) ในการศึกษาจะบันทึกผลในส่วนของการกระจายอุณหภูมิโดยการกระจายตัวของอุณหภูมิทำการบันทึกตามระดับความสูง (z/D) จำนวน 5 จุด ปริมาณก๊าซไอเสีย และลักษณะเปลวไฟ

1.2 หัวเผาวัสดุพรุน (Pourous Media Burner

ภาพที่ 3 แสดงหัวเผาวัสดุพรุน จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาสมรรถนะของการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุนนั้นพบว่าการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างมีเสถียรภาพในวัสดุพรุนที่ความหนาแน่น 15 ppi ค่าความพรุนที่ 0.9 วัสดุพรุนทำด้วยอลูมินาร์ลักษณะเนื้อเป็นโพรงตาข่าย และนำมาตัดเป็นรูปทรงกระบอกเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูเจาะ 7 มิลลิเมตร ซึ่งจะถูกติดตั้งไว้บริเวณทางออกของท่อลำเลียงส่วนผสมเชื้อเพลิงดังแสดงในภาพที่ 1

1.3 ตัวสร้างกระแสการหมุนวนเป็นเกลียว (Swirler)

ตัวสร้างกระแสของการหมุนวนเป็นเกลียวดังภาพที่ 4 มีลักษณะการไหลออกของอากาศในแนวรัศมี ซึ่งทำให้ให้อากาศไหลเฉือนเปลวไฟ ภายใต้ข้อสมมุติฐานเพื่อช่วยในการผสมของอากาศและส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศส่วนที่หนึ่งดีขึ้นรวมไปถึงช่วยทำให้เปลวไฟมีความยาวที่สั้นลง โดยจะศึกษาที่ มุม 24 องศา และมุม 45 องศา ในการศึกษานี้ระดับการหมุนวนของกระแสการไหล แสดงในเชิงปริมาณเพื่ออธิบายความสัมพันธ์โดยใช้ค่า Swirl number (S_N) ซึ่งนิยามดังสมการที่ 1 [5]

$$S_N = \frac{G_\theta}{RG_N} \tag{1}$$

โดยที่ G_θ โมเมนตัมในแนวรัศมี, G_N โมเมนตัมตามแนวแกน และ R คือรัศมีของตัวสร้างกระแสการหมุนวน ซึ่งค่าในแต่ละเทอมสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของความเร็วเฉลี่ยของการไหลและความเร็วเชิงมุมได้ดังนี้

$$G_\theta = 2\pi \int_0^R \rho \omega \bar{u} r^2 dr \tag{2}$$

$$G_N = 2\pi \int_0^R \rho \bar{u}^2 r dr \tag{3}$$

$$\omega = \bar{u} \tan\theta \tag{4}$$

$$R = \frac{R_C}{R_i} \tag{5}$$

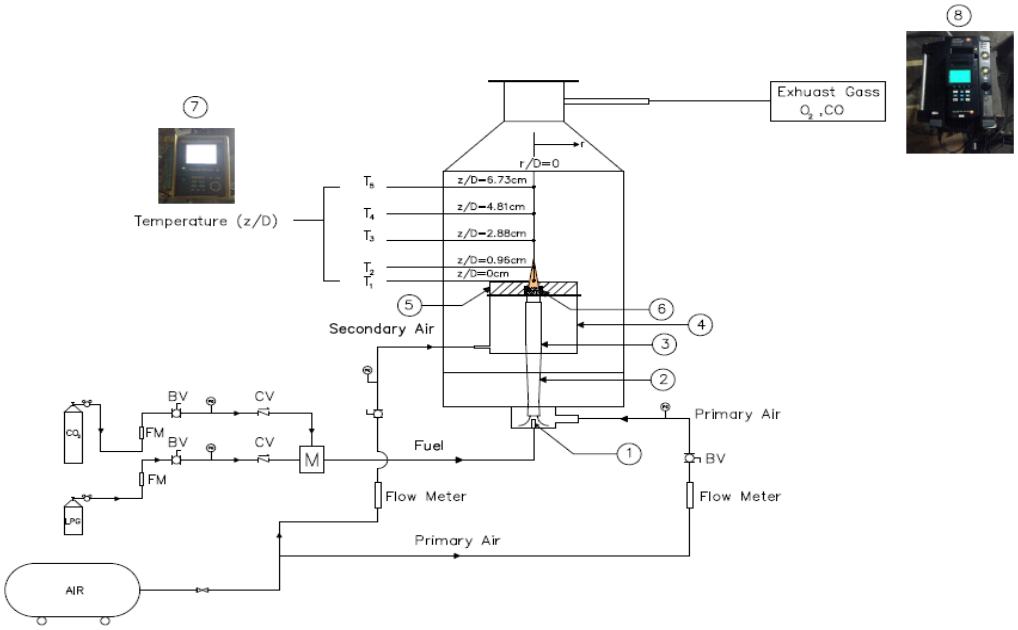
เมื่อ ω คือความเร็วในแนวแกนของการไหลที่ตำแหน่งรัศมี (r) ใดๆ, $\vec{u}$ คือ ความเร็วในแนวสัมผัสของการไหล ที่ตำแหน่งรัศมี (r) ใดๆ, ρ คือความหนาแน่น

2. เงื่อนไขการทดลอง

ในการทดลองมุ่งเน้นศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในวัสดุพรุนโดยมีตัวสร้างกระแสการหมุนวนเป็นเกลียวในการเพิ่มการผสมผสานระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศ ซึ่งเชื้อเพลิงได้มีการผสมกัน

ตารางที่ 1 เงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง

Q (kW)	Φ	$\dot{m}_{fuel}$ (kg/s)	$\dot{m}_{air}$ (kg/s)	Swirl Number	มุมของใบ Swirl	%EA
0.893	0.6	4.781×10^{-5}	5.22×10^{-4}	0.8	45°	64.25
1.339	0.6	7.172×10^{-5}	7.83×10^{-4}	0.8	45°	64.25
1.786	0.6	9.562×10^{-5}	1.04×10^{-3}	0.8	45°	64.25
0.893	0.6	4.781×10^{-5}	5.22×10^{-4}	0.3	24°	64.25
1.339	0.6	7.172×10^{-5}	7.83×10^{-4}	0.3	24°	64.25
1.786	0.6	9.562×10^{-5}	1.04×10^{-3}	0.3	24°	64.25



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมแสดงชุดทดลอง

1. หัวฉีดเชื้อเพลิง
2. ท่อผสม
3. หัวเผา
4. ช่องการไหลของอากาศส่วนที่ 2
5. อุปกรณ์สร้างกระการหมุนวนเป็นเกลียว
6. วัสดุพรุน
7. เทอร์โมคัปเปิ้ลและอุปกรณ์อ่านค่า
8. จุดวัดก๊าซไอเสียและเครื่องวัดก๊าซ



ภาพที่ 2 หัวเผาวัสดุพรุน



ก. ข.

ภาพที่ 3 ก.) Swirler มุม = 45 องศา ข.) Swirler มุม = 24 องศา

อากาศบางส่วนก่อนการเผาไหม้ภายใต้การควบคุมปริมาณอากาศในการเผาไหม้ จากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุนเปรียบเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียมเหลวจะมีเสถียรภาพและการปลดปล่อยมลพิษต่ำที่เงื่อนไขอากาศต่อเชื้อเพลิงแบบบาง ที่อัตราส่วนสมมูล 0.6 และปริมาณอากาศส่วนที่หนึ่งที่ใช้ในการผสมก่อนการเผาไหม้ที่ 100% ของปริมาณอากาศทั้งหมด ซึ่งการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในวัสดุพรุนให้การกระจายตัวอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงได้ศึกษาที่เงื่อนไขนี้เช่นเดียวกันเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ เพื่อบันทึกผลการกระจายตัวของอุณหภูมิ ปริมาณไอเสียและลักษณะของเปลวไฟเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำโดยเปรียบเทียบกับการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซค่าความร้อนต่ำในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งตัวสร้างกระแสการหมุนวนภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมานั้น พบว่าย่านสำหรับค่าระดับความรุนแรงต่ำ (Low Swirl) คือ 0.3 < < 0.5 และย่านที่มีค่าระดับความรุนแรงสูง (High Swirl) คือ 0.6 < < 0.8 ในการศึกษาพบว่าค่ะดับความรุนแรงต่ำที่ 0.3 นั้นให้เปลวไฟของการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำที่ดีในย่านของการเผาไหม้แบบส่วนผสมบาง จึงนำมาอ้างอิงเป็นเงื่อนไขในการออกแบบอุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวนเป็นเกลียว นอกจากนี้สำหรับเงื่อนไขสำหรับการศึกษาสำหรับค่าระดับความรุนแรงสูง (Hight Swirl) จึงเลือก = 0.8 มาเป็นเงื่อนไขในการศึกษาและสำหรับการออกแบบอุปกรณ์เช่นกัน[8] ซึ่งเงื่อนไขต่างๆ และวัตถุประสงค์ในการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อทำการติดตั้งตัวสร้างกระแสการหมุนวนเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเผาไหม้ของก๊าซเชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำภายใต้สมมุติฐานที่ว่าการไหลของอากาศแบบหมุนวนนั้นจะทำให้การผสมกันของอากาศและเชื้อเพลิงดีขึ้นส่งผลให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและทำให้เปลวไฟมีขนาดสั้นลง ซึ่งพิจารณาที่ย่านอัตราการไหลเชื้อเพลิงเดียวกัน โดยเงื่อนไขเชื้อเพลิงสัมพันธ์กับอัตราส่วนสมมูล 0.6 และปริมาณอากาศที่ใช้การผสมก่อนการเผาไหม้ 100% ของปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ทั้งหมด โดยใช้ตัวสร้างกระแสการหมุนวนที่มุม 24 และ 45 องศา เมื่อนำไปคำนวณหาค่า Swirl Number จะได้เท่ากับ 0.3 และ 0.8 ตามลำดับ

1. ผลการทดลอง

1.1 ลักษณะของเปลวไฟ

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะของเปลวไฟในการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในกรณีทำการติดตั้ง Swirler ที่ มุมองศา Swirl ที่ 45 องศา (Swirl Number = 0.8) และ 24 องศา (Swirl Number = 0.3) ตามลำดับ โดยทำการเปรียบเทียบกับการเผาไหม้ในกรณีที่ไม่มีการติดตั้ง Swirler เมื่อสังเกตเปลวไฟที่มุมองศา Swirler เท่ากับ 45 องศาจะเห็นว่าเปลวไฟมีลักษณะสั้นลงเมื่อเทียบกับในกรณีที่ไม่มีการติดตั้ง Swirler ทุกย่านอัตราการไหลเชื้อเพลิง เปลวไฟมีลักษณะมีเสถียรภาพโดยสังเกตจากเปลวไฟเกิดการแพร่กระจายภายในเนื้อโครงสร้างของวัสดุพรุนซึ่งสังเกตได้จากความสว่างภายในโครงสร้างของวัสดุพรุน เนื่องจากอากาศส่วนที่สองมีลักษณะการไหลหมุนวนในแนวรัศมี เมื่อจ่ายเข้าสู่พื้นที่การเผาไหม้ทำให้การผสมกันของอากาศและส่วนผสมของเชื้อเพลิงคลุกเคล้ากันดีขึ้น และทำให้เกิดความร้อนแพร่กระจายในแนวรัศมีของห้อง

เผาไหม้ และการหมุนวนของอากาศนั้นยังส่งผลให้เกิดการขยายตัวของเปลวไฟตามแนวรัศมีซึ่งด้วยเหตุนี้จึงทำให้เปลวไฟสั้นลง ในขณะที่มุมองศา Swirler ที่ 24 องศา เมื่อสังเกตลักษณะของเปลวไฟด้วยตาเปล่าพบว่าเปลวไฟมีการขยายตัวในแนวรัศมีเช่นกันแต่มีความสั้นลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรณีไม่มีการติดตั้ง Swirler เนื่องจากค่า Swirl Number ที่มีค่าน้อยจึงอาจทำให้เกิดกระแสของการหมุนวนที่ต่ำจึงทำให้เปลวไฟเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย

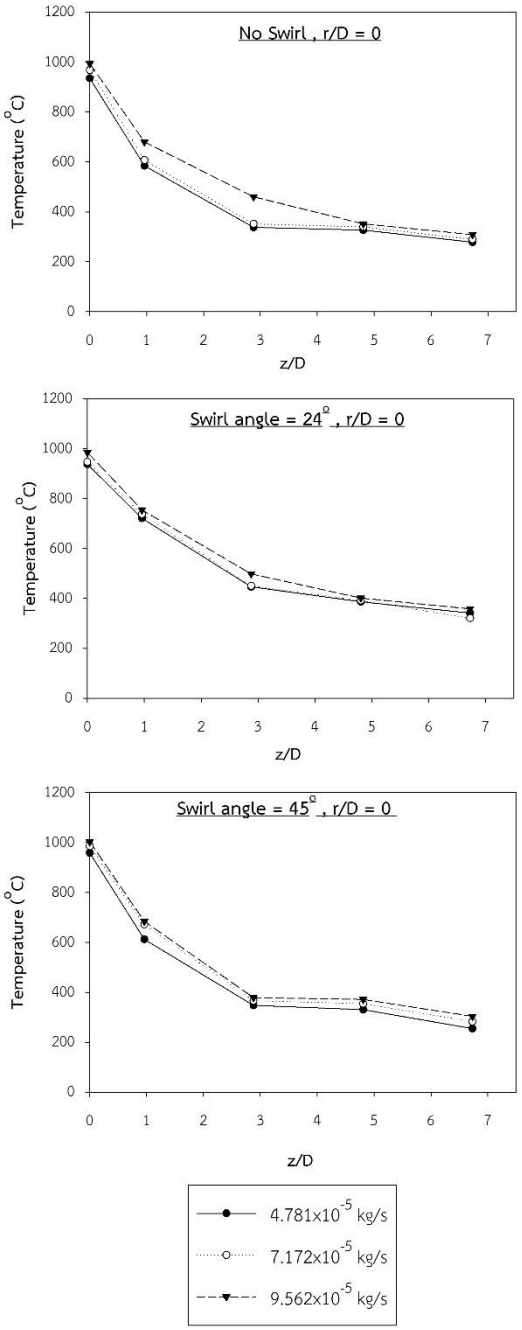
1.2 การกระจายของอุณหภูมิ

ภาพที่ 4 เป็นการกระจายของอุณหภูมิซึ่งเป็นตำแหน่งกึ่งกลางพื้นที่ด้านบนหัวเผาวัสดุพรุน r/D = 0 จากระดับของอุณหภูมิของการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในกรณีที่มีการใส่ Swirler โดยมุมของใบ Swirler ที่ 45 องศา อัตราการไหลเชื้อเพลิง $9.652\times10^{-5}\ kg/s$ ที่ตำแหน่ง z/D = 0 พบว่ามีการเผาไหม้อุณหภูมิก๊าซไอเสียอุณหภูมิสูงถึง 1002 องศาเซลเซียส ที่บริเวณผิวบนของวัสดุพรุนซึ่งสอดคล้องกับที่ตำแหน่งของเทอร์โมคัปเปิล และยังมีอุณหภูมิสูงแผ่กระจายกว้างกว่ากรณีที่ไม่มีการติดตั้ง Swirler เนื่องจากเมื่อมุม Swirler ที่ 45 องศา ส่งผลให้โมเมนตัมเชิงมุมที่ค่ามากขึ้น ทำให้ ค่า Swirl Number มีค่าเท่ากับ 0.8 ซึ่งอยู่ในย่าน Hight swirl โดย Swirl number เป็นฟังก์ชันของโมเมนตัมตามแนวแกนต่อโมเมนตัมเชิงมุม ส่งผลต่อการเกิดกระแสการหมุนวนที่รุนแรง ทำให้การผสมกันระหว่างอากาศส่วนที่สองและส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่หนึ่ง เกิดการคลุกเคล้ากันส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรง

ตารางที่ 2 ลักษณะของเปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำ

อัตราการไหลเชื้อเพลิง (kg/s)	ไม่มี Swirler	Swirler ที่มุม 24°	Swirler ที่มุม 45°
4.781×10^{-5}			
7.172×10^{-5}			
9.562×10^{-5}			

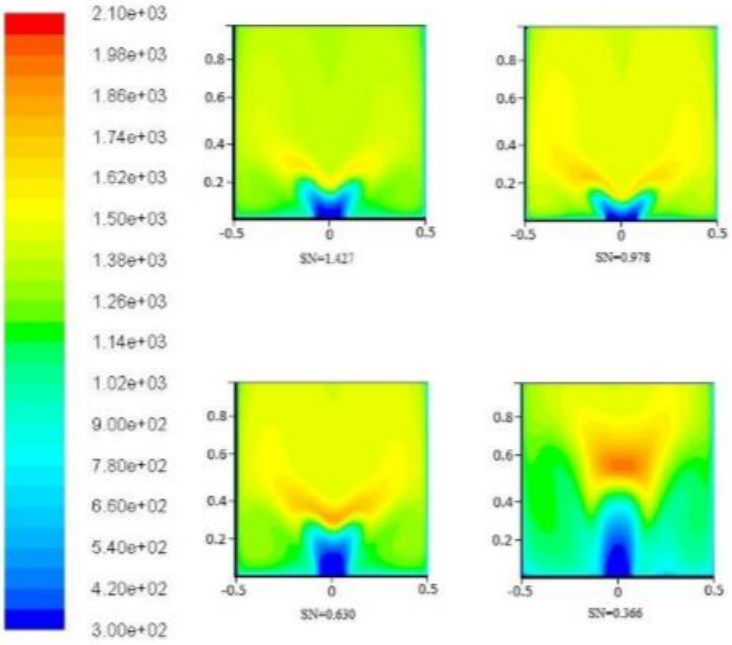
ในขณะที่อัตราการไหลเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น สังเกตว่าอุณหภูมิของไอเสียไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุพรุนมีการหมุนเวียนความร้อนอยู่ภายในและความร้อนส่วนหนึ่งถูกถ่ายเทให้กับเชื้อเพลิงและอากาศบริเวณต้นทาง ดังนั้นการที่สังเกตเห็นความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณเหนือหัวเผาซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงการสูญเสียความร้อนภายนอกวัสดุพรุนและที่วัสดุพรุนพรุนสูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้นระดับของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเป็นข้อบ่งชี้ถึงการความสูญเสียความร้อนที่แตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่ทำการศึกษาเท่านั้น จากงานวิจัยของ Gao พิจารณาที่การเผาไหม้ที่เกิดในวัสดุพรุน[6] เมื่อสังเกตอุณหภูมิในวัสดุพรุนและเปลวไฟนั้น บ่งชี้ได้ว่าการเผาไหม้ที่เกิดภายในวัสดุพรุนทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนภายในวัสดุพรุนและมีการถ่ายเทความร้อนส่วนหนึ่งให้กับเชื้อเพลิงกับอากาศบริเวณต้นทาง จึงทำให้ความร้อนที่ถ่ายเทที่ถ่ายเทออกมาภายนอกบริเวณด้านผิวด้านบนวัสดุพรุนไม่มีค่าไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 4 การกระจายตัวของอุณหภูมิการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีค่าความร้อนต่ำในกรณีไม่มีการติดตั้ง Swirler และมีการติดตั้ง Swirler ที่มุม 24 , 45 องศา ตามลำดับ

จากผลการวิจัยของ Ishak M. s. a และคณะ[4] ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบของการไหลแบบหมุนควงของอากาศต่ออุณหภูมิและการเผาไหม้ในห้องเผาไหม้แบบทรงกระบอก พบว่าการจ่ายอากาศแบบหมุนควงโดยที่มีอัตราการหมุนควงสูงกว่า จะมีความสามารถในการทำให้เปลวไฟสั้นลงและการกระจายตัวของอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ได้ดีกว่า เนื่องจากการไหลแบบหมุนควงของอากาศจะทำให้เกิดการพาความร้อนในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลของเชื้อเพลิงกระจายตัวไปสู่ด้านผนังของห้องเผาไหม้ เมื่อนำผลการวิจัยของ Ishak M. s. a มาพิจารณาร่วมกับผลการทดลองที่

ได้จากงานวิจัยในหัวข้อที่ 1.1 และ 1.2 นั้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่า อากาศส่วนที่สองซึ่งมีลักษณะเป็นอากาศหมุนควงนั้น เมื่อจ่ายเข้าสู่พื้นที่การเผาไหม้จะทำให้เกิดการพาความร้อนจากเปลวไฟ แพร่กระจายในแนวรัศมีของห้องเผาไหม้และอากาศหมุนควงนั้นยังส่งผลให้เกิดการขยายตัวของเปลวไฟตามแนวรัศมีซึ่งด้วยเหตุนี้จึงทำให้เปลวไฟสั้นลง

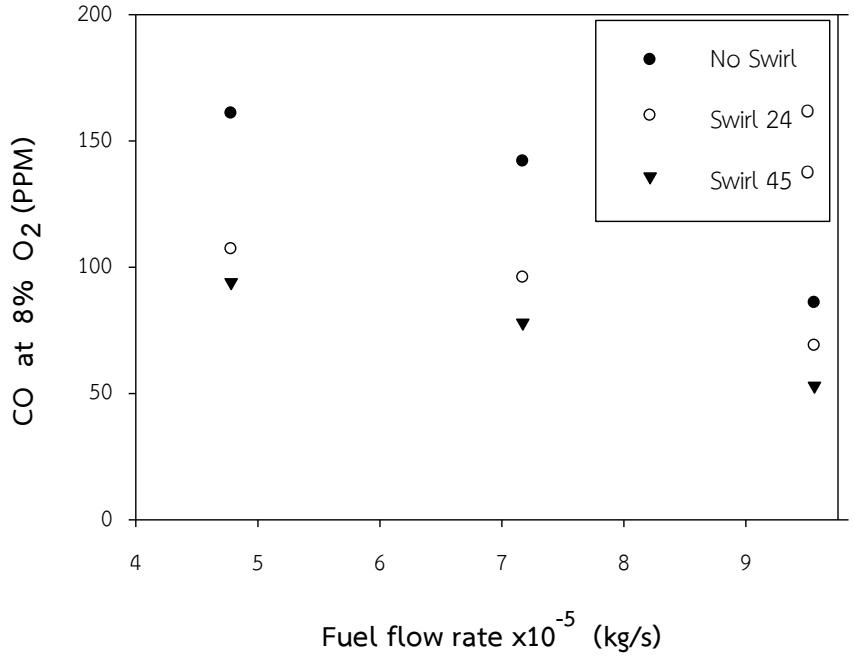


ภาพที่ 5 ผลกระทบของ swirl number ต่ออุณหภูมิไอเสียในห้องเผาไหม้ (หน่วย : เคลวิน; K) [4]

1.3 ปริมาณมลพิษ

จากภาพที่ 6 ทำการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มาตรฐานออกซิเจนในก๊าซไอเสีย 8% จะพบว่าเมื่อมีการจ่ายอากาศส่วนที่สองแบบหมุนวน ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการติดตั้ง Swirler

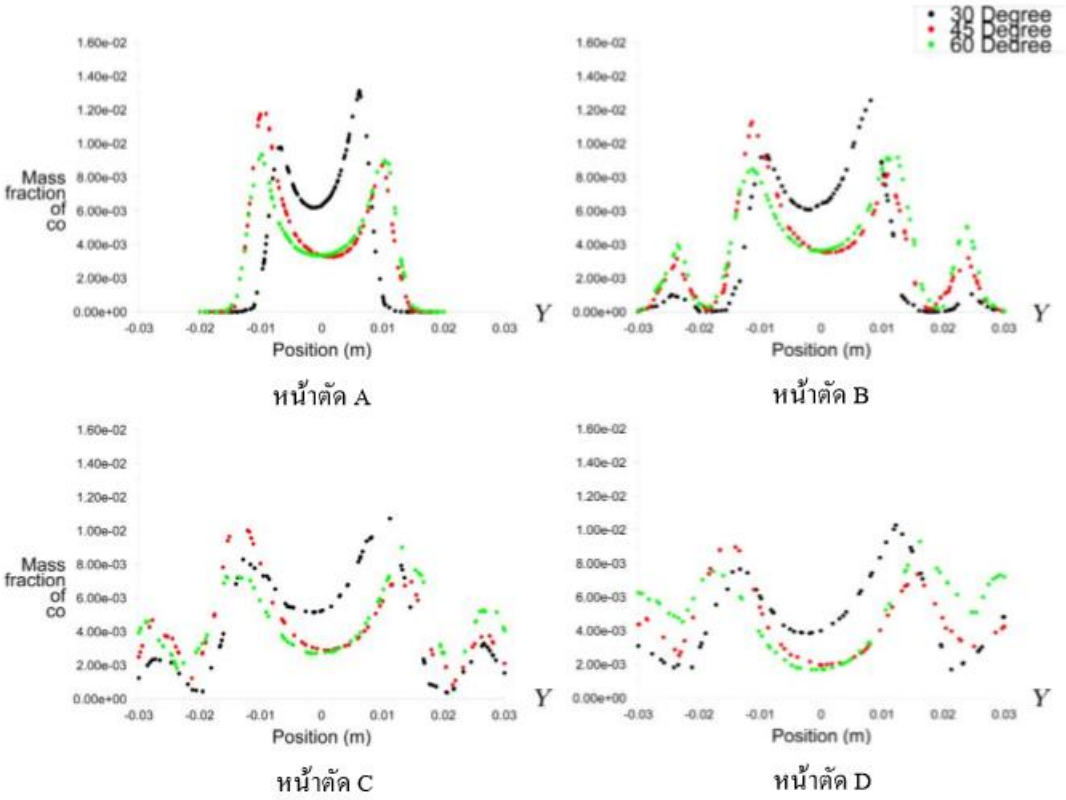
จากการทดลองที่ Swirler ที่มุม 45 องศา มีปริมาณการปลดปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำสุด เนื่องจากการจ่ายอากาศส่วนที่สองแบบหมุนวนนี้จะทำให้เกิดการผสมกันระหว่างอากาศส่วนที่สองและส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่หนึ่งคลุกเคล้ากันดีขึ้นและมีแนวโน้มเผาไหม้ได้ดีที่อัตราการไหลสูงเนื่องจากเกิดการเผาไหม้ที่รุนแรง นอกจากนี้อนุภาคที่เผาไหม้ไม่หมดจะสามารถกลับมาเผาไหม้ซ้ำเนื่องจากกระแสการหมุนวนที่พอทำให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น



ภาพที่ 6 ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เปรียบเทียบการเผาไหม้ระหว่างกรณีที่มีการติดตั้ง Swirler ที่มุม 24 องศา และ 45 องศา และกรณีการ เผาไหม้ที่ไม่มีการติดตั้ง Swirler

ในงานวิจัยของ ศิวะ จันทร์เอี่ยม[9] ซึ่งทำการศึกษาอิทธิพลของการปรับเปลี่ยนมุม Swirl วิธีการจำลองทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics ; CFD) ดังแสดงในภาพที่ 7 จากผลการจำลองนั้นพบว่า เมื่อมุมของ Swirler เพิ่มขึ้น สนามการไหลวนที่เกิดขึ้น หลังหัวเผาจะมีขนาดกว้างใหญ่ขึ้น เนื่องจากมุม Swirler ทำให้อากาศเกิดการหมุนวน และเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตามแนวรัศมี ส่งผลให้ความดันตรงจุดศูนย์กลางของไหลวน แตกต่างจากบริเวณรอบ ๆ อากาศจึงเกิดการยุบตัวและยกตัวกลายเป็นสนามการไหลวนขึ้น โดย สนามการไหลวนดังกล่าว ทำให้อากาศและเชื้อเพลิงสามารถผสมและแพร่กระจายออกไปรอบ ๆ ได้ดีขึ้นและมีอุณหภูมิสูงสุด ดังนั้นมลพิษที่เกิดขึ้นจะลดน้อยลงดังแสดงในรูปที่ 7 ผลที่ได้จากการจำลองแสดงให้เห็นว่า ตำาแหน่งที่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าสูงสุด คือตำแหน่งที่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน $\left(O_2\right)$ และเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ตามสมการเคมี โดยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ *(CO)* ที่เกิดขึ้นจะไหลวนตามสนามการไหลเข้าสู่ตรงกลางของ ห้องเผาไหม้และในระหว่างที่ไหลวนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จะทำปฏิกิริยาขั้นที่ 2 กับก๊าซออกซิเจน $\left(O_2\right)$ กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $\left(CO_2\right)$ ทำให้ค่าสัดส่วนโดยมวลของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ $\left(M_{CO}\right)$ บริเวณตรงกลางห้องเผาไหม้มีค่าลดลง นอกจากนี้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ไม่ได้เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $\left(CO_2\right)$ จะไหลวนตามสนามการไหลกลับไปยังบริเวณที่มีการเผาไหม้และทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจน $\left(O_2\right)$ กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ $\left(CO_2\right)$ เมื่อพิจารณา กรณีของมุม Swirler พบว่ามุม Swirler ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สนามการไหลวนขยายตัวออกด้านข้าง ทำให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สามารถไหลวนตามสนามการไหลกลับมาทำปฏิกิริยากับก๊าซ

ออกซิเจน (O_2) ได้ดีขึ้น ดังนั้นจากผลการทดลองของงานวิจัยนี้ในหัวข้อที่ 1.3 นั้น ซึ่งสังเกตว่าผลการทดลองที่ได้นั้นมีความสอดคล้องกัน



ภาพที่ 7 ค่าสัดส่วนโดยมวลของ CO บนระนาบ YZ ที่หน้าตัด A, B, C และ D ตามลำดับ [9]

สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองได้ทำการปรับเปลี่ยน Swirler มีองศาของใบที่ 24 องศา และ 45 องศา ภายใต้การเผาไหม้เชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำในหัวเผาวัสดุพรุน จากสมมติฐานเบื้องต้นว่าการนำ Swirler มาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มสมรรถนะการเผาไหม้ในส่วนของการทำหน้าที่ช่วยผสมอากาศส่วนที่สองและส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่หนึ่งดีขึ้นและทำให้ความยาวของเปลวไฟสั้นลง

จากการทดลองพบว่าที่มุมองศา Swirler 45 องศา การเผาไหม้จะเกิดขึ้นอย่างรุนแรงซึ่งสังเกตได้จากความสว่างของวัสดุพรุน โดยอุณหภูมิของไอเสียสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ 1,002 องศาเซลเซียส สำหรับย่านอัตราการไหล เมื่อสังเกตลักษณะของเปลวไฟซึ่งพบว่าเปลวไฟมีลักษณะสั้นลงทุกย่านอัตราการไหล นั่นหมายความว่าอากาศส่วนที่สองเกิดการไหลแบบหมุนวนมากพอในแนวรัศมีทำให้การผสมกันระหว่างอากาศส่วนที่สองและส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศส่วนที่หนึ่งเกิดการคลุกเคล้ากันได้ดี ซึ่งสังเกตได้จากเปลวไฟมีการขยายตัว ในขณะที่มุมองศาใบ Swirl เท่ากับ 24 องศา ซึ่งจะพบการเปลี่ยนแปลงน้อยทั้งความสั้นของเปลวไฟและอุณหภูมิในการเผาไหม้

เมื่อพิจารณาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นพบว่าเมื่อมีการจ่ายอากาศส่วนที่สองแบบหมุนวน ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากการจ่ายอากาศส่วนที่สองแบบหมุนวนนี้ทำให้เกิดการผสมและเกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ระหว่างอากาศที่ดีขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นจึงเกิดการปลดปล่อยมลพิษน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนจากแหล่งอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิที่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษณ์พลังงาน. 2560. พลังงานชีวมวล. [Online]. Avalible: http://www.biomass.dede.go.th/biomass_web/index.html

ทรงศักดิ์ สนนา, ชวลิต กาฬภักดี, จิตราภรณ์ วงศางาม และ จารุวัตร เจริญสุข. 2556. “การวิเคราะห์วัฏจักรทางอุณหพลศาสตร์โดยวิธีออฟติไมเซชั่นสำหรับเครื่องยนต์กังหันก๊าซขนาดเล็กเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงค่าความร้อนต่ำ”. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27. จังหวัดชลบุรี

ตฤษฐพร แก้วสุก และ จารุวัตร เจริญสุข. 2558. “การใช้วัสดุพรุนร่วมกับหัวเผาอุตสาหกรรมในการเผาไหม้เชื้อเพลิงก๊าซที่มีค่าความร้อนต่ำ”. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11. จังหวัดชลบุรี

ภรณ์เพ็ญ ลภิรัตนากูล, 2560. การศึกษาสมรรถนะการเผาไหม้ของวัสดุพรุนที่ประยุกต์ใช้กับหัวเผาแอลพีจีแบบผสมบางส่วนก่อนการเผาไหม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ยูริกะ มิคามิและคณะ, 2560. การศึกษาการเผาไหม้และการปลดปล่อยมลพิษของหัวเผาวัสดุพรุนทรงกระบอกเจาะรูที่ประยุกต์ใช้ร่วมกับการป้อนอากาศแบบหมุนควง. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศิวะ จันทร์เอี่ยมม, 2555. การจำลองการเผาไหม้ของหัวเผาไมโครแก๊สเทอร์ไบน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Ishak M. s. a , Mohammad Nazri Mohd Jaafar , Wan Zaidi Wan Omar. 2015. “Numerical Analysis of Effect of Preheat and Swirl of Inlet Air on Temperature Profile in Canister Burner”. Faculty of Mechanical Engineering,Universiti Teknologi Malaysia.

Yehia A. Eldrainy. 2009. “Investigation of Radial Swirler Effect on Flow Pattern inside a Gas Turbine Combustor”. Modern Applied Science Vol.3, pp. 21-30.

Gao H.B., Qu Z.G., Feng X.B. and Tao W.Q. “Methane/air combustion in two layer porous burner with different foam materials” Fuel. Vol.115, 2014, pp.154-161.

การควบคุมความชื้นสบู่จากสมุนไพรใบพลูด้วย ตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์

Humidity Control of *Piper Betle* Soap with Automatic Desiccator by Solar Cell Power

อาริษา โสภาจารย์[1*] กฤษณพงศ์ สังขวาสี[1] ภูวนนท์ มูสิกเจริญ[1] และ วีระพันธ์ ปากพู[1]

Arrisa Sopajarn[1*] Kritsanapong Saungkawasri[1] Poowanon Moosikajaroen[1] Weerapan Pakpoo[1]

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาสบู่สมุนไพรในภาวะปกติจะก่อให้เกิดความชื้นจากไอน้ำในอากาศเกาะสบู่ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการควบคุมความชื้นของสบู่จากสมุนไพรใบพลู โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้ตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์กับการวางสบู่สมุนไพรใบพลูในสภาวะปกติ ในการทดลองจะใช้กลีเซอรีนเป็นวัตถุดิบหลักในการทำสบู่ โดยใช้อัตราส่วนของน้ำสมุนไพรใบพลูร้อยละ 10 15 และ 20 และทำการทดสอบการควบคุมความชื้นด้วยตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยอาศัยไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ที่อุณหภูมิภายในตู้ควบคุมเท่ากับ 30 32 และ 34 องศาเซลเซียส โดยควบคุมความชื้นเท่ากับ 65%RH เปรียบเทียบกับการวางสบู่ในสภาวะแวดล้อมปกติ จากผลการควบคุมความชื้นของสบู่สมุนไพรใบพลูด้วยตู้ควบคุมความชื้นด้วยอุณหภูมิและค่าความชื้นตามที่กำหนด พบว่าไม่มีไอน้ำเกาะผิวสบู่สมุนไพรใบพลูทั้ง 3 อัตราส่วน ตลอดระยะเวลาในการทดลอง ส่วนสบู่สมุนไพรใบพลูที่วางในสภาวะปกตินั้น พบว่าอัตราส่วนการเติมน้ำสมุนไพรสามารถป้องกันการเกิดไอน้ำมาเกาะผิวสบู่ได้ ซึ่งอัตราส่วนน้ำสมุนไพรใบพลูร้อยละ 20 จะไม่พบการเกาะตัวของไอน้ำมากเท่ากับอัตราส่วนน้ำใบพลูร้อยละ 10 และ 15

คำสำคัญ: ใบพลู, ตู้ควบคุมความชื้น, พลังงานโซลาร์เซลล์, พลังงานทดแทน

---

[1] วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 หมู่ที่ 14 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

[1] Agricultural Machinery Engineering, Department of Industrial, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414 Moo 14, Tachamoung, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): am_rarrisa@hotmail.com

ABSTRACT

Moisture on soap surface was occurred from soap keeping method. This research aims to study the moisture control of the soap from the *Piper Beltel* leaf herbs. The experimental comparisons were made between the use of automatic humidity control cabinets (desiccator) and the placement of natural *Piper Beltel* herbal soap. In the experiment, glycerin was the main raw material for making soap. The extraction water of *Piper Beltel* of 10, 15 and 20 percentage was used in the experiments. The temperature in the control cabinet was 30, 32 and 34 degrees Celsius, with a moisture content of 65% RH. The results of moisture control of *Piper Beltel* herbal soap with moisture control cabinet with temperature and humidity as determined. It was found that there were no humidity in the three variable herbal soaps in all the time. The herbal soap placed in normal condition, the ratio of water extraction of *Piper Beltel* herbal can prevent the humidity appear on the soap surface. A humidity on the soap surface of 20 percentage was less than 15 and 10 percentage of water extraction of *Piper Beltle*. The percentage of herbal water extraction of *Piper Beltle* was increased, while the moisture on soap surface was decreased.

Keywords: Piper Bitle, Humidity Control, Solar Cell Power, Alternative Energy

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในแถบอากาศร้อนชื้น สภาพอากาศโดยทั่วไปมีความชื้นตลอดปี กรมอุตุนิยมวิทยาได้แสดงสถิติของประทศไทยไว้ว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27ºC ความชื้นสัมพันธ์ตลอดปีอยู่ที่ระดับ 73-75 %RH ในช่วงฤดูร้อนจะลดเหลือ 64-69 %RH (แก้วกนก และ ยิ่งสวัสดิ์, 2555) และในบริเวณที่ใกล้ชายทะเลจะมีค่าความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ยตลอดปีอยู่ระหว่าง 77-80 %RH (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2561)

ตู้ควบคุมความชื้นเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในกระบวนการเก็บรักษา เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตผลหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับเกษตร อาหาร และยารักษาโรค นอกจากนี้ตู้ควบคุมความชื้นยังมีความนิยมแพร่หลายในศาสตร์ที่เกี่ยวกับการถ่ายภาพและเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์อีกด้วย ดังนั้นการออกแบบตู้ควบคุมความชื้นให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานและราคาถูกก็เป็นสิ่งที่จำเป็น โดยทั่วไปตู้ควบคุมความชื้นจะแบ่งเป็น 2 แบบหลัก ได้แก่ แบบใช้สารเคมี และไม่ใช้สารเคมี ในการควบคุมความชื้น

สบู่สมุนไพร เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความนิยมกว้างขวางในประเทศไทย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับสมุนไพรจำนวนมากมีทั้งยารักษาโรคภายในและภายนอก ซึ่งการรักษาอาการภายนอก ได้แก่ แผล แพ้ อักเสบ แมลงกัดต่อย ระงับเชื้อแบคทีเรีย รักษาผิวหนังผื่นคัน และให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนัง สมุนไพรหลายชนิดที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมของสบู่ ได้แก่ มังคุด มะขาม แตงกวา ว่านหางจระเข้ ขมิ้น มะละกอ และส้ม (นงเยาว์ เทพยา, 2549) เนื่องจาก พลู (*Piper betle* L.) เป็นสมุนไพรที่พบทั่วไปในประเทศไทยอยู่ในวงศ์พริกไทย (Piperaceae) มีลักษณะเป็นไม้เถาเนื้อแข็ง งอกรากที่ข้อสำหรับเลื้อยเกาะ ใบเดี่ยวเรียบสลับรูปหัวใจ ปลายใบแหลม เป็นสมุนไพรที่มีกลิ่นเฉพาะตัวหอมฉุนแรง ดอกช่อรูปทรงกระบอกยาวสีขาว ไม่มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก มีการใช้เพื่อการเคี้ยวแพร่หลายในแถบเอเชีย ใบพลูมีคุณสมบัติทางยาหลายประการ ซึ่งสามารถทาที่ผิวหนังเพื่อแก้ลมพิษ แก้โรคผิวหนัง แก้ฝี แก้บาดแผลสด ต้านเชื้อรา และมีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระ (Nabasree and Bratati, 2004; Sasmita and Bratati, 2011; อรัญญา, 2546) พลูจึงเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่เหมาะกับการใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับผิว เช่น สบู่สมุนไพรจากใบพลู เป็นต้น

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

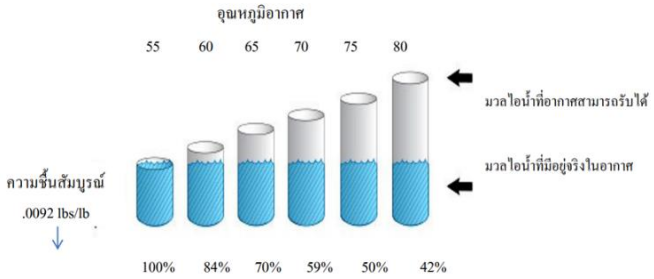
ความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูหนาวจะสูงกว่าฤดูร้อน ความชื้นสัมพัทธ์จะแปรผกผันกับอุณหภูมิของอากาศ คือ บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูง เพราะเมื่ออุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจะทำให้อากาศขยายตัว จึงสามารถรับมวลไอน้ำได้มากขึ้น ดังภาพที่ 1 ในฤดูฝนมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด เพราะฤดูนี้จะมีมวลไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศสูง จึงรับมวลไอน้ำที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ได้น้อย ซึ่งสอดคล้องกับความสัมพันธ์ในสมการการคำนวณความชื้นสัมพัทธ์ (ฤทัย, 2561) ความชื้นสัมพัทธ์สามารถคำนวณได้จาก สมการที่ (1)

$$\phi = \frac{\rho_{H_2O}}{\rho^*_{H_2O}} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ ϕ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)

ρ_{H_2O} คือ มวลไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ

$\rho^*_{H_2O}$ คือ มวลไอน้ำที่อากาศรับได้มากที่สุด



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลไอน้ำในอากาศที่รับได้กับอุณหภูมิอากาศ (ฤทัย, 2561)

การเตรียมพืชสมุนไพร และอุปกรณ์ตู้อบ

เตรียมสมุนไพรใบพลู โดยล้างทำความสะอาดใบพลูสดแล้วสะเด็ดน้ำพักไว้ นำไปหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำใบพลูมาสกัดเป็นน้ำสมุนไพรใบพลู โดยหั่นแล้วมาชั่งน้ำหนักให้ 500 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร ต้มใบพลูเพื่อสกัดเอาสารจากใบพลู จากนั้นนำน้ำสมุนไพรสกัดจากใบพลูมาผสมกับกลีเซอรีนซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตสบู่ตามสัดส่วนต่าง ๆ ได้แก่ 10 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อสบู่ และทำการทดลองการควบคุมความชื้นของสบู่ด้วยตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ตามสภาวะที่กำหนด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ใบพลูสด (ก) น้ำสกัดจากใบพลูสด (ข)

เตรียมตู้ควบคุมความชื้นสบู่สมุนไพรใบพลูอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ โดยภายในตู้ควบคุมความชื้นจะมีฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 115 วัตต์ พัดลมระบายอากาศ 1 ตัว และเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 1 ตัว ชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ประกอบด้วยโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ แบตเตอร์รี่ ขนาด 45 แอมแปร์ 12 โวลล์ เป็นแหล่งพลังงานซึ่งสามารถใช้ร่วมกับไฟฟ้าในบ้านได้

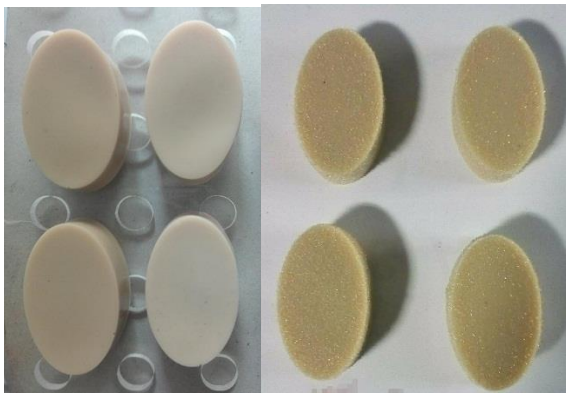
วิธีการทดลอง

ในการทดลองควบคุมความชื้นสบู่สมุนไพรใบพลูเมื่อผสมน้ำสมุนไพรใบพลูสกัดร้อยละ 10 15 และ 20 เพื่อเปรียบเทียบผลการควบคุมความชื้นสบู่ของตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ สภาวะในตู้ควบคุมความชื้นจะทดลองที่อุณหภูมิ 30 32 และ 34 องศาเซลเซียส โดยควบคุมสภาวะความชื้นเท่ากับ 65%RH โดยเตรียมสบู่ 2 ชุด สำหรับใช้เป็นชุดควบคุมในตู้ 1 ชุด และสำหรับวางที่สภาวะแวดล้อมปกติเป็นชุดเปรียบเทียบ 1 ชุด จากนั้นใช้วิธีการสังเกตลักษณะการเกิดไอน้ำบนผิวสบู่ ทุก ๆ 1 ชั่วโมง เพื่อบันทึกผลการเปลี่ยนแปลง

ในการควบคุมความชื้นสบู่ภายในตู้ควบคุมความชื้น จะติดตั้งฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 115 วัตต์ พัดลมระบายอากาศ 1 ตัว และเซ็นต์เซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 1 ตัว ชุดผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ซึ่งชาร์จแบตเตอรี่ไว้เต็มด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 45 แอมแปร์ 12 โวลล์ เป็นแหล่งพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้ ตลอดระยะเวลาในการควบคุมความชื้นเพื่อศึกษาระยะเวลาในการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์

ผลการวิจัย

จากผลการควบคุมความชื้นของสบู่สมุนไพรใบพลูเมื่อผสมน้ำสมุนไพรใบพลูสกัดร้อยละ 10 15 และ 20 ด้วยตู้ควบคุมความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ที่อุณหภูมิ 30 32 และ 34 องศาเซลเซียส โดยควบคุมความชื้นเท่ากับ 65%RH พบว่าสบู่ทุกสัดส่วนมีผลการควบคุมความชื้นที่ดี ไม่มีไอน้ำเกาะตลอดระยะเวลา 12 ชั่วโมง ที่ทำการทดลอง ในขณะที่ชุดสบู่ที่วางไว้ที่สภาวะแวดล้อมปกติจะมีไอน้ำเกาะผิดสบู่เมื่อเวลาผ่านไป 8 ชั่วโมง โดยสบู่ที่ผสมน้ำสมุนไพรสกัดจากใบพลูร้อยละ 10 จะพบไอน้ำเกาะที่ผิวสบู่หนาแน่นที่สุด ขณะที่สบู่ที่ผสมน้ำสมุนไพรสกัดจากใบพลูร้อยละ 20 จะพบไอน้ำเกาะผิวสบู่เบาบางที่สุด



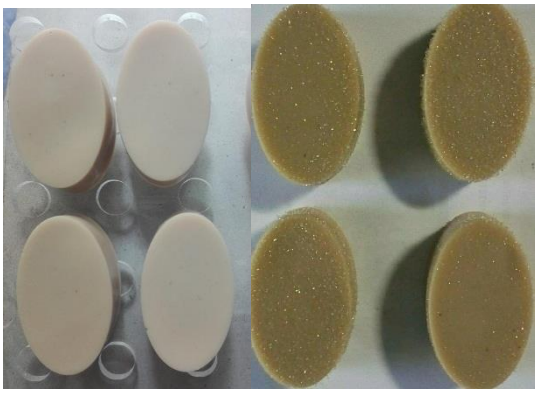
(ก) (ข)

ภาพที่ 2 สบู่สมุนไพรผสมน้ำใบพลูร้อยละ 10
ณ สภาวะควบคุมความชื้น 65%RH อุณหภูมิ 30 ºC (ก) สภาวะปกติ (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 3 สบู่สมุนไพรผสมน้ำใบพลูร้อยละ 15
ณ สภาวะควบคุมความชื้น 65%RH อุณหภูมิ 30 ºC (ก) สภาวะปกติ (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 4 สบู่สมุนไพรผสมน้ำใบพลูร้อยละ 20
ณ สภาวะควบคุมความชื้น 65%RH อุณหภูมิ 30 ºC (ก) สภาวะปกติ (ข)

การเกิดไอน้ำของสบู่สมุนไพรใบพลูภายนอกตู้ควบคุมความชื้นที่เป็นสภาวะปกติ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง ไอน้ำบนเนื้อสบู่สมุนไพรใบพลูที่ผสมน้ำใบพลูร้อย 10 15 และ 20 จะมีลักษณะแห้งเหมือนกับผงแป้งเกาะบนเนื้อสบู่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 3 สัดส่วน พบว่าปริมาณเม็ดที่คล้ายผงแป้งที่การผสมน้ำใบพลูสัดส่วนร้อยละ 20 จะน้อยที่สุดตามลักษณะการเกิดไอน้ำที่เกิดการเกาะของไอน้ำน้อยสุดเมื่อเทียบกับสัดส่วนร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 5 สบู่สมุนไพรผสมน้ำใบพลูร้อยละ 10(ก) 15(ข) และ 20(ค)
ณ สภาวะปกติ เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาระยะเวลาการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ซึ่งชาร์จด้วยแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ ซึ่งแบตเตอรี่ที่ใช้มีขนาด 45 แอมแปร์ 12 โวลล์ เป็นแหล่งพลังงานในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น พบว่าสำหรับการควบคุมความชื้นสบู่ภายในตู้ควบคุมความชื้น ที่มีฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 115 วัตต์ พัดลมระบายอากาศ 1 ตัว และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น 1 ตัว สามารถใช้แหล่งพลังงานทดแทนนี้ได้นานประมาณ 5 ชั่วโมง 20 นาที ในทุกการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการควบคุมความชื้นสบู่ผสมน้ำสมุนไพรสกัดจากใบพลูที่สัดส่วนร้อยละ 10 15 และ 20 ที่อุณหภูมิภายในตู้ควบคุมความชื้นเท่ากับ 30 32 และ 34 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นเท่ากับ 65%RH พบว่า สบู่มีลักษณะที่สวยงามไม่มีไอน้ำเกาะเหมือนกันทุก ๆ สภาวะ ขณะที่สบู่ที่ไม่ได้รับการควบคุมความชื้นภายในตู้ควบคุมความชื้นจะมีไอน้ำเกาะที่ผิวสบู่ โดยสบู่ที่มีการผสมน้ำสมุนไพรสกัดเพิ่มขึ้นก็จะเกิดไอน้ำเกาะที่ผิวสบู่ลดลง คือสบู่ที่ผสมน้ำสมุนไพรร้อยละ 20 จะมีไอน้ำเกาะน้อยกว่าที่ผสมน้ำสมุนไพรร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ และจากการใช้พลังงานจากโซลาร์เซลล์ด้วยแบตเตอรี่ขนาด 45 แอมแปร์ 12 โวลล์ สามารถใช้ทดแทนไฟฟ้าในบ้านได้นาน 5 ชั่วโมง 20 นาที

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Nabasree Dasgupta and Bratati De. 2004. Antioxidant activity of *Piper betle L.* leaf extract in vitro. **Food Chemistry** 88: 219-224.

Sasmita Das and Bratati De. 2011. Acetylcholinesterase inhibitory property of *Piper Betle L.* leave. **Pharmacologyonline** 1: 700-704

แก้วกนก สุดจริง และ ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล. 2558. การควบคุมความชื้นในอาคารโดยผนังอาคาร. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น** 11: 52-61.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2561. ภูมิอากาศของประเทศไทย. แหล่งที่มา: https://www.tmd.go.th/info/climate_of_thailand-2524-2553.pdf, 27 เมษายน 2561.

นงเยาว์ เทพยา. 2549. ความมหัศจรรย์ของสบู่สมุนไพร. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา** 1:156-164.

ฤทัย เพลงวัฒนา. 2561 ความชื้นสัมพัทธ์กับฤดูกาล. แหล่งที่มา: http://earthscience.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/19/2015/04/สถิติความชื้นสัมพัทธ์กับฤดูกาล.pdf, 27 เมษายน 2561.

อรัญญา ศรีบุศราคัม. 2546. พลูกับโรคผิวหนังที่เกิดจากเชื้อรา. **จุลสารข้อมูลสมุนไพร** 20(3): 4-8.

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน

Application of Wireless Technology for Soil moisture Sensor

ชัยยา ชาญกิจกรรณ์[1] ศิริพร วงษ์น้อย[1] ลักขณา บรรณวัฒน์[2] สิทธิชัย เด่นตรี[3] และ บัญชา เหลือแดง[1*]

Chaiya Chankitkan[1] Siriporn Wongnoi[1] Lakkhana Bannawat[2] Sitthichai Dentri[3] and Bancha Luadang[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน ประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กระจายสัญญาณแบบไร้สาย (Access Point) โดยแสดงผลผ่านจอ LCD ด้วยโปรแกรม LabVIEW ค่าความชื้นในดินที่วัดได้ จะถูกแบ่งออกเป็น 3 สถานะด้วยกันคือ สีน้ำเงินแสดงถึงค่าความชื้นมาก ค่าที่อ่านได้จะมากกว่า -0.20 Bar ต่อไปเป็นสีเขียวแสดงถึงค่าความชื้นปานกลาง ค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง -0.20 Bar ถึง -0.39 Bar และสีเหลืองแสดงถึงค่าความชื้นน้อย ค่าที่อ่านได้จะมีค่ามากกว่า -0.40 Bar นอกเหนือจากนี้เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดมีความถูกต้องแม่นยำ เซนเซอร์ทุกตัวจะถูกสอบเทียบกับเกจวัดที่เป็นมาตรฐาน โดยในการสอบเทียบจะปรับค่าความดันไว้ที่ 3 ระดับ คือ 0.00 -0.20 และ -0.40 Bar จากนั้นระบบที่ออกแบบถูกนำไปทดสอบในสวนพืชขนาดเล็ก โดยมีจุดติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด 4 จุด ด้วยกันซึ่งแต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร ผลที่ได้จากการวัดพบว่ามีความถูกต้องแม่นยำสอดคล้องกับที่ออกแบบไว้

---

[1]สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

[1]Department of Instrumentation Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom, Thailand

[2]สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ประเทศไทย

[2]Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom, Thailand

[3]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[3]Department of Electronics Engineering Technology, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok., Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : bancha.lua@rmutr.ac.th

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 "ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0"

ABSTRACT

This paper presents the application of wireless technology for soil moisture detectors. The signal processing is evaluated using microcontroller with wireless access point technology through LCD display with LabVIEW program. Soil moisture content is divided into 3 states as follows, The 1st state, blue color represents the high humidity that readable value of more than -0.20 Bar. The 2nd state, green color represents the moderate humidity value. The reading range of this level is defined from -0.20 Bar to -0.39 bar and the 3rd state, yellow color indicates the low humidity. The reading range in this level is determined at the value of less than -0.40 bar. In addition, to achieve the accuracy of the measured values. All sensor nodes are calibrated using the standard gauges. The calibration pressure is set at 3 levels of 0.00, 0.20 and -0.40 bar. For the practical, the prototype system is then tested in the home garden. There are 4 points of sensor nodes are installed. Each of client node was set up of 10 meters apart. The results of the measurement is accurate that consistent with the design.

Keyword: Wireless sensor, Soil moisture detector, Microcontroller, LabVIEW

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีไร้สายมีประโยชน์มากสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลสารสนเทศระหว่างจุดสองจุดหรือมากกว่าโดยไม่ได้เชื่อมต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้า การสื่อสารไร้สายถูกใช้กันทั่วไปในงานอุตสาหกรรม เช่น การควบคุมระยะใกล้ การควบคุมระยะไกล ในการถ่ายโอนข้อมูลโดยไม่ต้องใช้สาย ข้อมูลจะถูกถ่ายโอนในรูปของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งในระยะทางใกล้และระยะทางไกล งานวิจัยที่นำเสนอได้นำเทคโนโลยีไร้สายมาประยุกต์ใช้งานกับเครื่องวัดความชื้นในดิน [1-6] ซึ่งเครื่องวัดความชื้นในดิน จะวัดคุณสมบัติบางประการของดินที่สัมพันธ์กับปริมาณน้ำ เมื่อวัดด้วยเครื่องมือแล้วจึงนำมาเทียบหาปริมาณน้ำจากเส้นกราฟมาตรฐาน เครื่องวัดความชื้นในดินที่นิยมใช้ได้แก่ เทนซิโอมิเตอร์ แท่งวัดความชื้นและเครื่องวัดการกระจายของนิวตรอน เพื่อใช้กำหนดตารางการให้น้ำชลประทานแก่พืชความเครียดเมตริกของความชื้นในดินเกิดจากการที่อนุภาคของดินดูดยึดความชื้นไว้ที่ผิวของอนุภาค และในช่องว่างขนาดเล็กในดิน จึงทำให้ความชื้นในดิน (ขณะที่ดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ) อยู่ในสภาวะที่ไม่อิสระ ซึ่งจะมีผลถึงความยากง่ายในการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้จากดินที่ระดับความชื้นนั้นๆ นอกจากนี้ งานวิจัยที่นำเสนอยังศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีไร้สาย โดยการใช้การเชื่อมต่อแบบ Access Point มาทำงานร่วมกับเทนซิโอมิเตอร์ เซ็นเซอร์แรงดันสุญญากาศ และการประยุกต์ใช้งานเข้าด้วยกัน [7-10]

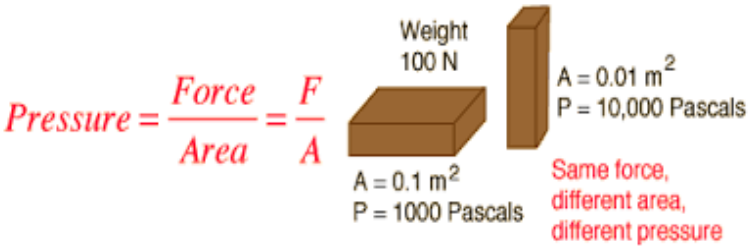
งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดินประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดแรงดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure Sensor) อ่านค่าแรงดันสุญญากาศจากเทนซิโอมิเตอร์ (Tensiometer) แล้วนำไปประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการเชื่อมต่อ เทคโนโลยีไร้สายแบบ Access Point และจะแสดงผลออกทางจอ LCD มีไฟแสดงสถานะ 3 สี คือไฟสีน้ำเงินหมายถึงดินมีความชื้นมาก ไฟสีเขียวหมายถึงดินมีความชื้นแต่น้อยกว่าไฟสีน้ำเงิน ไฟสีเหลืองหมายถึงดินไม่มีความชื้นต้องการน้ำ และจะแสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

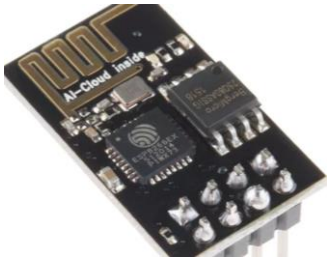
1.1 เทนซิโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดความเครียดเมตริก (Metric Suction) ของความชื้นในดินเพื่อใช้กำหนดตารางการให้น้ำชลประทานแก่พืช ความเครียดเมตริกของความชื้นในดิน เกิดจากการที่อนุภาคของดินดูดยึดความชื้นไว้ที่ผิวของอนุภาคและในช่องว่างขนาดเล็กในดิน (Capillary Pores) จึงทำให้ความชื้นในดิน (ขณะที่ดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ) อยู่ในสภาวะที่ไม่อิสระ ซึ่งจะมีผลถึงความยากง่ายในการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้จากดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ เทนซิโอมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นของดินที่อยู่ในภาวะสมดุลกับน้ำในกระเปาะพรุน เมื่อรู้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นของดิน และจำนวนความชื้นในดินตรงบริเวณจุดที่ตั้ง เทนซิโอมิเตอร์ก็จะทราบจำนวนความชื้นในดิน ณ จุดนั้น เครื่องมือชนิดนี้ประกอบด้วยหลอดแก้วหรือท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15 ถึง 180 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความลึกของดินที่ต้องการวัดความชื้น ปลายท่อนล่างจะมีกระเปาะพรุนซึ่งมีขนาดเดียวกับหลอดแก้วยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร สวมอยู่ ส่วนปลายท่อด้านบนจะมีฝาเกลียวซึ่งเปิดได้ บริเวณใกล้ๆฝาเกลียวจะมีเกจสุญญากาศหรือหลอดแก้วรูปตัวยูบรรจุปรอท ซึ่งเรียกว่า มาโนมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าสุญญากาศในหลอดแก้ว

1.2 เซ็นเซอร์แรงดันสุญญากาศ แรงดัน (pressure) คือ ปริมาณแรงกระทำที่ทำให้ของเหลวหรือก๊าซหยุดการขยายตัวและจัดอยู่ในเทอมของแรงต่อหน่วยพื้นที่



ภาพที่ 1.1 เทอมของแรงต่อหน่วยพื้นที่ [11]

1.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 (Node MCU) คือ โมดูล WiFi จากจีนที่มีความพิเศษตรงที่สามารถโปรแกรมได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย และมีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4 MB ทำให้มีพื้นที่เหลือมากในการเขียนโปรแกรมใน ESP8266 ซึ่งเป็นชื่อของชิปไอซีของโมดูล ซึ่งไอซีนี้ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บโปรแกรมที่ใช้ การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูลนี้มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ



ภาพที่ 1.2 Arduino ESP8266 (Node MCU) [12]

1.4 ทฤษฎีระบบสื่อสารไร้สาย ในการออกแบบระบบเครือข่ายจำเป็นต้องใช้ความรู้หลายอย่างในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้งาน ทั้งทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวกับระบบเครือข่าย เทคโนโลยีทางเครือข่ายใหม่ๆที่มีมากมาย มาตรฐานของระบบเครือข่ายไร้สาย ปัญหาต่างๆที่มีผลกระทบต่อการทำ งานของระบบเครือข่ายไร้สายรวมทั้งทฤษฎีของอุปกรณ์แต่ละชิ้นที่ใช้ในการติดตั้ง

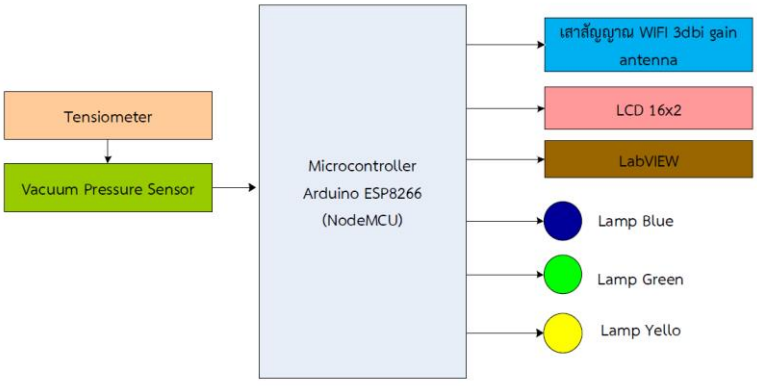


ภาพที่ 1.3 ตัวอย่างการเชื่อมโยงระบบเครือข่ายไร้สาย [13]

1.5 โปรแกรม LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้ติดต่อสื่อสารกับเครื่องมือต่างๆที่อยู่ภายนอกผ่านบอร์ด Data Acquisition ใช้งานเป็น Monitoring หรือในการควบคุมการวัดค่าต่างๆเช่น Strain อุณหภูมิหรือสัญญาณอื่นๆ โดยมีตัวเซ็นเซอร์รับสัญญาณเข้ามา โดยเอาต์พุตที่ได้จากเซนเซอร์เหล่านี้จะมีค่าเป็น แรงดันหรือกระแส ซึ่งLabVIEW สามารถอ่านค่าที่ผ่านเข้ามาทาง DAQ Card แล้วบันทึกค่าเป็นไฟล์ข้อมูล

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

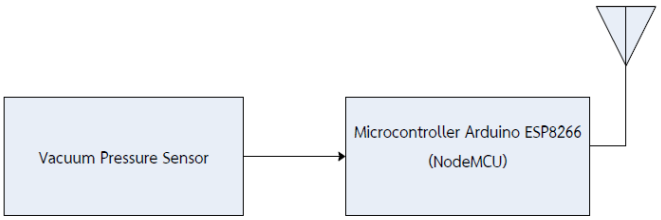
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความดันสูญกาศเป็นตัวบ่งบอกค่าให้ทราบว่าพื้นที่นั้นๆมีความชื้นมากน้อยเพียงใดมีการแสดงค่า 3 สถานะ คือ น้ำเงิน สีเขียว และสีเหลือง เราจึงพัฒนาชุดอุปกรณ์วัดความชื้นในดินเป็นการประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบสื่อไร้สารแบบ Access point โดยชุดทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนภาคส่ง (Transmitter) และ ส่วนภาครับ (Receiver)



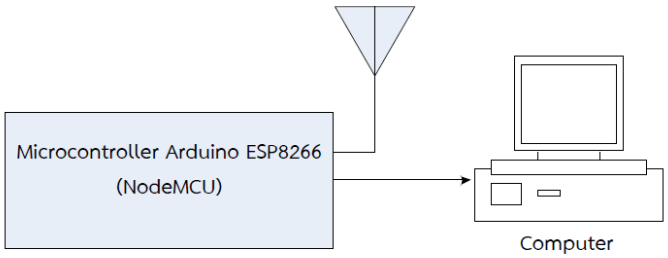
ภาพที่ 2.1 การออกแบบการควบคุมเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน

2.1 การออกแบบโครงสร้าง

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดินชุดทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนภาคส่ง (Transmitter) และ ส่วนภาครับ (Receiver) โดยส่วนภาคส่งสัญญาณจะถูกออกแบบโครงสร้างดังภาพที่ 2.2 และส่วนภาครับสัญญาณจะถูกออกแบบโครงสร้างดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2 การออกแบบภาคส่งสัญญาณของเครื่องวัดความชื้นในดิน (Transmitter)



ภาพที่ 2.3 การออกแบบภาครับสัญญาณของเครื่องวัดความชื้นในดิน (Receiver)

การออกแบบส่วนภาคส่ง (Transmitter) การทำงานในส่วนนี้เทนซิโอมิเตอร์จะทำงานร่วมกันเซนเซอร์วัดความดันสูญกาศ จากนั้นจะส่งค่ามาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 (Node MCU) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้จะมีคุณลักษณะในการปล่อยสัญญาณ Wi-Fi และถึงจะทำการส่งค่าความชื้นไปยังภาครับต่อไป จากภพที่ 2.3 การออกแบบส่วนภาครับ (Receiver) ในส่วนนี้จะเป็นการรับสัญญาณของเครื่องวัดความชื้นในดิน และนำมาประมวลผลข้อมูลผ่านทางโปรแกรม LabVIEW

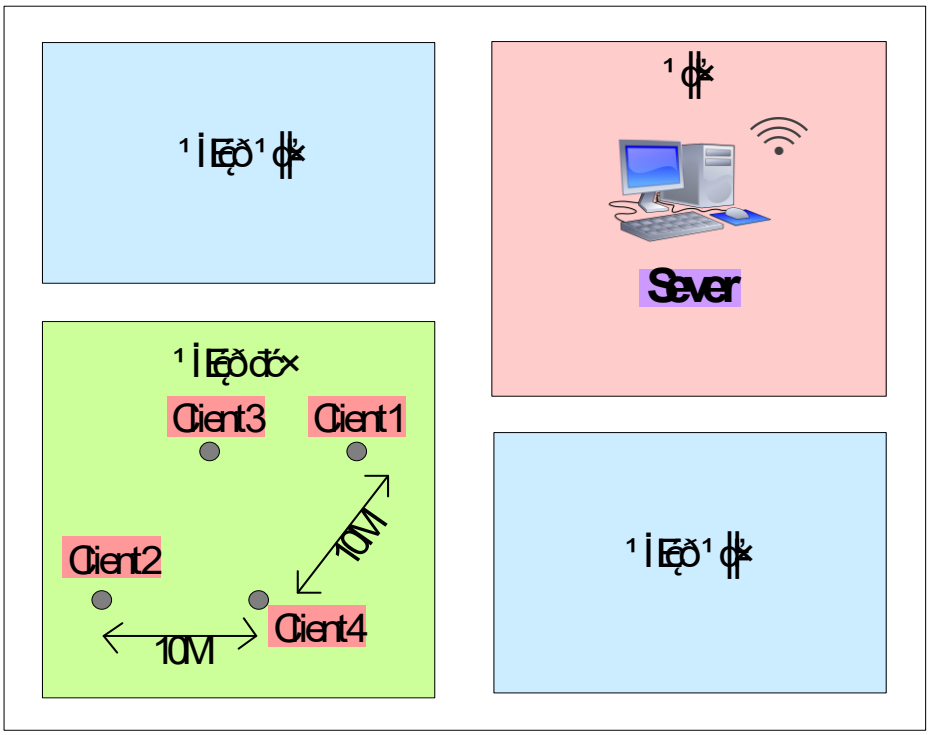
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลองของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดิน จะเป็นการวัดวามชื้นในดิน 3 ลักษณะ คือ ดินที่มีลักษณะมีความชื้นมาก ดินที่มีลักษณะมีความชื้นน้อย และดินที่มีลักษณะแห้งหรือไม่มีน้ำ โดยใช้เซ็นเซอร์แรงดันสุญญากาศ ในการวัดค่าความชื้นในดินโดยมีอุปกรณ์ต่อพวงเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ประมวลผลสัญญาณ โดยมีการแสดงค่าที่ประมวณผลได้ออกมาทางหน้าจอ LCD 16x2 ไฟแสดงสถานะ LED 3 สี คือ สีน้ำเงิน

เป็นค่าความชื้นมาก สีเขียวเป็นค่าความชื้นน้อย และสีเหลืองเป็นค่าความชื้นที่แห้งแล้ง และแสดงผลการทดลองด้วยโปรแกรม LabVIEW

3. เก็บผลการทดลอง

การทดลองนี้ใน 1 วันจะเก็บผลด้วยกัน 3 ครั้งคือช่วงเวลาเช้า กลางวัน และเย็น โดยมีเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินเป็นชุดจำลอง 4 ชุด พื้นที่นั้นมีความสูง-ต่ำของพื้นที่ไม่เท่ากัน



ภาพที่ 3-1 การวางตำแหน่งอุปกรณ์



(ก) สถานะระดับความชื้นน้อยเท่ากับ -0.46 bar

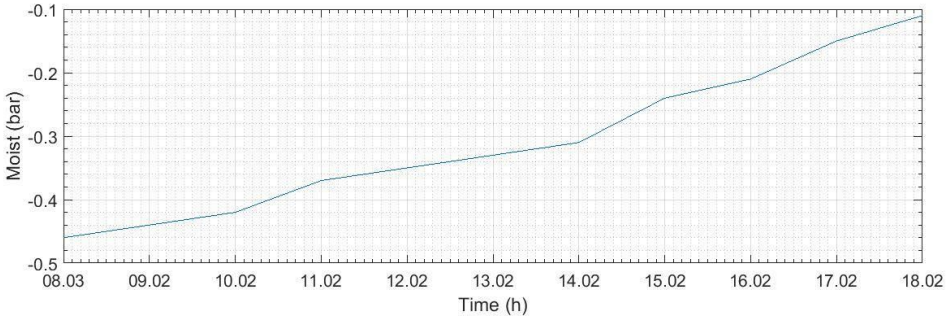


(ข) สถานะระดับความชื้นปานกลางเท่ากับ -0.31 bar

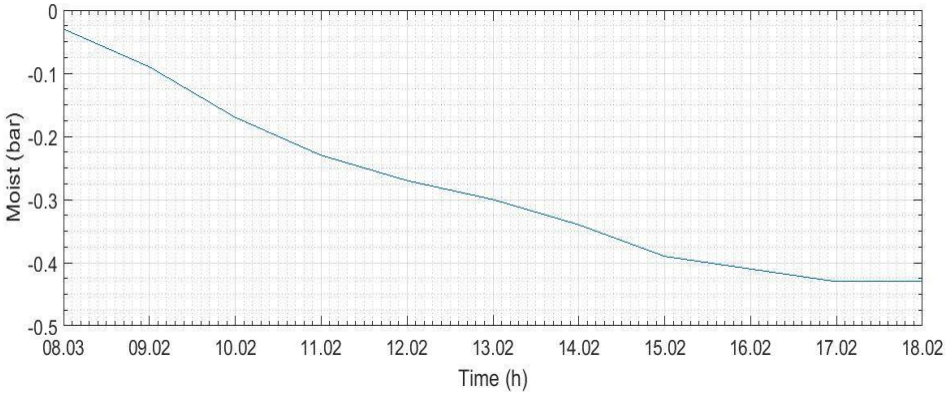


(ค) สถานะระดับความชื้นมากเท่ากับ -0.11 bar

ภาพที่ 3.2 สถานะระดับความชื้น (ก) สถานะระดับความชื้นน้อยเท่ากับ -0.46 bar (ข) สถานะระดับความชื้นปานเท่ากับ -0.31 bar (ค) สถานะระดับความชื้นมากเท่ากับ -0.11 bar



ภาพที่ 3.3 ค่าความชื้นที่วัดได้ตั้งแต่ 8.03 น.ถึง 18.02 น. ในวันที่ 31 ธันวาคม 2560



ภาพที่ 3.4 ค่าความชื้นที่วัดได้ตั้งแต่ 8.03 น.ถึง 18.02 น. ในวันที่ 2 มกราคม 2561

จากภาพ 3.3 เป็นการนำค่าความชื้นที่เก็บในวันที่ 31 ธันวาคม 60 ตั้งแต่เวลา 8.03 น. ถึงเวลา 21.02 น. แสดงระดับความชื้นของดินว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศ และจากการทดลองเราได้เติมน้ำลงไปในกระถางดินชั่วโมงละ 1 ครั้ง หลังจากนั้นจะเห็นได้ว่าผลกระทบจากแสงแดดทำให้น้ำระเหยออกจากกระถางไปด้วย จึงเกิดค่าความแตกต่างของความชื้นในดิน

จากภาพ 3.4 เป็นการนำค่าความชื้นที่เก็บในวันที่ 2 มกราคม 61 ตั้งแต่เวลา 8.03 น. ถึงเวลา 21.02 น.แสดงระดับความชื้นของดินว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศ และจากการทดลองเราได้เติมน้ำลงไปที่เดียวแล้วนำกระถางไปว่างไว้ที่กลางแจ้ง เพื่อให้น้ำในกระถางดินระเหยออกไป จึงเกิดค่าความแตกต่างของความชื้นในดิน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายสำหรับเครื่องตรวจวัดความชื้นในดินมาประมวลผลสัญญาณด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการเชื่อมต่อเทคโนโลยีไร้สายแบบ Access Point โดยแสดงผลผ่านจอ LCD และแสดงผลตอบสนองผ่านโปรแกรม LabVIEW โดยที่เครื่องตรวจวัดความชื้นในดินจะแสดงผลใน 3 สถานะ คือ สีน้ำเงินจะแสดงเมื่อมีความชื้นมากประมาณ >-0.20 Bar สีเขียวจะแสดงเมื่อมีความชื้นระดับปานกลางประมาณ -0.20 bar ถึง -0.39 bar และสีเหลืองจะแสดงเมื่อมีความชื้นน้อยมากที่ > -0.40 Bar ซึ่งการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) การทดลองหาค่าความแม่นยำของเซ็นเซอร์ พบว่าเซ็นเซอร์วัดแรงดันสูญกาศ มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความคลาดเคลื่อนไปเล็กน้อยไม่เกิน 2 % เพราะพื้นที่ในการทดลองมีความชื้นมาก ส่งผลให้เกิดความเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นตามสภาพอากาศนั้น และ 2) การเก็บผลการทดลองที่แสดงผลด้วยโปรแกรม LabVIEW พบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความชื้นโดยใช้เซ็นเซอร์แรงดัน

สุญญากาศ ณ จุดนั้นๆ มีความเที่ยงตรงเมื่อเปรียบเทียบกับเกจวัดแรงดันสุญญากาศ จากการสังเกตุเครื่องวัดความชื้นในดิน โดยใช้เซ็นเซอร์แรงดันสุญญากาศ พบว่าเครื่องสามารถใช้ได้ดี มีความเที่ยงตรงและมีค่าความไม่แน่นอนทางสถิติที่ยอมรับได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

J. Hill, R. Szewcyk, A. Woo, D. Culler, S. Hollar, K. Pister, "System Architecture Directions for Networked Sensors", *Proc. of the 9th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems* (ASPLOS-IX), pp. 93-104, 2000.

D. Lal, A. Manjeshwar, F. Herman, E. Uysal-Biyikoglu, A. Keshavarzian, "Measurement and Characterization of Link Quality Metrics in Energy Constrained Wireless Sensor Network", *Proc. of IEEE 2003 Global Communications Conference*, pp. 446-452, 2003.

C. Shnayder, M. Hempstead, B. Chen, G. Helmer-Allen, M. Welsh, "Simulating the Power Consumption of Large-Scale Sensor Network Applications", *Proc. of the 3rd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems* (SenSys 2004), pp. 188-200, 2004.

O. Younis, S. Fahmy, "Distributed Clustering in Adhoc Sensor Network: A Hybrid Energy-Efficient Approach", *Proc. of the 23rd Conference of the IEEE Communications Society* (INFOCOM'04), pp. 629-640, 2004.

Decagon Devices Inc. EC-20, EC-10, EC- Pullman Wash; 2008; p.23.

American Society for Testing and Materials. Laboratory determination of water (moisture) content of soil, rock, and soilaggregate mixtures (ASTM-D-2216-80). Philadelphia, Pa., American Society for Testing and Materials, 1980; p.8.

Delta-T Devices. May 2007. ThetaProbe Soil Moisture Sensor - ML2x.,

Digital Micro Devices (DMD). May 2007. Online available: http://www.dmd.es.

A. Hensderson-Sellers, "Soil Moisture: A critical focus for global change studies", Global and Planetary Change, vol. 13, pp. 3-9, June 1996.

Y. H. Kerr, P. Waldteufel, J. P. Wigneron, J. Font, M. Berger, "Soil moisture retrieval from space: The Soil Moisture and Ocean Salinity (SMOS) mission", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*., vol. 39, pp. 1729-1735, August 2001.

Online available: https://www.quora.com/What-is-the-relation-between-force-and-pressure

Online available https: / / www. hackster. io/ PatelDarshil/ things-you-should-know-before-using-esp8266-wifi-module-784001

Online available: http://keartipong2202.blogspot.com/2013/09/blog-post_3547.html]

การหาผลได้และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาด้วยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย

Determination of oil yield and optimal condition of oil extraction from sacha inchi by using solvent extraction

ศราวุธ จิตต์พินิจ[1*] สมหมาย ตรัยไชยาพร[1] และ จุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ[1]

Sarawut Jitpinit[1*] Sommai Trichaiyaporn[1] and Juraivan Ratanapisit[1]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันน้ำมันจากถั่วดาวอินคาได้รับความสนใจอย่างมากในอุตสาหกรรมอาหารและเภสัชกรรม เนื่องจากมีไขมันไม่อิ่มตัวสูง น้ำมันจากถั่วดาวอินคาผลิตได้จากหลายกระบวนการ เช่น การสกัดเย็น, สกัดด้วยตัวทำละลาย หรือสกัดด้วย CO_2 เหนือจุดวิกฤต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปร (เวลาที่ใช้ในการสกัด, ชนิดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย) ที่มีผลต่อผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาโดยสกัดด้วยตัวทำละลาย ใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 4 ชนิดคือ เฮกเซน, เอทานอล, บิวทานอล และไอโซโพรพานอล โดยปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายเท่ากับ 150, 300 และ 450 มล. ใช้เวลา 3, 6 และ 9 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าผลได้ของน้ำมันที่สกัดด้วยบิวทานอลดีกว่าสกัดด้วยเอทานอลและไอโซโพรพานอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ค่าผลได้สูงสุดเท่ากับ 53.87 % เมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวทำละลายมีปริมาตรเริ่มต้น 450 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการสกัด 9 ชั่วโมง

คำสำคัญ : ถั่วดาวอินคา, การสกัดด้วยตัวทำละลาย, ผลได้น้ำมัน

ABSTRACT

Recently, sacha inchi oil is one of the most interest in the food and pharmaceutical industry because of its high content of unsaturated fatty acids. Sacha inchi oil can be obtained by many processes such as cold pressing, solvent extraction or extraction with supercritical carbon dioxide. The objective of this research is to investigate the effect of extraction variables (extraction times, type and initial volume of solvent) on the oil yield from sacha inchi by using solvent extraction process. There were four organic solvents used in this study (hexane, ethanol, butanol and isopropanol). The initial volumes of any solvent were 150, 300 and 450 ml and the extraction times were 3, 6 and 9 hours. The results shown that the oil yield that extracted by using butanol as solvent was better than that of ethanol and isopropanol with the statistically significant at 95 % confidence level. The highest oil yield was around 53.87 % with 9 hours extraction time and 450 ml of butanol.

Keyword: Sacha inchi, solvent extraction, oil yield

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Chemical and Material Engineering Faculty of Engineering Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sarawut_j@rmutt.ac.th

บทนำ

ถั่วดาวอินคา(Sacha inchi , Inca peanut) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Plukentia volubilis L.* เป็นพืชน้ำมันอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีถิ่นกำเนิดจากป่าฝนแถวภูมิภาคแอนเดียน แถบอเมริกาใต้ แถวประเทศเปรู โดยชนพื้นเมืองได้ปลูกและนำมาใช้ประโยชน์นับพันปีมาแล้ว โดยฝักมีสีน้ำตาลเข้มเมื่อแก่เต็มที ฝักมักจะมี 4-6 แฉก ถั่วดาวอินคาเป็นพืชที่ให้ผลเร็ว ใช้เวลาปลูกไม่เกินหกเดือนก็สามารถให้ผลผลิตและสามารถให้ผลผลิตได้เป็นระยะเวลายาวนานถึง15-50 ปี โดยไม่จำเป็นต้องทำการปลูกซ้ำๆ

สำหรับประเทศไทย อุดมวิทย์ และคณะรายงานว่ามีบริษัทเอกชนนำถั่วดาวอินคาเข้ามาส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยเริ่มปลูกที่จังหวัดหนองคาย เนื่องจากมีที่ตั้ง ภูมิศาสตร์เส้นทางคมนาคมที่เหมาะสม และสามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มประเทศอินโดจีนได้ นอกจากนี้จากการศึกษาของนักวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่าหลังจากปลูกเพียง 1 ปี ดาวอินคาสามารถเจริญเติบโตได้ดี จึงได้นำไปส่งเสริมให้กับเกษตรกรในหลายพื้นที่ปลูก เช่น จังหวัดเชียงใหม่, พะเยา, เชียงราย, ลำปาง และกำแพงเพชร เป็นต้น สำหรับในภาคอื่นๆ พบว่ามีหลายจังหวัดที่มีการปลูกดาวอินคา เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบปลูกในจังหวัดขอนแก่น, ชัยภูมิ, และกาฬสินธุ์ ภาคกลาง พบปลูกในจังหวัดสุพรรณบุรี, ราชบุรี และกาญจนบุรี ส่วนภาคตะวันออก พบปลูกในจังหวัดปราจีนบุรี และสระแก้ว เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันมีเกษตรกรนำไปปลูกมากกว่า 10,000 ไร่




ภาพที่ 1 ใบ, ผลและเมล็ดของถั่วดาวอินคา (ที่มา : http://puechkaset.com/ถั่วดาวอินคา/)

ถั่วดาวอินคาสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน โดยยอดและใบอ่อนสามารถนำไปประกอบอาหารเช่น นำไปผัด ส่วนใบของต้นถั่วดาวอินคา โดยเฉพาะใบที่ยังไม่แก่มากสามารถนำไปผ่านกระบวนการผลิตและดื่มเป็นน้ำชาได้ ส่วนผลอ่อนสามาถนำไปประกอบอาหารได้เช่นเดียวกัน Triana และคณะได้วิเคราะห์องค์ประกอบของเมล็ดถั่วดาวอินคา พบว่าประกอบด้วยน้ำมันประมาณ 35 – 60 % และโปรตีนประมาณ 27 % นอกจากนี้ Gebauer และคณะได้วิเคราะห์น้ำมันจากถั่วดาวอินคาได้ข้อสรุปว่ามีกรดไขมันที่ทำให้ตัวน้ำมันมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงมาก(ประมาณ 93 %) โดยในน้ำมันถั่วดาวอินคามีกรดลิโนเลนิก(โอเมก้า-3) ประมาณ 45.2 % และมีกรดลิโนเลอิก(โอเมก้า-6) ประมาณ 36.8 % โดยกรดไขมันทั้ง 2 ชนิดเป็นที่รู้กันดีว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็นและมีประโยชน์กับมนุษย์ ซึ่งมนุษย์ไม่สามารถสร้างด้วยตัวเองได้ จำเป็นที่จะต้องได้รับจากอาหาร โดยในหลายงานวิจัย เช่นงานวิจัยของ Ramaprasad และคณะพบว่าการบริโภคกรดไขมันจำพวก โอเมก้า-3 และ โอเมก้า-6 ที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ,ความดันโลหิตสูง และโรคคอเรสเตอรอลในเส้นลือดสูง เป็นต้น ส่วนในงานวิจัยที่นำเสนอโดย Gebauer และคณะได้รายงานว่าควรบริโภคโอเมก้า-3 ประมาณวันละ 2 กรัมหรือคิดเป็น 0.6 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณพลังงานทั้งหมดที่บริโภค ดังนั้นน้ำมันจากถั่วดาอินคาสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งของกรดไขมันที่มีประโยชน์สำหรับในหมู่ประชากรที่ไม่ได้บริโภคกรดไขมันจากแหล่งอาหารทะเลซึ่งมีกรดไขมันสูงได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันน้ำมันจากถั่วดาวอินคาผลิตได้จากหลายๆ กระบวนการ เช่น การสกัดเย็น ซึ่งมีข้อดีคือกระบวนการสกัดง่าย เครื่องมือที่ใช้มีราคาถูก ส่วนข้อเสียได้แก่น้ำมันที่ได้จะมีการปนเปื้อนของกากหรือของถั่วดาวต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปบริโภค นอกจากนี้หลายๆ งานวิจัยเช่น งานวิจัยของ Luis และคณะ ได้ทำการศึกษาการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาโดยมีการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ ซึ่งยังอยู่ในการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีข้อดีคือการสกัดที่อุณหภูมิต่ำ(ประมาณ 40 ^{o}C – 60 ^{o}C) นอกจากนี้วิธีการได้มาของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาที่นิยมมากวิธีหนึ่งคือการสกัดด้วยทำละลาย โดยการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิด เช่น เฮกเซน หรือสารอินทรีย์กลุ่มแอลกอฮอล์ เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้เทคนิคการสกัดแบบซอกห์เลต โดยเลือกใช้ตัวทำละลาย 4 คือ เฮกเซน, เอทานอล, บิวทานอล และไอโซโพรพานอล นอกจากนี้ยังสนใจถึงผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำลายแต่ละชนิด เพื่อที่จะหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคา โดยวิเคราะห์ค่าผลได้(Yield) ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา วัตถุประสงค์สุดท้ายของการศึกษาในครั้งนี้คือการเปรียบเทียบผลได้ของการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาจากสมการทำนายค่าผลได้กับการทดลอง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สารเคมีและเครื่องมือการทดลอง

ตัวทำละลายอินทรีย์ 4 ชนิดประกอบด้วยนอร์มอลเฮกเซน(AR grade) ความบริสุทธิ์ 99.0 % จากบริษัท ACI Labscan, เอทานอล ความบริสุทธิ์ 99.9% จากบริษัท Daejung, นอร์มอลบิวทานอล (HPLC grade) ความบริสุทธิ์ 99.5 % จากบริษัท Daejung และ ไอโซโพรพานอล ความบริสุทธิ์ 99.5% จาก Ajax Finechem

เครื่องมือการทดลองประกอบด้วยชุดสกัดแบบซอกห์เลต, เครื่องบดแบบใช้ในครัวเรือนยี่ห้อ Philips รุ่น HR1393, ชุดตะแกรงคัดขนาด และเครื่องระเหยแบบหมุน (BUCHI Rota vapor R-200)

2. วิธีการทองลอง

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ถั่วดาวอินคาได้จากพื้นที่เพาะปลูกทางภาคกลางของประเทศไทย ถูกนำมากะเทาะเปลือก ทำความสะอาด จากนั้นนำถั่วดาวอินคาที่ผ่านการกะเทาะเปลือกแล้วมาลดขนาด ด้วยเครื่องปั่นแบบใช้ในครัวเรือน จนถั่วดาวมีความละเอียด หลังจากนั้นนำถั่วดาวที่บดละเอียดแล้วไปร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงที่มีเมชระหว่าง 16 และ 24(0.71 mm < D_p < 1.0 mm) นำถั่วดาวอินคาที่ผ่านการคัดขนาดมาชั่งให้ได้น้ำหนัก 15 กรัม และบรรจุใส่ถุงด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศ และนำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 4 องศาเซลเซียล

2.2 การสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาด้วยเครื่องซอกห์เลต

ติดตั้งเครื่องสกัดแบบซอกห์เลตให้พร้อมใช้งานหลังจากนั้นนำถั่วดาวอินคา 15 กรัมที่เตรียมไว้บรรจุใส่ในทิมเบิล ตวงตัวทำละลายชนิดต่างๆ ให้ได้ปริมาตร 150, 300 และ 450 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะสกัด และทำการสกัดโดยใช้เวลาในการสกัด 3, 6 และ 9 ชั่วโมง โดยตั้งอุณหภูมิที่เตาหลุมของชุดเครื่องแบบซอกห์เลตให้คงที่ที่ 250 องศาเซลเซียส

2.3 การแยกตัวทำละลายกับผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ที่สกัดด้วยเครื่องสกัดแบบซอกห์เลตใส่ในขวดระเหย นำไปชั่งน้ำหนักบันทึกผล แล้วนำไประเหยด้วยเครื่องระเหยแบบหมุนให้ตัวทำละลายทั้งหมดแยกออกจากน้ำมัน แล้วทำการชั่งน้ำหนักขวดเก็บสาร หลังจานั้นเก็บผลิตภัณฑ์น้ำมันบรรจุในขวดเก็บสารและทำการชั่งน้ำหนัก รวมทั้งชั่งน้ำหนักของตัวทำละลาย นำผลิตภัณฑ์น้ำมันที่ได้ไปเก็บตู้เย็นที่รักษาอุณหภูมิไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาต่อไป

การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันถั่วดาวอินคา

ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$\text{ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักถั่วดาวตอนเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

การทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด, ใช้เวลาในการสกัด 3 ค่า และใช้ปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย 3 ค่า จะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว(One-way ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 16.0 เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์

การหาสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

ในการหาสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนเวลาในการสกัดและเปลี่ยนปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experimental designs) โดยการตั้งสมมติฐานให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาว อินคาเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับเวลาในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย โดยกำหนดให้มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2)

$$Y = a + bt + cV \quad (2)$$

เมื่อ Y คือค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา, t คือเวลาที่ใช้ในการสกัด(ชั่วโมง), V คือปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย(ลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยมี a, b และ c เป็นค่าคงที่ของสมการทำนาย

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลของชนิดของตัวทำละลายต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

จากการศึกษาผลของชนิดของตัวทำลาย ซึ่งตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิดต่างเป็นสารอินทรีย์ โดยเฮกเซนจะอยู่ในกลุ่มสารประกอบอัลเคน ส่วนที่เหลืออีก 3 ชนิดที่เหลืออยู่ในกลุ่มแอลกอฮอล์ ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลของชนิดของตัวทำละลายต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

ตัวทำละลาย	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	ปริมาตรตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)	เปอร์เซ็นต์ผลได้	ตัวทำละลาย	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	ปริมาตรตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)	เปอร์เซ็นต์ผลได้
นอร์มอล	3	150	46.73	เอทานอล	3	150	4.03
บิวทานอล		300	47.40			300	7.80
		450	51.80			450	12.67
	6	150	47.93		6	150	28.93
		300	50.40			300	31.47
		450	52.20			450	32.74
	9	150	49.20		9	150	40.40
		300	53.00			300	40.33
		450	53.87			450	44.07
นอร์มอล	3	150	44.27	ไอโซ	3	150	32.93
เฮกเซน		300	44.60	โพรพานอล		300	34.27
		450	45.07			450	37.40
	6	150	47.27		6	150	36.27
		300	47.93			300	40.47
		450	49.73			450	40.87
	9	150	48.40		9	150	40.27
		300	51.87			300	43.33
		450	52.67			450	44.73

จากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวสกัดจะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาดีกว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายอื่นๆ ทุกชุดการทดลองซึ่งเป็นผลมาจากบิวทานอลมีจุดเดือดที่ความดันบรรยากาศ(ความดันที่ใช้ในการสกัด) สูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น(ที่ความดันบรรยากาศบิวทานอลมีจุดเดือด 117.7 ^{o}C ในขณะที่ไอโซโพรพานอล, เอทานอล และเฮกเซนมีจุดเดือด 82.2 ^{o}C, 78.5 ^{o}C และ 68.7 ^{o}C ตามลำดับ) จากจุดเดือดที่สูงกว่าทำให้ไอของบิวทานอลในชุดสกัดแบบซอกห์เลตมีอุณหภูมิสูงซึ่งสามารถไปละลายและดึงเอาน้ำมันที่อยู่ในเมล็ดถั่วดาวอินคาได้มากที่สุด จึงทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาสูงกว่าการใช้ตัวทำละลายอื่นๆ สำหรับตัวทำละลายที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของการสกัดรองลงมาคือเฮกเซน ซึ่งถึงแม้ว่าเฮกเซนจะมีจุดเดือดต่ำที่สุด แต่เฮกเซนเป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วสามารถที่จะละลายได้ดีในน้ำมันซึ่งไม่มีขั้วเช่นเดียวกัน จึงให้ผลการสกัดที่ดีรองลงมาจากบิวทานอล แต่อย่างไรก็ตามเนื่องการสกัดด้วยบิวทานอลเกิดที่อุณหภูมิประมาณ 117.7 ^{o}C ซึ่งสูงกว่าเมื่อใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย(อุณหภูมิ 68.7 ^{o}C) มากอาจจะส่งผลต่อองค์ประกอบของน้ำมันที่ได้ จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันที่ได้จากการสกัดโดยการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ของโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา นอกจากนี้ต้องพิจารณาค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทั้ง 2 ชนิด โดยค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอที่จุดเดือดปกติของบิวทานอลและเฮกเซนเท่ากับ 43.29 kJ/mol และ 28.85 kJ/mol ตามลำดับ ซึ่งค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอจะมีผลต่อพลังงานที่ใช้ในการสกัด

ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2 ค่า Sig.<0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิดแตกต่าง

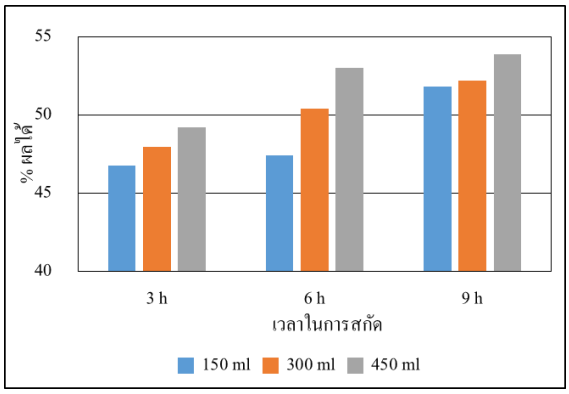
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิดด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าสถิติ F	ค่า Sig.
ระหว่างกลุ่ม	3	3027.3	109.0	15.665	0.000*
ภายในกลุ่ม	32	2061.1	64.4		
รวมทั้งหมด	35	5088.2			

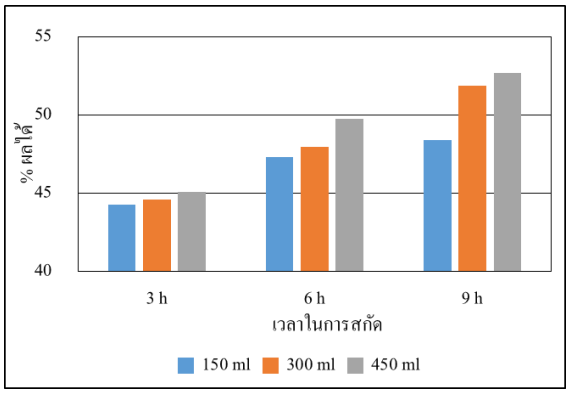
จึงทดสอบความแตกต่างรายคู่ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันเมื่อใช้เอทาทานอลเป็นตัวทำละลายมีค่าต่ำกว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % และยังพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวทำละลาย มีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ ไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ส่วนคู่อื่นๆ ไม่พบความแตกต่าง

2. ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

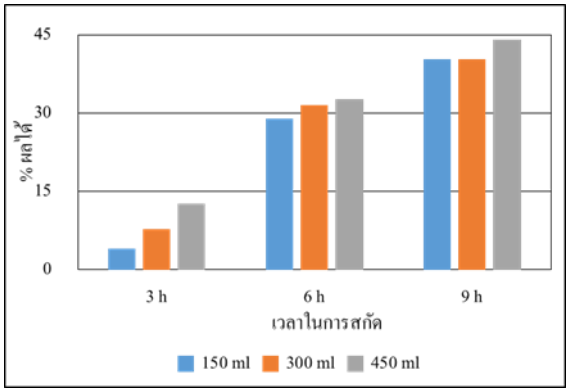
จากการทดลองเมื่อทำการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาโดยใช้เวลาในการสกัด 3, 6 และ 9 ชั่วโมงได้ผลการศึกษาดังภาพที่ 1



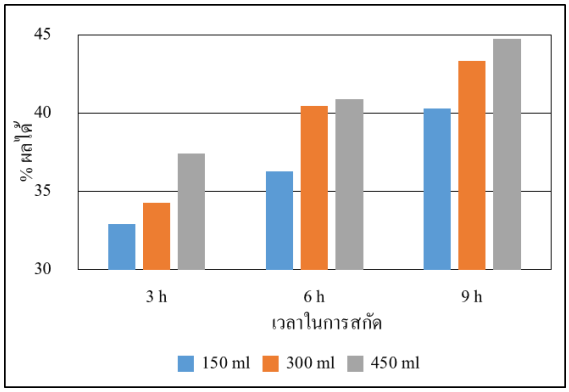
(ก) สกัดด้วยบิวทานอล



(ข) สกัดด้วยเฮกเซน



(ค) สกัดด้วยเอทานอล



(ง) สกัดด้วยไอโซโพรพานอล

ภาพที่ 1 ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

จากภาพที่ 1 พบว่าเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้น้ำมันจากถั่วดาวอินคาสูงขึ้น แต่อัตราการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์ผลได้น้ำมันมีแนวโน้มลดลงเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มจาก 6 ชั่วโมง เป็น 9 ชั่วโมง โดยอัตราการเพิ่มของผลได้น้ำมันลดลงจากเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดจาก 3 ชั่วโมง เป็น 6 ชั่วโมง อาจจะเนื่องจากช่วงแรกของการสกัดในเมล็ดถั่วดาวอินคายังมีปริมาณน้ำมันอยู่ในปริมาณมากแต่เมื่อผ่านการสกัดทำให้ปริมาณน้ำมันที่ยังคงเหลืออยู่ในเมล็ดถั่วดาวอินคาน้อยลงทำให้อัตราการเพิ่มของผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาลดลงเมื่อเพิ่มเวลาในการสกัด โดยเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย พบว่าในช่วง 3 ชั่วโมงแรกของการสกัดสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้น้อยมากที่ทุกปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย โดยมีเปอร์เซ็นต์ผลได้น้ำมันต่ำสุดอยู่ที่ 4.03 % เมื่อใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมงและใช้ปริมาตรเริ่มต้นของเอทานอล 150 มิลลิลิตร

จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้เวลาในการสกัด 3 ค่า ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่า Sig.<0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้เวลาในการสกัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

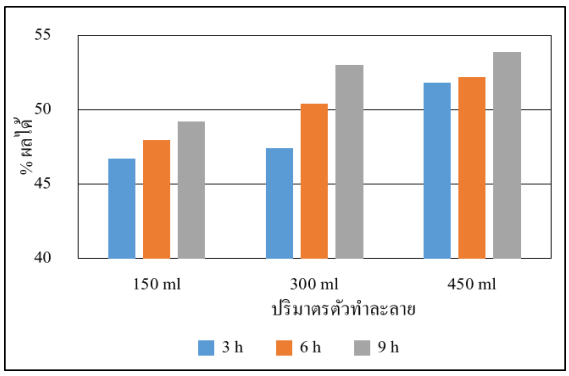
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้เวลาในการสกัดที่แตกต่างกัน 3 ค่าด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าสถิติ F	ค่า Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	987.4	493.7	3.973	0.028*
ภายในกลุ่ม	33	4200.8	124.3		
รวมทั้งหมด	35	5088.2			

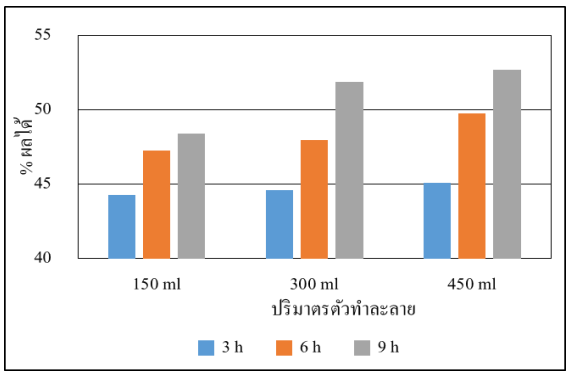
เมื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมงต่ำกว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัด 9 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมัน 95 % ส่วนคู่อื่นๆ ไม่พบความแตกต่าง

3. ผลของปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

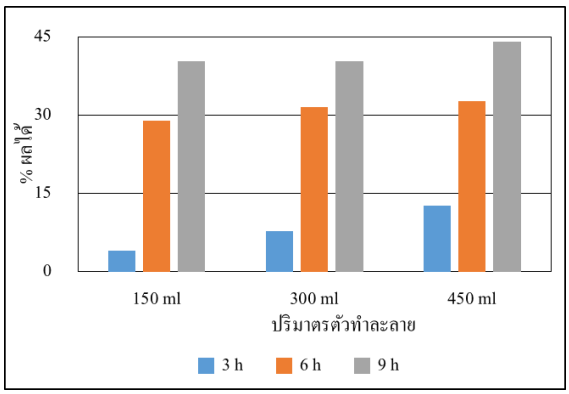
เมื่อทำการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายทั้ง 4 ชนิด จาก 150 มิลลิลิตร เป็น 300 มิลลิลิตร และ 450 มิลลิลิตร ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 2



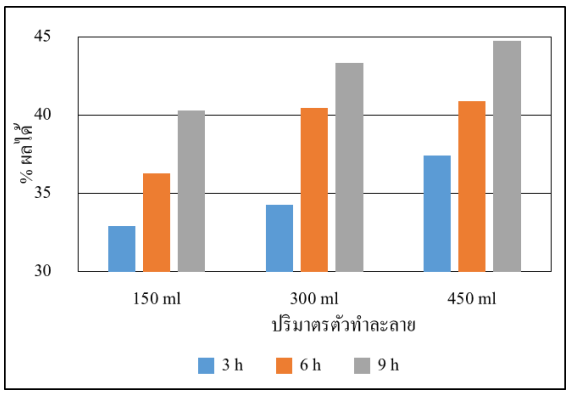
(ก) สกัดด้วยบิวทานอล



(ข) สกัดด้วยเฮกเซน



(ค) สกัดด้วยเอทานอล



(ง) สกัดด้วยไอโซโพรพานอล

ภาพที่ 2 ผลของปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

จากภาพที่ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายจะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคามีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาตรของเริ่มต้นของตัวทำละลายจะทำให้ปริมาณของไอที่อยู่ในเครื่องสกัดแบบซอกห์เลตเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้อัตราส่วนของไอที่สัมผัสกับของแข็ง(เมล็ดถั่วดาวอินคา) เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณไอที่มากขึ้นสามารถที่จะไปสกัดและละลายตัวถูกละลาย(น้ำมันในเมล็ดถั่วดาวอินคา) ได้สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันไม่มากนักเมื่อเพิ่มปริมาตรตัวทำละลาย การเพิ่มขึ้นของตัวทำละลายจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของตัวทำละลายและค่าใช้จ่ายในการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้ปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย 3 ค่า จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4 ซึ่งจากตารางที่ 2 มีค่า Sig.>0.05 ซึ่งแสดงว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา เมื่อใช้ปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายทั้ง 3 ค่า ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 3 ค่าด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

แหล่งความแปรปรวน	องศาอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าสถิติ F	ค่า Sig.
ระหว่างกลุ่ม	2	113.5	56.7	0.376	0.689*
ภายในกลุ่ม	33	4974.7	105.7		
รวมทั้งหมด	35	5088.2			

4. การหาสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา

จากการใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลโดยการตั้งสมมติฐานว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาของตัวทำละลายชนิดต่างๆ มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย โดยทำการวิเคราะห์และสร้างสมการทำนายโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด(Least square method)

สมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้บิวทานอล, เฮกเซน, เอทานอล และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย แสดงดังสมการที่ (3) ถึงสมการที่ (6) ตามลำดับ

$$Y_1 = 42.231 + 0.563t + 0.01557V \quad (3)$$

$$Y_2 = 43.557 + 0.528t + 0.00418V \quad (4)$$

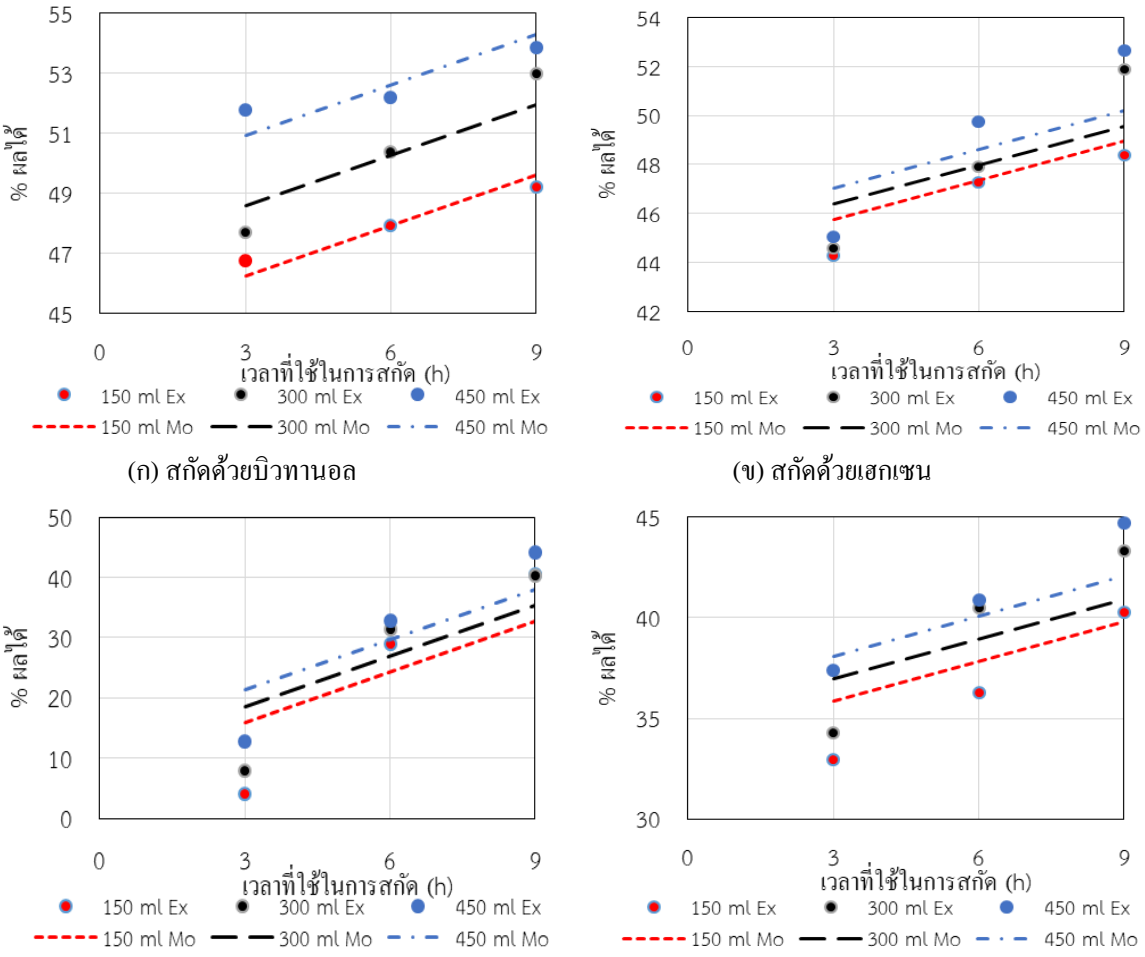
$$Y_3 = 4.847 + 2.786t + 0.01791V \quad (5)$$

$$Y_4 = 32.739 + 0.659t + 0.00752V \quad (6)$$

จากการพิจารณาค่าคงที่ของสมการทำนายเมื่อใช้ตัวทำละลายต่างๆ พบว่าแนวโน้มของค่าคงที่(a, b และ c) เมื่อใช้บิวทานอล, เฮกเซน และไอโซโพรพานอล ใกล้เคียงกัน แต่ค่าคงที่หน้าตัวแปรเวลา(ค่า b) ของสมการทำนายเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายจะสูงกว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายอื่นๆ ประมาณ 5 เท่า ซึ่งแสดงว่าตัวแปรเวลาที่ใช้ในการสกัดเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคามากกว่าเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดอื่นๆ

เมื่อนำสมการทำนายมาประมาณค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ตัวทำละลายชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองได้ผลดังภาพที่ 3 จากกราฟจะเห็นได้ว่าสมการทำนายเมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวสกัด

ให้ผลการทำนายที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากผลการทดลองทุกค่าของเวลาที่ใช้ในการสกัด ส่วนสมการทำนายเมื่อใช้ตัวทำลายอื่นๆ พบว่าสมการทำนายเมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 3 ชั่วโมงมีความคลาดเคลื่อนสูงกว่าที่เวลาอื่นๆ



(ก) สกัดด้วยบิวทานอล (ข) สกัดด้วยเฮกเซน

(ค) สกัดด้วยเอทานอล (ง) สกัดด้วยไอโซโพรพานอล

ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบผลของค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้เมื่อสมการทำนายกับผลการทดลองเมื่อใช้ตัวทำละลายต่างๆ

จากการทดสอบความแม่นยำของสมการในการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคา โดยการเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นผลได้ที่ได้จากการทดลองกับที่ได้จากการใช้สมการทำนาย พบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดสัมบูรณ์(Average of percentage absolute error) ของสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้ บิวทานอล, เฮกเซน, เอทานอล และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลาย มีค่าเท่ากับ 1.10%, 2.73%, 65.11% และ 4.59 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้บิวทานอล, เฮกเซน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายภายใต้สมมติฐานที่ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดสัมบูรณ์น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสมการทำนายเมื่อใช้ตัวทำลายทั้ง 3 ตัวดังกล่าวมีความแม่นยำ โดยสมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวละลายมีความแม่นยำมากที่สุดมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดสัมบูรณ์เพียง 1.10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในขณะที่สมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงที่สุด ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของ

น้ำมันมีความไม่เป็นเชิงเส้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลายเหมือนกับที่ตั้งสมมติฐานก่อนสร้างสมการทำนาย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการสกัดน้ำมันจากถั่วดาวอินคาโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายโดยใช้เทคนิคการสกัดแบบซอกห์เลต โดยเลือกใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ 4 ชนิด นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำลายที่แตกต่างกัน สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ตัวทำละลายที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้สูงสุดคือบิวทานอล รองลงมาคือเฮกเซน โดยค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันเมื่อสกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิดนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดจะทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันที่ได้จากถั่วดาวอินคาสูงขึ้น โดยค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันเมื่อใช้เวลาในการสกัด 9 ชั่วโมงมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัด 3 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. เมื่อเพิ่มปริมาตรของตัวทำละลายตอนเริ่มต้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันที่ได้จากถั่วดาวอินคาสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. ค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันจากถั่วดาวอินคาเมื่อค่าสูงสุดเท่ากับ 53.87 % เมื่อใช้บิวทานอลเป็นตัวทำละลาย โดยมีปริมาตรเริ่มต้น 450 มิลลิลิตรและใช้เวลาในการสกัด 9 ชั่วโมง

5. สมการทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันที่ได้จากถั่วดาวอินคาเมื่อใช้บิวทานอล, เฮกเซน และไอโซโพรพานอลเป็นตัวทำละลายภายใต้สมมติฐานว่าค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับเวลาที่ใช้ในการสกัดและปริมาตรเริ่มต้นของตัวทำละลาย สามารถทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ผลได้ของน้ำมันได้แม่นยำโดยมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์น้อยกว่า 5%

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.) ที่พิจารณามอบทุนสนับสนุนงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2560 นอกจากนี้ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ รวมทั้งระบบสาธารณูปโภคต่างๆ และอนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

อุดมวิทย์ ไวทยการ, กัญญรัตน์ จำปาทอง และ เถลิกศักดิ์ วีระวุฒิ. 2557. ดาวอินคาพืชมหัศจรรย์สุดยอดโภชนาการ. **จดหมายข่าวผลิใบ ก้าวใหม่การวิจัยและพัฒนาการเกษตร**. กรมวิชาการเกษตร.แหล่งที่มา: http://www. doa .go.th/pibai/pibai/in17/v_1-nov/rai.html, พฤศจิกายน 257.

Chiara F., Laura D., Francesco C., Marco B., Simone G., Marina D., Paola D. and Luigi M. 2011. Chemical Characterization of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) Oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 59: 13043-13049.

Gebauer S.K., Psota T.L., Harris W.S and Kris-Etherton P.M. 2006. n-3 Fatty acid dietaryrecommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits, Am. **Journal Clinical Nutrition**. 83:1526S–1535S.

Luis A. F., Carla R. P., Renato G and Fernando A. C. 2009. Supercritical CO_2 extraction of omega-3 rich oil from Sacha. **Journal of Supercritical Fluids** 49: 323–329.

Ramaprasad T. R. , Srinivasanb K. , et al. . 2006. Spray-driedmilk supplemented with α-linolenic acid and eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid decreases HMG Co. A reductase activity and increases biliary secretion of lipids in rats. **Steroids Journal** 71:409–415.

Triana M., Torijano G. and Giraldo E. 2017. Supercritical CO_2 extraction of oil and omega-3 concentrate from Sacha inchi (Plukenetia volubilis L.) from Antioquia, Colombia. **Grasas Aceites Journal** 68 (1):121-131.

การศึกษาเชิงทดสอบสมรรถนะการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิค

Experimental Study on Performance of solar ethanol distillation using ultrasonic waves

จารุวัฒน์ เจริญจิต[1*] และ วสันต์ จีนธาดา[1]

Jaruwat Jareanjit[*] and Wasan Jeentada

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเชิงทดสอบการใช้คลื่นอัลตราโซนิคในการกลั่นสารละลายเอทานอล โดยทดสอบสมรรถนะจากผลของการใช้คลื่นอัลตราโซนิคความถี่ 0 kHz และ40 kHz ติดตั้งบริเวณท่อทางเข้าถังกลั่นเอทานอลในกระบวนการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบกะ (batch) โดยหมุนเวียนสารละลายเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ปริมาตร 20 liter ผ่านหัวกระจายสารละลายเอทานอลที่ติดตั้งส่วนบนในถังกลั่น เทียบกับระบบปกติ (evap) จากการทดสอบ พบว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิคที่ย่านความถี่ 40 kHz มีประสิทธิภาพการแยกสูงสุด 47, 46 และ35% สามารถแยกเอทานอลออกจากสารละลายผ่านกระบวนการกลั่นคิดเทียบเท่าปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้ต่อกะ (batch) สูงกว่าไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz และระบบปกติ (evap) ตามลำดับ

คำสำคัญ : การกลั่นเอทานอล, คลื่นอัลตราโซนิค, การกลั่นด้วยรังสีอาทิตย์

---

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา 900000

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla 90000, Thailand.

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : j.jaruwat@gmail.com

ABSTRACT

This experimental research was to test of ultrasonic waves in solar ethanol distillation to investigate the performance of ultrasonic waves at frequencies of 0 kHz and 40 kHz that were installed in the inlet area of a distillation tank that operated in non-continuous distillation process (batch distillation). The circulation of 20-liter ethanol solution was performed with the initial concentrations of 10, 40 and 70%v/v thrs.ough an ethanol nozzle, installed at the top of the distillation tank compare with normal system (evap). The experiment demonstrated that using ultrasonic waves 40 kHz able to higher enhance the separation efficiency 47, 46 and 35%. The amount of pure ethanol product from each distilled batch was clearly greater than the amount of product obtained from frequencies of 0 kHz and normal system (evap) respectively.

Keyword: Ethanol distillation, Ultrasonic wave, Solar distillation

บทนำ

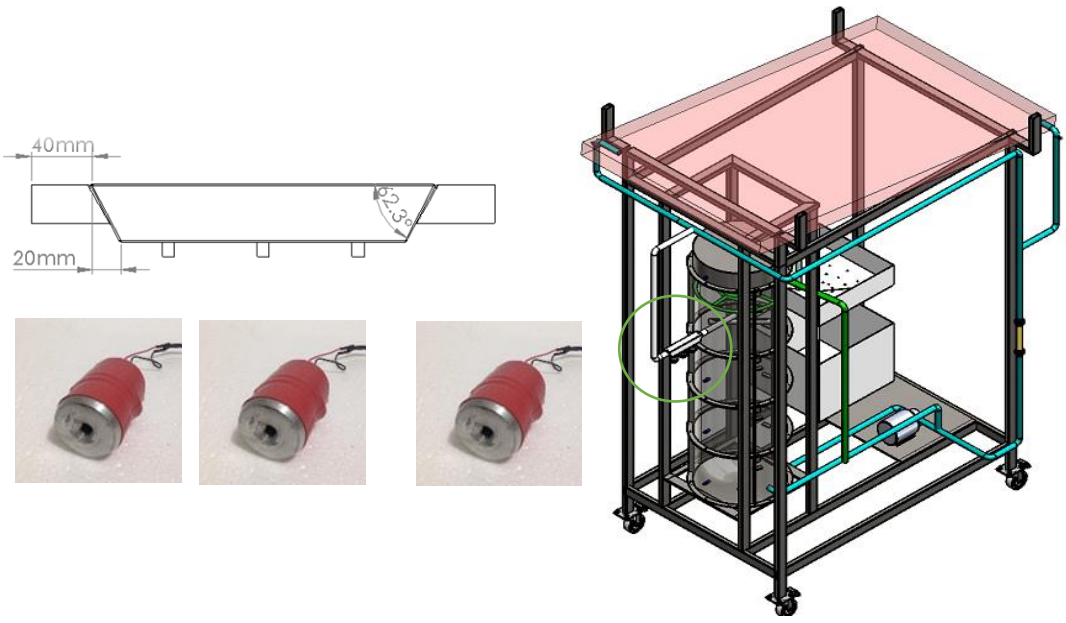
จากปัญหาการขาดแคลนพลังงาน และสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน แนวทางการแก้ไขปัญหาระยะยาวในระดับนานาชาติมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนรูปแบบต่างๆ มากขึ้น สำหรับในประเทศไทยกระทรวงพลังงานได้วางแผนการพัฒนาพลังงานทดแทน และพลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้น 25% ใน 10 ปี (ปี 2555-2564) โดยหนึ่งในแผนที่ใช้คือกำหนดเป้าหมายการใช้เอทานอลซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบทางการเกษตรในประเทศ ดังนั้นการพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลจึงเป็นงานที่น่าสนใจและสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงพลังงาน โดยทั่วไปการกลั่นแบบลำดับส่วน (Fractional distillation) ในการเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลจาก 9-10 %v/v ไปเป็น 93-95 %v/v เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนได้นั้น ต้องใช้พลังงานความร้อนจำนวนมาก ซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาการนำรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานหมุนเวียน และสะอาดมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการกลั่นเอทานอลแบบไม่ต่อเนื่อง (Vorayos *et al*., 2006; Siangsukone *et al*. 2008; Jareanjit *et al*., 2009) และมีการพัฒนาการใช้ถาดระเหย และหัวกระจายสารละลายในถังกลั่นให้มีพื้นที่ระเหยในแนวดิ่งมากขึ้น (Jareanjit และBoonyanuwat, 2016; Jareanjit และBoonyanuwat, 2017) แต่กระบวนการกลั่นด้วยรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำกว่าความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรม ส่งผลให้ต้องทำการกลั่นซ้ำหลายครั้งจึงจะได้ความเข้มข้นที่ต้องการ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นในการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้รังสีอาทิตย์ให้มีความเข้มข้นสูงมากกว่าการกลั่นด้วยวิธีการปกติจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยคณะผู้วิจัยพบว่าเทคโนโลยีคลื่นอัลตราโซนิคเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ ในการพัฒนาระบบดังกล่าวได้ โดยงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิคสามารถประยุกต์ใช้ในลดการใช้พลังงานและการเพิ่มประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมต่างๆ (Leonelli และ Mason, 2010; Yao, 2010) ช่วงความถี่ 20 – 40 kHz ทำให้ของเหลวเกิดการแตกตัวและเกิดฟองอากาศขึ้น จากปรากฏการณ์ Cavitation ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติทางกล และทางเคมีของสสาร มีการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดสารต่างๆ (Li *et al*., 2014) โดยเฉพาะการใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือก (Badday *et al*., 2013; Ramachandran *et a*l., 2013; Luo *et al*., 2014) สามารถช่วยลดระยะเวลาของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่น (Transesterification) โดยการเร่งความเร็วของตัวทำละลายทำให้พื้นที่แลกเปลี่ยนระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น (Colucci *et al*. 2005; Ren *et al*., 2010; Kumar *et al*., 2014) นอกจากนี้ Yasuda *et al*. (2014) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแยกเอทานอลจากสารละลายที่ผสมน้ำที่ความเข้มข้นต่ำ โดยใช้ไอฟองอากาศขนาดเล็ก (Micro-droplet) ที่เกิดจากอัลตราโซนิคอะตอมไมเซอร์ความถี่สูง (Ultrasonic atomizer) ผลที่ได้สาระลายเอทานอลมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kirpalani และ Suzuki, (2011) ที่ใช้เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายเอทานอล โดยการควบแน่นละอองหมอกเอทานอล-น้ำ ที่ผลิตจากจากอัลตราโซนิคความถี่สูง 2.4 MHz ในกระบวนการแยกเอทานอล-น้ำแบบต่อเนื่อง ที่อุณหภูมิต่ำ 10°C, 24°C จากปรากฏการณ์ Cavitation ตามลำดับ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะทดสอบการใช้คลื่นอัลตราโซนิคซึ่งติดตั้งบริเวณท่อทางเข้าถังกลั่นเอทานอลผ่านหัวกระจายสารละลายเอทานอลที่ติดตั้งส่วนบนในถังกลั่นที่พัฒนา (Jareanjit และBoonyanuwat, 2017) ในการเพิ่มสมรรถนะการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์กรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz และใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz เทียบกับระบบปกติ (evap) ที่สภาวะเดียวกัน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ชุดทดลอง

ชุดทดลองประกอบด้วยถังกลั่นเอทานอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 cm สูง 160 cm ความจุ 40 liter โดยมีส่วนระเหยและควบแน่นอยู่ในชุดเดียวกัน บริเวณส่วนกลางระหว่างส่วนระเหยและควบแน่นจะติดตั้งกรวยรับของเหลวควบแน่นออกจากระบบ ถัดลงมาจะติดตั้งหัวกระจายสารละลายเอทานอล สำหรับเพิ่มพื้นที่การทำระเหยในแนวดิ่งให้มากขึ้น โดยไหลตกลงผ่านสู่ถังเก็บด้านล่าง และหมุนวนสารทำงานจากส่วนล่างของถังกลั่นไปที่หัวกระจายสารละลายหมุนวนเป็นวัฏจักร ติดตั้งหัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิค (Ultrasonic transducer) ขนาด 100 W จำนวน 3 หัว บริเวณท่อทางเข้าถังกลั่นเอทานอลหัวกระจายสารละลาย ขับโดย Ultrasonic generator รุ่น AKHGZ – 38630 ติดตั้งขดลวดไฟฟ้าขนาด 2000 W ซึ่งแช่ในสารละลายเอทานอลเป็นแหล่งความร้อน เพื่อจำลองสถานการณ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ใช้ปั๊มหมุนเวียนสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆ เป็นสารทำงานในระบบ ในกระบวนการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง (batch) ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 1 วัดค่าโดยโรตามิเตอร์ ตามลำดับ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat Plate Solar Collector) ขนาดพื้นที่รับรังสี 1.95 m^2 ติดตั้งหันหน้าไปทางทิศใต้เอียงทำมุม 7 องศากับแนวระดับ (ตามตำแหน่งละติจูดที่ติดตั้ง) เป็นแหล่งให้ความร้อนแก่สารละลาย กรณีทดสอบด้วยรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 1 ท่อสำหรับติดหัว Ultrasonic transducer ความถี่ 40 kHz ด้าน Size view และแนวคิดระบบกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิค (Jareanjit และBoonyanuwat, 2017)

2. วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบการใช้คลื่นอัลตราโซนิคซึ่งติดตั้งบริเวณท่อบริเวณก่อนเข้าหัวกระจายสารละลาย เอทานอล ในการเพิ่มสมรรถนะการกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ เทียบกับระบบปกติ (evap) ที่สภาวะเดียวกัน โดยหมุนวนสารละลายปริมาณ 20 liter ในถังกลั่น ที่อัตราการไหล 9 lit/min ผ่านหัวกระจายสารละลายเอทานอลที่ติดตั้งส่วนบนในถังกลั่น (Jareanjit และBoonyanuwat, 2017) ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v โดยพิจารณาสมรรถนะในส่วนของความเข้มข้น

ปริมาณการกลั่น ประสิทธิภาพการแยกและค่าสมรรถนะ ตามลำดับ ดำเนินการทดสอบเปรียบเทียบที่สภาวะเดียวกัน โดยใช้ขดลวดไฟฟ้าขนาด 2000 W ทดแทนความร้อนรังสีอาทิตย์ โดยตั้งอุณหภูมิ 70°C ช่วงเวลาที่ใช้ในการทดลอง 3hrs. โดยเปิดเครื่องอัลตร้าโซนิคในชั่วโมงที่ 2-3 ตามลำดับ วัดอุณหภูมิภายในระบบที่ตำแหน่งต่าง ๆ คือ อุณหภูมิสารละลาย (Ts) อุณหภูมิในถังกลั่นตำแหน่งที่ 1,2,3 (T1, T2,T3) อุณหภูมิสารละลายออกจากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Tco) อุณหภูมิสารละลายเข้าตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (Tci) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (Tc) อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นในถังขนาด 80 liter (Tw) และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Ta) ด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีความละเอียด +/-0.5°C บันทึกข้อมูลอุณหภูมิการทดลอง ทุกๆ 1 min โดยใช้ Data logger (Yokogawa) Model MW 2000 วัดปริมาณการกลั่น และความเข้มข้นที่ช่วงเวลา 1 hr. ด้วยกระบอกตวงและไฮโดรมิเตอร์ เพื่อนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบสมรรถนะการกลั่นที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ 3 กรณี คือการหมุนวนสารละลายเอทานอลผ่านหัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิคและหัวกระจายสารละลาย กรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz และใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz เทียบกับระบบปกติ (evap) ที่ไอผสมระเหยจากผิวระเหยส่วนล่างของถังกลั่น สำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงระบบอื่นที่มีลักษณะเหมือนกันมากที่สุด ที่สภาวะเดียวกัน เพื่อหากรณีที่มีสมรรถนะสูงสุด ไปทดสอบด้วยรังสีอาทิตย์ต่อไป ซึ่งจะดำเนินการทดสอบในช่วงเวลา (9:00–15:00) น. เป็นเวลา 6 hrs. โดยใช้คลื่นคลื่นอัลตราโซนิคในช่วงเวลา 11.00–14.00 น. เป็นเวลา 3 hrs. ทำการวัดค่ารังสีอาทิตย์ด้วย Pyranometer (Kipp & Zonen) Model CM11B ความละเอียด +/-2 W/m^2

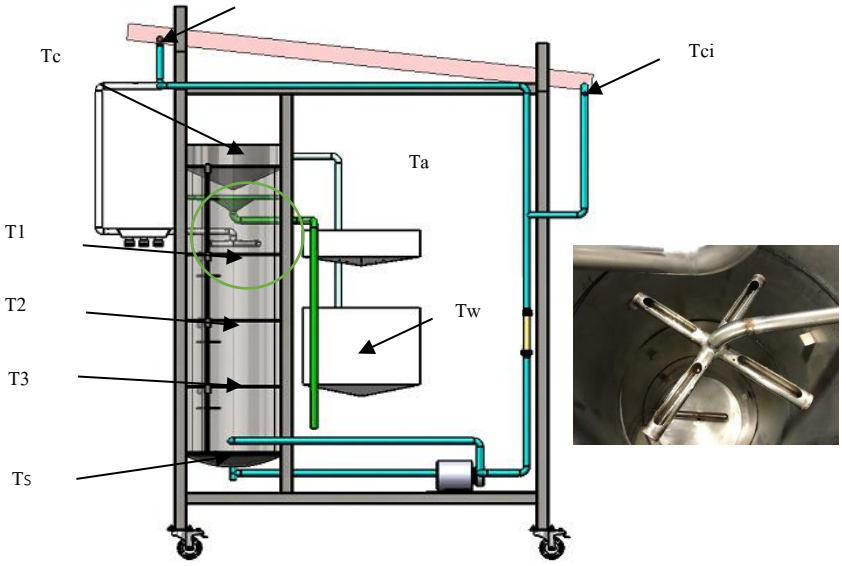
โดยที่ประสิทธิภาพการแยก (Separation Efficiency) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้ (ml) เทียบกับปริมาณปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์เริ่มต้น (ml) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Separation = \frac{m_{e(product)}}{m_{e(initial)}} \quad (1)$$

โดยที่ค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นของการกลั่นเอทานอล (Performance) เป็นอัตราส่วนระหว่างส่วนต่างของปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้จากระบบใหม่กับปริมาณปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้จากระบบเดิม (ml) เทียบกับปริมาณปริมาณเอทานอลบริสุทธิ์ที่กลั่นได้จากระบบเดิม (ml) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\varepsilon_{system} = \frac{m_{e(new)} - m_{e(normal)}}{m_{e(normal)}} \quad (2)$$

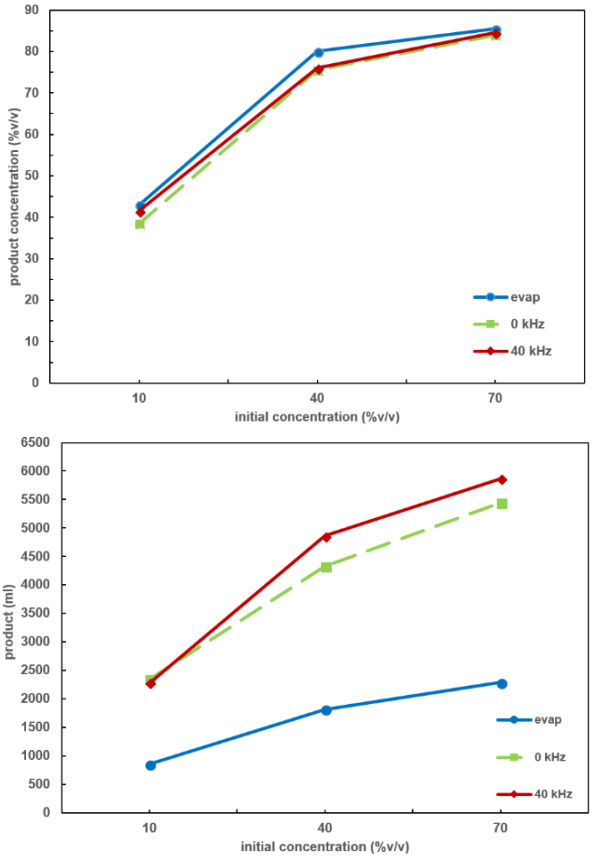
Tco



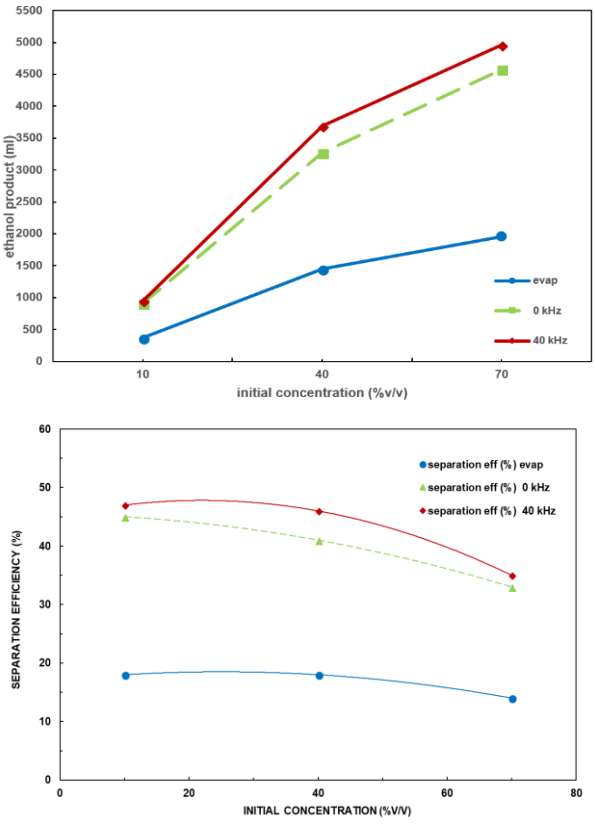
ภาพที่ 2 รายละเอียดตำแหน่งวัดอุณหภูมิต่างๆ และหัวกระจายสารละลาย ในระบบกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิค

ผลและวิจารณ์ผล

การทดสอบสมรรถนะการกลั่นสารละลายเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ที่อัตราการไหล 9 lit/min เป็นค่าคงที่ในการทดสอบปัจจัยของการใช้คลื่นอัลตราโซนิค 40 kHz และไม่ใช้ หรือ 0 kHz ต่อสมรรถนะการกลั่นสารละลายที่อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 27-32°C ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ แปรผันตามความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าอย่างช้าๆ จากการสะสมความร้อนของสารละลายเอทานอล โดยอุณหภูมิสารละลายในถัง (T_S) อยู่ที่ประมาณ 68-70°C ตามที่ตั้งอุณหภูมิไว้ โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (T_C) และอุณหภูมิถังเก็บน้ำ (T_W) อยู่ที่ 28-40°C ในช่วงเวลา 180 นาที เนื่องจากรับความร้อนจากผิวควบแน่นในถังกลั่น ตามลำดับ



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นและปริมาณสารละลายที่กลั่นได้ ต่อความเข้มข้นเริ่มต้น ที่กรณีศึกษาต่าง ๆ



ภาพที่ 4 ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้และประสิทธิภาพการแยกต่อความเข้มข้นเริ่มต้น ที่กรณีศึกษาต่าง ๆ

จากภาพที่ 3 และ 4 พบว่าความเข้มข้นและปริมาณสารละลาย เอทานอลที่กลั่นได้แปรผันตามความเข้มข้นเริ่มต้น โดยกราฟแสดงความชันสูงที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 40%v/v ในขณะที่ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้ เมื่อเปรียบเทียบทุกกรณี พบว่าที่ย่านความถี่ 40 kHz มีค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ใกล้เคียงกัน แต่มีปริมาณสารละลายที่กลั่นได้สูงกว่าในทุกๆ ความเข้มข้นเริ่มต้น ส่งผลให้ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้สูงกว่าแตกต่างอย่างชัดเจน ในการกลั่นเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 40%v/v ขึ้นไป โดยแปรผันตามความถี่ที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการกลั่นเอทานอลความเข้มข้นเริ่มต้น 10%v/v ซึ่งไม่แสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน พิจารณาว่าการติดตั้งหัวปล่อยคลื่นอัลตราโซนิค (Ultrasonic transducer) บริเวณท่อทางเข้าถังกลั่นเอทานอลหัวกระจายสารละลาย เป็นปัจจัยของการเพิ่มสมรรถนะการกลั่นสารละลายเอทานอลเทียบกับระบบปกติกรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิค

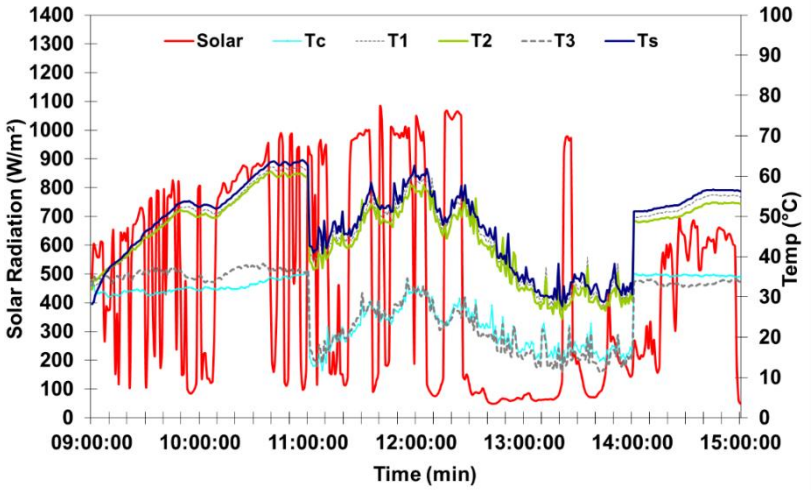
จากภาพที่ 4 แนวโน้มของประสิทธิภาพการแยก (Separation Efficiency) เทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น โดยที่การกลั่นเอทานอลร่วมคลื่นอัลตราโซนิคเทียบกับระบบปกติ มีแนวโน้มสูงกว่าชัดเจนที่ความเข้มข้นเริ่มต้น ต่ำกว่า 50%v/v ดังนั้นคลื่นอัลตราโซนิคมีอิทธิพลต่อการแยกเอทานอลของจากสารผสม มากที่สุดในส่วนของความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำ 10%v/v และ 40%v/v แปรผันตามค่าความถี่ที่เพิ่มขึ้น ตามลำดับ หลังจากนั้นประสิทธิภาพการแยกมีค่าต่ำลง โดยกรณีใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz มีประสิทธิภาพการแยกสูงสุดประมาณ 47, 46 และ 35% ตามมาด้วยกรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz มีประสิทธิภาพการแยกสูงสุดประมาณ 45, 41 และ 33% ในขณะที่ระบบปกติ มีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 18, 18 และ 14% ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ตามลำดับ นอกจากนี้พิจารณาได้ว่าการติดตั้งหัวกระจายสารละลายเอทานอลที่ติดตั้งส่วนบนในถังกลั่น สามารถเพิ่มพื้นที่ระเหยในแนวดิ่ง โดยแปรผันตามระยะห่างระหว่างจุดกระจายสารละลายเอทานอล ส่วนบนสุดกับผิวระเหยของสารละลายเอทานอลส่วนล่าง โดยมีความดันตกคร่อมในระบบต่ำกว่า ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถพัฒนาถังกลั่นที่มีประสิทธิภาพ สำหรับระบบกลั่นเมทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป

ตารางที่ 1 สมรรถนะการกลั่น และค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น (Performance) กรณีศึกษาต่าง ๆ

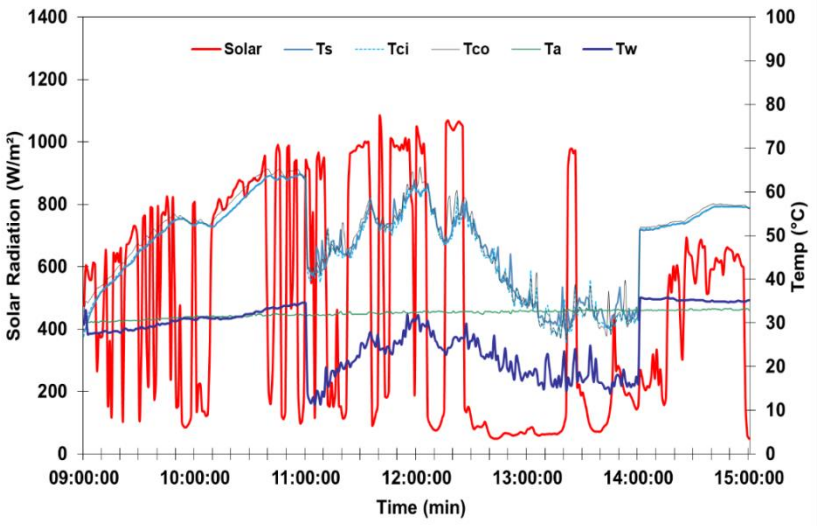
case: evap				
initial (%v/v)	product (%v/v)	product vol. (ml)	ethanol (ml)	performance
10	43	855	368	-
40	80	1812	1449	-
70	86	2286	1955	-
case: ultrasonic 0 kHz				
initial (%v/v)	product (%v/v)	product vol. (ml)	ethanol (ml)	performance
10	39	2348	904	1.46
40	76	4332	3292	1.27
70	84	5448	4576	1.34
case: ultrasonic 40 kHz				
initial (%v/v)	product (%v/v)	product vol. (ml)	ethanol (ml)	performance
10	42	2283	947	1.58
40	76	4857	3691	1.55
70	85	5868	4958	1.54

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าระบบกลั่นกรณีศึกษาที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz มีค่าสมรรถนะการกลั่น และค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น (Performance) สูงสุด ตามมาด้วยกรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ ย่านความถี่ 0 kHz ตามลำดับ ในทุกๆ ความเข้มข้นเริ่มต้น โดยค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับระบบปกติ (evap) พบว่ากรณีใช้ย่านความถี่ 40 kHz มีค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.58, 1.55 และ1.54 เท่า ในขณะที่กรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz มีค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 1.46, 1.27 และ1.34 เท่า เมื่อเทียบกับระบบปกติ (evap)ในถังกลั่นที่ไม่ได้ปรับปรุง ในการกลั่นเอทานอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ตามลำดับ จึงพิจารณาได้ว่าในการกลั่นเอทานอลนอกเหนือจากอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิจุดเดือดที่ต่างกันของสารละลาย 2 ชนิด และการออกแบบถังกลั่นที่เพิ่มพื้นที่การระเหย สามารถใช้คลื่นอัลตราโซนิคความถี่ดังกล่าวทำให้แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคต่ำลง หรือช่วยเร่งการแยกพันธะไฮโดรเจนของสารผสม เอทานอล-น้ำ ประกอบกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลความตึงผิวของสารละลายต่ำลงสสารจึงระเหยได้มากขึ้น นอกจากนี้ (Cavitation) ส่งผลให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็ก (Micro-droplet) ของเอทานอล และไอน้ำ โดยเฉพาะเอทานอล ที่มีความดันไอสูงกว่า สามารถระเหยแยกตัวออกจากสารละลายเอทานอล-น้ำอย่างชัดเจน โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นเริ่มต้นต่ำกว่า 50%v/v ลงมา

โดยเลือกความเข้มข้นเริ่มต้น 40%v/v เพื่อทดสอบสมรรถนะการกลั่นสารละลายเอทานอลด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ เนื่องจากสามารถเพิ่มความเข้มข้นได้สูงกว่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10%v/v และ70%v/v มีความสะอาดเพียงพอที่จะใช้เป็นสารทำงาน โดยไม่เกิดการอุดตันในระบบเมื่อเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น 10%v/v ในทางปฏิบัติซึ่งเป็นน้ำส่าที่เกิดจากการหมักวัตถุดิบทางการเกษตร ทดสอบกรณีใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz ที่ค่าสมรรถนะ (Performance) 1.55 แสดงผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 5 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบกลั่นสารละลายเอทานอลด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ (40 kHz)



ภาพที่ 6 ค่ารังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิต่าง ๆ ในระบบกลั่นสารละลายเอทานอลด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ (40 kHz)

จากภาพที่ 5 และ 6 พบว่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ที่อัตราการไหลสารทำงาน 9 lit/min แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์อย่างช้าๆ จากการสะสมความร้อนของสารละลายเอทานอลเข้มข้นเริ่มต้น 40%v/v โดยอุณหภูมิสารละลายในถัง T_S อยู่ที่ประมาณ 68-70°C แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ โดยอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (T_C) และอุณหภูมิถังเก็บน้ำ (T_W) อยู่ที่ 28-45°C ในช่วงเวลา 6 hrs. เนื่องจากรับความร้อนจากผิวควบแน่นในถังกลั่น ในขณะที่ในช่วงเวลา 11.00 – 14.00 น. เป็นเวลา 3 hrs. อุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยลดลงประมาณ 20°C คงที่ จากค่าที่ควรจะวัดได้ปกติ พิจารณาว่าเป็นอิทธิพลของคลื่นอัลตราโซนิคที่ทำงานในช่วงเวลาดังกล่าวส่งผลต่อระบบสายสัญญาณที่ต่อไปยังเครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามไม่ส่งผลกระทบต่อการวัดค่าปริมาณการกลั่นในระบบกลั่น

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของเอทานอลที่สามารถกลั่นได้โดยใช้รังสีอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆของการทดลองในการทดลองผสมเอทานอล 40%v/v (40 kHz)

Ethanol 40%v/v (40 kHz)			
(Electrical Energy = 1.7 kWh to 09:00-15:00)			
Time	Product (ml)	Concentration (%v/v)	Ethanol (ml)
9:00-10:00	350	74.00	259.00
10:00-11:00	976	79.00	771.04
11:00-12:00	1269	76.00	964.44
12:00-13:00	1029	74.00	761.46
13:00-14:00	319	66.00	210.54
14:00-15:00	472	68.00	320.96
	4415	74.00	3267.10

ในขณะที่ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารละลายที่กลั่นได้ และความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้ ในระบบกลั่นสารละลายเอทานอลด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ พบว่าปริมาณสารละลายที่กลั่นได้รายชั่วโมง แปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์ ในขณะที่ความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้รายชั่วโมงค่อนข้างคงที่ และต่ำลงตามปริมาณเอทานอลที่เหลืออยู่ในสารละลายเริ่มต้น ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดในกระบวนการกลั่นแบบไม่ต่อเนื่อง (batch distillation) ตามลำดับ โดยที่ค่ารังสีอาทิตย์ดังกล่าวระบบมีสมรรถนะในการกลั่นสารละลายเอทานอลทั้งสิ้น 4,415 ml หรือ 2,264 ml/m^2 ที่ความเข้มข้นรวม 74%v/v ในช่วงเวลา 09:00-15:00 น. โดยปริมาณการกลั่นแปรผันตามค่ารังสีอาทิตย์

สรุปผลการวิจัย

การติดตั้งหัวกระจายสารละลายเอทานอลในถังกลั่น เป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มสมรรถนะการกลั่นเอทานอล โดยระบบหมุนวนที่อัตราการไหล 9 lit/min ผ่านหัวกระจายสารละลายเอทานอล เมื่อเทียบกับระบบปกติ (evap) ที่ไอระเหยจากผิวสารละลายเอทานอล ตามลำดับ ในขณะที่คลื่นอัลตราโซนิค (Ultrasonic transducer) เป็นปัจจัยหลักในการเพิ่มสมรรถนะการกลั่นเอทานอลแบบไม่ต่อเนื่อง ในการสร้างปรากฏการณ์ Cavitation ผ่านหัวกระจายสารละลายเอทานอล ในเร่งการแยกพันธะไฮโดรเจนของสารผสมเอทานอล-น้ำส่งผลให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทมวลสาร (mass transfer) สูงขึ้น โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของเอทานอล และปริมาณสารละลายที่กลั่นได้สูงกว่าระบบปกติ (evap) ในทุกๆ ความเข้มข้นเริ่มต้น ส่งผลให้ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้สูงกว่า โดยกรณีใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz มีประสิทธิภาพการแยกสูงสุดประมาณ 47, 46 และ 35% และกรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz มีประสิทธิภาพการแยกสูงสุดประมาณ 45, 41 และ 33% ในขณะที่ระบบปกติ (evap) มีประสิทธิภาพการแยกประมาณ 18, 18 และ 14% ที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ตามลำดับ

กรณีใช้ย่านความถี่ 40 kHz มีค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.58, 1.55 และ 1.54 เท่า ในขณะที่กรณีไม่ใช้คลื่นอัลตราโซนิคหรือ 0 kHz มีค่าสมรรถนะที่เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 1.46, 1.27 และ1.34 เท่า เมื่อเทียบกับระบบปกติ (evap)ในถังกลั่นที่ไม่ได้ปรับปรุง ในการกลั่นเอทานอลที่ความเข้มข้นเริ่มต้น 10, 40 และ70%v/v ตามลำดับ ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถพัฒนาถังกลั่นที่มีประสิทธิภาพ สำหรับระบบกลั่นเอทานอลด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเสริมกระบวนการผลิตต่อไป โดยเลือกความเข้มข้นเริ่มต้น 40%v/v และใช้คลื่นอัลตราโซนิคย่านความถี่ 40 kHz ติดตั้งบริเวณท่อบริเวณก่อนเข้าหัวกระจายสารละลายเอทานอล เพื่อนำไปทดสอบสมรรถนะการกลั่นสารละลายเอทานอล

ด้วยความร้อนรังสีอาทิตย์ เนื่องจากสามารถเพิ่มความเข้มข้นได้สูงกว่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10%v/v และ70%v/v มีความสะอาดเพียงพอที่จะใช้เป็นสารทำงาน โดยไม่เกิดการอุดตันในระบบเมื่อเทียบกับความเข้มข้นเริ่มต้น 10%v/v ในทางปฏิบัติซึ่งเป็นน้ำส่าที่เกิดจากการหมักวัตถุดิบทางการเกษตร และทดแทนการกลั่นในถังกลั่นแบบลำดับส่วน เพื่อเพิ่มความเข้มข้นเนื่องจากความดันตกคร่อมในระบบต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และทุนสนับสนุนงานวิจัย จากโครงการวิจัยเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2561

เอกสารอ้างอิง

Badday, A.S, Abdullah, A.Z. and Lee, K.T. 2013. Optimization of biodiesel production process from Jatropha oil using supported heteropolyacid catalyst and assisted by ultrasonic energy. **Renewable Energy** 50: 427-432.

Colucci, J., Borrero, E. and Alape, F. 2005. Biodiesel from an alkaline transesterification reaction of soybean oil using ultrasonic mixing. **Journal of the American Oil Chemists Society** 82: 525–530.

Jareanjit, J., Siangsukone, P., Therdyothin, A., Tia, W., Wongwailikhit, K. and Tiansuwan, J. 2009. Modification of Thai Local Brewery Tank for a Large Scale Solar Ethanol Distillation Plant. *In* **Proceedings of the International Workshop on Advanced Material for New and Renewable Energy 2009**. Jakarta, Indonesia.

Jareanjit, J. and Boonyanuwat, S. 2016. Experimental Study on Performance of water evaporation from Methyl Esters-Water Mixture by Open Evaporation Trays for Dryer Bio Diesel Process by Solar Energy. *In* **15th CMU Annual Conference on Heat & Mass Transfer 2016**. Surat thani, Thailand.

Jareanjit, J. and Boonyanuwat, S. 2017. Study on Operating Factors of Evaporation Trays for Increasing Ethanol Concentration in Solar Distiller. *In* **16th CMU Annual Conference on Heat & Mass Transfer 2017**. Chiang mai, Thailand.

Kirpalani, D.M. and Suzuki, K. 2011. Ethanol enrichment from ethanol–water mixtures using high frequency ultrasonic atomization. **Ultrasonics Sonochemistry** 8: 1012–1017.

Kumar, G., Kumar, D. and Johari, R. 2014. Time reducing process for biofuel production from non-edible oil assisted by ultrasonication. **Ultrasonics Sonochemistry** 21: 1618–1623.

Leonelli, C. and Mason, T.J. 2010. Review Microwave and ultrasonic processing: Now a realistic option for industry. **Chemical Engineering and Processing** 49: 885–900.

Li, M., Ngadi, O.M. and Ma, Y. 2014. Optimisation of pulsed ultrasonic and microwave-assisted extraction for curcuminoids by response surface methodology and kinetic study. **Food Chemistry** 165: 29–34.

Luo, J., Fang, Z. and Smith, R.L. 2014. Review Ultrasound-enhanced conversion of biomass to biofuels. **Progress in Energy and Combustion Science** 41: 56-93.

Ramachandran, K., Suganya, T., Gandhi, N.N. and Renganathan, S. 2013. Recent developments for biodiesel production by ultrasonic assist transesterification using different heterogeneous catalyst: *A review*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 22: 410-418.

Ren, Q.G, Yan, J., Huang, G.H., Qiu, T.Q., Yang, R.F. and Fan, X.D. 2010. Nano KF/Al_2O_3 catalyzed transesterification of soybean oil for biodiesel production by using ultrasonic irradiation. **Journal of Central South University (Science Technology)** 41: 883–889.

Siangsukone, P., Jareanjit, J., Therdyothin, A., Tia, W., Wongwailikhit, K. and Tiansuwan, J. 2008. The Development of Solar Ethanol Distillation for Thai Local Community. *In* **Proceedings of The 8th Asean Science and Technology Week Scientific and Technical Conferences 2008**. Pasay City, Philippines.

Vorayos, N., Kiatsiriroat, T. and Vorayos, N. 2006. Performance analysis of solar ethanol distillation. **Renewable Energy** 31: 2543–2554.

Yao, Y. 2010. Using power ultrasound for the regeneration of dehumidizers in desiccant air-conditioning systems: A review of prospective studies and unexplored issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 14: 1860–1873.

Yasuda, K., Mochida, K., Asakura, Y. and Koda, S. 2014. Separation characteristics of alcohol from aqueous solution by ultrasonic atomization. **Ultrasonics Sonochemistry** 21(6): 2026-2031.

ไพโรไลซิสองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว

Pyrolysis for Various Part of Coconut Tree

ยรรยง สุขคล้าย[1*]

Yanyong Sookklay[1*]

บทคัดย่อ

พลังงานคือปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งพลังงานหลักแต่มีปริมาณจำกัด และก่อให้เกิดมลพิษเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อน ชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สามารถนำมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ ประเทศไทยเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่มีวัตถุดิบชีวมวลหลายชนิด หนึ่งในนั้นคือชีวมวลจากมะพร้าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส วัสดุชีวมวลเหลือใช้จากองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว ได้แก่ ทางมะพร้าว กะลามะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว กากมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว ศึกษาคุณสมบัติทางความร้อน โดยสร้างสมการทำนายค่าพลังงานความร้อนสูง (HHV) จากองค์ประกอบโดยประมาณด้วยค่าสารระเหย (VM) ความชื้น (M) คาร์บอนคงตัว (FC) และเถ้า (Ash) ของวัตถุดิบองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว การไพโรไลซิสใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงแบบท่อ (Tube Furnace) อัตราการไหลของแก๊สไนโตรเจน 100 cm^3/min อุณหภูมิ 450 °C เวลา 2 ชั่วโมง และอัตราการให้ความร้อน 10 °C/min จากการศึกษาพบว่า คุณสมบัติเชื้อเพลิงก่อนไพโรไลซิสของวัสดุชีวมวลทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว มีปริมาณคาร์บอนคงตัวและปริมาณสารระเหยที่ใกล้เคียงกันประมาณ 23 %โดยน้ำหนัก และ 65 %โดยน้ำหนักตามลำดับ เหมาะแก่การนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณสารระเหยพบว่า กากมะพร้าวมีปริมาณมากที่สุดที่ 82.81 %โดยน้ำหนัก เหมาะแก่การนำมาเป็นน้ำมันชีวภาพ และเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์หลังจากการไพโรไลซิสพบว่า กะลามะพร้าวและกากมะพร้าวเหมาะแก่การนำมาผลิตถ่านชีวภาพ เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงถึง 60 %โดยน้ำหนัก และมีปริมาณเถ้าน้อยอยู่ในช่วง 2-6 %โดยน้ำหนัก และในส่วนของการสร้างสมการทำนายค่าความร้อนของวัตถุดิบจากองค์ประกอบโดยประมาณขององค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว พบว่า สมการดังกล่าวมีคุณภาพ ในการทำนายค่าความร้อนในระดับที่ยอมรับได้โดยได้รูปแบบสมการดังนี้ $HHV(Cal/g) = 6743.71 - 1.61(VM)(FC) - 1.88(M^2)(Ash) + 155.81(Ash)$

คำสำคัญ : การไพโรไลซิส, ถ่านชีวภาพ, มะพร้าว, ชีวมวล

ABSTRACT

Energy is an important factor in meeting basic human needs. Fossil fuels are the main source of energy, but they are limited and cause pollution as the cause of global warming. Biomass is a major renewable energy source that can replace fossil fuels. Thailand is an agricultural area with many biomass materials. One of them is coconut biomass. This research aims to compare the percentage yield of pyrolysis products from biomass residue from various components of coconut trees including coconut leaves, coconut shell, coconut sawdust, coconut residue and coconut coir. The estimation of heat energy (HHV) by the estimated elements with the values of volatile matter (VM),moisture content (M), Fixed carbon (FC) and Ash of the raw materials of the coconut. Pyrolysis utilizes a tube furnace, a flow rate of 100 cm3 / min, a temperature of 450 ° C for 2 hours, and a heating rate of 10 ° C / min.It was found that the fuel properties of biomass before pyrolysis , coconut sawdust and coconut shell are carbon content was approximately 23% wt and 65% wt, respectively, suitable for use as fuel. When considering the amount of volatile compounds, coconut residue content was highest at 82.81% wt, suitable for bio-oil. While after the pyrolysis process coconut shell and coconut residue are suitable for produced bio-char because the fixed carbon more than 60% wt and ash content less than 5% wt. The equation for predicting the heating value of raw materials from various part of the coconut trees, it was found that the equation was quality to predict the heat value at an acceptable level by HHV (Cal / g) = 6743.71 - 1.61 (VM) (FC) - 1.88 (M^2) (Ash) + 155.81 (Ash)

Keywords: pyrolysis, biochar, coconut, biomass

---

[1]สาขา วิศวกรรมเคมี คณะ วิศวกรรมสาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบล คลองหก อำเภอ ธัญบุรี จังหวัด ปทุมธานี 12110

[1]Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Thanyaburi,Rangsit-Nakhonnayok Road, Klong 6,Thanyaburi, Pathum thani,12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : ยรรยง สุขคล้าย (yanyong.s@en.rmutt.ac.th)

บทนำ

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมด้วย ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้มีประสิทธิภาพ มากที่สุดและต้องเลือกใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาถูก ปริมาณเพียงพอ ดังนั้นจึงมีศึกษาเพื่อหาพลังงานทดแทนเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันพลังงานจากชีวมวลเป็นที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น เนื่องจากวัสดุชีวมวลเป็นพลังงานที่ใช้ได้ไม่มีวันหมด แหล่งพลังงานอยู่ภายในประเทศและมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อย วัสดุชีวมวลมีแหล่งที่มาต่างกัน อาทิเช่น พืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร (agricultural residues) ไม้และเศษไม้ (wood and wood residues) หรือของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน การจัดทำงานวิจัยนี้เพื่อเป็นการลดสภาวะโลกร้อนในอีกด้านหนึ่งและทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มจากวัตถุดิบเหลือใช้ทางการเกษตรด้วย โดยงานวิจัยนี้สนใจวัสดุชีวมวลเหลือใช้จากองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของมะพร้าว ได้แก่ ทางมะพร้าว กะลามะพร้าว ขี้เรื่อยมะพร้าว กากมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว ที่มีอยู่มากในประเทศไทย วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส

กระบวนการผลิตไพโรไลซิส (pyrolysis) คือ กระบวนการแตกตัวหรือสลายโมเลกุลของสารประกอบหรือวัสดุต่าง ๆ ในสภาวะ ปราศจากออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิสูงประมาณ 400– 800 °C ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) ของแข็ง หรือ ถ่าน (char) 2) ของเหลวซึ่งมี ลักษณะและสมบัติคล้ายน้ำมัน และ 3) แก๊ส โดยถ่าน สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้หรือสามารถนำไปกระตุ้นเพื่อเป็นถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ซึ่งนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น ใช้ในการดูดซับสารอันตรายต่าง ๆ สำหรับน้ำมันอาจนำไปใช้งานเป็นเชื้อเพลิงได้ทันทีหรือปรับปรุงสมบัติก่อนเพื่อการใช้งานที่เหมาะสมแก่เครื่องยนต์แต่ละชนิด และสำหรับแก๊สสามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ เช่นเดียวกับน้ำมันและถ่าน สัดส่วนและคุณภาพของ ผลิตภัณฑ์ที่ได้แต่ละชนิดไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น องค์ประกอบของวัตถุดิบเริ่มต้น อัตราเร็วในการให้ ความร้อน อุณหภูมิความดัน เป็นต้น [2]

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงและหาสมการเพื่อทำนายค่าพลังงานความร้อนสูง (HHV) จากองค์ประกอบโดยประมาณ ปริมาณสารระเหย (VM) ปริมาณความชื้น (M) ปริมาณเถ้า (Ash) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (FC) ของวัตถุดิบจากองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว

วิธีดำเนินการวิจัย

1.เตรียมวัตถุดิบ

1.1 รวบรวมวัตถุดิบ 5 ชนิด จากส่วนต่างๆ ของมะพร้าว (จังหวัดปทุมธานี) ได้แก่ ขี้เลื่อยมะพร้าว ทางมะพร้าว เปลือกมะพร้าว กากมะพร้าว กะลามะพร้าว

1.2 นำวัตถุดิบมาตากแห้งทิ้งไว้ 1 สัปดาห์

1.3 นำวัตถุดิบที่ผ่านการตากแห้งแล้วมาลดขนาดแบบหยาบด้วยวิธีการสับด้วยมีดให้มีขนาดเล็กประมาณไม่เกิน 1 เซ็นติเมตร

1.4 นำวัตถุดิบที่ลดขนาดแล้วมาลดความชื้น โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1.5 นำวัตถุดิบที่ผ่านการอบแห้งแล้วมาบดละเอียดด้วยเครื่องบดแบบปั่นละเอียด

1.6 ทำการคัดขนาดเพื่อหาขนาดเฉลี่ยของวัตถุดิบแต่ละชนิดด้วยเครื่องร่อนแยกขนาดแบบตะแกรงร่อน

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงของวัสดุชีวมวลก่อนไพโรไลซิส

นำวัสดุชีวมวลที่ผ่านขั้นตอนการเตรียม วิเคราะห์หาคุณสมบัติเชื้อเพลิง คือ ค่าปริมาณความชื้นในชีวมวล (Moisture) ตามมาตรฐาน ASTM D 3173 – 73 ค่าปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) ตามมาตรฐาน ASTM D 3175 – 02 ค่าปริมาณเถ้า (Ash) ตามมาตรฐาน ASTM D 3174 – 02 และค่าปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) ตามมาตรฐาน ASTM D 3172-73

3. ขั้นตอนการไพโรไลซิส

3.1 นำวัตถุดิบมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึก บรรจุลงในท่อสแตนเลส พร้อมทาน้ำยากันเกลียว-ตาย (Anti-Seize) ชั่งน้ำหนักชุดควบแน่นและจดบันทึก

3.2 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3 ทำการไพโรไลซิสที่อัตราการไหล N_2 10 cm^3/min อุณหภูมิในการไพโรไลซิสที่ 450 °C โดยเริ่มต้นที่ 50 °C ทำการเพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 10 °C/min จนถึงอุณหภูมิ 450 °C ตามลำดับ และคงไว้ที่อุณหภูมิต่างๆ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.4 แก๊สจะถูกควบแน่นด้วยน้ำหล่อเย็นที่ท่อทางออก โดยของเหลวจะถูกเก็บในชุดควบแน่น ซึ่งถูกควบคุมอุณหภูมิด้วยอ่างน้ำแข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส คือ ถ่านชีวภาพและน้ำมันชีวภาพ

3.5 หลังจากการไพโรไลซิสเรียบร้อยแล้ว ทำการชั่งถ่านชีวภาพที่ได้และบันทึกน้ำหนักที่ถูกเก็บในชุดควบแน่นและบันทึกน้ำหนัก

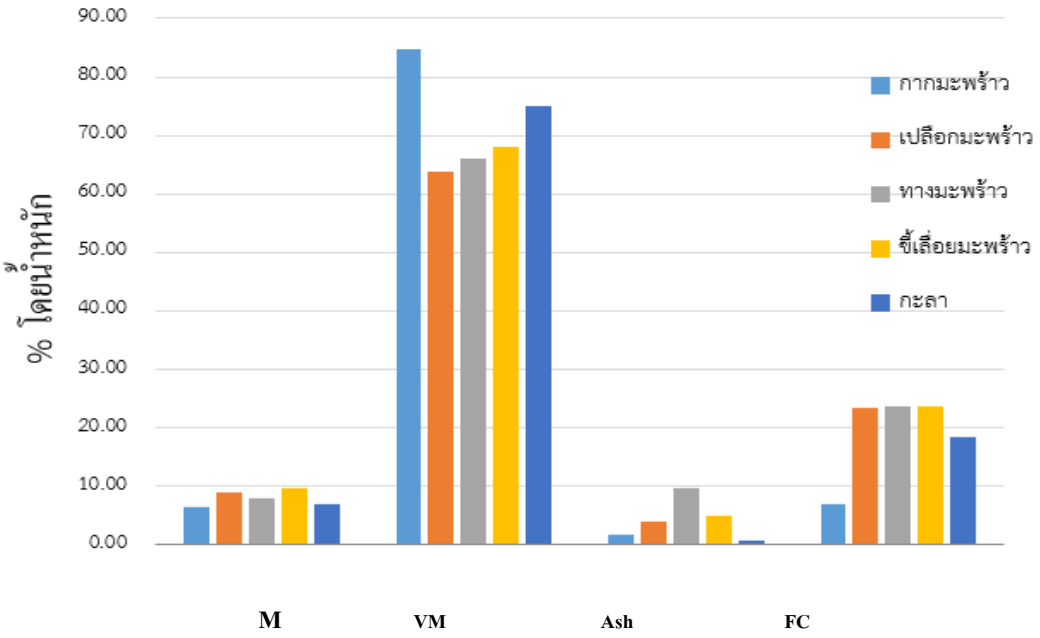
3.6 นำถ่านชีวภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่า VM , MC , ASH , FC โดยใช้วิธีเดียวกับข้อ 2

ผลและวิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงของวัสดุชีวมวลก่อนไพโรไลซิส

จากรูปที่ 1 ขี้เลื่อยมะพร้าวจะมีปริมาณความชื้นมากที่สุดอยู่ที่ 9.65 %wt เนื่องจากขี้เลื่อยมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพที่เป็นรูพรุนมาก จึงทำให้สามารถดูดซับความชื้นในอากาศได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาที่ปริมาณสารระเหย พบว่ากากมะพร้าวมีปริมาณสารระเหยมากที่สุดอยู่ที่ 84.81 %wt เนื่องจากกากมะพร้าวมีปริมาณสารไฮโดรคาร์บอนอยู่สูง เมื่อนำไปผ่านกระบวนการไพโรไลซิส ทำให้ได้น้ำมันในปริมาณมาก และได้ค่าพลังงานความร้อนสูง เมื่อพิจารณาที่ปริมาณคาร์บอนคงตัวและปริมาณเถ้า พบว่าทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว มีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ประมาณ 23 %wt และมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 4-9 %wt รองลงมาเป็นกะลามะพร้าวซึ่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ 18.33 %wt และมีปริมาณเถ้าอยู่ที่ 0.67 %wt และสุดท้ายเป็นกากมะพร้าว ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ 7 %wt และมีปริมาณเถ้าอยู่ที่ 1.67 %wt เห็นได้ว่าทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่มาก แต่มีปริมาณเถ้าสูงจึงทำให้ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว ไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นเชื้อเพลิง และเมื่อพิจารณาค่าพลังงานความร้อน

พบว่า กากมะพร้าวมี ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดที่ 24.7565 MJ/kg ส่วนทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว เปลือกมะพร้าว และกะลามะพร้าวมีค่าพลังงานความร้อนประมาณ 18 MJ/kg แต่สำหรับกะลามะพร้าวและกากมะพร้าวเหมาะต่อการนำมาเป็นเชื้อเพลิงที่สุด เนื่องจากกากมะพร้าวและกะลามะพร้าว มีปริมาณสารระเหยอยู่มาก และมีปริมาณเถ้าอยู่น้อย



ภาพที่ 1 แผนภูมิการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงของวัตุดิบก่อนไพโรไลซิส

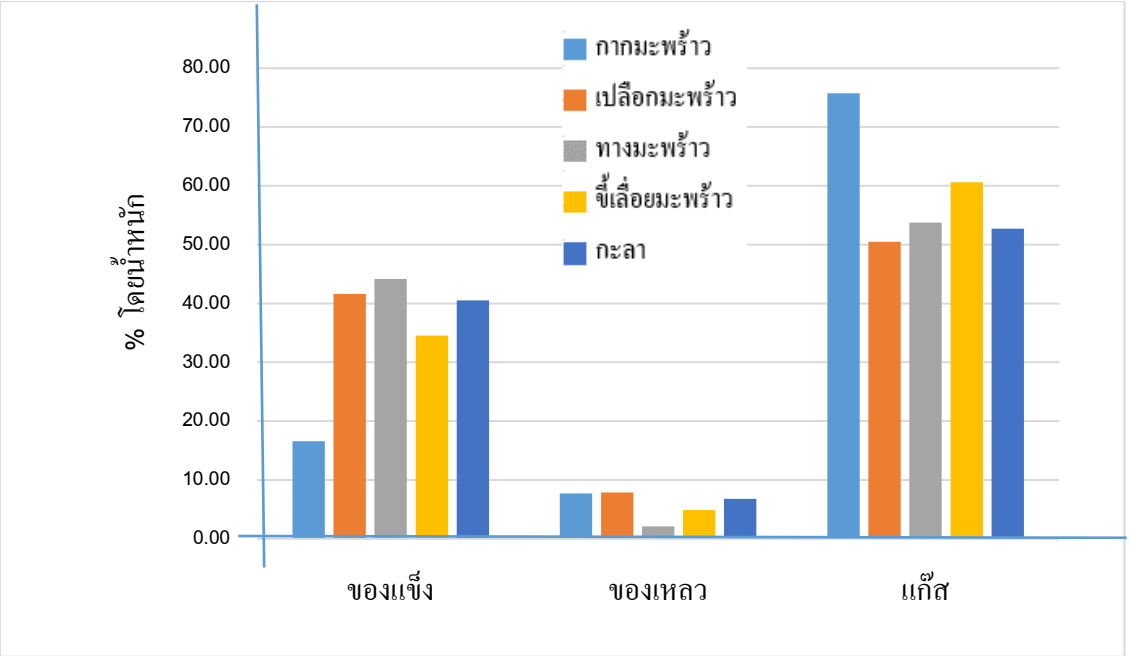
2. การวิเคราะห์ร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส

การทดลองไพโรไลซิสองค์ประกอบต่างๆ ของมะพร้าว คือ กากมะพร้าว เปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และกะลามะพร้าว ตามขั้นตอนที่ 3 นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิสทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส มาคำนวณหาร้อยละผลได้ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไพโรไลซิส

วัสดุชีวมวล	ร้อยละผลได้ (%)		
	ของแข็ง	ของเหลว	แก๊ส
กากมะพร้าว	16.58	7.70	75.72
เปลือกมะพร้าว	44.15	2.10	53.75
ทางมะพร้าว	41.61	7.90	50.50
ขี้เลื่อยมะพร้าว	34.54	4.87	60.59
กะลามะพร้าว	40.51	6.79	52.70

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 2 เมื่อทำการทดลองที่สภาวะเดียวกันทุกๆ การทดลอง พบว่า กากมะพร้าวมีร้อยละผลได้ของแก๊สมากที่สุดที่ 75.72 % เนื่องจากมีปริมาณสารระเหยมาก รองลงมาเป็นเปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และกะลามะพร้าว โดยมีร้อยละผลได้ของแก๊สประมาณ 50 % เมื่อพิจารณาที่ร้อยละผลได้ของของเหลว พบว่ากากมะพร้าว ทางมะพร้าว และกะลามะพร้าว มีร้อยละผลได้ประมาณ 7% รองลงมาเป็นเปลือกมะพร้าว และขี้เลื่อยมะพร้าวซึ่งมีร้อยละผลได้อยู่ในช่วง 2-4 % และเมื่อพิจารณาที่ร้อยละของของแข็ง พบว่าเปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และกะลามะพร้าวมีร้อยละผลได้ ประมาณ 40 % เนื่องจากเปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว และขี้เลื่อยมะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากและปริมาณเถ้ามาก แต่กะลามะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด

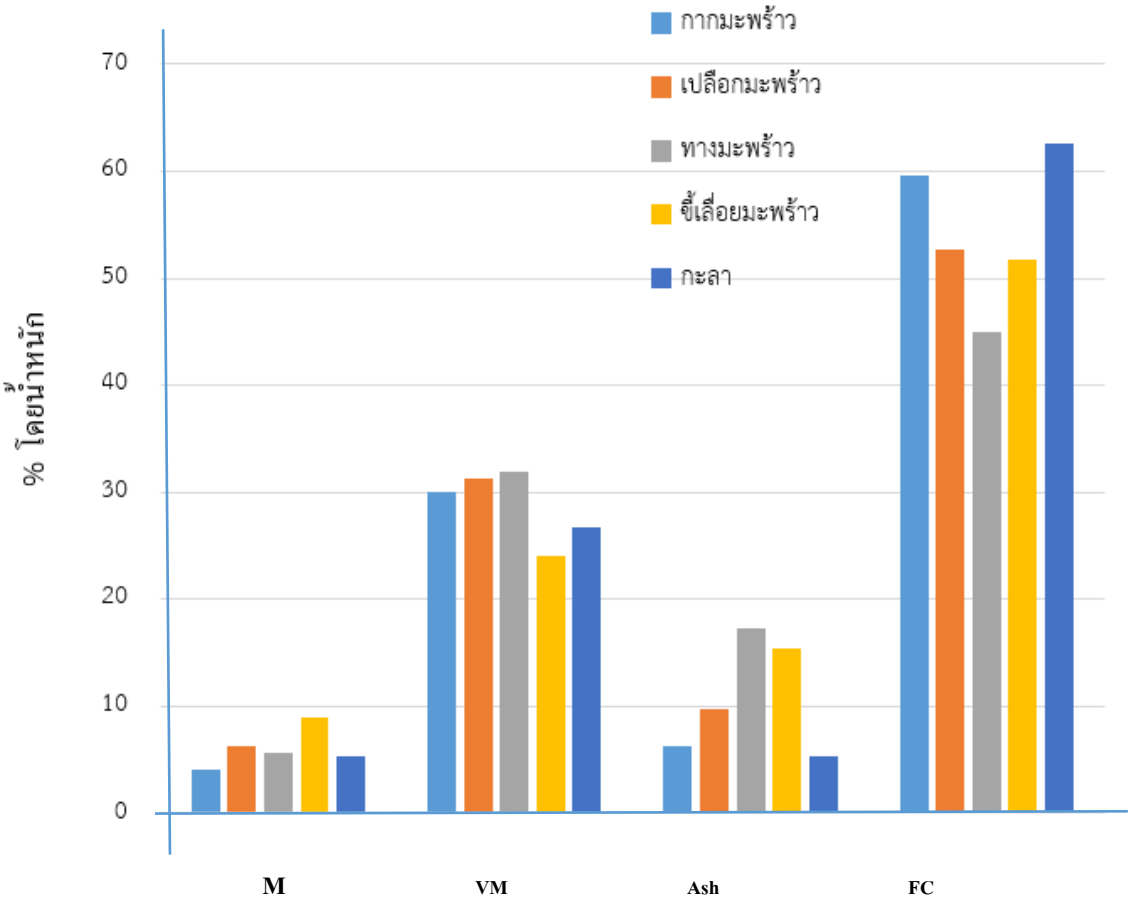


ภาพที่ 2 แผนภูมิร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์หลังไพโรไลซิส

3. การวิเคราะห์สมบัติของผลิตภัณฑ์หลังการไพโรไลซิส

หลังจากกระบวนการไพโรไลซิสทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ 3 ส่วน คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส นำส่วนของของแข็งมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติเชื้อเพลิง โดยทำการทดลองทั้งหมด 3 การทดลอง ในปริมาณ 1 กรัม โดยทำการเฉลี่ยผลการทดลอง ทั้ง 3 การทดลอง จากการทดลองแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ขี้เลื่อยมะพร้าวมีปริมาณความชื้นมากที่สุดอยู่ที่ 9.02 %wt เนื่องจากขี้เลื่อยมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพที่เป็นรูพรุนมาก จึงทำให้สามารถดูดซับความชื้นในอากาศได้ดี เมื่อพิจารณาที่ปริมาณสารระเหย พบว่า กากมะพร้าว เปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และกะลามะพร้าว มีปริมาณสารระเหยอยู่ในช่วง 24-32 %wt เมื่อพิจารณาที่ปริมาณเถ้า พบว่า ทางมะพร้าว และขี้เลื่อยมะพร้าวมีปริมาณเถ้ามากซึ่งอยู่ในช่วง 15-17 %wt รองลงมาเป็นเปลือกมะพร้าวและกากมะพร้าวมีปริมาณเถ้าอยู่ในช่วง 6-9 %wt และสุดท้ายเป็นกะลามะพร้าวมีปริมาณเถ้าอยู่ที่ 2.67 %wt เมื่อพิจารณาที่ปริมาณคาร์บอนคงตัว พบว่า กากมะพร้าวและกะลามะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากประมาณ 60 %wt รองลงมาเป็นเปลือกมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และทางมะพร้าวซึ่งมีปริมาณคาร์บอนคงตัวอยู่ในช่วง 45-52 %wt เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เห็นได้ว่า กะลามะพร้าวและกากมะพร้าว

มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากกะลามะพร้าวและกากมะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากและมีปริมาณเถ้าน้อย จึงเหมาะต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของของแข็งหลังไพโรไลซิส

4. การวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อนโดยใช้สมการถดถอย

จากการทดลองหาค่าคุณสมบัติเชื้อเพลิงก่อนไพโรไลซิส นำค่าปริมาณสารระเหยปริมาณคาร์บอนคงตัว, ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้า มาสร้างเป็นสมการทำนายหาค่าพลังงานความร้อน (Heating Value) ได้ดังสมการที่ 1 [4] และ 2 [5]

$$HHV = -0.7742(FC) - 0.3389(VM) + 58.8127 \quad (1)$$

$$HHV = 6743.71 - 1.61(VM)(FC) - 1.88(M^2)(Ash) + 155.81(Ash) \quad (2)$$

เมื่อ HHV คือ ค่าความร้อนสูง (MJ/kg สมการ(1) และ Cal/g สมการ(2))

VM คือ ปริมาณสารระเหย (เปอร์เซ็นต์)

FC คือ ปริมาณคาร์บอนคงตัว (เปอร์เซ็นต์)

M คือ ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)

Ash คือ ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)

นำสมการที่ (1) และ (2) มาคำนวณหาค่าพลังงานความร้อน (Heating Value) ก่อนไพโรไลซิสและเปรียบเทียบกับค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องบอมแคลอริมิเตอร์ สามารถพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการทดลองและค่าพลังงานความร้อนจากสมการ (1) และ (2) ได้ดังตารางที่ 2 และ 3 และ ภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องบอมแคลอริมิเตอร์กับสมการทำนายที่ (1)

วัตถุชีวมวล	HHV (MJ/kg)	FC (wt%)	VM (wt%)	HHV* (MJ/kg)	ERROR (%)
กากมะพร้าว	24.7565	7.0000	84.8100	24.6512	0.43
เปลือกมะพร้าว	18.5636	23.3300	63.8400	19.1152	2.97
ทางมะพร้าว	19.2874	23.7000	66.1500	18.0459	6.44
ขี้เลื่อยมะพร้าว	16.9331	23.6600	68.0200	17.4432	3.01
กะลามะพร้าว	19.2165	18.3300	74.0900	19.5125	1.54

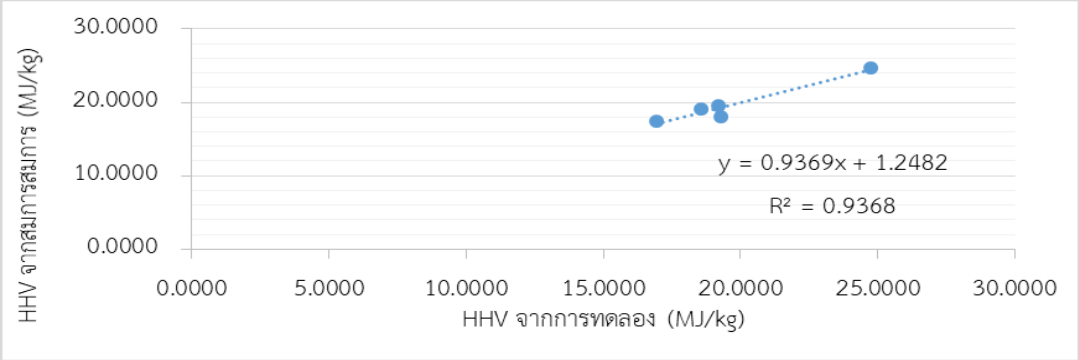
* HHV = -0.7742(FC) - 0.3389(VM) + 58.8127

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องบอมแคลอริมิเตอร์กับ

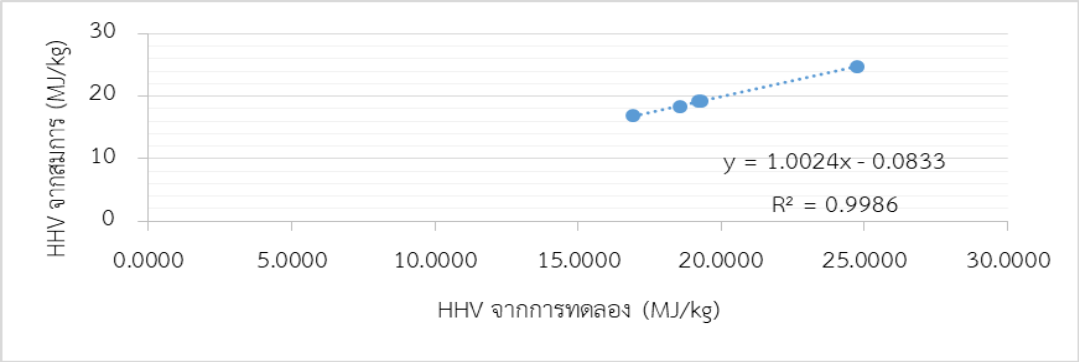
สมการทำนายที่ (2)

วัสดุชีวมวล	HHV (MJ/kg)	M (wt%)	VM (wt%)	Ash (wt%)	FC (wt%)	HHV* (MJ/kg)	Error (%)
กากมะพร้าว	24.7565	6.52	84.81	1.67	7.00	24.7468	0.0392
เปลือกมะพร้าว	18.5636	8.83	63.84	4.00	23.33	18.3373	1.2191
ทางมะพร้าว	19.2874	7.85	66.15	9.67	23.70	19.2716	0.0819
ขี้เลื่อยมะพร้าว	16.9331	9.65	68.02	5.00	23.66	16.9772	0.2604
กะลามะพร้าว	19.2165	6.91	74.09	0.67	18.33	19.2498	0.1733

* HHV = 6743.71 - 1.61(VM)(FC) - 1.88(M^2)(Ash) + 155.81(Ash)



ภาพที่ 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนจากสมการที่ (1) และค่าความร้อนจากการทดลอง



ภาพที่5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความร้อนจากสมการที่ (2) และค่าความร้อนจากการทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณ และค่าความร้อน ที่ได้จากการทดลอง พบว่า สมการค่าความร้อนที่ (1) และ (2) มีค่า The coefficient of multiple determination (R^2) เท่ากับ 93.68 เปอร์เซ็นต์ และ 99.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสมการที่ (2) มีค่า The coefficient of multiple determination (R^2) มากกว่าสมการที่ (1) ดังนั้นการเลือกใช้สมการที่ 2 สามารถยืนยันถึงคุณภาพของสมการความสัมพันธ์ และมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปทำนายค่าพลังงานความร้อนได้ดีกว่า โดยโครงสร้างสมการที่ (2) นั้นเป็นโครงสร้างเดียวกันกับงานวิจัยอ้างอิงที่ [5] ของ ปฐม ที่เป็นสมการทำนายค่าความร้อนและองค์ประกอบของเชื้อเพลิงเปลือกทุเรียน โดยมีค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกัน

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบก่อนการไพโรไลซิส พบว่าทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และเปลือกมะพร้าว มีปริมาณคาร์บอนคงตัวและปริมาณสารระเหย ที่ใกล้เคียงกันประมาณ 23 %wt และ 65 %wt ตามลำดับ เหมาะแก่การนำมาเป็นเชื้อเพลิงได้ และเมื่อพิจารณาที่ปริมาณสารระเหยพบว่ากากมะพร้าวมีปริมาณมากที่สุดอยู่ที่ 82.81 %wt เหมาะแก่การนำมาเป็นน้ำมันชีวภาพได้

2. หลังกระบวนการไพโรไลซิสทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส พบว่าผลิตภัณฑ์ ที่มีร้อยละผลได้ของแก๊สมากที่สุด คือ กากมะพร้าว มีร้อยละผลได้อยู่ 75.72 % เนื่องจากในกากมะพร้าวมีปริมาณสารระเหยมาก ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีร้อยละของของเหลวใกล้เคียงกัน คือ กากมะพร้าว ทางมะพร้าว และกะลามะพร้าว มีร้อย

ละผลได้ประมาณ 7 % และผลิตภัณฑ์ที่เป็นของแข็งมี ร้อยละผลได้มาก คือ เปลือกมะพร้าว ทางมะพร้าว ขี้เลื่อยมะพร้าว และกะลามะพร้าว มีร้อยละผลได้ประมาณ 40 %

3. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงของผลิตภัณฑ์ของของแข็งหลังการไพโรไลซิส พบว่า กะลามะพร้าวและกากมะพร้าวเหมาะแก่การนำมาผลิตถ่านชีวภาพ เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวประมาณ 60 %wt และมีปริมาณเถ้าน้อย โดยอยู่ในช่วง 2-6 %wt

4. ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติเชื้อเพลิงของวัสดุชีวมวลก่อนการไพโรไลซิส สามารถนำปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า และค่าพลังงานความร้อน มาสร้างสมการทำนายค่าพลังงานความร้อนด้วยวิธีสมการถดถอย (Regression) ได้สมการที่นำไปทำนายค่าพลังงานความร้อนได้อย่างแม่นยำโดยมีค่า R^2 = 0.9986 โดยมีรูปแบบสมการดังนี้

$$HHV = 6743.71 - 1.61(VM)(FC) - 1.88(M^2)(Ash) + 155.81(Ash)$$

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่สนับสนุนงบประมาณและอนุเคราะห์อุปกรณ์ทดลองต่างๆ รวมถึงสถานที่ทดลองด้วย คณะผู้จัดจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

นิลวรรณ ไพรขจรเดช และ เสาวลักษณ์ สุรโรจนกุล. (ม.ป.ป.). **ถ่านชาร์และน้ำมันชีวภาพจากกะลามะพร้าว ไม้ไผ่ และกากชานอ้อย**. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรม ศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พรรณศิริ สุดจิตร์ , วรารัตน์ ทองพุ่มและอสมา เต็มรัก. 2555. **การไพโรไลซิสน้ำมันเครื่องใช้แล้วโดยใช้ซีโอไลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา**. ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สมการทดถอย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://http://home.dsd.go.th/kamphaengphet/km/information/RESECARCH/014Regression.pdf (17 มีนาคม 2561)

Daya Ram Nhuchhen and Muhammad T. Afza. 2017. **HHV Predicting Correlations for Torrefied Biomass Using Proximate and Ultimate Analyses.** Mechanical Engineering Department, University of New Brunswick, Fredericton, NB E3B 5A3, Canada, 7

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมศก วิไลพล. 2552. **ค่าความร้อนและองค์ประกอบของเชื้อ เพลิงเปลือกทุเรียน**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยนเรศวร

.

ผลของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการเป่าอากาศแวดล้อม

Effect of High Moisture Paddy Using Hot Air Drying Combined with Ambient Air Aeration

เศรษฐวัฒน์ ถนิมกาญจน์[1*] ชโลธร ศักดิ์มาศ[1] นศพร ธรรมโชติ[1] และจิราพร ศรีภิญโญวณิชย์ จงยิ่งเจริญ[2]

Setthawat Thanimkarn[1*] Chalotron Sakmas[1] Nasaporn Thammachot[1] and Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงโดยการใช้ลมร้อนร่วมกับการเป่าอากาศแวดล้อม อัตราการไหลของอากาศ 0.6 m^3 / min – ตันของข้าวเปลือก ความเร็วลม 2 m/s ที่ความชื้นเริ่มต้น 32 $\pm$ 0.28% จนกระทั่งความชื้นสุดท้าย 14% ฐานเปียก โดยทดสอบการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 °C สลับกับเป่าอากาศแวดล้อม พบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งเท่ากันทุกเงื่อนไขการอบแห้งคือ 26, 20 และ16 hr ตามลำดับ ผลการทดสอบด้านคุณภาพพบว่าการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุก ๆ 30min ให้ร้อยละปริมาณข้าวต้น และดัชนีความขาวของข้าวมากที่สุด โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 1.464 – 2.520 MJ/kg

คำสำคัญ : ข้าวเปลือกความชื้นสูง, อากาศแวดล้อม, การอบแห้งด้วยลมร้อน

ABSTRACT

This research is to study effect of high moisture paddy using hot air drying combined with ambient air aeration (at 11-15% of relative humidity, RH) at 0.6 m^3 / min - ton of paddy. The initial moisture content of the paddy was 32 $\pm$ 0.28% was reduced until the final moisture content was 14% wet basis. The experiment of drying were as temperature 40, 50 and 60°C and switched to ambient air aeration every 30 min (case 1) and 60 min (case 2). The results of drying time every drying methods were 26, 20 and 16 hr, respectively. The Experimental results shown that the hot - air drying , alternating with ambient air every 30 minutes. The head rice yield and the whiteness of milled rice was highest. The range of specific energy consumption was 1.464 – 2.520 MJ/kg

Keyword: high moisture paddy, ambient air, hot air drying

---

[1] สาขาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์.มหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราชตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10520

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : satthawat23@hotmail. com.

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

บทนำ

จังหวัดพัทลุงมีการปลูกข้าวเป็นจำนวนมากและสายพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกคือ “ข้าวสังข์หยด” ซึ่งได้รับการรับรองให้เป็นสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographic Indication: GI) นอกจากนั้นยังมีลักษณะโดดเด่นทั้งทางด้านรสชาติและคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีสารสีของกลุ่มแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) (ศิรสิทธิ์, 2559) ในจังหวัดพัทลุงพื้นที่การปลูกข้าวสังข์หยดในปีเพาะปลูก 2560 ประมาณ 12,513 ไร่ ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ 1,916 ตัน พื้นที่เสียหาย 904 ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) เนื่องจากข้าวสังข์หยดจะเริ่มต้นการปลูกประมาณเดือนสิงหาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์ (วุฒิไกร มีพัฒน์, 2556) ซึ่งมีโอกาสได้รับความชื้นจากฝนที่ตกในระหว่างเก็บเกี่ยว หรือการเก็บรักษาที่ไม่ดีพอ และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของเมล็ดพืชชื้นก็เป็นสาเหตุที่ทำทำให้คุณภาพของข้าวต่ำลง (อรรถพร, 2539)

การอบแห้งด้วยลมร้อน ถูกนำมาใช้แทนการตากข้าวเปลือกด้วยแสงแดดกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งานได้ง่าย สามารถประยุกต์ใช้กับวิธีการอบแห้งแบบอื่นได้ดี (Chen, 2017) หลักการของวิธีการอบแห้งด้วยวิธีนี้ จะอาศัยคุณสมบัติและความสามารถในการถ่ายเทมวลของอากาศร้อนที่ใช้เป็นตัวกลาง อัตราการอบแห้งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันในการดูดซึมความชื้นของอากาศและคุณสมบัติของวัสดุอบแห้ง (จุลพงศ์ พฤกษะศรี, 2556) แม้ว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนจะนิยมนำมาใช้กับการอบแห้งข้าวเปลือก แต่ก็มีข้อด้อยในด้านคุณภาพหลังจากการสี เนื่องจากการใช้อุณหภูมิและความเร็วอากาศที่สูงทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่ได้ลดลงมาก ซึ่งเกิดจากความเค้นที่กระทำกับเมล็ด (Zhang et al, 2003; Aquerreta et al, 2007) แนวทางที่สามารถปฏิบัติเพื่อลดปัญหาดังกล่าวได้คือ การสลับด้วยการพักโดยการเป่าอากาศแวดล้อม ในระหว่างพักความชื้นจะมีระยะเวลาในการแพร่จากภายในมาสู่ผิวเมล็ด ซึ่งหากมีระยะเวลาพักที่นานเพียงพอ ความชันของความชื้น (moisture gradient) จะลดลงได้มาก ส่งผลให้ความเค้นที่กระทำกับข้าวเปลือกลดลง ดังนั้นเมื่อผ่านเข้าสู่การอบในช่วงถัดมาความเค้นภายในเมล็ดที่เกิดขึ้นจึงไม่สูงเท่ากับการอบแห้งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจากการทดลองอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ ชัยนาท 1 ความชื้นประมาณ 21% ฐานเปียก ด้วยเครื่องอบแห้งแบบหล่นอิสระ ที่อุณหภูมิต่างๆกันพบว่า การพักข้าวเปลือกทำให้ปริมาณข้าวต้นที่ได้มากกว่าการอบแห้งแบบให้ความร้อนต่อเนื่อง และค่าความขาวอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง (สุพิชฌาย์ และ ทวิช, 2552) งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาเพื่อหาผลของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงด้วยลมร้อนสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อม โดยพิจารณาลักษณะการอบแห้ง และคุณภาพหลังการขัดสี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างข้าวเปลือกความชื้นสูง ข้าวเปลือกที่ใช้เป็นข้าวพันธุ์สังข์หยด โดยซื้อจากเกษตรกรพื้นที่อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง ทำการคัดแยกสิ่งเจือปนด้วยเครื่องคัดแยก และนำมาหาค่าความชื้นเริ่มต้นด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert Model 500/108I) ที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (AOAC, 2005) จากนั้นนำไปปรับความชื้น ซึ่งข้าวเปลือกที่ใช้ทำการทดลองจะมีความชื้นเริ่มต้นหลังการปรับความชื้นเฉลี่ย 32±0.28**%** ฐานเปียก

2. อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองอบแห้ง โรงเรือนอบแห้งข้าวเปลือกขนาด 3 m ×3 m × 4 m (กว้าง×ยาว×สูง) ผนังโรงเรือนอบแห้งบุด้วยฉนวนกันความร้อนโพลีเอทธีลีน ภายในมีชั้นวางและถาดอบแห้งเพื่อวางข้าวเปลือกจำนวน 5 ถาด สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้ครั้งละ 1,000 kg โครงสร้างและวัสดุประกอบโรงเรือนทั้งหมดทำจากอลูมิเนียมเกรด 304A ใช้ขดลวดความร้อนแบบครีบ (Fin-coil heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนจำนวน 2 ชุด กำลังไฟฟ้าชุดละ 4 kW และใช้พัดลมแบบแกนนอนขนาด 1.5 hp ความเร็วรอบ 3,000 rpm เพื่อเป่าอากาศร้อนและอากาศแวดล้อม โดยใช้ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (PID controller) เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนอบแห้ง

3. การทดลองอบแห้ง นำข้าวเปลือกที่ผ่านการปรับความชื้นตามที่ต้องการวางบนถาดอบแห้งถาดละ 200 kg จำนวน 5 ถาด ทำการทดลองอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ60°C สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 และ 60 min อัตราการไหลของอากาศ 0.6 m^3 / min – ตันของข้าวเปลือก ค่าความเร็วลมคงที่ 2 m/s (Anemometer Vane Type; Wilh. Lambrecht GmbH, Götingen, Germany) ความละเอียด 0.1 m/s และทำการสุ่มตัวอย่างในระหว่างการทดลองอบแห้งถาดละ 6 จุด ทุกๆ 2 hr เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความชื้นจากสมการที่ 1 ทำการทดลองจนความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 14**%** ฐานเปียก

$$\% MC_{wb} = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ $\%MC_{wb}$ คือ ความชื้นฐานเปียก

M_w คือ มวลของน้ำในวัสดุ, kg

M_s คือ มวลแห้งของวัสดุ, kg

4. การวิเคราะห์คุณภาพ การวิเคราะห์ร้อยละข้าวต้น จะใช้การเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกหลังการอบแห้งจำนวน 1 kg ปล่อยพักในอุณหภูมิห้อง 1 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิข้าวเปลือกลดลง ความชื้นสม่ำเสมอทั่วเมล็ดข้าว จากนั้นจึงนำไปขัดสีให้เป็นข้าวสารเพื่อทดสอบหาปริมาณข้าวต้นและความขาวของข้าวสารที่ได้ การขัดสีใช้เครื่องกะเทาะเปลือก เครื่องขัดขาว และเครื่องคัดแยกปลายข้าวของห้างหุ้นส่วนจำกัด เจ็กเซ่งฮวด โดยใช้ข้าวเปลือกน้ำหนัก 100 กรัม กะเทาะเปลือกในเครื่องกะเทาะเปลือกที่ระยะห่างลูกยางประมาณ 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำข้าวกล้องที่ได้ไปขัดขาวในเครื่องขัดขาว 20 s นำข้าวขาวที่ได้ไปคัดแยกข้าวต้นด้วยเครื่องคัดแยกปลายข้าว ชั่งน้ำหนักข้าวต้นที่ได้ หาร้อยละข้าวต้น (*%ชั่วโมง* ***Y***) ดังสมการที่ 2

$$\%HRY = \frac{\textit{น้ำหนักข้าวต้น}}{\textit{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \quad (2)$$

ทำการวัดความขาวของข้าวสารด้วยเครื่อง spectrocolorimeter (ColorFlex, Hunter Associates Laboratory, Inc., Reston,VA) โดยใช้มาตรฐานสี L^* (สว่าง/ความมืด), a^* (redness/greenness) และb^* (yellowness/blueness) และใช้ค่าดัชนีความขาว (whiteness index, *WI*) เป็นตัวชี้วัด ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^*} \quad (3)$$

5. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, *SEC*) คือพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำที่ระเหย ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 4

$$SEC = \frac{3.6 \times P_e}{M_i - M_f} \quad (4)$$

เมื่อ M_i คือ มวลวัสดุก่อนการอบแห้ง, kg

M_f คือ มวลวัสดุหลังการอบแห้ง, kg

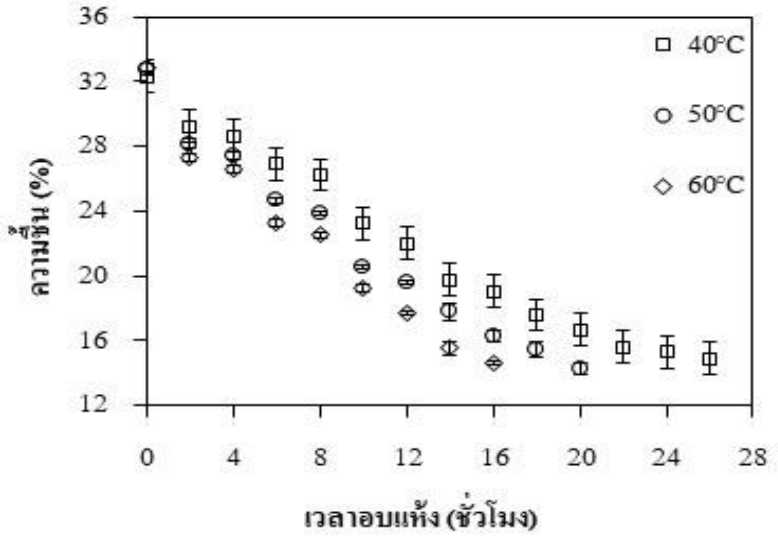
P_e คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้, kWh

6. แผนการทดลองและการคำนวณทางสถิติ การศึกษาลักษณะการอบแห้งและคุณภาพของข้าวเปลือกความชื้นสูงที่ผ่านกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อม เป็นการทดลองด้วยโรงเรือนอบแห้งขนาดชุมชน ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกแผนการทดลองเป็นแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำการวิเคราะห์คุณภาพโดยใช้วิธี ANOVA และทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบเชิงพหุคูณด้วยวิธี Duncan's new multiple range (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

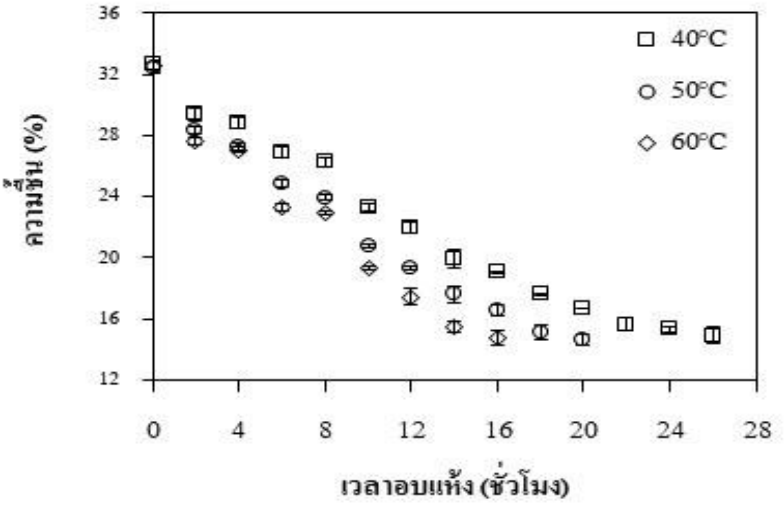
ผลและการวิจัย

1. ลักษณะการอบแห้ง ข้าวเปลือกที่ใช้ในการทดลองมีความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 32 ± 0.28% ฐานเปียก ทำการอบแห้งจนมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 14% ฐานเปียก จากภาพที่ 1 และ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความชื้น (Moisture Content, *MC*) ของข้าวเปลือกกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งข้าวเปลือกจนกระทั่งความชื้นเท่ากับ 14 **%** ฐานเปียก ที่อุณหภูมิ 40, 50 และ60°C สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมที่ 30 และ 60 min มีค่าเท่ากันทั้งสองแบบ คือ 26, 20 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่ระดับอุณหภูมิ 60°C ซึ่งเป็นระดับที่มีความร้อนสูงสุดในการทดลองจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด เนื่องจากระดับพลังงานความร้อนที่อุณหภูมิสูงจะสามารถเพิ่มความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างวัสดุกับอากาศส่งผลให้น้ำสามารถเคลื่อนที่มายังผิวได้เพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้สำหรับการสลับด้วยการเป่าอากาศแวดล้อมไม่ส่งผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งเนื่องจากความแตกต่างระหว่างเวลาที่ใช้ในการเป่าอากาศแวดล้อมมีค่าไม่สูงมาก จึงทำให้ยังคงรักษาอุณหภูมิของอากาศร้อนภายในห้องอบแห้งไว้ได้

ในช่วงการทดลอง 0-10 ชั่วโมงแรก อิทธิพลของการสลับด้วยการเป่าอากาศแวดล้อมมีผลต่อการลดลงของความชื้นน้อยกว่าการอบด้วยลมร้อนในทุกๆเงื่อนไขการอบแห้ง เนื่องจากในช่วงเวลาเริ่มต้นของการอบแห้ง บริเวณผิวของวัสดุอิ่มตัวไปด้วยน้ำ อุณหภูมิของลมร้อนซึ่งสูงกว่าอากาศแวดล้อมจะเร่งให้เกิดเกิดการถ่ายเทความชื้นจากวัสดุสู่ห้องอบแห้งอย่างรวดเร็ว และเมื่อระยะเวลาอบแห้งยาวนานขึ้นคือตั้งแต่ 10 ชั่วโมง จนถึงสิ้นสุดการอบแห้ง ความชื้นของข้าวเปลือกลดต่ำลง อัตราการถ่ายเทมวลของน้ำจากข้าวเปลือกไปยังอากาศแวดล้อมก็ลดน้อยลง ดังนั้นการสลับด้วยการเป่าอากาศแวดล้อม จึงทำให้อัตราการลดลงของความชื้นเมื่อเปรียบเทียบกับการอบด้วยลมร้อนใกล้เคียงกัน

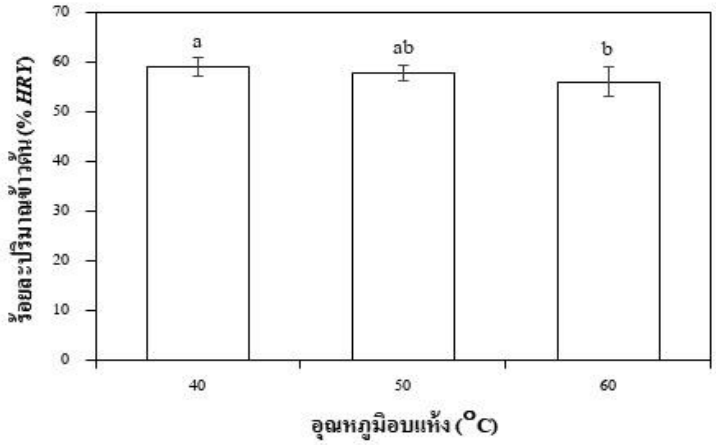


ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับเวลาอบแห้งเมื่อสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อม 30 min

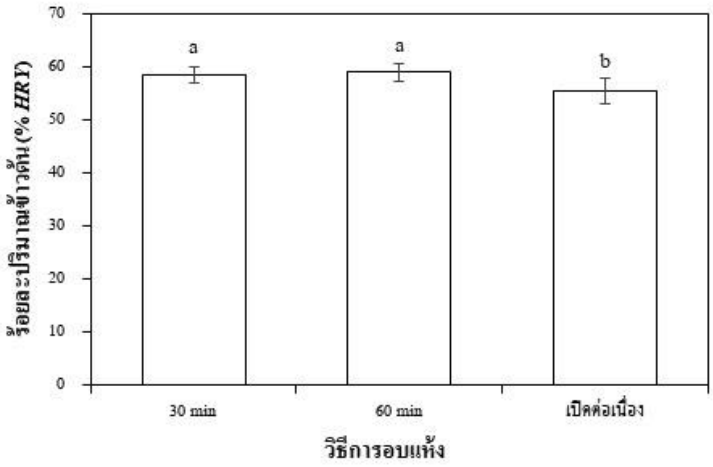


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นกับเวลาอบแห้งเมื่อสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อม 60 min

2. **เปอร์เซ็นต์ข้าวต้น (%*HRY*)** ผลการทดสอบพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและเวลาในการเปิด-ปิดลมร้อน ($\alpha = 0.05$) จากภาพที่ 3 และ4 แสดงร้อยละปริมาณข้าวต้นมีค่าแตกต่างกัน เท่ากับ 58.96, 57.75 และ55.93**%** ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ60°C ตามลำดับ สำหรับร้อยละปริมาณข้าวต้นจากการอบแห้งด้วยวิธีเปิดลมร้อนสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันซึ่งมีค่าเท่ากับ 58.31 และ 58.91**%** ที่เวลาการเปิด – ปิดลมร้อน 30 และ60 min ตามลำดับ แต่การอบแห้งด้วยการเปิดลมร้อนแบบต่อเนื่องจะทำให้ค่าร้อยละปริมาณข้าวต้นลดลงเท่ากับ 55.41**%** เนื่องจากการเป่าอากาศแวดล้อมเป็นการพักการอบแห้ง ข้าวเปลือกมีระยะเวลาในการแพร่กระจายความชื้นจากภายในเมล็ดมาสู่ที่ผิวเมล็ด ซึ่งเป็นการช่วยลดความเค้นที่เกิดขึ้นภายในเมล็ด หากไม่มีการพักจะทำให้ความชันความชื้นภายในเมล็ดสูง ส่งผลให้เกิดความเค้นกด (compressive stress) ที่บริเวณแกนกลางเมล็ดและความเค้นดึง (tensile stress) ที่บริเวณใกล้ผิวของเมล็ด ซึ่งนำไปสู่รอยร้าวในข้าวเปลือก (fissure) และการแตกหักของข้าวสารขณะขัดสีได้ (Aquerreta et al. 2007; Dong et al. 2009) ในขณะที่ปัจจัยของเวลาในการเปิด – ปิด ลมร้อนไม่ส่งผลต่อร้อยละปริมาณข้าวต้น เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง

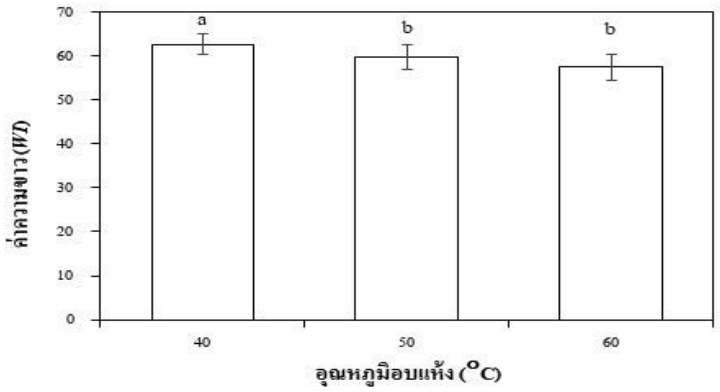


ภาพที่ 3 ร้อยละปริมาณข้าวต้นที่อุณหภูมิอบแห้งต่างกัน

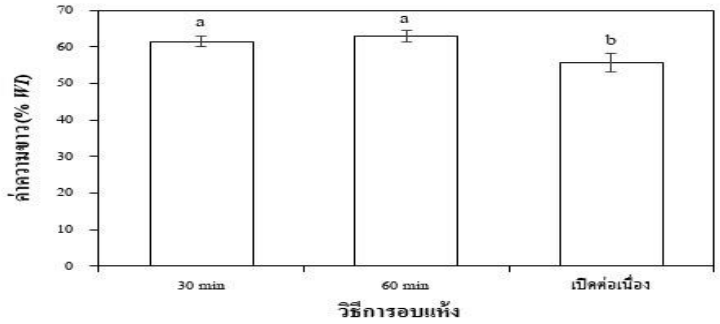


ภาพที่ 4ร้อยละปริมาณข้าวต้นที่เวลาในการเปิด – ปิดลมร้อนต่างกัน

3. ความขาวข้าวสาร (whiteness) ผลการทดสอบพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของปัจจัยระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและเวลาในการเปิด-ปิดลมร้อน ($\alpha = 0.05$) จากภาพที่ 5 และ6 แสดงค่าดัชนีความขาวของข้าวสาร (whiteness index, *WI*) ที่ได้จากการอบแห้งด้วยลมร้อน พบว่าค่าดัชนีความขาวที่อุณหภูมิอบแห้ง 40°C สูงที่สุดเท่ากับ 62.76 ในขณะที่ค่าดัชนีความขาวของข้าวสารไม่แตกต่างกันที่อุณหภูมิลมร้อน 50 และ 60°C โดยมีค่าเท่ากับ 55.73 และ 57.55 ตามลำดับ สำหรับวิธีการอบแห้งด้วยลมร้อนสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 และ 60 min มีค่าดัชนีความขาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 61.46 และ 62.88 ซึ่งผลที่ได้ใกล้เคียงกับผลการทดลอง และตัวอย่างอ้างอิงของ สุพิชฌาย์ และทวิชย์ (2552) ในขณะที่การอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวอย่างต่อเนื่องมีค่าดัชนีความขาวเพียง 55.70 เนื่องจากข้าวเปลือกมีโอกาสได้พักด้วยการเป่าอากาศแวดล้อม จึงทำให้ไม่มีการสะสมความร้อนภายในเมล็ด จึงทำให้อุณหภูมิข้าวเปลือกไม่สูงมากนัก จึงไม่เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้อง (nonenzymic browning reaction) เพราะปฏิกิริยาดังกล่าวต้องการความร้อนเพื่อทำให้ข้าวสารมีสีเหลือง (สมชาติ, 2540)



ภาพที่ 5 ค่าดัชนีความขาวที่อุณหภูมิอบแห้งต่างกัน



ภาพที่ 6 ค่าดัชนีความขาวที่เวลาในการเปิด – ปิดลมร้อนต่างกัน

4. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, *SEC*) ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสำหรับงานวิจัยนี้พิจารณาจากพลังงานที่ให้กับพัดลมเป่าอากาศ (Blower) และขดลวดความร้อน (Heater) ซึ่งทำการวัดค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าด้วยมิเตอร์ไฟฟ้า (Watt-Hour-Meter) พบว่าการสลับการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 min มีค่า *SEC* น้อยที่สุด คือ 1.46 MJ/kg และเท่ากับ 1.78, 1.72 MJ/kg ที่40 และ 50°C ตามลำดับ สำหรับการสลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 60 min มีค่า *SEC* เท่ากับ 1.991, 1.93 และ 1.67 MJ/kg ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ60°C ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองเงื่อนไขมีค่า*SEC* น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วยลมร้อนอย่างต่อเนื่องซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.52, 2.16 และ2.00 MJ/kgอุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ60°C ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (*SEC*)

อุณหภูมิ (°C)	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)		
	สลับลมร้อน 30 min	สลับลมร้อน 60 min	ลมร้อนต่อเนื่อง
40	1.78±0.03	1.99±0.02	2.52±0.02
50	1.72±0.02	1.93±0.03	2.16±0.03
60	1.46±0.02	1.67±0.02	2.00±0.02

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาของการอบแห้งข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้ลมร้อนร่วมกับการเป่าอากาศแวดล้อมที่ระดับอุณหภูมิ 40, 50 และ60°C สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 และ 60 min อัตราการไหลของอากาศ 0.6 m^3 / min – ตันของข้าวเปลือก ค่าความเร็วลมคงที่ 2 m/s โดยเวลาที่ใช้ในการอบแห้งจากความชื้นเริ่มต้น ที่ความชื้นเริ่มต้น 32 ± 0.28 จนกระทั่งความชื้นสุดท้าย 14% ฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งเท่ากันทุกเงื่อนไขการอบแห้งคือ 26, 20 และ16 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40, 50, และ 60 °C ตามลำดับ ด้านคุณภาพของข้าวสารพบว่า การสลับจากการใช้ลมร้อนเป็นการเป่าอากาศแวดล้อมมีผลต่อคุณภาพเมื่อเปรียบเทียบกับการอบด้วยลมร้อนแบบต่อเนื่องเพียงอย่างเดียวที่ทุกอุณหภูมิอบแห้ง แต่รอบของเวลาในการสลับเพื่อเป่าอากาศแวดล้อมไม่มีผลในด้านคุณภาพ ในขณะที่ค่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สลับกับการเป่า

อากาศแวดล้อมทุกๆ 30 min มีค่า *SEC* น้อยที่สุด คือ 1.46 MJ/kg ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าวิธีการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C สลับกับการเป่าอากาศแวดล้อมทุกๆ 30 min เหมาะสมที่สุดเนื่องจากได้ %*HRY* และ *WI* สูงที่สุด แต่ค่า *SEC* น้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดินประปี 2556

เอกสารอ้างอิง

จุลพงศ์ พฤกษะศรี และ ประสันต์ ชุ่มใจหาญ. (2556). ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสีของเหง้าขมิ้นชันแผ่นในระหว่างการอบแห้งด้วยลมร้อน. *รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14*, 1-4 เมษายน 2556, ประจวบคีรีขันธ์.

รายงานข้อมูลภาวการณ์ผลิตพืชระดับตำบล (รต.) / 1 . (2559). กรมส่งเสริมการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศิรสิทธิ์ ศรีนวลปาน และ พรรณี อัศวตรีรัตนกุล. 2559. ผลของไคโตซานต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและการต้านทานโรคใบไหม้ในข้าวสังข์หยดพัทลุง. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร**, 10 (2): 149–158.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2540. **การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สุพิชฌาย์ มีสุขเจ้าสำราญ และ ทวิช จิตรสมบูรณ์. 2552. เครื่องอบแห้งแบบหล่นอิสระ : เงื่อนไขการอบแห้งที่ให้คุณภาพข้าวสารที่ดี. **รายงานการประชุมทางวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23**. เชียงใหม่.

อรรถพร อภิวัฒนานุกูล, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, ทิพาพร อยู่วิทยา และอดิศักดิ์ นาถกรณกุล. 2539. การชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกชื้นโดยการระบายอากาศ. **วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย.).** 30: 351-360.

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis (18th ed.). **Association of Official Analytical Chemists**, Washington DC., USA.

Aquerreta, J., Iguaz, A., Arroqui, C. and Virseda, P. 2007. Effect of high temperature intermittent drying and tempering on rough rice quality. **Journal of Food Engineering,** 80: 611-618.

Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi. J., Wu, X., 2017. Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry**. LWT-Food Science and Technology.** 80**:** 178-184**.**

Dong, R., Lu, Z., Liu, A., Nishiyama, Y. and Cao, W. 2009. Moisture distribution in a rice kernel during tempering drying**. Journal of Food Engineering.** 91**:** 126-132**.**

Zhang, Q., Yang, W. and Jia, C. 2003. Preservation of head rice yield under high-temperature tempering as explained by the glass transition of rice kernels. **Cereal Chemistry.** 80: 684-688.

ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก

Automatic Temperature and Relative Humidity Control System for Paddy Storage Chamber

ทินวัฒน์ จังจริง[1*] นิสิต ภูครองตา[1] บุญฤทธิ์ คุ้มเขต[1] ภูเบต แสงมะฮะหมัด[1]
พุทธิพร เทียมสินสังวร[2] และ วันเฉลิม ชั้นวัฒนพงศ์[1]
Thinnawat Jangjing[1] NIsit Pukrongta[1] Boonyarit Kumkhet[1] Pubet Sangmahamad[1]
Puttiporn Thiamsinsangwon[2] and Wanchalerm Chanwattanapong[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก โดยมีปริมาตรความจุ 22,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งระบบสามารตรวจจับและส่งค่าด้วยอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รุ่น DHT21 และประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด Node MCU ESP8266 รวมถึงสามารถจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ผ่านระบบสื่อสารไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz ระบบถูกออกแบบภายใต้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งเพื่อประยุกต์ใช้งานร่วมกับภาคการเกษตรขนาดเล็ก ตู้เก็บข้าวเปลือกสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 40 – 50°C และกำหนดให้สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10 – 15% ได้อย่างอัตโนมัติ โดยหลักการออกแบบจะใช้เซ็นเซอร์ DHT21 ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ร่วมกับ Node MCU ESP8266 ในการควบคุมอุปกรณ์ทำความร้อนและชุดระบายอากาศเพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าคงที่ภายใต้ขอบเขตที่ทำการออกแบบ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตู้เก็บข้าวเปลือกสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้เข้าสู่ขอบเขตที่กำหนดด้วยอัตราเฉลี่ยร้อยละ 0.007 ต่อวินาที และจากการวัดประสิทธิภาพของอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 1.258 และ 6.1 ตามลำดับ

คำสำคัญ : อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, อินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง, ชุดระบายอากาศ, ตู้เก็บข้าวเปลือก

---

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[2]Department of Chemical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, University Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : thinnawat_j@rmutt.ac.th

ABSTRACT

In this paper, design of an automatic temperature and relative humidity control system for paddy storage chamber is presented. It is 22,000 cubic centimeters of volume. Temperature and relative humidity sensor DHT21 are deployed to the proposed system, where the controller Node MCU ESP8266 is working as processor unit. Furthermore, this paddy storage chamber able to transfer the measured data from DHT21 to cloud service through a wireless communication network with 2.4GHz of the frequency band. The system also designed under the Internet of Thing (IoT) technology, which is applied to the small agricultural sector. The paddy storage chamber had automatically controlled the temperature and relative humidity in a range of 40 – 50°C and 10 – 15% respectively. The principles of the design, DHT21 temperature, and relative humidity sensor has been used, and Node MCU ESP8266 is a controller to controlling the heater and ventilation unit, so that the temperature and relative humidity are still constant under the design boundaries. The test results show that the paddy storage chamber can control the relative humidity to a boundaries value at an average rate of 0.007 percent per second. The result of the efficiency measurement of the sensor, the average error in temperature and relative humidity are 1.258% and 6.1 5% respectively.

Keywords : temperature, relative humidity, Internet of Thing, ventilation unit, paddy storage

บทนำ

เกษตรกรรม เป็นอาชีพที่ประชากรในประเทศไทยประกอบอาชีพนี้ สูงถึงร้อยละ 29.3 เปอร์เซ็นต์ จากการสำรวจกลุ่มอาชีพทั้งประเทศของประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่มีงานทำ จำแนกตามอุตสาหกรรม และเขตการปกครอง พ.ศ. 2559 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (“วารสารสถิติรายไตรมาส ปีที่ 64 ไตรมาสที่ 3 พ.ศ. 2559.” 2559 : 16) ซึ่งเป็นตัวผลักดันให้เศรษฐกิจของชาติมีการเจริญเติบโต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาชาติ แต่ในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมในยุคก่อน ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจของชาติ โมเดลประเทศไทย 1.0 ที่เน้นภาคการเกษตร แต่ยังพบปัญหาในเรื่องของความยั่งยืน ในปัจจุบันจึงได้มีนโยบายโมเดล “ประเทศไทย 4.0” เพื่อการพัฒนาสู่ “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ด้วยการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม ซึ่งกลุ่มเทคโนโลยีการเกษตร เป็นหนึ่งกลุ่มที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีมุ่งเน้นใช้งานร่วมกับการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีอาชีพมั่นคง มีรายได้เพียงพอต่อการเลี้ยงชีพควบคู่ไปกับการให้ความสำคัญในการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิต การจัดการสินค้าเกษตรและความมั่นคงด้านอาหาร ส่งเสริมการผลิตพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทนให้มีความเหมาะสม โดยกำหนดเป้าหมาย สู่ความเป็น Smart Farmer ซึ่งเป็นการจัดการฟาร์มที่แบบมืออาชีพ ที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิตเกษตรกร ให้เกษตรกรมีความสามารถพึ่งพาตนเองได้ มีภูมิคุ้มกันพร้อมรับความเสี่ยงด้านการผลิต การตลาด และมีการกระจายรายได้ที่ทั่วถึง มีความสามารถใน การผลิตและการตลาด ส่งเสริมการทำงานร่วมกันระหว่างภาคเกษตร อุตสาหกรรม และพลังงานสู่เกษตรกรรมที่ยั่งยืนสืบไป

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้จากการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย แต่ปัจจุบันการจัดการข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวยังประสบปัญหาด้านการรักษาคุณภาพ ในการเก็บรักษาข้าวเปลือกก่อนนำไปบริโภคหรือเพื่อพาณิชย์ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการสี ซึ่งตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพข้าวที่สำคัญ คือ ความเหลืองของข้าวและเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น โดยพบว่าข้าวที่มีความเหลืองน้อยและเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสูงจะสามารถขายได้ราคาดีกว่าข้าวที่มีความเหลืองมากและมีเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นต่ำ สาเหตุการเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือกคือความชื้นที่สูงซึ่งมีผลมาจากความร้อนภายในกองข้าวเปลือกชื้นที่อับอากาศ ความร้อนซึ่งเกิดจากการหายใจของเมล็ดพืชเองและเกิดจากจุลินทรีย์ต่างๆ ที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงความชื้นสูงนี้ ซึ่งข้าวความชื้นสูงดังกล่าวหากไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสมอาจเกิดการเสื่อมคุณภาพได้

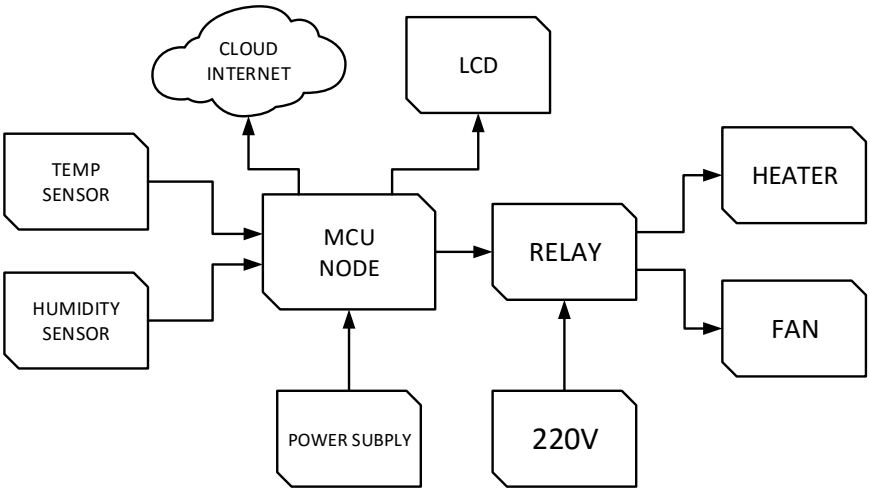
โดยทั่วไปข้าวเปลือกชื้นหลังการเก็บเกี่ยวจะมีความชื้นอยู่ในช่วง 18.0%-26% มาตรฐานเปียก ซึ่งความชื้นระดับนี้ข้าวเปลือกจะเสียหายได้ง่ายเนื่องจากความร้อนภายในกองข้าวเปลือกซึ่งเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ โดยเฉพาะเชื้อราและจากการหายใจของเมล็ดพืชโดยการเผาผลาญแป้งกับออกซิเจนทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อน ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นเป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพข้าวลดลง ระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสำหรับการเก็บรักษาหรือก่อนนำไปสีอยู่ในช่วง 12.0% - 14.0% มาตรฐานเปียก จากการศึกษาของ (ไมตรี ปรีชา, 2544) ในการชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยการไหลเวียนข้าว และการออกแบบและทดสอบระบบระบายอากาศเพื่อชะลอความเสียหายของข้าวเปลือกชื้นของ (สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, 2541 : 4-6) พบว่าการลดความชื้นที่ใช้กันอยู่มี 2 วิธีคือ การตากแดด และการใช้เครื่องอบแห้ง ซึ่งทั้งสองวิธีสามารถช่วยลดความชื้นของข้าวลงได้แต่ก็ไม่สามารถควบคุมให้ความชื้นอยู่ในระดับที่จะรักษาข้าวไว้ได้นาน และยังพบว่าสถานที่ในการเก็บข้าวเปลือกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวเกิดความชื้นได้ง่าย จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ของสถานที่ที่ใช้ในการจัดเก็บข้าวอีกด้วย

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการออกแบบและสร้างแบบจำลองระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือกโดยออกแบบให้ตู้เก็บข้าวเปลือกสามารถตรวจรู้อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ของบริเวณภายในตู้เก็บข้าวเปลือก เมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีระดับที่ไม่เหมาะสมตามความต้องการ ระบบจะทำการปรับให้อัตโนมัติโดยทันที เพื่อควบคุมระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมต่อข้าวเปลือก โดยใช้เทคโนโลยีในยุคดิจิทัลมาประยุกต์ใช้กับโรงเก็บนี้ โดยประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ (Embedded System) ร่วมกับเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of things : IoT) เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ รวมถึงระบบระบายอากาศสำหรับระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก สามารถส่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปยังระบบคลาวด์ เพื่อทำการรายงานผลแบบเรียลไทม์ และสามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้

วิธีดำเนินการวิจัย

องค์ประกอบของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก แสดงดังภาพที่ 1 โดยมีไมโครคอนโทรเลอร์ MCU Node ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผล ในการประมวลผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และควบคุมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม โดยการสั่งให้ชุดขดลวดความร้อน และชุดพัดลมระบายอากาศ พร้อมทั้งแสดงผลทางจอแสดงผลแบบ LCD รวมถึงส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเครือข่ายไร้สายไปยังระบบคลาวด์อีกด้วย

สำหรับแผนการดำเนินงานระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือกได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานไว้เป็นหัวข้อดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก

1. การวางแผนการดำเนินงาน

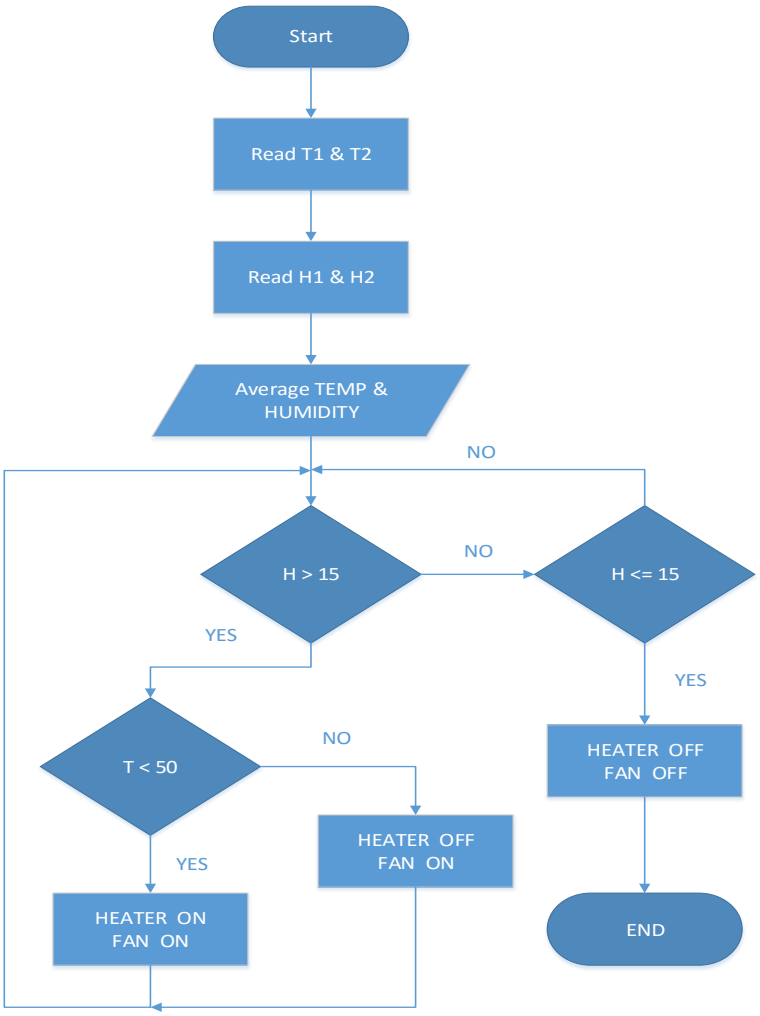
ขั้นตอนการวางแผนการดำเนินงานเป็นการวางโครงสร้างหลักการทำงานต่างๆ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหลักการทำงานของตัวตรวจจับอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์, ระบบระบายอากาศ, ระบบสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ อีกทั้งในส่วนของโปรแกรมศึกษาการใช้ Node MCU ESP8266 ซึ่งเป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลของกลุ่มเมฆ เพื่อกำหนดขอบเขตของการทำงาน กำหนดช่วงเวลาของการปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน

2. ออกแบบและติดตั้งระบบ

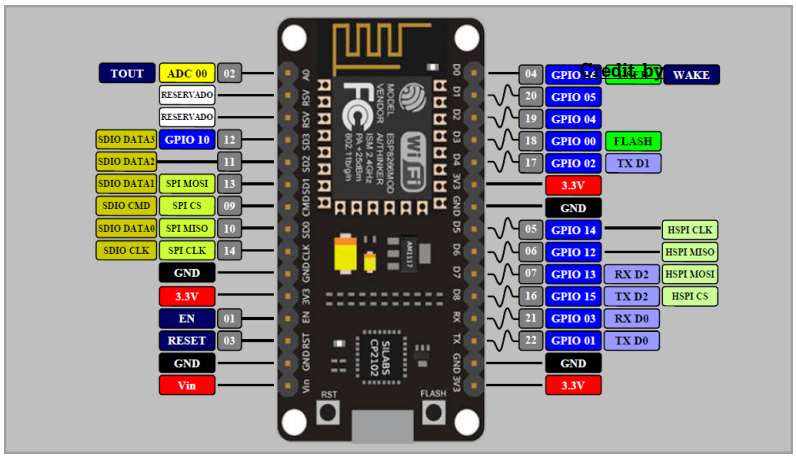
การออกแบบและติดตั้งระบบ เพื่อใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก เริ่มต้นจากรูปแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะกับการใช้งาน และทำการออกแบบตู้เก็บข้าวเปลือก โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

2.1 ตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น จะใช้โมดูล DHT 21 เป็นตัววัดอุณหภูมิและความชื้น ย่านวัดความชื้น 0 -100% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +- 5% RH ความละเอียดในการวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต สามารถวัดอุณหภูมิได้ -40 - 80 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +- 0.5 องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิต ใช้กระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3 - 5.5 VDC อุปกรณ์ตรวจรู้จะทำการติดตั้งในตำแหน่ง ตรงกลางตู้ข้าวเปลือกเพื่อวัดอุณหภูมิและความชื้น ช่วงอุณหภูมิและความชื้นที่ข้าวเปลือกต้องการควบคุมคือ ความชื้นระหว่าง 10-15% อุณหภูมิระหว่าง 40-50 องศาเซลเซียส อุปกรณ์ตรวจรู้จะทำการส่งข้อมูลที่วัดได้ส่งไปที่ส่วนควบคุมประมวลผล

2.2 ส่วนควบคุมและประมวลผล จะใช้ Node MCU ESP8266 ซึ่งเป็นบอร์ดประมวลผลที่มีการทำงานคล้ายกับ Arduino แต่มีการปรับแต่งเพิ่มเติมโดยการเพิ่มโมดูล ESP-12E เข้าไปในบอร์ดเป็นลักษณะฝังติดกับตัวบอร์ดหลักจึงทำให้บอร์ดนี้มีความสามารถในด้านการสื่อสารไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz กระบวนการทำงานของระบบประมวลผลดังภาพที่ 2

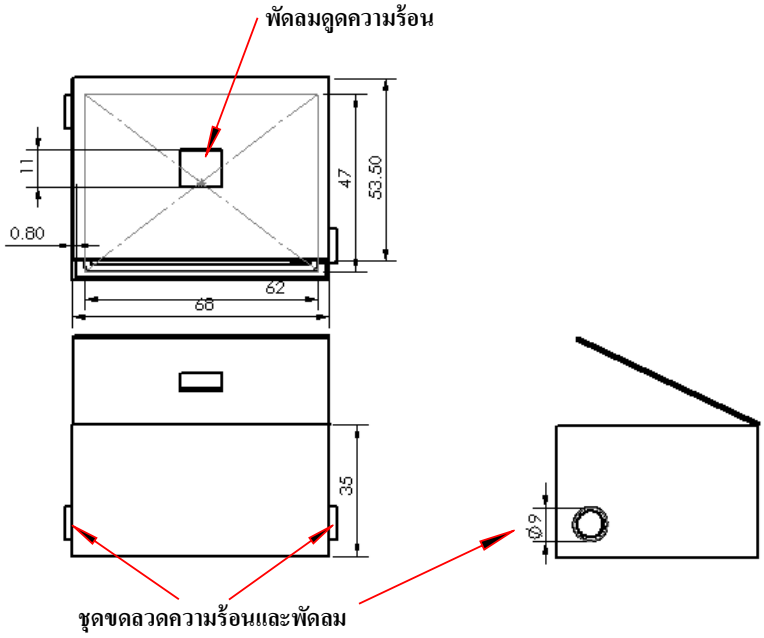


ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมการประมวลผลการทำงาน



ภาพที่ 3 โครงสร้างบอร์ดและจุดต่อใช้งานของบอร์ด Node MCU ESP8266

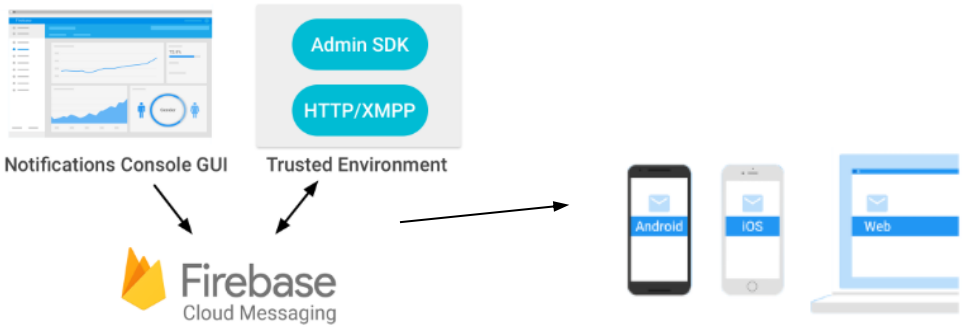
2.3 ระบบไล่ความชื้นของตู้ข้าว ประกอบด้วยชุดขดลวดความร้อน (Heater) ขนาด 1000 W จำนวน 2 ตัว ติดตั้งไว้ส่วนด้านล่างของตู้ และชุดพัดลมระบายอากาศ 2 ชุด โดยชุดแรกถูกติดตั้งไว้กับขดลวดความร้อน ทำหน้าที่เป่าลมร้อนที่เกิดจากขดลวดความร้อนเข้าไปยังภายในตู้ ในขณะที่ชุดที่ 2 ถูกติดตั้งไว้ด้านบนของตู้ (ดังภาพที่ 4) เพื่อถ่ายเทอากาศร้อนภายในตู้ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นการลดความชื้นในข้าวโดยใช้ลมร้อน



ภาพที่ 4 โครงสร้างตู้เก็บข้าวเปลือกและตำแหน่งการติดตั้งขดลวดความร้อนและพัดลม

2.4 ส่วนจัดเก็บข้อมูล ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud storage) เป็นรูปแบบของเครือข่ายการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งไม่เพียงแต่จัดเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้งานต่างๆแล้ว ยังเป็นศูนย์รวมการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะ Virtual Pool ซึ่งหมายถึงแนวทางที่ให้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ ถูกมองเป็นอุปกรณ์ Hard disk ของผู้ใช้งานแต่ละคน ดังนั้นในศูนย์

จัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วย Storage Array มีการแบ่งเนื้อที่จัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละคน เสมือนหนึ่งว่าแต่ละคนมี Hard Drive ของตนเอง (แต่ใช้วิธีการแบ่งเนื้อที่ใน Hard Drive) โดยศูนย์จัดเก็บข้อมูลนี้ อาจเป็นผู้บริการรายใดรายหนึ่งที่มี Data Center ก็ได้ และผู้ใช้งานจะต้องเช่าใช้เนื้อที่ของ Hard Disk เพื่อจัดเก็บข้อมูลของเขาก็ได้ ข้อมูลของผู้ใช้บริการอาจถูกจัดเก็บไว้ใน Hard Drive ตัวเดียวกัน หรือหลายตัว ในหลาย Server ก็ได้ และความปลอดภัยของข้อมูลข่าวสารขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของการให้บริการ



ภาพที่ 5 ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud storage)

ผลและวิจารณ์ผล

1. การทดสอบหาค่าความผิดพลาดของตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น

ทำการทดสอบหาค่าความผิดพลาดของตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้นโดยการวัดทดสอบเทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน VICTOR VC330 จำนวน 5 ครั้งและหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ย





ภาพที่ 6 อุณหภูมิจากตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น เทียบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน VICTOR VC330

1) การหาค่าความผิดพลาดของตัวตรวจรู้อุณหภูมิ ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ที่อุณหภูมิระหว่าง 30 – 50 องศาเซลเซียส พบว่ามีค่าความผิดพลาดของค่าที่วัดได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 1.258 ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการบันทึกอุณหภูมิของข้าวเปลือกเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน

อุณหภูมิ (°C)	เครื่องมือมาตรฐาน (°C)	ค่าความผิดพลาด (%Error)
30.2	30.1	0.33
35	34.2	2.34
40	40	0
45	44.3	1.58
50	49	2.04
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวม		1.258

2) การหาค่าความผิดพลาดของตัวตรวจรู้ความชื้นสัมพัทธ์ ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 – 10 พบว่ามีค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 6.1 ดังแสดงตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการบันทึกความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวเปลือกเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน

ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	เครื่องมือมาตรฐาน (%)	ค่าความผิดพลาด (% Error)
60.45	61	0.9
25.5	26	1.92
20	21	4.76
15	16	6.25
10	12	16.67
ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวม		6.1

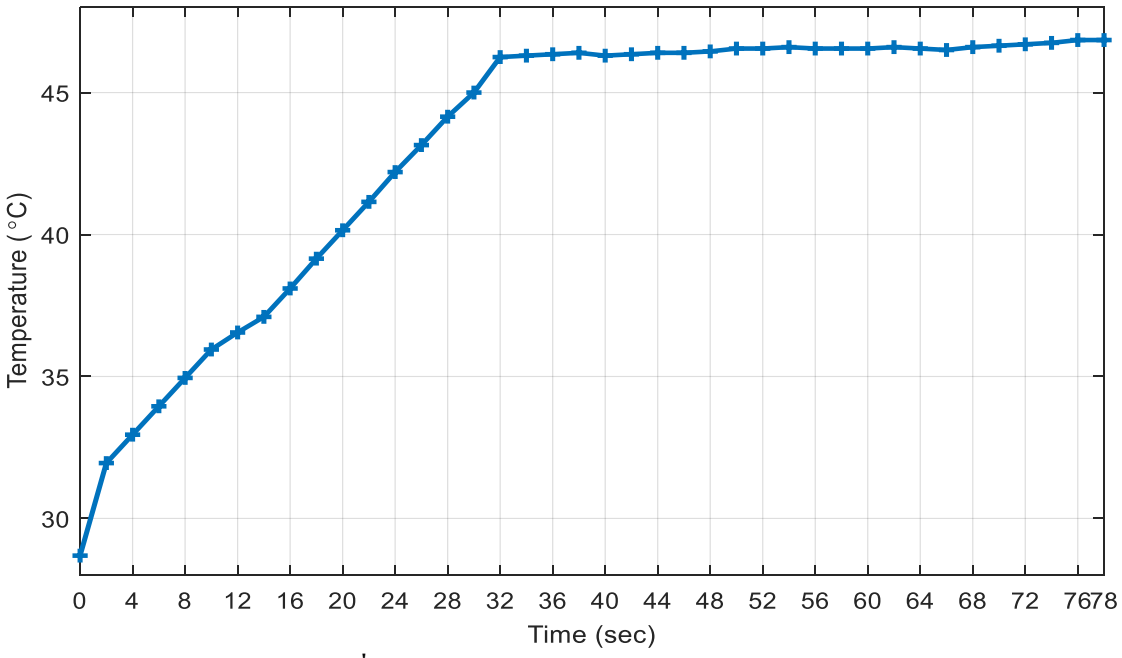
2. การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านระบบคลาวด์

ในการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทำการทดสอบโดยใช้ข้าวเปลือกจำนวน 2 กิโลกรัม บันทึกอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวเปลือกทุก 2 นาที จำนวน 40 ครั้ง พร้อมทั้งส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์และบันทึกผล แสดงการทดสอบดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การทดสอบข้าวเปลือก

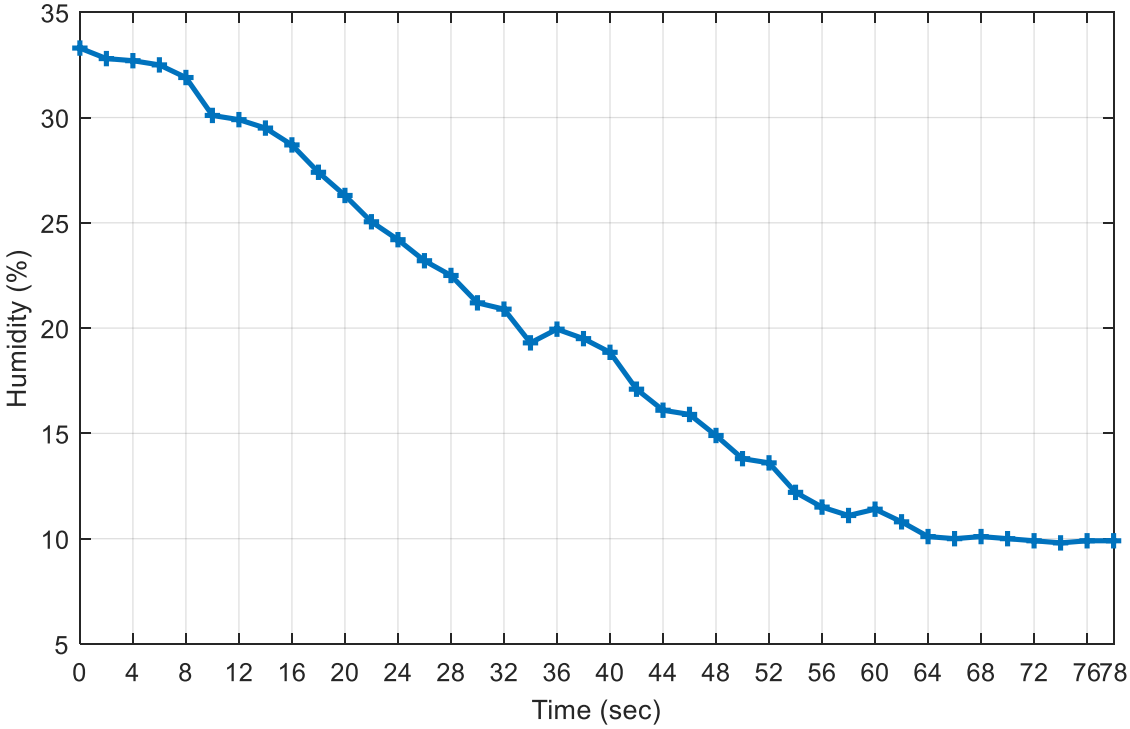
จากผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก ในเรื่องอุณหภูมิที่ได้จากระบบคลาวด์ที่มีการจัดเก็บข้อมูลทุกๆ 2 นาที พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้นภายในตู้มีค่าประมาณ 30 องศา เซลเซียล จากนั้นระบบจะทำการปรับอุณหภูมิภายในตู้ให้เข้าสู่อุณหภูมิที่คงที่ประมาณ 45 องศาเซลเซียล ใช้เวลาประมาณ 30 นาที โดยเฉลี่ยอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.5 องศาเซลเซียลต่อนาที หรือ 0.008 องศาเซลเซียลต่อวินาที (0.008°C/sec) แสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กราฟบันทึกอุณหภูมิถายในตู้เก็บข้าวเปลือก

จากผลการทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก ในเรื่องความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากระบบคลาวด์ที่มีการจัดเก็บข้อมูลทุกๆ 2 นาที พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้นภายในตู้มีค่าประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นระบบจะทำการปรับความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ให้เข้าสู่ความชื้นสัมพัทธ์ที่กำหนดไว้ที่ 10 เปอร์เซ็นต์

ใช้เวลาประมาณ 60 นาที โดยเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ลดลง 0.42 เปอร์เซ็นต์ต่อนาที หรือ 0.007 เปอร์เซ็นต์ต่อวินาที (0.007%/sec) แสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กราฟบันทึกความชื้นสัมพัทธ์ของข้าวเปลือก

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือก โดยตู้เก็บข้าวเปลือกมีปริมาตรความจุที่ 22,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปยังระบบคลาวด์ผ่านระบบสื่อสารไร้สายโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้งานร่วมกับภาคการเกษตรขนาดเล็ก ตู้เก็บข้าวเปลือกสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 40 – 50°C และกำหนดให้สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 10 – 15% ได้อย่างอัตโนมัติ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 1.258 และ 6.1 ตามลำดับ และจากผลการทดสอบที่ได้จากระบบคลาวด์ของระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือกที่นำเสนอ ระบบตู้เก็บข้าวเปลือกสามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้เข้าสู่ขอบเขตที่กำหนดด้วยอัตราเฉลี่ยร้อยละ 0.007 ต่อวินาที

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อัตโนมัติสำหรับตู้เก็บข้าวเปลือกนี้ สำเร็จลุล่วงเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 (เพิ่มเติม)

เอกสารอ้างอิง

อรรถพล นุ่มหอม. 2540. **การใช้เทคโนโลยีกับการพัฒนาคุณภาพข้าว**. ในรายงานสัมมนามาตรฐานข้าวไทยสู่ความเป็นหนึ่ง. นครราชสีมา : กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. 2541. **การออกแบบและทดสอบระบบระบายอากาศเพื่อชะลอความเสียหายของข้าวเปลือกชื้น**. วารสารเทคโนโลยี 19(1) : 4-6.

ไมตรี ปรีชา. 2544. **การศึกษาการชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยการไหลเวียนข้าว**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเครื่องจักรกลเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

S.G. Galande, Dr. G.H. Agrawal, M.S. Anap. (July 2015) **A Parameter Monitoring And Control Of Grain Storage By Embedded System**. International Journal of Informative & Futuristic Research Volume 2 Issue 11.

Hemanth Kumar G, Manjunathlakkannavar. **The Design of Granary Environmental Monitoring and Control System Based On ARM9 and ZIGBEE**. 25-29

Xuedong Zhang, Xiujuan Li, Jie Zhang. **HDesign and Implementation of Embedded Monitoring System for Grain Storage**.

Ma Jun, Cao Zhi-Yan. 2009. **Design on Intelligent Node of Industrial Ethernet Based on ARM**. Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. icicta vol. 3, 123-125.

การศึกษาการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการจราจรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

A Study of Air Emission from Traffic within Rajamangala University of Technology Thanyaburi

ฐนียา รังษีสุริยะชัย[1*] กุลยา สาริชีวิน[1] คฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์[1] และ สมพิศ ตันตวรนาท[1]

Thaneeya Rangseesuriyachai[1*] Kullaya Saricheewin[1] Khatapon Pinpatthanapong[1] and Sompit Tantavoranart[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการจราจรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งมีนักศึกษาและบุคลากรจำนวนมากเทียบเคียงได้กับชุมชนขนาดเล็กที่มีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ แต่กิจกรรมหลักที่คาดว่าจะเป็นกิจกรรมหลัก คือ การคมนาคมขนส่งภายในมหาวิทยาลัย โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรภายในมหาวิทยาลัยทั้งหมด 9 จุดเก็บ รอบมหาวิทยาลัยในระหว่างเปิดภาคการศึกษา แล้วนำมาทำการประเมินปริมาณการระบายมลพิษโดยการคำนวณด้วยการใช้ตัวคูณมลพิษ (Emission factor) จากการทบทวนวรรณกรรม และใช้แบบสอบถามในการประมาณระยะทางและการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ ผลการทดลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแสดงผลในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent: CO_2e) โดยกำหนดขอบเขตและรูปแบบกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรเพียงอย่างเดียว จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีค่าเท่ากับ 3,780,100 kg CO_2e/year โดยยานพาหนะที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากรถจักรยานยนต์ มีค่าเท่ากับ 1,659,728 kg CO_2e/year คิดเป็นร้อยละ 43.9 ของการปลดปล่อยก๊าซทั้งหมด ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เพื่อประกอบการพิจารณาคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมเพื่อใช้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยเพื่อก้าวสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green university) ตามยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยต่อไป

คำสำคัญ : มลพิษทางอากาศ ก๊าซเรือนกระจก มหาวิทยาลัยสีเขียว อัตราการระบายมลพิษ

ABSTRACT

This study investigated the air emission from traffic activity within Rajamangala University of Technology Thanyaburi (RMUTT). There are a lot of students and staffs similar to small communities which have many activities relate greenhouse gas emissions. However, the major activity for greenhouse gas emissions in RMUTT may cause by in-campus-traffic. The traffic volume data was collected from 9 point sources around the campus during the semester. Subsequently, the greenhouse gas emission was calculated by using the emission factor from the literature review. Moreover, questionnaires were used to estimate the distance and the fuel consumption of vehicles from the average trip data. The results of greenhouse gas emission were shown in term of carbon dioxide equivalent (CO_2 equivalent: CO_2e) which scope the emission activity only from traffic sector within the university. The results of this study show that the total greenhouse gas emissions from RMUTT was 3,780,100 kg CO_2e/year. The largest emissions source was from motorcycles; 1,659,728 kg CO_2e/year, contributing 43.9% of the total emissions. The results of this study can be used to determine the optimal way to reduce the greenhouse gas emissions of the University to the Green University according to the university strategy.

Keywords : air emission, greenhouse gas, green university, emission factor

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : thaneeya.r@en.rmutt.ac.th โทร. 0 2549 3410

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศจากปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจกเป็นปัญหาที่เป็นวิกฤติระดับโลก ดังจะเห็นได้จากมาตรการหรือความร่วมมือต่างๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อสร้างให้เกิดความร่วมมือในการลดปัญหาและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกระดับทุกภาคส่วน โดยก๊าซเรือนกระจกเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์แทบทุกกิจกรรมและในทุกภาคส่วนโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการคมนาคมขนส่ง (ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล, 2554) ดังนั้นจึงทำให้หลายประเทศตื่นตัวและตระหนักในการมีส่วนร่วมเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากขึ้น มีการกำหนดเป็นยุทธศาสตร์ นโยบายและมาตรการเพื่อป้องกันและแก้ไขไว้อย่างชัดเจน โดยประเทศไทยก็ตระหนักในเรื่องดังกล่าวเช่นกัน โดยคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติได้เห็นชอบต่อแผนแม่บทแห่งชาติด้านการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2593 ตามที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสนอต่อคณะรัฐมนตรีในการลดก๊าซเรือนกระจก ผลักดันการจัดทำแผนดำเนินงานอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพในทุกภาคส่วนและทุกระดับ ส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศไทย และส่งเสริมให้ไทยเป็นสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) ภายใต้บริบทการพัฒนาประเทศแบบเศรษฐกิจพอเพียง (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2561) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีก็ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าวและตระหนักว่าการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีจะมีส่วนช่วยให้เกิดบรรยากาศที่ดีทั้งในเรื่องของการเรียนการสอนและรวมถึงการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นส่วนช่วยลดการเกิดมลภาวะทางอากาศนี้ด้วย การส่งเสริมให้นักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยมีจิตสำนึกในการรักษาสิ่งแวดล้อมจึงเป็นหนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญของมหาวิทยาลัยตามกลยุทธ์ของมหาวิทยาลัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาด้วยทรัพยากรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและพัฒนามหาวิทยาลัยเป็น “Green University” ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในสถานศึกษาเกิดจากการขนส่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีเนื้อที่ประมาณ 740 ไร่ มีจำนวนนักศึกษา 25,192 คน และอาจารย์/เจ้าหน้าที่จำนวน 2,109 คน รวมจำนวนบุคลากรทั้งสิ้นประมาณ 27,301 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2560) (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2561) ซึ่งมีจำนวนมากเทียบเคียงได้กับชุมชนขนาดเล็กที่มีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ แต่กิจกรรมหลักที่คาดว่าจะเป็นกิจกรรมหลัก คือ การคมนาคมขนส่งภายในมหาวิทยาลัย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการจัดทำสถิติปริมาณจราจรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเพื่อทำการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการคมนาคมขนส่งภายในมหาวิทยาลัยโดยใช้ช่วงที่มีการจราจรสูง (ระหว่างภาคการศึกษา) ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและกำหนดแนวทางในการดำเนินการกิจกรรมเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยเพื่อก้าวสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว (Green university) ตามยุทธศาสตร์ของมหาวิทยาลัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการศึกษา

1) แบบเก็บข้อมูลปริมาณจราจร

2) แบบสอบถาม โดยการคำนวณขนาดตัวอย่างด้วยวิธีของ Yamane (1967) คำนวณจากจำนวนนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นประชากรทั้งหมด ซึ่งคำนวณได้จำนวนตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง

2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 สำรวจพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2.2 กำหนดจุดเพื่อทำการศึกษา โดยทำการศึกษาปริมาณจราจร ณ บริเวณทางเข้า-ออก จุดทางแยก และบริเวณอาคารต่างๆ ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จุดที่ทำการตรวจวัด

จุดที่	จุดเก็บข้อมูล	บริเวณที่เก็บตัวอย่าง
1	ป้อมยาม	ประตู 1
2	ป้อมยาม	ประตู 2
3	สี่แยก	อาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์
4	สี่แยก	ใกล้กับคณะบริหารธุรกิจ
5	สี่แยก	โรงอาหารกลาง
6	ป้อมยาม	ประตูที่ 4
7	สี่แยก	ใกล้กับคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
8	สี่แยก	บ้านพักอาจารย์
9	ด้านหน้า	อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2.3 ทำการเก็บข้อมูลปริมาณจราจรในแต่ละช่วงเวลา โดยแยกตามประเภทของยานพาหนะ ได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถจักรยานยนต์ รถโดยสารประจำทาง รถตู้ รถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไป และรถปิคอัพ 4 ล้อ โดยใช้คนนับจำนวนด้วยเครื่องกดนับจำนวนทั้งรถที่ผ่านเข้าและออกจากจุดที่กำหนด ตามแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลจำนวนยวดยานแยกประเภท โดยในการเก็บข้อมูลจะเริ่มทำการเก็บในช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. โดยบันทึกจำนวนรถทุกๆ ชั่วโมง ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลจะเป็นระหว่างภาคการศึกษาที่มีการเรียนการสอนปกติรวมถึงวันหยุดราชการ จำนวนทั้งสิ้น 14 วัน

2.4 ทำแบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อเป็นข้อมูลในการกำหนดระยะทางและการประมาณการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ โดยสามารถคำนวณขนาดตัวอย่างได้จากสมการที่ (1) (Yamane, 1967)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (1)$$

โดยที่ n = ขนาดตัวอย่างที่คำนวณได้

N = จำนวนประชากรที่ทราบค่า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

2.5 คำนวณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากข้อมูลปริมาณจราจรที่สำรวจได้โดยคูณกับตัวคูณมลพิษ (Emission factor) (ดังแสดงในสมการที่ (2)

ปริมาณการระบายมลพิษ = ข้อมูลการใช้รถยนต์ x ตัวคูณมลพิษ (Emission Factors) (2)

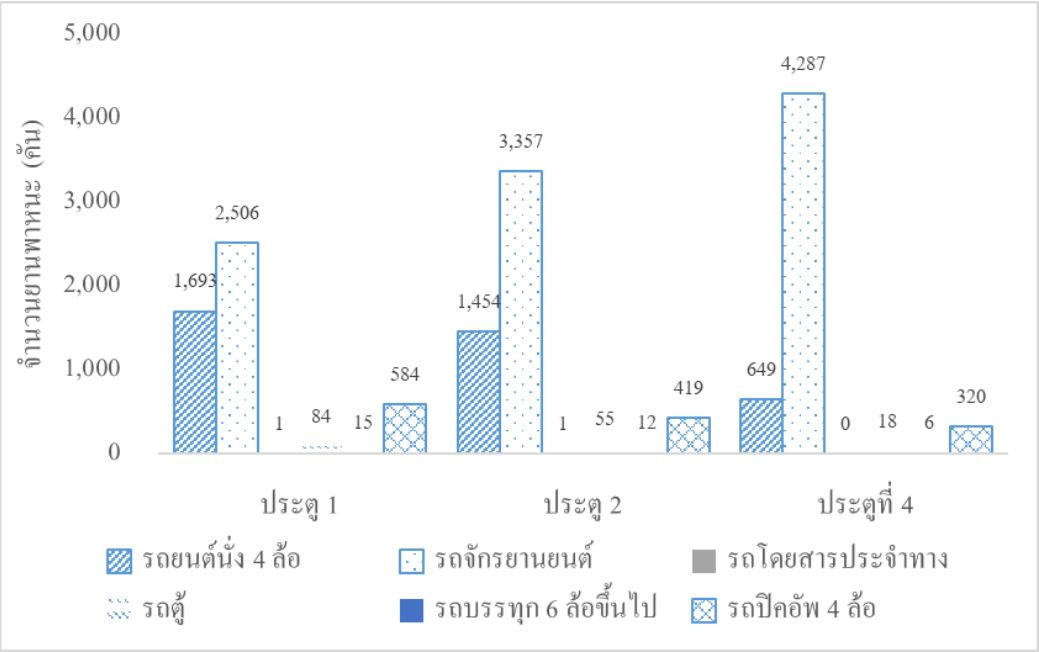
โดยที่ ข้อมูลการใช้รถยนต์ = ระยะทางเฉลี่ยของการใช้งานของรถยนต์แต่ละประเภทต่อปี (หน่วยกิโลเมตรต่อปี)

ตัวคูณมลพิษ = ค่าการระบายมลพิษของรถยนต์แต่ละประเภทและการใช้ เชื้อเพลิงแต่ละชนิด (หน่วยน้ำหนักต่อกิโลเมตร)

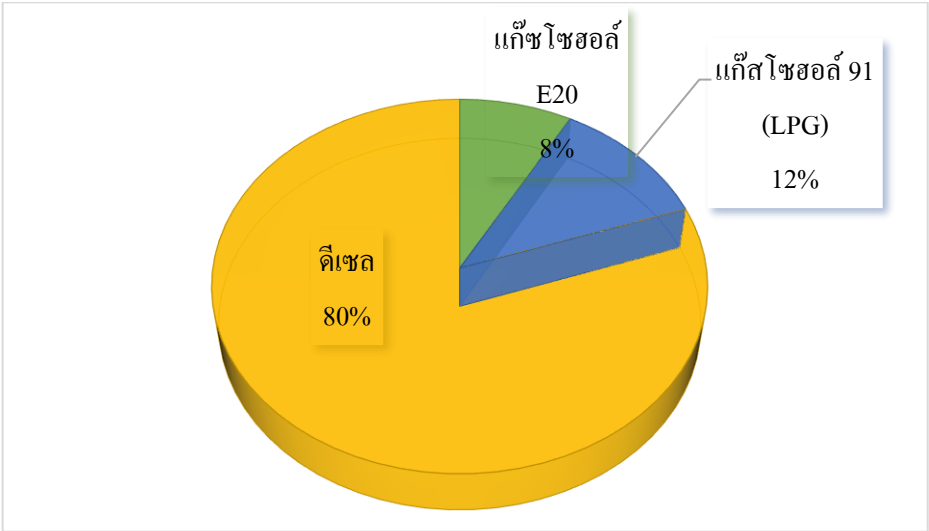
ผลและวิจารณ์ผล

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้ทำการสำรวจข้อมูลปริมาณจราจร การทำแบบสอบถามเพื่อให้ทราบข้อมูลปฐมภูมิเรื่องระยะทาง ชนิดของเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ และการวิเคราะห์ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการลดมลพิษทางอากาศของมหาวิทยาลัยเพื่อการมุ่งสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว โดยทำการนับปริมาณจราจรภายในมหาวิทยาลัยทั้งหมด 9 จุด แสดงผลเปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทแต่ละประตูเข้า-ออกของมหาวิทยาลัยดังแสดงในรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่ายานพาหนะที่มีจำนวนมากที่สุดทุกประตูของมหาวิทยาลัย ได้แก่ จักรยานยนต์ โดยมีการจราจรหนาแน่นที่สุดที่ประตูที่ 4 ซึ่งมีจำนวนรถจักรยานยนต์ทั้งสิ้น 4,287 คัน เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ใกล้กับหอพักนักศึกษามากที่สุดเนื่องจากผู้ที่ใช้รถจักรยานยนต์ส่วนใหญ่คือนักศึกษา รองลงมาได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ ซึ่งพบมากที่สุดที่ประตูที่ 1 ของมหาวิทยาลัย ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้รถ เนื่องจากผู้ใช้รถยนต์นั่งส่วนใหญ่เป็นอาจารย์และเจ้าหน้าที่ซึ่งอาศัยอยู่ภายนอกและเดินทางเข้าสู่มหาวิทยาลัยจากถนนรังสิต-นครนายก เป็นจำนวนมาก โดยรถแต่ละประเภทมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานที่แตกต่างกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาประเภทของเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทด้วยดังแสดงผลการวิจัยเปอร์เซ็นต์ของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทในรูปที่ 2



ภาพที่ 1 จำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทแต่ละประตูเข้า-ออก มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2 เปอร์เซ็นต์เชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิงของการจราจรภายในมหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณสัดส่วนอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแยกตามประเภทเชื้อเพลิงของการจราจรภายในมหาวิทยาลัยจากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเชื้อเพลิงที่มีอัตราสิ้นเปลืองมากที่สุด คือ น้ำมันดีเซล รองลงมาได้แก่ แก๊สโซฮอล์ 91 (LPG) และแก๊สโซฮอล์ E20 ตามลำดับ โดยน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากถึงร้อยละ 80 ของการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมด เนื่องจากภายในมหาวิทยาลัยมีรถประจำทางที่ให้บริการนักศึกษาวิ่งวันละหลายคันและหลายเที่ยวต่อวัน รวมถึงจำนวนของรถปิคอัพ 4 ล้อ มีจำนวนมากเป็นอันดับที่สามของจำนวนยานพาหนะทั้งหมด นอกจากนี้ในมหาวิทยาลัยมีรถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไปที่วิ่งเข้าออกเนื่องจากการก่อสร้างด้วย จึงทำให้เกิดปริมาณอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันดีเซลสูงที่สุด

เมื่อนำข้อมูลต่างๆ จากแบบสอบถามซึ่งได้สัมภาษณ์ผู้ใช้ยานพาหนะชนิดต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยแบบสอบถามได้ถามรายละเอียดของยานพาหนะที่ใช้ ระยะที่ใช้โดยเฉลี่ยในแต่ละวัน เส้นทางที่เดินทาง และชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังที่กล่าวมา รวมถึงปริมาณจราจรที่ได้ สามารถนำมาคำนวณหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากยานพาหนะแต่ละประเภทได้ดังสมการที่ (2) ซึ่งแสดงผลการคำนวณตัวคูณมลพิษ (Emission factor) และปริมาณการระบายมลพิษหรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง (Emission GHG, fuel) ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท

ชนิดยานพาหนะ	จำนวน (คัน)	Emission factor ($kgCO_2e$/unit)	Emissions GHG,fuel ($kgCO_2e$/year)
รถยนต์นั่ง 4 ล้อ	3,795	2.17	1,172,274
รถจักรยานยนต์	10,150	2.24	1,659,728
รถโดยสารประจำทาง	3	2.74	6,001
รถตู้	156	3.19	65,390
รถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไป	34	2.74	42,504
รถปิคอัพ 4 ล้อ	1,324	2.74	834,203
รวม			3,780,100

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกค่า emission factor และค่าอัตราการสิ้นเปลืองของยานพาหนะจากรายงานวิจัยของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ (อิสรี รอดทัศนา, 2556) มาใช้ในการคำนวณ โดยการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษอยู่บนสมมติฐานของการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยและการใช้เชื้อเพลิงใน 1 วัน เพื่อนำมาเป็นตัวแทนของค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 1 ปี ซึ่งจากผลการวิจัยในตารางที่ 3 พบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีประจำปี 2560 มีค่าเท่ากับ 3,780,100 kg CO_2e/year หรือ 3,780 tons CO_2e/year โดยยานพาหนะที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ได้แก่ จักรยานยนต์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 43.9 และรองลงมา ได้แก่ รถยนต์นั่ง 4 ล้อ รถปิคอัพ 4 ล้อ รถตู้ รถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไป และรถโดยสารประจำทาง ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 31.0, 22.0, 1.73, 1.12 และ 0.16 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของการวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่ามีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเท่ากับ 10,675.40 tons CO_2e/year (ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล, 2554) โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบเพื่อหาแนวทางในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรของมหาวิทยาลัยเพื่อให้สองคล้องกับยุทธศาสตร์การมุ่งสู่มหาวิทยาลัยสีเขียวต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจราจรทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีมีค่าเท่ากับ 3,780,100 kg CO_2e/year โดยยานพาหนะที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากรถจักรยานยนต์ มีค่าเท่ากับ 1,659,728 kg CO_2e/year คิดเป็นร้อยละ 43.9 ของการปลดปล่อยก๊าซทั้งหมด โดยจุดที่ปลดปล่อยมลพิษจากรถจักรยานยนต์มากที่สุดมาจากประตูที่ 4 และน้ำมันเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดอัตราการสิ้นเปลืองมากที่สุดได้แก่ น้ำมันดีเซล

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้ให้โอกาสและให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย ประจำปี 2560 (ทุนวิจัยสถาบัน) ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2561. **การคาดประมาณการปลดปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทรถยนต์**. แหล่งที่มา: http://prtr.pcd.go.th/upload/20150727073925_Mobilesource%20estimation.pdf 11 มีนาคม 2560.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2561. **รายงานจำนวนบุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2560**. กองบริหารงานบุคคล. แหล่งที่มา:http://www.ped.rmutt.ac.th/?wpfb_dl=1079 1 มิถุนายน 2560

ยุคันต์ทิวัตถ์ กมลาสน์กุล. 2554. การวิเคราะห์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทางและขนส่งที่เกิดจากกิจกรรมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2561. **สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก / การลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย**. สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก. แหล่งที่มา:http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=11&s2=36 18 เมษายน 2561.

อิสรี รอดทัศนา. 2556. การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ

Yamane, T., 1967. **Statistics, An introductory analysis**. Harper and Row, New York.

การเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำเสียบ่อเกรอะด้วยกระบวนการกรองแบบผันกลับ

Increase of Phosphorus Concentration from Septage Wastewater by Applying Reverse Osmosis

ปิติพร มโนคุ้น[1*] ฐนียา รังษีสุริยะชัย[2] และ วิมลมาศ บุญยั่งยืน[3]

Pitiporn Manokhoon[1*] Thaneeya Rangseesuriyachai[2] and Wimonmas Boonyungyuen[3]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำเสียบ่อเกรอะด้วยกระบวนการกรองแบบผันกลับโดยผ่านเยื่อเมมเบรน เพื่อให้กระบวนการกำจัดฟอสฟอรัสในขั้นตอนต่อไปง่ายมากขึ้น และเป็นการนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดฟอสฟอรัส น้ำเสียที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นน้ำเสียที่ได้จากส่วนน้ำใสของบ่อเกรอะ ภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ผ่านการกรองด้วยทรายหยาบและกรวดละเอียดก่อนเข้าสู่กระบวนการกรองแบบผันกลับ โดยความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เข้าระบบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำออก เพอร์มิเอทมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และรีเทนเททมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น % Recovery เฉลี่ยเท่ากับ 89.2 กระบวนการกรองแบบผันกลับนี้สามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้ด้วยการแยกน้ำออกจากไอออนเกลือและสารปนเปื้อนอื่นๆ ไม่ให้ผ่านรูเมมเบรนไปได้ สารที่ผ่านไปไม่ได้จึงมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสมีความเข้มข้นมากกว่าเดิม

คำสำคัญ : การเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัส, น้ำเสียบ่อเกรอะ, การกรองแบบผันกลับ

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

[1] Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suanyai Sub-District, Muang District, Nonthaburi Province 11000, Thailand

[2] ภาควิชาโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. , Klong 6 Sub-district, Thanyaburi District, Pathum Thani Province 12110, Thailand

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตกาญจนบุรี ตำบลลุ่มสุ่ม อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี 71150

[3] Department of Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University (Kanchanaburi Campus), Lum Sum Sub-district, Sai Yok District, Kanchanaburi Province 71150, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pitiporn.envieng@gmail.com

ABSTRACT

The research aims to study the increasing of phosphorus concentration from the septage wastewater by applying reverse osmosis in order to be more easily treating of the phosphorus by next treatment process and used of the phosphorus for agricultural propose. It also can reduce the treatment cost of phosphorus removal. The wastewater in this study collected from the clear water part of septage tank at central learning building of faculty of engineering of Rajamangala University of Technology Thanyaburi. The wastewater was passed the filtration system by coarse sand and fine sand before went to the reverse osmosis system, the average phosphorus concentration of inlet was 56.9 mg/l, the average phosphorus concentration of outlet at permeate was 2.3 mg/l and retentate was 63.5 mg/l therefore increasing of recovery's percentage (%) as average was 89.2 %. The reverse osmosis system could produce the pure water by ion exchanging from Sodium ion and the contaminated substances that could not be passed membrane filter. The substance that could not be passed the membrane was increasing of concentration that affected to the increasing of phosphorus concentration.

Keywords: increasing of phosphorus concentration, septage wastewater, reverse osmosis

บทนำ

ปัจจุบันจำนวนประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วส่งผลให้ความต้องการทางด้านอุปโภคและบริโภคเพิ่มขึ้นด้วย ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรมประชาชนส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรประมาณ (34 ล้านคน) คิดเป็นร้อยละ 55.7 ของประชากรทั้งประเทศ ในการทำเกษตรกรรมนั้นต้องใช้น้ำและแร่ธาตุในการเพาะปลูก ฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุหนึ่งที่พืชมีความต้องการนำไปใช้ในการเจริญเติบโต จากข้อมูลของสำนักงานสำรวจธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา ระบุว่าเราจะมีฟอสเฟตใช้ถึงปี ค.ศ. 2050 หรือในอีก 30 ปีข้างหน้าแหล่งฟอสฟอรัสกาลังจะหมดไป ดินส่วนใหญ่บนโลกมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำเกษตรกรจึงมีความจำเป็น ที่ต้องใช้ปุ๋ยฟอสเฟตเพื่อชดเชยแร่ธาตุฟอสฟอรัสที่ขาดไป ฟอสฟอรัสในธรรมชาติมีอยู่ทั่วไปทั้งที่อยู่ในรูปแบบของของแข็ง และของเหลว โดยแหล่งฟอสฟอรัสหลักอยู่รูปของหินฟอสเฟตและมีฟอสฟอรัสจากการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต โดยฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้าธรรมชาติและน้าเสียส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป ออโธฟอสเฟต (Orthophosphate) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนฟอสฟอรัสที่พบในน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือโรงงานจะอยู่ในรูปโพลีฟอสเฟต (Poly phosphate) ซึ่งเป็นรูปของฟอสฟอรัสพบร่างกายมนุษย์ คิดเป็นร้อยละ 85-90 ของฟอสฟอรัสที่พบในร่างกายทั้งหมด ซึ่งฟอสฟอรัสเหล่านี้จะถูกขับถ่ายออกมาในรูปอุจจาระและปัสสาวะโดยทั่วไปของเสียเหล่านี้จะถูกทิ้งลงในชักโครกและกักเก็บอยู่ในบ่อเกรอะจนกระทั่งมีปริมาณมากขึ้นจึงจะมีการสูบทิ้ง (ปฐมพงษ์ แสงวิไลและรวินศักดิ์ ภูมิธนนิเวศน์, 2015)

น้ำเสียจากบ่อเกรอะเป็นน้ำที่ผสมกันระหว่างปัสสาวะ น้ำชะล้าง และอุจจาระบางส่วน ทำให้น้ำนั้นมีความเจือจางอาจทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีหรือมีค่าใช้จ่ายสูงในการนำไปบำบัดหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ดังนั้นก่อนที่จะนำน้ำในบ่อเกรอะไปใช้ควรทำให้น้ำนั้นมีความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้น กระบวนการในการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นมีหลาย

กระบวนการ เช่น การหมุนเหวี่ยง กระบวนการเมมเบรน เป็นต้น กระบวนการเมมเบรนเป็นการอาศัยเยื่อ เมมเบรน ในการแยกสารเจือปนที่ละลายออกจากน้ำ ซึ่งในปัจจุบันเป็นกระบวนการที่ได้ความนิยมเป็นอย่างมากเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง ในระบบเมมเบรนมีกระบวนการสำคัญ 3 แบบ คือ Electro dialysis (ED), Reverse osmosis (RO) และ Ultrafiltration (UF) กระบวนการ Electro dialysis ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นแรงขับดัน ให้เกิดการแยกสารเจือปนที่แตกตัวเป็นอิออนได้ออกจากน้ำ แต่ไม่สามารถแยกสารอินทรีย์ได้ RO และ UF ใช้แรงดันแยกสารต่างๆ ออกจากน้ำ RO สามารถแยกสารอินทรีย์ขนาดใหญ่และสารอนินทรีย์ได้เกือบทุกชนิด แต่ UF มีความด้อยกว่า RO เพราะสามารถแยกได้เฉพาะสารอินทรีย์ขนาดใหญ่เท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการกาจัดฟอสฟอรัสในขั้นตอนต่อไปง่ายมากขึ้นเพื่อน้ำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายจึงมีแนวคิดในการนำกระบวนการกรองแบบผันกลับ ซึ่งมีความสามารถมากกว่าเมมเบรนประเภทอื่นมาใช้ในการเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากบ่อเกรอะ

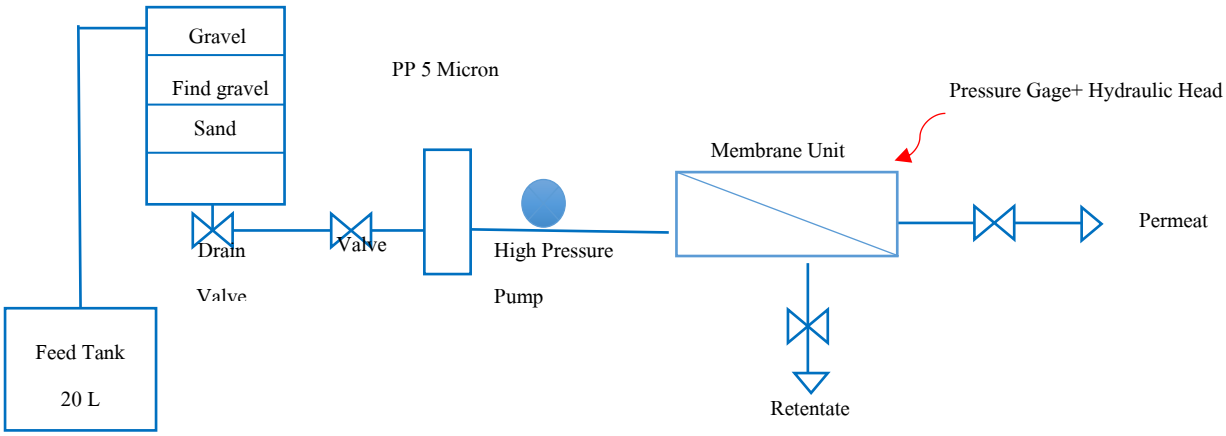
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระบบจำลองและการเดินระบบ

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้เยื่อกรองรุ่น TW30-1812-100 ทำจากโพลีเอไมด์ (Polyamide Thin-Film Composite) มีพื้นที่ผิว 150.86 ตารางเซนติเมตร คุณสมบัติของเยื่อกรอง (เมมเบรน) ดังตารางที่ 1 และรายละเอียดผังการทดลองดังรูปที่ 1 ทำการเดินระบบชุดทดลองศึกษาหาอัตราส่วนเพอร์มิเอท:รีเทนเททที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการเดินระบบจริง และควบคุมความดันให้คงที่ตลอดระยะเวลาการเดินระบบ ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินระบบ 2000 นาที

ตารางที่ 1 รายละเอียดของเมมเบรนออสโมซิสผันกลับที่ใช้ในการทดลอง

ลักษณะของเมมเบรนออสโมซิส	คุณสมบัติ
อัตราการไหล	100 Gal/Day(380L/D)
การกำจัดเกลือต่ำสุด	90%
อุณหภูมิในการทำงานสูงสุด	113 °F (45°C)
แรงดันในการทำงานสูงสุด	300 psig (21 bar)
อัตราการไหลสูงสุดที่เข้าระบบ	2.0 gpm (7.6 Ipm)
ช่วง pH การดำเนินงาน อย่างต่อเนื่อง	2-11



รูปที่ 1 ระบบการกรองแบบผันกลับ

2. ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองและการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.1 น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจริงที่ได้จากส่วนน้ำใสของบ่อเกรอะ ภายในอาคารเรียนรวม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2.2 วิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการทดลองนี้ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์พารามิเตอร์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	เครื่องมือ
DO (มิลลิกรัม/ลิตร)	DO meter	Sensodirect 150
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	Temperature meter	Sensodirect 150
พีเอช	pH meter	Sensodirect 150
ของแข็งแขวนลอย (มิลลิกรัม/ลิตร)	การวิเคราะห์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด	-
สี (การดูดกลืนแสง)	Spectrophotometry method	-
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	Total solids dried at 103-105 Cº	Sensodirect 150
การนำไฟฟ้า (โมโครซีเมนส์)	Conductivity meter	Sensodirect 150
แอมโมเนีย (มิลลิกรัม/ลิตร)	การกลั่นและไตเตรท	-
ซีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	รีฟลักซ์แบบปิด	-
บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	5 Day incubation และ Azide modification	-
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/ลิตร)	แอสคอร์บิคแอซิค	-

ผลและวิจารณ์ผล

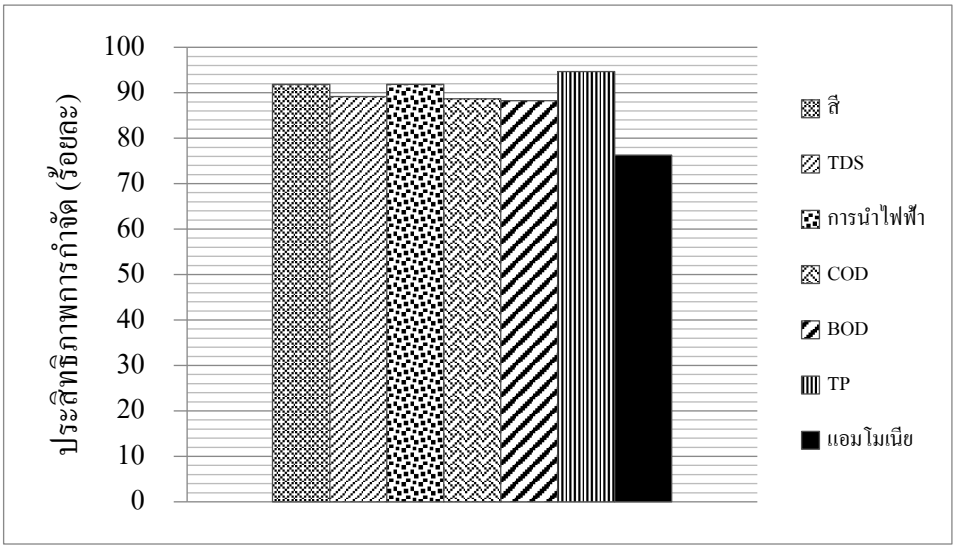
1. การศึกษาการแปรผันสัดส่วนเพอร์มิเอทต่อรีเทนเททที่เหมาะสม

การศึกษาสัดส่วนเพอร์มิเอทต่อรีเทนเททที่ใช้ในการทดลองนี้ ศึกษาโดยใช้อัตราการที่ 31.4 35.0 และ 36.6 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งจะได้อัตราส่วนของเพอร์มิเอทต่อรีเทนเทท 3 อัตราส่วนคือ 20:80 25:75 และ 30:70 ตามลำดับ พบว่าอัตราการไหลที่เหมาะสมในการเดินระบบคือ อัตราการไหล 35 ลิตร/ชั่วโมง จะได้อัตราส่วนเพอร์มิเอทต่อรี เทนเททประมาณ 25:75 ความดัน 1.6 บาร์ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเดินระบบที่จะนำไปทดลองเดินระบบจริงน้ำเสียจากบ่อเกรอะ

2. การศึกษาคุณลักษณะน้ำและประสิทธิภาพการกำจัด

จากรศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดมลพิษน้ำเสียบ่อเกรอะที่ผ่านระบบการกรองผันกลับแสดงดังภาพที่ 1 พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดสีร้อยละ 91.9 ซึ่งจากงานวิจัยการประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองสำหรับการนำน้ำทิ้งชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ นำน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำสุระมาผ่านระบบกรองมีประสิทธิภาพการกำจัดสีร้อยละ 65.0 (บุญชัย วิจิตรเสถียร, 2555) ประสิทธิภาพการกำจัด TDS คิดเป็นร้อยละ 89.1 โดยค่า TDS เฉลี่ยอยู่ที่ 49.0 มิลลิกรัม/ลิตร จากมาตรฐานน้ำประปา กำหนดไว้ไม่เกิน 1000.0 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของประปานครหลวง) ประสิทธิภาพในการกำจัด ซีโอดีของระบบคิดเป็นร้อยละ 88.6 ซึ่งจากงานวิจัยอิทธิพลของการบำบัดขั้นต้นต่อการอุดตันบนเยื่อกรองออสโมซิสผันกลับในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยหลังจากที่กรองด้วยการกรองของเยื่อกรองที่มีขนาดช่องเปิดต่างๆเยื่อกรอง 1 kDa มีประสิทธิภาพในการกำจัดร้อยละ 57.2 (เบญญาภา ขนันไทย. 2554)

ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีของระบบคิดเป็นร้อยละ 88.2 ประสิทธิภาพการกำจัดแอมโมเนียของระบบคิดเป็นร้อยละ 74 และประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสคิดเป็นร้อยละ 95.7 ซึ่งประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสดีที่สุดเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจากการศึกษาอิทธิพลของการบำบัดขั้นต้นต่อการอุดตันบนเยื่อกรองออสโมซิสผันกลับในการบำบัดน้ำชะมูลฝอยกรองด้วยเยื่อกรองขนาดช่องเปิด 0.5 ไมครอน มีประสิทธิภาพในการกำจัดร้อยละ 50.0 (เบญญาภา ขนันไทย. 2554)



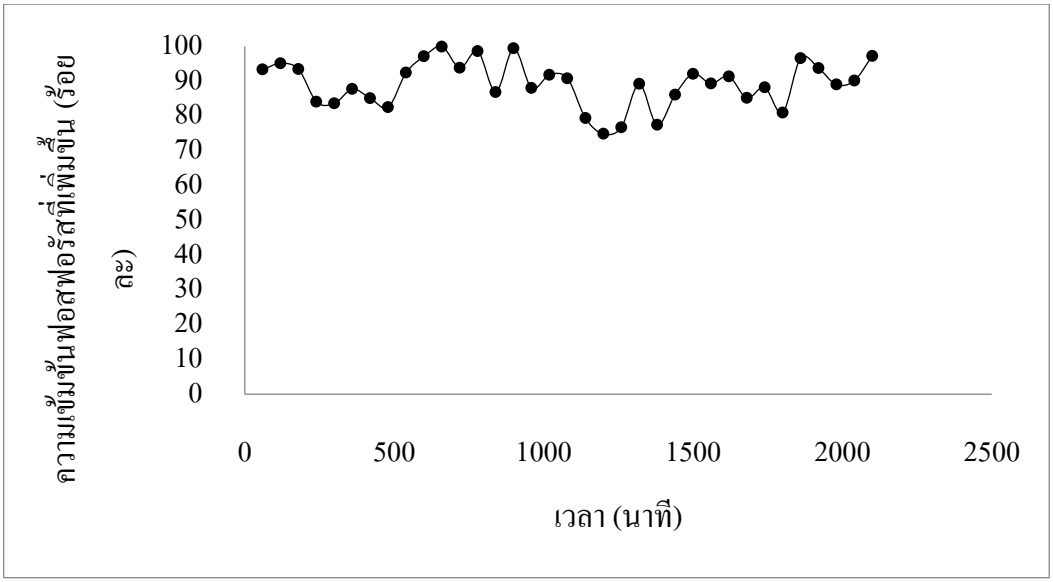
ภาพที่ 1 แสดงร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดมลพิษน้ำ

3. การศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัส

การศึกษาการเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำเสียบ่อเกรอะ ที่ผ่านการกรองด้วยทรายหยาบและกรวดละเอียดก่อนเข้าสู่ระบบ น้ำเสียบ่อเกรอะผ่านกระบวนการกรองแบบผันกลับมาวิเคราะห์ หาค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำออก เพอร์มิเอทและน้ำออกรีเทนเทท เพื่อศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นคิดเป็น % Recovery เฉลี่ยเท่ากับ 89.2 ดังแสดงในตารางที่ 1 และ ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการกรองผันกลับสามารถเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสจากเดิมได้

ตารางที่ 1 ตารางสรุปค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสของน้ำเข้าระบบและน้ำออกจากระบบ

	ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร)			ความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ)		
	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
น้ำเข้าระบบที่ผ่านการกรอง	56.9±15.8	80.6	15.8	-	-	-
น้ำออกเพอร์มิเอท	2.3±1.3	6.7	0.6	-	-	-
น้ำออกรีเทนเทท	63.5±16.8	95.9	16.8	89.2±6.6	99.9	74.8



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้น

จากภาพที่ 2 เมื่อน้ำจากบ่อเกรอะผ่านกระบวนการกรองแบบผันกลับจะได้น้ำรีเทนเททซึ่งเป็นน้ำที่ไม่สามารถผ่านรูของเมมเบรนไปได้ ซึ่งค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัส ก่อนเข้าระบบจะมีค่าน้อยกว่า เนื่องจาก กระบวนการออสโมซิสผันกลับสามารถผลิตน้ำบริสุทธิ์ได้ด้วยการแยกน้ำออกจากไอออนเกลือและสารปนเปื้อนอื่นๆไม่ให้ผ่านรูเมมเบรนไปได้ สารที่ผ่านไปไม่ได้จึงมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เพิ่มมากขึ้นค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสจึงเข้มข้นมากกว่าเดิม

ฟอสฟอรัสในน้ำบ่อเกรอะโดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) ซึ่ง เป็นสารที่พบมากในน้ำเสียจากบ้านเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม (ข้อมูลออนไลน์จาก Siamchemi.com. ม.ป.ป. ฟอสฟอรัส) สามารถกำจัดได้ด้วยการกรองแบบผันกลับ เนื่องจากน้ำบ่อเกรอะผ่านกระบวนการกรองแบบผันกลับรูของเมมเบรนออสโมซิสผันกลับมีขนาดเล็กมากยอมให้โมเลกุลน้ำผ่านได้เท่านั้นเมมเบรนออสโมซิสผันกลับจึงสามารถกันโมเลกุลของแบคทีเรีย น้ำตาล โปรตีน ของแข็งแขวนลอย สีย้อม ไอออนเกลือ และองค์ประกอบอื่นๆที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า (ขันทอง สุนทราภา, 2547) ดังนั้นฟอสฟอรัสในรูปของโพลีฟอสเฟตในน้ำบ่อเกรอะจึงไม่สามารถผ่านรูของเมมแบรนออสโมซิสผันกลับได้ จึงทำให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในน้ำเพอร์มิเอทลดน้อยลง และนอกจากนี้พีเอชของน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อรูปของออโธฟอสเฟตที่อยู่ในน้ำเสียบ่อเกรอะด้วย โดยช่วงพีเอชของน้ำเสียบ่อเกรอะที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 7-8 ซึ่งจะพบฟอสฟอรัสในรูป $H_2PO^-_4$, HPO^{2-}_4 รูปของฟอสฟอรัสที่สามารถพบได้ในพีเอชช่วงนี้ เป็นรูปที่สามารถในการนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ต่อไปโดยการตกตะกอนกับ Ca^{2+} หรือ Mg^{2+} (Wenhai et al., 2016)

สรุปผลการวิจัย

กระบวนการกรองผันกลับมีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของน้ำออกจากระบบเพอร์มิเอท ร้อยละ 94.7 โดยการกรองแบบผันกลับสามารถเพิ่มความเข้มข้นฟอสฟอรัสได้คิดเป็น % Recovery เท่ากับ 89.2 ซึ่งจะพบฟอสฟอรัสในรูป $H_2PO^-_4$, HPO^{2-}_4 รูปของฟอสฟอรัสที่สามารถพบได้ในช่วงพีเอชพีเอชของน้ำเสียบ่อเกรอะที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 7-8 เป็นรูปที่สามารถในการนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ต่อไปโดยการตกตะกอนกับ Ca^{2+} หรือ Mg^{2+}

กิตติกรรมประกาศ

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการรวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

ขันทอง สุนทราภา. 2547. เทคโนโลยีการแยกด้วยเมมเบรน (memdrane Separtion Technology). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชัย วิจิตรเสถียร. 2555, “การประยุกต์ใช้กระบวนการกรองผ่านเยื่อกรองสำหรับการนำน้ำทิ้งชุมชนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เบญญาภา ขนันไทย. 2554, “อิทธิพลของการบำบัดขั้นต้นต่อการอุดตันบนเยื่อกรองออสโมซิสผันกลับในการบำบัดน้ำชะมูลฝอย” ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปฐมพงษ์ แสงวิไล และ รวินศักดิ์ ภูมิธนนิเวศน์. 2015. วิกฤตฟอสฟอรัส วิกฤตโลก(Phosphorus Crisis–World Crisis). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.sc.mahidol.ac.th/urs/?p=461 (20 สิงหาคม 2558)

มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของประปานครหลวง. ม.ป.ป. มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของประปานครหลวง. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.mwa.co.th/download/prd01/tws/ who2011.pdf (22 สิงหาคม 2558)

Siamchemi.com. ม.ป.ป. ฟอสฟอรัส. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : HTTP://WWW.SIAMCHEMI.COM/%E0%B8%9F%E0%B8%AD%E0%B8%AA%E0%B8%9F%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B8%AA/ (22 สิงหาคม 2558)

Wenhai, L. Faisal, I. H. William, E. P. Wenshan, G. Hao, H. N. Kazuo, Y. and Long, D. N. 2016. Phosphorus and water recovery by a novel osmotic membrane bioreactor–reverse osmosis system. **Bioresource Technology.** 200 : 297–304.

การลดของเสียในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพ

Waste Reducing of Lens Manufacturing

กฤษณะ สุรินทร์[1*] และ ศุภรัชชัย วรรัตน์[1]

Kritsana Surin[1*] and Suparatchi Vorarat[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพของโรงงานกรณีศึกษาลงได้ไม่ต่ำกว่า 10 % โดยใช้เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (7 QC Tools) ในการค้นหาสาเหตุเพื่อทำการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ใบตรวจสอบ (Check sheet) มาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบถึงจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หลังจากนั้นได้ทำการแจกแจงความสำคัญและแสดงความถี่ของปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto – Diagram) ในการเลือกแก้ไขส่วนของปัญหาที่มีของเสียมากที่สุดด้วยกฎของพาเรโต 80:20 ในการเลือกแก้ไขส่วนที่มีของเสียมากที่สุด แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิก้างปลา (Fish – Bone diagram) เพื่อวางมาตรการในการดำเนินการแก้ไขโดยอาศัยหลักการ PDCA หรือ Deming Cycle

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขในการลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพ พบว่าก่อนการดำเนินการปรับปรุงนั้นมีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพคิดเป็น 29.39%จากจำนวนของเสียทั้งหมด และหลังจากที่ดำเนินการปรับปรุงแล้วจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพคิดเป็น 11.88% จากจำนวนของเสียทั้งหมด ซึ่งลดลงจากก่อนการดำเนินการปรับปรุงถึง 17.41% ส่งผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ 437,665,000 บาทต่อปี

คำสำคัญ : เลนส์ถ่ายภาพ,ของเสีย, 7 QC Tools, PDCA **หรือ** Deming Cycle

---

[1] สาขา การจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ อำเภอ หลักสี่ จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10210

[1] Department of Engineering Management Faculty of Engineering Dhurakij Pundit University, Lak Si, Bangkok 10210, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Kritsana.es@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to reduce waste, with most affected on the production process of lens manufacturing. A case study that not lower than 10% by using quality control tools (7 QC Tools) to find the causes for quality improvement. The production process, in which this research using Check sheet to check the amount of waste that arise during the production process. After that, the distribution and frequency of the display problem using Pareto Diagram (Pareto - Diagram) to select edit part of it. Diagram to rearranged frequency of problem occurrence by using the 80:20 Theory to solve the problem in the part with largest number of waste. The outcome data was analyzed by using the Fish bone diagram and solved the problem by applying the PDCA or Deming cycle.

The analysis of the causes and solutions to reduce the defects in the production process of lens imaging showed that the first. The improvement of the waste that has impact on production process is 29.39% lenses from a number of. The color, and after continuing to improve and the number of defects that affect the manufacturing process camera lens. A 11.88% from the waste. Which decreased from before the update to 17.41% result can reduce about 437,665,000 baht per year.

Keywords: Lens, Waste, 7 QC Tools, PDCA or Deming Cycle

บทนำ

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษามีการผลิตเลนส์ถ่ายภาพหลากหลายชนิด (โมเดล) ให้มีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องของลูกค้าในการนำไปใช้งานได้อย่างสูงสุด โดยมีกระบวนการผลิตที่ได้มาตรฐานและคำนึงถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งานควบคู่ไปกับการประกันคุณภาพที่เข้มงวดก่อนที่จะส่งสินค้าไปสู่มือของลูกค้า เพื่อให้ลูกค้าที่นำเลนส์ไปใช้งานนั้นเกิดความพึงพอใจอย่างสูงสุดในคุณภาพของเลนส์และเป็นที่ยอมรับในวงกว้างจากลูกค้าทุกระดับต่อๆ ไป หากเลนส์ถ่ายภาพที่โรงงานกรณีศึกษาผลิตได้นั้น เกิดความผิดปกติไม่ผ่านการประกันคุณภาพหรือไม่ถูกต้องตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เลนส์ถ่ายภาพเหล่านั้นจะถูกคัดแยกและจัดเก็บไว้เพื่อไม่ให้ไปปะปนกับงานที่ผ่านการประกันคุณภาพที่ถูกต้องตามมาตรฐานแล้ว เพื่อทำการวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ ที่ส่งผลทำให้งานเกิดความผิดปกติแล้วจึงหาแนวทางแก้ไขปรับปรุงซ่อมแซมงานให้ถูกต้องและได้มาตรฐานตามที่ได้กำหนดไว้เพื่อส่งไปตรวจสอบและประกันคุณภาพก่อนส่งต่อไปสู่ลูกค้า โดยปัจจุบันมีเลนส์ถ่ายภาพที่เกิดความผิดปกติไม่ได้มาตรฐานที่เป็นของเสียต้องรอทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขปรับปรุงหรือซ่อมแซมอยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะลดปริมาณเลนส์ถ่ายภาพที่เป็นของเสียที่เกิดขึ้นและทำให้เลนส์ถ่ายภาพที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพถูกต้องตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้

จากการศึกษาการผลิตเลนส์ถ่ายภาพทั้งหมด 10 โมเดล พบปัญหาว่า มีเลนส์ถ่ายภาพที่เป็นของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต และจากการเก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจสอบจำนวนเลนส์ถ่ายภาพที่ผลิตได้ในปี 2559 นั้นมี รวมทั้งสิ้น 1,500,450 เซต แสดงดังตารางที่ 1 ปรากฏว่ามีเลนส์ถ่ายภาพที่มีข้อบกพร่องที่ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้รวม 25,523 เซต รวมคิดเป็นเงิน 765,690,000 บาทต่อปี หากลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นลงได้จะทำให้เกิดผลดีต่อโรงงานกรณีศึกษาคือจะทำให้มีเลนส์ถ่ายภาพที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มมากขึ้นและส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นของเสียนั้นสามารถลดลงไปด้วย

ตารางที่ 1 จำนวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในปี 2559

เดือนที่ผลิตในปี 2559	จำนวนเลนส์ถ่ายภาพที่ผลิตได้(เซต)	เลนส์ถ่ายภาพที่ผ่านมาตรฐาน (เซต)	เลนส์ถ่ายภาพที่เป็นของเสีย (เซต)
มกราคม	125,000	123,218.00	1,782
กุมภาพันธ์	125,400	123,387.00	2,013
มีนาคม	125,460	123,204.00	2,256
เมษายน	125,500	123,108.00	2,392
พฤษภาคม	125,670	123,413.00	2,257
มิถุนายน	124,419	122,316.00	2,103
กรกฎาคม	124,071	121,923.00	2,148
สิงหาคม	125,450	123,354.00	2,096

กันยายน	125,450	123,231.00	2,219
ตุลาคม	125,550	123,459.00	2,091
พฤศจิกายน	124,980	122,949.00	2,031
ธันวาคม	123,500	121,365.00	2,135
รวม	1,500,450	1,474,927.00	25,523
เปอร์เซ็นต์เฉลี่ย	100%	98.30%	1.70%

วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดจำนวนเลนส์ถ่ายภาพของโมเดลที่เกิดของเสียที่มีผลกระทบมากที่สุดลงได้ไม่ต่ำกว่า 10 %

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ความสูญเสีย 7 ประการ

ดร.วิทยา อินทร์สอน,นางสาวปัทมาพร ท่อชู และ นายภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริวัชร. 2558. ความสูญเสีย (Wastes) คือ การสูญเสียทรัพยากรการผลิตที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อต้นทุน คุณภาพ และการส่งมอบ ซึ่งเป็นแนวคิดที่คิดค้นโดย Mr.Shigeo Shing และ Mr.Taiichi Ohno คือระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ แม้ว่าแนวคิดนี้จะเกิดจากแวดวงอุตสาหกรรมการผลิตแต่ในภาคบริการ หรืองานสนับสนุนก็สามารถนำหลักการดังกล่าวไปพัฒนาประยุกต์ใช้ได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ คือ ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction),ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory),ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transportation),ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion),ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing),ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay),ความสูญเสียเนื่องจากงานเสีย (Defect)

2. การศึกษาการทำงาน

ธีทัต ตรีศิริโชติ. 2557. การศึกษาการทำงานงาน (Work study) หรือที่รู้จักกันในชื่อเดิมว่า การศึกษาการเคลื่อนไหวและ เวลา (Motion and Time Study) , Methods Engineering, Work Design, หรือ Jobs/Methods Design หมายถึง เทคนิคในการวิเคราะห์ขั้นตอนของการปฏิบัติงานเพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและสรรหาวิธีการทำงานซึ่งดีที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานนั้น ๆ ทั้งนี้รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานของวิธีการทำงาน สภาพการทำงาน เครื่องมือต่าง ๆ และการฝึกคนงานให้ทำงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง รวมทั้งการกำหนดเวลามาตรฐานของ งานและการบริหารแผนการจ่ายเงินจูงใจระบบต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1. พัฒนาวิธีการและระบบที่ดีที่สุดในการทำงาน 2. จัดตั้งระบบและวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน 3. หาเวลามาตรฐานในการทำงาน 4. ช่วยในการฝึกอบรมพนักงานให้ทำงานด้วยวิธีที่ถูกต้อง

3. Seven QC Tools

Dr. Pongmetee Chaiseeha. 2557. เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพในกระบวนการทำงาน ซึ่งช่วยศึกษาสภาพทั่วไปของปัญหา การเลือกปัญหา การสำรวจสภาพปัจจุบันของปัญหา การค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุแห่งปัญหา ที่แท้จริงเพื่อการแก้ไขได้ถูกต้องตลอดจนช่วยในการจัดทำมาตรฐานและควบคุมติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิดนี้ สามารถแจกแจงได้ดังนี้ ใบตรวจสอบ (check sheet),ฮีสโตแกรม (Histogram),แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram),ผังก้างปลา (Fish – bone diagram) หรือผังเหตุและผล (Cause - Effect diagram),กราฟ (Graph),แผนภูมิกระจาย (scatter diagram),แผนภูมิควบคุม (Control chart)

4. "PDCA หรือ Deming Cycle"

สุธาสินี โพธิจันทร์. 2558. PDCA เป็นแนวคิดหนึ่ง ที่ไม่ได้ให้ความสำคัญเพียงแค่การวางแผน แต่แนวคิดนี้เน้นให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีระบบ โดยมีเป้าหมายให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แนวคิด PDCA ได้รับการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Walter Shewhart ซึ่งถือเป็นผู้บุกเบิกการใช้สถิติสำหรับวงการอุตสาหกรรม และต่อมาวงจร PDCA ได้เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย มากขึ้น เมื่อปรมาจารย์ด้านการบริหารคุณภาพ อย่าง W.Edwards Deming ได้นำมาเผยแพร่ให้เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงกระบวนการวงจรนี้จึงมีอีกชื่อหนึ่งว่า "Deming Cycle"โครงสร้างของ PDCA ประกอบด้วย Plan คือ การวางแผน,DO คือ การปฏิบัติตามแผน, Check คือ การตรวจสอบ,Act คือ การปรับปรุงการดำเนินการอย่างเหมาะสม หรือ การจัดทำมาตรฐานใหม่ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการยกระดับคุณภาพ

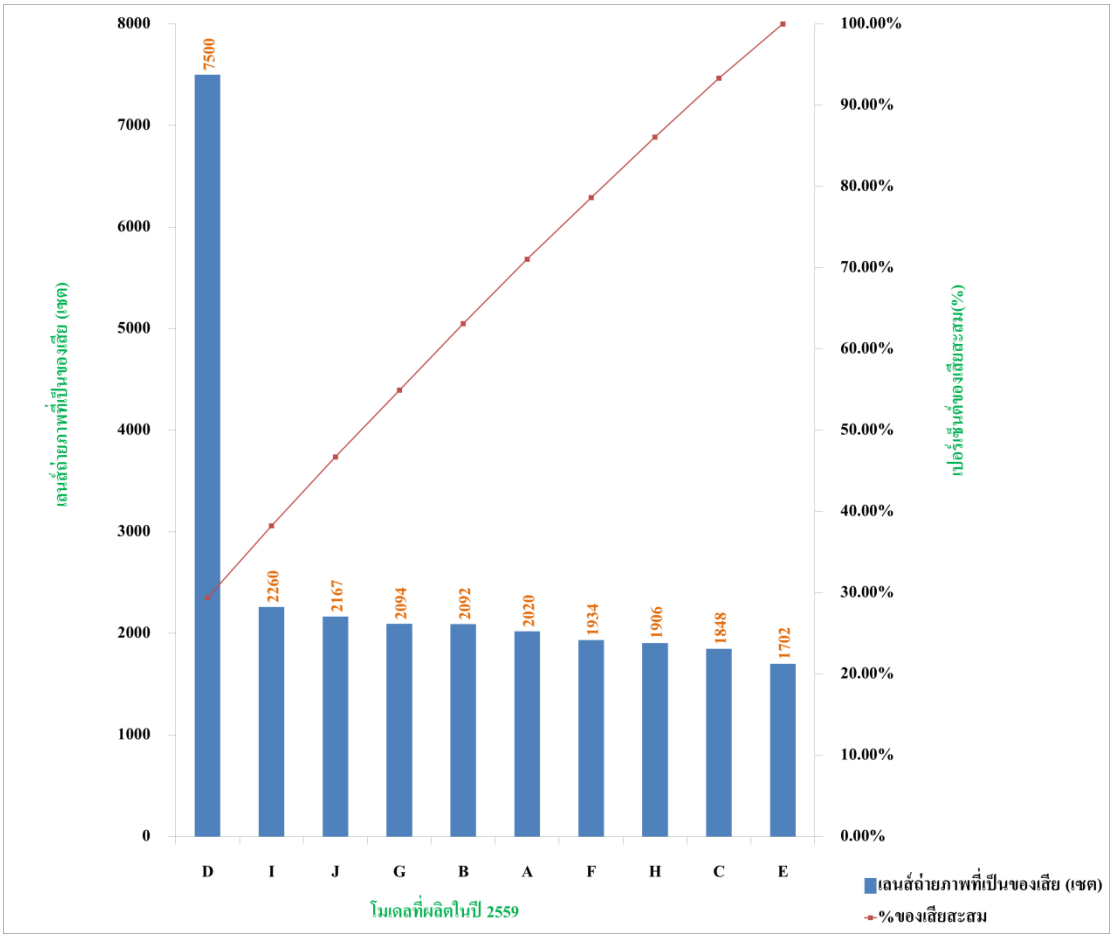
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า โรงงานกรณีศึกษามีหน้าที่ในการผลิตเลนส์ถ่ายภาพเท่านั้นโดยส่วนประกอบบางชิ้นนั้นมีการผลิตมาจากโรงงานอื่นเพื่อนำมาประกอบในขั้นตอนต่างๆต่อไป โดยมีกระบวนการผลิตประกอบไปด้วยกระบวนการผลิตหลักๆที่แบ่งเป็น 5 ส่วนประกอบไปด้วย

1. กระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆ (**Group Lens Assemble)**
2. กระบวนการผลิตส่วนประกอบย่อยต่างๆ (**Sub-Material Assemble)**
3. กระบวนการประกอบหลัก (**Total Assemble)**
4. กระบวนการปรับตั้งค่า (**Adjustment)**
5. กระบวนการตรวจสอบ/และซ่อมแซม (**Final Inspection and Repair process)**

ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในปีการผลิต 2559 เกี่ยวกับจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นของทั้งโรงงานและในกระบวนการผลิตต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขให้เหมาะสมเพื่อทำให้จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นมีจำนวนลดลง

ในปีการผลิต 2559 ทางโรงงานกรณีศึกษามียอดการผลิตเลนส์ถ่ายภาพ 1,500,450 เซต และมีจำนวนของเสียโดยรวมทั้งโรงงาน 25,523 เซต เมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเก็บข้อมูลการผลิตเลนส์ถ่ายภาพของแต่ละโมเดลที่โรงงานกรณีศึกษาได้ทำการผลิตและได้ทำการวิเคราะห์จำนวนของเสียในแต่ละโมเดลด้วยแผนภูมิพาเรโตพบว่า โมเดล **D** มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพมากที่สุดคิดเป็น 29.39% จากจำนวนของเสียทั้งหมด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภูมิพาเรโตแสดงความสำคัญของของจำนวนของเสียในแต่ละโมเดลที่มีการผลิตในปี 2559

หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะข้อบกพร่องและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต 2559 โดยลักษณะข้อบกพร่องที่เป็นของเสียมีอยู่ 5 ลักษณะ คือ

1.กลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วน

2.กลุ่มเลนส์มีคราบสกปรก

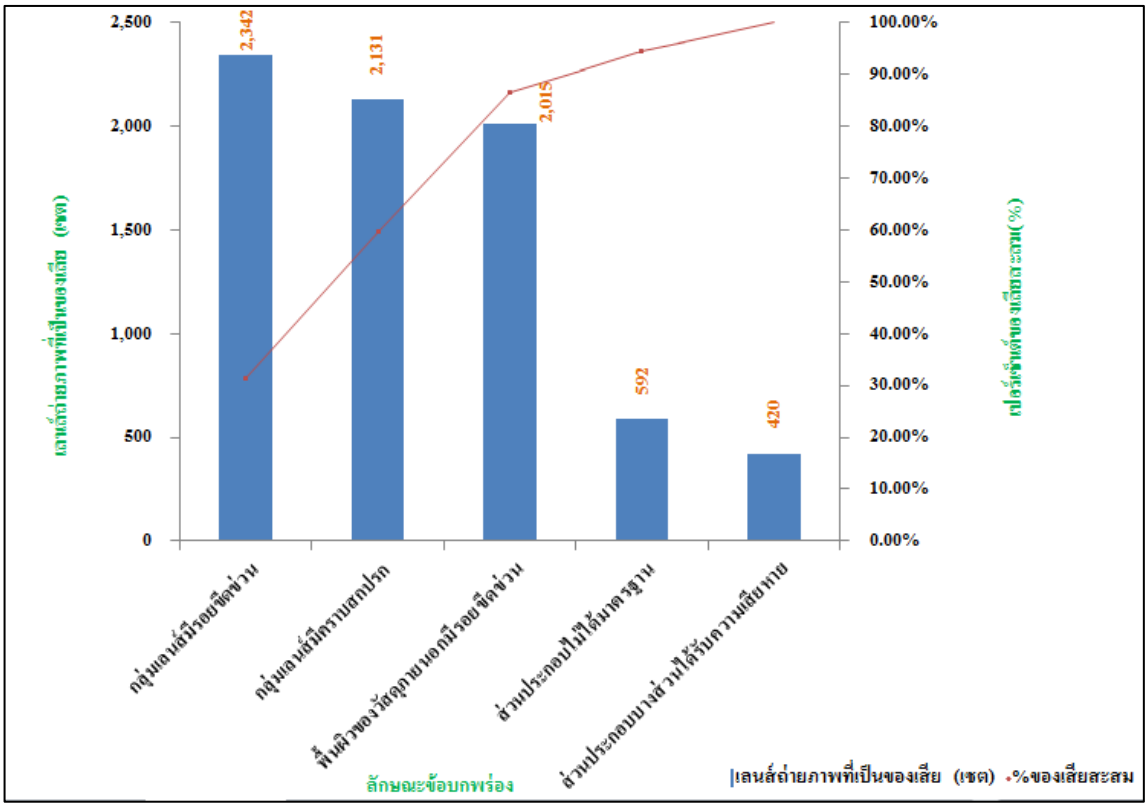
3.พื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วน

4.ส่วนประกอบไม่ได้มาตรฐาน

5.ส่วนประกอบบางส่วนได้รับความเสียหาย

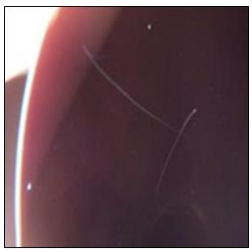
เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนภูมิพาเรโต ดังภาพที่2 พบว่า ลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วน จะเกิดของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** มากที่สุดคิดเป็น 31.23% จากจำนวน

ของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 รองลงมาคือลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรกคิดเป็น 28.41% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 และลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วนคิดเป็น 26.87% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 ตามลำดับ

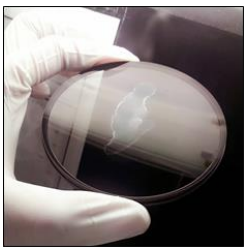


ภาพที่ **2** แผนภูมิพาเรโตแสดงความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต 2559

ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาและเก็บข้อมูล 3 ลักษณะข้อบกพร่องนี้เพื่อนำมาวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไข เพราะหากทำการลดของเสียทั้ง 3 ลักษณะข้อบกพร่องนี้ลงได้จะสามารถลดของเสียลงได้ถึง 86.51% จากของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต 2559 โดยสามารถแสดงภาพตัวอย่างของทั้ง 3 ลักษณะข้อบกพร่องได้ดังภาพที่ 3 ถึง ภาพที่ 5



ภาพที่ 3 กลุ่มเลนส์ที่มีรอยขีดข่วน



ภาพที่ 4 กลุ่มเลนส์มีคราบสกปรก

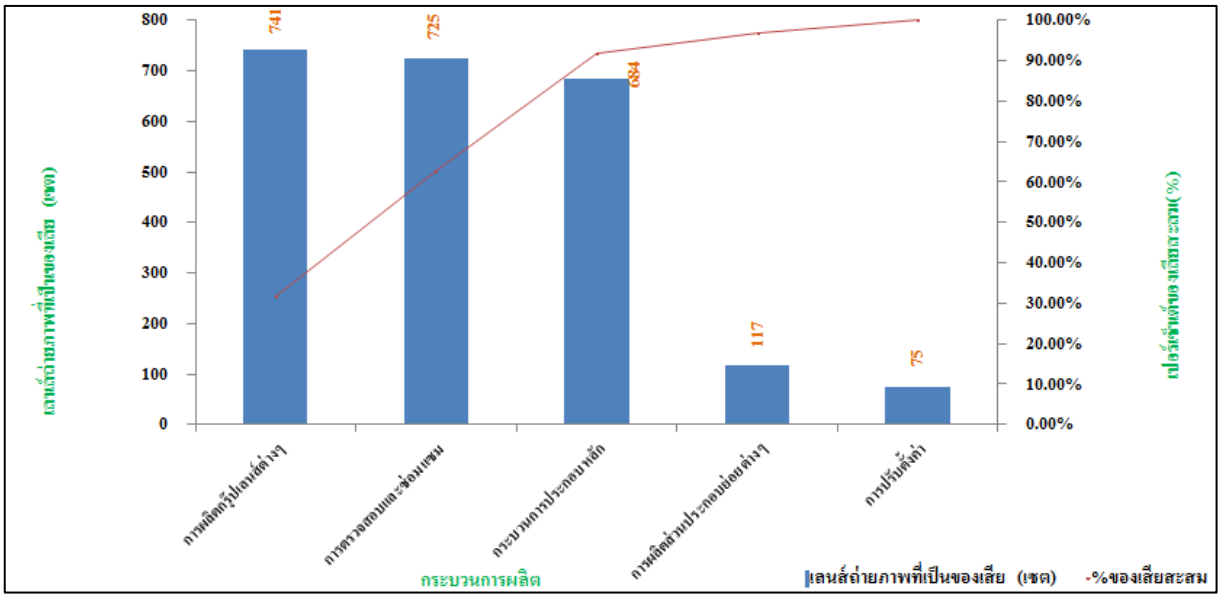


ภาพที่ 5 พื้นผิวมีรอยขีดข่วน

จากนั้นได้ทำการศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะข้อบกพร่อง ทั้ง 3 ลักษณะ ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิตต่างๆของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ซึ่งประกอบด้วย

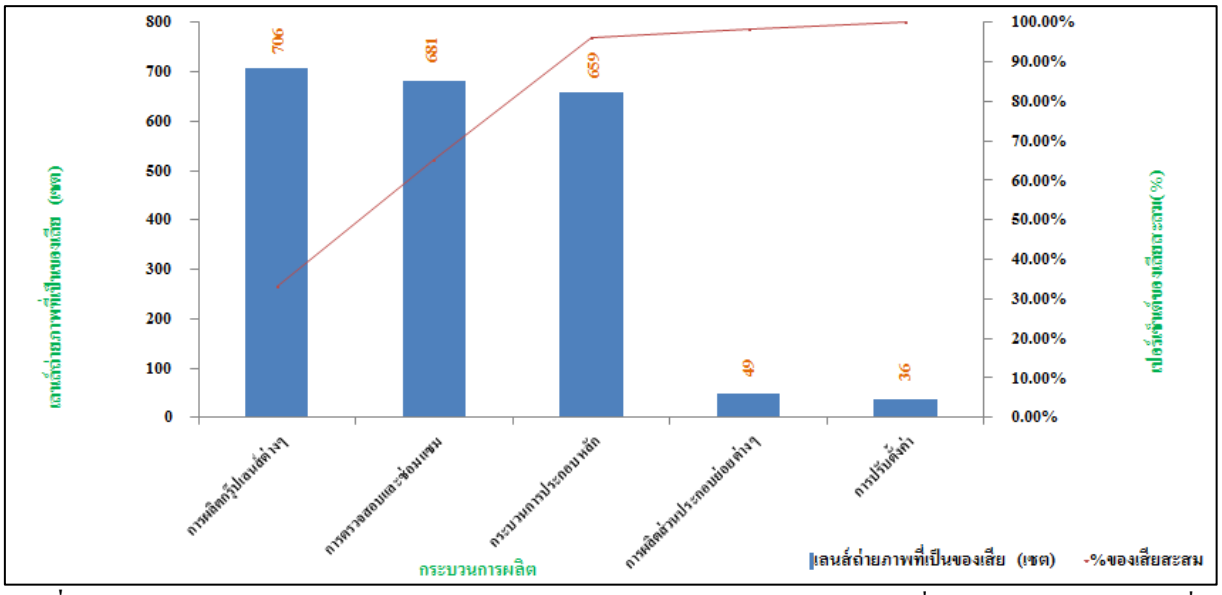
1. กระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆ (**Group Lens Assemble**)
2. กระบวนการผลิตส่วนประกอบย่อยต่างๆ (**Sub-Material Assemble**)
3. กระบวนการประกอบหลัก (**Total Assemble**)
4. กระบวนการปรับตั้งค่า (**Adjustment**)
5. กระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซม (**Final Inspection and Repair process**)

การวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วนด้วยแผนภูมิพาเรโตดังภาพที่6 พบว่ากระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซม มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วนที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** มากที่สุดคิดเป็น 31.64% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 รองลงมาคือกระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆคิดเป็น 30.96% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 และกระบวนการประกอบหลักคิดเป็น 29.21% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 ผลิตที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต **2559**



ภาพที่ 6 แผนภูมิพาเรโตแสดงความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วนที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต **2559**

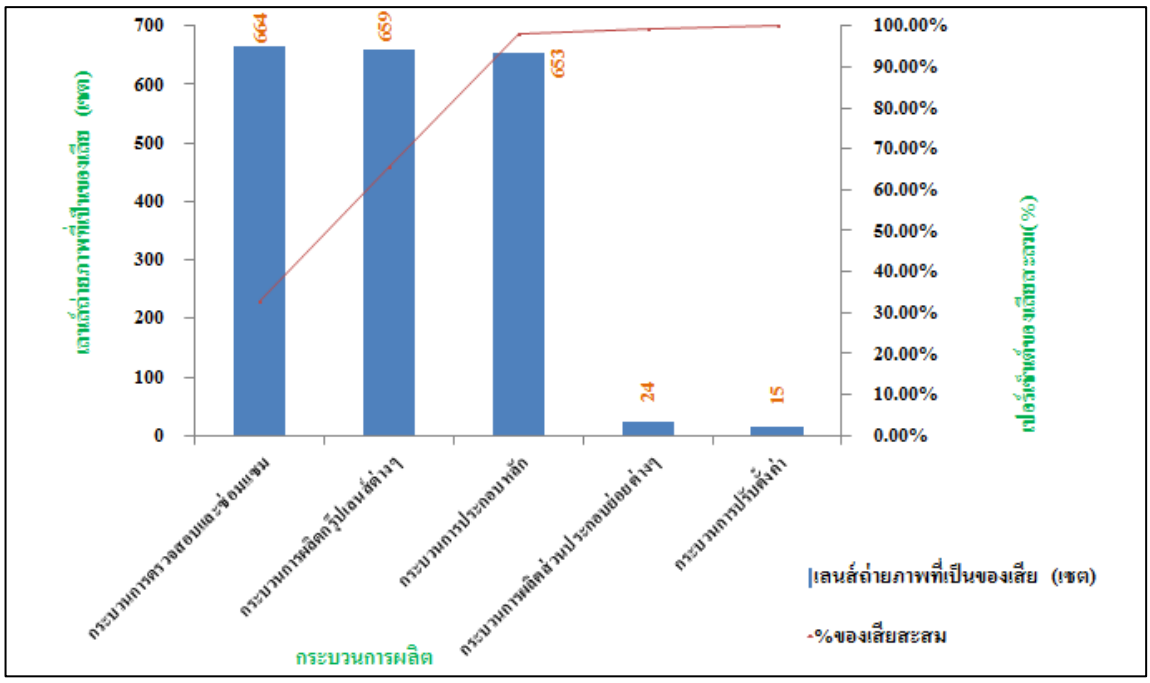
การวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรกด้วยแผนภูมิพาเรโต ดังภาพที่ 7 พบว่ากระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆ มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรกที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** มากที่สุดคิดเป็น 33.13% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 รองลงมาคือกระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซม คิดเป็น 31.96% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 และกระบวนการประกอบหลักคิดเป็น 30.92% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559



ภาพที่ 7 แผนภูมิพาเรโตแสดงความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรกที่เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต 2559

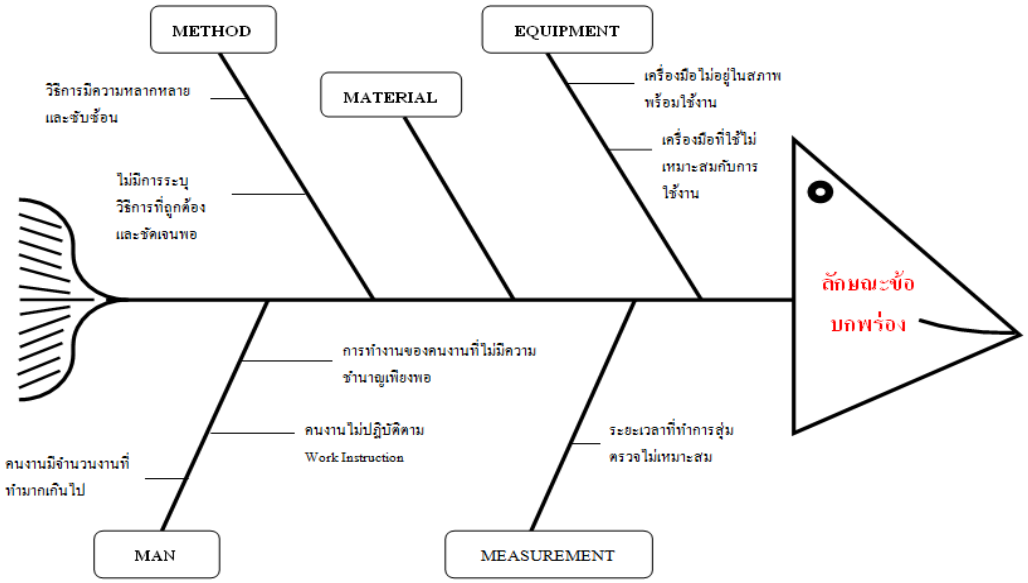
การวิเคราะห์ข้อมูลของลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วนด้วยแผนภูมิพาเรโต ดังภาพที่ 8 พบว่า กระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซม มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วนที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** มากที่สุดคิดเป็น 32.95% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 รองลงมาคือกระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆคิดเป็น 32.70% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559 และกระบวนการประกอบหลักคิดเป็น 32.41% จากจำนวนของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ที่ผลิตได้ในปี 2559

ภาพที่ 8 แผนภูมิพาเรโตแสดงความสำคัญของลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วนที่เกิดจาก



กระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่อเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** ในปีการผลิต 2559

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วน,ลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรก,ลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วน ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิตของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** คือ กระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซม,กระบวนการผลิตกรุ๊ปเลนส์ต่างๆและกระบวนการประกอบหลัก โดยได้ใช้แผนภูมิก้างปลาในการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อการเกิดปัญหาลักษณะข้อบกพร่องทั้ง 3 ลักษณะที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนการผลิตของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เครื่องจักร คนงาน วิธีการ และการตรวจวัด ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการใช้แผนภูมิก้างปลาในการศึกษาปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง

เมื่อทราบถึงสาเหตุต่างๆที่ส่งผลทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีรอยขีดข่วน,ลักษณะข้อบกพร่องกลุ่มเลนส์มีคราบสกปรก,ลักษณะข้อบกพร่องพื้นผิวของวัสดุภายนอกมีรอยขีดข่วน ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงโดยนำหลักการ **"PDCA หรือ Deming Cycle"** มาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดทำมาตรการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โครงสร้างของ **PDCA** ประกอบด้วย 1) **Plan** คือ การวางแผน 2) **DO** คือ การปฏิบัติตามแผน 3) **Check** คือ การตรวจสอบ 4) **Act** คือ การปรับปรุงการดำเนินการอย่างเหมาะสม หรือ การจัดทำมาตรฐานใหม่ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานของการยกระดับคุณภาพ โดยได้ดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงในทุกปัญหาที่เกิดจากปัจจัย เครื่องจักร คนงาน วิธีการ และการตรวจวัด

สำหรับปัญหาต่างๆที่มีสาเหตุมาจาก คน นั้น ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยการกำหนดให้พนักงานใหม่ในทุกระดับ รวมทั้งนักศึกษาฝึกงานในระดับอาชีวศึกษา จะต้องได้รับการฝึกอบรมงานในทุกขั้นตอนที่มีความจำเป็นต่อการทำงานในสายการผลิต ดังภาพที่ 10 และหลังจากที่ได้รับการฝึกอบรมแล้วจะต้องได้รับการทดสอบให้ผ่านเกณฑ์ทุกครั้งทั้งภาคปฏิบัติและทฤษฎีก่อนเริ่มงานจริง เพื่อเป็นการฝึกฝนให้พนักงานใหม่และนักศึกษาฝึกงานได้คุ้นเคยกับวิธีการผลิตสภาพแวดล้อมการทำงานที่เสมือนจริง และพนักงานในสายการผลิตทุกระดับจะมีการจัดการอบรมให้แก่พนักงานทุกครั้งเป็นเวลาไม่เกินครึ่งชั่วโมง ก่อนเริ่มปฏิบัติงานเพื่อเป็นการปลูกฝังความคิดด้านคุณภาพและชี้แจงถึงเหตุผลที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานใหม่ให้พนักงานเกิดความเข้าใจและตระหนักมากขึ้น มีการอธิบายและตักเตือนให้พนักงานเกิดความเข้าใจมากขึ้นในการปฏิบัติตาม **Work Instruction** อย่างเคร่งครัด ในส่วนของพนักงานบางคนที่มีภาระงานที่มาก

จนเกินไป เนื่องจากการปรับเปลี่ยนงานโดยหัวหน้างานและไม่ได้มีการประชุมร่วมกันกับระดับวิศวกร ซึ่งเป็นการจัดงานแบบเอาตามความถนัดของพนักงานคนนั้นๆ ทางวิศวกรได้ทำ

การอบรมหัวหน้างานและตักเตือนให้ปฏิบัติตามแบบแผนที่ได้มีการจัดและออกแบบการทำงานมาไว้ให้ตามที่วิศวกรได้ทำการจับเวลาและแบ่งขั้นตอนการทำงานไว้อย่างเหมาะสมแล้ว นอกจากการจัดการอบรมให้กับพนักงานในสายการผลิต พนักงานใหม่และนักศึกษาฝึกงานที่จะต้องปฏิบัติงานในสายการผลิตแล้ว ได้มีการดำเนินการอบรมให้กับพนักงานและส่วนการผลิตอื่นๆที่มีส่วนเกี่ยวข้องด้วย



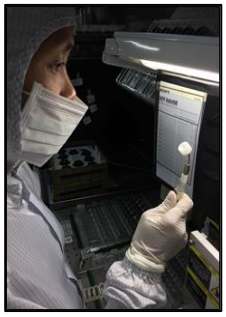
ภาพที่ 10 ตัวอย่างการฝึกอบรมพนักงาน

สำหรับปัญหาต่างๆที่มีสาเหตุมาจาก เครื่องมือและอุปกรณ์ ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยกำหนดให้ทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงานนั้น พนักงานสายการผลิตจะต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะต้องนำไปใช้งานที่สถานีงานของตนเองเพื่อเป็นการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ว่ามีความพร้อมใช้งานหรือไม่ตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยทำการตรวจสอบดูว่าเครื่องมือและอุปกรณ์มีความชำรุดเกิดขึ้นหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือและอุปกรณ์ด้วย ดังภาพที่ 11 หลังจากที่พนักงานสายการผลิตได้ทำการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์เรียบร้อยแล้วจะต้องทำการบันทึกลงในเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการยืนยันว่าได้ทำการตรวจสอบแล้วจริง โดยหัวหน้างานจะเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องเพื่อเป็นการยืนยันอีกครั้งหนึ่ง หากพบว่าพนักงานสายการผลิตคนใดไม่ได้ทำการตรวจสอบก่อนเริ่มปฏิบัติจะต้องทำการตักเตือนและลงบันทึกการกระทำผิดเอาไว้ และทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงานนั้นฝ่ายช่างเทคนิคจะต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะต้องนำไปใช้งานในแต่ละสถานีงานก่อนที่พนักงานฝ่ายผลิตจะเริ่มปฏิบัติงาน เพื่อเป็นการตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ว่ามีความพร้อมใช้งานหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบดูว่าเครื่องมือและอุปกรณ์มีความชำรุดเกิดขึ้นหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบความสะอาดของเครื่องมือและอุปกรณ์ด้วย หากพบว่าเครื่องมือและอุปกรณ์เกิดความชำรุดจะต้องทำการแก้ไขทันที

สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์บางชนิดควรมีการกำหนดระยะเวลาในการเปลี่ยนบางชิ้นส่วนของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้งาน เพื่อการป้องกันในกรณีที่เครื่องมือและอุปกรณ์เกิดการชำรุดเมื่อใช้เป็นระยะเวลานานเกินไป โดยทางทีมงานที่เกี่ยวข้องได้ทำการปรึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล จึงได้ทำการกำหนดระยะเวลาในการตรวจสอบเพื่อทำการเปลี่ยนเครื่องมือและอุปกรณ์คือ ในทุกๆ 3 เดือน โดยทีมวิศวกรจะเป็นผู้ทำการตรวจสอบ หากเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นๆสามารถใช้งานได้อยู่จะไม่ทำการเปลี่ยนใหม่ สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์สำรองที่ควรมีไว้ใน

กรณีเมื่อมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเกิดการชำรุด ทางทีมวิศวกรและส่วนงานต่างๆที่เกี่ยวข้องได้ทำการปรึกษาและลงความเห็นว่า เครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นและกระทบต่อกระบวนการผลิตเมื่อมีการชำรุดบางชนิดเท่านั้นที่ควรมีสำรองไว้ในยามฉุกเฉิน เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์บางอย่างนั้นมีราคาแพงเกิดความไม่คุ้มค่ากับการสั่งซื้อปริมาณน้อยในระดับที่เพียงพอกับความต้องการ ดังนั้น เครื่องมือและอุปกรณ์บางอย่างที่เกิดการชำรุดจึงจำเป็นที่

จะต้องทำการซ่อมแซมแก้ไขและจัดทำเครื่องมือและอุปกรณ์ทดแทนขึ้นมาใช้งานชั่วคราว แทนการสั่งซื้อมาใหม่เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตลง เพราะค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมและการจัดทำเครื่องมือและอุปกรณ์ทดแทนบางชนิดนั้นมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าการสั่งซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ใหม่



ภาพที่ 11 ตัวอย่างการตรวจสอบอุปกรณ์

นอกจากนั้นได้ทำการเปลี่ยนชนิดของ **Tweezers** จาก **Tweezers** ปลายแหลม ไปเป็น **Tweezers ESD** ดังภาพที่ 12 เพราะ **Tweezers** ปลายแหลม นั้นทำมาจากอลูมิเนียมที่มีความแข็งแรงเมื่อไปกระทบถูกชิ้นส่วนหรือเลนส์ที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าจะทำให้เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย โดยทำการทดลองก่อนนำมาใช้จริงแล้วรวมถึงทำการวิเคราะห์ต้นทุนในการเปลี่ยนมาใช้ **Tweezers ESD** พบว่ามีต้นทุนเท่ากับ 8,000 บาท โดยคิดเปรียบเทียบกับเลนส์ถ่ายภาพโมเดล **D** จำนวน 1 เลนส์ สามารถเพิ่มรายได้ให้กับบริษัทประมาณ 85,000 บาท ทำให้จุดคุ้มทุนของการเปลี่ยนมาใช้ **Tweezers ESD** ในครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 8,000/85,000 คิดเป็น 0.09 ปี และได้มีการทำที่เก็บ **Screw Driver** เมื่อพนักงานสายการผลิตใช้งาน **Screw Driver** เสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการเก็บ **Screw Driver** ไว้ในที่เก็บนี้ทุกครั้ง เพื่อเป็นการป้องกันความเสี่ยงที่ส่วนปลายมีความแหลมคมอาจไปสัมผัสถูกด้านหน้าเลนส์หรือชิ้นส่วนต่างๆจนทำให้เกิดลักษณะข้อบกพร่องขึ้นได้ โดยอุปกรณ์ที่นำมาใช้ดัดแปลงทำมาจากสายยางท่อลมที่เหลือจากการใช้งานทำให้ไม่เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดทำขึ้นมา



ภาพที่ 12 ตัวอย่าง **Tweezers ESD**

สำหรับปัญหาต่างๆที่มีสาเหตุมาจาก การตรวจวัด ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยทำการอบรมพนักงานทั้งหมดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง เกี่ยวกับความสำคัญของการตรวจสอบและปัญหาที่จะเกิดขึ้นหากขาดความละเอียดรอบคอบในการตรวจสอบ สำหรับนักศึกษาฝึกงานและพนักงานใหม่จะได้รับติดตามและตรวจสอบอยู่เป็นประจำเมื่อเริ่มเข้ามาประจำที่สถานีงานในสายการผลิต และสำหรับสถานีงานที่มีนักศึกษาฝึกงานและพนักงานใหม่เข้ามาเริ่มปฏิบัติงานในระยะเวลา 1 เดือนแรก จะมีการติดป้าย **“New Operator”** เป็นการบ่งบอกว่าสถานีงานใดบ้างที่มีนักศึกษาฝึกงานและพนักงานใหม่เข้ามาปฏิบัติงาน เพื่อหัวหน้าจะได้ทำการตรวจสอบและติดตามการปฏิบัติงานของนักศึกษาฝึกงานและพนักงานใหม่อย่างสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 13 สำหรับหัวหน้าเองจะต้องเพิ่มความเคร่งครัดและความละเอียดรอบคอบให้มากยิ่งขึ้นในการกวดขันพนักงานสายการผลิตให้ปฏิบัติงานได้ตามแผนงานและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตหัวหน้างานจะต้องเป็นผู้ตรวจสอบเลนส์ถ่ายภาพทั้งหมดที่ผลิตได้อย่างละเอียดรอบคอบเพื่อเป็นการยืนยันมาตรฐานของเลนส์ถ่ายภาพที่มีคุณภาพและไม่เกิดลักษณะข้อบกพร่องก่อนจะส่งต่อไปสู่ฝ่ายประกันคุณภาพต่อไป



ภาพที่ 13 ตัวอย่างหัวหน้างานทำการตรวจสอบและติดตามนักศึกษาฝึกงานและพนักงานใหม่

สำหรับปัญหาต่างๆที่มีสาเหตุมาจาก วิธีการผลิต ได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยได้ทำการกำหนดขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตและเอกสารที่เกี่ยวข้องขึ้นใหม่ เพื่อนำไปใช้เป็นแบบแผนที่เป็นมาตรฐานต่อไป นอกจากนั้นได้มีการกำหนดวิธีการทำความสะอาดเลนส์ที่เป็นมาตรฐานและมีประสิทธิภาพ เพื่อให้พนักงานในสายการผลิตสามารถนำไปใช้เป็นแบบแผนที่เป็นมาตรฐานต่อไปได้ และสำหรับกระบวนการตรวจสอบและซ่อมแซมที่บางขั้นตอนมีความจำเป็นที่ต้องใช้ **Tweezers** ปลายแหลมในการปฏิบัติงาน เนื่องจากการยึดติดของชิ้นส่วนบางจุดนั้นมีความแน่นและแข็งแรงจึงต้องใช้ **Tweezers** ปลายแหลม ที่มีความแข็งแรงในการแยกส่วนประกอบออกจากกัน สำหรับพนักงานประจำและพนักงานใหม่ที่จะเข้ามาปฏิบัติงานที่สถานีงานตรวจสอบและ

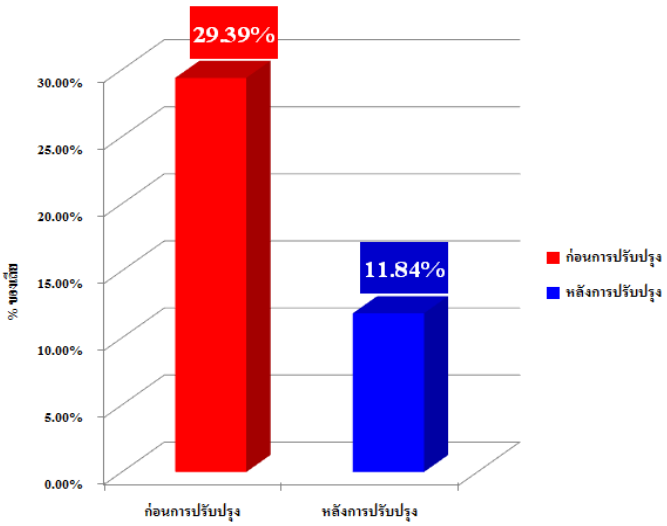
ซ่อมแซม จะได้รับการ **Training** เกี่ยวกับวิธีการปฏิบัติงานและขั้นตอนต่างๆใหม่อีกครั้ง โดยช่างเทคนิคที่มีความชำนาญก่อนการเริ่มปฏิบัติงานซึ่งจะอยู่ภายใต้การควบคุมของวิศวกรผู้รับผิดชอบ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการเทรนนิ่งในส่วนของสถานีงานตรวจสอบและซ่อมแซมโดยช่างเทคนิคที่ชำนาญ

ผลและวิจารณ์ผล

หลังจากทำการปรับปรุงแก้ไข พบว่า ก่อนการดำเนินการปรับปรุงนั้นเลนส์ถ่ายภาพโมเดล D มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพคิดเป็น 29.39% จากจำนวนของเสียทั้งหมด และหลังจากที่ดำเนินการปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว พบว่า เลนส์ถ่ายภาพโมเดล D มีจำนวนของเสียที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตเลนส์ถ่ายภาพคิดเป็น 11.88% จากจำนวนของเสียทั้งหมด ซึ่งลดลงจากก่อนการดำเนินการปรับปรุงถึง 17.41% แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงผลเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงของเลนส์ถ่ายภาพโมเดล D ที่เทียบกับจำนวนของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ทางโรงงานกรณีศึกษาได้ยอมรับแนวทางการปฏิบัติตามแผนงานต่างๆที่ได้ผลสำเร็จออกมาตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการทำงานครั้งต่อไป

โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เป็นของเสียทั้งก่อนและหลังปรับปรุงแล้วนั้น สามารถแสดงรายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

- ก่อนการปรับปรุง พบว่า จำนวนของเสียเกิดขึ้นที่เลนส์ถ่ายภาพโมเดล D มีจำนวน 7,500 เซต คิดเป็นเงินประมาณ 637,500,000 บาทต่อปี
- หลังจากการปรับปรุง พบว่า จำนวนของเสียเกิดขึ้นที่เลนส์ถ่ายภาพโมเดล D มีจำนวน 2,351 เซต คิดเป็นเงินประมาณ 199,835,000 บาทต่อปี

ดังนั้น หลังจากทำการปรับปรุงแล้วส่งผลให้โรงงานกรณีศึกษาสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ประมาณ 437,665,000 บาทต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ ที่ให้ความกรุณาในการเป็นที่ปรึกษาให้แก่ผู้วิจัย ซึ่งให้คำแนะนำและข้อมูลความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์รวมถึงทฤษฎีที่มีความจำเป็นต่องานวิจัยและยังติดตามให้คำแนะนำที่ดีงานวิจัยในการตรวจสอบแก้ไขเนื้อหาในทุกส่วนของงานวิจัย เพื่อให้เกิดความถูกต้องเหมาะสมอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังสละเวลาในการให้คำปรึกษาตลอดจนให้กำลังใจแก่ผู้วิจัย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางโรงงานกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อสถานที่และข้อมูลทุกอย่างที่มีผลต่อความสำเร็จในการดำเนินงานครั้งนี้ รวมทั้งคำแนะนำที่ดีจากหัวหน้างานและวิศวกรผู้ควบคุมงานรวมถึงส่วนงานต่างๆที่เกี่ยวข้องที่ช่วยให้ความสะดวกและความรู้แก่การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

กราบขอบพระคุณครัวครอบที่เลี้ยงดู ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจและได้อบรมสั่งสอนให้ผู้วิจัยเติบโตและได้รับการศึกษาที่ดีมาจนถึงทุกวันนี้

เอกสารอ้างอิง

จำลักษณ์ ขุนพลแก้ว. 2548. หลักการเพิ่มผลผลิต. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ,กรุงเทพฯ.

ณัฏฐพันธ์ เขจรนันทน์ และคณะ. 2546. กลยุทธ์การสร้างองค์การคุณภาพ. ธรรกมลการพิมพ์,กรุงเทพฯ.

ภูธรา อินม่วง. 2555. การลดผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตยางรูปพรรณตามแนวทางของคิวซีสตอรี่. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, กรุงเทพฯ.

ภาณุ บูรณจารุกร. 2556. เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools). แหล่งที่มา: http://www.nubi.nu.ac.th, 3 กันยายน 2556

วันรัตน์ จันทกิจ. 17 เครื่องมือนักคิด, พิมพ์ครั้งที่ 5,199 หน้า: ภาพประกอบ. ศิริพล ไพบูลย์, สุกัญญา ติรวุฒิพร ,บรรณาธิการ.

วีระพล บดีรัฐ. 2543. PDCA วงจรสู่ความสำเร็จ, ประชาชน จำกัด. สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ,กรุงเทพฯ.

โสภิดา ท้วมมี. 2550. การลดของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

การพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศรายงานผลบนสมาร์ทโฟน

Development of Airborne Particulate Matter Detector Reported on Smartphone

สมศักดิ์ วรรณชัย[1] กิจจา ไชยทนุ[1] พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์[1] กิ่งกาญจน์ ปวนสุรินทร์[2] และ อาทิตย ยาวุฑฒิ[*1]

Somsak Wannachai[1] Kitchar Chaithanu[1] Pisit Wimonthanasit[1] Kingkan Puasurin[2] and Artit Yawootti[*1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศด้วยเซ็นเซอร์หลักการทางแสง PlanTower โมเดล PMS5003 ที่สามารถตรวจวัดฝุ่น $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ในอากาศได้ สัญญาณจากเซ็นเซอร์ถูกประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU มีการรายงานผลการวัดที่จอแสดงผลและส่งข้อมูลการวัดขึ้นระบบคลาวด์ของบลิงค์ผ่านระบบไร้สายไวไฟ สามารถดูผลการวัดด้วยสมาร์ทโฟนได้ ข้อมูลการวัดถูกบันทึกลงในหน่วยความจำแบบความละเอียดสูง ผลการวัดฝุ่นต่อเนื่องเปรียบเทียบกับเครื่องวัดฝุ่นสำเร็จรูป AirCasting พบว่ามีความสอดคล้องกันมากโดยค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ของฝุ่น $PM_{2.5}$ รายชั่วโมงมีค่าสูงถึงระดับ 0.8471

คำสำคัญ : เครื่องวัดฝุ่น, โนดเอ็มซียู, สมาร์ทโฟน

ABSTRACT

This paper presents the development of the airborne particulate matter device using a light scattering sensor to detect particle matter. The sensor, named PMS1003 model, was used for detecting $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, and PM_{10} in airborne. The signals from the sensor was further processed by the node MCU microcontroller. Then, the particulate matter data from monitoring can display on the LCD screen and upload to the Blink cloud system by WiFi technology. The data is also available on smartphone. In fact, the data will be recorded on high definition memory card. The data monitoring by the developed device compared with the monitoring data from AirBeam device. It was found that there was the consistency between the capacity of the developed device and theAirBeam deveice, and the hourly correlation (R^2) of $PM_{2.5}$ was 0.8471.

Keywords : PMDmobile, NodeMCU, Smartphone

---

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง เชียงใหม่ 50300 ประเทศไทย

[1] Rajamangala University of Technology Lanna, 128 HoyKeaw, ChangPeak, Moung, Chiang Mai, Thailand, 50300, Thailand

[2] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย 99 หมู่ 10 ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120 ประเทศไทย

[2] Rajamangala University of Technology Lanna Chiangrai : 99 Sai Khao, Pan, Chiang Rai, Thailand, 57120, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ Corresponding author, yartit@rmutl.ac.th

บทนำ

ฝุ่นละอองในอากาศเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบโดยตรงกับโรคระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดเล็ก (Particulate Matter; PM) $PM_{2.5}$ ที่สามารถทะลุผ่านกลไกการกรองเบื้องต้นของร่างกายเข้าไปยังเซลล์ปอด อันเป็นสาเหตุหลักของโรคมะเร็ง [Vinitketkumnuen *et al.*, 2007] แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในอากาศ มีหลายประเภท ทั้งการเผาเศษพืชทางการเกษตร ไฟป่า และกิจกรรมการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมหรือเครื่องยนต์ในยานพาหนะเป็นต้น ได้มีการยอมรับจากองค์การอนามัยโลกเมื่อปี 2552 ว่าไอเสียจากเครื่องยนต์เป็นสารก่อมะเร็ง [WHO, 2016] การแก้ปัญหาฝุ่นละอองในอากาศจำเป็นต้องมีเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องสูง รายงานผลได้อย่างรวดเร็วและราคาไม่แพง เพื่อโอกาสในการขยายจุดที่ติดตั้งและเฝ้าสังเกตปริมาณฝุ่นละอองในอากาศในสถานที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือชุมชนที่อยู่อาศัย เครื่องมือวัดฝุ่นตามที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา หรือ United States Environmental Protection Agency (US EPA) กำหนดให้ใช้ตาม Code of Federal Regulations (CFR) ในหัวข้อ 40 Protection of Environment สามารถแบ่งออกเป็นเครื่องมือวัดวิธีอ้างอิง (Federal Reference Method) และเครื่องมือวัดวิธีเทียบเคียง (Federal Equivalent Method) โดยเครื่องมือวัดแบบเทียบเคียงยังแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (Class) ตามความคล้ายของขั้นตอน (Procedure) การตรวจวัด โดยเครื่องมือวัดฝุ่นละอองในอากาศกลุ่มที่สาม (Class III) ได้แก่เครื่องแบบเทเปอร์ อีลีเมนต์ ออนซิลเลติ้ง ไมโครบาลานซ์ หรือทีออม (Tapered Element Oscillating Microbalance; TEOM) และเครื่องแบบเบต้าเรย์ (Beta Attenuation หรือ Beta Ray) ตามที่กรมควบคุมมลพิษประกาศให้ใช้ [US EPA, 1998; US GPO, 2016; PCD 2016] ข้อจำกัดของเครื่องมือวัดฝุ่นละอองในอากาศแบบทีออมและเบต้าเรย์คือมีราคาแพงต้องนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ อีกทั้งต้องติดตั้งระบบการวัดในสถานีที่ควบคุมอุณหภูมิคงที่ ทำให้เกิดข้อจำกัดในการเพิ่มจำนวนจุดตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ เครื่องมือวัดฝุ่นละอองในอากาศที่ใช้เทคนิคการกระเจิงแสง (Light Scattering) ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในการวัด $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ได้พร้อมกัน เช่นเครื่อง EDM180 ของบริษัท GRIMM ที่ได้รับการรับรองจาก US EPA หรือเครื่อง DustTRAK ของบริษัท TSI ที่ถูกนำไปใช้ในงานวิจัยอนุภาคละอองลอยอย่างแพร่หลาย และเครื่องวัดของ AirViual ที่มีการพัฒนาระบบ Internet of Things (ioT) ที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น [GRIMM, 2015; TSI, 2016] ปัจจุบันเทคโนโลยีเซ็นเซอร์เทคนิคการกระเจิงแสงมีการพัฒนามากขึ้นและราคาถูกลง การนำเซ็นเซอร์เทคนิคการกระเจิงแสงมาประยุกต์ใช้ในการวัดฝุ่นละอองในอากาศ $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ที่สามารถรายงานผลบนสมาร์ทโฟน จึงเป็นการแก้ปัญหาข้อจำกัดเรื่องเครื่องมือราคาแพงและสามารถขยายจำนวนจุดวัดเพื่อนำข้อมูลไปใช้วางแผน แก้ปัญหาฝุ่นละอองในอากาศได้อย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เซ็นเซอร์หลักการทางแสง

เซ็นเซอร์เทคนิคการกระเจิงแสงที่ขายเชิงพาณิชย์มีทั้งกลุ่มที่ใช้ตัวต้านทานทำให้เกิดกระแสอากาศร้อนดูดฝุ่นที่ต้องการตรวจวัดเข้ามาที่ส่วนตัวตรวจวัดฝุ่น (ไม่มีพัดลม) ได้แก่โมเดล GP2Y1010AU0F ของบริษัท Sharp โมเดล DSM501A ของบริษัท Samyoung และโมเดล PPD ของบริษัท Shinyei เป็นต้น และกลุ่มที่ใช้พัดลมดูดฝุ่นเข้ามา ได้แก่ โมเดล SDS ของบริษัท NOVA Fitness โมเดล HPMA ของบริษัท Honeywell และโมเดล PMS ของบริษัท Plantower เป็นต้น ในบทความวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องวัดฝุ่นที่ชื่อว่า PMDmobile โดยเลือกใช้เซ็นเซอร์เทคนิคการกระเจิงแสงโมเดล PMS5003 ของบริษัท Plantower ดังแสดงใน**รูปที่ 1** ซึ่งมีความสามารถในการตรวจวัดฝุ่น $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ได้พร้อมกัน โดยมีคุณสมบัติต่าง ๆ ตามตารางที่ 1

2. ระบบและการทำงานของเครื่องวัดฝุ่นละอองในอากาศ

การทำงานตรวจวัดฝุ่นภายในตัวเซ็นเซอร์แสดงให้เห็นตามแผนภาพใน**รูปที่ 2** โดยเริ่มจากพัดลมดูดอากาศนำฝุ่นภายนอกเข้ามาที่โพรงของ Air Channel แสงอินฟาเรดจากแหล่งกำเนิดส่องมาที่อนุภาคฝุ่นแล้วเกิดการกระเจิงแสงไปยัง Photo Diode ทำให้ได้สัญญาณไฟฟ้า (Electric Signal) ส่งต่อไปยังภาคขยายที่มีวงจรกรองสัญญาณอยู่ภายใน (Filter Amplifier Circuit) สัญญาณ**เอาพุต**ส่วนนี้ถูกส่งไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงเป็นปริมาณความเข้มข้นเชิงมวลของฝุ่นในรูปแบบการสื่อสารอนุกรม สัญญาณที่ได้สามารถนี้ใช้ Node MCU ทำการอ่านค่าและประมวลผลต่อไปดังแสดงใน**รูปที่ 3** เครื่องวัดฝุ่นที่พัฒนาขึ้นในบทความนี้ จะนำข้อมูลฝุ่น $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} บันทึกลงในการ์ดข้อมูลความละเอียดสูง (SD Card) ด้วยโมดูล SD Card โดยมีฐานเวลาจริงที่ได้มาจากโมดูล Real Time Clock นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ด้วยเซ็นเซอร์ DHT11 ผลการวัดทั้งหมดสามารถแสดงให้เห็นที่จอแสดงผล Liquid Crystal Display (LCD) นอกจากนี้ข้อมูลทั้งหมดยังส่งไปที่ระบบคลาวด์ของ Blynk ซึ่งสามารถใช้สมาร์ทโฟน (Smart Phone) ในการเรียกดูค่าการวัดในรูปแบบของตัวเวลาและกราฟได้ การวัดฝุ่นละอองในอากาศด้วยเซ็นเซอร์ที่พัฒนาขึ้นมีการเปรียบเทียบผลกับเครื่องวัดฝุ่น AirCasting ที่มีขายเชิงพาณิชย์ โดยมีการส่งข้อมูลการวัดของเครื่อง AirCasting ไปยังแอพลิเคชัน AirCast บนสมาร์ทโฟน [AirCasting]

3. การดำเนินการวัดฝุ่นละอองในอากาศภาคสนาม

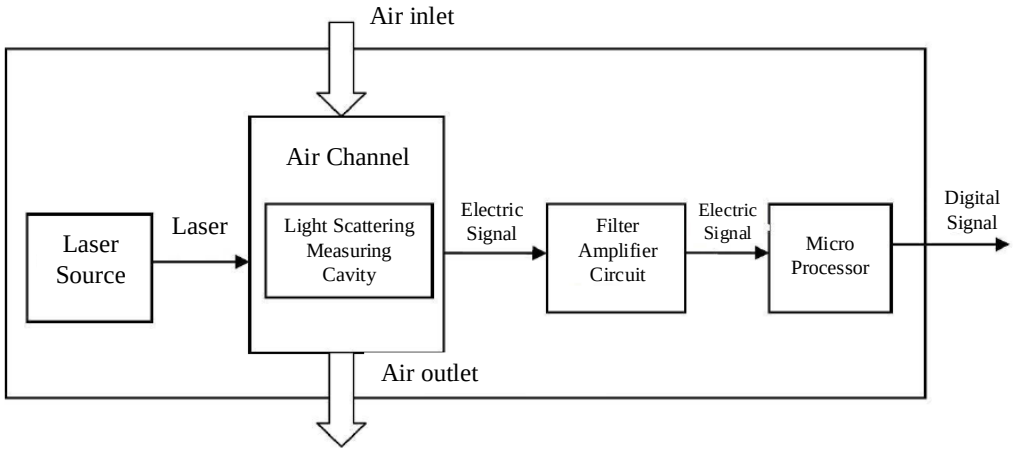
ทำการตั้งเครื่องวัดฝุ่นที่พัฒนาขึ้นกับเครื่องวัดฝุ่น AirCasting ณ อาคารวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบผลการวัดกับเครื่องวัดฝุ่น PM_{10} สถานี PCD57T และ PCD73T ของกรมควบคุมมลพิษ ระหว่างเวลา 17:00 น. ของวันที่ 2 กุมภาพันธ์ ถึงเวลา 17:00 น. ของวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2561 เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นในจังหวัดเชียงราย ซึ่งตำแหน่งเครื่องวัดฝุ่นของกรมควบคุมมลพิษกับอาคารวิศวกรรมโยธา มีระยะห่างประมาณ 30 กิโลเมตร ดังแสดงบนแผนที่ในรูปที่ 4



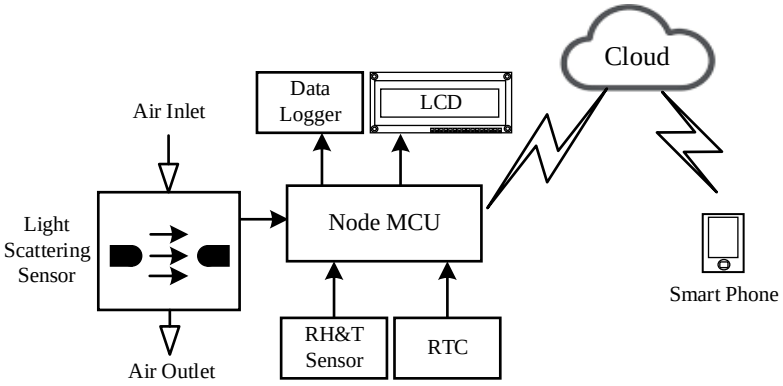
รูปที่ 1 ลักษณะของเซ็นเซอร์วัดฝุ่นเทคนิคการกระเจิงแสง Plantower PMS5003

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของเซ็นเซอร์ PMS5003 บริษัท Plantower

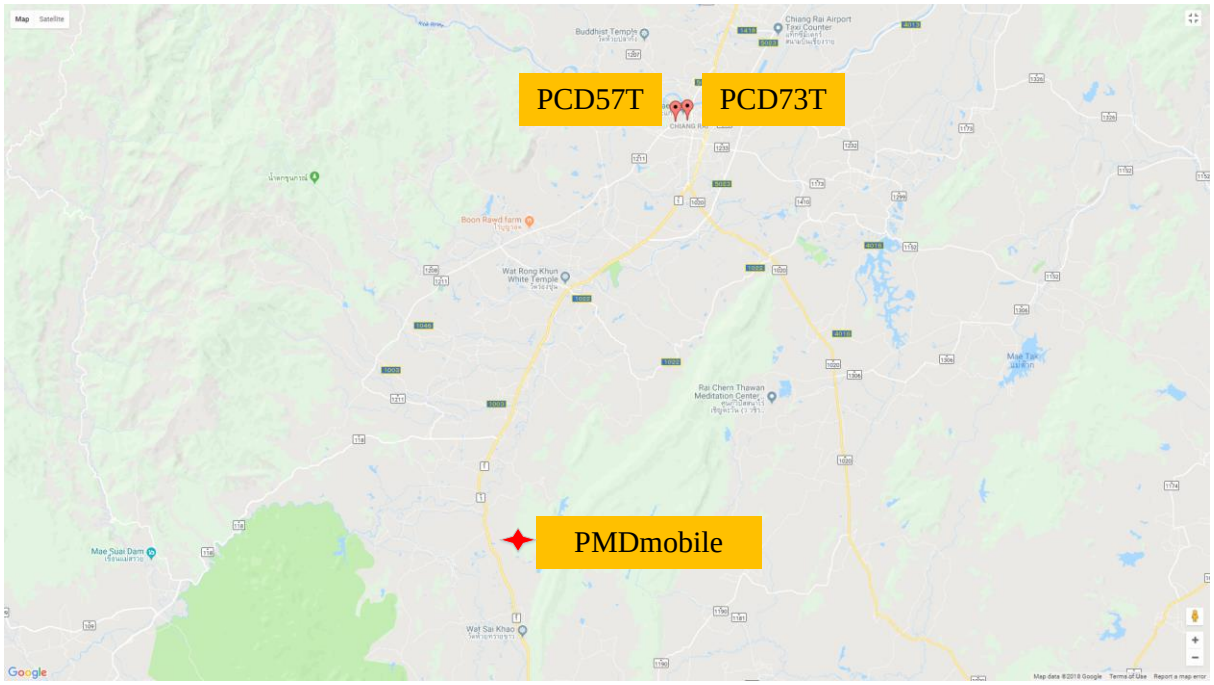
No.	Parameter	Specification
1	Particle Size Range	0.3 – 1.0, 1.0 – 2.5, 2.5 – 10 Micron (μm)
2	Measurement Range	0 to 1,000 (max) $\mu g/m^3$
3	Resolution	1 $\mu g/m^3$
4	Air Volume	0.1 Lite
5	Response Time	< 1.0 Seconds
6	Power Consumption	5 Volts, 200 mA
7	Operation Temperature	-10 to 60 °C
8	Operation Humidity	0 – 99 %RH
9	Life Time	> 3 Years
10	Dimension	50 x 38 x 21 mm.



รูปที่ 2 แผนภาพการทำงานของเซ็นเซอร์ Plantower PMS5003



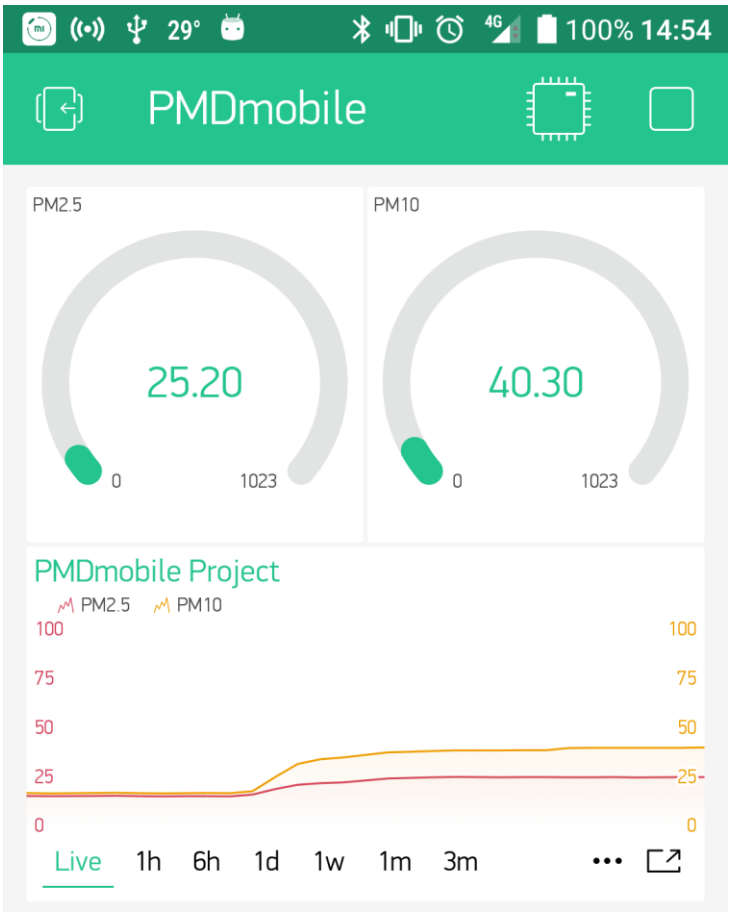
รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของ PMDmobile



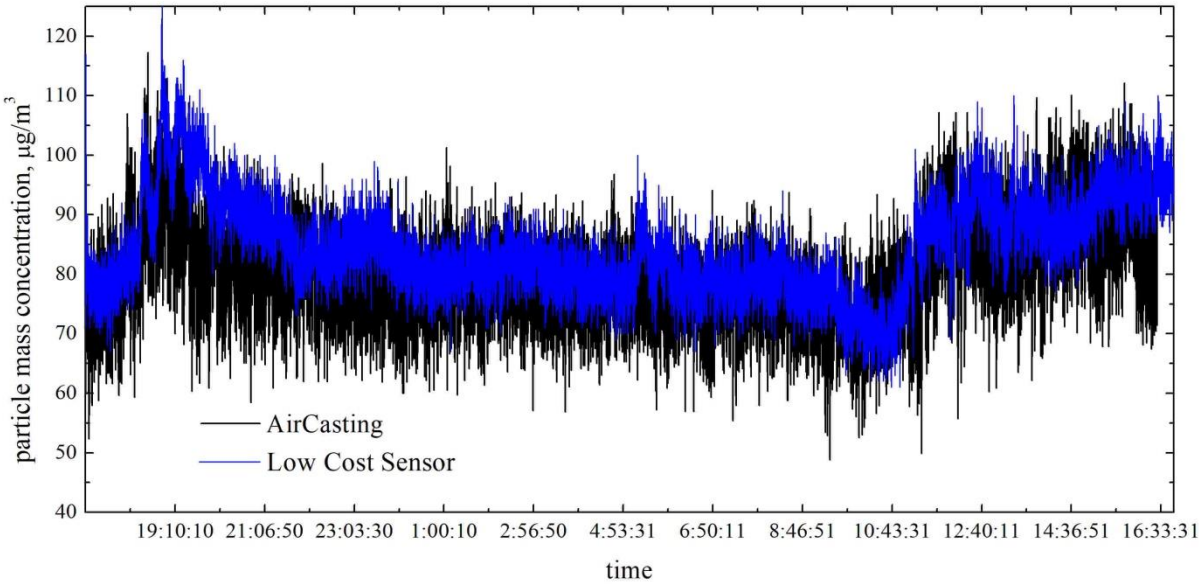
รูปที่ 4 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องวัดฝุ่น PMDmobile

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

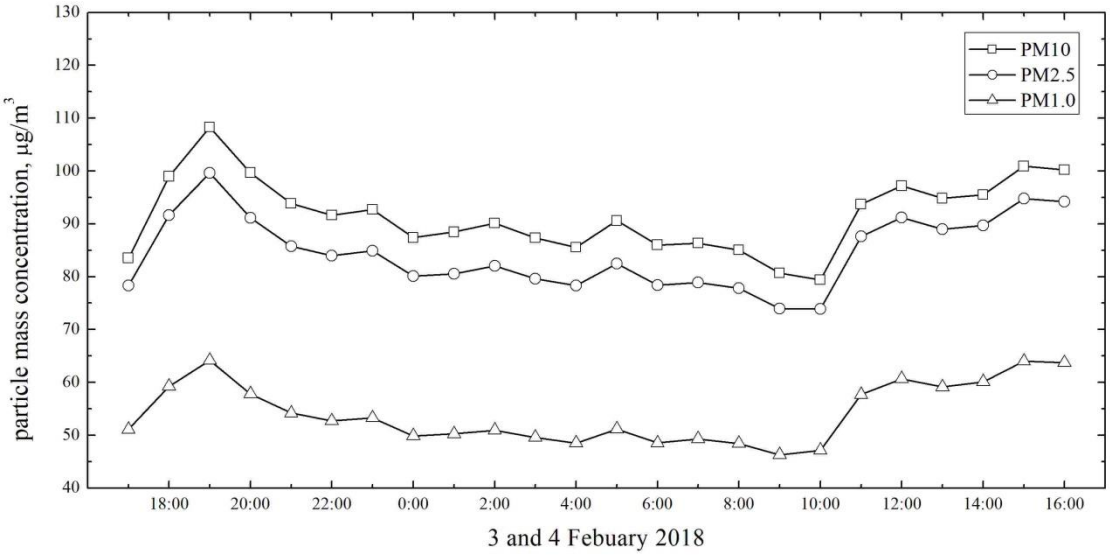
รูปที่ 5 เป็นลักษณะการแสดงผลการวัดฝุ่นที่สมาร์ทโฟน ส่วน**รูปที่ 6** แสดงผลการวัดฝุ่น $PM_{2.5}$ รายวินาทีด้วยเครื่องวัด PMDmobile ที่พัฒนาขึ้นกับเครื่อง AirCasting ระหว่างเวลา 17:00 น. ของวันที่ 2 กุมภาพันธ์ ถึงเวลา 17:00 น. ของวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2561 พบว่ามีความคล้ายกันมากโดยค่าฝุ่น $PM_{2.5}$ จากเครื่องมือวัดทั้งสองมีการเพิ่มขึ้นในเวลา 19:00 น. และมีการลดลงเพียงเล็กน้อยอย่างต่อเนื่องลงมา จนในเวลาประมาณ 11:00 น. ของวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2561 มีการเพิ่มขึ้นจากค่าประมาณ 70 $\mu g/m^3$ เป็น 90 $\mu g/m^3$ ที่เวลาประมาณ 12:00 น. เมื่อนำข้อมูลฝุ่นทั้ง $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} มาแสดงเป็นค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงในรูปที่ 7 ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาต่าง ๆ ที่สอดคล้องกัน โดยค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ $PM_{2.5}/PM_{10}$ คิดเป็นร้อยละ 92.26 ส่วนค่าเฉลี่ยทั้งหมดของ $PM_{1.0}/PM_{2.5}$ คิดเป็นร้อยละ 63.98 สอดคล้องกับงานวิจัยการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน [Sopajaree *et al.*, 2007] และเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของ PM_{10} จากสถานี PCD57T และ PCD73T ของกรมควบคุมมลพิษ ที่ติดตั้งในตัวเมือง ห่างจากจุดที่ติดตั้งเครื่องวัดฝุ่น PMDmobile และ AirCasting เป็นระยะทางประมาณ 30 กิโลเมตร พบว่ามีความเข้มข้นเชิงมวลน้อยกว่า แต่ยังคงเห็นการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายกับในช่วงเวลาที่เปรียบเทียบโดยฝุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 19:00 น. และลดลงต่อเนื่องแล้วกลับมาเพิ่มสูงขึ้นในเวลาประมาณ 8:00 น.ดังแสดงใน**รูปที่ 8** เมื่อนำค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของฝุ่น $PM_{2.5}$ จากเครื่องวัดฝุ่น PMDmobile และ AirCasting มาหาค่าสหสัมพันธ์ พบว่ามีการถดถอยเชิงเส้นแบบ RMA (Reduced Major Axis) สูงโดยมี $R^2 = 0.8471$ ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งแสดงว่าเครื่องวัดฝุ่นทั้งสอง สามารถวัดฝุ่นได้สอดคล้องกันมาก



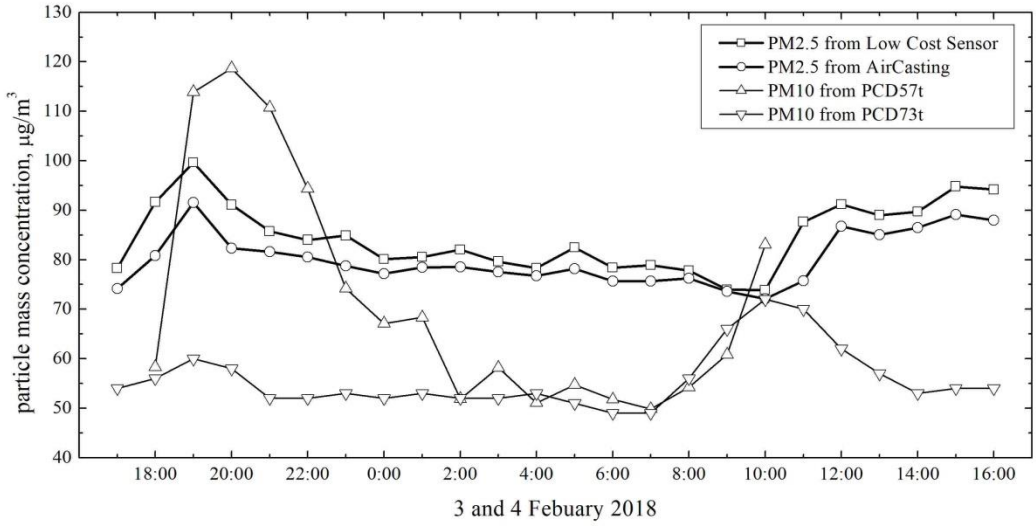
รูปที่ 5 ลักษณะของการแสดงผลการวัดบนสมาร์ทโฟน



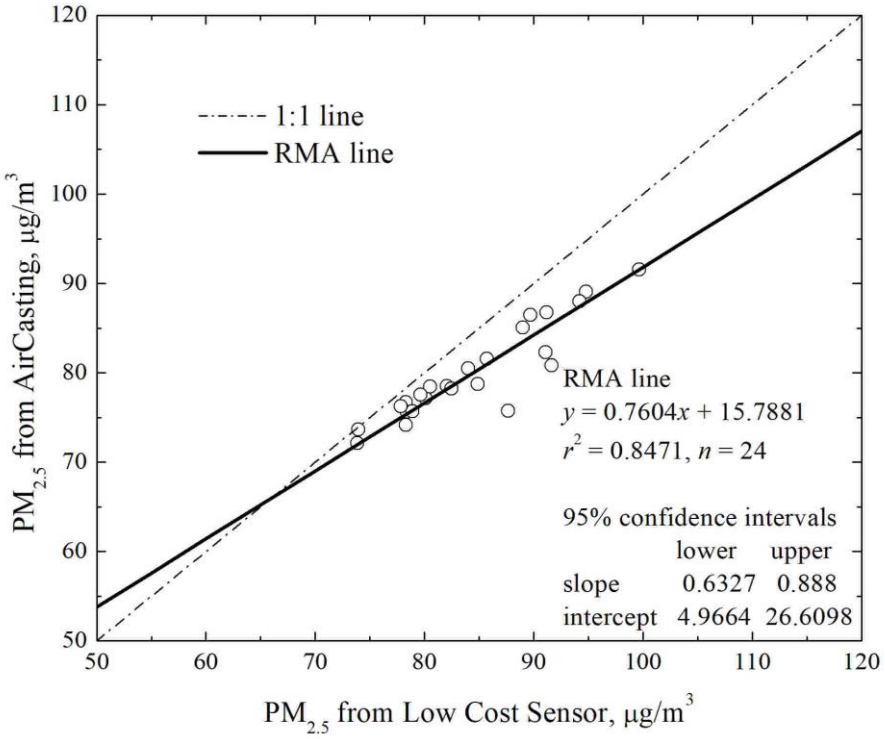
รูปที่ 6 ผลการวัดฝุ่น $PM_{2.5}$ รายวินาที



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของฝุ่น $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ของ PMDmobile



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของฝุ่น $PM_{2.5}$ และ PM_{10}



รูปที่ 9 สหสัมพันธ์ของฝุ่น $PM_{2.5}$ รายชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้เป็นการนำเสนอวิธีการวัดฝุ่นละอองในอากาศ $PM_{1.0}$ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ด้วยเซ็นเซอร์เทคนิคการกระเจิงแสงที่มีขายเชิงพาณิชย์ มีการรายงานผลที่จอแสดงผล LCD บันทึกค่าการวัดลงในหน่วยความจำ SD Card และส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์ Blynk มีการเปรียบเทียบผลการวัดกับเครื่องวัดฝุ่น AirCasting ที่มีขายเชิงพาณิชย์ ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกันมาก โดยมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงในระดับ $R^2 = 0.8471$ และผลการวัดฝุ่นในช่วงเวลาเปรียบเทียบกันยังสอดคล้องการค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของฝุ่น PM_{10} จากเครื่องวัดฝุ่นมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ การทดสอบทเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดฝุ่น PMDmobile ที่พัฒนาขึ้นนี้มีความเหมาะสมต่อการนำไปวัดฝุ่นละอองในอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์แมคคาทรอนิกส์และออโตเมชั่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย

เอกสารอ้างอิง

Grimm Company, GRIMM180, "Environmental Dust Monitor User Manual", Aerosol Technik GmbH & Co. KG, Dorfstrasse 9, D-83404 Ainring, Germany, Available Source: www.grimm-aerosol.com, April 12, 2015.

PCD, "Pollution Control Department", Ministry of National Resources and Environment, Available Source: http://www.pcd.go.th, March 27, 2016.

Sopajaree, K., and Pengchai, P., "Dust survey in the air of Chiang Mai and Lamphun", Final Report, Thailand Research Found, March 2007.

TSI Company, "DUSTTRAKTM DRX Aerosol Monitor Theory of Operation", Application Note Expmn-002, Available Source: www.tsi.com, March 16, 2016.

US EPA, "Guidance for using Continuous Monitors in PM2.5 Monitoring Network", Available Source: www.epa.gov/ttnamti1/pmpolgud.html, March 3, 1998.

US GPO, "Code of Federal Regulation; CFR (Annual Edition)", U.S. Government Publishing Office (GPO), Available Source: https://www.gpo.gov, March 9, 2016.

Vinitketkumnuen, U., Chevonarin, T., Taneyhill, K., and Chunram, N., "Oxidative damage to DNA from alveolar lung Cell Lines by Air-borne Particulate Matter PM 2.5 & PM 10 extractable from Chiang Mai and Lumphun", Final Report, Thailand Research Found, July 2007.

WHO, "World Health Organization", Available Source: Website: www.who.int/topics/air_pollution/en, August 12, 2016.

การวิเคราะห์ปริมาณโอโซนรวมในบรรยากาศที่ภาคกลางของประเทศไทย ประเทศกัมพูชา และประเทศพม่า

Analysis of Total Ozone in Atmosphere at Central region of Thailand, Cambodia and Myanmar

รุสมาดี สะบูดิง[1*] สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1] และ ฮูเซ็ง ชายดานา[1]

Rusmadee Sabooding[1*], Sommkorn Chaiwarakorn[1] and Huseng Chaidana[1]

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซนในบรรยากาศที่กรุงเทพมหานครของประเทศไทย กรุงพนมเปญ สำหรับประเทศกัมพูชา และย่างกุ้งในประเทศพม่า ในกรณีรายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือน โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม ที่ตำแหน่ง 3 แห่ง คือกรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร (13.67°N 100.62°E) กรุงพนมเปญ (11.56°N 104.93°E) และ กรุงย่างกุ้ง (16.87°N 96.15°E) จากนั้นผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลปริมาณโอโซนในช่วงระยะเวลา 11 ปี (2007-2017) จาก ดาวเทียม Aura/OMI ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของปริมาณโอโซนของทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือปริมาณโอโซนจะมีค่าต่ำสุดในช่วงต้นปีและปลายปี นอกจากนี้มีค่าสูงสุดในช่วงกลางปี

คำสำคัญ : ปริมาณโอโซน, ข้อมูลดาวเทียม, ปริมาณโอโซนในบรรยากาศ

ABSTRACT

In this work, atmospheric ozone at Bangkok of Thailand, Phnom penh for Cambodia and Yangon in Myanmar. In the case daily and monthly average TO. Total ozone by using satellite-based at three location: Meteorological department, Bangkok (13.67°N 100.62°E) Phnom penh (11.56°N 104.93°E) and Yangon (16.87°N 96.15°E). Total ozone data for the period of 11 years (2007-2017) was acquired from Aura/OMI. It was found that the seasonal variation total ozone from the three sites have a similar pattern with low values at the beginning and end of the years and the highest values at middle of the years.

Keyword: Total Ozone, Satelite-based, Atmospheric Ozone

---

[1] สาขาฟิสิกส์. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1] Department of Physics, Faculty of Science technology and agriculture, Yala rajabhat University, Sateng, Muang, Yala 95000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Sabooding081@gmail.com

บทนำ

โอโซนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของบรรยากาศของโลก ทั้งนี้เพราะเป็นก๊าซที่ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเลตจากดวงอาทิตย์ ให้มีปริมาณที่พอเหมาะกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก โดยทั่วไปปริมาณของก๊าซโอโซนในบรรยากาศจะเปลี่ยนแปลงตามความสูงจากพื้นผิวโลก โดยมีความหนาแน่นสูงสุดที่ประมาณ 20-30 กิโลเมตรจากพื้นผิวโลก หรือที่เรียกกันว่าชั้นบรรยากาศของโอโซน (ozone layer) ซึ่งอยู่ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (stratosphere) นอกจากนี้ยังมีก๊าซโอโซนจานวนเล็กน้อยในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ (troposphere) ซึ่งเป็นบรรยากาศที่ห่อหุ้มจากพื้นผิวโลกถึงความสูงประมาณ 10 กิโลเมตร ปริมาณโอโซนทั้งหมดในชั้นบรรยากาศจะเรียกว่า ปริมาณโอโซนรวม (total ozone) ก๊าซโอโซนทั้งหมดในบรรยากาศจะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้รังสีอัลตราไวโอเลตบี (UV-B) ซึ่งเป็นรังสีที่มีอันตรายผ่านเข้ามาถึงพื้นโลกมากเกินไป แต่ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าโอโซนในบรรยากาศของโลกมีปริมาณลดลง Farman และคณะ ได้ทำการสำรวจโอโซนในบริเวณขั้วโลกใต้และพบว่าโอโซนเหนืออ่าว Halley ในทวีปแอนตาร์กติกมีการลดลงในช่วง 1 ทศวรรษถึง 40 % ต่อมามีการพบว่าการลดลงของโอโซนมิได้มีเฉพาะในบริเวณขั้วโลกใต้เท่านั้น แต่พบที่บริเวณขั้วโลกเหนือและบริเวณอื่นๆ ของโลกด้วย โดยในบริเวณละติจูดกลาง (mid–latitude) ระหว่างปี ค.ศ.1979–1991 มีการลดลงของโอโซน 3–5% และที่ละติจูดสูง (high–latitude) ลดลง 6–8% นอกจากนี้ยังพบว่าในปี ค.ศ.1992 โอโซนทั่วโลกมีการลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงละติจูด $10^{o}S–20^{o}S$ และ $10^{o}N–60^{o}N$ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทยด้วย การลดลงของโอโซนสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต และสอดคล้องกับข้อมูลทางการแพทย์ ซึ่งพบว่าอัตราการป่วยเป็นโรคมะเร็งผิวหนังของประชากรในทวีปอเมริกาเหนือ และออสเตรเลียเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเลตด้วย

อัลตราไวโอเลตยังมีจากผลการศึกษาของ UNEP ได้คาดการณ์ว่าถ้าปริมาณโอโซนในบรรยากาศลดลง 10% จะมีคนตาบอดเพิ่มขึ้นใหม่ทั่วโลกอีกประมาณ 1 ล้านรายต่อปี เนื่องจากผลของรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังคาดว่าการลดลงของปริมาณโอโซนเพียง 1% ในระยะยาว อาจทำให้อัตราการเกิดโรคมะเร็งผิวหนังเพิ่มขึ้น 2–3% นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของรังสีอัลตราไวโอเลตยังมีผลกระทบในเชิงลบต่อ micro–organism ทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งส่งผลกระทบระยะยาวต่อระบบนิเวศน์ รวมทั้งห่วงโซ่อาหาร โดยส่วนรวมด้วย

จากความสำคัญของการค้นพบดังกล่าว องค์การสหประชาชาติจึงได้จัดให้มีการประชุมนานาชาติเพื่อหยุดยั้งการสูญเสียบรรยากาศชั้นโอโซนที่เมือง Montreal ประเทศแคนาดา เมื่อปี ค.ศ. 1987 และ ค.ศ. 1991 และออกข้อกำหนดที่เรียกว่า Montreal Protocol ซึ่งประเทศไทยได้ร่วมลงนามด้วย ตามข้อกำหนดดังกล่าวประเทศสมาชิกที่ลงนามต้องดำเนินมาตรการระงับการใช้สารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน ภายในปี ค.ศ. 2010 นอกจากนี้ในบทความที่ 6 ของ Montreal Protocol ยังกำหนดให้ทำการประเมิน อีกทั้งยังติดตามการตรวจวัดสภาวะโอโซน และปริมาณรังสีอัลตราไวโอเลต ในประเทศต่างๆ ด้วย ถึงแม้ว่าจะมีการหยุดยั้งการทำลายบรรยากาศชั้นโอโซนตามข้อกำหนดดังกล่าว แต่ก็จะต้องใช้เวลาอีกประมาณ 50 ปี บรรยากาศชั้นโอโซนจึงจะฟื้นตัวกลับมามีสภาพเดิมก่อนถูกทำลาย ดังนั้นผลกระทบจากการลดลงของโอโซนยังคงมีต่อไป

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าปริมาณโอโซน อาทิเช่น M. Anton และคณะ (2010) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโอโซน จากเครื่องวัดภาคพื้นดิน (Brewer spectrophotometer) ที่เมือง Madrid ของประเทศสเปน ผลการทดลองพบว่า ฤดูกาลของ 4 ฤดู คือ ปริมาณโอโซนรายเดือน ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ และฤดูร้อนมีค่าสูงกว่าฤดูใบไม้ร่วง และฤดูหนาว ต่อมา Hartogh และคณะ (2011) ทำการวัดโอโซนที่ระดับความสูง 40 และ 60 km โดยใช้เทคนิคทางไมโครเวฟที่เมือง Lindau ประเทศเยอรมัน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าความหนาแน่นของโอโซนที่ส่วนบนของชั้นสตราโตสเฟียร์ที่ระดับความสูง 40 km มีค่าลดลงอย่างมาก ขณะที่ระดับความสูง 60 km โอโซนมีความหนาแน่นลดลงเพียงเล็กน้อย นอกจากนี้ Ma

และคณะ (2011) ได้ทำการตรวจวัดโปรไฟล์ของโอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ตอนล่าง ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงปี 2008 ที่สถานี Nanjiao และสถานี Shangdianzi ในกรุงปักกิ่ง ผลจากการตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นโอโซนสูงสุดที่พื้นผิวเกิดจากอิทธิพลของกระแสลม กล่าวคือกระแสลมตะวันตกเฉียงใต้ทำให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษรอบกรุงปักกิ่ง ในขณะที่กระแสลมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดพามวลอากาศที่มีความเข้มข้นโอโซนสูงเข้ามายังกรุงปักกิ่ง อย่างไรก็ตามยังพบว่าความแตกต่างของชนิดลมเฉือน (ความเร็วลมและทิศทางลม) ยังเป็นเหตุให้เกิดการสะสมโอโซน และการลดลงของโอโซน wind shear layer อีกด้วย

สำหรับ Solomon และคณะ (2016) พบว่ารูรั่วโอโซนในทวีปแอนตาร์กติกในช่วงฤดูใบไม้ผลิมีการฟื้นตัวขึ้นตั้งแต่ปี 2000 โดยจากผลการตรวจวัดและจากแบบจำลอง พบว่าแนวโน้มการลดลงของโอโซน ในช่วงปี 2000-2014 มีค่าต่ำลง โดยพื้นที่บริเวณที่เกิด ozone hole ลดลงเหลือเพียง 4.9 ± 4.7 million km^2 แสดงให้เห็นการฟื้นตัวของชั้นโอโซนในบรรยากาศ รวมทั้ง Sheng Bo Chen และคณะ (2017) ได้ทำการศึกษาปริมาณโอโซน จากเครื่องวัด Brewer spectrophotometer รวมทั้ง Pandora spectrophotometer ขององค์การ NASA และข้อมูลดาวเทียม Aura/OMI ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม 2012 ถึงธันวาคม 2014 ในประเทศเกาหลีใต้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะนำการศึกษาปริมาณโอโซนในบริเวณกรุงเทพมหานครสำหรับประเทศไทย กรุงพนมเปญในประเทศกัมพูชา และกรุงย่างกุ้งของประเทศพม่า เพื่อให้ทราบธรรมชาติของปริมาณโอโซนในบริเวณนี้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลปริมาณโอโซนจากดาวเทียม

การวัดโอโซนด้วยดาวเทียมเป็นการวัดด้วยเซนเซอร์ระยะไกลเหนือชั้นบรรยากาศโลก ประโยชน์ของการตรวจวัดด้วยดาวเทียม คือให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ดี และช่วยให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ดาวเทียมอุตุนิยมแบบ Polar orbiting satellite ที่วัดปริมาณโอโซนขององค์การ NASA ที่ทำการวัดโอโซนต่อเนื่องกันตามปีต่างๆ กล่าวคือ

ดาวเทียม Aura เริ่มดำเนินการตรวจวัดครั้งแรกเมื่อปี 2004 และยังคงถูกใช้งานจนถึงปัจจุบันดาวเทียม Aura ได้ติดตั้งหัววัดชื่อว่า OMI (Ozone Monitoring Instrument) เพื่อใช้สำหรับวัดปริมาณโอโซนรวมรายวันทั่วโลก

หลักการทำงานของหัววัด OMI เป็นหัววัดที่มีมุมมองกว้าง สามารถวัดการกระเจิงของรังสีอาทิตย์ขณะใดๆ (solar backscattered irradiance) ได้เป็นระยะทางตามแนวนอน 2,600 km มี spatial resolution เท่ากับ 1 องศาละติจูด x 1 องศาลองจิจูด หัววัดมีลักษณะเป็นกล้องโทรทรรศน์ที่มี across-track 115^{O} อีกทั้งยังมีเซนเซอร์ภายในเป็นแบบ CCD (Charge Couple Device) ทำหน้าที่รับแสงแล้วแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก (analog) รังสีอาทิตย์ที่หัววัดรับได้มีช่วงความยาวคลื่นที่กว้าง ก็คือหัววัด OMI จะแบ่งช่องสัญญาณรับรังสีอาทิตย์เป็น 3 ช่องสัญญาณ ได้แก่ ช่อง UV-1 (264-311 nm) UV-2 (307-383 nm) และ VIS (349-504 nm) มีการทำงานที่แตกต่างกัน 3 โหมด อาทิ Global mode, Spatial zoom-in mode และ Spectral zoom-in mode

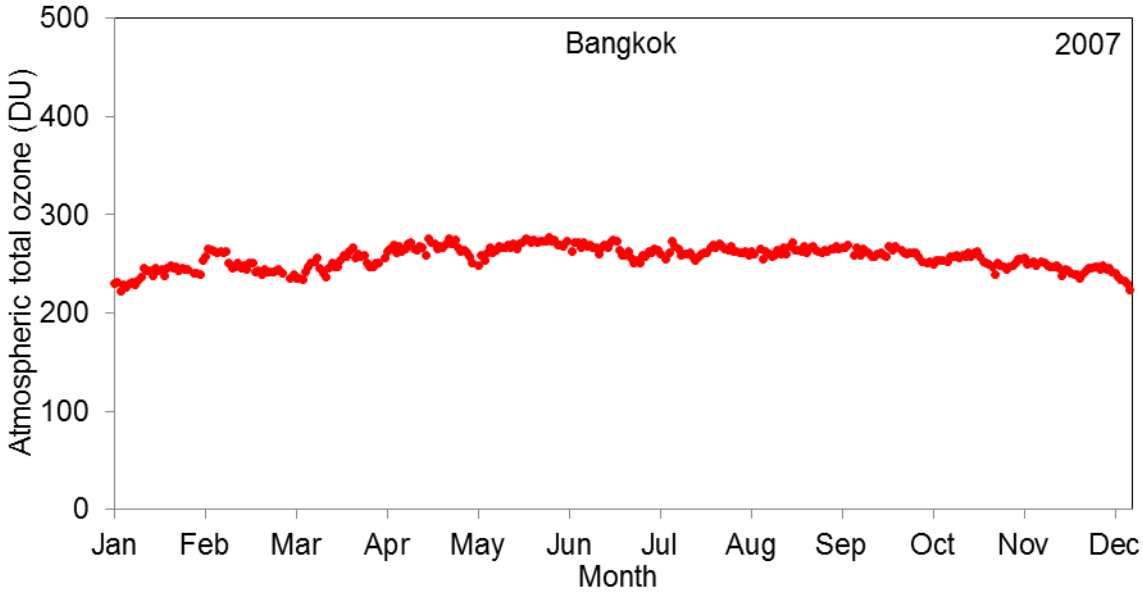
การวิเคราะห์ข้อมูล

- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่อมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณโอโซนในรายเดือน
- ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของกรุงเทพมหานคร (13.67^{o}N 100.62^{o}E) ของประเทศไทย รวมทั้งกรุงพนมเปญ (11.56^{o}N 104.93^{o}E) ในประเทศกัมพูชา และกรุงย่างกุ้ง (16.87^{o}N 96.15^{o}E) สำหรับประเทศพม่า

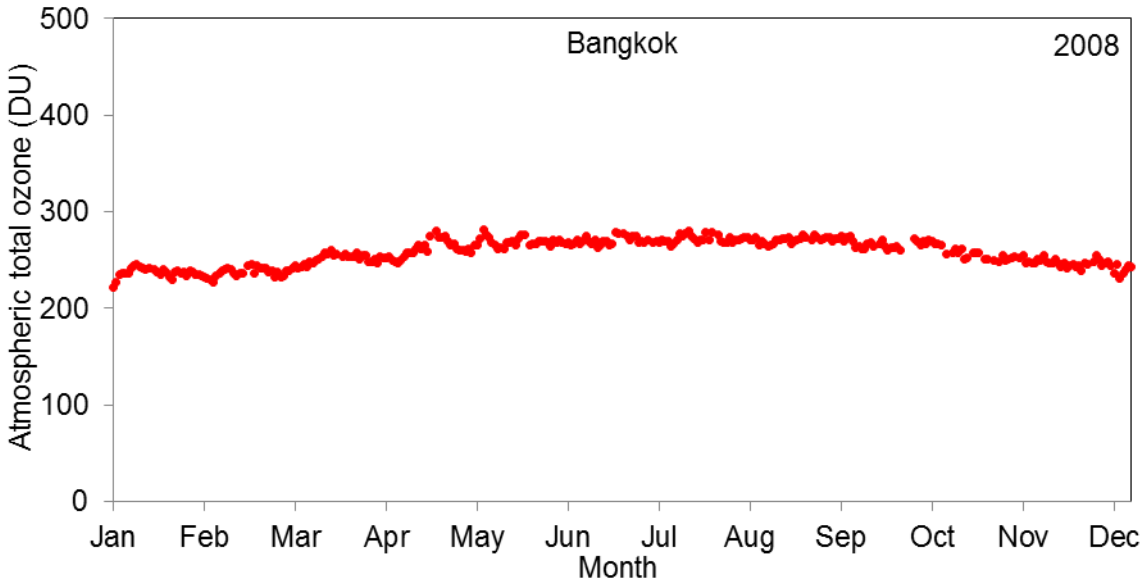
ผลและวิจารณ์ผล

ในงานนี้ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลปริมาณโอโซนที่ได้จากดาวเทียม Aura/OMI ขององค์การ NASA ที่ระหว่างปี 2007-2017 มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนที่กรุงเทพมหานครสำหรับประเทศไทย กรุงพนมเปญในประเทศกัมพูชา และกรุงย่างกุ้งของประเทศพม่า

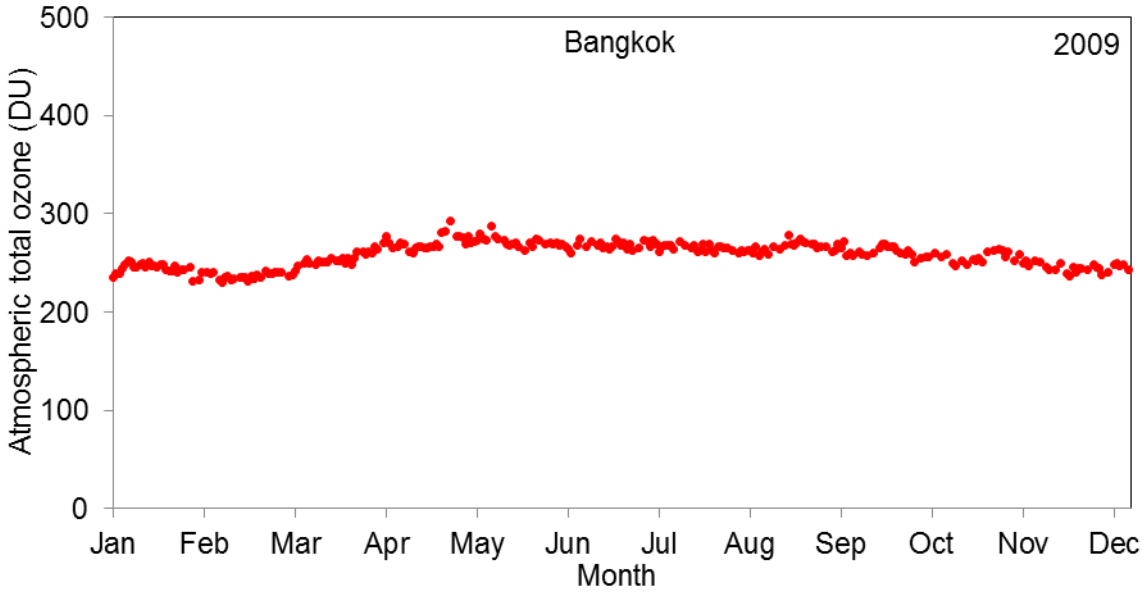
การเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนตามฤดูกาลในรอบปีสำหรับกรุงเทพมหานคร พนมเปญ และกรุงย่างกุ้ง จะแสดงไว้ภาพที่ 1-11 และภาพที่ 12 จะแสดงการเปรียบเทียบผลของทั้ง 3 สถานี



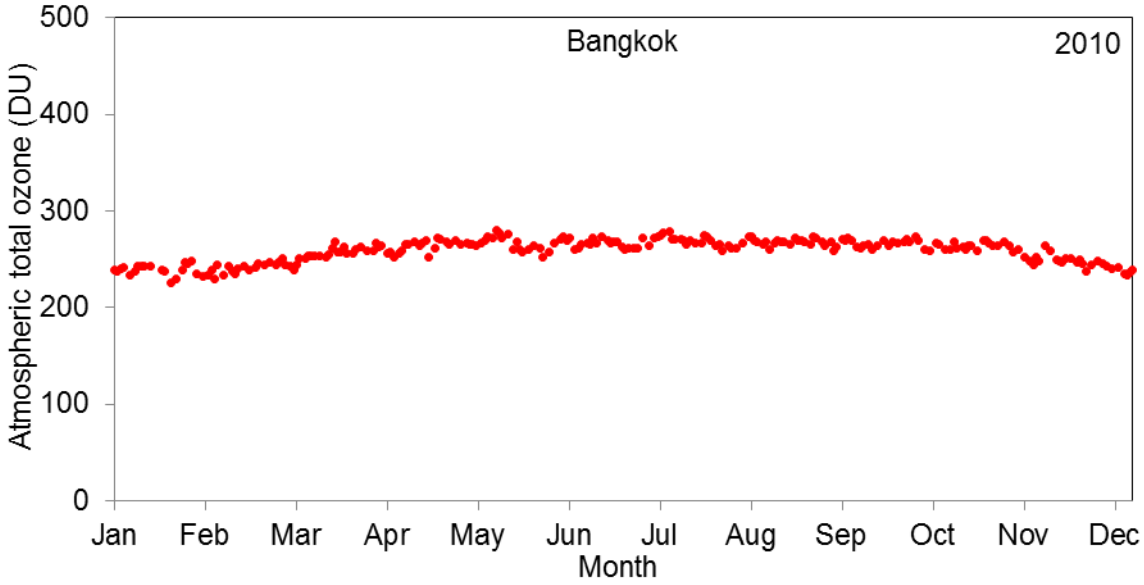
ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2007 ที่กรุงเทพมหานคร



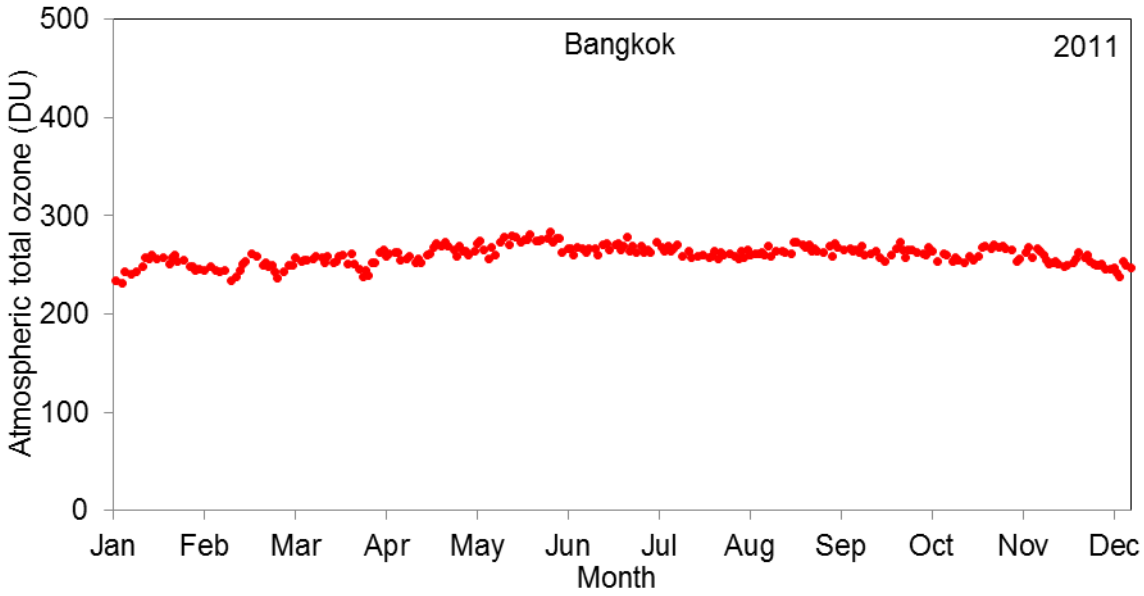
ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2008 ที่กรุงเทพมหานคร



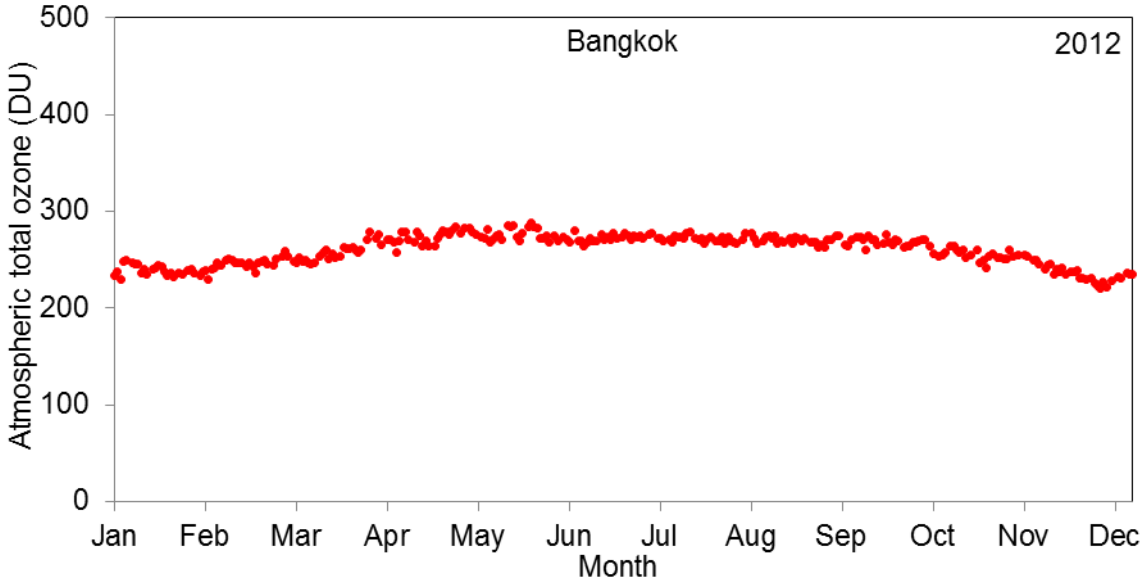
ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2009 ที่กรุงเทพมหานคร



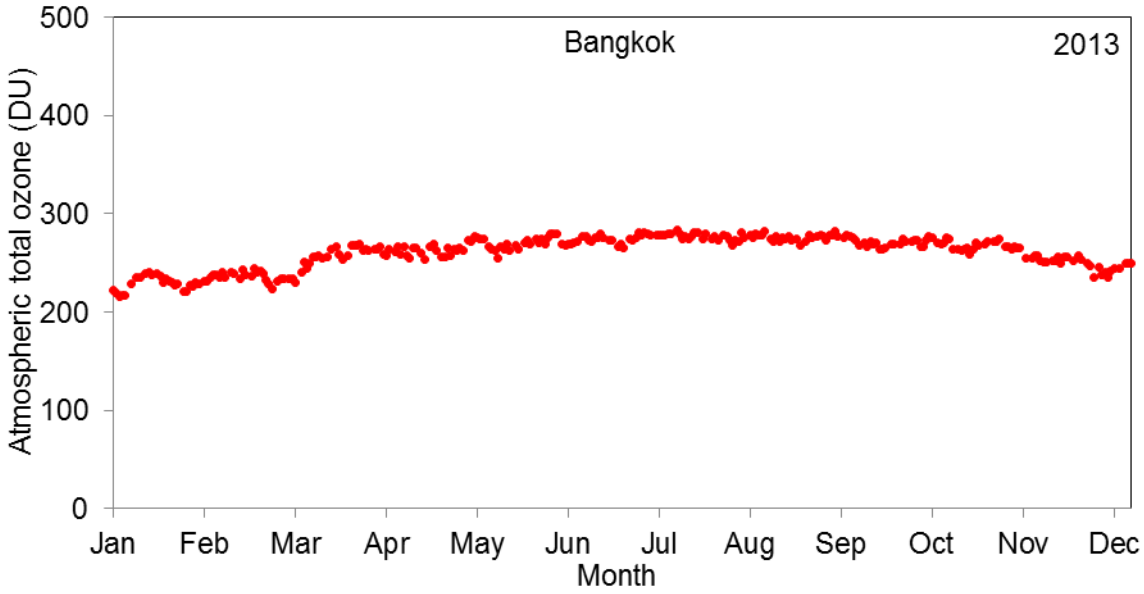
ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2010 ที่กรุงเทพมหานคร



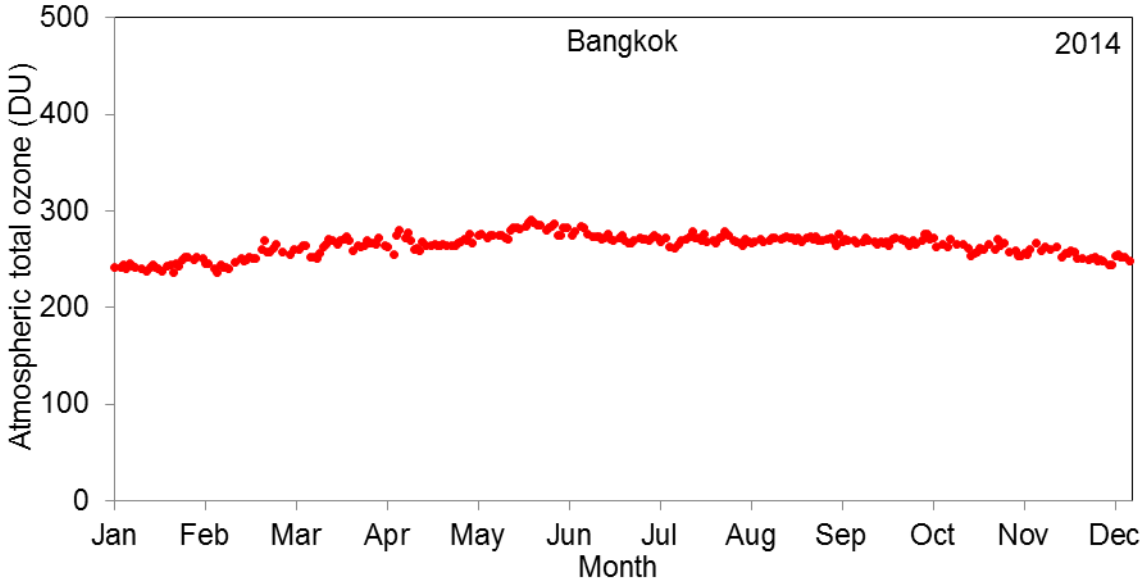
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2011 ที่กรุงเทพมหานคร



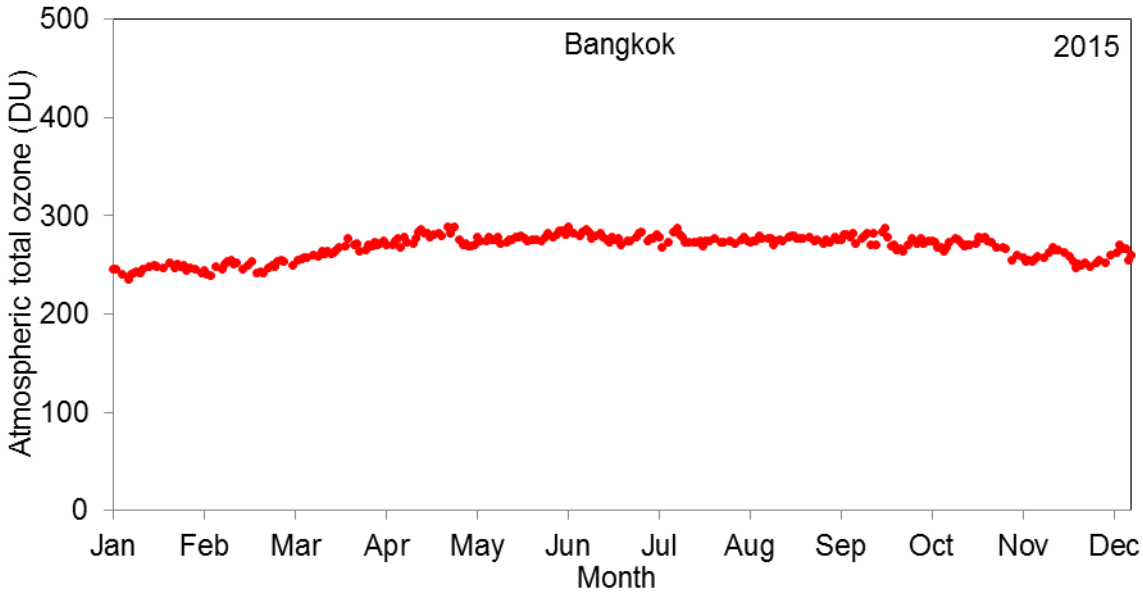
ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2012 ที่กรุงเทพมหานคร



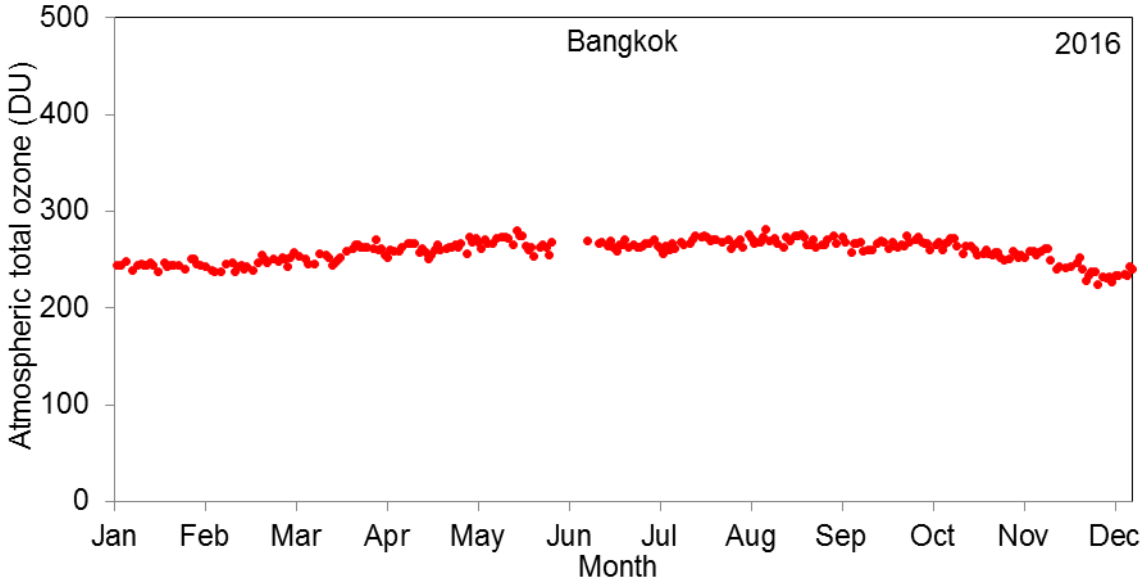
ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2013 ที่กรุงเทพมหานคร



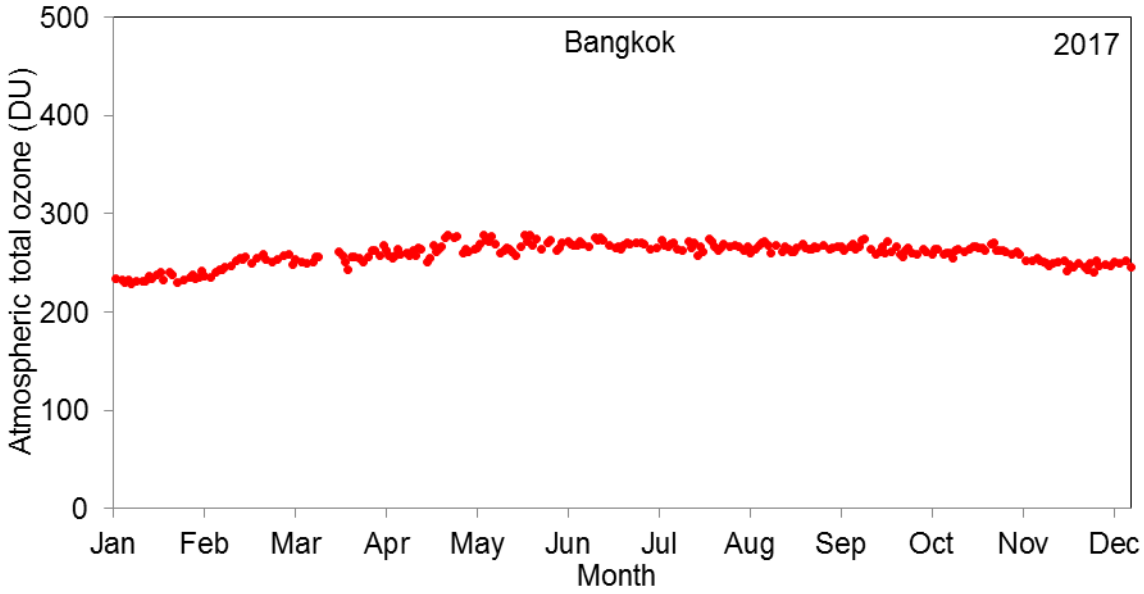
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2014 ที่กรุงเทพมหานคร



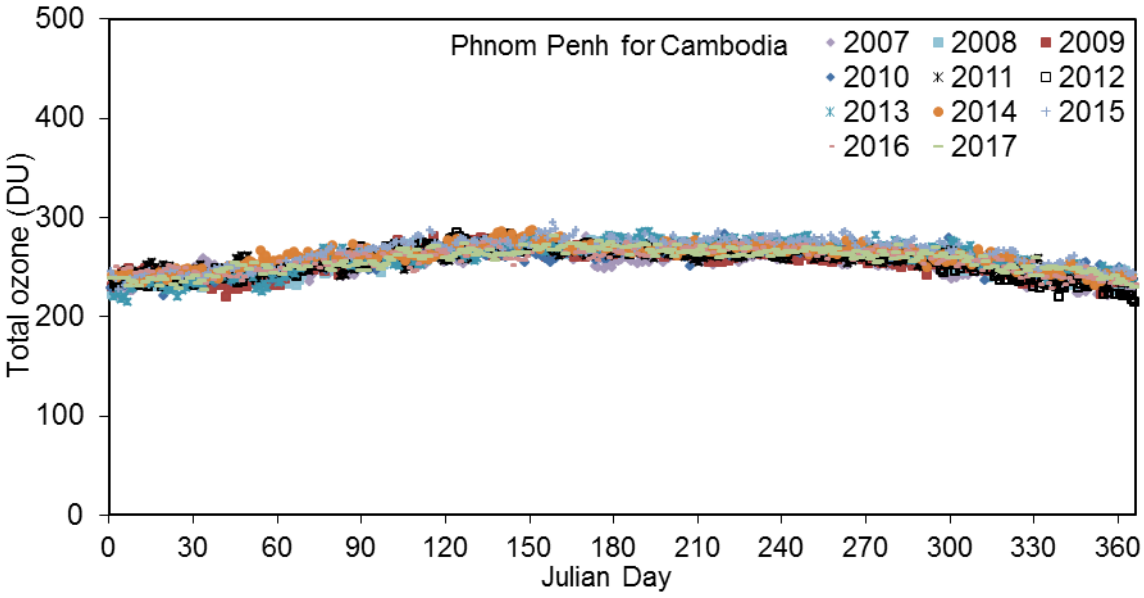
ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2015 ที่กรุงเทพมหานคร



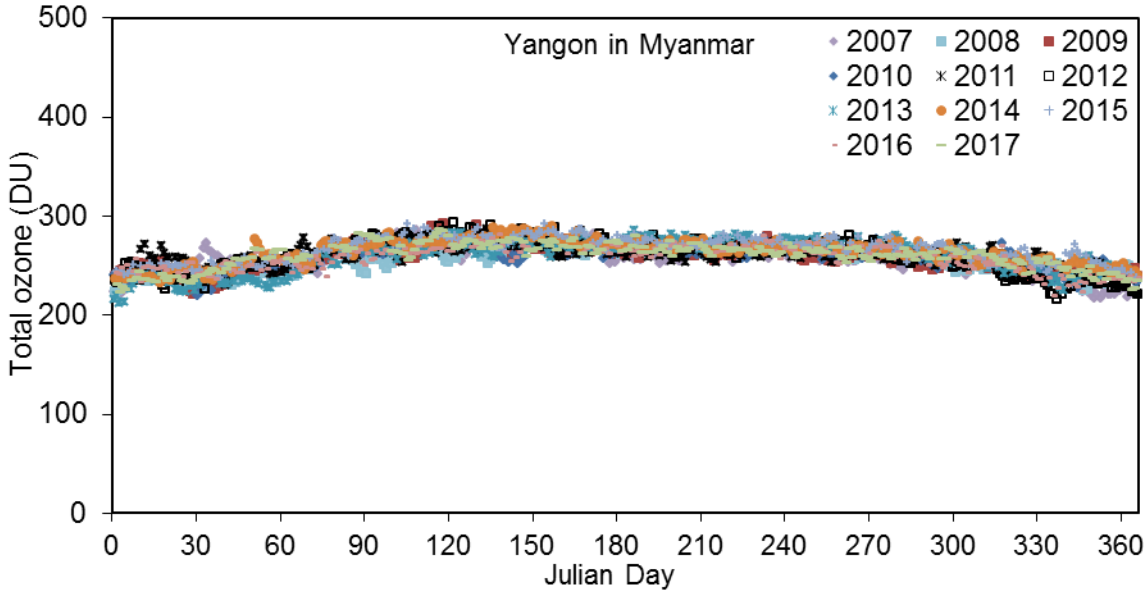
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2016 ที่กรุงเทพมหานคร



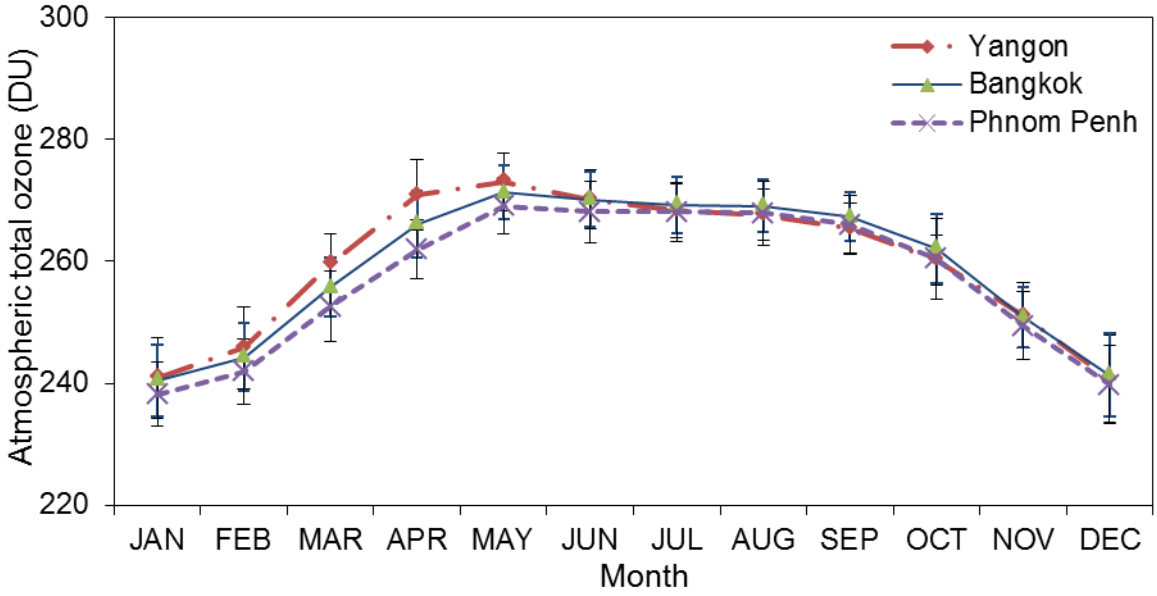
ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปี 2017 ที่กรุงเทพมหานคร



ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปีที่พนมเปญ (2007-2017)



ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณโอโซนรวม (TO) ตามฤดูกาลในรอบปีที่กรุงย่างกุ้ง (2007-2017)



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบผลปริมาณโอโซนรวม (TO) ทั้ง 3 สถานี

สรุปผลการวิจัย

ปริมาณโอโซนในบรรยากาศตามเวลารอบปีจะเห็นว่าทั้ง 3 แห่ง คือกรุงเทพมหานครของประเทศไทย พนมเปญในประเทศกัมพูชา และกรุงย่างกุ้งสำหรับประเทศพม่า ปริมาณโอโซนรวมจะมีค่าต่ำในช่วงต้นปี (มกราคม-กุมภาพันธ์) และจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม-สิงหาคม จากนั้นค่าจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงค่าต่ำสุดในเดือนธันวาคม

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีการวัดข้อมูลปริมาณโอโซนจากดาวเทียม แต่ค่าที่ได้มีความละเอียดเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ และการวัดจากข้อมูลดาวเทียมยังคงต้องใช้สถานีวัดภาคพื้นดินในการตรวจสอบความถูกต้อง ดังนั้นจึงควรตั้งสถานีวัดโอโซนในประเทศเพิ่มเติมโดยเฉพาะภูมิภาคหลักของประเทศไทย ประเทศกัมพูชา และประเทศพม่า ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้

ไปใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของโอโซนในประเทศทั้ง 3 สำหรับใช้เผยแพร่สู่สาธารณชน เพื่อเพิ่มความตระหนักต่อการปกป้องชั้นโอโซน โดยการหลีกเลี่ยงสารเคมีที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน อย่างไรก็ตามการกระจายตามพื้นที่ และตามความสูงของโอโซนยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของการจำลองแบบสภาวะบรรยากาศ รวมทั้งภูมิอากาศของประเทศดังกล่าว

เอกสารอ้างอิง

Hartogh, P., Somnermann, G.R., Grygalashvyly, M., Jarchow, Ch., (2011). Ozone trends in the mid-latitude stratopause region based on microwave measurements at Lindau, the ozone reference model and model calculations. Advance in Space Research 47, 1937-1948.

M. Anton, D. Bortoli, M.J. Costa, P.S. Kulkarni, A.F. Domingues, D. Barriopedro, A. Serrano and A.M. Silva (2010). Temporal and spatial variabilities of total ozone column over Portugal. Remote Sensing of Environment 115: 855–863.

Ma, Z., Zhang, X., Xu, J., Zhao, X., Meng, W. (2011). Characteristics of ozone vertical profile observed in the boundary layer around Beijing in autumn, Journal of Environmental Science 23, 1316-13424.

Sheng Bo Chen, Liang Zhao*, Yu Long Tao (2017). Stratospheric ozone change over the Tibetan Plateau. Atmospheric Pollution Research 8:528-534.

Solomon, S., Ivy, D.J., Kinnison, D., Mills, M.J., Neely III, R.R., and Schmidt, A., (2016). Emergence of healing in Antarctic ozone layer. Science, doi: 10.1126/science.aae0061.

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างหญ้าเนเปียร์กับเศษอาหารในการผลิตก๊าซชีวภาพ

The 10th Rajamangala University of Technology National Conference

A Study of Optimal ratio between Napier Grass and Food Waste for Biogas Production

คฑาพล ปิ่นพัฒนพงศ์[1*] ฐนียา รังษีสุริยะชัย[1] อัจฉราวดี ขาวโสม[1] เฉลิมชัย สังข์สุวรรณ์[1] และ ศักดา คงจันทร์[1]

Khathapon Pinpatthanapong[1*] Thaneeya Rangseesuriyachai[1] Ascharawadee Kaowsom[1]

Chalermchai Sungsuwan[1] and Sakda Khongchan[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในการหมักร่วมระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหาร และเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารในการหมักก๊าซชีวภาพ โดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศขนาด 20 ลิตร ทำการเติมวัสดุหมักเพียงครั้งเดียวระยะเวลาทำการทดลอง 62 วัน โดยผสมวัสดุหมักระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการทดลองทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ พบว่าในถังที่ผสมวัสดุหมักด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมเกิดขึ้นสูงสุดเท่ากับ 9.9, 10.2, 9.0 และ20.6 ลิตร ตามลำดับ จากผลการทดลองถังที่ผสมวัสดุหมักระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารที่อัตราส่วน 25:75 มีปริมาณก๊าซชีวภาพสูงที่สุด ดังนั้นการผลิตก๊าซชีวภาพจากการหมักร่วมกันระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารที่อัตราส่วน 25:75 จึงเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ เศษอาหาร หญ้าเนเปียร์ กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ

ABSTRACT

The purposes of this research were to find out the amount of biogas produced in the fermentation between Napier grass and food waste and to explore the appropriate ratio of Napier grass and biogas in the biogas fermentation. Fermentation materials were filled in a twenty liters-sized anaerobic reactor just one time along 62 days of the experiment. The ratio between Napier grass and food waste were 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75. After the trial, the results revealed that the reactors with ratios of 100:0, 75:25, 50:50 and 25:75 had the highest accumulated biogas of 9.9, 10.2, 9.0 and 20.6 liters, respectively. In the result, the reactor with a ratio of 25:75 produced the highest amount of biogas. Therefore, the biogas production from the fermentation between Napier grass and food waste with a ratio of 25:75 was the optimal ratio.

Keywords : Biogas, Food waste, napier grass, nnaerobic digestion

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathum Thani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : khathapon_p@rmutt.ac.th โทร. 0 2549 3410

บทนำ

การพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศไทยได้ดำเนินมาในช่วงหลายสิบปี จนกระทั่งปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยอยู่ในยุคที่สาม หรือที่เรียกกันว่า ไทยแลนด์ 3.0 เป็นยุคของอุตสาหกรรมหนัก แต่หลายปีที่ผ่านมาเห็นว่า ไทยแลนด์ 3.0 นั้นไม่สามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจของไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกต่อไป ด้วยเหตุนี้การกำหนดยุทธศาสตร์สำคัญ ภายใต้จุดมุ่งหมาย “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” พัฒนาสู่ โมเดลเศรษฐกิจ ไทยแลนด์ 4.0 หัวใจหลักของ นโยบายโมเดลเศรษฐกิจ ไทยแลนด์ 4.0 นี้ คือการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจแบบเดิม ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ความคิดสร้างสรรค์ และผลิตแรงงานที่มีความรู้ จากเดิมที่ประเทศไทยเน้นผลิตสินค้า และบริการที่เน้นด้านปริมาณเป็นหลัก ซึ่งหนึ่งในหัวข้อการพัฒนาที่สำคัญได้แก่ พลังงานจากธรรมชาติ (Dr.borwon, 2560; Admission Premium, 2560)

ความต้องการ การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างมากตามจำนวนประชากรที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านพลังงานตามมา พลังงานธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดกำลังจะหมดไปเพราะความต้องการใช้พลังงานที่ไม่มีที่สิ้นสุดของมนุษย์ พลังงานชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ ก๊าซธรรมชาติ โดยก๊าซธรรมชาติถูกใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น ใช้ผลิตไฟฟ้า ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงขับเคลื่อนรถยนต์ รวมถึงใช้เป็นก๊าซหุงต้มภายในครัวเรือนสำหรับการประกอบอาหารและกิจกรรมต่างๆ ด้วยความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและความต้องการแก้ไขปัญหาในด้านพลังงานของมนุษย์ จึงได้มีการคิดค้นการผลิตพลังงานทดแทนขึ้น พลังงานทดแทนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันชนิดหนึ่ง คือ ก๊าซชีวภาพ (ปริพัฒน์ จึงชัยชนะ และ สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ, 2555) ก๊าซชีวภาพมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับก๊าซหุงต้ม คือติดไฟได้ดีและผลิตได้จากวัตถุดิบที่มีอยู่ในครัวเรือน กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมีหลายรูปแบบเป็นการหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งมีข้อดีคือไม่เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ช่วยลดปัญหาเรื่องกลิ่นที่จะเกิดขึ้นกับผู้อาศัยบริเวณโดยรอบ โดยการนำของเสียและวัสดุต่างๆ จากภาคเกษตรกรรมอยู่ทั่วไป เช่น มูลสัตว์ หรือพืชชนิดต่างๆซึ่งมีสารอาหารเหมาะสมต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสีย หรือวัสดุทางทางการเกษตรเหล่านี้จึงถือเป็นการลดปริมาณ และนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หญ้าเนเปียร์พันธุ์ไต้หวัน เป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว ทนต่อสภาวะต่างๆได้ดี มีผลผลิตค่อนข้างสูง แรกเริ่มประเทศไทยนำหญ้าเนเปียร์มาใช้ประโยชน์ในงานด้านปศุสัตว์ เพราะปลูกครั้งเดียวสามารถอยู่ได้หลายปีต้นทุนจึงต่ำ อีกทั้งในหญ้าเนเปียร์ยังมีธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ มีโปรตีนหยาบร้อยละ 18.46 และไขมันร้อยละ 1.74 (สุพล บ่อคุ้ม, 2557) ภายหลังกระทรวงพลังงานได้ผลักดันให้มีการนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตเป็นพลังงานทดแทน เพราะมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ และมีต้นทุนถูกที่สุดสำหรับการผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาด 1 เมกะวัตต์ เมื่อเทียบกับของเสียทางการเกษตรอื่นๆ เช่น ฟาง ต้นและเหง้ามันสำปะหลัง โดยหญ้าเนเปียร์มีต้นทุนวัตถุดิบอยู่ที่ 1.38 บาทต่อกิโลวัตต์ (นิลวรรณ ไชยทนุ และคณะ, 2559) ของเสียอีกชนิดที่นิยมนำมาหมักร่วมเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพคือ เศษอาหาร เนื่องจากมนุษย์ต้องทานอาหารทุกวัน วันละหลายครั้งสิ่งที่ตามมาคือในแต่ละวันจะเกิดเศษอาหารจำนวนมาก เกิดเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ในรูปของขยะอินทรีย์ เศษอาหารจึงเป็นวัตถุดิบที่ควรจะนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ เพราะนอกจากจะเป็นการช่วยลดปริมาณขยะมูลฝอยแล้ว เศษอาหารยังมีส่วนประกอบที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม (จิฑาภรณ์ ปัญญาเป็ง และ พัชรี อินธนู, 2559) สอดคล้องกับแนวคิดในการนำสิ่งที่ไม่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการหมักก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ถือเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านการใช้พลังงานอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย และการใช้วัสดุหมักร่วมคือเศษอาหารยังเป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยภายในชุมชน ซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ โครงงานนี้จึงได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนท

เหมาะสมของการหมักก๊าซชีวภาพด้วยหญ้าเนเปียร์ร่วมกับเศษอาหาร เพื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนที่ดีที่สุด และเป็นแนวทางในการศึกษาพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือและวัตถุดิบ

1.1 ถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศ (anaerobic reactor)

ประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรกคือ ส่วนที่เป็นถังใส่วัสดุหมัก และส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นถังวัดปริมาณก๊าซชีวภาพ ในส่วนที่เป็นถังใส่วัสดุหมักใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 20 ลิตร ใช้แผ่นอะคริริคใสเป็นฝาถัง เจาะรูบนแผ่นอะคริริคเพื่อติดตั้งวาว์ลต่างๆ ได้แก่ บอลวาล์วสำหรับใส่วัสดุหมักขนาด 2½ นิ้ว บอลวาล์วทองเหลืองสำหรับตรวจวัดองค์ประกอบก๊าซขนาด ¼ นิ้ว และรูสำหรับส่งก๊าซชีวภาพไปยังถังวัดปริมาณก๊าซ ใช้ท่อพีวีซีขนาด ¾ นิ้ว ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศ

1.2 วัตถุดิบ

1) เศษอาหาร เศษอาหารที่ใช้ในการทดลองนี้ รวบรวมมาจากร้านอาหาร โดยนำมาทำการคัดแยกกระดูก กระดาษชำระ และวัสดุอื่นๆที่ย่อยสลายยากออกก่อนทำการหมัก

2) หญ้าเนเปียร์ เป็นหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ไต้หวัน จากอำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี อายุ 2 เดือน นำมาผ่านการโม่แล้วให้ได้ขนาด 2-3 มิลลิเมตร

2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 ถังปฏิกรณ์แบบไร้อากาศ จัดทำชุดถังปฏิกรณ์สำหรับการหมักแบบไร้อากาศแสดงดังรูปที่ 1 และก่อนทำการหมักก๊าซชีวภาพทำการตรวจสอบรอยรั่วในจุดต่างๆ โดยการใช้น้ำสบู่ที่ตีฟองแล้วทาในส่วนที่เป็นส่วนของข้อต่อวาว์ลต่างๆ ฝาถังหมัก หรือในจุดอื่นๆที่คาดว่าจะมีการรั่วซึม จากนั้นอัดอากาศเข้าไปในถังหมัก หากมีรอยรั่วฟองของน้ำสบู่ที่ทาไว้จะขยายตัว

2.2 รวบรวมวัสดุหมัก เศษอาหาร ทำการคัดแยกส่วนที่ย่อยสลายยากออกก่อนและคลุกเคล้าให้เข้ากันกับหญ้าเนเปียร์ ที่ผ่านการโม่จากผู้จำหน่ายตามขนาดที่ต้องการ

2.3 ทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นของวัสดุที่ใช้ในการหมักโดยการวิเคราะห์หาค่าความชื้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids, TS) และปริมาณของแข็งระเหยได้ (Volatile Solids, VS)

2.4 หญ้าเนเปียร์นำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์เพิ่มเติม ได้แก่ ปริมาณลิกนิน (วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน TAPPI T222 om-98) ปริมาณเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส (วิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐาน TAPPI 203 on-88)

2.5 ผสมวัสดุหมักระหว่างหญ้าเนเปียร์ และเศษอาหารในอัตราส่วนต่างๆ ได้แก่ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 โดยใช้เป็นอัตราส่วนแบบน้ำหนัก ให้วัสดุหมักในแต่ละถังมีน้ำหนักสุทธิที่ 5 กิโลกรัม ในการเติมวัสดุหมักจะเติมเพียงครั้งเดียวเท่านั้น น้ำหนักของเศษอาหารและหญ้าเนเปียร์ที่ใช้ผสมในถังต่างๆ แสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 น้ำหนักของเศษอาหารและหญ้าเนเปียร์ที่อัตราส่วนต่างๆ

ถังที่	อัตราส่วน	น้ำหนักของวัสดุหมักที่ใส่ (กิโลกรัม)	
		หญ้าเนเปียร์	เศษอาหาร
1	100 : 0	5	0
2	75 : 25	3.75	1.25
3	50 : 50	2.5	2.5
4	25 : 75	1.25	3.75

2.6 นำวัสดุหมักที่ผสมกันตามอัตราส่วนต่างๆ แล้วมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าความชื้น, VS และ TS

2.7 นำวัสดุหมักไปใส่ในถังปฏิกรณ์และปิดวาล์วเติมวัสดุหมัก หมักทิ้งเป็นเวลา 62 วัน โดยทำการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพและวัดอุณหภูมิในถังปฏิกรณ์เวลา 12.00 น. ของทุกวัน

2.8 เมื่อครบระยะเวลาการหมัก 62 วัน จึงเปิดฝาถังปฏิกรณ์เพื่อนำวัสดุหมักมาวัดองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น, VS และ TS

2.9 นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสรุปผลการทดลอง

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการทดลองคุณลักษณะของวัสดุหมักก่อนและหลังสิ้นสุดการหมักก๊าซชีวภาพ

จากการทดลองได้ทำการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหาร โดยมีอัตราส่วนต่าง ๆกันได้แก่ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 ตามลำดับ ก่อนการนำวัสดุหมักตามอัตราส่วนต่าง ๆเหล่านี้ไปทำการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ โดยได้ทำการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุหมักตามอัตราส่วนต่าง ๆก่อนการหมักและหลังสิ้นสุดการหมักที่ระยะเวลา 62 วัน ดังแสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะของวัสดุหมักก่อนและหลังสิ้นสุดระยะเวลาการหมักก๊าซชีวภาพ 62 วัน

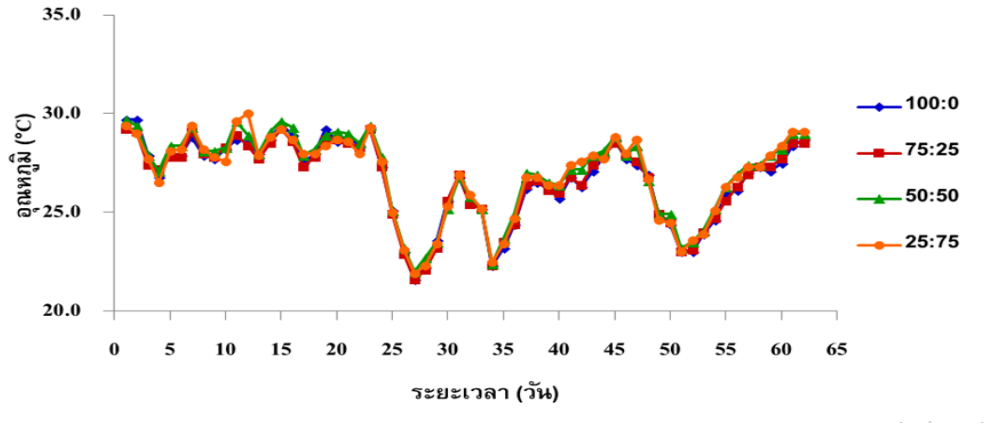
พารามิเตอร์	วัสดุหมักตามอัตราส่วน (หญ้าเนเปียร์ : เศษอาหาร)							
	100 : 0		75 : 25		50 : 50		25 : 75	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ความชื้น (ร้อยละ)	64.26	79.13	71.99	68.58	61.29	62.10	68.79	79.94
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.9	4.5	5.2	3.8	6.6	4.1	7.1	3.8
ของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)	77.0	66.8	66.3	54.1	73.3	55.7	78.6	53.2
ของแข็งระเหยได้ทั้งหมด (ร้อยละ)	37.1	35.6	59.5	45.0	53.3	45.7	58.6	44.1

จากตารางที่ 2 พบว่าความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้นทุกถังหมัก เนื่องจากเกิดการหมัก และย่อยสลายของจุลินทรีย์ภายในระบบ และทำให้ค่า pH ลดต่ำลงอย่างมาก วัสดุหมักทุกอัตราส่วนมีสภาพเป็นกรดหลังจากสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดในขั้นตอน Acidogenesis และ Acetogenesis ทำให้กรดอินทรีย์ระเหยง่ายในระบบมีปริมาณเพิ่มขึ้น ค่า pH จึงลดต่ำลง ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่ม Methanogen (ทำงานได้ดีในช่วง 6.5-7.2) (Appels et al., 2008) ในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS) ในถังที่หมักด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีค่าลดลงจากร้อยละ 77.0, 66.3, 73.3 และ 78.6 เหลือเพียงร้อยละ 66.8, 54.1, 55.7 และ 53.2 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการหมัก เนื่องจากการเปลี่ยนสภาพไปเป็นของเหลวของวัสดุหมัก โดยเฉพาะในถังที่มีสัดส่วนของเศษอาหารมากลักษณะของวัสดุหมักจะมีสภาพเป็นของเหลวมากกว่าในถังที่มีสัดส่วนของเศษอาหารน้อย ส่วนปริมาณของแข็งระเหยได้ (VS) มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน ในถังที่หมักด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีค่าลดลงจากร้อยละ 37.1, 59.5, 53.3 และ 58.6 เหลือเพียง 35.6, 45.0, 45.7 และ 44.1 ตามลำดับเมื่อสิ้นสุดการหมัก จากผลการทดลองปริมาณของแข็งระเหยได้ของถังที่ผสมวัสดุหมักด้วยอัตราส่วน 75:25 และ 25:75 ลดลงมากกว่าถังที่ผสมวัสดุหมักด้วยอัตราส่วนอื่นๆ

2. อุณหภูมิในถังหมักก๊าซชีวภาพ

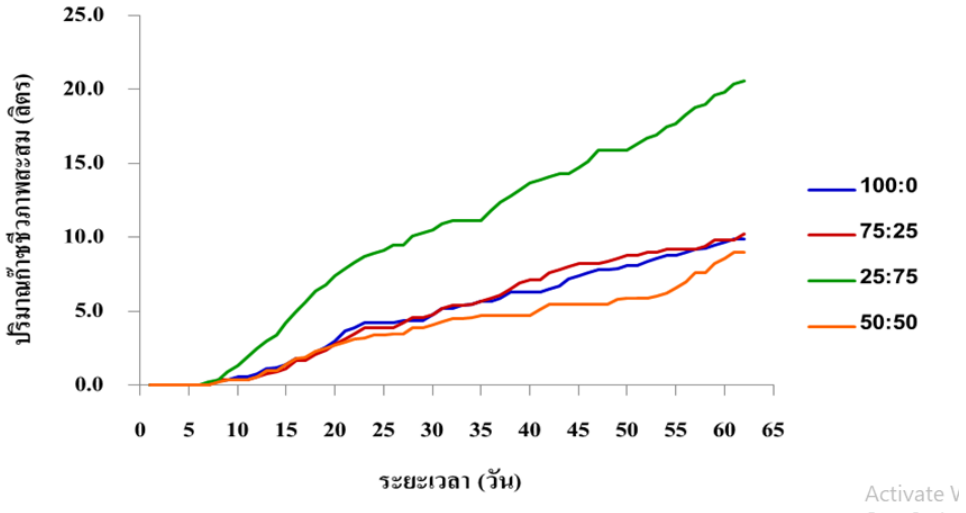
จากภาพที่ 2 อุณหภูมิในแต่ละถังหมักมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิของสภาวะมีโซฟิลิก ทำให้แบคทีเรียกลุ่มมีโซฟิลิกเป็นกลุ่มหลักที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ในช่วงวันที่ 24-27, 32-34 และ 48-52 ของการหมักมีการลดลงของอุณหภูมิตามความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ โดยในวันที่ 21 ของการหมักลดต่ำลงถึง 21.6 องศาเซลเซียส แต่ยังคงอยู่ในช่วงอุณหภูมิของสภาวะมีโซฟิลิก ระบบจึงยังสามารถทำงานต่อไปได้ ในช่วงที่อุณหภูมิลดลงส่งผลกระทบให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ภายในระบบลดลง สังเกตได้จากสัดส่วนปริมาณก๊าซมีเทนที่วัดได้มีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์มีความอ่อนไหวต่อผลกระทบจากอุณหภูมิอย่างมาก แม้มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิภายในระบบจึงมีความสำคัญอย่างมาก



ภาพที่ 2 อุณหภูมิในถังหมักก๊าซชีวภาพที่อัตราส่วนต่าง ๆ

3. ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม

ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ผลิตได้จากการหมักหญ้าเนเปียร์กับเศษอาหารด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 โดยพบว่าที่อัตราส่วน 25:75 มีปริมาณก๊าซชีวภาพเกิดขึ้นก่อนหลังจากระยะเวลาผ่านไป 7 วัน เท่ากับ 0.2 ลิตร และในวันที่ 8 ของการหมัก ถังที่หมักด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25 และ 50:50 เริ่มเกิดก๊าซชีวภาพโดยมีปริมาณเท่ากับ 0.3, 0.4 และ 0.2 ลิตร ตามลำดับ ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมมีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆตามระยะเวลาการหมัก โดยถังที่หมักด้วยอัตราส่วน 25:75 นั้นมีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงที่สุด ที่ระยะเวลา 62 วัน มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม 20.6 ลิตร ส่วนปริมาณก๊าซสะสมในถังหมักอัตราส่วนอื่น ๆมีค่าใกล้เคียงกันเท่ากับ 9.9, 10.2 และ 9.0 ลิตร สำหรับถังที่หมักด้วยอัตราส่วน100:0, 75:25 และ 50:50 ตามลำดับ โดยสาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องจากองค์ประกอบของหญ้าเนเปียร์ มีลิกโนเซลลูโลสค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ประเภทที่ย่อยสลายได้ยาก ก็จะเหลือเป็นกากตะกอนอินทรีย์ที่ยังจำเป็นต้องรอระยะเวลาในการย่อยสลายต่อไปจากจุลินทรีย์ ทำให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่ต่ำเมื่อเทียบกับถังที่ใช้หญ้าเนเปียร์ในอัตราส่วนที่น้อย ดังแสดงตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่ผลิตได้ในแต่ละอัตราส่วน

สรุปผลการวิจัย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารในการผลิตก๊าซชีวภาพ และหาปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น พบว่าอุณหภูมิขณะทำการทดลองอยู่ในช่วง 21.6-29.7 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาวะแบบมีโซฟิลิก ในการทดลองได้มีการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งระเหยทั้งหมด (TS) และของแข็งระเหยได้ (VS) ของวัสดุหมัก ทั้งก่อนทำการทดลองและหลังครบระยะเวลาทำการทดลอง 62 วัน เมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้มีปริมาณลดลงในทุกอัตราส่วน ปริมาณของแข็งทั้งหมดและปริมาณของแข็งระเหยได้ที่ลดลงในถังที่ผสมวัสดุหมักด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 10.2, 12.2, 17.6 และ 25.4 ตามลำดับ และมีปริมาณของแข็งระเหยได้เท่ากับร้อยละ 1.50, 14.5, 7.6 และ 14.5 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังที่ผสมวัสดุหมักด้วยอัตราส่วน 25:75 ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้ลดลงมากกว่าถังอื่น ๆ ปริมาณของแข็งทั้งหมดและของแข็งระเหยได้ที่ลดลงแสดงถึงความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ และปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในถังที่ผสมวัสดุหมักระหว่างหญ้าเนเปียร์และเศษอาหารด้วยอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีค่าเท่ากับ 9.9, 10.2, 9.0 และ 20.6 ลิตร ตามลำดับ ซึ่งถังอัตราส่วนที่ 25:75 มีปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมสูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทว่าภายในระบบ จุลินทรีย์ที่สัมพันธ์กับการย่อยสลายมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า ทำให้การเริ่มต้นของระบบ (start up) เกิดขึ้นได้ช้าตาม รวมทั้งประสิทธิภาพภายในระบบต่ำ ดังนั้นควรจะมีการศึกษากระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น กระบวนการปรับสภาพหญ้าเนเปียร์เพื่อขจัดลิกโนเซลลูโลสที่เป็นต้นเหตุของการย่อยสลายได้ยาก การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาคะตะไลติก (catalytic) เพิ่มเติม เป็นต้น เพื่อลดระยะเวลาในการเกิดก๊าซชีวภาพและจุลินทรีย์สามารถทำงานได้ดียิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่ได้ให้การสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ทำการทดลอง ทำให้งานวิจัยประสบผลสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

Dr.borworn. 2560. **ประเทศไทย 4.0 โมเดลพัฒนาเศรษฐกิจใหม่**. แหล่งที่มา: http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223, 8 กุมภาพันธ์ 2560.

Admission Premium. 2560. **ประเทศไทย 4.0 Thailand 4.0 คือ**. แหล่งที่มา: http://www.admissionpremium.com/news/1377, 10 กุมภาพันธ์ 2560.

ปริพัฒน์ จึงชัยชนะ และ สุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ. 2555. ประเมินศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วย Biogas จากขยะกรณีศึกษาตลาดไท. **วารสารวิจัยพลังงาน** 1(1): 73-83.

สุพล บ่อคุ้ม. 2557. อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของการหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนที่กวนผสมกึ่งต่อเนื่องในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิลวรรณ ไชยทนุ, ร่มไทร มุกเมืองทอง, วรุฒ ชมเจริญ และ อนุพันธ์ วรรณภิระ. 2559. ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนของหญ้าเนเปียร์พันธุ์แคระภายใต้การปรับสภาพเบื้องต้นด้วยสารละลายด่าง. **วารสารวิศวรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา** 1(1): 32-36.

จิฑาภรณ์ ปัญญาเป็ง และ พัชรี อินธนู. 2559. การผลิตแก๊สชีวภาพจากเศษอาหารด้วยกระบวนการหมักแบบกวนต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Appels, L., Baeyens, J., Degreve, J. and Dewil, R. 2008. Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. **Progress in Energy and Combustion Science** 34(1): 755-781.

การแก้ปัญหาโรครากเน่าของพืชไฮโดรโพนิคส์ที่เกิดจากอุณหภูมิ ด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ

Overcoming Root Rot Problem in Hydroponic System Caused by Water Temperature Using Water Temperature Control

อดิศักดิ์ แข็งสาริกิจ[1*] และ ฟูศักดิ์ ชีวสุวิทย์[1]

Adisak Khaengsarigid and Fusak Cheevasuwit

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาโรครากเน่าสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ที่เกิดจากอุณหภูมิน้ำสูงขึ้นด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ โครงงานประกอบด้วย ตัวควบคุมพีไอดี พัดลม หม้อน้ำรถยนต์ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ปั๊มน้ำและวาล์วควบคุม การทดลองกระทำในแบบลูปปิดโดยมีตัวควบคุมพีไอดีควบคุมความเร็วของพัดลม โดยที่ปั๊มน้ำจะดูดน้ำจากถังน้ำดิบและส่งน้ำเข้าหม้อน้ำรถยนต์ที่มีพัดลมทำงานระบายความร้อน ส่วนสัญญาณป้อนกลับใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิให้กับตัวควบคุมพีไอดี ผลการทดลองได้เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของน้ำผสมสารอาหารกับน้ำที่ผ่านการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งผลการทดลองสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ระหว่าง 24-25 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ช่วงหน้าร้อนพืชไฮโดรโพนิคส์ไม่เป็นโรครากเน่า สามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ

คำสำคัญ : ไฮโดรโพนิคส์, โรครากเน่า, อุณหภูมิน้ำ, การควบคุมอุณหภูมิ, ตัวควบคุมพีไอดี

ABSTRACT

This paper presents the solution of root rot of hydroponics caused by water temperature with the water temperature control. The scheme consists of a PID controller, radiator, electrical fan, thermocouple, pump, and valve. The experiments perform in a closed loop with PID controllers, which control the speed of electric fan and the feedback used the thermocouple to measure the water temperature to the controller The experimental results compared to that temperature of water before control and water after control. It can control the water temperature between 24-25 degrees Celsius. The resulting in the summer, hydroponics grows normally.

Keyword: Hydroponic, Root rot, Water temperature, Temperature control, PID controller

---

[1]สาขาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ .มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : adisak.kha@rmutr.ac.th

บทนำ

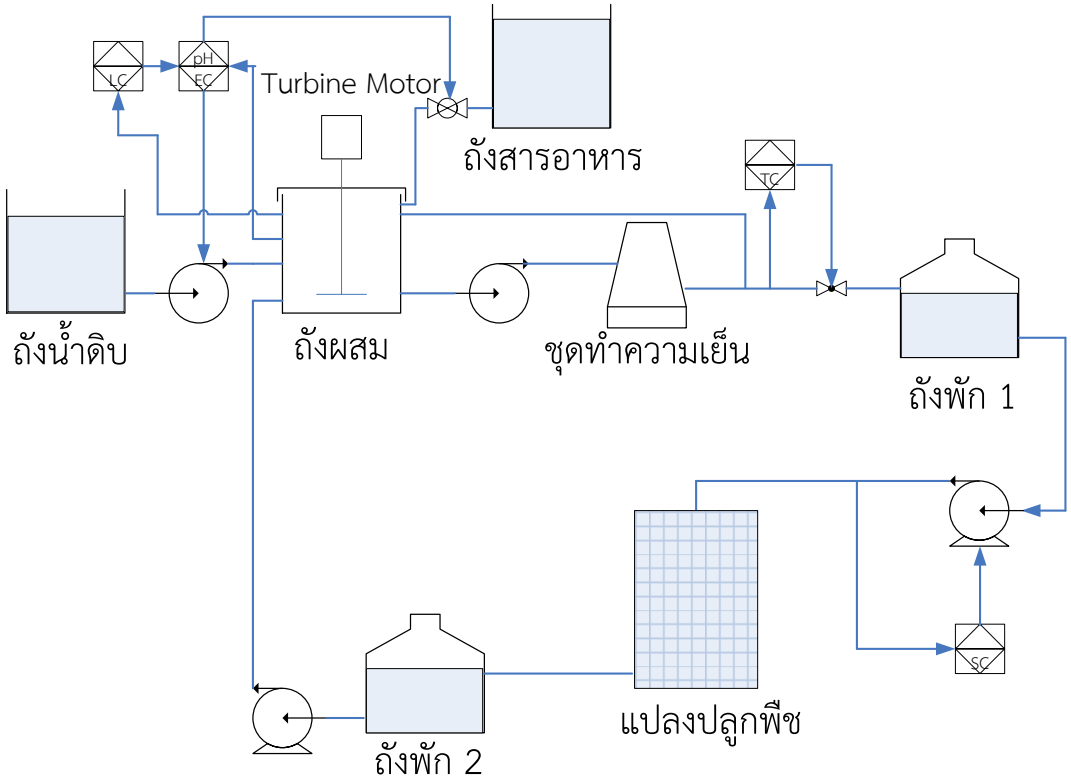
ปัจจุบันการปลูกพืชไร้ดินหรือปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ข้อดีคือประหยัดพื้นที่ ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์มีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำ ธาตุอาหารและสารละลายธาตุอาหาร ออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนในน้ำ แสงแดด และอุณหภูมิของน้ำ โดยทั่วไปการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์จะใช้น้ำเป็นตัวนำพาธาตุอาหารให้กับพืช แต่ทว่าการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์มักทำให้ผู้ปลูกเกิดท้อ เพราะว่าปัญหาเรื่องโรครากเน่า[1-3] ในช่วงหน้าร้อนหรือช่วงที่มีอากาศร้อน ซึ่งเกิดจากน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง จนเป็นเหตุให้รากพืชอ่อนแอ ไม่สามารถดูดสารอาหารได้เต็มที่ ทำให้พืชขาดสารอาหาร แสดงอาการเป็นโรครากเน่า อาการดังกล่าวพืชจะไม่แสดงอาการออกมาในช่วงเวลา 1-3 วัน แต่จะแสดงอาการหลังจากวันที่ 3 แล้ว กล่าวคือใบของพืชจะเหลือง และตายในที่สุด จนไม่สามารถเยียวยาได้

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาโรครากเน่าของการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ที่เกิดจากอุณหภูมิสูงขึ้นด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ โครงงานวิจัยนี้ใช้ตัวควบคุมพีไอดี[6,9-11]ควบคุมความเร็วพัดลม ที่ระบายความร้อนให้กับหม้อน้ำรถยนต์ โดยมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิทำหน้าที่ส่งสัญญาณป้อนกลับให้ตัวควบคุม[6] ซึ่งทำงานร่วมกับปั๊มน้ำและวาล์วควบคุม การทดลองกระทำในแบบลูปปิดโดยที่ปั๊มน้ำจะส่งน้ำจากถังน้ำดิบให้กับหม้อน้ำรถยนต์ที่มีพัดลมทำงานระบายความร้อน ส่วนน้ำที่ย้อนกลับมาจากแปลงจะส่งไปที่ถังน้ำดิบ ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิของน้ำดิบกับค่าอุณหภูมิที่ผ่านการควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งผลการทดลองสามารถควบคุมอุณหภูมิน้ำได้ตามที่ต้องการ

การปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์

1. การออกแบบแปลงปลูก

แปลงปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์[1-5]ประกอบด้วยอุปกรณ์ถังน้ำดิบ ถังน้ำผสม ถังน้ำ สารอาหารเข้มข้น ชุดทำความเย็นของน้ำ ถังพัก และแปลงปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ดังภาพที่ 1 สามารถแบ่งการทำงานได้ดังนี้ 1.ถังเตรียมน้ำดิบ น้ำดิบมาเก็บไว้ที่ถังเก็บ เพื่อตกตะกอนและถูกติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่า pH ไว้ (pH = 6.5-7.5) 2.ถังสารอาหารการทดลองใช้ปุ๋ยสูตรน้ำ โดยส่วนใหญ่สารอาหารหลักของพืชมีค่าความเป็นกลาง NPK ซึ่งสารอาหารแต่ละชนิดจะมีการดูดซึมไม่เหมือนกันเช่น N ใช้สำหรับบำรุงยอด ใบ กิ่ง และลำต้น P ใช้สำหรับบำรุงราก ดอก ผล สร้างยีน เยื่อผนังเซลล์ และเอนไซม์ P ใช้สำหรับกระบวนการสร้างแป้ง และน้ำตาลในลำต้น ใบ ผลหรือเมล็ด เร่งการดูดซับไนโตรเจน และการสังเคราะห์แสง 3.ถังผสมสารอาหาร คือถังผสมสารอาหารกับน้ำดิบ โดยมีการติดตั้งมอเตอร์กวนด้วยใบพัด เพื่อให้สารอาหารละลายไปกับน้ำดิบได้ 4.ชุดทำความเย็น การทำงานในขั้นตอนนี้ จะใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำดูดน้ำที่ผสมสารอาหารแล้วจากถังผสมสารอาหาร ส่งไปยังชุดทำความเย็นในโครงงานนี้ใช้หม้อน้ำรถยนต์ และใช้พัดลมเป่าลมระบายความร้อน ซึ่งในชุดนี้ถูกติดตั้งตัวควบคุมแบบ PID ส่งสัญญาณควบคุมความเร็วของพัดลม ให้มีค่าอุณหภูมิเป้าหมายเท่ากับ 25 องศาเซนเซียส ถ้าค่าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซนเซียส น้ำที่ผสมสารอาหารจะถูกดันกลับไปยังถังผสมสารอาหาร แต่ถ้าในทางกลับกันอุณหภูมิเท่ากับ 25 องศาเซนเซียส ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณสั่งให้โซลินอยด์ทำงาน เพื่อเปิดให้ของเหลวไหลไปยังถังพักสารอาหาร

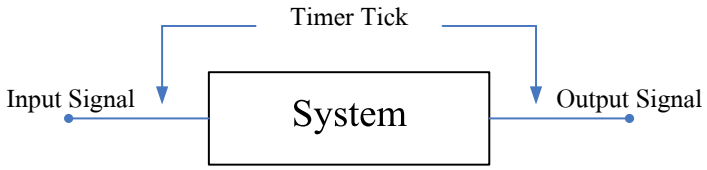


ภาพที่ 1 แผนผังการปลูกพืชไร้ดิน

5. ถังพักสารอาหารในส่วนนี้จะมี 2 ถัง ทำหน้าที่พักสารอาหาร และไล่ฟองอากาศออก 6. ปั๊มสารอาหาร ส่งไปให้กับแปลงปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ และ 7.ถังพักสารอาหารเหลือ น้ำที่ผสมสารอาหารที่เหลือจากแปลงปลูก จะไหลมายังถังพักสารอาหาร เพื่อรอการปั๊มสารอาหารเหลือกลับไปยังถังผสมต่อไป

2. การออกแบบตัวควบคุม

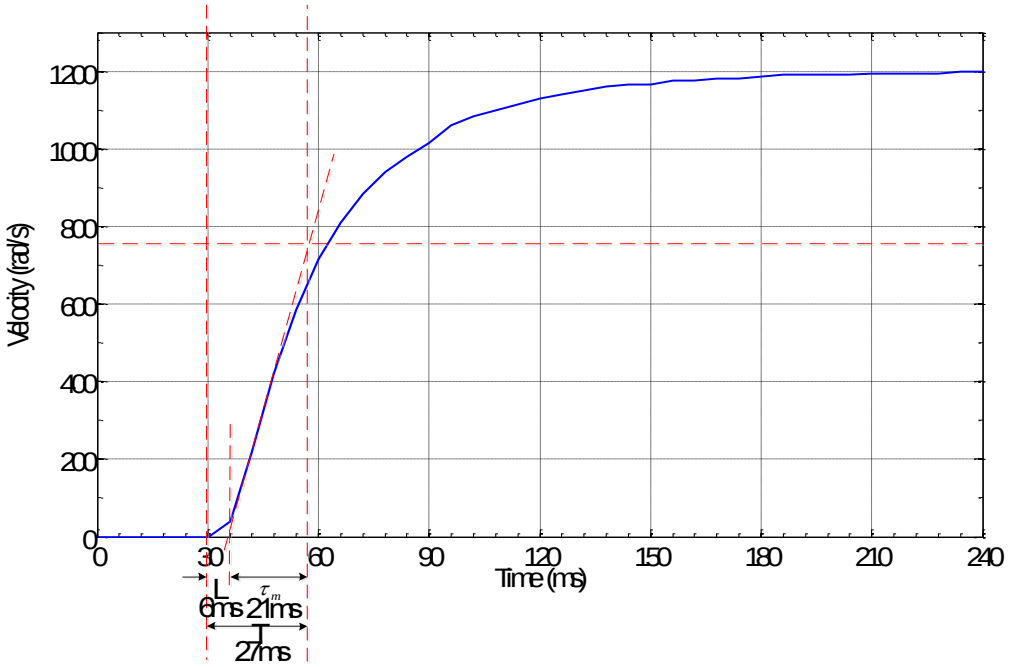
การออกแบบตัวควบคุมอุณหภูมิสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1.การกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพัดลม (Identification of electrical fan)[7-8] และตัวควบคุมอุณหภูมิ(Temperature Controller) โดยกำหนดให้เอาพุตของตัวควบคุมสามารถควบคุมความเร็วพัดลมและโซลินอยด์วาล์วได้ ขั้นตอนการออกแบบตัวควบคุม เริ่มจากการกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพัดลม



ภาพที่ 2 แสดงบล๊อกไดอะแกรมการหาพารามิเตอร์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของอุณหภูมิ และสามารถกำหนดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้เท่ากับอนุพันธ์อันดับหนึ่ง[9-12] ฉะนั้นการทดลองการหาพารามิเตอร์ของระบบ กระทำโดยการป้อนสัญญาณอินพุตให้กับระบบและเก็บผลตอบสนองของระบบดังภาพที่ 2

จากนั้นนำผลตอบสนองมาพล็อตกราฟดังภาพที่ 3 เพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ทางด้านเวลา และอัตราการขยายของตัวควบคุม



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการหาพารามิเตอร์ของระบบที่จะควบคุม

ตัวควบคุมที่ได้ออกแบบถูกกำหนดเป็นตัวควบคุมแบบ PID ดังสมการที่ 1 ค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หามาจากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ซึ่งตัวควบคุมจะประมวณผลเพื่อพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุด และภาพที่ 4 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดีที่ใช้ในการทดลอง

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int e(t)\,dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

โดยที่

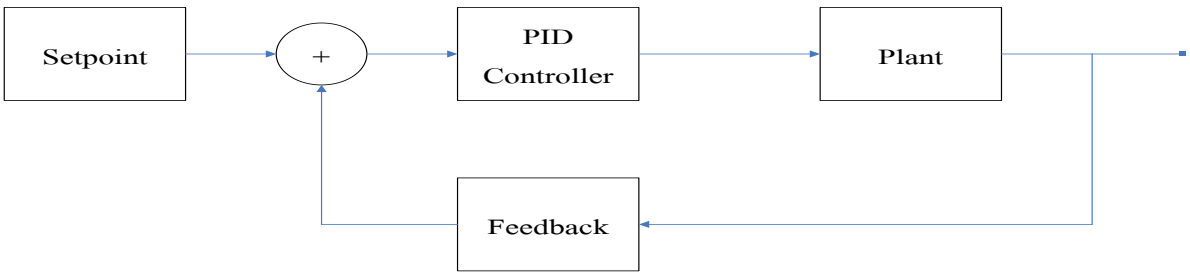
$u(t)$ เท่ากับสัญญาณควบคุม

$e(t)$ เท่ากับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างค่าอุณหภูมิเป้าหมายกับค่าอุณหภูมิจริง

k_p เท่ากับอัตราการขยายแบบสัดส่วน (Proportional gain)

k_i เท่ากับสัญญาณควบคุมแบบปริพันธ์(Integral gain)

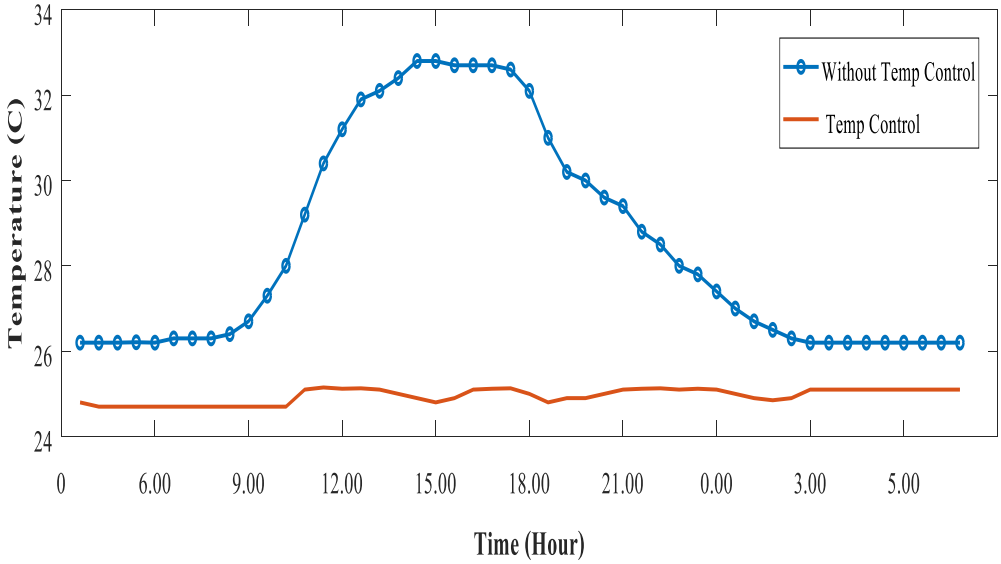
k_d เท่ากับสัญญาณควบคุมแบบอนุพันธ์(Derivative gain)



ภาพที่ 4 แผนภาพบล็อกของการควบคุมแบบพีไอดี

ผลการวิจัย

การทดลองควบคุมอุณหภูมิน้ำที่มีสารอาหาร ทำการทดลองตลอดทั้งปี โดยปัญหาที่เกิดกับการปลูกพืชแบบนี้คือช่วงฤดูร้อนของเมืองไทยตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น จนทำให้การปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์เจริญเติบโตไม่เต็มที่ จนถึงเป็นโรครากเน่าและตายในที่สุด อุณหภูมิของน้ำสูงกว่า 30 องศาเซนเซียส ต่างกับช่วงฤดูฝนอุณหภูมิของน้ำมีค่าประมาณ 24-26 องศาเซนเซียส และช่วงฤดูหนาว 22-25 องศาเซนเซียส ในการทดลองอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ตัวควบคุมพีไอดีควบคุมความเร็วพัดลม หม้อน้ำรถยนต์ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิชนิด K ปั๊มน้ำและวาล์วควบคุม โดยที่ค่า k_p เท่ากับ 2.13 k_i เท่ากับ 0.0015 และ k_d เท่ากับ 0.56



รูปที่ 5 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการควบคุม

ผลการทดลองเปรียบเทียบเป็นกราฟแสดงผลตอบสนองของการควบคุมอุณหภูมิในช่วงหน้าร้อนดังภาพที่ 5 กล่าวคือแสดงค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนการควบคุมและหลังการควบคุม พบว่าผลตอบสนองปรับตัวเข้าสู่ค่าเป้าหมาย และตัวควบคุมสามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้อยู่ในสภาวะที่พืชไฮโดรโพนิคส์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตได้

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาโรครากเน่าสำหรับการปลูกพืชไฮโดรโพนิคส์ อันเกิดจากอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นในช่วงฤดูร้อนด้วยการควบคุมอุณหภูมิน้ำ กล่าวคือฤดูร้อนของเมืองไทยอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง 36-42 องศาช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นจนทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงเป็นผลให้เกิดโรครากเน่า จากการทดลองพารามิเตอร์ที่มีผลการเจริญเติบโตมี 4 ปัจจัยคือแสงแดด อุณหภูมิของน้ำ ค่าความนำไฟฟ้า และค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ พืชไฮโดรโพนิคส์จะอาศัยแสงแดดเป็นพารามิเตอร์หลักในการสังเคราะห์แสง และอีกปัจจัยหนึ่งคืออุณหภูมิของน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 24-26 องศาเซนเซียส(แนะนำใช้ 25 องศาเซนเซียส) ฉะนั้นการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิจึงออกแบบเป็นตัวควบคุมแบบ PID โดยส่งสัญญาณควบคุมความเร็วพัดลม ด้วยการเป่าชุดระบายความร้อนไปที่หม้อน้ำ ผลการทดลองที่ได้ทำให้น้ำสารอาหารที่ผ่านการควบคุมมีค่าอุณหภูมิที่ต้องการ ส่งผลให้พืชสังเคราะห์แสงอย่างต่อเนื่อง และเจริญเติบโตเร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

อภิชาต ศรีสะอาด พัชรี สำโรงเย็น,."ผักไฮโดรโปนิกส์ (ฉบับชาวบ้าน)" สำนักพิมพ์นาคา อินเตอร์มีเดีย.2016

อภิชาติ ศรีสะอาด อัมพา คำวงษา, "แนวทางการผลิตและลงทุน ผักไฮโดรโปนิกส์ เพื่อทำเงินผักไฮโดรโปนิกส์แบบต้นทุนต่ำ และแบบเศรษฐกิจพอเพียง" สำนักพิมพ์นาคา อินเตอร์มีเดีย.2010

อิทธิสุนทร นันทกิจ. "การออกแบบและจัดการระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ NFT", ภาควิชาปฐพีวิทยา.คณะเทคโนโลยีการเกษตร.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2551

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. วัฒนา เสถียรสวัสดิ์, สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่27 โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว สนามเสือป่า กรุงเทพฯ

อานัช ตันโช การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน Trio Advertising & Media Co., Ltd., เชียงใหม่, 2548

ผศ. ดร.วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์",เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ : ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและระบบควบคุม",สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย ญี่ปุ่น

Rolf Johansson, "System Modeling and Identification", Prentice Hall, International Editions

Lennart Ljung, "System Identification: Theory for the User", Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey

K.Ogata, "Discrete-Time Control Systems", Prentice Hall, 1987

K.J.Astrom, B.Wittenmark, "Computer Controlled Systems", Prentice Hall, 1984

Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani, and Giuseppe Oriolo, "Modelling, Planning and Control", Springer, Feb 11, 2554

Lorenzo Sciavicco, Bruno Siciliano, "Modelling and Control of Robot Manipulators", Springer, Feb 17, 2544

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช

Application of Geographic Information System Upland Rice Plantin Rubber Area of Nakhon Si Thammarat Province

กรสิริณัฐ โรจนวรรณ์[1*] ชัชฎา หนูสาย[2] สราญพงศ์ หนูยิ้มซ้าย[3] วิสาลักษ์ คุณธนรุ่งโรจน์[4] และดวงทิพย์ ฤคนีย์[5]

Kornsirinut Rothjanawan[1*] Chutchada Nusai[2] Saranpong Nooyimsai[3]

Visaluk Kuntanarungro[t4] and Duangthip Rukanee[5]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ระบบถูกพัฒนาโดยนำข้อมูลและแผนที่ มาทำการซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ตำบล ของอำเภอในจังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้เห็นถึงภาพรวมของพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ และจะแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบจุด เส้น พื้นที่ และตัวอักษร พร้อมอธิบายลักษณะของสิ่งที่ปรากฏด้วยสี สัญลักษณ์และข้อความบรรยาย และนำมาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำแผนที่แสดงข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ในสวนยางพารา เพื่อเป็นความรู้ให้กับเกษตรกรที่สนใจ และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, ข้าวไร่, สวนยางพารา,จังหวัดนครศรีธรรมราช, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

[1,2,3,4] สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลถ้าใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[1,2,3,4] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, University Rajamangala University of Technology Srivijaya., Thamyai Sub-district, Thungsong District, Nakhon Si Thammarat Province 80110, Thailand

[5] สาขาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

[5] Department of Agricultural machinery technology, Faculty of Agriculture and Agro-Industry, University Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Sub-district, District, Province13000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : goragot.1982@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the application of Geographic Information System (GIS) in rubber plantation area. Of Nakhon Si Thammarat Province. The survey and storage of farmland and rice fields in the rubber plantation of Nakhon Si Thammarat. The purpose is to store the area of rice cultivation and distribution in the rubber plantation of Nakhon Si Thammarat. The system was developed using data and maps. Overlap with the district spatial data of the district in Nakhon Si Thammarat. It shows the total area of rice cultivation and distribution in the rubber plantation of Nakhon Si Thammarat. All data is stored in a geospatial database. It will display the results in the form of points, lines, areas and characters. Describe the appearance of what appears in color, symbols and text And developed as an application on the Android operating system. In order for the concerned agencies to map the area of cultivation and distribution of paddy rice in the rubber plantation to the knowledge of interested farmers. And increase the value of the product to farmers for better quality of life. The evaluation of satisfaction with geographic information system in the area of rubber plantation in rubber plantation. It was found that that good condition. Effortlessly and expedient to use.

Keywords : Geographic Information System, Rice Field, Rubber Plantation, Nakhon Si Thammarat Android operating system

บทนำ

ข้าวไร่ (Upland Rice) เป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวที่ปลูกได้ในสภาพพื้นที่ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูง ปลูกในสภาพพื้นที่ที่ไม่มีคันกั้นน้ำและไม่มีน้ำขัง หรือพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชไร่และสวนยางที่เพิ่งเริ่มปลูกในปีแรก ๆ ลักษณะเด่นของข้าวไร่คือการทนแล้ง ใช้ปริมาณน้ำน้อยในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต [5] พื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่มีกระจายอยู่ทุกภาคของประเทศไทย จากข้อมูลของศูนย์วิจัยข้าวทั่วประเทศพบว่าขณะนี้มีพื้นที่ปลูกข้าวไร่รวม 668,486 ไร่ อยู่ในภาคเหนือ 343,461 ไร่ ภาคตะวันตก 202,383 ไร่ ภาคตะวันออก 41,979 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 42,293 ไร่ และภาคใต้ 38,370 ไร่ ซึ่งพื้นที่ปลูกข้าวไร่มีแนวโน้มลดลงอย่างมาก [2]

ในอดีตพันธุ์ข้าวไร่ในภาคใต้มีกว่า 130 พันธุ์ แต่ปัจจุบันมีเหลือไม่มาก ซึ่งกรมการข้าวได้รับรองพันธุ์แล้วมี 12 พันธุ์ โดยพันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ดอกพะยอม เป็นข้าวเจ้าผลผลิตเฉลี่ย 250 กก./ไร่เหมาะสมกับพื้นที่ข้าวไร่ภาคใต้ ข้าวพันธุ์กู้เมืองหลวง เป็นข้าวเจ้า ผลผลิตเฉลี่ย 240 กก./ไร่ พื้นที่แนะนำเหมาะสมในพื้นที่ข้าวไร่ภาคใต้และปลูกเป็นพืชแซมยางพารา พันธุ์ช่อลุง 97 เป็นข้าวเจ้า ผลผลิตเฉลี่ย 564 กก./ไร่ เหมาะสำหรับปลูกในสภาพนาน้ำฝนที่ดอนและสภาพไร่ พันธุ์เหนียวดำช่อไม้ไผ่ 49 เป็นข้าวเหนียว ผลผลิตเฉลี่ย363 กก./ไร่ เหมาะสมกับพื้นที่นาดอนและสภาพไร่ในภาคใต้ [1] กรมการข้าวจึงมีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้หันมาปลูกข้าวไร่เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตสำหรับการบริโภคในครัวเรือนอย่างเพียงพอตลอดทั้งปี เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซื้อข้าวมาบริโภค โดยสามารถปลูกข้าวไร่แซมในสวน

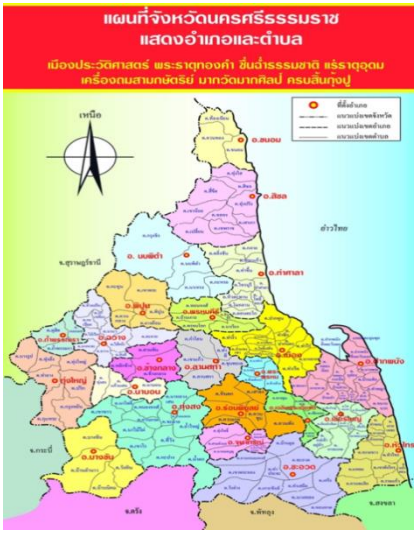
ยางพารา และปาล์มน้ำมันได้ เนื่องจากพื้นที่มีความเหมาะสมในการปลูกข้าวไร่เพราะเป็นที่ดอนบริเวณไหล่เขา ไม่ต้องมีน้ำขังเหมือนนาข้าวทั่วไป ข้าวไร่จะอาศัยเพียงน้ำค้าง น้ำฝนและความชื้นในดินก็สามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้ อีกทั้งภาคใต้มีเกษตรกรปลูกยางพาราจำนวนมาก ซึ่งจะเป็นปัญหาสำหรับเกษตรกรที่เริ่มปลูกยางพารามาก เพราะกว่าจะได้ผลผลิตจากยางพารา ต้องใช้เวลาไม่ต่ำกว่า 4 ปี จึงทำให้เกษตรกรชาวสวนยางขาดรายได้ การปลูกพืชที่ก่อให้เกิดรายได้จึงมีความจำเป็น ซึ่งพืชที่นิยมปลูก เช่น ข้าวไร่, พริก, พืชตระกูลถั่ว และกล้วยหอม เป็นต้น แต่งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการข้าวไร่ในสวนยางพารา และพื้นที่จำหน่ายข้าวไร่ ซึ่งการปลูกข้าวไร่เสริมในสวนยางพาราจะทำให้เกษตรกรมีข้าวไว้สำหรับกินในครอบครัว ยังสามารถจำหน่ายได้อีกด้วย เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรก่อนจะตัดยางพาราได้ อีกทั้งเป็นฐานข้อมูลให้กับเกษตรจังหวัด เพื่อส่งเสริมการปลูกข้าวไร่ ให้กับเกษตรกร แต่ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะทราบถึงพื้นที่การปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ และจำเป็นต้องมีการคัดเลือกข้าวไร่ที่มีศักยภาพผลผลิตสูง คุณภาพหุงต้มดี และมีลักษณะเด่นที่มีประโยชน์ต่อการเกษตรมาส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูก เพื่อสร้างความมั่นคงทางอาหาร อันจะเป็นแนวทางการอนุรักษ์ข้าวไร่ที่ยั่งยืน เพื่อให้การปลูกข้าวไร่ยังคงอยู่กับประเทศไทยต่อไป

ดังนั้นจากแนวคิดและประสิทธิภาพของ GIS ที่ได้กล่าวมาข้างต้น การวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างและพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เก็บข้อมูลเพาะปลูกข้าวไร่ ในสวนยาพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นข้อมูลให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกข้าวไร่ เพื่อเป็นความรู้ให้กับเกษตรกรที่สนใจ และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. จังหวัดนครศรีธรรมราช

จังหวัดนครศรีธรรมราช แบ่งเขตการปกครองตามลักษณะพื้นที่ออกเป็น 23 อำเภอ 165 ตำบล จังหวัดนครศรีธรรมราช มีเนื้อที่ทั้งหมด 6,214,064 ไร่ พื้นที่ถือครองเพื่อการเกษตร 3,059,412.75 ไร่คิดเป็นร้อยละ 49.23 ของพื้นที่จังหวัด โดยพื้นที่ทั้งจังหวัดแยกเป็นที่อยู่อาศัย 230,845 ไร่ ซึ่งพื้นที่ยางพารา 1,468,559 ไร่ ที่นา 379,156.75 ไร่พืชไร่ 63,644 ไร่ ตั้งอยู่ทางภาคใต้ตอนกลาง ระหว่างเส้นรุ้งที่ 8-10 องศาเหนือ เส้นแวงที่ 99 องศา 15 ลิปดา-100 องศา 5 ลิปดาตะวันออก ระยะห่างจากกรุงเทพมหานคร โดยเส้นทางรถไฟ 816 กิโลเมตร โดยรถยนต์ 860 กิโลเมตร จังหวัดนครศรีธรรมราชซึ่งทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดสุราษฎร์ธานี, ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดตรัง พัทลุง และจังหวัดสงขลา, ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อ่าวไทย และทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดกระบี่



ภาพที่ 1 แผนที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) คือ กระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่ง เส้นรุ้ง เส้นแวง ข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูล และฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ซึ่งรูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลาย จะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่น การแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐานการบุกรุกทำลาย การเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้ เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย



ภาพที่ 2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1) การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลง ให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Format) เสียก่อน เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าเช่น Digitizer Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น

2) การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือสเกล (Scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ใน ระดับเดียวกันเสียก่อน

3) การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ DBMS แบบ Relational หรือระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (DBMS) ซึ่งมีหลักการทำงานพื้นฐานดังนี้คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลาย ๆ ตาราง

4) การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี่มาใช้ให้เกิด ประโยชน์ หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น หรือ ต้องมีการสอบถามอย่างง่าย ๆ เช่น ชี้เมาส์ไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น

5) การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมายหรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดี เช่น การแสดงชาร์ต (chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริง ภาพเคลื่อนไหว แผนที่ หรือแม้กระทั้งระบบมัลติมีเดียสื่อต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายและมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้น อีก ทั้งเป็นการดึงดูดความสนใจ

3. ข้าวไร่ (Upland rice)

เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชัน นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงโดยไม่ต้องใช้น้ำ มากตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ เนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศไม่มากนัก แค่ร้อยละ 10 ของพื้นที่ปลูกทั่วประเทศเท่านั้น ที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า upland rice ก็เพราะปลูกในที่ราบสูงของพื้นที่นั้น

4. แอฟฟลิเคชันแอนดรอยส์

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นระบบที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ซึ่งถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่น สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ต แต่ยังสามารถใช้ได้กับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวิดีโอเกม กล้องดิจิทัล และอุปกรณ์อิเล็คโทรนิกส์อื่น ๆ เพราะเป็นระบบเปิดทำให้พัฒนาสิ่งใหม่ ๆ เข้าไปได้ตลอดเวลา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติพิชญ์ [3] เป็นการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกระบอก เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำ ปัจจัยที่นำมาศึกษาประกอบด้วย ลักษณะภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน น้ำท่า ปริมาณความต้องการใช้น้ำของคน พืชและสัตว์เลี้ยงโดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการซ้อนทับด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ฉิชชนันทร์ [6] การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาความเหมาะสมการวางแนวท่อส่งน้ำ ในพื้นที่ชลประทาน โครงการแควน้อย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อต้องการนำเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการแก้ไขปัญหา ในการศึกษาการวางระบบท่อส่งน้ำในโครงการชลประทานเขื่อนแควน้อย ทั้งนี้เพื่อให้ได้รับความรวดเร็ว

แม่นยำของข้อมูลที่ได้และสามารถมองเห็นลักษณะของพื้นที่จริงด้วยโปรแกรมสามมิติ ได้มีการลงพื้นที่และเก็บข้อมูล ค่าพิกัด จุดตำแหน่งที่สำคัญที่อยู่ในพื้นที่โครงการชลประทานเขื่อนแควน้อย เพื่อที่จะนำมาเข้าสู่โปรแกรมArcview GIS 3.3 และ Mapper Global มาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมในการวางแนวท่อส่งน้ำ

ไกรรพ [4] การศึกษาการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นการนำระบบสารสนเทศภูมิสาสตร์ มาใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพกับลักษณะการใช้ที่ดิน เพื่อประเมินหาพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ พร้อมทั้งวิเคราะห์หาปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อประโยชน์ในการนำข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสม เพื่อให้มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุดและมีการพัฒนาอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เก็บข้อมูลเพาะปลูกข้าวไร่ ในสวนยาพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ และพื้นที่จำหน่ายข้าวไร่ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นข้อมูลให้ภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้มีการส่งเสริมและพัฒนาการปลูกข้าวไร่ เพื่อเป็นความรู้ให้กับเกษตรกรที่สนใจ และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

1.2 เครื่องกำหนดตำแหน่งภูมิศาสตร์

1.3 โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.4 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2. พื้นที่ศึกษาและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งทั้งหมด 23 อำเภอ ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล พื้นที่ปลูกข้าวไร่ ในสวนยางพารา ของแต่ละอำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่จำหน่ายข้าวไร่

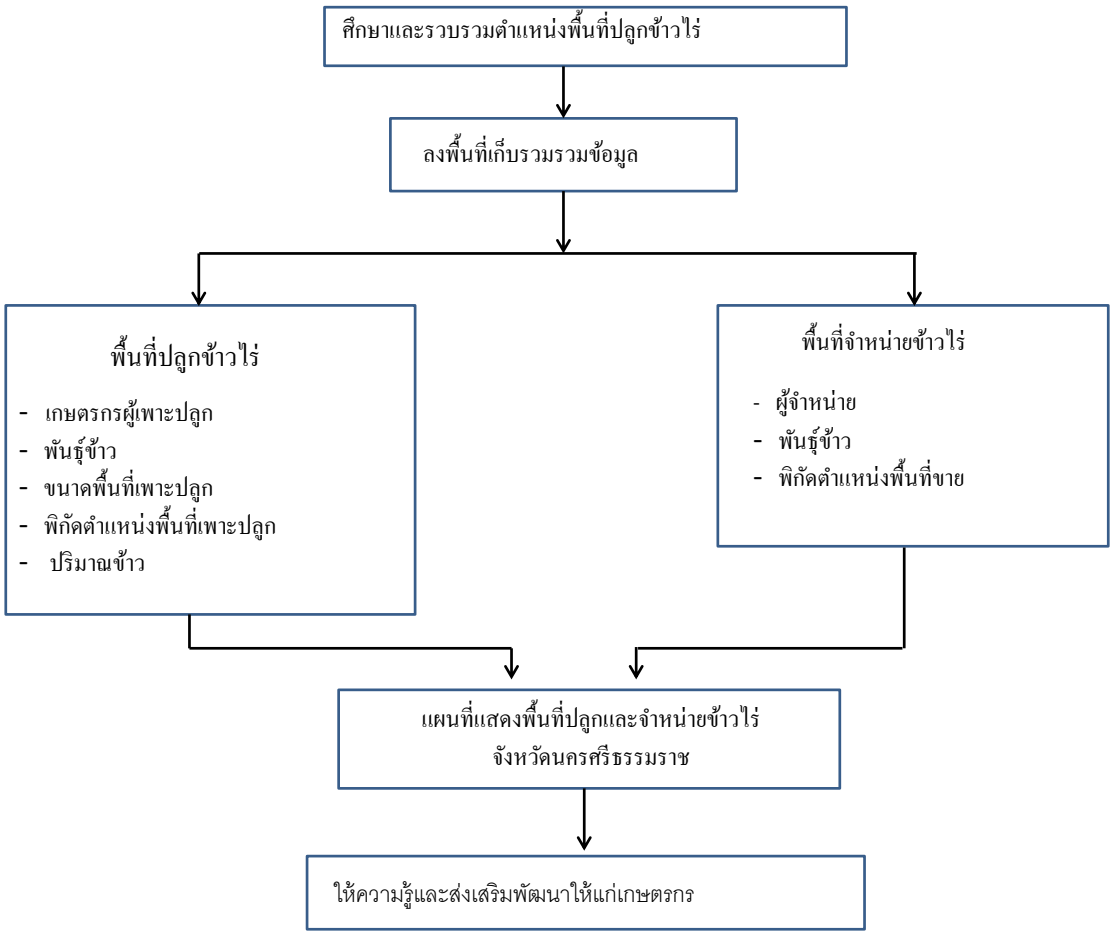
2. เก็บรวมรวบข้อมูล ลงพื้นที่สำรวจและเก็บพิกัด พื้นที่ปลูกข้าวไร่ ในสวนยางพารา ของแต่ละอำเภอในจังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่จำหน่ายข้าวไร่ โดยมีการสัมภาษณ์เกษตรกรของพื้นที่ที่ศึกษา

3. การนำข้อมูลเข้า นำข้อมูลมาแปลงให้อยู่ในรูปของแบบ ของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ตามภาพที่ 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ที่	ชื่อ-สกุล	พื้นที่	พันธุ์ข้าว	ผลผลิต	Latitude	Longtitude	UTM	X	Y
2	1	นางสาวพจชนารถ มาตรา	3 ไร่	ดอกพะยอม	540 กก.	8.26743	99.39662	47N	543679	913885
3	2	นายสวัสดิ์ แจ้งสว่าง	15 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	3056 กก	8.26626	99.39736	47N	543760	913755
4	3	นางรัตนา แพรกปาน	40 ไร่	ส้งหยด/ไรเบอรี่/ข้าวเหนียวดำ	8400 กก	8.29116	99.39736	47N	543757	916508
5	4	นายรศักดิ์ พลรัตฐนาสิทธิ์	12 ไร่	ส้งหยด/ไรเบอรี่/หอมมะลิ/เม็ดมะเขือ	1600 กก.	8.30997	99.3549	47N	539081	918702
6	5	นางละมูล บุญรอด	10 ไร่	หอมบอน	2340 กก	8.26982	99.38543	47N	539080	918583
7	6	นายจิน ชัยรัตน์	57 ไร่	ส้งหยด/เม็ดในฝ้าย/ช่อละมุด/ดอกพะยอม	7000 กก.	8.05501	99.60144	47N	566270	890428
8	7	นายสมบัติ จันทร์ชม	70 ไร่	ส้งหยด	4200 กก.	8.05494	99.60146	47N	566273	890420
9	8	นางพัชรินทร์ รักศรีทอง	20 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	1200 กก.	8.05908	99.58908	47N	564908	890876
10	9	นายวิโรจน์ ฤทธิ์มาก	10 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	600 กก.	8.05976	99.61944	47N	568253	890956
11	10	นายวิโรจน์ ฤทธิ์มาก	5 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	300 กก.	8.05958	99.6193	47N	568238	890936
12	11	นายสุทิน จันทร์ชม	15 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	900 กก.	8.06964	99.63161	47N	569592	892051
13	12	นายอาคม สมนึก	22 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	1320 กก.	8.05744	99.62304	47N	568650	890700
14	13	นายอารมณ์ ศรีสว่าง	15 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	900 กก.	8.0566	99.62482	47N	568846	890608
15	14	นางจำเนียร ไชยรัตน์	12 ไร่	ส้งหยด/ดอกพะยอม	720 กก.	8.05694	99.61325	47N	567571	890643

ภาพที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลที่ถูกเก็บในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศของพื้นที่ปลูกข้าวไร่

4. การนำข้อมูลออก นำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่



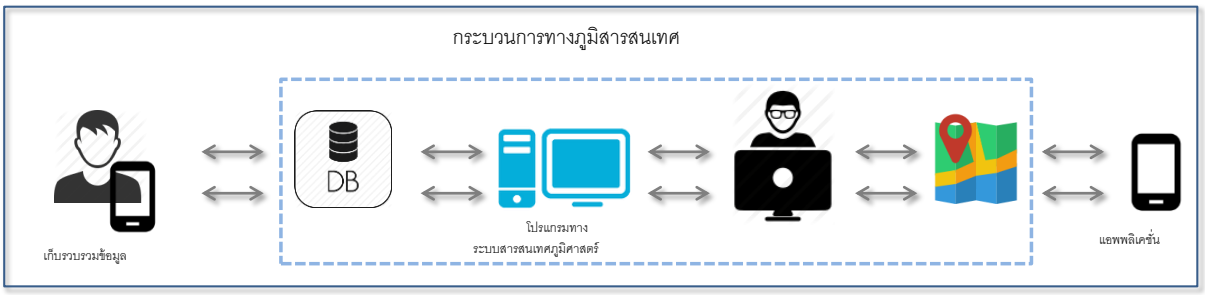
ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดงานวิจัย

ผลและวิจารณ์ผล

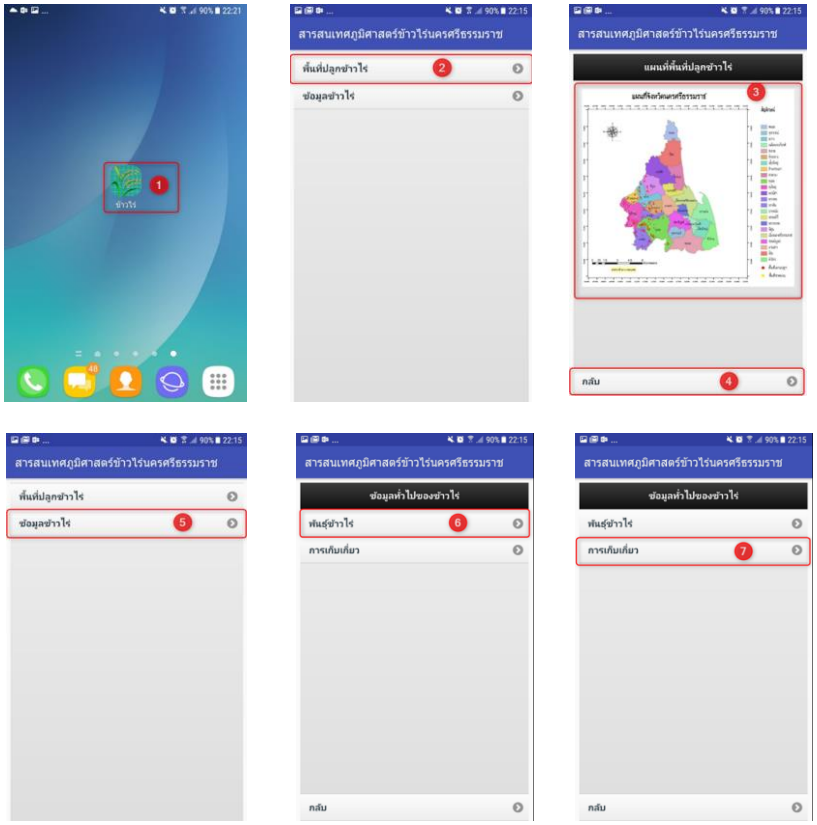
จากการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เก็บข้อมูลเพาะปลูกข้าวไร่ ในสวนยาพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งประกอบด้วย 23 อำเภอ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล ด้วยการสัมภาษณ์เกษตรกร ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครศรีธรรมราชจะปลูกยางพาราเป็นหลัก แต่กว่าจะเก็บน้ำยางได้ ต้องใช้ระยะเวลา 4-5 ปี ทำให้ขาดรายได้ เกษตรกรบางรายมีการปลูกพืชระยะสั้น แล้วหมุนเวียนปลูก ทำให้สามารถเก็บผลผลิตระหว่างรอต้นยางให้น้ำยางได้ สำหรับพืชที่ปลูกในสวนยางพารา เช่น พืชตระกูลถั่ว, กล้วย, พริกขี้หนู, ฟักทอง, ฟักเขียว และข้าวไร่ เป็นต้น

งานวิจัยนี้ มุ่งเน้นพื้นที่ปลูกข้าวไร่ ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งได้ลงพื้นที่สำรวจและเก็บพิกัดตำแหน่งพื้นที่ปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ พบว่าอำเภอที่ปลูกข้าวไร่ส่วนใหญ่ คือ อำเภอทุ่งสง, อำเภอทุ่งใหญ่, อำเภอบางขัน, อำเภอนาบอน, อำเภอช้างกลาง, อำเภอฉวาง, อำเภอพิปูน และอำเภอถ้ำพรรณรา ส่วนในอำเภออื่นๆ จะปลูกพืชชนิดอื่นหรือไม่ปลูกพืชเสริม ซึ่งข้อมูลที่สอบถามจากเกษตรกร จะเป็นข้อมูลเบื้องต้น ตามภาพที่ 5 กรอบแนวคิดงานวิจัย จากนั้นข้อมูลที่เก็บรวบรวมและสำรวจมา พัฒนาระบบโดยนำข้อมูลและแผนที่ มาทำการซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ตำบล ของอำเภอในจังหวัดนครศรีธรรมราช ตามภาพที่ 6 ทำให้เห็นถึงภาพรวมของพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวน

ยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ และจะแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบจุด เส้น พื้นที่ และตัวอักษร พร้อมอธิบายลักษณะของสิ่งที่ปรากฏด้วยสี สัญลักษณ์และข้อความบรรยาย จากนั้นนำรูปออกจากโปรแกรมภูมิศาสตร์สาสนเทศ มาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำแผนที่แสดงข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพารา ตามภาพที่ 7 เพื่อเป็นความรู้ให้กับเกษตรกรที่สนใจ และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากการประเมินความพึงพอใจต่อระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการทำงานของระบบ



ภาพที่ 7 หน้าต่างโปรแกรม

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ นำเสนอการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในสำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ระบบถูกพัฒนาโดยนำข้อมูลและแผนที่ มาทำการซ้อนทับกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ ตำบล ของอำเภอในจังหวัดนครศรีธรรมราช ทำให้เห็นถึงภาพรวมของพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ ในสวนยางพาราของจังหวัดนครศรีธรรมราช ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ และจะแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบจุด เส้น พื้นที่ และตัวอักษร พร้อมอธิบายลักษณะของสิ่งที่ปรากฏด้วยสี สัญลักษณ์และข้อความบรรยาย และนำมาพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้นำแผนที่แสดงข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกและจำหน่ายข้าวไร่ในสวนยางพารา เพื่อเป็นความรู้ให้กับเกษตรกรที่สนใจ และเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ได้มีการนำแอปพลิเคชันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใน
สำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวไร่ในสวนยางพารา ของจังหวัดนครศรีธรรมราช ไปให้กลุ่มตัวอย่างเกษตรกรของพื้นที่ใน อำเภอทุ่งสง จำนวน 30 คน ใช้งานและประเมินความพึงพอใจ พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560 และได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดนครศรีธรรมราชและสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) ที่สนับสนุนข้อมูลให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดี คุณจำเนียร ไชยรัตน์ ที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จึงทำให้งานวิจัยนี้ สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบพระขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. รายงานผลการดำเนินงานประจำปี ของกรมการข้าว พ.ศ. 2556, 2556.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. ทะเบียนเกษตรกร 2554/2555 - 2555/2556. (ระบบออนไลน์). แหล่ ง ที่ ม า : http://farmer.doae.go.th/. (15 ธันวาคม 2559)

กิตติพิชญ์ ศรีเหรา. 2552. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยกระบอกตำบลไทยสามัคคี อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไกรรพ พงศ์พิบูลเกียรติ. 2549. การศึกษาการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลาโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(วนศาสตร์)มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐานข้อมูลพันธุ์ข้าวรับรองของไทย. (2557). ภาพลักษณะพันธุ์ข้าว. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.brrd.in.th/rvdb/. 2 พฤศจิกายน 2559.

ณิชชนันทร์ มูลเอกและคณะ. 2554. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาความเหมาะ

สมการวางแนวท่อส่งน้ำ ในพื้นที่ชลประทาน โครงการแควน้อย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยาลัยการชลประทานสถาบันสมทบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กลุ่มงานวางโครงการที่ 1 สำนักบริหารโครงการ (กรมชลประทาน).

การปรับปรุงประสิทธิภาพในการเบิกจ่ายสินค้าในคลังสินค้า ประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอาง

Improving Efficiency in the Warehouse Type Store Cosmetics

วิภาวรรณ นิยมเวช[1],อนุชา วัฒนาภา[2*],วิศิษฏ์ศรี วิยะรัตน์[3]

Wipawan Niyomwad[1], Anucha Watanapa[2*], Wisitsree Wiyaratn[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงานและวิธีการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอาง โดยอาศัยวิธีการแผนภูมิพาเรโต ในการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้ารวมถึงความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้า เพื่อแสดงให้เห็นขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้น จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาคือ พนักงานเรียนรู้วิธีการทำงานในการเบิกจ่ายสินค้าแบบการสอนงานกันเอง ซึ่งไม่มีหัวหน้างานหรือบุคคลใดๆให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการเบิกจ่ายสินค้า การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยการระดมสมอง แผนภูมิก้างปลาและแผนภูมิพาเรโตนั้น พบว่าสาเหตุเกิดจากการที่พนักงานไม่ได้รับการอบรมที่ถูกต้องก่อนการทำงาน การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการทำงานในส่วนงานของการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์ลงบนตัวของสินค้า ซึ่งใน 2 ส่วนงานนี้ใช้พนักงานกลุ่มเดียวกันในการทำงาน หลังจากการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์ และจัดการอบรมให้ความรู้ในการทำงานประกอบกับคู่มือการปฏิบัติงาน รวมถึงการวัดความรู้ก่อนและหลัง (one – group pretest – posttest design) ผลจากการศึกษาพบว่า ผลของแบบทดสอบก่อนการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.07 คิดเป็นร้อยละ 120.7 และหลังการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17 คิดเป็นร้อยละ 170 โดยพบว่าหลังการอบรมมีค่าสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าที่แสดงในแผนภูมิพาเรโตนั้น ก่อนการอบรมมีจำนวนของความผิดพลาดอยู่ที่ 594 ครั้ง / 2 เดือน และหลังการอบรม 415 ครั้ง / 2 เดือน โดยลดลง 179 ครั้ง

คำสำคัญ: การจัดการคลังสินค้า, เครื่องสำอาง,แผนภูมิพาเรโต,แผนภูมิก้างปลา

ABSTRACT

This study aims to examine problems in warehouse staff operation and potential improvement to cosmetic product warehousing with use of Pareto diagram in collection of data such as issues in the warehouse, including errors in product disbursement to visualize the scale of the problem. Analysis revealed the problem that product disbursement relied on ad-hoc processes and training without the foreman or any other person giving correct instructions on product disbursement process. Analysis through brainstorming, and use of fishbone and Pareto diagrams showed that the staff did not receive appropriate training prior to work. The researcher gathered information on the processes of item disbursement and sticker application on product, which use the same group of staff. After data collection, the researcher developed an item disbursement and sticker application manual, provided training, and assessed knowledge using one-group pretest-posttest design. Assessment result suggested that the average pretest score was 12.07 (120.7%) and 17 for the average posttest score (170%). Said posttest score was higher than the pretest score with statistical significance of 0.01. Error in item disbursement, as shown in the Pareto diagram, was 594 times / 2 months pretest and 415 times / 2 months posttest (the decrease of 179 times)

Keywords:warehousing / cosmetic product / pareto diagram / fishbone diagram.

---

[1] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพ 10140

[1] Department of Production Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Road : Pracha Uthit, District : Bang Mog, Area : Thungkru, Province : Bangkok 10140, Thailand

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพ 10140

[2] Department of Production Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Road : Pracha Uthit, District : Bang Mog, Area : Thungkru, Province : Bangkok 10140, Thailand

[3] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ จังหวัดกรุงเทพ 10140

[3] Department of Production Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Road : Pracha Uthit, District : Bang Mog, Area : Thungkru, Province : Bangkok 10140, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : wipawanfang@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจทางอุตสาหกรรมและการขนส่งนั้น เกือบจะทุกองค์กรที่จะต้องมีคลังสินค้าไว้เก็บหรือกักตุนสินค้าขององค์กร เพื่อที่จะรอการจัดจำหน่ายออกสู่ท้องตลาด กล่าวได้ว่าถ้าคลังใดมีการจัดการและการจัดเก็บที่ดี ก็จะช่วยให้การจัดจำหน่ายสินค้าไม่เกิดการติดขัด และล่าช้า ถึงผู้รับได้ทันท่วงที รวมถึงตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ(SimilanTechnology, 2015) ในยุคปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (Cosmetics industry) เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีอัตราการเจริญเติบโตและขยายตัวอย่างต่อเนื่อง มีทั้งผู้บริโภคเพศชาย เพศหญิง ในทุกๆช่วงวัยต่างให้ความสนใจและใส่ใจในการดูแลตัวเอง ทั้งความงามและผิวพรรณ ตลาดเครื่องสำอางจึงมีแนวโน้มการเติบโตที่ดี ทั้งยังมีกลยุทธ์การปรับตัวที่น่าสนใจมาก(Data warehousing industry, 2016) จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นนั้น ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการจัดการคลังสินค้าที่ดี และอุตสาหกรรมเครื่องสำอางว่ามีความสำคัญกับธุรกิจขององค์กรที่เป็นผู้จัดจำหน่ายเป็นอย่างมาก ซึ่งผู้วิจัยเลือกที่จะศึกษาปัญหาภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอาง จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นพบว่า พื้นที่ใช้สอยภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอางมีอยู่อย่างจำกัด แต่ปริมาณของสินค้ามีจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ในการทำงานดูคับแคบ และอาจทำให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงาน ที่ไม่เกิดความสะดวก รวดเร็ว ทำให้ขั้นตอนในการทำงานเกิดการติดขัด เคลื่อนตัวได้ช้า รวมถึงปัญหาของการทำงานที่เร่งรีบ เพื่อรับสินค้าเข้า ส่งสินค้าออก ด้วยพื้นที่ และเวลาในการทำงาน ทำให้เกิดช่องว่างในการทำงาน บางวันมีปริมาณหรือระยะเวลาในการทำงานมากเกินไป บางวันก็ว่างงาน ทำให้ไม่เกิดความสมดุลในการทำงาน หรือการจัดสรรเวลาในการทำงานที่ดี พนักงานเกิดการเหนื่อยล้าจากการทำงานเกินวันละ 8 ชั่วโมง และในบางวันที่ว่างงานก็ทำให้พนักงานเกิดความเฉื่อยชาในการทำงาน และไม่เกิดความกระตือรือร้นเมื่อมีงานเข้ามาให้ทำ ทำให้ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานโดยตรง มีทั้งการติดสติ๊กเกอร์หรือ สคบ. บนตัวของสินค้าไม่ครบ , เบิกจ่ายสินค้าไม่ครบตามจำนวนของใบสั่งซื้อ , บรรจุสินค้าไม่ครบ ผิดรายการบ้าง ส่งออกไปแล้ว โดนคอมเม้นจากลูกค้ากลับมาหรือจากพนักงานขายสินค้าของหน้าร้านบ่อยครั้ง รวมถึงการจัดเก็บของสินค้าที่มีหลายรายการหลายรหัสและเดือนปีที่ผลิต (Batch) ทำให้การเบิกจ่ายสินค้าในบางครั้งหยิบสินค้าที่เป็นสินค้าใหม่ ไปจ่ายก่อนสินค้าเก่า จึงทำให้มีสินค้าเก่าค้างอยู่ภายในคลังสินค้า และถ้าไม่มีการเบิกจ่ายสุดท้ายแล้วสินค้าที่เป็นสินค้ารอบการผลิตเก่าก็จะหมดอายุ และก็เก็บไว้เพื่อรอการทำลายสินค้าอย่างเดียว ทำให้ภาพลักษณ์ในส่วนของการทำงานของคลังสินค้าเกิดการติดลบ ดังนั้นการศึกษาของผู้วิจัยในครั้งนี้ก็เพื่อที่จะรู้ที่มาของปัญหาภายในคลังสินค้า และวิธีที่จะช่วยลดปัญหาภายในคลังสินค้า เพื่อช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานของพนักงานในการเบิกจ่ายสินค้า
2. เพื่อศึกษาวิธีการที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานในการเบิกจ่ายสินค้า

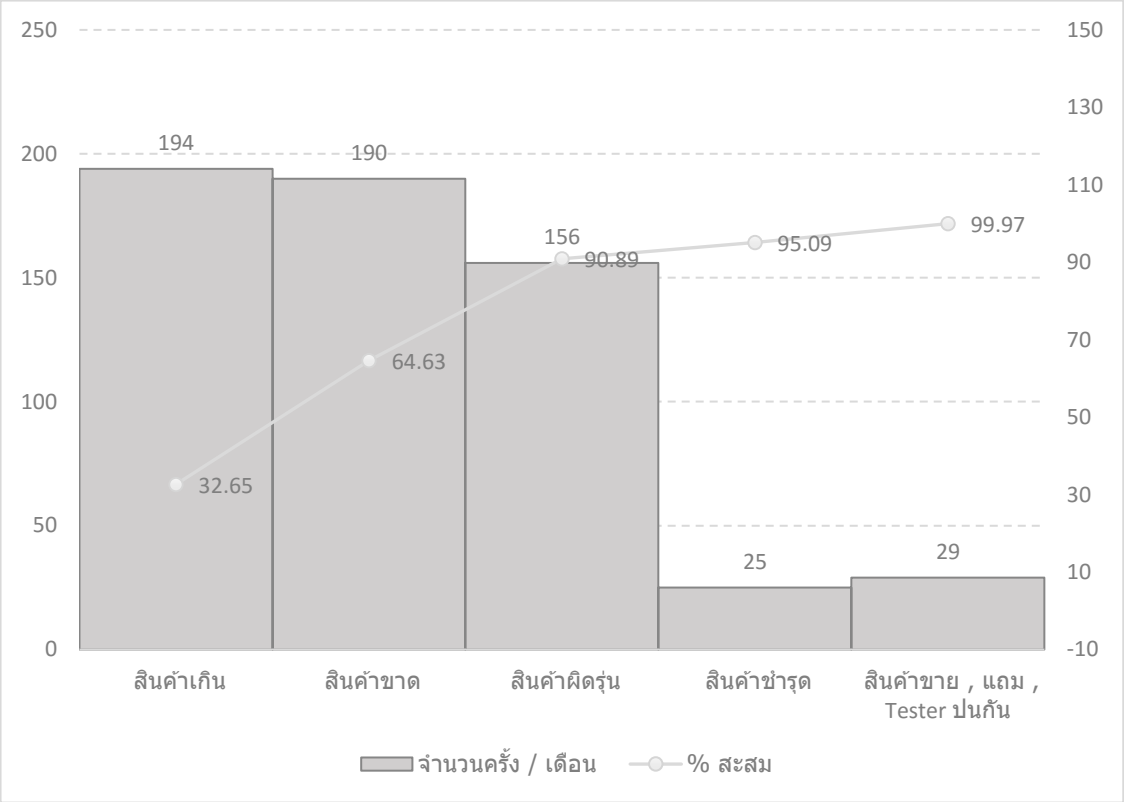
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาสภาพปัจจุบัน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อมาวิเคราะห์ปัญหาของการทำงานภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอางก่อนการปรับปรุง ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นการเก็บข้อมูลความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้า โดยอาศัยวิธีการแผนภูมิพาเรโตในการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้น(ฮิโตชิ และ วีรพงศ์, 2550) จากการวิเคราะห์ความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าของข้อมูลที่เก็บรวบรวมพบว่าเกิดจากการที่พนักงานไม่ได้รับการสอนงานหรือการอบรมก่อนการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องและถูกวิธี การทำงานของพนักงานภายในคลังสินค้านั้น เป็นการให้พนักงานสอนงานกันเอง ซึ่งความรู้และวิธีการทำงานนั้น ก็มีทั้งข้อมูลที่ถูกและผิด การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการก่อนปรับปรุงเป็นการเก็บข้อมูลความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าเป็นเวลา 2 เดือน ผลการวิเคราะห์จำนวนของความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าก่อนการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 รายงานความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าก่อนการปรับปรุง

ความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าก่อนการปรับปรุง			
ความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้า	จำนวนครั้ง / เดือน	% ความผิดพลาด	% สะสม
สินค้าเกิน	194	32.65	32.65
สินค้าขาด	190	31.98	64.63
สินค้าผิดรุ่น	156	26.26	90.89
สินค้าชำรุด	25	4.20	95.09
สินค้าขาย , แถม , Tester ปนกัน	29	4.88	99.97
Total	594	99.97	



รูปที่ 1 แผนภูมิความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 1 แสดงถึงจำนวนของความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าด้วยแผนภูมิ พบว่าก่อนการปรับปรุงมีจำนวนของความผิดพลาดที่จะสามารถยืนยันได้ไม่ชัดเจนพอ ผู้วิจัยจึงทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของปัญหาสำหรับความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าต่อไป

ผลการวิเคราะห์สภาพปัญหา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอาง พบว่าปัญหาที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าเกิดจากการที่พนักงานไม่ได้รับการอบรมก่อนการปฏิบัติงานและการให้ความรู้อย่างถูกต้อง เป็นการเรียนรู้วิธีการทำงานจากเพื่อนร่วมงานแบบสอนกันเอง เช่น การอ่านบิล , การสังเกตบิลที่ทำการเบิกจ่ายสินค้า ว่าอักษรย่อต่างๆ คำจำกัดความต่างๆที่ระบุอยู่ในบิลเบิกจ่ายสินค้าคืออะไร เป็นสินค้าขาย , สินค้าทดลอง หรือสินค้าแถม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเบิกจ่ายสินค้าและวิธีการติดสติ๊กเกอร์หรือ สคบ. ลงบนตัวของสินค้า มาจัดทำเป็นคู่มือการปฏิบัติงานพื้นฐานในการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์หรือ สคบ. และได้จัดทำแบบทดสอบในเรื่องการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์ลงบนตัวของสินค้าจำนวน 20 ข้อ เพื่อเป็นการทดสอบความรู้ของพนักงานก่อนการอบรม สาเหตุที่ผู้วิจัย จะต้องรวบรวมข้อมูลและจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานทั้ง 2 ฟังชันค์การทำงานนั้น เพราะกลุ่มของพนักงานรายวันถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกัน กลุ่มละ 7 คน เป็นการสลับฟังชันค์งานกันทำในทุกๆวัน ตัวอย่างเช่น

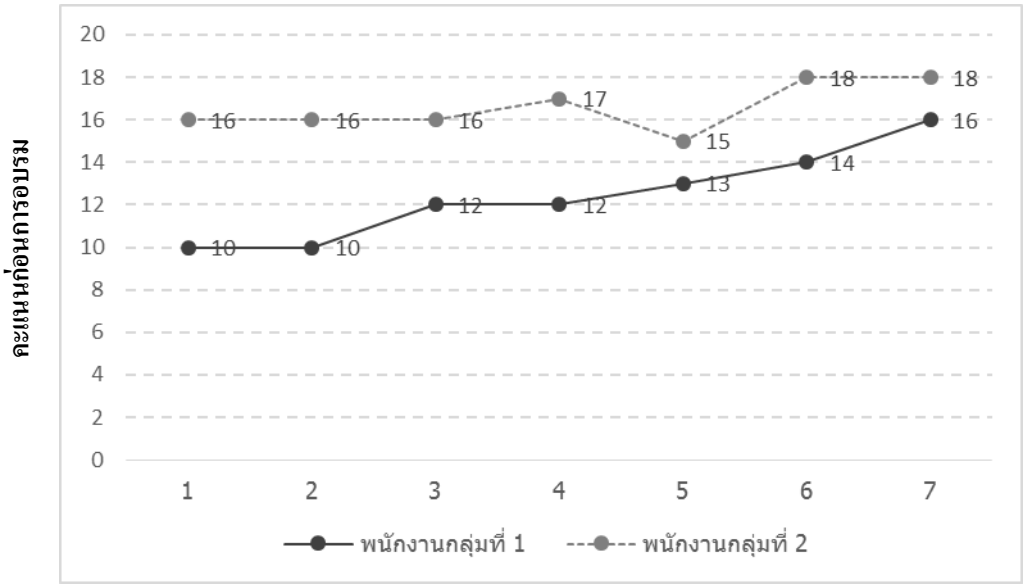
ช่วงเวลา 07.30 น. – 12.00 น. พนักงานกลุ่มที่ 1 ทำการเบิกจ่ายสินค้า

ช่วงเวลา 07.30 น. – 12.00 น. พนักงานกลุ่มที่ 2 ทำการติดสติ๊กเกอร์หรือ สคบ. ลงบนตัวของสินค้า

ช่วงเวลา 13.00 น. – 16.30 น. พนักงานกลุ่มที่ 1 ทำการติดสติ๊กเกอร์หรือ สคบ. ลงบนตัวของสินค้า

ช่วงเวลา 13.00 น. – 16.30 น. พนักงานกลุ่มที่ 2 ทำการเบิกจ่ายสินค้า

ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานทั้ง 2 ฟังชันค์การทำงาน เพื่อที่จะให้พนักงานได้รับความรู้พื้นฐานของการทำงานทั้ง 2 ฟังชันค์ ที่พนักงาน2 กลุ่มนี้จะต้องสลับการทำงานกันอยู่ในทุกๆวัน และในส่วนของคะแนนจากแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อ ก่อนการอบรมนั้น แสดงดังรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 กราฟแสดงคะแนนก่อนการอบรมของพนักงานกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2

ผลการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหา

จากการศึกษาสภาพปัญหาของความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าไม่ว่าจะเป็นการเบิกจ่ายสินค้าเกินจำนวนหรือขาด หยิบของที่ชำรุด หยิบสินค้าขายสินค้าแถมปนกัน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเหล่านี้ย่อมมีสาเหตุมาจากความผิดปกติบางอย่าง ผู้วิจัยจึงอยากที่จะค้นหาสาเหตุของปัญหา ได้แก่ พนักงาน ขั้นตอนการทำงาน ระบบควบคุมสินค้าคงคลัง และพื้นที่ในการใช้สอย ซึ่งปัญหาจะถูกระบุไว้ที่หัวปลาและการวิเคราะห์ปัญหาของความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้ามีขั้นตอนในการวิเคราะห์ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

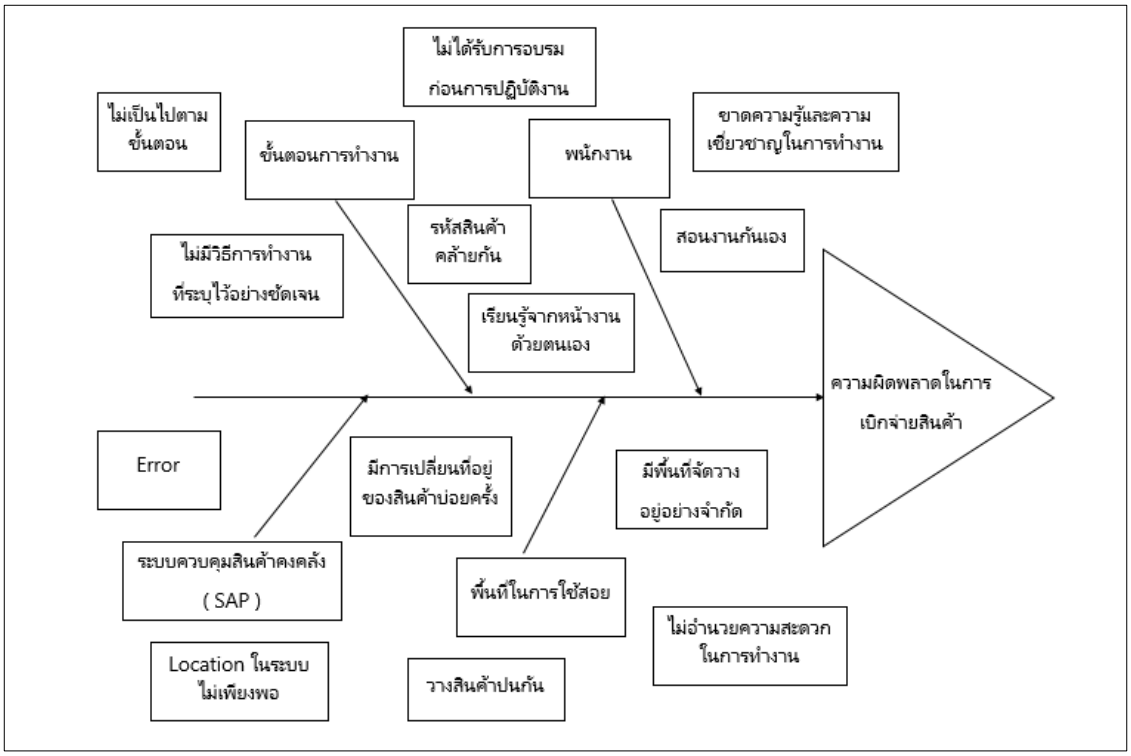
1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย

4. หาสาเหตุหลักของปัญหา

5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ

6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

โดยสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่ได้จากการระดมสมองนั้น แสดงดังแผนภาพเหตุและผล(วันรัตน์, 2546) ดังรูปที่ 3



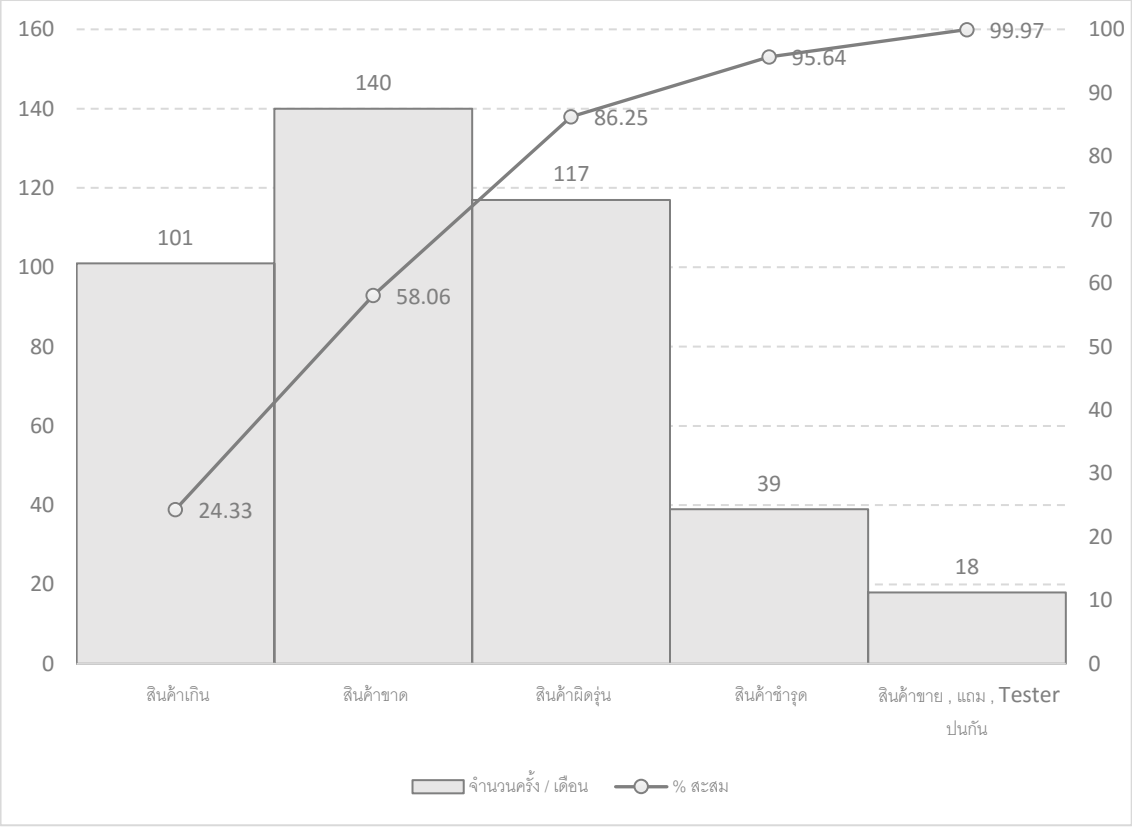
รูปที่ 3 สาเหตุรากเหง้าของปัญหาในการเบิกจ่ายสินค้า

ผลการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการหลังการปรับปรุง

จากการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ทำการปรับปรุงแก้ไข ได้ผลดังตารางที่ 2 รายงานความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าหลังการปรับปรุง และรูปที่ 5 แผนภูมิความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าหลังการปรับปรุง

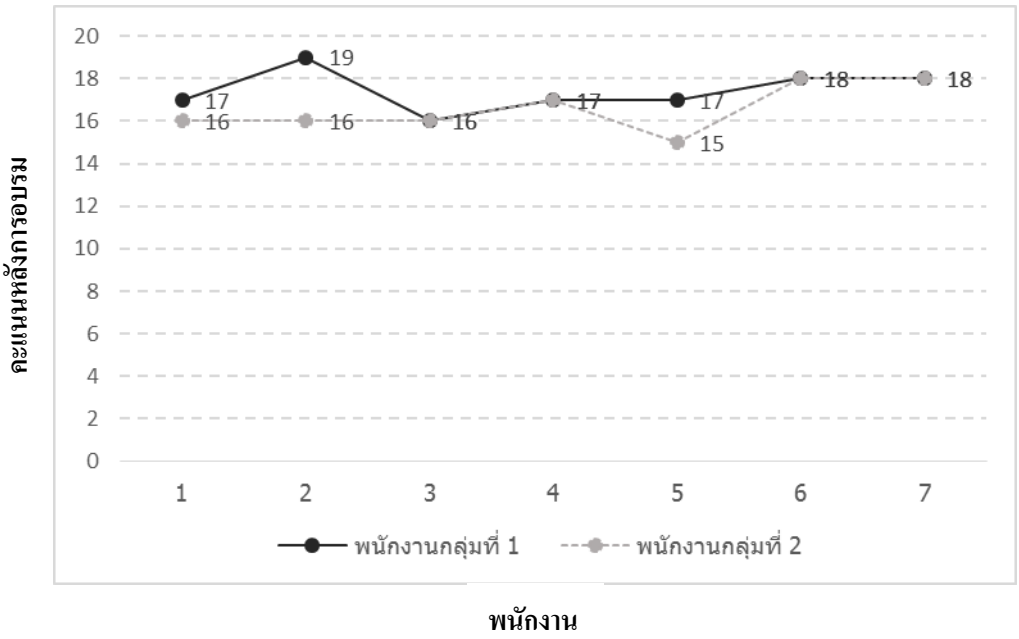
ตารางที่ 2 รายงานความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าหลังการปรับปรุง

ความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าหลังการปรับปรุง			
ความผิดพลาด ในการจัดสินค้า	จำนวน ครั้ง / เดือน	% ความผิดพลาด	% สะสม
สินค้าเกิน	101	24.33	24.33
สินค้าขาด	140	33.73	58.06
สินค้าผิดรุ่น	117	28.19	86.25
สินค้าชำรุด	39	9.39	95.64
สินค้าขาย , แถม , Tester ปนกัน	18	4.33	99.97
Total	415	99.97	



รูปที่ 4 แผนภูมิความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าหลังการปรับปรุง

และผลจากการศึกษา พบว่า ผลของแบบทดสอบก่อนการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.07 คิดเป็นร้อยละ 120.7 และหลังการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17 คิดเป็นร้อยละ 170 โดยพบว่าหลังการอบรมมีค่าสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01(รุจเรขา, 2556) ได้ผลดังรูปที่ 5 แผนภูมิแสดงคะแนนหลังการอบรมของพนักงานกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงคะแนนหลังการอบรมของพนักงานกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าและแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพภายในคลังสินค้าประเภทการจัดเก็บเครื่องสำอางโดยอาศัยวิธีการแผนภูมิพาเรโตในการเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นภายในคลังสินค้า รวมถึงความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้า เพื่อแสดงให้เห็นขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้น จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาคือพนักงานเรียนรู้วิธีการทำงานในการเบิกจ่ายสินค้าแบบการสอนงานกันเอง ซึ่งไม่มีหัวหน้างานหรือบุคคลใดๆให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการเบิกจ่ายสินค้า การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยการระดมสมอง แผนภูมิก้างปลาและแผนภูมิพาเรโตนั้น พบว่าสาเหตุเกิดจากการที่พนักงานไม่ได้รับการอบรมที่ถูกต้องก่อนการทำงาน การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการทำงานในส่วนงานของการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์ลงบนตัวของสินค้า ซึ่งใน 2 ส่วนงานนี้ใช้พนักงานกลุ่มเดียวกันในการทำงาน หลังจากการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการปฏิบัติงานการเบิกจ่ายสินค้าและการติดสติ๊กเกอร์ และจัดการอบรมให้ความรู้ในการทำงานประกอบกับคู่มือการปฏิบัติงาน รวมถึงการวัดความรู้ก่อนและหลัง (one – group pretest – posttest design) ผลจากการศึกษา พบว่า ผลของแบบทดสอบก่อนการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.07 คิดเป็นร้อยละ 120.7 และหลังการอบรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17 คิดเป็นร้อยละ 170 โดยพบว่าหลังการอบรมมีค่าสูงกว่าก่อนการอบรม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความผิดพลาดในการเบิกจ่ายสินค้าที่แสดงในแผนภูมิพาเรโตนั้น ก่อนการอบรมมีจำนวนของความผิดพลาดอยู่ที่ 594 ครั้ง / 2 เดือน และหลังการอบรม 415 ครั้ง / 2 เดือน โดยลดลง 179 ครั้ง

เอกสารอ้างอิง

SimilanTechnology. 2015. Warehouse. แหล่งที่มา: http://www.similantechnology.com/news&article/warehouse.html.

Data warehousing industry. 2016. Cosmetics Industry. แหล่งที่มา: http://www.technology.in.th/industrial-data/doku.php?id=cosmetics-industry:newstart-introduction

ฮิโตชิ คุเมะ. 2550. วิชาทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ. แปลโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. ฉบับปรับปรุง. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

วันรัตน์ จันทกิจ. 2546. 17 เครื่องมือนักคิด Problem Solving Devices. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์, กรุงเทพฯ.

รุจเรขา วิทยาวุฒิกุล. 2556. สถิติการวิจัย. แหล่งที่มา: http://ruchareka.wordpress.com/tag/.

การปรับปรุงประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของโรงงานบรรจุภัณฑ์แก้ว

Readability Improvement of Mold Number Reader in Glass Container Manufacturing

วาเศรษฐ ศรขวัญ[1] เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์[2]

Wacest Sornkwan[1] Tuanjai Somboonwiwat[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษากระบวนการการตรวจสอบคุณภาพสินค้าในบริษัทบรรจุภัณฑ์แก้วแห่งหนึ่ง จากการศึกษาประวัติปัญหาลูกค้าร้องเรียนเนื่องจากสินค้าผิดข้อกำหนดในปี 2559 พบว่า เป็นสินค้าผิดข้อกำหนดที่สามารถตรวจสอบและทำการกำจัดได้โดยการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของบรรจุภัณฑ์คิดเป็นร้อยละ 74 ของข้อร้องเรียนทั้งหมด จากนั้นนำหลักการใช้แผนภูมิก้างปลา ในการหาสาเหตุของปัญหา พบว่าปัญหาหลักคือประสิทธิภาพในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์นั้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 95 ซึ่งหมายความว่ามีโอกาสที่สินค้าผิดข้อกำหนดหลุดไปหาลูกค้าอยู่สูงถึงร้อยละ 5 จากการตั้งกำจัดของเสียโดยการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ จากข้อมูลประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์จากผู้ผลิตเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์นั้นระบุไว้ที่ร้อยละ 98 จึงตั้งเป้าหมายของโครงการนี้ไว้ที่ค่าดังกล่าว จากนั้นนำหลักการคิวซีสตอรี่และเครื่องมือทางสถิติมาใช้ในการแก้ปัญหา จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์มีอยู่ 2 ส่วนคือ ที่ตัวแบบพิมพ์ และที่เครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ ที่ตัวแบบพิมพ์กล่าวคือ ได้ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างโค้ดของแบบพิมพ์กับสัญญาณที่ได้ พบว่าหากความสูงของโค้ดแตกต่างกันเกิน 0.2 มิลลิเมตรจะส่งผลให้ระดับสัญญาณลดลง และระยะห่างระหว่างโค้ดมีผลต่อประสิทธิภาพอ่านอ่านเบอร์แบบพิมพ์ จากผลทำให้นำไปสู่การทดลองทำความสะอาดแบบพิมพ์โดยไม่ขัดบริเวณโค้ดแบบพิมพ์เพื่อลดโอกาสที่ขนาดของโค้ดจะเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน โดยประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์เมื่อขัดบริเวณโค้ด มีประสิทธิภาพการอ่านอยู่ที่ร้อยละ 95 ส่วนประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์เมื่อไม่ขัดบริเวณโค้ดอยู่ที่ร้อยละ 98.82 ซึ่งถือว่าสูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ จากนั้นทำการศึกษาที่ตัวเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์พบว่าการสั่นสะเทือนของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ จึงทำอุปกรณ์ยึดจับเพื่อให้ตัวบรรจุภัณฑ์นิ่งยิ่งขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการอ่านจากเดิมที่ร้อยละ 98.82 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 99.67 มากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

คำสำคัญ : บรรจุภัณฑ์แก้ว, เครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์, เครื่องมือทางสถิติ

ABSTRACT

The research intends to the study of a quality process in glass container manufacturing. Based on historical data of customer complaints in 2016, the study has found that 75% of customer complaints could be detected and eliminated by using mold number reader. Then using fishbone diagram to find out the cause of the problem, the paper also found main problem which is the mold number reader readability at average rate of 95%. This also means there is 5% chances that defect could be delivered to the customer. However, the manufacturer company of mold number reader has indicated the readability rate at 95%. Therefore, this has set the same target. After that QC story and statistical techniques are employed to solve the problem, the paper reveals two factors which could affect readability of mold number reader which are mold part and mold number reader part. Regarding the mold, this research has tested relationship between mold's code and mold number reader signal. If the code's height is different more than 0.2 mm, it will affect signal of mold number reader. According to the result, mold cleaning without polishing mold's code area test has be done to lower opportunity of different code size. The readability when code area is polished is 95% while it is 98.82% when the code area is not polished which higher than the target. Finally, study found that if the mold number reader has vibration it will have negative effect on the reader's readability. After install special equipment for anti-vibrating, the reader's readability increases from 98.82 to 99.67 which is even higher than the target.

Keyword : Glass container, Mold number reader, Statistical Techniques

---

[1] สาขา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบการผลิต คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[1] Department of Industrial and Manufacturing System engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut' s University of Technology Thonburi,

126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

[2] สาขา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบการผลิต คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

[2] Department of Industrial and Manufacturing System engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut' s University of Technology Thonburi,

126 Pracha Uthit Rd., Bang Mod, Thung Khru, Bangkok 10140, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : นายวาเศรษฐ ศรขวัญ, w.sornkwan@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ถือว่ามีความสำคัญในการดำเนินธุรกิจในระดับโลก เห็นได้จากสินค้าอุปโภคบริโภคต่างๆ ล้วนต้องมีการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ทั้งสิ้น การเติบโตของธุรกิจบรรจุภัณฑ์จะแปรผัน ตามการเติบโตของตลาดที่มีปริมาณการใช้งานที่เพิ่มขึ้น บรรจุภัณฑ์แก้วนับเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับเครื่องดื่มในหลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องดื่มมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 14 ในปี 2559 ส่งผลให้มีปริมาณความต้องการการใช้บรรจุภัณฑ์แก้วเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้บริษัทผู้ผลิตพยายามสรรหากลยุทธ์ในการผลิตสินค้า เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเพื่อให้ผู้ผลิตสินค้านั้นมีความได้เปรียบทางด้านการแข่งขัน ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพของการตรวจสอบคุณภาพสินค้า เพื่อลดความเสี่ยงที่จะมีสินค้าผิดข้อกำหนดถูกส่งไปยังลูกค้า และลดผลกระทบทางด้านต้นทุนเนื่องมาจากความผิดพลาดของกระบวนการตรวจสอบ จากการศึกษาข้อมูลของทางบริษัทกรณีศึกษา พบว่าในปัจจุบันยังมีสินค้าผิดข้อกำหนดบางประเภทที่เครื่องตรวจสอบคุณภาพไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่ใช้วิธีการกำจัดโดยการอ่านเบอร์ของแบบพิมพ์ (Mold number reader) ปัญหาคือหากเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ไม่สามารถอ่านได้อย่างแม่นยำ จะส่งผลให้มีความเสี่ยงที่จะมีสินค้าผิดข้อกำหนดหลุดไปหาลูกค้าได้ อีกทั้งมีโอกาสที่จะกำจัดเบอร์ขวดที่ไม่ได้ต้องการกำจัด ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเกี่ยวกับการปรังปรุงประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการนิยามหัวข้อปัญหาและทำความเข้าใจกับสถานการณ์ รวมทั้งตั้งเป้าหมายและการวางแผนกิจกรรมแก้ไขปัญหา จากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า และเลือกปัจจัยในการปรับปรุง

1. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องตรวจสอบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการตรวจสอบคุณภาพบรรจุภัณฑ์แก้วด้วยเครื่องตรวจสอบ โดยกระบวนการตรวจสอบคุณภาพบรรจุภัณฑ์แก้วนั้นมีกระบวนการหลัก **4** กระบวนการตรวจสอบและมีข้อจำกัดดังนี้

1.1) เครื่องตรวจสอบลำตัวขวด **(**Sidewall inspection machine**) –** มีข้อจำกัดคือไม่สามารถตรวจลำตัวได้ 360 องศา

1.2) เครื่องตรวจสอบปากและก้นขวด **(**Finish and base inspection machine**) –** มีข้อจำกัดในการตรวจสอบของเสียบางชนิด

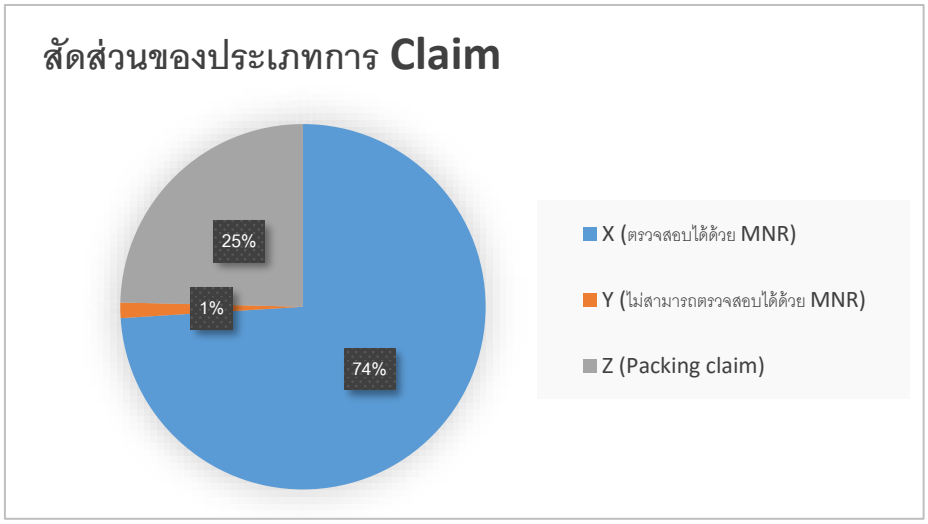
1.3) เครื่องตรวจสอบรอยร้าว และเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ **(**Check & mould number reader inspection machine**) –** มีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่การตรวจสอบ

1.4) เครื่องตรวจหนาบาง **(**Thickness inspection machine**) –** มีข้อจำกัดในเรื่องตำแหน่งการตรวจสอบไม่ครอบคลุม

2. การนิยามหัวข้อปัญหา

จากการตรวจสอบประวัติปัญหาลูกค้าร้องเรียนย้อนหลังในปี 2559 และการตอบ CAR ของบริษัทกรณีศึกษา มีพบสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามตามข้อกำหนดกว่า 2 ล้านขวด เป็นของเสียที่เป็นข้อจำกัดของเครื่องตรวจสอบถึงร้อยละ 75 และเป็นของเสียที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์คิดเป็นร้อยละ 74 หรือคิดเป็นกว่า 1.5 ล้านขวด

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จะทำการศึกษาและสาเหตุรากเหง้าของปัญหาของประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ เพื่อให้สามารถลดปริมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดหลุดไปถึงลูกค้า



ภาพที่ 1 ปริมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้า

3. การทำความเข้าใจกับสถานการณ์และตั้งเป้าหมาย

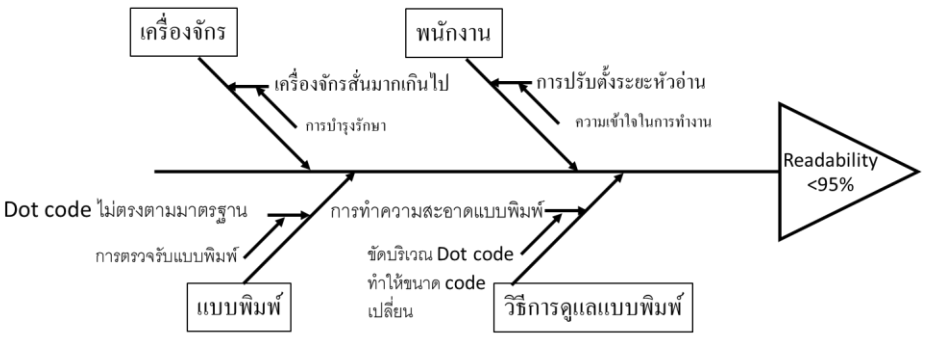
เมื่อได้หัวข้อที่ต้องการศึกษา จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหาดังนี้

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ พบว่ามีความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ **95** ซึ่งหมายความว่า หากมีของเสียที่ต้องทำการตรวจสอบโดยเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ จะมีโอกาสที่จะมีสินค้าผิดข้อกำหนดหลุดไปหาลูกค้า รวมถึงมีโอกาสที่จะกำจัดสินค้าดีออกไปด้วย

4.การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

4.1 ปัจจัยที่กระทบต่อความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

เมื่อพิจารณาจากกระบวนการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของเครื่องอ่านแบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์แก้ว พบว่า ปัจจัยที่น่าจะส่งผลต่อปัญหาความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์นั้น สามารถนำมาสร้างแผนภาพสาเหตุและผล ได้**ดังรูป**



รูปที่ 2 แผนภูมิก้างปลาปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์

4.1.1 ปัจจัยเรื่องเครื่องจักร

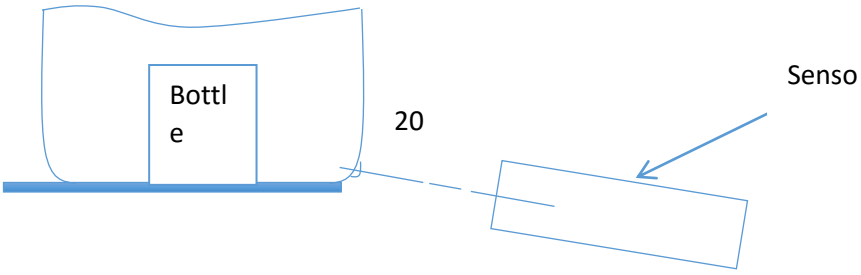
เครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์นั้นจะถูกติดตั้งบนเครื่องดังภาพที่2 โดยหัวอ่านจะถูกปรับทิศทางไปยังบริเวณ code ของบรรจุภัณฑ์ จากรูปจะเห็นว่าตัวบรรจุภัณฑ์จะถูกหมุนโดยมีตัวขับจากภายนอกเป็นแรงกระทำ ซึ่งในจุดนี้หามีแรงสั่นสะเทือนมาก จะทำให้สัญญาณไฟฟ้าที่อ่านได้ไม่แน่นอน ดังนั้นปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์



ภาพที่ 3 การปรับตั้งเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

4.1.2 ปัจจัยเรื่องพนักงาน

การปรับตั้งระยะหัวอ่านให้ได้ความชัดเจนนั้นมีผลต่อความแม่นยำในการอ่าน ซึ่งพนักงานทุกคนสามารถปรับตั้งหัวอ่านจะมีการสอนถึงการเช็คระยะห่างระหว่างวัตถุกับหัวอ่านโดยมีระยะบุที่ชัดเจน ดังนั้นปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยที่ไม่ได้ส่งผลต่อปัญหาความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์



รูปที่ 4 การปรับตั้งระยะหัวอ่านเบอร์แบบพิมพ์

4.1.3 ปัจจัยเรื่องแบบพิมพ์

ในการตรวจรับแบบพิมพ์จะมีมาตรฐานในการตรวจรับ และมีพนักงานที่ทำหน้าที่ตรวจสอบก่อนขึ้นใช้งาน ดังนั้นปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยที่ไม่ได้ส่งผลต่อปัญหาความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

4.1.4 ปัจจัยเรื่องวิธีการดูแลแบบพิมพ์

โดยปกติแบบพิมพ์จะมีอายุการใช้งานก่อนนำลงมาซ่อมบำรุง ซึ่งวิธีการซ่อมบำรุงคือ การทำความสะอาดแบบพิมพ์ด้วยวิธีการขัดแบบพิมพ์ ซึ่งอาจมีผลทำให้ขนาดของ dot code เปลี่ยน ดังนั้นปัจจัยนี้จึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

4.2 การพิสูจน์สาเหตุรากเหง้า

จากนั้นทำการพิสูจน์สาเหตุรากเหง้าของปัญหาความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ โดยใช้เครื่องมือทางสถิติทำการวิเคราะห์

4.2.1 ปัจจัยเรื่องการสั่นของเครื่องจักร

การทดสอบปัจจัยเรื่องการสั่นของเครื่องจักรจะทำการปรับความเร็วของมอเตอร์ที่ขับที่หมุนขวดเป็น 3 ระดับ กล่าวคือ 1.5 รอบต่อขวด 1.8 รอบต่อขวด และ 2.0 รอบต่อขวด ซึ่งปัจจัยที่ 1.8 รอบเป็นมาตรฐานที่ทางผู้ผลิตเครื่องจักรแนะนำ แต่ 2.0 รอบเป็นสิ่งที่พนักงานหน้างานปรับใช้งานเป็นประจำ เนื่องจากคิดว่าการหมุน **2** รอบต่อการตรวจสอบ 1 ครั้ง จะให้ผลการตรวจสอบที่แน่นอนกว่า โดยทำการเก็บข้อมูลจากการใช้ขวดตัวอย่างในสายการผลิต 10 เบอร์ ปล่อยผ่านเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์เบอร์ละ 10 ครั้ง โดยมีสมมติฐานการทดลองดังนี้

H0: ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของแต่ละความเร็วมอเตอร์โรเตชั่นเท่ากัน

H1: ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของแต่ละความเร็วมอเตอร์แตกต่างกัน หรืออย่างน้อยหนึ่งคู่แตกต่างกัน

จากนั้นทดสอบสมมติฐานโดยการใช้ One-way ANOVA และประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab16 พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H0 จึงสามารถสรุปได้ว่าความเร็วของมอเตอร์โรเตชั่น มีผลต่อความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ โดยแสดงข้อมูลดังตารางที่ 1

One-way ANOVA: Readability versus Rotation speed

Method

Null hypothesis All means are equal

Alternative hypothesis At least one mean is different

Significance level $\alpha = 0.05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Factor Information

Factor	Levels	Values
Rotation speed	3	1.5, 1.8, 2.0

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Rotation speed	2	0.3647	0.182333	32.82	0.000
Error	27	0.1500	0.005556		
Total	29	0.5147			

และได้ทำการทดสอบค่าเฉลี่ยเพื่อมาค่าความเร็วมอเตอร์ที่ให้ผลดีที่สุดดังตาราง

Comparisons for Readability

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Readability, Term = Rotation speed

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

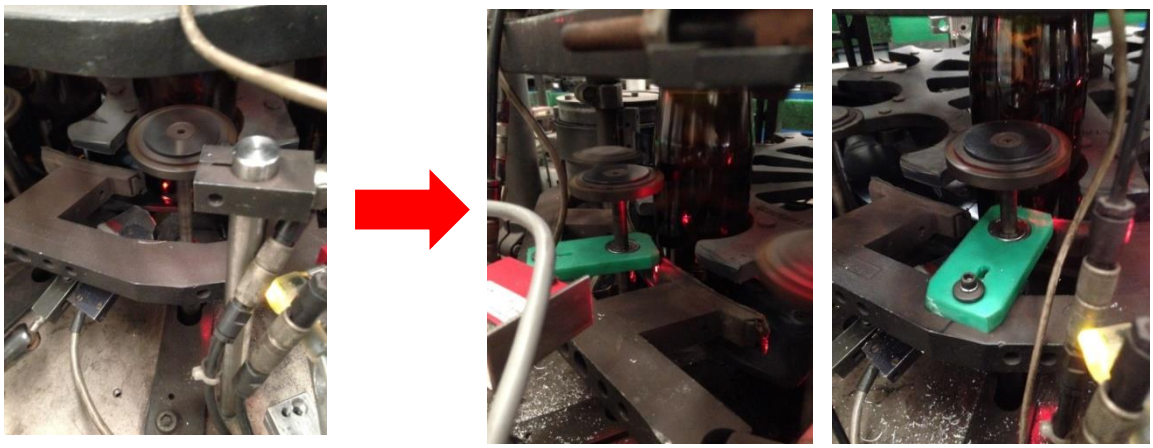
Rotation speed	N	Mean	Grouping
1.5	10	0.98	A
1.8	10	0.85	B
2.0	10	0.71	C

จากการทดสอบจะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วของมอเตอร์โรเตชั่น 1.5 รอบต่อขวด ส่งผลให้ความแม่นยำในการเบอร์แบบพิมพ์สูงที่สุดซึ่งขัดกับทางผู้ผลิต และพนักงานที่อยู่หน้างาน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าควรปรับระดับความเร็วมอเตอร์โรเตชั่นที่ 1.5 รอบต่อขวด

หลังจากนั้นทำอุปกรณ์ยึดจับโรเตชั่นให้มีการสั่นน้อยลงดังรูป แล้วจึงเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ โดยเริ่มจับข้อมูลประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ตั้งแต่วันที่ 13 เมษายน 2560 ถึง 30 พฤษภาคม 2560 โดยเก็บข้อมูลทุกช่วงโมง และข้อมูลประสิทธิภาพหลังติดตั้งอุปกรณ์ตั้งแต่ 30 พฤษภาคม 2560 ถึง 15 มิถุนายน 2560 โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H0: การใส่อุปกรณ์ยึดจับ ไม่มีผลต่อความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์

H1: การใส่อุปกรณ์ยึดจับ มีผลต่อความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์



รูปที่ 5 ติดตั้งอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือนของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

จากนั้นทดสอบสมมติฐานโดยการใช้ Pair-T test และประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab16 พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H0 จึงสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์ยึดจับมีผลต่อความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์

Paired T-Test and CI: Before, After

Paired T for Before - After

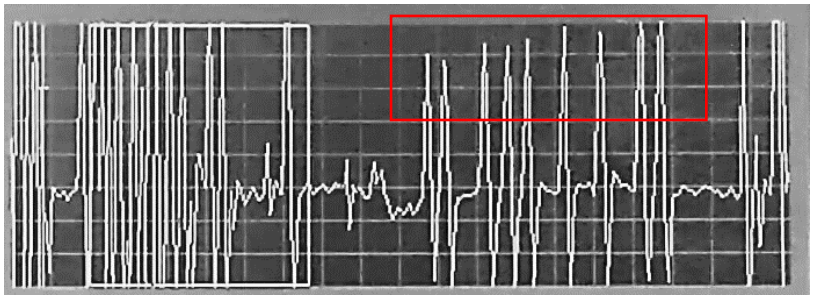
	N	Mean	StDev	SE Mean
Before	1122	97.5119	3.3069	0.0987
After	1122	99.7757	0.8831	0.0264
Difference	1122	-2.264	3.446	0.103

95% CI for mean difference: (-2.466, -2.062)

T-Test of mean difference = 0 (vs $\neq$ 0): T-Value = -22.01 P-Value = 0.000

4.2.2 ปัจจัยเรื่องขนาดของ Dot code

เนื่องจากขนาดของ Dot code มีระบุใน drawing แต่ทว่าหน้างานทางส่วนงานควบคุมคุณภาพมักจะมีการแจ้งฝ่ายผลิตว่าขนาดของ Dot code จางหรือตื้นทำให้มองไม่เห็นได้ชัดด้วยตา ทางฝ่ายผลิตจึงทำการตอก Dot code ให้ลึกเพิ่มขึ้นเป็นปกติ จากการศึกษาทางผู้วิจัยสันนิษฐานลักษณะของ dot code ที่เปลี่ยนจะส่งผลต่อสัญญาณที่ใช้ในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ ตัวอย่างดังภาพ



ภาพที่ 6 สัญญาณทางไฟฟ้าของ Dot code

จึงทดสอบปัจจัยหาความสัมพันธ์ระหว่าง dimension ของ dot code ต่อสัญญาณที่อ่านได้ด้วยเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ โดยทำใช้ขวดทั้งหมด 10 เบอร์ นำมาวัด dimension ทั้งหมดสามพารามิเตอร์คือ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลาง จากนั้นนำเข้าเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์และบันทึกค่าสัญญาณ(แรงดันไฟฟ้า) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างโค้ดและสัญญาณ โดยมีสมมติฐานการทดลองดังนี้

H0: ความสูงของโค้ดไม่มีผลต่อสัญญาณของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

H1: ความสูงของโค้ดมีผลต่อสัญญาณของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

H0: เส้นผ่านศูนย์กลางของโค้ดไม่มีผลต่อสัญญาณของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

H1: เส้นผ่านศูนย์กลางของโค้ดมีผลต่อสัญญาณของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์

Polynomial Regression Analysis: Result versus H

The regression equation is

Result = - 15.03 + 135.8 H - 200.8 H^2

S = 0.491625 R-Sq = 65.3% R-Sq(adj) = 64.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	39.5038	19.7519	81.72	0.000
Error	87	21.0274	0.2417		
Total	89	60.5312			

Polynomial Regression Analysis: Result versus D

The regression equation is

Result = - 29.62 + 33.33 D - 7.483 D^2

S = 0.818809 R-Sq = 3.6% R-Sq(adj) = 1.4%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	2.2023	1.10113	1.64	0.199
Error	87	58.3290	0.67045		
Total	89	60.5312			

จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ regression และประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม minitab16 พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.000 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H0 จึงสามารถสรุปได้ว่าขนาดของโค้ดมีผลต่อสัญญาณของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์ โดยจากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความแรงของสัญญาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความสูงของ Dot code ซึ่งที่ดีที่สุดอยู่ที่ความสูงเท่ากับ 0.3-0.35 มิลลิเมตร จากผลการทดลองนำไปสู่การทำความสะอาดแบบพิมพ์โดยไม่ให้ทำการขัดบริเวณ Dot code เพื่อให้ความสูงของ dot code เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

4.2.3 ปัจจัยเรื่องการทำความสะอาดแบบพิมพ์

จากผลการทดลองที่ว่าความสูงของ Dot code มีผลต่อสัญญาณและความแม่นยำในการเบอร์แบบพิมพ์ จึงทำการทดสอบปัจจัยเรื่องการทำสะอาดแบบพิมพ์เพื่อเปลี่ยนเทียบการเปลี่ยนแปลงของ Dot code เทียบกันระหว่างการทำความ

สะอาดแบบปกติ และการทำความสะอาดโดยไม่ขัดบริเวณ Dot code โดยวัดขนาดของ Dot code ในแบบพิมพ์ตั้งแต่เริ่มใช้จนหมดอายุ ทั้งสองรูปแบบ แล้วจึงเปรียบเทียบโดยมีสมมติฐานดังนี้

H0: การขัดแบบพิมพ์บริเวณ Dot code และไม่ขัด ทำให้ Dot code เปลี่ยนแปลงไม่ต่างกัน

H1: การขัดแบบพิมพ์บริเวณ Dot code และไม่ขัด ทำให้ Dot code เปลี่ยนแปลงต่างกัน

จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Proportions test และประมวลผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab16 พบว่าค่า P-Value มีค่าเป็น 0.005 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงปฏิเสธการยอมรับ H0 จึงสามารถสรุปได้ว่า การขัดแบบพิมพ์บริเวณ Dot code และ ไม่ขัด ทำให้ Dot code เปลี่ยนแปลงต่างกัน

5 แนวทางการปรับปรุง

จากการดำเนินงานสามารถพิจารณาได้ว่าสาเหตุที่ทำให้ความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์แก้วน้อยกว่าร้อยละ 99 เกิดจากสองสาเหตุคือ การสั่นของเครื่องจักร และขนาดของ Dot code ที่เปลี่ยนแปลงโดยไม่มีการควบคุม ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปรุงทั้ง 2 สาเหตุดังนี้

5.1 ค่าความเร็วของมอเตอร์โรเตชั่น

จะทำการกำหนดความเร็วมอเตอร์โรเตชั่นที่ 1.5 รอบต่อขวด

5.2 ลดการสั่นของเครื่องจักร

จะทำการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อลดการสั่นสะเทือนของโรเตชั่น

5.3 การทำความสะอาดแบบพิมพ์

จะทำการทำความสะอาดแบบพิมพ์โดยไม่ขัดบริเวณ Dot code

ผลและวิจารณ์ผล

จากการเปรียบเทียบความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์แก้ว หลังจากที่มีการกำหนด Speed ของมอเตอร์โรเตชั่น ใส่อุปกรณ์เพื่อลดการสั่นสะเทือน และการทำความสะอาดแบบพิมพ์โดยไม่ขัดบริเวณ dot code จากนั้นได้ทำการทดลอง โดยการเก็บข้อมูลแบ่งเป็นสองช่วงเป็นเวลา 15 วัน และ 15 วัน โดยมีสมมติฐานว่า

H0: ความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์หลังปรับปรุงไม่มากกว่าก่อนปรับปรุง

H1: ความแม่นยำของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์หลังปรับปรุงมากกว่าก่อนปรับปรุง

จากนั้นทำการคำนวณด้วย General factorial และทำการยืนยันผลโดยการทำ T-Test พบว่าค่า P-Value เป็น0.005 ซึ่งน้อยกว่าระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงทำให้ความแม่นยำในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์แก้วเพิ่มขึ้น

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่านเบอร์แบบพิมพ์ของเครื่องอ่านเบอร์แบบพิมพ์บรรจุภัณฑ์แก้ว จากการดำเนินงานพบว่าสาเหตุรากเหง้าที่ทำให้ประสิทธิภาพไม่เป็นไปตามต้องการเกิดจาก 2 ปัจจัยคือการสั่นสะเทือนของชุดหมุนขวด และขนาดที่เปลี่ยนไปของ dot code จากนั้นทำการแก้ปัญหาโดยปรับระดับปัจจัยของความเร็วมอเตอร์โรเตชั่นเป็นค่า 1.5 รอบต่อขวด ติดอุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือน และทำความสะอาดแบบพิมพ์โดยไม่ขัดบริเวณ dot

code ซึ่งผลการดำเนินงานสามารถพิจารณาได้ว่าประสิทธิภาพการอ่านเบอร์แบบพิมพ์หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 95.82 เป็น 99.48 และ 99.67 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินการค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะสำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ควบคุมการทำวิจัยที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยรวมไปถึงคณาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบการผลิตทุกท่านที่ให้คำแนะนำต่างๆ แก่ผู้วิจัยในการดำเนินการค้นคว้าอิสระฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ทางผู้วิจัยต้องกราบขอบพระคุณ ผู้จัดการฝ่ายผลิตรวมทั้งพนักงานในบริษัทกรณีศึกษาทุกท่านที่ให้การเอื้อเฟื้อข้อมูล อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี พร้อมทั้งกราบขอบพระคุณ ผศ.ฐิตยา ศรขวัญ ผู้เป็นมารดาของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจในทุกโอกาสและให้การสนับสนุนในทุกเรื่องตลอดมา รวมทั้งผู้เกี่ยวข้องที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ทุกท่าน ที่ทำให้การดำเนินงานการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Matthias Frei, 1991. Method for the application and reading of, and bottle with optically readable code marks, U.S. Patent documents.

Richard I. Ashcoft, David Kaktovics, Anthony E.P. Monsin, David M. Weeks, 1979. Apparatus for indentifyind production codes on articles, U.S. Patent documents.

SGCC, 2007. Digital MNR sensor with diodes, Saint-Gobain Cinematique et controle.

SGCC, 1990. Bead Engraving (body) SGCC Mould Number, Saint-Gobain Cinematique et controle.

Douglas C. Montgomery, Design and analysis of experiments, 8th Edition.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2548. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2, พิมพ์ครั้งที่ 6, สำนักพิมพ์ ส.ส.ท, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , กรุงเทพฯ

การพัฒนาคุณสมบัติการต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา ผสมเส้นใยทะลายเปล่าปาล์ม โดยวิธีการบ่มไอน้ำ

Development of compressive strength of aerated concrete. Blend of palm fiber By steam curing.

พีระพงษ์ เพ็ชรพัน[1*]

Phiraphong Phatpun[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติการต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบา บ่มไอน้ำ เพื่อการนำมาใช้ในงานโครงสร้างอาคารได้ โดยมีการใช้เส้นใยทะลายปาล์มเป็นส่วนผสมแทนที่ทราย ในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และใช้หินเทียมที่มีน้ำหนักเบา แทนที่หินจากธรรมชาติ ในการบ่มคอนกรีตแบ่งออกเป็นวิธีบ่มปกติและวิธีบ่มไอน้ำ ทดสอบหาค่าต้านทานกำลังอัดที่ อายุ 3 วัน 7 วัน 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน อ้างอิงมาตรฐานการทดสอบ BS 1881: PART 3

การศึกษาพบว่า คอนกรีตมวลเบาที่ใช้เส้นใยทะลายปาล์ม เป็นส่วนผสมแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 1 ส่งผลให้ต้านทานกำลังอัดสูงที่สุด ที่อายุ 28 วัน และเมื่อใช้เส้นใยทะลายปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการต้านทานกำลังอัดลดลงตามลำดับ ลดลงในอัตราส่วนร้อยละ 6 ของค่าต้านทานกำลังอัด เมื่อใส่เส้นใยทะลายปาล์ม ร้อยละ 1 ของน้ำหนักทราย เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของค่าต้านทานกำลังอัดโดยวิธีการบ่มคอนกรีต ทั้งแบบบ่มปกติและแบบบ่มไอน้ำ พบว่าการบ่มแบบไอน้ำส่งผลให้ค่าการต้านทานกำลังอัดเพิ่มมากขึ้น กว่าการบ่มแบบปกติ ในอัตราส่วนร้อยละ 13-24

จากผลการเปรียบเทียบชั้นคุณภาพและชนิดของคอนกรีตมวลเบา แบ่งตาม มอก. 1505-2541 พบว่า คอนกรีตมวลเบาอยู่ในชั้นคุณภาพที่ 8 และยังสามารถจัดให้เป็นคอนกรีตมวลเบาชนิดทำเป็นโครงสร้างได้ โดยมีค่าต้านทานกำลังอัด ไม่น้อยกว่า 170 ksc. และมีค่าหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 1,400 ถึง 1,800 kg/m^3 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าคอนกรีตมวลเบาที่ใช้เส้นใยทะลายปาล์ม เป็นส่วนผสมแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 4 มีค่าต้านทานกำลังอัดน้อยที่สุด ที่อายุ 28 วัน คือ 395 ksc.

คำสำคัญ : เส้นใยทะลายเปล่าปาล์ม, คอนกรีตมวลเบา, บ่มไอน้ำ, คุณสมบัติการต้านทานกำลังอัด

ABSTRACT

This research aims to study the compressive strength properties of autoclaved aerated concrete. For use in building structures. The palm fiber is used as replace it of sand. At the rate of 0. 1, 2, 3 and 4 respectively, and using lightweight artificial stone. Replaces stones from nature. Concrete curing is divided into normal curing and steam curing method. Compressive strength test at 3 days, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. Refer to BS 1881: PART 3 test standard.

The study found that. Aerated concrete using palm fiber replace it sand at 1% ratio resulted in the highest compressive strength at 28 days. By using palm fiber instead of sand at the increasing percentage. Compressive strength decreases, respectively. Decreased at 6 percent of the compressive strength. When putting palm fiber 1% of sand weight. Comparing the increase in compressive strength Curing method for normal and steam curing. Steam curing results in increased compressive strength. Over than normal curing At the rate of 13 - 14 percent.

By comparison of the quality and type of lightweight concrete in accordance with TIS 1505-2541, it was found that the light weight concrete is in the 8th grade and can be classified as lightweight concrete type Action force. The compressive strength is not less than 170 ksc. And the unit weight from 1,400 to 1,800 kg/m^3 The study found that aerated concrete using palm degradation. It was found that 4% had the lowest compressive strength of 395 ksc.

Keyword: palm fiber**, aerated concrete,** steam curing**,** compressive strength**.**

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Department of Civil Faculty of Engineering, University Engineering, Sub-district Salaya, District Phutthamonthon, Province Nakhon Pathom 73170, Thailand

(Corresponding author, e-mail) : Phiraphong.Phat@rmutr.ac.th , aui_08@live.com

บทนำ

ในงานวิจัยนี้กล่าวถึงคอนกรีตที่มีส่วนผสมของเส้นใยทะลายปาล์มซึ่งเป็นหนึ่งในวัสดุทางเลือกสำหรับอาคารพักอาศัยปัจจุบัน งานก่อสร้างอาคาร ตึก บ้านเรือน มีมากขึ้นเรื่อย ๆ คอนกรีตมวลเบาเป็นทางเลือกหนึ่งที่บรรดาผู้ก่อสร้างส่วนใหญ่ เล็งเห็นความสำคัญของคอนกรีตมวลเบา แต่ด้วยคอนกรีตมวลเบายังมีต้นทุนในการผลิตสูงบริษัทรับก่อสร้างขนาดเล็กรวมถึงประชาชนทั่วไป มักเลือกใช้คอนกรีตบล็อกหรืออิฐมอญที่มีราคาถูกในการก่อสร้างมากกว่าจะเลือกใช้คอนกรีตมวลเบา คอนกรีตมวลเบาที่มีการใช้งานในปัจจุบันพบว่า มีการเลือกใช้วิธีการพัฒนาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของคอนกรีตมวลเบาหลายรูปแบบ เช่น การอบด้วยไอน้ำความดันสูงในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เพื่อทำตัวมวลของคอนกรีต ฟองอากาศ มีน้ำหนักเบา ช่วยลดน้ำหนักของโครงสร้าง ช่วยลดราคาในการก่อสร้างและยังให้ประโยชน์ในการเป็นฉนวนกันความร้อน

ประเทศไทยมีการปลูกปาล์มน้ำมันมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2511 ทำให้การปลูกปาล์มในประเทศไทยได้ขยายไปอย่างรวดเร็วใน พ.ศ. 2531 มีเนื้อที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 655,000 ไร่และแนวโน้มการปลูกปาล์มเพิ่มขึ้นทุกปีแม้ว่ามีราคาจำหน่ายกะลาปาล์มอยู่ที่ 70-500 บาทต่อตัน เนื่องจากปาลมน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าหน่วยน้ำมันอื่น ๆ ทุกชนิด และสามารถปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นเท่านั้น ซึ่งมีเพียง 42 ประเทศจาก 223 ประเทศทั่วโลกสามารถปลูกได้ แต่มีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่สามารถปลูกปาล์มได้ผลดี เช่น มาเลเซีย อินโดนิเซีย โคลัมเบีย และไทย สำหรับประเทศไทย ปาล์มน้ำมันได้ถูกนำเข้ามาปลูกในภาคใต้เมื่อประมาณ 40 ปีที่ผ่านมาและมีการขยายพื้นที่การเพาะปลูกจนในปัจจุบัน จากข้อมูลแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มปี 2551-2555 ในกรรมวิธีและขั้นตอนการผลิตน้ำมันปาล์มจะเริ่มจากที่เกษตรกรเก็บผลผลิตแล้ว ทะลายปาล์มจะถูกคัดแยกตามคุณภาพ ผลปาล์มที่ผ่านการคัดแยก แล้วลำเลียงเข้าสู่เครื่องแยกเมล็ดออกจากทะลาย เพื่อแยกเนื้อเยื่อปาล์มกับเมล็ดออกจากกัน แล้วจึงผ่านส่วนของเนื้อเยื่อปาล์มเข้าสู่เครื่องบีบน้ำมัน ส่วนทะลายเปล่า (Effb) จะถูกนำไปใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตอีกครั้ง น้ำมันที่ได้เรียกว่า Crude Palm Oil (CPO) จากนั้นน้ำมันที่ได้จะถูกส่งเข้าสู่ถังเก็บ ส่วน กาก (Fiber) จะถูกส่งไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น นำไปผลิตเป็นเส้นใยหรือเชื้อเพลิง เป็นต้น ส่วนเมล็ด จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องกะเทาะเปลือก แล้วเมล็ดด้านในจะถูกนำไปบีบน้ำมันอีกครั้งได้น้ำมันที่เรียกว่า Kernel Palm Oil (KPO)สำหรับกะลา (Shell) จะให้ความร้อนสูงเมื่อเผาไหม้ ดังนั้น จึงถูกนำกลับไปเป็นเชื้อเพลิงภายในโรงงาน ส่วนน้ำมันที่ได้ จะถูกนำไปรวมกับน้ำมันที่ได้จากเนื้อเยื่อ ผลปาล์ม แล้วจึงนำไปสู่กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ ก่อนส่งเข้าสู่ถังเก็บ เพื่อนำส่งไปยังโรงกลั่นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ต่อไป ขณะที่การขาดแคลนที่อยู่อาศัยยังมีอยู่ทั่วโลกและทวีความรุนแรงในประเทศกำลังพัฒนาเนื่องจากค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างราคาถีบตัวสูงดังนั้นการนำเอาของเหลือใช้จากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มมาพัฒนาทดแทนวัสดุก่อสร้างทั่วไปได้ก็ช่วยบรรเทาและยังเป็นแนวทางกำจัดของเสียอย่างยั่งยืนอีกด้วย

การใช้เส้นใยจากพืช มาเป็นส่วนผสมเพื่อเสริมกำลังให้กับวัสดุก่อสร้าง เส้นใยธรรมชาติจึงถูกสนใจนำมาใช้ในการผลิตคอนกรีตมวลเบา เนื่องจากเส้นใยธรรมชาติมีศักยภาพในการนำมาพัฒนาต่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ดี ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมและมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนมากนัก สาเหตุที่เลือกใช้วัสดุพวกเส้นใยปาล์มน้ำมันเพราะมีผลศึกษาพบว่าเส้นใยจากปาล์มเป็นเส้นใยที่แข็งแรง สามารถเสริมกำลัง

ให้คอนกรีตมวลเบา และเส้นใยจากปาล์มน้ำมัน จัดได้ว่าเป็นส่วนผสมประเภทน้ำหนักเบาด้วยคุณสมบัติของเส้นใยพืชที่เป็นลักษณะเฉพาะ ไม่เหมือนเส้นใยประเภทอื่นๆ คือ มีความแข็งแรงด้านกำลัง โดยเฉพาะการรับแรงดึง ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงดึงกับคอนกรีตซึ่งมีคุณสมบัติด้านนี้น้อย และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวน
เส้นใยธรรมชาติ โดยเฉพาะเส้นใยจากพืช จัดได้ว่าเป็นส่วนผสมประเภทน้ำหนักเบา (Light weight Aggregate) ที่สามารถผสมกับปูนซีเมนต์และน้ำได้โดยไม่เกิดปฏิกิริยาข้างเคียงด้วยคุณสมบัติของเส้นใยพืชที่เป็นลักษณะเฉพาะไม่เหมือนเส้นใยประเภทอื่น ๆ (Olesen &Plackett, 1999) คือ

- มีความแข็งแรงในด้านกำลัง โดยเฉพาะกำลังรับแรงดึง (Tensile Strength) ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในการรับแรงดึงให้กับคอนกรีตซึ่งมีคุณสมบัติในด้านนี้น้อย

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยมีความคิดที่จะทำโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาคุณสมบัติการต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยทะลายปาล์ม โดยวิธีการบ่มไอน้ำ” เพื่อประโยชน์ที่ได้รับคือทำให้พบแนวทางการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากการกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ในการทำมาทำให้เกิดประโยชน์ทางด้านวิศวกรรมในการผลิตคอนกรีตมวลเบา นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยีในการผลิตต่ำลดปริมาณการใช้ซีเมนต์และทรายซึ่งเป็นวัตถุดิบที่สร้างและทดแทนได้ยาก ไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างชาติและยังช่วยเกษตรกรไทยที่ปลูกปาล์มน้ำมันมีรายได้เพิ่มขึ้น

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. คุณสมบัติและการใช้งานของเส้นใยทะลายปาล์ม

เส้นใยทะลายปาล์ม มีลักษณะและคุณสมบัติใกล้เคียงกับเส้นใยมะพร้าวมาก[2] เป็นเส้นใยที่เหนียว อากาศสามารถไหลเวียนผ่านได้ดี คุณสมบัติเบื้องต้นของเส้นใยที่นำมาใช้ ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity 0.94) การดูดซึมน้ำ (Absorption 0.08%) หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight 201 kg/m^3) ขนาดความยาวเฉลี่ย 2.5 – 5 cm.



ภาพที่ 1 ลักษณะเส้นใยทะลายปาล์ม

1. คอนกรีตมวลเบา

การใช้คอนกรีตมวลรวมเบาสามารถลดต้นทุนในงานก่อสร้างได้ ไม่ว่าจะเป็นคอนกรีตบล็อกมวลเบา หรือคอนกรีตมวลเบาในงานโครงสร้าง ในขณะที่คอนกรีตมวลเบาในงานโครงสร้างอาจมีราคาต่อลูกบาศก์ที่สูงกว่า

คอนกรีตธรรมดาทั่วไป แต่อาจทำให้โครงสร้างมีราคาน้อยกว่า โดยสามารถลดน้ำหนักบรรทุกตายตัวและประหยัดราคาค่าก่อสร้างฐานรากของอาคาร ซึ่งเป็นเหตุผลพื้นฐานสำหรับการพิจารณาการใช้คอนกรีตมวลเบาในงานก่อสร้าง

2. การจำแนกชนิดของคอนกรีตมวลเบา

2.1 คอนกรีตมวลเบาชนิดทำเป็นฉนวนมีค่าหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 315 ถึง 1,100 kg/m^3 และมีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน ระหว่าง 7 ถึง 70 ksc.

2.2 คอนกรีตมวลเบาชนิดทำเป็นโครงสร้าง มีค่าหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 1,400 ถึง 1,800 kg/m^3 และมีค่ากำลังอัดที่อายุ 28 วัน ไม่ต่ำกว่า 170 ksc.

2.3 คอนกรีตชนิดกึ่งมวลเบา มีค่าหน่วยน้ำหนักตั้งแต่ 1,800 ถึง 2,050 kg/m^3 และมีค่ากำลังอัดไม่ต่ำกว่า 220 ksc. โดยส่วนใหญ่จะนำมาทำเป็นคอนกรีตบล็อกสำหรับกำแพงรั้ว และใช้เป็นวัสดุทนไฟ

3. ส่วนผสมต่างที่ใช้ในคอนกรีตมวลเบา

3.1 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เหมาะสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป ส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับงานคอนกรีตเสริมเหล็ก เช่น งานโครงสร้างอาคาร ทำผิวถนน สะพาน ท่อระบายน้ำ เป็นต้น ปูนซีเมนต์ประเภทนี้มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อสารที่เป็นด่าง จึงไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องสัมผัสกับด่างจากดินหรือน้ำ เช่น โรงงานอุตสาหกรรมเคมี

3.2 ทรายแม่น้ำ ทรายชนิดนี้มีอยู่ทั่ว ๆ ไปในที่ราบลุ่มของแม่น้ำ ทรายชนิดนี้เกิดจากปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ โดยกระแสน้ำได้พัดพาทรายจากที่ต่าง ๆ มาตกตะกอนรวมกันในแหล่งที่ราบลุ่มที่เป็นที่รวมของทราย ในการก่อสร้างทั่ว ๆ ไป

3.3 น้ำ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการทำคอนกรีต ปริมาณและคุณภาพของน้ำมีอิทธิพลอย่างมากต่อกำลังอัดของคอนกรีต น้ำรวมเข้ากับปูนซีเมนต์ทำให้เกิดปฏิกิริยา เกิดการก่อตัว และแข็งตัวตามลำดับ น้ำที่มีคุณภาพดีจะทำให้เกิดปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ได้อย่างสมบูรณ์ น้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตต้องสะอาด มีความขุ่นไม่เกิน 2,000 ppm. ปราศจากกรด ด่าง น้ำมัน และสารอินทรีย์อื่นๆ

3.4 สารลดน้ำจำนวนมาก (High Range Water-Reducers) เป็นน้ำยาลดประเภทพิเศษซึ่งมักจะเรียกว่า Super plastic cyzers หรือ HRWRs ซึ่งมีทั้งฐานลิกโนซัลโฟเนตและโพลีคาร์บอกซิลิกเอสเตอร์ สารลดน้ำจำนวนมากนี้สามารถลดน้ำที่ใช้ในส่วนผสมคอนกรีตลงได้ถึง 12-25 % โดยมากมักใช้เพื่อเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตและใช้ลดการซึมผ่านของน้ำในคอนกรีต สารลดน้ำจำนวนมากที่ใช้ในงานคอนกรีตเทียบเท่ามาตรฐาน ASTM C 494 Specification for Chemical Admixtures for Concrete ประเภท F และ G และประเภท 1 และ 2 ใน ASTM C 1017 Specification for Chemical Admixtures for Use in Producing Flowing Concrete.

3.5 หินสังเคราะห์หรืออะคริลิก หินสังเคราะห์เกรดอะคริลิก 100% (100% Acrylic Solid Surface) เป็นหินสังเคราะห์เกรดดีที่สุด ผลิตขึ้นมาจากวัสดุจากธรรมชาติ วัสดุสังเคราะห์และสารเติมแต่ง โดยวัสดุที่มาจากธรรมชาติคืออะลูมินัมไตรไฮเดรต (Aluminum Trihydrateh, ATH) ส่วนวัสดุสังเคราะห์เป็นวัสดุจำพวกโพลิเมอร์ เช่น อะคริลิก (Poly methyl methacrylate, PMMA) หินสังเคราะห์เกรดอะคริลิก 100% จะรวมคุณสมบัติของ ATH คือ ไม่ลามไฟ, ยับยั้งการเกิดควัน และคุณสมบัติอะคริลิกคือเหนียว แวววาว ดัดโค้งได้ ทนทานต่อแสงแดดและสภาวะ

อากาศภายนอก สามารถรีไซเคิลได้ นอกจากนี้ยังมีสารเติมแต่งอื่นๆ ที่ช่วยเสริมคุณสมบัติของหินให้ดียิ่งขึ้นเช่น สารยับยั้งเชื้อรา สารป้องกันรังสียูวี



ภาพที่ 2 หินทียมหรือหินอะคริลิก

การบ่มคอนกรีต

1. การบ่มโดยการป้องกันการสูญเสียน้ำ

ในการเทคอนกรีตต้องป้องกันการสูญเสียน้ำของคอนกรีต ซึ่งทำโดยการนำคอนกรีตไปแช่น้ำสะอาด ตามมาตรฐาน BS 8110 เพื่อป้องกันการระเหยของน้ำออกจากคอนกรีตก่อนนำไปทดสอบ

2. การบ่มไอน้ำความดันต่ำ

การพัฒนากำลังของคอนกรีตสามารถเร่งได้โดยใช้ความร้อน การให้ความร้อนต่อคอนกรีตที่นิยมใช้กัน ได้แก่ การบ่มไอน้ำ (Steam Curing) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การบ่มไอน้ำความดันต่ำ (Low Pressure Steam Curing) เป็นการบ่มไอน้ำที่ความดันปกติที่ความร้อนไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ซึ่งไอน้ำที่ความดันปกตินี้จะชื้นและใช้บ่มคอนกรีตได้เช่นเดียวกับการบ่มปกติ การให้ความร้อนแก่คอนกรีตจะเริ่มบ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิปกติประมาณ 3 ถึง 6 ชั่วโมง หลังจากเทคอนกรีตเข้าแบบเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันเบื้องต้นก่อนที่จะมีการบ่มไอน้ำ การเพิ่มอุณหภูมิ อุณหภูมิที่เลือกใช้ในการบ่มไอน้ำความดันต่ำอยู่ในช่วง 65 ถึง 80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากต้องการร่นระยะในการบ่มคอนกรีตเป็นสำคัญ



ภาพที่ 3 นำตัวอย่างคอนกรีตไปทำการบ่มในตู้บ่มไอน้ำ

วิธีดำเนินการวิจัย

1.ศึกษาคุณสมบัติในการรับกำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาที่นำเส้นใยปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยน้ำหนัก โดยวิธีการบ่มปกติเปรียบเทียบกับวิธีการบ่มไอน้ำ

2.ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของมวลรวม โดยคุณสมบัติที่ทำการทดสอบได้แก่ ความถ่วงจำเพาะปูนซีเมนต์, ความถ่วงจำเพาะความดูดซึมของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ, การวิเคราะห์ส่วนคละของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบและหน่วยน้ำหนักของมวลรวมละเอียดและมวลรวมหยาบ

3.ออกแบบส่วนผสมคอนกรีตตามขั้นตอนการออกแบบวิธีของ ACI ที่ 450 ksc. อายุ 28 วัน

4.ทำการผสมคอนกรีตตามอัตราส่วนที่ออกแบบไว้ และนำเส้นใยปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0,1,2,3 และ 4 โดยน้ำหนัก

5.บ่มคอนกรีตโดยแยกเป็นการบ่ม 2 ลักษณะ คือ 1)บ่มแบบปกติโดยใช้การแช่น้ำ 2)บ่มแบบไอน้ำโดยใช้ตู้บ่มไอน้ำ บ่มคอนกรีตที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยรักษาความชื้นสัมพัทธ์ 60-85 %

6.ทดสอบหาค่าความต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุคอนกรีต 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน

ผลและวิจารณ์ผล

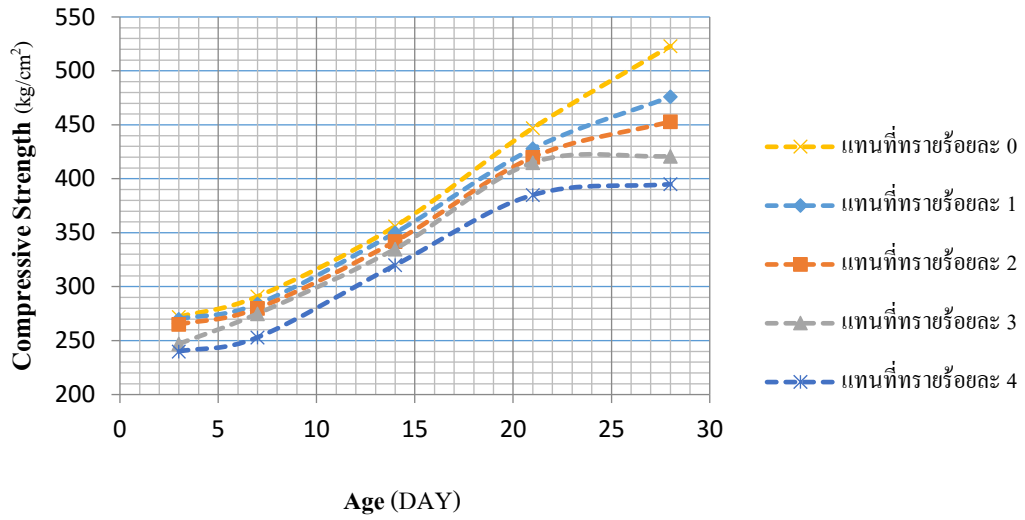
1. คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของมวลรวม

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของมวลรวม

Type of Material	Specific Gravity	Absorption %	Fineness Modulus	Unit Weight kg/m^3
Cement	3.12	-	-	3,120
Sand	2.54	0.40	2.80	1,707
Coarse Aggregate	1.03	0	-	634
Palm Fiber	0.94	0.08	-	201

ตารางที่ 2 แสดงค่าต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตในอัตราส่วนการแทนที่ทรายด้วยเส้นใยทะลายปาล์ม ในรูปแบบการบ่มคอนกรีตแบบปกติ

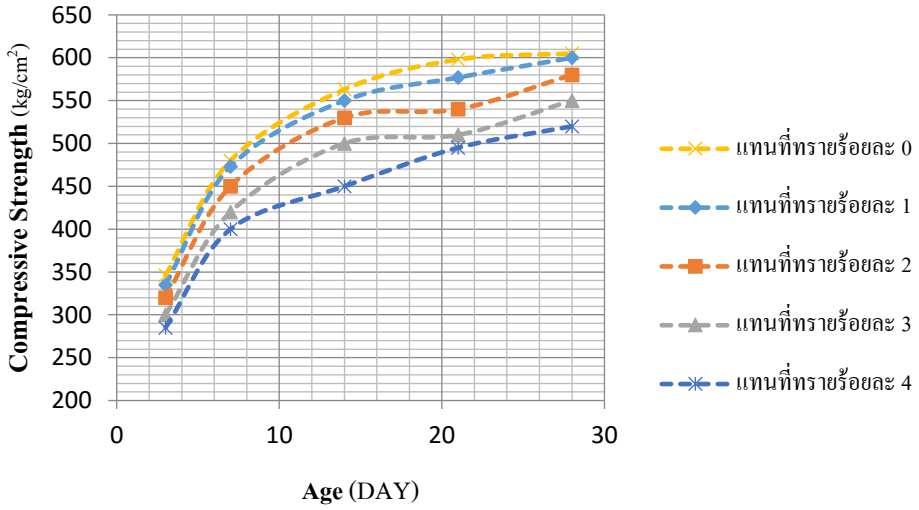
Type of Material	Compressive Strength (kg/cm^2)				
	3 (Day)	7 (Day)	14 (Day)	21 (Day)	28 (Day)
แทนที่ทรายร้อยละ 0	272	291	356	447	523
แทนที่ทรายร้อยละ 1	270	284	350	428	476
แทนที่ทรายร้อยละ 2	265	280	342	420	453
แทนที่ทรายร้อยละ 3	247	275	335	415	421
แทนที่ทรายร้อยละ 4	240	253	320	385	395



ภาพที่ 4 แสดงการพัฒนาความต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตในอัตราส่วนการแทนที่ทรายด้วยเส้นใยทะลายปาล์มในรูปแบบการบ่มคอนกรีตแบบปกติ

ตารางที่ 3 แสดงค่าต้านทานกำลังอัดของคอนกรีตในอัตราส่วนการแทนที่ทรายด้วยเส้นใยทะลายปาล์มในรูปแบบการบ่มคอนกรีตแบบไอน้ำ

Type of Material	Compressive Strength (kg/cm^2)				
	3 (Day)	7 (Day)	14 (Day)	21 (Day)	28 (Day)
แทนที่ทรายร้อยละ 0	346	480	563	598	605
แทนที่ทรายร้อยละ 1	335	473	550	577	600
แทนที่ทรายร้อยละ 2	320	450	530	540	580
แทนที่ทรายร้อยละ 3	300	420	500	510	550
แทนที่ทรายร้อยละ 4	285	400	450	495	520



สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยการพัฒนากำลังอัดคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยทะลายปาล์มและหินเทียมโดยนำเส้นใยปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยน้ำหนัก และบ่มคอนกรีตด้วยน้ำปกติเปรียบเทียบกับบ่มไอน้ำที่อายุการบ่ม 3, 7, 14, 21 และ 28 วัน โดยสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. กำลังอัดคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการนำเส้นใยปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยวิธีการบ่มแบบปกติ มีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นลำดับจากการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยวิธี ACI ที่อายุ 28 วัน ที่ 450 ksc. โดยมีค่าดังนี้

0% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 16.22%
1% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 5.70%
2% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 0.67%
3% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดต่ำกว่าการออกแบบส่วนผสม 6.40%
4% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดต่ำกว่าการออกแบบส่วนผสม 12.22%

จากผลดังกล่าวจะสังเกตได้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการนำเส้นใยทะลายปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, และ 2 มีค่ากำลังอัดที่เพิ่มขึ้นจากค่าที่ออกแบบไว้ 450 ksc. แต่เมื่อมีการเพิ่มอัตราส่วนเส้นใยปาล์มแทนที่ทราย เป็นร้อยละ 3 และ 4 ค่ากำลังอัดคอนกรีตมวลเบามีการลดลงเป็นลำดับ

2. กำลังอัดคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการนำเส้นใยปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยวิธีการบ่มแบบไอน้ำ มีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจากการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตโดยวิธี ACI ที่อายุ 28 วัน ที่ 450 ksc. โดยมีค่าดังนี้

0% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 34.44%
1% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 33.33%
2% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 28.88%
3% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 22.22%
4% มีแนวโน้มค่ากำลังอัดสูงกว่าการออกแบบส่วนผสม 15.55%

จากผลดังกล่าวจะสังเกตได้ว่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาเมื่อมีการนำเส้นใยทะลายปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 โดยใช้วิธีการบ่มแบบไอน้ำจะส่งผลให้ค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นจากค่าที่ออกแบบไว้

3. การพัฒนาค่ากำลังอัดของคอนกรีตมวลเบาทั้งสองวิธีการบ่มคอนกรีต การบ่มคอนกรีตแบบปกติจะมีการพัฒนาค่ากำลังเพิ่มมากขึ้นในอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่ การบ่มคอนกรีตแบบไอน้ำจะมีการพัฒนากำลังอัดคอนกรีตในช่วง 14 วันแรกเป็นอย่างมาก และจะค่อนข้างพัฒนากำลังอัดในลักษณะคงที่เมื่อคอนกรีตเริ่มมีอายุมากกว่า 21 วันขึ้นไป

4. จากการศึกษาเปรียบเทียบถึงวิธีการบ่มคอนกรีตทั้งสองวิธีการบ่มคอนกรีต วิธีการบ่มคอนกรีตแบบไอน้ำจะส่งผลให้ค่ากำลังมีการพัฒนาเพิ่มมากขึ้น และมากว่าการบ่มแบบปกติในอัตราส่วนร้อยละ 13 – 24

5. จากการศึกษาคอนกรีตมวลเบาผสมเส้นใยปาล์มและหินเทียมโดยนำเส้นใยปาล์มแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละต่างๆ บ่มคอนกรีตโดยวิธีปกติและวิธีบ่มไอน้ำ คอนกรีตมวลเบามีค่าหน่วยน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ 1,400 – 1,800 kg/m^3 และมีค่าต้านทานกำลังอัดไม่น้อยกว่า 170 ksc. ซึ่งจัดเป็นคอนกรีตมวลเบาชนิดทำเป็นโครงสร้างได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานวิจัยแห่งชาติที่พิจารณาอนุมัติการจัดทำโครงการวิจัย และขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินท์ ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย ร่วมถึงสำนักงานวิจัยและพัฒนาและได้รับการอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่และอุปกรณ์ในการจัดทำวิจัยจาก คณะวิศวกรรมศาสตร์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา เพื่อน ๆ ของข้าพเจ้า ที่ให้กำลังใจและทำให้โครงการวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

ปริญญา จินดาประเสริฐ และชัยจาตุรพิทักษ์กุล. 2547. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** กรุงเทพมหานคร: สมาคมคอนกรีตไทย.

ชัย จาตุพิทักษ์กุล. 2547. **ปูนซีเมนต์ปอร์ตโซลาน และ คอนกรีต.** สมาคมคอนกรีตไทย

บริษัทไนท์ เฟอร์นิช จำกัด. เป็นตัวแทนจำหน่าย ติดตั้งหินสังเคราะห์ จากประเทศเกาหลี.

ธีรพงษ์ จันทร์หอม. 2551. **กระบวนการไร่ของเสียในอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์ม**. บทความวิชาการวารสารหาดใหญ่วิชาการ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2551.

ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์ และอัญชิสา สันติจิต. 2556. **คุณสมบัติของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ผสมเส้นใยธรรมชาติจากเส้นใยมะพร้าวและเส้นใยปาล์มเพื่อผลิตวัสดุก่อสร้าง** บทความวิชาการคุณสมบัติวัสดุปูนซีเมนต์จากวัสดุธรรมชาติ. หน้า 113-124.

สิทธิชัย แสงอาทิตย์. 2543. **เอกสารประกอบการสอนวิชาทดสอบวัสดุ**. สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชัชวาล เศรษฐบุตร. 2540. **คอนกรีตเทคโนโลยี** พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด กรุงเทพมหานคร.

บริษัทปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม จำกัด. 2548. **ปูนซีเมนต์และการประยุกต์ใช้งาน** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร ปูนซีเมนต์ไทยอุตสาหกรรม.

Jan E.G. van Dam. 2010. **Process for production of high-density/high-performance cabined less boards from whole coconut husk Part 1** : Lignin as intrinsic thermosetting binder resin. 1 st Intl. Conf. on Sustainable Energy & Green Architecture.

American Society for Testing and Materials. 2001. ASTM C150-00 : **Standard Specification for Portland Cement Annual Book of ASTM Standard**. Vol. 04 Philadelphia. 109-138.

อิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน

Block Walls Derived from Oil Palm Shell

พรนรายณ์ บุญราศรี[1*] นันทชัย ชูศิลป์[2] และ สรรเพชร ผ่าพลู[3]

Pornarai Boonrasi[1*], Nuntachai Chusilp [2] and Sanpatch Paplu [3]

บทคัดย่อ

การทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมของมอร์ต้าทรงลูกบาศก์และอิฐบล็อกผนัง ผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ในการวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 นำกะลาปาล์มน้ำมันผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มาแทนที่ทรายในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ80 ของปริมาตรมวลรวม ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.500 0.533 0.567 และ 0.600 ตามลำดับ โดยทดสอบมอร์ต้าทรงลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 เซนติเมตร ความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ และกำลังรับแรงอัด ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน และอิฐบล็อกผนังขนาด 20×60×7.5 เซนติเมตร ทดสอบความหนาแน่น กำลังรับแรงอัด และกำลังต้านทานแรงดัด ทดสอบที่อายุบ่ม 28 วัน ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำมอร์ต้าทรงลูกบาศก์ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสม และ มอร์ต้าทรงลูกบาศก์และอิฐบล็อกผนัง เมื่อปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นส่งผลให้กำลังรับแรงอัด ความหนาแน่น น้ำหนัก และกำลังต้านทานแรงดัดลดลง อิฐบล็อกผนังอัตราส่วนผสมของกะปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายร้อยละ 20 40 และ 60 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก มผช.779/2548 และอิฐบล็อกที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนทรายร้อยละ 40 มีความเหมาะสมที่สุด ลดต้นทุนวัสดุ น้ำหนักเบา และรับกำลังได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่สำคัญสามารถขนหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวกต่อการก่อสร้าง

คำสำคัญ : อิฐบล็อกผนัง, กะลาปาล์มน้ำมัน, กำลังรับแรงอัด, กำลังต้านทานแรงดัด

[1,2,3] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา 90000

[1,2,3] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Ratchadamnoen Nok, Bo Yang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : พรนรายณ์ บุญราศรี, pornarai@yahoo.com

ABSTRACT

This paper investigated the properties of cube mortar samples and block bricks that were mixed with palm shell. Cement was mixed with aggregates using the ration of 1:4. First the palm shell was sieved by passing through 1 in and retaining number 4. It was mixed having the percentages of 20, 40, 60, and 80 of the aggregates. The water cement ratios used were 0.533, 0.567, and 0.600. The mortar samples were 10 by 10 by 10 cm. They were also tested to obtain density, water absorption, and compressive strength. Before the test done, they were cured at 7, 14, and 28 days. While the block brick had the dimensions of 20 by 60 by 7.5 cm. Note that the blocks were tested only for the specimens cured for 28 days.

The results revealed that the water absorption for the mortars is increasing with the increase of the palm shell. For the compressive strength, density and flexural strength, it was found that the higher the palm shell the lower the values. It should be noted that, however, all of the bricks are conform to the standard TCPS 779/2548. From these results, it may be concluded that the samples having the palm shell of 40 percent is most suitable in terms of reducing the material cost, lighter, and acceptable strength.

Keywords : wall blocks, oil palm shell, compressive strength, flexural strength

บทนำ

สถานการณ์ขยะของประเทศไทยตามรายงานของกรมควบคุมมลพิษระบุว่า มีขยะเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยมีการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว และข้าว จากข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันประมาณ 3.68 ล้านไร่ และมีผลผลิตประมาณ 11.33 ล้านตันต่อปี ทำให้มีวัสดุที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม ได้แก่ ทะลายปาล์ม ใยจากเปลือก และกะลาหุ้มเนื้อ ประมาณ 5.66 ล้านตันต่อปี ได้มีผู้วิจัยหาแนวทางกำจัดโดยการนำกะลาปาล์มน้ำมันมาทำเป็นมวลรวมหยาบผสมคอนกรีต ในงานก่อสร้างหรือผลิตภัณฑ์ค่อนข้างน้อย

คณะผู้วิจัยมีแนวคิดว่าที่จะลดปัญหาดังกล่าว จึงนำกะลาปาล์มน้ำมันที่เหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรม ชุมชน มาพัฒนาเป็นอิฐบล็อกมวลเบาสำหรับใช้ทำผนัง เพื่อศึกษาการรับกำลังอัด ความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ที่เหมาะสมในการทำผนัง ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์อิฐบล็อกมวลเบา ทางด้านสิ่งแวดล้อมช่วยลดปริมาณขยะ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะตามมา ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพิ่มมูลค่าของ กะลาปาล์มน้ำมัน อิฐบล็อกมวลเบาและลดต้นทุนวัสดุก่อสร้าง ทางด้านวิศวกรรมมีข้อดีทำให้คอนกรีตมีค่าหน่วยน้ำหนักลดลง สะดวกในการก่อสร้าง ผนังช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคาร

1. วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาการรับกำลังอัดและพัฒนาอิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน

2) เพื่อศึกษาด้านคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อกผนัง ได้แก่ มิติ รูปร่าง ความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ เป็นต้น

2. ขอบเขตของงานวิจัย

1) ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นและหาขนาดของกะลาปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมในการผลิตอิฐบล็อกผนัง โดยใช้กะลาปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการผลิตน้ำมันปาล์มจาก บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด ตำบลอุไดเจริญ อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล นำมาร่อนผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4

2) ผลิตอิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน มีขนาด สูง 20 ซม. ยาว 60 ซม.และหนา 7.5 ซม.

3) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ได้แก่ มิติ รูปร่าง ความหนาแน่น และค่าการดูดซึมน้ำ เป็นต้น

4) มาตรฐานที่ใช้ควบคุมทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์ขนาด 10×10×10 ซม. อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ทดสอบหาค่าการดูดซึมน้ำ ตามมาตรฐาน ASTM C1403 และกำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109

5)มาตรฐานที่ใช้ควบคุมทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของอิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมัน อายุบ่ม 28 วัน โดยวิธีดัดแปลง การทดสอบหาค่าความหนาแน่น ตามมาตรฐาน ASTM C596 กำลังรับแรงอัด ตามมาตรฐาน ASTM C109 และกำลังต้านทานแรงดัด ตามมาตรฐาน ASTM C78

6) ผลิตอิฐบล็อกตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก มผช.779/2548 (กำลังรับแรงอัดไม่น้อยกว่า 20.39 กก./ตร.ซม.)

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. อิฐบล็อก

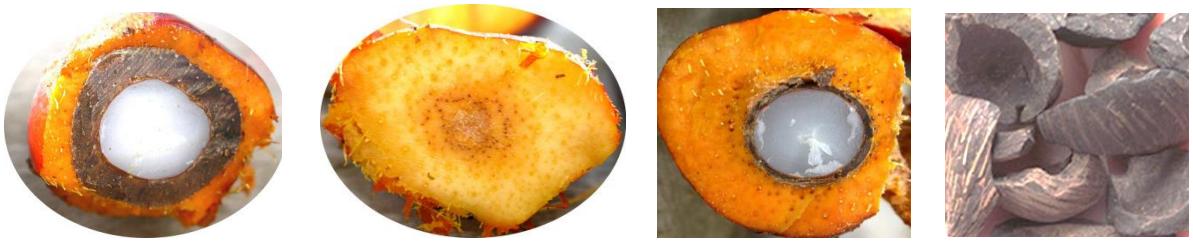
อิฐบล็อก ทำจากซีเมนต์ผสมกับมวลรวม ที่มีขนาดพอดี เช่น ทราย กรวด หินย่อย และผสมกับน้ำสร้างเป็นแบบต่างๆ ใช้สำหรับสร้างผนังหรือทำโครงสร้างอื่น มีคุณลักษณะความคงทนถาวรดี มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมมุมได้ฉากกันตลอด หน้าเรียบไม่แอ่นหรือบิด การผลิตจากโรงงานกำหนดเป็นมาตรฐานคือแบบบล็อกตันและกลวง บล็อกชนิดหนัก และบล็อกน้ำหนักเบา จะพิเศษตรงที่สามารถป้องกันความร้อน หรือภูมิอากาศหนาวเย็นได้ดี ในการใช้ก่อเป็นผนังเพราะช่องกลวงมีอากาศเป็นตัวกั้นและยังมีลักษณะที่จะเชื่อมประสานกับโครงสร้างอื่นได้แน่นหนาแข็งแรงด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้เน้นที่บล็อกน้ำหนักเบา และขนาดคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐานที่โรงงานผู้ผลิตจำหน่าย จะทำตามขนาดปกติ เช่น 7(5/8) × 7(5/8) × 15(5/8) นิ้ว (พิภพ , 2542)

2. ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์มที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปแอฟริกา เป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชน้ำมันทุกชนิด 640 - 800 กิโลกรัมน้ำมันต่อพื้นที่ปลูก 1 ไร่ ประเทศไทยมีอันดับการผลิตอยู่อันดับที่ 4 ของโลก แต่มีสัดส่วนการผลิตร้อยละ 2 เท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้พันธุ์มีความสำคัญมาก ต่อการผลิตน้ำมันปาล์มและแปรรูปปาล์มน้ำมัน ซึ่งสามารถแบ่งแบบพันธุ์ปาล์มได้ 3 ลักษณะ ซึ่งได้แก่ ความหนาของกะลา ปริมาณเนื้อของผลปาล์ม และเส้นใยรอบกะลาปาล์ม (ธีระพงศ์ , 2550,) ดังนี้

1) พันธุ์ดูรา เป็นปาล์มที่มีกะลาหนา (2-8 มม.) มีปริมาณของเนื้อปาล์มน้อย (ร้อยละ 30-70) ไม่มีเส้นใยรอบกะลา ตามภาพที่ 1 (ก) พันธุ์นี้จะใช้ในการเป็นแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกผสมทางการค้า

2) พันธุ์พิสิเฟอรา เป็นปาล์มที่มีกะลาบางมากหรือไม่มีกะลา มีเส้นใยสีน้ำตาลรอบกะลาหรือในเนื้อเมล็ด ผลส่วนใหญ่มีเนื้อปาล์มมากกว่าร้อยละ 90 ตามภาพที่ 1 (ข) พันธุ์นี้จะใช้เป็นพ่อพันธุ์ในการผลิตลูกผสมทางการค้า



(ก) พันธุ์ดูรา (ข) พันธุ์พิสิเฟอรา (ค) พันธุ์เทเนอรา (ง) กะลาปาล์มน้ำมัน

ภาพที่ 1 ลักษณะเมล็ดพันธุ์ปาล์มน้ำมันและกะลาปาล์มน้ำมัน

3) พันธุ์เทเนอรา เป็นลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์ดูรากับพันธุ์พิสิเฟอรา จะได้พันธุ์เทเนอราอาจเรียกอีกอย่างว่า D×P พันธุ์นี้จะมีลักษณะกะลาบาง (หนา 0.5-4.0 มม.) มีเนื้อปาล์ม (ร้อยละ 60-95) มากกว่าพันธุ์ดูรา และมีเส้นใยรอบกะลา ตามภาพที่ 1 (ค)

ลักษณะทางกายภาพของกะลาปาล์มน้ำมัน จากการสังเกตด้วยสายตา ตามภาพที่ 1 (ง) จะเห็นว่ามีลักษณะภายนอกโดยทั่วไปผิวขรุขระ และค่อนข้างมีน้ำหนัก แต่เมื่อสังเกตอย่างละเอียดจะมีเส้นใยอยู่รอบๆ กะลาปาล์มน้ำมัน

3. มวลรวม

มวลรวม (Aggregate) คือ วัสดุแทรกในคอนกรีต เช่น หิน กรวด และทรายที่เป็นส่วนผสมที่สำคัญของคอนกรีต เนื่องจากมวลรวมมีปริมาตรมากถึงร้อยละ 70-80 ของปริมาณคอนกรีตทั้งหมด ซึ่งมวลรวมมีความสำคัญ คือ มวลรวมมีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ ช่วยให้คอนกรีตมีความคงทนและปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลงมาก คุณภาพของมวลรวมจึงมีผลกระทบต่อสมบัติของคอนกรีตอย่างมากมวลรวมแบ่งตามแหล่งกำเนิด ออกเป็น 2 กลุ่ม คือมวลรวมที่เกิดจากธรรมชาติจากกระบวนการกัดกร่อนและเสียดสีตามธรรมชาติ และมวลรวมที่มนุษย์ทำขึ้น เช่น มวลรวมน้ำหนักเบาที่ได้จากเศษวัสดุเหลือใช้

4. ทบทวนวรรณกรรม

ดนุพล ตันนโยภาส และ อภิชาติ พ่วงพี (2550)ได้ทดสอบสมบัติทางกายภาพของมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมัน พบว่ามีรูปทรงแบบไม่สม่ำเสมอผิวมีทั้งโค้งเว้าและนูน ค่อนข้างเรียบมีเส้นใยติดหลงเหลืออยู่บ้าง มีความหนาในช่วง 2.3-3.0 มม. เฉลี่ย 2.8 มม. ขอบรอยแตกแหลมและคมขึ้นการแตกตอนหิบผลปาล์ม ค่าความถ่วงจำเพาะมีค่า 1.45-1.46 การดูดซึมน้ำค่อนข้างมากมีค่าร้อยละ 22.60-22.86 ค่ากระแทกของกะลาปาล์มน้ำมันที่สดมีค่าน้อยกว่าที่แห้งถึงร้อยละ 60 จัดเป็นมวลรวมประเภทแข็งมาก ค่าการสึกหรอแบบลอสแองเจลีส มีค่าน้อยมากเช่นกัน มีค่า 4.64-4.76 และค่าตัวประกอบภาวะเอกรูป (UF) มีค่า 0.19-0.20 ค่าความหนาแน่นแบบหลวมและแบบแน่นมีค่าเท่ากับ 580 และ 648 กก/ลบ.ม. ตามลำดับ

นันทชัย ชูศิลป์, พรนรายณ์ บุญราศรี และอัมพร หมัดแสละ (2555) งานวิจัยการนำกะลาปาล์มน้ำมันผสมในคอนกรีตเพื่อผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบา โดยใช้กะลาปาล์มน้ำมันขนาดตั้งแต่ 1.18 ถึง 9.50 มม. ผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม หลังจากหล่อคอนกรีตตัวอย่างเป็นรูปทรงกระบอก ทำการทดสอบกำลังรับแรงอัดและหน่วยน้ำหนักของคอนกรีตผสมกะลาปาล์มน้ำมันที่ อายุ 3 7 14 14 28 60 90 และ 180 วัน เปรียบเทียบผลการทดสอบกับคอนกรีตควบคุมที่ได้ออกแบบกำลังอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 240 กก./ตร.ซม. จากการทดสอบพบว่าคอนกรีตควบคุมมีกำลังรับแรงอัดที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 257 กก./ตร.ซม. เมื่อนำกะลาปาล์มน้ำมันผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 50 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม กำลังรับแรงอัดลดลง คิดเป็นร้อยละ 60 29 24 11 และ 3 ของคอนกรีตควบคุมตามลำดับ สำหรับหน่วยน้ำหนักของคอนกรีต มีค่าเท่ากับ 2,080 กก./ลบ.ม. เมื่อนำกะลาปาล์มน้ำมันผสมคอนกรีตในอัตราร้อยละ 20 40 60 80 และ 100 โดยน้ำหนักของมวลรวม ส่งผลให้หน่วยน้ำหนักมีค่าลดลงโดยคิดเป็นร้อยละ 86 70 69 61 และ 61 ของคอนกรีตควบคุมตามลำดับ งานวิจัยนี้พบว่าคอนกรีตผสมกะลาปาล์มน้ำมันสามารถใช้ผลิตเป็นคอนกรีตมวลเบาเพื่อใช้ในงานก่อสร้างได้ โดยการออกแบบต้องคำนึงถึงความสามารถในการรับกำลังอัดของคอนกรีตที่มีค่าลดลงด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่

1) กะลาปาล์มน้ำมัน ใช้ส่วนที่ผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างเบอร์ 4 จากนั้นล้างทำความสะอาด และอบจนแห้งตามภาพที่ 2

2) ทราย ที่มีจำหน่ายทั่วไป นำมาล้างให้สะอาด เพื่อเอาเศษฝุ่นและดินออก แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ค้างเบอร์ 200

3)ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามภาพที่ 3

4) น้ำที่ใช้ในการทดสอบเป็นน้ำสะอาด

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่

1) เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด ขนาด 5,000 กิโลนิวตัน ตามภาพที่ 4

2) เครื่องทดสอบอเนกประสงค์ ขนาด 2,000 กิโลนิวตัน ตามภาพที่ 5

3) แบบหล่อมอร์ต้าทรงลูกบาศก์ สำหรับตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานอังกฤษ ขนาด 10 × 10 × 10 เซนติเมตร และเหล็กกระทุ้ง ตามภาพที่ 6

4) แบบหล่ออิฐบล็อก ขนาด 20 × 60 × 7.5 เซนติเมตร จำนวน 14 ช่อง ตามภาพที่ 7



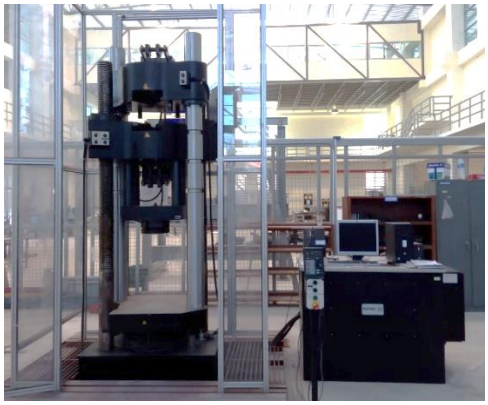
ภาพที่ 2 ลักษณะกะลาปาล์มน้ำมัน



ภาพที่ 3 ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1



ภาพที่ 4 เครื่องทดสอบกำลังรับแรงอัด



ภาพที่ 5 เครื่องทดสอบอเนกประสงค์



ภาพที่ 6 แบบหล่อทรงลูกบาศก์



ภาพที่ 7 แบบหล่ออิฐบล็อก

5) เครื่องผสมคอนกรีต ขนาด 94.50 ลิตร

6) เครื่องชั่งน้ำหนักระบบอิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 15 กก. ความละเอียด 0.1 ก.

7) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ขนาด 150 มม. อ่านละเอียด 0.02 มม.

8) ตะแกรงมาตรฐาน ขนาด 1 นิ้ว และเบอร์ 4

9) ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ

2. การออกแบบส่วนผสม

ออกแบบส่วนผสมโดยใช้อัตราส่วนผสม 1:4 (ซีเมนต์ : มวลรวม) และกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 โดยปริมาตรมวลรวม ทำการทดลองหล่อตัวอย่างในแต่ละอัตราส่วน พิจารณาจากการคงรูปร่างและกำลังรับแรงอัด ได้ผลการออกแบบส่วนผสมดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของตัวอย่างและปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการผลิตก้อนตัวอย่าง ต่อ 1 ลบ.ม.

ส่วนผสม / ร้อยละ	W/C	ซีเมนต์ (กก.)	ทราย (กก.)	กะลาปาล์มน้ำมัน (กก.)	น้ำ (กก.)
PS-20	0.500	205.4	1034.9	131.2	102.7
PS-40	0.533	205.4	776.2	262.4	109.5
PS-60	0.567	205.4	517.4	393.6	116.5
PS-80	0.600	205.4	258.7	524.8	123.2

หมายเหตุ : PS-xx หมายถึง มอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันร้อยละ xx และทรายร้อยละ 100-xx โดยปริมาตรมวลรวม

QPS หมายถึง มอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันทรงลูกบาศก์

BPS หมายถึง มอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันอิฐบล็อกผนัง

3. การเตรียมและวิธีการทดสอบตัวอย่าง

3.1 การเตรียมตัวอย่างทดสอบทรงลูกบาศก์

1) ประกอบแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ (ภาพที่ 6) ชุบน้ำมันบางๆ ภายในแบบหล่อตัวอย่าง

2) นำวัสดุที่เตรียมไว้ตามตารางที่ 1 ผสมให้เข้ากันในเครื่องผสม โดยผสมน้ำกับซีเมนต์ใช้เวลาผสม 1 นาที เติมทรายใช้เวลาผสม 1 นาที สุดท้ายเติมกะลาปาล์มน้ำมันใช้เวลาผสม 5 นาที (เวลาโดยประมาณ)

3) กรอกมอร์ต้าลงในแบบหล่อตัวอย่าง โดยแบ่งใส่ชั้นเป็น 2 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีปริมาตร 1/2 ของปริมาตรมอร์ต้าทั้งหมด กระทุ้ง 25 ครั้งในแต่ละชั้น โดยกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่หน้าตัดของมอร์ต้า ชั้นบนใส่มอร์ต้าให้สูงกว่าขอบแบบหล่อตัวอย่าง หลังจากนั้นปาดผิวให้เรียบ ควรใช้มอร์ต้าให้หมดภายใน 10 นาที ปล่อยทิ้งไว้ในแบบหล่อ 12 ชั่วโมง

4) ทำการถอดตัวอย่างออกจากแบบหล่อตัวอย่างทดสอบ นำก้อนตัวอย่างห่อแผ่นพลาสติกใส ตามภาพที่ 9 (ก) เพื่อป้องกันการเสียน้ำจากเนื้อมอร์ต้า เป็นเวลา 7 14 และ 28 วัน

3.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบอิฐบล็อก

1) ประกอบแบบหล่อตัวอย่าง ตามภาพที่ 7 ชุบน้ำมันบางๆ ภายในแบบหล่อตัวอย่าง

2) นำวัสดุที่เตรียมไว้โดยตวงวัดหน่วยเป็นน้ำหนักตามตารางที่ 1 วิธีการผสมเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.1 ข้อย่อย 2)

3) เมื่อผสมเข้ากันดี นำวัสดุที่ได้กรอกลงในแบบหล่ออิฐบล็อกตามภาพที่ 8 (ก) โดยแบ่งใส่ชั้นเป็น 3 ชั้น ในแต่ละชั้นจะมีปริมาตร 1/3 ของปริมาตรมอร์ต้าทั้งหมด กระทุ้ง 60 ครั้งในแต่ละชั้นตามภาพที่ 8 (ข) โดยกระทุ้งให้ทั่วพื้นที่หน้าตัดของมอร์ต้า ชั้นบนใส่มอร์ต้าให้สูงกว่าขอบแบบหล่ออิฐบล็อก ควรใช้มอร์ต้าให้หมดภายใน 10 นาที หลังจากนั้นแต่งผิวให้เรียบ ตามภาพที่ 8 (ค) ปล่อยทิ้งไว้ในแบบ 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง สำหรับ BPS-80

4) ทำการถอดอิฐบล็อกออกจากแบบหล่อ นำอิฐบล็อกห่อแผ่นพลาสติกใสตามภาพที่ 9 (ข) จนอายุครบ 28 วัน

3.3 การทดสอบก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของก้อนตัวอย่างทรงลูกบาศก์ตามหัวข้อขอบเขตงานวิจัยข้อย่อย 4)

3.4 การทดสอบหาความหนาแน่นของอิฐบล็อก

1) วัดขนาด โดยการวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของก้อนตัวอย่าง ตามภาพที่ 10 ที่อายุบ่ม 1 7 14 และ 28 วัน

2) นำก้อนตัวอย่างมาทำการชั่งน้ำหนัก นำผลที่ได้คำนวณหาค่าความหนาแน่น



(ก) กรอกมอร์ต้าลงในแบบ (ข) กระทุ้งมอร์ต้า (ค) แต่งผิวมอร์ต้า

ภาพที่ 8 การหล่ออิฐบล็อกผนัง



(ก) ทรงลูกบาศก์ (ข) อิฐบล็อกผนัง

ภาพที่ 9 การบ่มก้อนตัวอย่าง





(ก) วัดความกว้าง 20 ซม. (ข) วัดความยาว 60 ซม. (ค) วัดความหนา 7.5 ซม.

ภาพที่ 10 การวัดขนาดของก้อนตัวอย่างอิฐบล็อก

3.5 การทดสอบกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก

1) นำตัวอย่างทดสอบมาชั่งน้ำหนัก และเขียนรหัสของแต่ละก้อนตัวอย่าง
2) วัดขนาดของตัวอย่าง การวัดเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.4 ข้อย่อย 1)
3) เคลือบผิวก้อนตัวอย่างด้านบนและด้านล่างด้วยปูนปลาสเตอร์ตามภาพที่ 11 (ก) ให้หน้าเรียบ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง
4) วางก้อนตัวอย่างในเครื่องทดสอบวัสดุตามภาพที่ 11 (ข) กดตัวอย่างจนเกิดการวิบัติ บันทึกค่าที่ได้
5) นำค่าน้ำหนักและพื้นที่หน้าตัดที่ได้คำนวณหาค่ากำลังอัด

3.6 การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก

1) นำตัวอย่างทดสอบมาชั่งน้ำหนัก และเขียนกำหนดหมายเลขของแต่ละก้อนตัวอย่าง
2) วัดขนาดของตัวอย่าง การวัดเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.4 ข้อย่อย 1)
3) เคลือบผิวด้านบนและด้านล่างหน้า เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.5 ข้อย่อย 3)
4) วางก้อนตัวอย่างในเครื่องทดสอบวัสดุตามภาพที่ 11 (ค) กดตัวอย่างโดยใช้แรงกดหนึ่งจุดที่กลางก้อนตัวอย่างจนเกิดการวิบัติ บันทึกค่าที่ได้
5) นำค่าที่ได้คำนวณหากำลังต้านทานแรงดัด

ผลและวิจารณ์ผล

1. คุณสมบัติของมวลรวม

ผลการทดสอบหาขนาดคละของทราย มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 2.53 อยู่ในช่วงตามมาตรฐาน 2.3-3.2 ทรายมีขนาดคละที่ดี ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำเท่ากับ 2.66 และ 1.95 ตามลำดับ

ผลการทดสอบหาขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมัน มีค่าโมดูลัสความละเอียดเท่ากับ 1.96 เนื่องจากการคัดแยกโดยผ่านตะแกรง 1 นิ้ว (2.54 มิลลิเมตร) และค้างตะแกรงเบอร์ 4 (4.76 มิลลิเมตร) สามารถนำมาผสมในมอร์ต้าได้ ค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำเท่ากับ 1.45 และ 22.6 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของดนุพล และ อภิชาติ (2550) และมีความต้านทานต่อการสึกกร่อน ร้อยละ 9.44 ของน้ำหนักกะลาปาล์มน้ำมัน



(ก) ลักษณะการเคลือบผิว (ข) การทดสอบกำลังรับแรงอัด (ค) การทดสอบกำลังต้านทานแรงดัด

ภาพที่ 11 การเคลือบผิวและการทดสอบกำลังของอิฐบล็อก

2. ลักษณะทางกายภาพผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันทรงลูกบาศก์

ลักษณะทางกายภาพผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันในแต่ละอัตราส่วนผสม จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการผสมกะลาปาล์มน้ำมันในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น ตามอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 สังเกตด้วยสายตาจะเห็นว่าที่อัตราส่วนผสมต่างๆจะมีผิวที่หยาบขึ้นเห็นกะปาล์มน้ำมันที่ผิว ตามภาพที่ 12 (ก) ถึง 12 (ง) ตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่ผสมลงในมอร์ต้า เนื่องจากการเรียงตัว ขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันที่เป็นเม็ดโค้งเว้าทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อมอร์ต้าจะส่งผลให้มีช่องว่างมากขึ้น คือจากผิวเรียบก็เริ่มหยาบขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่ผสมลงไปในมอร์ต้า ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันและปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรที่ทำให้ลักษณะทางกายภาพต่างๆ ของมอร์ต้าเปลี่ยนแปลง เช่น ลักษณะพื้นผิวหยาบขรุขระ และขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันที่เป็นเม็ดโค้งเว้าทำให้เกิดช่องว่างภายในมอร์ต้า

3. อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันทรงลูกบาศก์

ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันตามภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการแทนที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันมากขึ้นก็จะทำให้การดูดซึมน้ำมีแนวโน้มมากขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันเนื่องจากอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดช่องว่างในตัวอย่างทดสอบเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยซึ่งจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำในแต่ละอัตราส่วนผสมเพิ่มขึ้นทั้ง 1/2 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำแต่ละอัตราส่วนจากเวลา 1/2 ชั่วโมง ถึง 24 ชั่วโมงของอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 จะมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 10.2 10.4 8.5 และ 3.8 ตามลำดับ



(ก) QPS-20



(ข) QPS-40

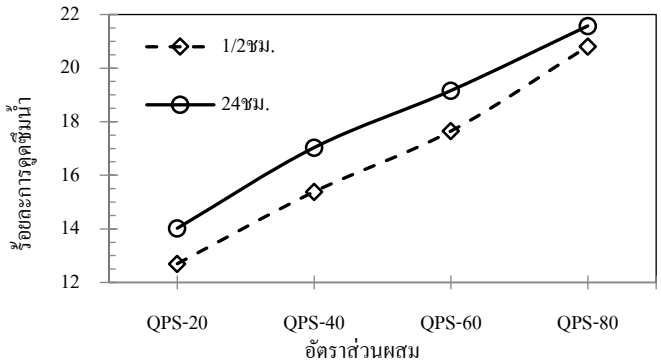


(ค) QPS-60



(ง) QPS-80

ภาพที่ 12 ลักษณะผิวของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมัน



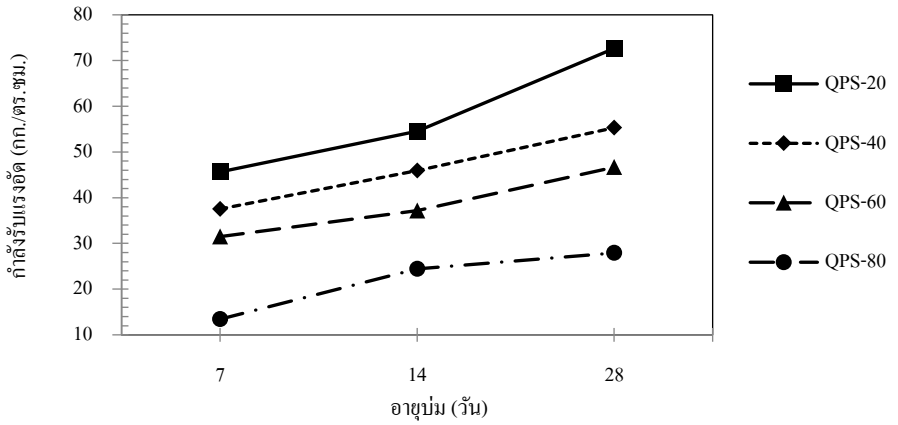
ภาพที่ 13 อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อการดูดซึมน้ำของทรงลูกบาศก์

4. อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังรับแรงอัดของทรงลูกบาศก์

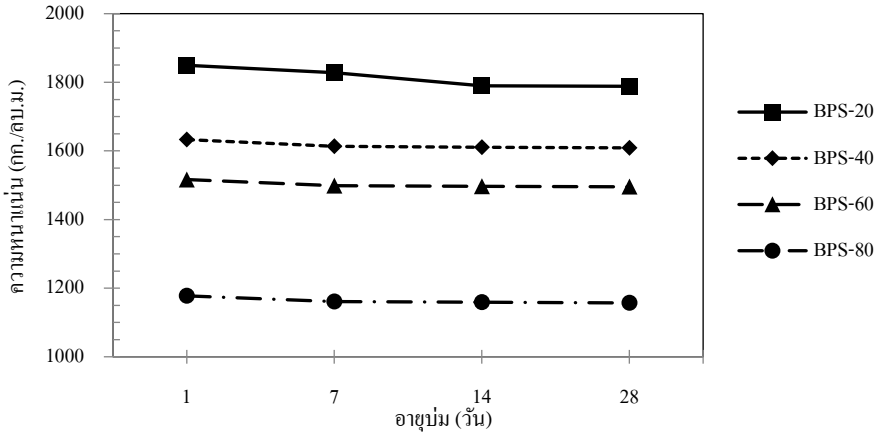
ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันในแต่ละอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 ที่อายุ 28 วันมีค่ากำลังรับแรงอัดเท่ากับ 72.64 55.29 46.66 และ 27.90 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 14 พบว่ามีการพัฒนากำลังรับแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุบ่ม เมื่อผสมกะลาปาล์มน้ำมันไปแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทราย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันมากกับอัตราส่วนผสมที่มีกะลาปาล์มน้ำมันน้อย และพบว่าแต่ละอัตราส่วนที่ผสมกะลาปาล์มน้ำมันเมื่อมีระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการรับกำลังเพิ่มขึ้นเช่นกัน

5. อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อความหนาแน่นของอิฐบล็อกผนัง

ผลการทดสอบหาค่าความหนาแน่นตามภาพที่ 15 จะเห็นว่ามอร์ต้าจะมีความหนาแน่นลดลง เมื่อมีการผสมกะลาปาล์มน้ำมันลงไปแทนที่ทรายในอัตราส่วนร้อยละการแทนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มที่ลดน้อยลงตามไปด้วย เนื่องจากความถ่วงจำเพาะของกะลาปาล์มน้ำมันมีค่าเท่ากับ 1.45 น้อยกว่าทรายที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.60



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับกำลังรับแรงอัดของทรงลูกบาศก์



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุบ่มกับความหนาแน่นของอิฐบล็อกผนัง

6. อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง

ผลการทดสอบค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนังภาพที่ 16 พบว่าการผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนังลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการรับแรงของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทราย

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.779/2548 บล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก ซึ่งมีเกณฑ์กำลังรับแรงอัด ต้องไม่น้อยกว่า 20.39 กก./ตร.ซม.(2 MPa) อัตราส่วนที่ผ่านเกณฑ์คือ ร้อยละ 20 40 และ 60 สูงกว่าเกณฑ์ 13.59 10.77 และ 4.63 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งทุกอัตราส่วนผสมของอิฐบล็อกผนังจะมีกำลังรับแรงอัดน้อยกว่ารูปทรงลูกบาศก์ เนื่องจากอิฐบล็อกมีรูปทรงและมิติที่มีความชะลูดกว่าทรงลูกบาศก์

และจากภาพที่ 16 เขียนสมการจากความสัมพันธ์ เพื่อคำนวณหาค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ตามต้องการ จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 1

$$P_B = -0.9617x^2 - 0.4937x + 35.578 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.9973$$

เมื่อ P_B คือ ค่ากำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ตร.ซม.)

x คือ อัตราส่วนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 20-80

7. อิทธิพลของปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันต่อกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกผนัง

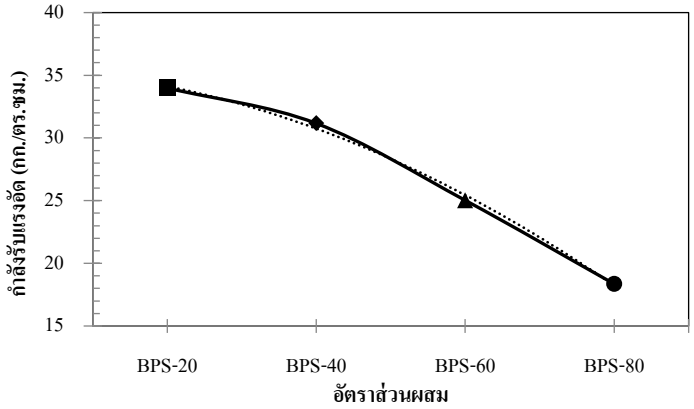
ผลการทดสอบและจากภาพที่ 17 พบว่าการผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกลดลงตามอัตราส่วนร้อยละการแทนที่ เนื่องจากความสามารถในการเป็นวัสดุประสานของกะลาปาล์มน้ำมันน้อยกว่าทราย และพบว่าอิฐบล็อกผนังผสมกะลาปาล์มน้ำมันมีความสมารถรับกำลังต้านทานแรงดัดได้น้อย

และจากภาพที่ 17 เขียนสมการจากความสัมพันธ์เพื่อคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกผนัง ที่อายุบ่ม 28 วัน ได้ตามต้องการ จากอัตราส่วนผสมในแต่ละอัตราส่วนตามสมการที่ 2

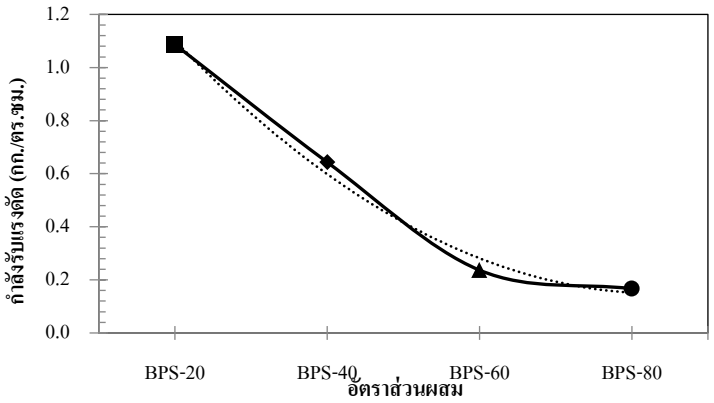
$$B_B = 0.0933x^2 - 0.7833x + 1.7917 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.9917$$

เมื่อ B_B คือ ค่ากำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกผนัง ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ตร.ซม.)



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมกับกำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อกผนัง

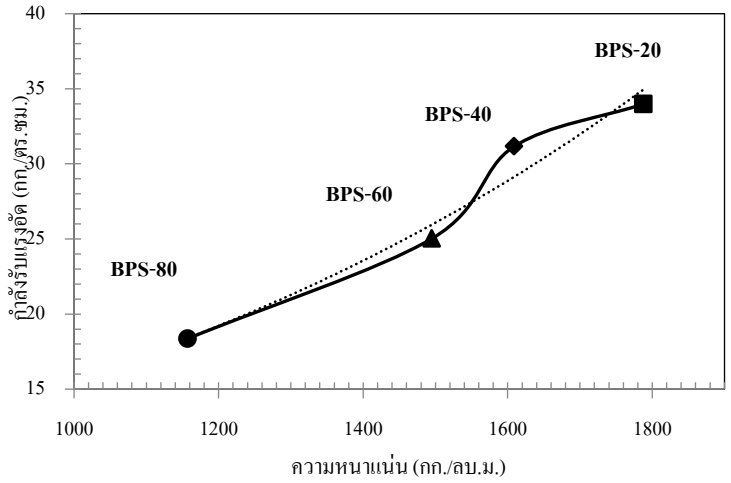
8. อิทธิพลของความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง

จากการทดสอบเบื้องต้นของอิฐบล็อกผสมกะลาปาล์มน้ำมัน ความหนาแน่นของอิฐบล็อกจะมีผลต่อการรับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกโดยตรง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดดังภาพที่ 18 พบว่า เมื่อความหนาแน่นลดลงกำลังรับแรงอัดก็ลดลงตามลำดับในทุกอัตราส่วนผสม ซึ่งกะลาปาล์มน้ำมันเป็นตัวแปรสำคัญที่จะทำให้เกิดช่องว่างมากขึ้น ทำให้ความหนาแน่นลดลง มีน้ำหนักเบาและกำลังรับแรงอัดลดลงตามไปด้วย และพบว่าสูตรส่วนผสมที่ร้อยละ 20 และ 40 มีกำลังรับแรงอัดที่สูงไม่เป็นไปตามแนวโน้มเนื่องจากมีปริมาณกะลาปาล์มน้อยปริมาณการดูดซึมน้ำก็น้อยตามไปด้วย และสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์เพื่อหาค่าความหนาแน่น กับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วันได้เมื่อรู้ค่าใดค่าหนึ่ง ตามสมการที่ 3

$$P_B = 5.6657e^{0.001}D_B \quad (3)$$

$$R^2 = 0.9707$$

เมื่อ D_B คือ ค่าความหนาแน่นของอิฐบล็อกผนัง ที่อายุบ่ม 28 วัน (กก./ลบ.ม.)



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับกำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกผนัง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

คุณสมบัติทางวิศวกรรมของมอร์ต้าผสมกะลาปาล์มน้ำมันทรงลูกบาศก์และอิฐบล็อกผนังกะลาปาล์มน้ำมัน ในการวิจัยนี้ใช้อัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่อวัสดุผสม 1:4 นำกะลาปาล์มน้ำมันผ่านตะแกรง 1 นิ้ว ค้างตะแกรงเบอร์ 4 มาแทนที่ทรายในอัตราส่วนผสมร้อยละ 20 40 60 และ 80 ของปริมาตรมวลรวม ได้อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.500 0.533 0.567 และ 0.600 ตามลำดับ และทดสอบทรงลูกบาศก์ที่อายุบ่ม 7 14 และ 28 วัน ส่วนอิฐบล็อกทดสอบที่อายุบ่ม 28 วัน

1. สรุปผลการวิจัย

1) ลักษณะของกะลาปาล์มน้ำมันที่นำมาผสมในมอร์ต้า มีลักษณะแข็ง ผิวขรุขระ ขนาดคละของกะลาปาล์มน้ำมันเท่ากับ 1.96 และส่งผลให้เกิดช่องว่างมากขึ้นตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน

2) การดูดซึมน้ำของรูปทรงลูกบาศก์ ผลทดสอบการดูดซึมน้ำที่เวลา 24 ชั่วโมง ค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 14.0 17.0 19.2 และ 21.6 ตามลำดับ เนื่องจากกะลาปาล์มน้ำมันมีการดูดซึมน้ำมากกว่าทราย และทำให้เกิดช่องว่าง

3) กำลังรับแรงอัดของรูปทรงลูกบาศก์ และอิฐบล็อก ที่อายุบ่ม 28 วัน มีค่ากำลังรับแรงอัดมีค่าเท่ากับ 72.64 55.29 46.66 และ 27.90 กก./ตร.ซม. และมีค่าเท่ากับ 33.98 31.16 25.02 และ 18.36 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

4) กำลังรับแรงอัดของอิฐบล็อกที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนทรายร้อยละ 20 40 และ60 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนบล็อกก่อไม่รับน้ำหนัก มผช.779/2548

5) กำลังต้านทานแรงดัดของอิฐบล็อก มีค่าเท่ากับ 1.09 0.64 0.24 และ 0.17 กก./ตร.ซม. ตามลำดับ

สรุป การผสมกะลาปาล์มน้ำมันแทนที่ทรายในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลต่อกำลังรับแรงอัดและกำลังต้านทานแรงดัดให้ลดลงตามปริมาณกะลาปาล์มน้ำมันที่มากขึ้นตามอัตราส่วนอิฐบล็อกผนังที่อัตราส่วนกะลาปาล์มน้ำมันแทนทรายร้อยละ 40 มีความเหมาะสมที่สุด ลดต้นทุนวัสดุ น้ำหนักเบา และรับกำลังได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ที่สำคัญสามารถขนหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวกต่อการก่อสร้าง

2. ข้อเสนอแนะ

อิฐบล็อกผนังกะลาปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนร้อยละ 60 และ 80 ควรระมัดระวังในการเคลื่อนย้าย เนื่องจากจะมีความเปราะและแตกหลุดง่าย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ให้การสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้/งบประมาณ ประจำปี พ.ศ. 2559 และเจ้าหน้าที่ อาจารย์สาขาวิศวกรรมโยธาที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ดนุพล ตันนโยภาส และอภิชาติ พ่วงพี. 2550. คอนกรีตมวลรวมกะลาปาล์มน้ำมันผสมหินฝุ่นแกรนิต, Vol. 5 (MAT): 175-180. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12.** วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ร่วมกับมหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ธีระพงศ์ จันทรนิยม. 2550. ปาล์มน้ำมัน ชุดอบรมสำหรับวิทยากรปาล์มน้ำมัน. สถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมันคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา. หน้า 21-23.

นันทชัย ชูศิลป์, พรนรายณ์ บุญราศรี และอัมพร หมัดแสล. 2555. การนำกะลาปาล์มมาใช้เป็นวัสดุมวลรวมในคอนกรีตมวลเบา. ทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2554

พิภพ สุนทรสมัย. 2542. **ช่างปูนก่อสร้าง.** พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี. (ไทย-ญี่ปุ่น)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2547**. มผช.779/2548.** แหล่งที่มา: https://law.resource.org/pub/th/ibr/th.ps.779.2548.pdf, 30 มีนาคม 2559.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. แหล่งที่มา: http://www.agriinfo.doae.go.th/5year/, 10 มกราคม 2557.

การศึกษาเบื้องต้นเพื่อผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม

Preliminary Study on Production of Foam Cement Mortar

วิบูลย์ จันทรมณี[1*] และ พรพรต อริยะนนทกุล[2]

Wiboon Juntaramanee[1*] and Pornprot Ariyanontakul[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมมาใช้แทนอิฐมวลเบา โดยการหาคุณสมบัติเพื่อเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และคุณสมบัติการรับแรง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐาน การผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมเป็นการนำเอาโฟมที่เหลือใช้มาตัดแต่งให้ได้ตามขนาด 18x58x5 ซม. แล้วนำมาขึ้นรูปด้วยแบบหล่อ เพื่อให้ได้อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. โดยผ่านการทดสอบ 2 ส่วน คือทดสอบวัดค่าอุณหภูมิความร้อน และทดสอบความแข็งแรง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐาน ผลการทดสอบพบว่าผลการหาค่าอุณหภูมิความร้อนอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม สามารถกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมวลเบาเฉลี่ยร้อยละ 2.90 และผลการหาค่ากำลังอัดอิฐมวลเบาตามมาตรฐาน มอก. (1505-2541) มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบามาตรฐาน โดยมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 30.27 ksc. เมื่อเปรียบเทียบราคา และต้นทุนการผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม มีราคา 11 บาทต่อก้อน ซึ่งจะมีราคาที่ถูกกว่าอิฐมวลเบาร้อยละ 42.11

คำสำคัญ: ซีเมนต์มอร์ตาร์, โฟม, ฉนวนความร้อน

[1.2] สาขาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

[1.2] Department of Construction Technology, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand 50230

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : wiboon@northcm.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research are several. They are to produce foam cement mortar in order to replace lightweight brick and to find its properties to protect the heat. In addition, to find the strength and to compare with the standard lightweight brick are discovered. With a molding approach, the manufacturing foam mortar is used to remove waste form to size 18 x 58 x 5 cm. And in order to obtain the cement mortar with foam cover size of 20 x 60 x 7.5 cm, the test is divided into two parts. These are temperature test and strength test. And to compare with standard lightweight brick. The results found that the thermal insulation of foam cement mortar are better than the lightweight brick of 2.90%. In addition, according to TIS (1505-2541) the lightweight brick has an average compressive strength similar to the standard lightweight brick. In conclusion, the average compressive strength is 30.27 ksc. and the cost of producing cement mortar covered with foam is 11 baht per brick which is 42.11% cheaper than lightweight brick.

Keywords: cement mortar, foam, thermal insulation

บทนำ

งานผนังนั้นจัดได้ว่าเป็นส่วนประกอบหลักที่มีความสำคัญต่ออาคาร ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ส่วน คืองานผนังภายนอกอาคาร และงานผนังภายในอาคาร โดยจำแนกออกได้เป็น 2 รูปแบบ คืองานผนังสำหรับรับน้ำหนัก และงานผนังชนิดที่ไม่รับน้ำหนัก โดยทั่วไปงานผนังนิยมใช้วัสดุจำพวกอิฐมาใช้ในงานก่อสร้าง ปัจจุบันได้มีการพัฒนารูปแบบไปมาก และยังมีอยู่หลากหลายประเภท เช่น อิฐมวลเบา หรือคอนกรีตมวลเบา ซึ่งวัสดุในการก่อผนังแต่ละชนิดมีกระบวนการในการผลิต และการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้สินค้า จึงต้องศึกษาและเลือกใช้ให้เหมาะสม คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา (Concrete Block) เป็นวัสดุก่อสร้างที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างเป็นแพร่หลายในประเทศโดยมีลักษณะที่เป็นก้อนขนาดโดยประมาณ 20x60 ซม. หนาระหว่าง 7.5 - 25.0 ซม. คอนกรีตมวลเบาที่ทำการผลิตนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้ทั้ง 2 ประเภทคือคอนกรีตมวลเบาชนิดที่รับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก

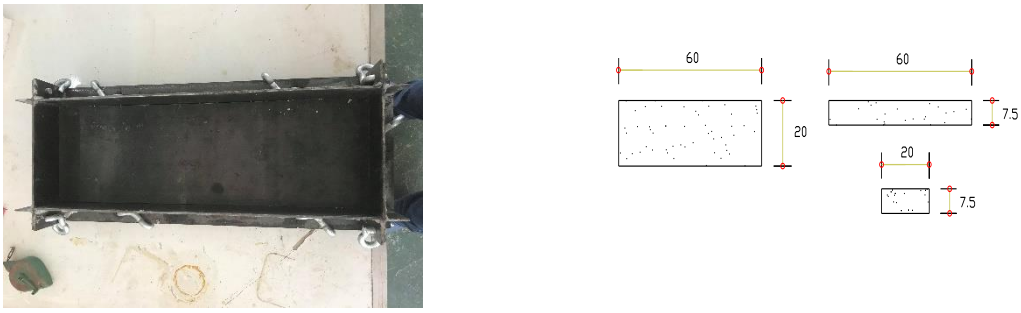
ปัจจุบันการใช้โฟมเป็นปัญหาอย่างยิ่งสำหรับประชากรทั่วโลก เนื่องจากโฟมเป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคอุตสาหกรรมและในครัวเรือน ที่ยากแก่การกำจัดหรือเป็นวัสดุสังเคราะห์และเป็นสิ่งที่ย่อยสลายได้ยาก อาจใช้ระยะเวลานานมากกว่า 10 ปี จึงจะเกิดการย่อยสลาย กระบวนการกำจัดโฟมจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นตัวการสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อน และก่อให้เกิดมลพิษหลายอย่าง อีกทั้งการใช้โฟมในการบรรจุอาหารบางชนิดทำให้เกิดสารก่อมะเร็งอีกด้วย เดิมการผลิตพลาสติกโฟมนั้นจะใช้เป็นสาร Freons หรือ Chlorofluorocarbons (CFC) เป็นสารที่ช่วยในการขยายตัวของพลาสติก (Blowing Agent) แต่ต่อมาพบว่า CFC ทำให้เกิดการทำลายของโอโซนและในชั้นสตราโทสเฟีย (Stratosphere) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีการใช้ Propane หรือ Carbondioxide เป็นสารที่ช่วยในการขยายตัวของพลาสติกทดแทน ปัญหานี้จึงลดลงแต่ขยะที่เกิดจากโฟม ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม และเกิดปัญหาขยะชุมชน(ไตรทศ และภาคภูมิ, 2560) ในการศึกษาวิจัยนี้จึงนำเอาโฟมที่เหลือใช้มาตัดแต่งให้ได้ตามขนาด 18x58x5 ซม.แล้วเทซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโดยรอบขึ้นรูปด้วยแบบหล่อเพื่อให้ได้อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม ขนาด 20x60x7.5 ซม. โดยใช้ในอัตราส่วนผสม 1:3 ได้แก่ ปูนซีเมนต์ ทรายหยาบและน้ำในปริมาณที่เหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมมาใช้แทนอิฐมวลเบา โดยการหาคุณสมบัติเพื่อเป็นฉนวนป้องกันความร้อน และคุณสมบัติการรับแรง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐานและเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดองค์ความรู้ในอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมในครั้งนี้โดยใช้โฟมจากวัสดุที่เหลือใช้มาเป็นส่วนประกอบโดยใช้อัตราส่วนผสม 1:3 ระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ทรายหยาบ และน้ำ

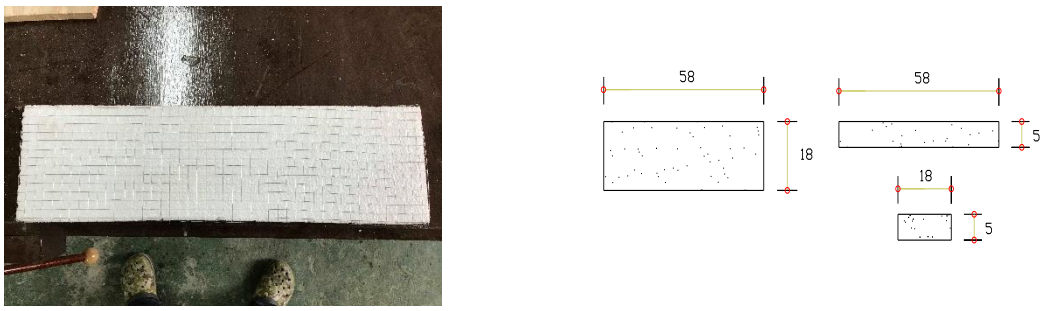
1.ขั้นตอนการดำเนินการผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม

1.1 ออกแบบและสร้างแบบเหล็ก ขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. เพื่อเป็นแบบหล่อชิ้นงานขึ้นรูปดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ประกอบแบบหล่ออิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม ขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม.

1.2 ตัดแต่งใช้โฟมที่เหลือใช้ให้ได้ ขนาด 18 x 58 x 5 ซม. (กว้างxยาวxหนา) เพื่อไว้เป็นส่วนประกอบอยู่ด้านในห่อหุ้มเสริมด้วยตะแกรงลวดขนาด 1 มม. ตาห่าง 1x1 ซม. เพื่อป้องกันการแตกร้าวและเพิ่มความแข็งแรงห่อหุ้มรอบแผ่นโฟม ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตะแกรงลวดขนาด 1 มม. ตาห่าง 1x1 ซม. ห่อหุ้มรอบแผ่นโฟม ขนาด 18 x 58 x 5 ซม.

1.3 นำปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 อัตราส่วนผสม 1 ส่วน ทรายหยาบ 3 ส่วนที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 30 และตกค้างตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 100 และน้ำสะอาดในปริมาณ 0.5 ลิตรต่ออัตราส่วนผสม โดยผสมเข้ากันด้วยอัตราส่วน 1:3 (ปูนซีเมนต์:ทรายหยาบ และน้ำ) ผสมคลุกเคล้าเข้าด้วยกันแล้วเทลงในแบบ ขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. จากนั้นนำโฟมที่ได้ตัดแต่ง ขนาด 18 x 58 x 5 ซม. พร้อมห่อหุ้มเสริมด้วยตะแกรงลวดขนาด 1 มม. ตาห่าง 1x1 ซม. ห่อหุ้มรอบแผ่นโฟมที่เตรียมไว้ นำลงในแบบ และเทส่วนผสมที่คลุกเคล้าเข้าด้วยกันเทลงในช่องว่าง จนเต็มแบบโดยมีปูนซีเมนต์มอร์ตาร์ หนา 1 ซม. หุ้มโดยรอบ พร้อมปาดแต่งให้เรียบร้อย พักทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการถอดแหล่ออิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมออก นำไปทำการบ่มตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ได้แก่ 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน แต่ละครั้งผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมชุดละ 5 ก้อน ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 เทส่วนผสมลงแบบหล่ออิฐซีเมนต์มอร์ต์หุ้มโฟม



ภาพที่ 4 อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมที่นำออกจากแบบ

2. การทดสอบ

2.1 เพื่อทดสอบความสามารถการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนโดยใช้สปอร์ตไลท์ขนาด 400 w ส่องผ่านอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม และอิฐมวลเบาทั่วไปที่ได้มาตรฐาน แล้วนำทั้ง 2 แบบ มาวัดหาค่าเปรียบเทียบความร้อนด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอล Multimeter และ Thermocouple เพื่อวัดหาค่าความต้านทานอุณหภูมิความร้อนทั้งภายนอกและภายในของแต่ละก้อน สำหรับการทดสอบได้เตรียมอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. จำนวน 4 ชุด ชุดละ 5 ก้อนจากนั้นนำผลทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมกับอิฐมวลเบาทั่วไปที่ได้มาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 5 และภาพที่ 6



ภาพที่ 5 เครื่องวัดอุณหภูมิ Multimeter ที่ใช้ในการทดสอบ



ภาพที่ 6 การใช้สปอร์ทไลท์ในการส่องหาค่าอุณหภูมิ

2.2 ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัด (ASTM C109) ของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมและอิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐานโดยการชั่งน้ำหนัก และวัดขนาด ทดสอบหาค่ากำลังอัดพร้อมจดบันทึกค่าที่ได้นำผลทดสอบที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างอิฐมอร์ตาร์หุ้มโฟมกับอิฐมวลเบาทั่วไปที่ได้มาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 7

หน่วยแรงอัดประลัย

จากผลการทดสอบแรงอัดของตัวอย่างคอนกรีตมวลเบา โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดสามารถหาหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบาได้จากสมการที่ 1

$$F_c = \frac{Pmax}{A} \qquad (1)$$

โดยที่ F_c = หน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีตมวลเบา, กก./ซม.^{2}

P_{max} = แรงอัดสูงสุด, กก.

A = พื้นที่รับแรงอัด, กก.



ภาพที่ 7 การนำอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมมาชั่งน้ำหนักและทดสอบค่ากำลังรับแรงอัด

ผลและวิจารณ์ผล

การทดสอบการเปรียบเทียบอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม กับอิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาคุณสมบัติของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมสำหรับเป็นฉนวนกันความร้อนของผนังอาคารที่ไม่รับแรงและเพื่อศึกษาหาคุณสมบัติความแข็งแรงของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม เมื่อเทียบกับอิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐาน ผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

ในการทดสอบเปรียบเทียบฉนวนกันความร้อนอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม ขนาด 20 x 60 x 7.5 ซม. กับอิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐาน โดยเปรียบเทียบกับอุณหภูมิแวดล้อมภายนอก และเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในที่ทดสอบอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม เปรียบเทียบกับอิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐานในการทดสอบโดยใช้ระยะการบ่มที่ 14 วัน มาทำการทดสอบ พบว่าผลการหาค่าอุณหภูมิความร้อนอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม สามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมวลเบา เฉลี่ยร้อยละ 2.90 ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบระหว่างอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม และ อิฐมวลเบาที่ได้มาตรฐาน

ลำดับที่	อุณหภูมิแวดล้อมภายนอก (°C)	อุณหภูมิอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม(°C)	อุณหภูมิอิฐมวลเบา (°C)	เปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ลดลง		ความต่างอุณหภูมิระหว่างอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมและอิฐมวลเบา
				อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม	อิฐมวลเบา	
1	32	32	32	0	0	0 °C
2	34	26	27	23.53 %	20.58 %	1 °C
3	34	26	27	23.53 %	20.58 %	1 °C
4	34	26	26	23.53 %	23.53 %	0 °C
5	34	26	27	23.53 %	20.58 %	1 °C
6	34	26	27	23.53 %	20.58 %	1 °C
7	35	27	27	22.85 %	22.85 %	0 °C
8	35	26	27	25.71 %	22.85 %	1 °C
9	35	26	28	25.71 %	20 %	2 °C
10	35	26	28	25.71 %	20 %	2 °C

ในการทดสอบหาค่ากำลังอัดของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐานสำหรับการทดสอบได้เตรียมอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม ขนาด 20x60x7.5 ซม. จำนวน 4 ชุด ชุดละ 5 ก้อน โดยทำการบ่มตามระยะเวลาที่กำหนด 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน นำมาชั่งน้ำหนัก แล้วนำมาทดสอบหาค่าแรงกดตามระยะเวลาที่กำหนด พบว่าผลทดสอบค่าแรงกดอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม มีค่ากำลังแรงอัดเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบามาตรฐานมอก. (1505-2541) 30 ksc. โดยมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 30.27 ksc. ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการรับแรงอัดอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม แรงกดมาตรฐาน มอก. (1505-2541) อิฐมวลเบาไม่รับน้ำหนัก ค่ากำลังอัดเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 30 ksc. โดยมีน้ำหนักต่อก้อนอยู่ที่ 5.58 kg

รายการ	ระยะเวลาทดสอบ	น้ำหนัก (กก.)	กว้าง*ยาว*สูง (มม.)	พื้นที่หน้ากด (ตร.มม.)	น้ำหนักประลัยนิวตัน (N)	กำลังอัดประลัย (MPa)	กำลังอัดประลัย (ksc)
อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมชุดที่ 1	7 วัน	9.25	78x603x205	47,034.00	110,593.40	2.35	23.96
อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมชุดที่ 2	14 วัน	9.47	78x603x205	47,034.00	139,561.00	2.97	30.27
อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมชุดที่ 3	21 วัน	9.06	78x602x205	46,956.00	136,318.00	2.90	29.57
อิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมชุดที่ 4	28 วัน	9.29	78x603x205	47,034.60	136,578.20	2.90	29.57

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เน้นการศึกษาเพื่อหาคุณสมบัติของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนของผนังไม่รับแรง และศึกษาหาคุณสมบัติการรับแรงของอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม เพื่อเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐาน

การทดสอบวัดค่าอุณหภูมิความร้อน และทดสอบความแข็งแรง เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอิฐมวลเบามาตรฐาน ผลการทดสอบพบว่าผลการหาค่าอุณหภูมิความร้อนอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม สามารถเป็นฉนวนกันความร้อนได้ดีกว่าอิฐมวลเบาเฉลี่ยร้อยละ 2.90 และผลการหาค่ากำลังอัดของอิฐมวลเบาตามมาตรฐาน มอก. (1505-2541) มีค่ากำลังอัดเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับอิฐมวลเบามาตรฐาน (30 ksc.) โดยมีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 30.27 ksc. ซึ่งใช้ค่าระยะเวลาการบ่มที่ 14 วัน นำมาทดสอบ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านราคา และต้นทุนการผลิตอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม ซึ่งมีราคา 11 บาท/ก้อน และอิฐมวลเบามาตรฐานราคา 19 บาท/ก้อน (U-Con) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบราคาอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟม จะมีราคาที่ถูกกว่าอิฐมวลเบาตามมาตรฐาน 8 บาท หรือ ร้อยละ 42.11 ซึ่งเหตุผลราคาที่ถูกกว่าเนื่องจากอิฐซีเมนต์มอร์ตาร์หุ้มโฟมใช้ปูนซีเมนต์และทรายปริมาณที่น้อยกว่าซึ่งภายในก้อนมีเนื้อโฟมทดแทนอยู่ภายใน

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ สำหรับการอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่

เอกสารอ้างอิง

ไตรทศ ขำสุวรรณ และ ภาคภูมิ มงคลสังข์. 2560. ประสิทธิภาพทางกลสมบัติของมอร์ต้าผสมเม็ดโฟม. *ใน* **การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 22 (สาขาวิศวกรรมโยธา).** มหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ.

ตฤณ ทีงาม และ คัชรินทร์ เวชชากุล. 2560. **การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอิฐบล็อกผสมโฟม**. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ภัทร์ สุขแสน, พัชภรณ์ สาธุการ, ณัฐ คุณชมพู และดวงกมล แซ้ตั้ง. 2560. การพัฒนาคอนกรีตเบาจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร.*ใน* **การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ครั้งที่** 1**.** มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตราชวังสนามจันทร์, นครปฐม.

รัตน์รพี ซือศิริสวัสดิ์ และ เด่นพงษ์ สุดภักดี. 2556. การศึกษาคุณสมบัติทางความร้อนของคอนกรีตที่ใช้เศษโฟมเป็นมวลรวมเบา. **การประชุมทางวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่** 18**.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ASTM C109. Standard Test Method of Compressive Strength of Hydrualic Cement Mortars (using 2-in. or 50 mm. cube speciments). **Annual Book of ASTM Standard**. 2002; Vol.04.02.

อิทธิพลของอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ต่อกำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนักจีโอโพลีเมอร์

Effect of Na_2SiO_3:NaOH ratios on Compressive Strength of Marginal Lateritic Soil Stabilized with Bottom Ash Geopolymer

เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์[1*] นิติ ตันทวุทธ[1] ณัฐิญา วงละคร[2] วรพล อารีย์[2] หฤทัย มาศโค้ง[3] และ วิศิษฏ์ศักดิ์ ทับยัง[4]

Cherdsak Suksiripattanapong[1*], Niti Tuntawoot[1], Nattiya Wonglakorn[2], Worapon Arree[2], Haruetai Maskong[3] and Wisitsak Tabyang[4]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ต่อกำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานได้จากบ่อยืมแห่งหนึ่งในจังหวัดชัยภูมิ เถ้าหนักได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง งานวิจัยนี้ใช้ อัตราส่วนผสมดินลูกรังต่อเถ้าหนักเท่ากับ 70:30, 50:50 และ30:70 และอัตราส่วนผสมโซเดียมซิลิเกตและโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 0:100, 10:90, 30:70, 50:50, 70:30 และ 80:20 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ไม่มีผลต่อหน่วยน้ำหนักแห้งของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ กำลังอัดที่อายุบ่ม 7 วันของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH (ปริมาณ Na_2SiO_3 สูงขึ้น) เนื่องจากซิลิก้าในสารละลาย Na_2SiO_3 ทำปฏิกิริยากับซิลิก้า และอลูมิน่าออกไซด์จากเถ้าหนัก และเกิดเป็นจีโอโพลีเมอร์เจล หรือโซเดียมอลูมิโนซิลิเกตไฮเดรต (N-A-S-H)

คำสำคัญ : ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน, เถ้าหนัก, จีโอโพลีเมอร์

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang Sub-district , Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand

[2] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] School of Information and Communication Technology, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Muang Sub-district , Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ตำบลสุรนารี ตำบลเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[3] School of Civil Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Suranari Sub-district , Muang District, Nakhon Ratchasima Province 30000, Thailand

[4] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[4] Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Bo Yang Sub-district , Muang District, Songkhla Province 30000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : cherdsak.su@rmuti.ac.th

ABSTRACT

This research investigated the effect of Na_2SiO_3:NaOH ratios on compressive strength of marginal lateritic soil stabilized with bottom ash geopolymer. The marginal lateritic soil (MLS) was obtained from a borrow pit in Chaiyaphum Province. Bottom ash (BA) was obtained from the Mae Moh power plant of the Electricity Generating Authority of Lampang Province. This research used the MLS:BA ratios of 70:30, 50:50 and 30:70 and Na_2SiO_3:NaOH ratios were 0:100, 10:90, 30:70, 50:50, 70:30 and 80:20. The test results showed that the Na_2SiO_3:NaOH ratios do not affect the unit weight of marginal lateritic soil stabilized with bottom ash geopolymer. The 7-day compressive strength of marginal lateritic soil stabilized with bottom ash geopolymer increases with the increase in Na_2SiO_3:NaOH ratio (higher Na_2SiO_3 content) because silica from Na_2SiO_3 reacts with silica and alumina from bottom ash resulting in geopolymer gel or sodium aluminosilicate hydrate (N-A-S-H).

Keywords : Marginal lateritic soil, Bottom ash, Geopolymer

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแผนการพัฒนาปรับปรุงระบบสาธารณูปโภคพื้นฐานต่าง ๆมากมายโดยเฉพาะการพัฒนาระบบขนส่ง การก่อสร้างและการปรับปรุงถนน และการพัฒนาแหล่งน้ำ โดยภาพรวมทั่วทั้งประเทศ ทำให้มีความต้องการในการใช้วัสดุหลัก เช่น หิน ดิน ทราย และซีเมนต์ เพื่อใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง เช่น พื้นทาง และรองพื้นทางของงานถนน งานเขื่อน งานคลองส่งน้ำ เป็นต้น โดยเฉพาะวัสดุหลักประเภทดิน ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานในงานวิศวกรรมโยธา ใช้เป็นวัสดุถมในงานก่อสร้างต่างๆ เช่น งานถม เพื่อยกระดับบริเวณอาคาร ถนน เขื่อน หรือใช้เป็นวัสดุผสมสำหรับทำอิฐ เป็นต้น โดยขณะที่ดิน เป็นวัสดุที่มีอยู่และหาได้เกือบทุกพื้นที่ในบริเวณงานก่อสร้าง แต่จะมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่แตกต่างกันไปตามสภาพพื้นที่ โดยบางพื้นที่วัสดุดินที่หาได้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมไม่เหมาะสมกับงานก่อสร้างนั้นๆ ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัสดุ ดังนั้นเพื่อให้วัสดุดินที่หาได้ในบริเวณก่อสร้างที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับการก่อสร้าง จึงมีความจำเป็นต้องนำวัสดุที่มีอยู่มาปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมเสียก่อน ด้วยวิธีทางเคมี เช่น การปรับปรุงดิน ด้วยการใช้ปูนซีเมนต์ ปูนขาว หรือสารผสมเพิ่มต่างๆ ผสมลงในดิน เป็นต้น เพื่อให้ดินมีคุณสมบัติเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้างได้ ซึ่งนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถจะแก้ปัญหาการขาดแคลนวัสดุก่อสร้าง แต่ในกระบวนการปรับปรุงดินดังกล่าวมีความจำเป็นต้องใช้ ปูนซีเมนต์หรือปูนขาวจำนวนมาก ซึ่งการใช้ปูนซีเมนต์หรือปูนขาวใช้เป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์เริ่มต้นด้วยการระเบิดภูเขาหินปูนเป็นอันดับแรก ซึ่งในขั้นนี้ได้ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องมลภาวะทางอากาศ ปัญหาฝุ่นควัน และการทำลายสิ่งแวดล้อม จากนั้นก้อนหินขนาดใหญ่ที่เกิดจากการระเบิดจะถูกนำไปย่อยให้เล็กลงและนำไปเผาในเตาเผาเพื่อเข้าขั้นตอนการผลิตปูนซีเมนต์ต่อไป ในขั้นนี้เองที่ได้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกมาจำนวนมาก เนื่องจากหินปูนส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นี้เองที่เป็นต้นกำเนิดของการเกิดภาวะเรือนกระจก ได้มีการประเมินค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ออกมาเป็นตัวเลขง่ายๆว่า การผลิตปูนซีเมนต์ 1 ตันจะ

ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 1 ตันเช่นกัน (เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ และคณะ, 2559; เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์ และคณะ, 2557) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้วัสดุเถ้าหนักจีโอโพลีเมอร์ (Geopolymer) เพื่อปรับปรุงคุณภาพดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เถ้าหนักหรือเถ้าก้นเตา (Bottom Ash) เนื่องจากเถ้าหนักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เถ้าหนักที่เพิ่มขึ้นทุกปีมีปริมาณเหลือทิ้งประมาณ 50 ล้านตัน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 ล้านตันต่อปี ซึ่งเป็นภาระของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ในการจัดเก็บหรือฝังกลบ ในปัจจุบันมีงานวิจัยหลายบทความได้ประยุกต์ใช้เถ้าหนักแทนที่การใช้ปูนซีเมนต์ องค์ประกอบหลักทางเคมีของเถ้าหนักคือซิลิก้าหรือ Q (Quartz) ซึ่งใกล้เคียงกับเถ้าถ่านหิน (Fly ash) (Chindaprasirt et al., 2009) แม้จะมีความละเอียดที่แตกต่างกันแต่องค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกัน (Sata et al., 2009) อย่างไรก็ตาม Sathonsaowapark et al., (2009) ได้ศึกษาความสามารถทำงานได้และกำลังอัดของจีโอโพลีเมอร์มอร์ต้าร์ด้วยการใช้เถ้าหนักบดละเอียด 3 ขนาด โดยแต่ละขนาดร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 325 ร้อยละ 3, 18 และ 33 โดยน้ำหนัก จีโอโพลีเมอร์มอร์ต้าร์มีกำลังลดลงตามขนาดอนุภาคของเถ้าหนักที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากขนาดอนุภาคที่ละเอียดสามารถแทรกตัวเข้าไปโพรงของมอร์ต้าร์ ส่งผลให้ตัวอย่างแน่นมากขึ้น และพื้นที่ผิวจำเพาะที่มากขึ้นของเถ้าหนักบดละเอียดทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็ว

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษากำลังอัดของวัสดุดินลูกรังไม่ผ่านมาตรฐานปรับปรุงด้วยเถ้าหนักจีโอโพลีเมอร์ เพื่อใช้เป็นวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร โดยใช้สารกระตุ้น (Liquid alkaline activator) ที่เป็นส่วนผสมของสารละลายโซเดียมซิลิเกต (Sodium silicate, Na_2SiO_3) และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide solution, NaOH) ประโยชน์ของงานวิจัยนี้คือการประยุกต์ใช้เถ้าหนักซึ่งเป็นผลพลอยได้จากภาคอุตสาหกรรมเพื่อทดแทนการใช้ปูนซีเมนต์

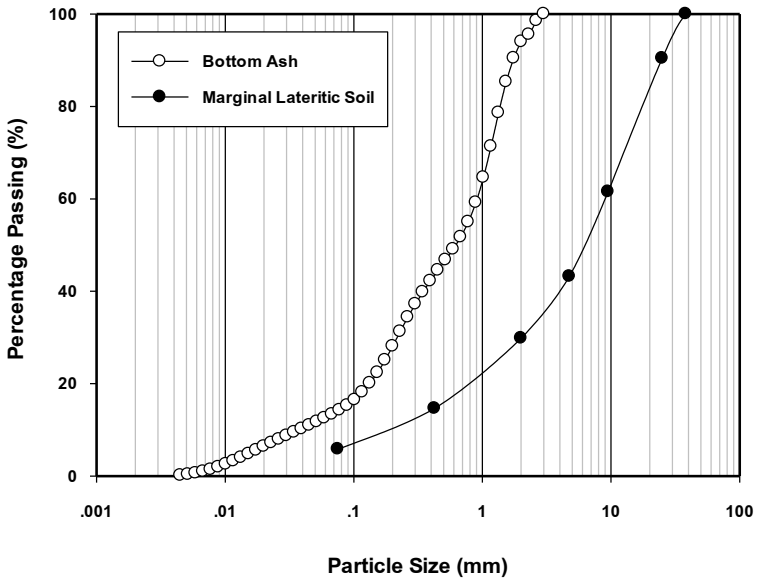
2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1. ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (Marginal lateritic soil)

ดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน (Marginal lateritic soil, MLS) ได้จากบ่อยืม โครงการอ่างเก็บน้ำโป่งขุนเพชร อำเภอหนองบัวระเหว จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.43 และจัดเป็นวัสดุไม่มีพลาสติก MLS สามารถจำแนกเป็นทรายขนาดคละสม่ำเสมอ (Poorly graded sand, SP) ตามระบบเอกภาพ (Unified Soil Classification System, USCS) หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดที่พลังงานบดอัดสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 20.84 kN/m^3 ความชื้นที่เหมาะสม (OMC) เท่ากับร้อยละ 8.03 ค่า CBR ของ MLS ที่ร้อยละ 95 ที่ความแน่นสูงสุดมีค่าเท่ากับร้อยละ 29 เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานทางหลวงชนบท มาตรฐานวัสดุลูกรังชนิดทำผิวจราจร มทช.206-2524 ซึ่งระบุค่า CBR ต้องมากกว่าร้อยละ 30 และค่าดัชนีความเป็นพลาสติก (Plasticity index, PI) อยู่ระหว่าง 4-11 จะพบว่าดินลูกรังชนิดนี้ไม่ผ่านมาตรฐาน องค์ประกอบทางเคมีของ MLS แสดงในตารางที่ 1 การกระจายขนาดของ MLS แสดงในรูปที่ 1

2.2. เถ้าหนัก (Bottom Ash, BA)

เถ้าหนักได้จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าหนักแสดงในตารางที่ 1 จะพบว่าผลรวมของปริมาณธาตุ SiO_2, Al_2O_3 และ Fe_2O_3 เท่ากับร้อยละ 65.69 และ ปริมาณ CaO เท่ากับร้อยละ 21.76 BA จำแนกเป็นทรายปนตะกอน (Silty sand, SM) ตามมาตรฐาน USCS ค่าความถ่วงจำเพาะของ BA เท่ากับ 1.82 หน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุดที่พลังงานบดอัดสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 15.48 kN/m^3 ปริมาณความชื้นที่เหมาะสม (OMC) เท่ากับร้อยละ 24.30 ค่า CBR ที่ร้อยละ 95 ที่ความแน่นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 10.84 การกระจายขนาดของ BA แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การกระจายขนาดคละของ MSL และ BA

2.3. สารกระตุ้น (Liquid alkaline activator, L)

ปริมาณสารกระตุ้นซึ่งเป็นส่วนผสมของโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 5 โมลาร์ อัตราส่วนของ Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 0:100, 10:90, 30:70 และ 50:50

2.4. การเตรียมตัวอย่าง

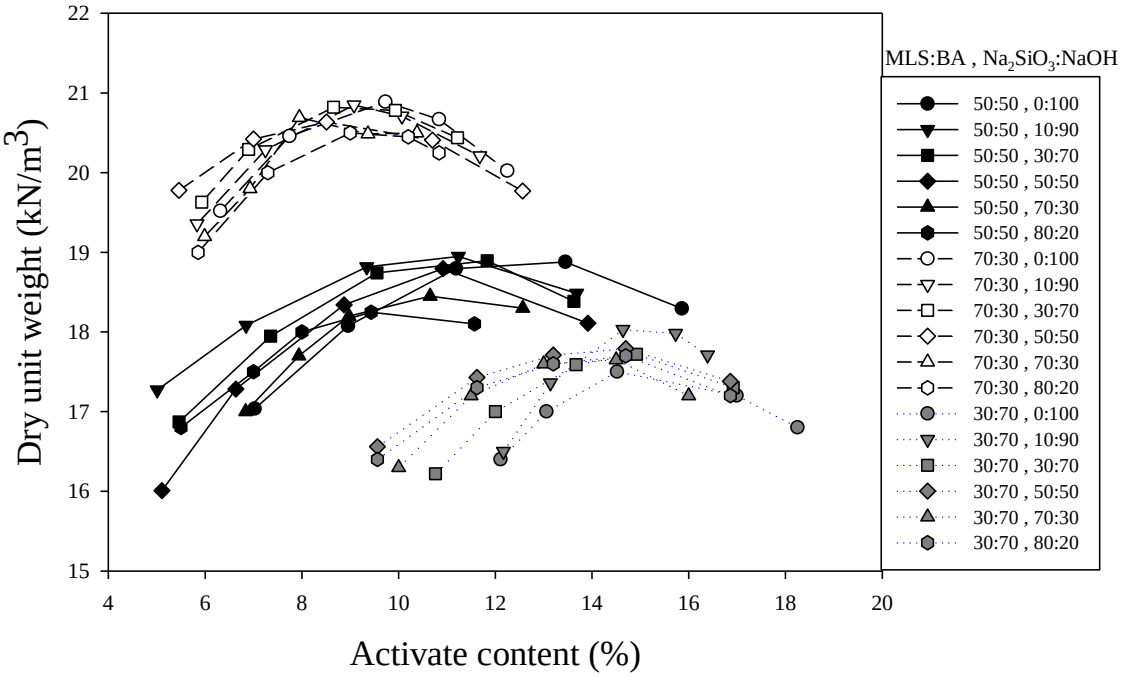
การเตรียมตัวอย่างวัสดุดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ (MLS-BA Geopolymer) โดยแปรผันของส่วนผสม MLS:BA จำนวน 3 ค่า คือ 70:30, 50:50 และ 30:70 และ อัตราส่วนของ Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 0:100, 10:90, 30:70, 50:50, 70:30 และ 80:20 โดยน้ำหนัก นำ MLS-BA Geopolymer ที่อัตราส่วนผสมข้างต้นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นผสม Na_2SiO_3:NaOH ในตัวอย่างโดยใช้เวลาประมาณ 10 นาที แล้วทำการบดอัดตามการทดสอบความแน่นแบบสูงกว่ามาตรฐาน (Modified Proctor compaction test) มทช.(ท) 501.2-2545 เมื่อได้ปริมาณสารกระตุ้นที่เหมาะสม (Optimum liquid alkaline content, OLC) เตรียมตัวอย่าง MLS-BA Geopolymer ที่ 0.8OLC, OLC และ 1.2OLC แล้วห่อด้วยถุงพลาสติกใสที่อุณหภูมิห้อง เมื่อได้อายุบ่ม 7 วันแล้วจึงนำตัวอย่างไปแช่น้ำ 2 ชั่วโมง ก่อนทดสอบกำลังรับแรงอัดแกนเดียว (Unconfined compressive strength, UCS) ซึ่งแต่ละส่วนผสมจะเก็บก้อนตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่าง ของส่วนผสมนั้น ๆ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของ MLS และ BA

องค์ประกอบทางเคมี	MLS	BA
SiO_2	56.60	36.33
Al_2O_3	25.20	13.71
Fe_2O_3	13.30	15.65
CaO	2.90	21.76
SO_3	N.D.	10.15
K_2O	N.D.	1.50
TiO_2	1.40	0.54
M_nO_2	0.30	0.16
SrO	N.D.	0.16
SiO_2	56.60	36.33

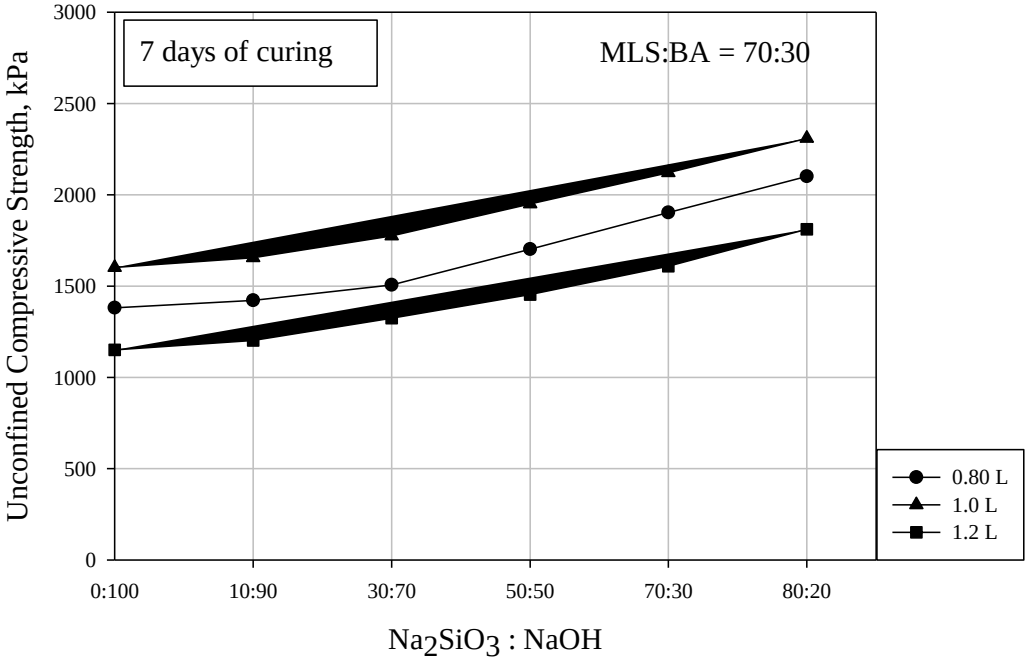
3. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ภาพที่ 2 แสดงผลการทดสอบการบดอัด (Modified Proctor test) ตัวอย่างดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 70:30, 50:50 และ 30:70 อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 0:100, 10:90, 30:70, 50:50, 70:30 และ 80:20 ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าหน่วยน้ำหนักแห้งของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารกระตุ้น จนถึงค่าที่เหมาะสม หลังจากนั้นหน่วยน้ำหนักแห้งมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของสารกระตุ้นสำหรับทุกอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH และอัตราส่วนดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานต่อเถ้าหนัก ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด (Maximum unit weight, γ_{dmax}) ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าลดลงตามปริมาณ BA ที่เพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งที่ลดลงนี้เนื่องจาก BA มีค่าความถ่วงจำเพาะ (*Gs*) ต่ำ

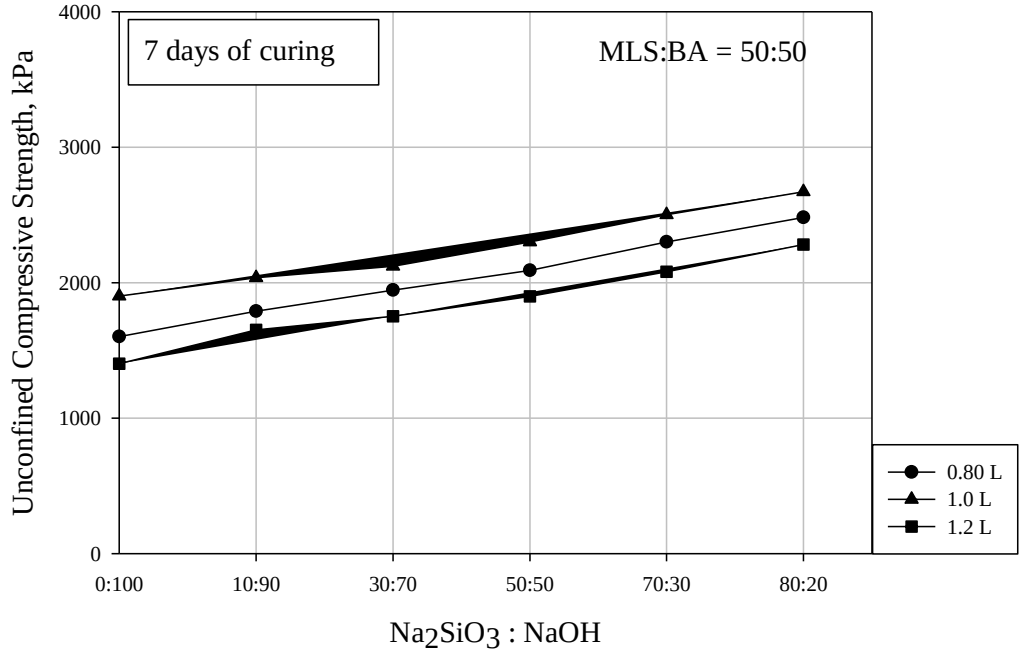


ภาพที่ 2 กราฟการบดอัดดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์

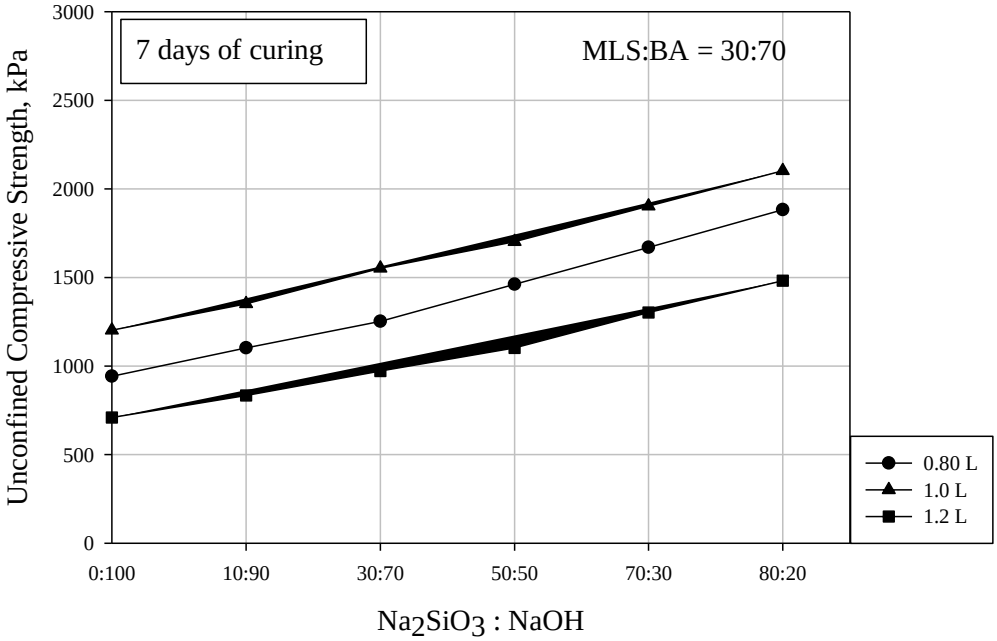
ภาพที่ 3-5 แสดงกำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ปริมาณสารกระตุ้นเท่ากับ 0.8OLC, 1.0OLC และ 1.2OLC และอัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 70:30, 50:50 และ 30:70 ตามลำดับ จากรูปดังกล่าวพบว่าการปริมาณสารกระตุ้นที่ 1.0OLC ให้กำลังสูงสุดในทุกอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ากำลังรับแรงอัดแกนเดียวแบบแช่น้ำ (Soaked) ที่อายุบ่ม 7 วันของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ที่เพิ่มขึ้น สำหรับทุกอัตราส่วน MLS:BA และปริมาณสารกระตุ้น กำลังอัดสูงสุดของตัวอย่างดินลูกรังไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์พบที่อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 50:50 ปริมาณสารกระตุ้นเท่ากับ OLC และอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 80:20 ซึ่งให้กำลังอัดเท่ากับ 2,672 kPa เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil cement base) ทล.204/2556 และมาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil cement subbase) ทล.206/2532 ซึ่งระบุกำลังอัดต้องไม่น้อยกว่า 1,724 และ 689 kPa จะพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil cement base) คือ อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 50:50, อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 10:90 ปริมาณสารกระตุ้นที่เหมาะสมเท่ากับ 1OCL และความเข้มข้นของ NaOH เท่ากับ 5 M ซึ่งได้ค่ากำลังอัดแกนเดียวเท่ากับ 2,037 kPa (มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 1.2 เท่า) และอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil cement subbase) คือ อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 30:70, อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 0:100 ปริมาณสารกระตุ้นที่เหมาะสมเท่ากับ 1OCL และความเข้มข้นของ NaOH เท่ากับ 5 M ซึ่งได้ค่ากำลังอัดแกนเดียวเท่ากับ 1,202 kPa (มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 1.7 เท่า)



ภาพที่ 3 กำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 70:30 ที่อายุการบ่ม 7 วัน



ภาพที่ 4 กำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 50:50 ที่อายุการบ่ม 7 วัน



ภาพที่ 5 กำลังอัดของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 30:70 ที่อายุการบ่ม 7 วัน

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน และเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง โดยศึกษากำลังอัดของตัวอย่างดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

1) หน่วยน้ำหนักแห้งของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารกระตุ้นจนถึงค่าที่เหมาะสม หลังจากนั้นหน่วยน้ำหนักแห้งมีค่าลดลงกับการเพิ่มขึ้นของสารกระตุ้นสำหรับทุกอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH และอัตราส่วนดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐานต่อเถ้าหนัก ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งสูงสุด ($\gamma_{d,max}$) ของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์มีค่าลดลงตามปริมาณ BA ที่เพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH ค่าหน่วยน้ำหนักแห้งที่ลดลงนี้เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของ BA ต่ำกว่าค่าความถ่วงจำเพาะของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน

2) อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ คือ อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 50:50, อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 10:90 ปริมาณสารกระตุ้นที่เหมาะสมเท่ากับ 1OCL และความเข้มข้นของ NaOH เท่ากับ 5 M ซึ่งได้ค่ากำลังอัดแกนเดียวเท่ากับ 2,037 kPa (มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 1.2 เท่า)

3) อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของดินลูกรังที่ไม่ผ่านมาตรฐาน-เถ้าหนัก จีโอโพลีเมอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานรองพื้นทางดินซีเมนต์ คือ อัตราส่วน MLS:BA เท่ากับ 30:70, อัตราส่วน Na_2SiO_3:NaOH เท่ากับ 0:100 ปริมาณสารกระตุ้นที่เหมาะสมเท่ากับ 1OCL และความเข้มข้นของ NaOH เท่ากับ 5 M ซึ่งได้ค่ากำลังอัดแกนเดียวเท่ากับ 1,202 kPa (สูงกว่าค่ามาตรฐานประมาณ 1.7 เท่า)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา และส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ สำนักงานทางหลวงชนบทที่ 8 (นครสวรรค์) กรมทางหลวงชนบท สำหรับเครื่องมือทดสอบและห้องปฏิบัติการทดสอบวัสดุ

เอกสารอ้างอิง

เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์, เสริมศักดิ์ ติยะแสงทอง, จิระยุทธ สืบสุข และ สุขสันต์ หอพิบูลสุข. 2559. อิทธิพลของปริมาณสารกระตุ้นต่อหน่วยน้ำหนักและกำลังอัดของตะกอนดินประปา- เถ้าลอย จีโอโพลีเมอร์. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อุบลราชธานี., ปีที่ 9, ฉบับที่ 1, หน้า 83-90.

เชิดศักดิ์ สุขศิริพัฒนพงศ์, พิมศิลป์ จันทร์ประเสริฐ, ปฏิมาพร สุขมาก และ สุขสันต์ หอพิบูลสุข. 2557. พฤติกรรมด้านกำลังอัดของตะกอนดินประปาเถ้าลอยจีโอโพลีเมอร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19, ขอนแก่น, 14-16 พฤษภาคม 2557, หน้า 1543-1547.

Chindaprasirt, P., Jaturapitakkul., C., Chalee, W., Rattanasak, U. 2009. Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers, Waste Management, 29: 539-543.

Sata, V., Sathonsaowapak, A., Chindaprasirt, P. 2012. Resistance of lignite bottom ash geopolymer mortar to sulfate and sulfuric acid attack, Cement and Concrete Composites, 34: 700-708.

Sathonsaowapark, A., Chindaprasirt, P., Pimraksa, K. 2009. Workability and strength of lignite bottom ash geopolymer mortar, Journal of Harzadous Materials, 168: 44-50.

ผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อถนนลาดยางมะตอยผสมสำเร็จ ด้วยเครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา

Effect of Ambient Temperature on Premix Asphalt Road Using Light Weight Deflectometer

ประกาศ ทองประไพ[1] และ พุทธพล ทองอินทร์ดำ[2*]

Prakard Thongprapai[1] and Puttapon Thongindam[2*]

บทคัดย่อ

คุณสมบัติด้านความแข็งแรงของแอสฟัลต์ซึ่งเป็นวัสดุหลักที่ชั้นผิวทางบนสุดของถนนลาดยางมีความแปรผันอย่างมากต่ออุณหภูมิแวดล้อม ส่งผลทำให้การทดสอบความแข็งแรงของโครงสร้างทางตำแหน่งเดียวกันที่ช่วงเวลาต่างกันได้ผลการทดสอบที่ไม่เท่ากัน นำไปสู่การประเมินผลที่ผิดพลาดได้ งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิแวดล้อมกับผลทดสอบที่ได้จากเครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา บนโครงสร้างถนนแอสฟัลต์ที่ใช้ยางมะตอยผสมสำเร็จ โดยทำการทดสอบในแปลงทดสอบทุกชั่วโมงของวัน และนำเสนอแบบจำลองในการปรับแก้ค่าการยุบตัวโดยสมการความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลที่นำเสนอให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (R^2) เท่ากับ 0.72 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีที่สามารถใช้ปรับแก้ค่ายุบตัวเข้าสู่อุณหภูมิมาตรฐาน

คำสำคัญ : อุณหภูมิแวดล้อม, แอสฟัลต์คอนกรีต, เครื่องวัดการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา

ABSTRACT

Asphalt is the main material being used in the top layer of flexible pavement structure. It is well known that its stiffness depends strongly on the ambient temperature leading to inaccurate interpretation of surface deflection at different time of testing. This research aims to study the effect of ambient temperature on the results obtained from Light Weight Deflectometer. Tests are conducted every hour of a day on a test section built up by premix asphalt as surface layer. Mathematical model for deflection correction is presented to adjust the test result based on the selected standard temperature. As the correction model with exponential function has shown a coefficient of determination (R^2) of 0.72, this model could be used as deflection correction with acceptable accucracy.

Keywords: Ambient temperature, Asphalt concrete, Light Weight Deflectometer

---

[1, 2] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1, 2] Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong Hok, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : puttapon.t@en.rmutt.ac.th

บทนำ

การประเมินกำลังรับน้ำหนักของถนนสามารถกระทำได้โดยวิธีการทดสอบวัดค่าการยุบตัวที่ผิวทาง (Surface deflection test) ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย รวมไปถึงเครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทก (Falling Weight Deflectometer, FWD) ซึ่งมีทั้งขนาดมาตรฐานที่สามารถจำลองขนาดน้ำหนักและความถี่ในระดับเดียวกับน้ำหนักเพลารถบรรทุกมาตรฐาน (Standard axle load) ได้ [Thongindam, 2009] เช่น ที่น้ำหนักลงล้อขนาด 5 ตัน เป็นต้น ซึ่งตัวเครื่องมีขนาดใหญ่และต้องใช้รถยนต์ในการเคลื่อนย้ายหรือลากจูงจากจุดทดสอบหนึ่งไปยังจุดทดสอบต่อไป ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับถนนที่ออกแบบและก่อสร้างมาเพื่อรองรับน้ำหนักบรรทุกขนาดเล็ก เช่น ถนนในชุมชน ทางจักรยาน ลานจอดรถยนต์ขนาดเล็ก เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันมีการหันมาใช้วัสดุแอสฟัลต์แบบผสมสำเร็จในการก่อสร้างและซ่อมแซมโครงสร้างประเภทดังกล่าวมากขึ้น

ในขณะที่เครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกขนาดเล็ก (Light Weight Deflectometer, LWD) ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นให้มีความคล่องตัวในการทดสอบสูง สามารถทดสอบและเคลื่อนย้ายได้ด้วยผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คน จึงมีขนาดเล็กกว่า ทำให้มีข้อด้อยที่สร้างแรงกระแทกได้น้อยกว่า เนื่องจากตุ้มน้ำหนักมีขนาดสูงสุดไม่เกิน 25 กิโลกรัม ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการทดสอบชั้นโครงสร้างที่อยู่ลึกลงไปจากผิวถนน เช่น ชั้นพื้นทาง หรือรองพื้นทาง ซึ่งค่าหน่วยแรงขณะรับน้ำหนักรถบรรทุกได้ถูกกระจายออกและลดค่าลงไปมากแล้ว หรือใช้สำหรับทดสอบโครงสร้างถนนที่ออกแบบมาเพื่อรองรับปริมาณจราจรที่มีจำนวนน้อยและจำกัดน้ำหนักยานพาหนะ เช่น ถนนในชุมชน ลานจอดรถยนต์ขนาดเล็ก ทางเดินเท้า ทางจักรยาน เป็นต้น



ภาพที่ 1 เครื่องวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา

โดยผลจากการทดสอบในลักษณะนี้จะสามารถใช้เป็นดัชนีพื้นฐานในการระบุความแข็งแรงสัมพัทธ์ระหว่างตำแหน่งทดสอบได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากตามหลักการตามธรรมชาติจะพบว่าหากทดสอบด้วยการกระแทกบนผิวถนนด้วยแรงกระแทกขนาดเดียวกัน โครงสร้างถนนที่มีความแข็งแรงกว่าจะยุบตัวน้อยกว่า และในทางกลับกันตำแหน่งที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าจะมีค่ายุบตัวสูงกว่านั่นเอง และถึงแม้ว่าพฤติกรรมการเสียหายโดยส่วนใหญ่ของถนนลาดยาง เช่น การเกิดรอยร้าวที่ผิวถนน (Cracking) หรือการยุบตัวตามแนวร่องล้อ (Rutting) จะเป็นความเสียหายแบบสะสม (Cumulative damage) ที่เกิดจากพฤติกรรมความล้า (Fatigue) เป็นหลัก ซึ่งจะแปรผันตามจำนวนครั้งของการกดทับจากปริมาณจราจร แต่

ในเบื้องต้นขนาดของค่าการยุบตัวนี้สามารถนำไปสู่การสร้างเกณฑ์มาตรฐานของความแข็งแรงของโครงสร้างถนนทั่วไปได้ เช่น การกำหนดค่าการยุบตัวที่ยอมรับได้ เป็นต้น

ทั้งนี้พบว่าค่าการยุบตัวที่ผิวทางของถนนลาดยางมะตอยที่ได้จากผลจากการทดสอบโดยใช้แรงกระแทกนี้จะแปรผันกับอุณหภูมิแวดล้อมเป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุแอสฟัลต์ซึ่งมีบิทูเมน (Bitumen) เป็นส่วนผสมหลักในการยึดเกาะมวลรวมเอาไว้ด้วยกันนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็ง (Solid) ที่อุณหภูมิห้องหรือต่ำกว่ากลายเป็นของเหลว (Liquid) หรือสถานะหนืด (Viscous) ที่อุณหภูมิสูงได้ และแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้เป็นสาเหตุทำให้กำลังความแข็งแรงของวัสดุแอสฟัลต์บนผิวถนนลดลงได้อย่างมาก หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือผลการทดสอบการยุบตัวบนผิวถนนที่ตำแหน่งเดียวกันในช่วงเวลาต่างกันมีแนวโน้มที่จะได้ค่าทดสอบที่ไม่เท่ากัน หากอุณหภูมิแวดล้อมในขณะทดสอบทั้งสองครั้งต่างกันมาก ทำให้เกิดปัญหาความแม่นยำในการแปรผลการทดสอบและนำไปสู่ความคลาดเคลื่อนในการประเมินความแข็งแรงของถนนได้ และถึงแม้ว่าจะมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรงของแอสฟัลต์กับอุณหภูมิแวดล้อมค่อนข้างมากในต่างประเทศ แต่ผลการศึกษาดังกล่าวอาจไม่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้โดยตรงในประเทศไทย ด้วยองค์ประกอบของความแตกต่างทั้งในด้านคุณสมบัติของวัสดุ ด้านสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

ด้วยปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมที่มีต่อโครงสร้างถนนแบบยืดหยุ่นหรือถนนลาดยางมะตอยต่อการทดสอบวัดค่าการยุบตัวที่ได้จากเครื่องมือวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทกแบบเบา ซึ่งจะสามารถนำเสนอรูปแบบหรือแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการกับค่าทดสอบที่ได้จากภาคสนามให้ได้ค่าปรับแก้ที่เหมาะสมและมีมาตรฐาน นำไปสู่การประเมินความแข็งแรงและกำลังรับน้ำหนักของถนนที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงต้นของปี ค.ศ. 1885 Boussinesq ได้เสนอชุดสมการสำหรับวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวของโครงสร้างฐานดินแบบกึ่งอนันต์ (Half-space theory) ภายใต้การรับน้ำหนักกระทำแบบจุด โดยมีสมมติฐานว่าวัสดุดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกทิศทาง (Isotropic) มีความยืดหยุ่นแบบเชิงเส้น (Linear elastic) และแนวราบแผ่ไปด้านข้างในพื้นที่กว้างและลึกลงไปไม่สิ้นสุด ซึ่งภายใต้แกนอ้างอิงเชิงขั้วจะวิเคราะห์ชิ้นส่วน (Element) ขนาดหนึ่งส่วนที่ตำแหน่งใต้แนวกระทำด้วยสมการที่ 1

$$W = \frac{(1+\nu)P}{2\pi R^2 E}(3 - 2\nu) \qquad (1)$$

โดยที่ W คือค่าทรุดตัวที่ผิวทาง, V คือ อัตราส่วนปัวซ์ซอง, P คือ แรงกระทำ, R ระยะจากแรงกระทำถึงตำแหน่งพิจารณา และ E คือ ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น

จากสมการที่ 1 ซึ่งเป็นหัวใจหลักทางกลศาสตร์ของการทดสอบในลักษณะนี้ โดยจะสังเกตได้ว่าค่าการยุบตัวที่ผิวทางจะแปรผกผันกับค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของโครงสร้างทาง ดังนั้นในทางกลับกันหากทราบแรงกระทำ P และค่าอัตราส่วนปัวซ์ซอง รวมเข้ากับผลการยุบตัวจากการทดสอบ จะทำให้สามารถคำนวณหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของโครงสร้างทางจากค่า

ยุบตัวได้ จึงเรียกค่าดังกล่าวว่าค่าโมดูลัสผิวทาง (Surface modulus) ซึ่งทำให้มีการพัฒนาทฤษฎีวิเคราะห์โครงสร้างชั้นทางยืดหยุ่น (Layered elastic theory) โดย Burmister ในเวลาต่อมา

จากปัญหาความแปรผันของอุณหภูมิที่ส่งผลกระทบ ต่อความแข็งแรงของโครงสร้างถนนของถนนชนิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้มีความพยายามที่จะศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุดในการรับมือกับปัญหาเหล่านี้ โดยในปี พ.ศ. 2539 ได้มีการศึกษาและจัดทำแผนภูมิแก้ไขค่าแอ่นตัวเนื่องจากอุณหภูมิของถนน [ประสิทธิ์ และแสงชัย, 2539] โดยใช้เครื่องวัดค่าแอ่นตัวของกรมทางหลวง ณ ขณะนั้นคือ เครื่องมือเบนเคลแมนบีม (Benkelman Beam) ทำการทดลองให้น้ำหนักกระทำต่อโครงสร้างผิวทางโดยใช้รถบรรทุก โดยเลือกทดลองถนนที่มีผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 5 -12 เซนติเมตร โดยทำการวัดค่าการยุบตัวตามวิธีการวัดของกรมทางหลวง พร้อมกับวัดค่าอุณหภูมิที่ความลึกผิวทางประมาณ 3-4 เซนติเมตร ทุก ๆ ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00 – 18.00 น. ของแต่ละวัน ซึ่งทำการทดสอบในตำแหน่งร่องล้อ นำค่าการแอ่นตัวที่ทดสอบได้มาสร้างความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปของถนน ซึ่งจากผลการศึกษาทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์หรือแผนภูมิ โดยแยกตามความหนาของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 5.0, 8.0, และ 8.5-12.0 เซนติเมตร เพื่อใช้สำหรับนำไปแก้ไขค่าแอ่นตัวของถนนที่วัดได้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ไปเป็นค่าแอ่นตัวของถนนที่อุณหภูมิที่ต้องการทราบ หรืออุณหภูมิมาตรฐาน (Standard temperature)

แต่เนื่องจากขณะนั้นกรมทางหลวง ประเทศไทย ยังไม่มีหลักเกณฑ์ของอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิง ในปีเดียวกันนั้น [ประสิทธิ์, 2539] ได้มีการศึกษาวิจัยต่อเนื่องเพื่อประเมินอุณหภูมิของถนนขณะที่รองรับการจราจรส่วนใหญ่เพื่อกำหนดเป็นค่าอุณหภูมิมาตรฐานของกรมทางหลวงขึ้นมาโดยได้สรุปผลการประเมินว่าอุณหภูมิถนนของกรมทางหลวงที่อยู่ในภาคต่างๆจะรองรับการจราจรส่วนใหญ่ขณะที่อุณหภูมิ 37.8 °C หรืออนุโลมให้เป็น 38 °C ในปี พ.ศ. 2556 ได้มีการศึกษาถึงลักษณะอุณหภูมิของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต เมื่อได้ประโยชน์แก่การประเมินความแข็งแรงของถนนลาดยาง [นวพลและคณะ, 2556] โดยเลือกแปลงทดสอบถนนลาดยางที่ประเทศไทย ที่มีความหนาผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 3.2-19.8 ซม. ทำการเก็บข้อมูลระหว่างปี พ.ศ.2553 - 2554 โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต 4 ระดับความลึก คือ ผิวบน (Surface), ที่ความลึก 1/3 ของความหนาผิวทาง (One-third Depth), กึ่งกลางความหนา (Mid-depth) และที่ผิวล่างของผิวทาง (Bottom) จากผลการศึกษาพบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมงในทุกๆวันจะมีลักษณะเป็นวงจร โดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกลับเวลาเป็นรูป SINE CURVE ทุกๆความหนาผิวทางที่ทำการทดสอบและลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิในผิวทางมีลักษณะการแผ่จากผิวบนลงสู่ด้านล่าง โดยอุณหภูมิผิวทางด้านบนจะมีช่วงการเปลี่ยนแปลงที่กว้างกว่าผิวทางด้านล่างโดยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความอุณหภูมิกับความลึกมีลักษณะเป็นรูปกรวยซึ่งจากการศึกษาของ ประสิทธิ์ซึ่งได้เสนออุณหภูมิมาตรฐานเฉลี่ย 38 °C นั้น [ประสิทธิ์, 2539] อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากตำแหน่งทดสอบที่ใช้เป็นตัวแทนวัดอุณหภูมิผิวทางที่ไม่ได้คำนึงถึงลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ ซึ่งจากผลการศึกษาของ นวพลและคณะ พบว่า อุณหภูมิที่ควรเลือกใช้เป็นตัวแทนอุณหภูมิผิวทางคือ คืออุณหภูมิที่ตำแหน่งกึ่งกลางผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ในต่อมาได้มีการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อค่าโมดูลัสของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต [ธนศักดิ์ และ สมัคร, 2541] โดยทำการทดสอบในสนาม เป็นระยะทาง 100 เมตร ทุกๆ 25 เมตร 4 สายทาง เป็นสายทางที่ก่อสร้างบนคันทางดินเดิม 2 สายทางและเป็นทางก่อสร้างใหม่ 2 สายทางโดยทำการวัดอุณหภูมิผิวทาง และวัดค่าการแอ่นตัวของผิวทาง

ที่อุณหภูมิต่างๆด้วยเครื่องมือ FWD ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00 น. – 18.00 น. โดยวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของโมดูลัสของแอสฟัลต์คอนกรีต ด้วยโปรแกรม ELMOD 3 ใน 2 ลักษณะ คือ วิเคราะห์เป็นโครงสร้างทาง 3 ชั้น และ 4 ชั้น โดยผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่ได้เป็นไปในทำนองเดียวกัน ดังสมการที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

กรณีวิเคราะห์เป็นโครงสร้างทาง 4 ชั้น $E = 4.8024T^2 - 4757.78T + 12661$ (2)

กรณีวิเคราะห์เป็นโครงสร้างทาง 3 ชั้น $E = 4.8024\mathrm{T}^2 - 450.63T + 12514$ (3)

ในต่อมาได้มีการศึกษาการปรับแก้ผลกระทบของอุณหภูมิผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีต่อการประเมินความแข็งแรงของถนนลาดยาง [นวพลและคณะ, 2557] โดยทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวทาง และข้อมูลการทดสอบความแข็งแรงของผิวทางด้วยเครื่องมือวัดค่าการยุบตัวจากตุ้มกระแทก (FWD) โดยมีตำแหน่งการทดสอบกระจายทั่วประเทศไทย ในช่วงเวลาระหว่างปี 2553 -2554 และได้วิเคราะห์แบบจำลองการปรับแก้ค่าการแอ่นตัวแสดงได้สมการที่ 4 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (R^2) เท่ากับ 0.538 และจะได้ค่าการแอ่นตัวที่อุณหภูมิอ้างอิงดังสมการที่ 5 ตามลำดับ

$$DCF = 10^{(4.089\mathrm{x}10^{-4})z^{1.145}(35-T)} \quad (4)$$

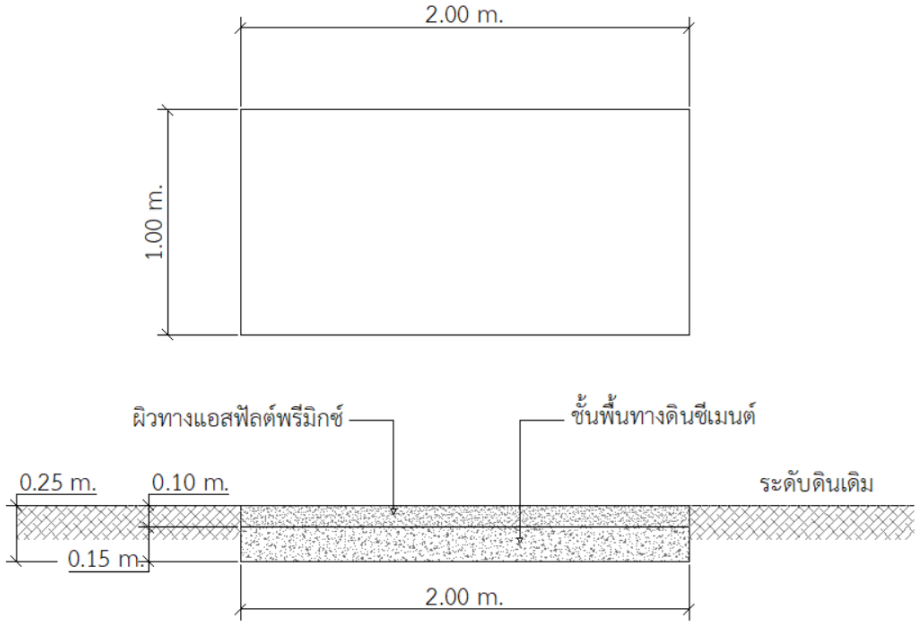
$$D_{ref} = DCF \,\mathrm{x} D_T \quad (5)$$

โดยที่ DCF = ค่าปรับแก้ผลของอุณหภูมิต่อค่าการแอ่นตัว (Deflection Correction Factor) ให้เป็นค่าการแอ่นตัวของผิวทางที่อุณหภูมิมาตรฐานที่ 35 °C, D_{ref} คือ ค่าการแอ่นตัวที่อุณหภูมิมาตรฐาน, D_T ค่าการแอ่นตัวที่อุณหภูมิใดๆ, T คือ อุณหภูมิทดสอบใดๆ ที่กึ่งกลางผิวทาง, Z คือ ความหนาชั้นผิวทาง

ทั้งนี้ได้กล่าวอธิบายไว้เบื้องต้นแล้วว่าผลการศึกษาทั้งหมดข้างต้นนี้ได้มากจากการทดสอบด้วยเครื่อง FWD ขนาดปกติ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง แต่ก็มีข้อจำกัดในด้านราคาที่ค่อนข้างสูง ด้านความยุ่งยากในการทดสอบเนื่องจากมีขนาดใหญ่ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงมุ่งทดสอบด้วยเครื่อง LWD ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า และคุณสมบัติอีกหลายประการดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว

วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นที่สร้างแปลงทดสอบไว้บริเวณพื้นที่ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เพื่อความสะดวกสำหรับนักวิจัยในการปฏิบัติงานและติดตามเก็บข้อมูล โดยกำหนดขนาดและรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 2 โดยแปลงทดสอบมีขนาด 1.00 m x 2.00 m ทำการขุดจากผิวดินเดิมลึก 25 ซม. และปรับระดับเพื่อก่อสร้างชั้นพื้นทางดินซีเมนต์หนา 15 ซม. และชั้นแอสฟัลต์จากยางมะตอยผสมสำเร็จหนา 10 ซม. เพื่อจำลองโครงสร้างถนนลาดยางรับน้ำหนักเบา สำหรับวิธีการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนต่าง ดังนี้



ภาพที่ 2 ภาพตัดแสดงรายละเอียดแปลงทดสอบในโครงการวิจัยนี้

1) ทดสอบคุณสมบัติของดินซีเมนต์ที่จะใช้ทำพื้นทางแบบปรับปรุงคุณภาพในแปลงทดสอบตามมาตรฐานที่ ทล. – ม. 204/2556 (กรมทางหลวง, 2546)

2) จัดเตรียมพื้นที่แปลงทดสอบตามที่กำหนดไว้ และทดสอบความแข็งแรงของชั้นดินเดิมด้วยเครื่องมือ LWD โดยเลือกใช้แผ่นเหล็กกระจายแรงกระแทกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม.

3) เทชั้นพื้นทางดินซีเมนต์ และบดอัดให้แน่นสม่ำเสมอตลอดทั้งแปลง โดยใช้เครื่องตบดินน้ำหนักกดทับ 7 ตัน จากความถี่การสั่นสะเทือน 5600 รอบต่อนาที ให้ได้ความหนาดินซีเมนต์หลังบดอัด 0.15 ม.

4) เมื่อพื้นทางดินซีเมนต์อายุครบ 15 วัน ตามมาตรฐาน ๖กรมทางหลวง, 2546) ทำการเทผิวทางด้วยยางมะตอยผสมสำเร็จ พร้อมบดอัด ดังภาพที่ 3

5) ทำการวัดอุณหภูมิผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยในงานวิจัยนี้จะใช้อุณหภูมิผิวทางที่ความลึกกึ่งกลางเป็นตัวแทนค่าอุณหภูมิของชั้นแอสฟัลต์ทั้งหมด ดังภาพที่ 4

6) ทำการทดสอบการยุบตัว ดังภาพที่ 5 ที่ตำแหน่งเดิมของผิวแอสฟัลต์กลางแปลงทดสอบ ด้วยเครื่องมือ LWD จำนวน 10 ชุด/ชั่วโมง จนครบ 24 ชั่วโมง โดยทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของแอสฟัลต์ในทุกชั่วโมงของการทดสอบ

7) ทำการวิเคราะห์ผลทดสอบเพื่อนำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการปรับแก้ค่าการยุบตัวที่ผิวทาง และค่าโมดูลัสยืดหยุ่นผิวทางที่เหมาะสม

8) ทำการทดสอบวัดค่าการยุบตัวบนถนนที่ใช้งานจริงในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลยืนยันประสิทธิภาพของแบบจำลอง ทำการวิเคราะห์และสรุปผล



ภาพที่ 3 การบดอัดชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต



ภาพที่ 4 การวัดอุณหภูมิตำแหน่งผิวบนและกึ่งกลางผิวทางแอสฟัลต์



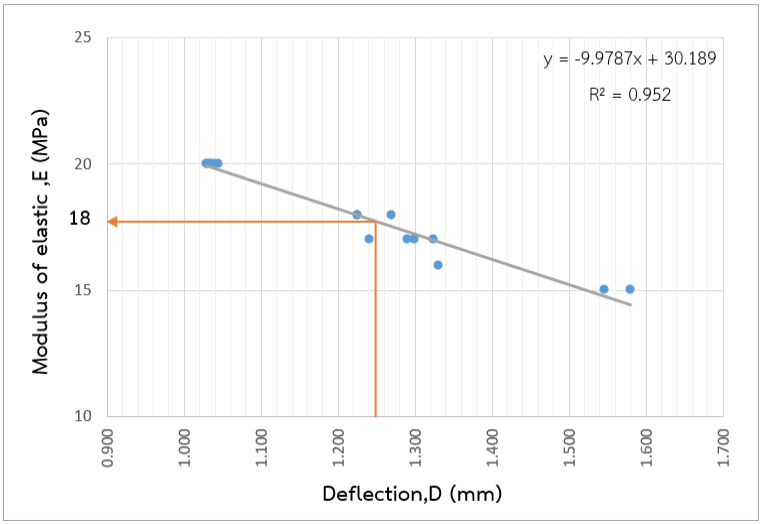
ภาพที่ 5 การทดสอบวัดค่าการยุบตัวในแปลงทดสอบ

ผลและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการทดสอบวัสดุชั้นดินเดิมและพื้นทาง

ที่ระดับความลึกของชั้นดินเดิมที่ขุดลึกลงไป 25 ซม. นั้น ได้ทำการทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่องมือ LWD ซึ่งจากข้อมูลที่ระบุในคู่มือจากโรงงานผู้ผลิตในประเทศญี่ปุ่นมีข้อแนะนำให้เลือกใช้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นที่สอดคล้องกับค่าการทรุดตัวที่สัมพันธ์กับขนาดแผ่นเหล็ก กรณีแผ่นเหล็กกระจายแรงกระแทกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มม. แนะนำให้ใช้ค่ายุบตัว 1.25 มม. ซึ่งได้ทำการทดสอบหลายระดับแรงและได้ผลการวิเคราะห์การถดถอย และได้ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นดินเดิมเท่ากับ 18 MPa ดังภาพที่ 6

ในส่วนของชั้นพื้นทางของแปลงทดสอบที่ถูกออกแบบให้เป็นชั้นพื้นทางปรับปรุงคุณภาพแบบดินซีเมนต์ โดยผลการทดสอบคุณสมบัติของดินลูกรังที่คัดเลือกมาพบว่ามีค่าพิกัดเหลวร้อยละ 27.8 ค่าดัชนีพลาสติกร้อยละ 4.91 และผลการทดสอบการร่อนผ่านตะแกรงผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมทางหลวง โดยการทดสอบโดยวิธี Modified Proctor Compaction Test ได้ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมร้อยละ 8.8 ซึ่งจะนำไปใช้ในการผสมดินกับซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 ต่อไป

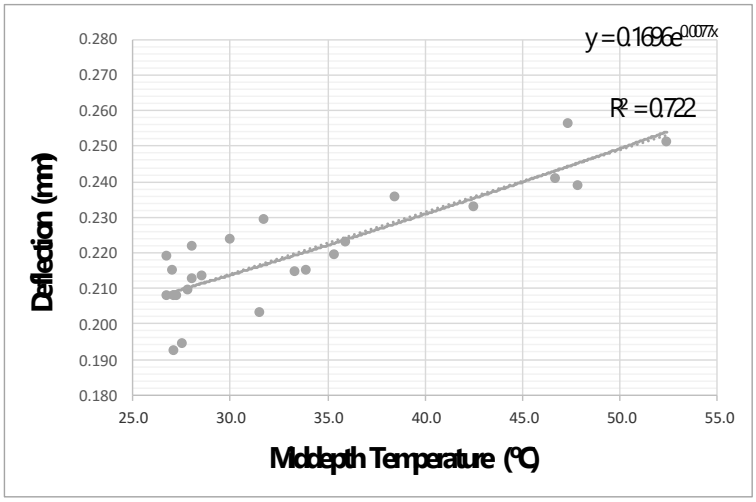


ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของชั้นดินเดิม

ผลการสร้างแบบจำลองการปรับแก้ค่าการยุบตัว

ผลการทดสอบค่าการยุบตัวที่ได้จากเครื่องมือ LWD

ที่ตำแหน่งเดิมในแปลงทดสอบ ตลอดระยะเวลา 24 ชั่วโมง เทียบกับอุณหภูมิที่กึ่งกลางความหนาชั้นแอสฟัลต์แสดงได้ดังภาพที่ 7 ซึ่งพบว่าค่าการยุบตัวมีค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อวิเคราะห์การถดถอยหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและค่าการยุบตัวให้ได้ความสัมพันธ์แบบเอกซ์โพเนนเชียลเพื่อให้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา ได้ค่าความเชื่อมั่น R^2 เท่ากับ 0.72 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี

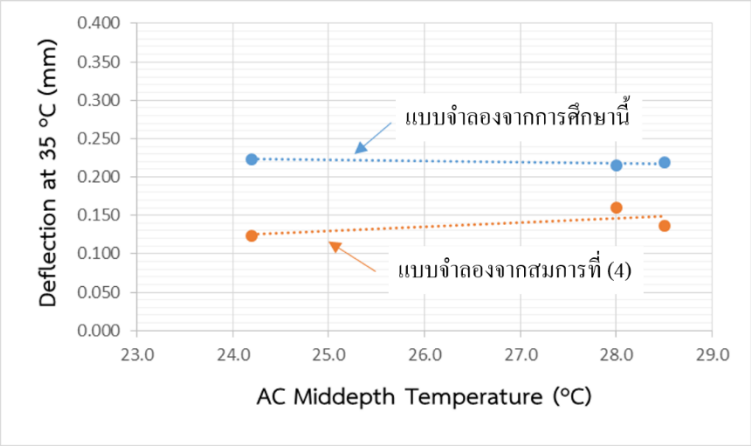


ภาพที่ 7 ความแปรผันของค่าการยุบตัวของผิวแอสฟัลต์จากการทดสอบ LWD เทียบกับอุณหภูมิ

ค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยค่าการยุบตัวที่แสดงในภาพที่ 7 สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองปรับแก้ค่าการยุบตัว โดยเลือกกำหนดให้อุณหภูมิ 35 °C เป็นอุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางในประเทศไทย เพื่อให้เป็นแนวทางเดียวกันกับงานวิจัยที่ผ่านมา [นวพล และคณะ, 2557] ซึ่งทำให้สามารถนำเสนอค่าปรับแก้การยุบตัว (Deflection Correction Factor) ของถนนลาดยางมะตอยแบบผสมสำเร็จได้ดังสมการที่ 6 โดยแนวทางการใช้งานค่าปรับแก้ในสมการที่ 6 ยังคงเป็นไปในลักษณะเดียวกับสมการที่ 4 คือใช้คู่กับสมการที่ 5 เพื่อหาค่าการยุบตัวที่อุณหภูมิมาตรฐาน 35 °C

$$DCF = 10^{(3.6\text{x}10^{-5})z(35-T)} \qquad (6)$$

ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องเหมาะสมและตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ จึงได้ทำการเลือกถนนภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี โดยมีเกณฑ์สำคัญในการคัดเลือกคือ เป็นถนนลาดยางมะตอยที่ออกแบบและก่อสร้างเพื่อรองรับปริมาณจราจรขนาดเล็ก และมีความหนาไม่มาก สอดคล้องกับแปลงทดสอบและขนาดของเครื่องมือ LWD โดยทำการทดสอบที่ตำแหน่งเดิม ในช่วงเช้าเวลา 11.00 น. / ช่วงบ่ายเวลา 14.00 น. / และช่วงค่ำเวลา 19.00 น. เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิแอสฟัลต์ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะทำให้ได้ค่าการยุบตัวที่แตกต่างกันด้วย โดยผลการทดสอบพบว่าช่วงอุณหภูมิที่กึ่งกลางผิวทางระหว่าง 24.2 – 28.5 °C ซึ่งค่อนข้างต่ำกว่าอุณหภูมิมาตรฐาน 35 °C โดยผลการปรับแก้ค่าการยุบตัวจากแบบจำลองที่เสนอในงานวิจัยนี้คือ สมการที่ 6 เปรียบเทียบกับสมการที่ 4 งานวิจัยก่อนหน้า ๖นวพล และคณะ, 2557]) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการปรับเทียบค่าการยุบตัวจากถนนจริงจาก 2 แบบจำลอง

จากผลการปรับแก้ค่าการยุบตัวในภาพที่ 8 พบว่าค่าการยุบตัวภายหลังการปรับแก้ด้วยแบบจำลองที่นำเสนอจากการศึกษานี้ สามารถปรับแก้ให้ค่าการยุบตัวที่อุณหภูมิต่างกันกลับมามีค่าในระดับใกล้เคียงกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความต่างน้อยกว่ากรณีการใช้แบบจำลองจากสมการที่ 4 นอกจากนั้นยังมีข้อสังเกตที่ชัดเจนว่าแบบจำลองจากการศึกษานี้ให้ค่าการยุบตัวที่สูงกว่าค่าปรับแก้จากสมการที่ 4 ซึ่งเป็นไปได้ว่าเนื่องจากสมการนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาจากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบถนนของกรมทางหลวง ซึ่งมีความแข็งแรงกว่ามาก ในขณะที่สมการที่ 6 ถูกพัฒนาจากผิวทางยางมะตอยแบบผสมสำเร็จโดยตรง จึงประยุกต์ใช้งานกับผลทดสอบในกรณีนี้ได้เหมาะสมกว่า และในลักษณะของงานอื่นๆ ที่เป็นในลักษณะของงานเฉพาะที่ต้องการให้แอสฟัลต์มีความหนาสูง อาจส่งผลให้การกระจายตัวของอุณหภูมิมีค่าต่ำกว่า หรืออาจแต่กต่างไปจากงานวิจัยในครั้งนี้มาก ดังนั้นจึงควรจัดทำแปลงทดสอบเช่นเดียวกัน เพื่อศึกษาค่าการยุบตัวของแอสฟัลต์จากผลกระทบของอุณหภูมิแวดล้อมต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาประเมินกำลังรับน้ำหนักถนนที่ผ่านมาโดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่ถนนสายหลักซึ่งแน่นอนว่ามีความสำคัญกับหลายภาคส่วนอย่างมาก ซึ่งอาจเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้มีรายงานการวิจัยจำนวนน้อยมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความแข็งแรงเกี่ยวกับโครงสร้างถนนที่รับน้ำหนักขนาดเล็ก ทำให้ภาพความเสียหายของผิวทางของถนนในชุมชน รวมทั้งทางจักรยาน ทางเดินเท้า ลานจอดรถยนต์ขนาดเล็ก กลายเป็นสภาพชินตาในสังคมไทย

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งศึกษาแนวทางการประเมินความแข็งแรงของโครงสร้างดังกล่าว เพื่อสร้างแบบจำลองปรับแก้ค่าผลทดสอบที่ได้จากการวัดค่าการยุบตัวที่อุณหภูมิต่างกัน ซึ่งเป็นปัญหาที่ต้องเผชิญโดยตลอดในการปฏิบัติงานจริง โดยทดสอบกับแปลงทดสอบที่สร้างขึ้นภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี บนชั้นดินเดิมที่มีพื้นทางเป็นดินซีเมนต์และผิวทางเป็นยางมะตอยผสมสำเร็จ ซึ่งผลการทดสอบวัดค่าการยุบตัวที่ผิวทางด้วยเครื่องมือ LWD ตลอด 24 ชั่วโมง ที่ตำแหน่งเดิมแสดงความแปรผันอย่างมากเมื่อเทียบกับอุณหภูมิแอสฟัลต์ขณะทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาทั้งในและต่างประเทศ

ผลจากการศึกษาได้นำเสนอแบบจำลองปรับแก้ค่าการยุบตัว ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่เทียบกับข้อมูลพื้นฐานในระดับดี ผลการนำไปประยุกต์ใช้กับการทดสอบจากโครงสร้างถนนที่รับน้ำหนักขนาดเล็กซึ่งใช้งานอยู่จริงในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พบว่าแบบจำลองที่นำเสนอสามารถปรับแก้ให้ค่าผลทดสอบการยุบตัวที่อุณหภูมิต่างกัน มีค่าเข้าสู่การยุบตัวที่อุณหภูมิมาตรฐาน 35 °C ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความต่างน้อยกว่าแบบจำลองจากงานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งน่าจะเหมาะกับโครงสร้างถนนทางหลวงมากกว่า ผลจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางที่สำคัญในการศึกษาวิจัยต่อเนื่องเพื่อพัฒนาระบบการประเมินความแข็งแรงโครงข่ายถนนในชุมชนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2560 ในการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบทีมนักวิจัยและนักศึกษาในศูนย์ความเป็นเลิศด้านโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีท่าอากาศยาน (Center of Excellence of Infrastructure & Airport Technology, CEIA) ทุกท่านที่ร่วมแรงร่วมใจดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Thongindam, P. 2009. **Enhancement of Backcalculation Techniques for Assessing Flexible Pavement Layer Moduli Using Genetic Algorithms**, Doctoral Dissertation, Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hannover, Hannover, Germany.

Burmister, D. M. 1945. **The General Theory of Stresses and Displacements in Layered Systems**. Journal of Applied Physics.

J. Boussinesq. 1885. **Application des Potentiels a L'etude de l'equilibre et due Mouvement des Solides Elastique**. Gauthier Villars, P.

ประสิทธิ์ ภู่ประทุม และ แสงชัย เทพสิทธิทรากรณ์ . 2539**. รายงานฉบับที่ วพ.153 แผนภูมิแก้ไขค่าการแอ่นตัวเนื่องจากอุณหภูมิของถนน** กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง.

ประสิทธิ์ ภู่ประทุม . 2539**. รายงานฉบับที่ วพ.158 อุณหภูมิมาตรฐานของถนนของกรมทางหลวง** กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง.

นวพล พรหมจารีย์ , อภิชัย อิสริยานุกูล , สาธิต อินนามเพ็ง , บรรพต อ่องสุขสันต์ . 2556**. รายงานฉบับที่ วพ.305 การศึกษาลักษณะอุณหภูมิของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อประโยชน์แก่การประเมินความแข็งแรงของถนนลาดยาง** กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง.

ธนศักดิ์ ใฝ่กระโทก และ สมัคร สนทอง. 2541. **ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอีลาสติคโมดูลัสของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตจากการทดสอบด้วย Falling Weight Deflectometer (FWD).** รายงานวิจัยฉบับที่ วพ.170 ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทาง หลวงกระทรวงคมนาคม.

นวพล พรหมจารีย์ , อภิชัย อิสริยานุกูล , สาธิต อินนามเพ็ง , บรรพต อ่องสุขสันต์ . 2557**. รายงานฉบับที่ วพ.306 การปรับแก้ผลกระทบของอุณหภูมิผิวทางแอสฟัลต์คอนรีตทีมีต่อการประเมินความแข็งแรงของถนนลาดยาง** กรุงเทพมหานคร : กรมทางหลวง สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง.

กรมทางหลวง. 2546. **มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base) มาตรฐานที่ทล.-ม. 204/2556**.

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิก

Temperature and Relative Humidity Control using Fuzzy Logic

วุฒิชัย ปวงมณี[1*] ฐิติ กันทาปัน[1] และ มารุต คงเพชร์[2]

Wutichai Phongmanee[1*] Thiti Kantapan[1] Marut Khongpech[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิกในการตัดสินใจ กรณีศึกษาการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 โดยใช้อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ มาทำการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ที่ใช้ระบบการระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น (Evaporative cooling system) และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย สำหรับบันทึกข้อมูลและแสดงผลบนเว็บไซต์ จากผลการทดลอง โดยใช้วิธีดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzifcation) แบบหาจุดศูนย์ถ่วง (Center Of Gravity) สามารถควบคุมอุณหภูมิในช่วง 20-27 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 70-80 %RH โดยอุปกรณ์ที่ออกแบบ มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมในการวัดอุณหภูมิไม่เกิน 1.7 องศาเซลเซียสและค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 12.4%RH

คำสำคัญ : ฟัซซีลอจิก, ฟัซซีเซต, Evaporative cooling system, แผ่นรังผึ้ง

ABSTRACT

This paper presents the design of temperature and relative humidity control System by using the Fuzzy logic algorithm for decision, a case study of grow Strawberry Pharachatan 80. by using temperature and relative humidity sensors to the measure value of the temperature and humidity in the Greenhouse using the Evaporative cooling system (EVAP), and use the microcontroller for control and connect to the internet for send temperature and relative humidity data to the computer server, for record data and report on the website. The results of the experiment using the Center Of Gravity (COG) of Defuzzifcation method can the temperature controller in the range of 20-27° and the relative humidity in the range of 70-80 %RH. The device it design, the total average error of the temperature measurement not exceed ±4°C and the total average error of the relative humidity measurement not exceed 12.4%RH.

Keywords : Fuzzy Logic**,** Fuzzy set, Evaporative cooling system**,** Cooling Pad

[1*, 1, 2] สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

[1*, 1, 2] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering and Technology, North – Chiang Mai University, Hangdong, Chiang Mai 50230, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : wutichai@north.ac.th

บทนำ

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีการนำมาใช้ในภาคการเกษตรในปัจจุบันมากขึ้น ธนากร น้ำหอม จันทร์ และอติกร เสรีพัฒนานนท์ (2557) ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือน

เพาะปลูกพืชไร้ดิน ศุภวุฒิ ผากา และคณะ (2557) ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด และ T. Kaewwiset and P. Yodkhad (2017) ได้พัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติโดยใช้ Fuzzy Logic ในขั้นตอนวิธีการเพาะเห็ด ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าสูง และต้องปลูกภายในโรงเรือนระบบปิด เพราะต้องมีการควบคุมการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ตลอดจนการป้องกันจากแมลงที่เป็นศัตรูของพืช ซึ่งจะมีต้นทุนในการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์สูงมาก อีกทั้งหากเป็นพืชที่ต้องเจริญเติบโตโดยมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นหรือต้องปลูกตามช่วงฤดูกาล ซึ่งจะมีปัญหาในด้านพื้นที่ๆ ทำการเพาะปลูกที่ไม่เหมาะสม ซึ่ง คมกฤช รามนัฏและคณะ (2550)ได้ใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิกสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการเตาอบ ยงยุทธ์ พัฒนพงศ์ และ ชัชวาล พรพัฒน์กุล (2559) มีการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมอินทิกรัลแบบปรับตัวได้สำหรับระบบควบคุมกระบวนการอุณหภูมิแบบการพา โดยส่วนใหญ่วิธีการที่นำมาใช้สำหรับการควบคุมการตัดสินใจในการทำงานจะใช้ฟัซซีลอจิกซึ่ง L. Novickis and A. Jurenoks (2017) ก็มีการนำมาใช้สำหรับระบบควบคุมความร้อน โดยการศึกษาในครั้งนี้มีแนวความคิดที่สร้างโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและสามารถดูแลได้ทั่วถึง โดยกรณีศึกษาการปลูก สตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น รวมถึงปริมาณการรดน้ำที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอร์รี่ เพื่อให้ต้นสตรอเบอร์รี่เจริญเติบโตตามสภาพอากาศในขณะนั้นและสามารถให้ดอกและผลได้

จากเหตุผลข้างต้นจึงได้มีแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนที่ใช้ระบบทำความเย็นแบบที่ใช้การระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น (Evaporative cooling system) ได้ใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิกในการตัดสินใจสำหรับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม สำหรับต้นสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ที่ปลูกได้ง่าย ทนทานต่อศัตรูพืชและเป็นสตรอเบอร์รี่ที่ทนต่อสภาพอากาศหนาวเย็นและติดดอกออกผลได้ง่ายเมื่ออยู่ในสภาพอากาศที่เหมาะสม ในรูปแบบของกล่องอุปกรณ์ควบคุมและมีการแสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้นบนเว็บไซต์สำหรับจัดเก็บเป็นข้อมูลเพื่อที่จะนำไปศึกษาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานที่จะกล่าวถึงโดยมีการศึกษาและออกแบบ การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิก กรณีศึกษาการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 โดยสถานที่ในการทดลองและทดสอบมหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ 169 หมู่ 3 ตำบลหนองแก๋ว อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ และเพื่อให้การดำเนินงานในครั้งนี้สำเร็จผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตตามที่ได้กำหนดไว้ มีขั้นตอนการดำเนินงานตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและเลือกอุปกรณ์

ศึกษาข้อมูลทฤษฎีฟัซซีลอจิกและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนแนวทางในการออกแบบโรงเรือนสำหรับปลูกสตรอเบอร์รี่และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาจุดอ่อน และปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลต่างๆ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้ ดังต่อไปนี้

1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสตรอเบอร์รี่

มนตรี แสนสุข. (2559) กล่าวว่าสตรอเบอร์รี่จัดอยู่ในตระกูล Rosaceae สกุล Fragaria มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐาน n = 7 การเจริญเติบโตเป็นไม้ล้มลุกอายุหลายปีขนาดเล็กที่มีลำต้นสั้นและหนาจนดูเหมือนว่าไม่มีลำต้น ทรงพุ่มกว้าง 20–30 เซนติเมตร สูง 15 – 20 เซนติเมตร ความสูงและทรงพุ่มแตกต่างไปตามพันธุ์

1.1.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของสตรอเบอร์รี่ ลำต้นจะแตกกอเป็นพุ่มเตี้ย 6-8 นิ้ว ทรงพุ่มกว้าง 8-12 นิ้ว สูง 6-8 นิ้วขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และฤดูปลูกและจะมีใบเป็นแบบกลุ่มประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ ขอบใบมีก้านใบยาวแต่ละต้นจะมีใบมากกกว่า 10 เจริญสลับกันแต่ละใบจะมีชีวิตอยู่นาน 1-3 เดือน และเป็นพืชที่มีระบบรากตื้นเมื่อย้ายมาปลูกจะสร้างรากที่แข็งแรง (Peg Root) ซึ่งจะมีอายุประมาณ 3-4 อาทิตย์ หลังจากนั้นรากที่เจริญขึ้นมาใหม่อาจเป็นแบบกึ่งถาวรมีอายุนานกว่าหนึ่งฤดูปลูกหรืออาจเป็นรากชั่วคราว (อายุ 1-7 วัน) ซึ่งจะเจริญในระดับความลึก 3-4 นิ้ว หรืออาจจะลึก 12 นิ้วในดินที่ร่วนซุย ดังนั้นรากจะเจริญสูงขึ้นเหนือระดับดินตามอายุ ในส่วนของตาดอกจะ เจริญจากตายอดซึ่งเกิดจากเหง้าที่เจริญขึ้นมาใหม่เมื่อได้อุณหภูมิต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ช่วงแสงสั้น (ต่ำกว่า 10 ชั่วโมงต่อวัน) ชักนำให้เกิดการเจริญของดอกโดยแต่ละต้นมีช่อดอก 4-7 ช่อและแต่ละช่อจะมีดอก 5-10 ดอกๆ จะมีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ และกลีบดอก 5 กลีบ แต่ในดอกขนาดใหญ่อาจจะมีมากกว่านี้ในอุณหภูมิกลางวันสูงกว่า 22.2 องศาเซลเซียสต่ออุณหภูมิกลางคืน 21.1 องศาเซลเซียส แสดงตัวอย่างต้นสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 ดังภาพที่ 1



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 สตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 (ก) ลำต้นและใบไม้ (ข) ดอกสตรอเบอร์รี่ (ค) ผลสตรอเบอร์รี่

1.1.2 การให้น้ำของสตรอเบอร์รี่ส่วนใหญ่ใช้แบบระบบน้ำหยดเพราะทำให้สตรอเบอร์รี่แข็งแรงไม่เป็นโรคง่ายและแปลงปลูกไม่แฉะชื้น มีวัชพืชน้อยและที่สำคัญทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดีและประหยัดน้ำ ถ้าเป็นระบบน้ำหยดจะให้น้ำนานประมาณ 20-30 นาทีต่อครั้ง แต่ถ้าวันไหนแดดจัดจะให้น้ำ 2 ครั้ง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมซึ่งอุณหภูมิเป็นตัวการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่ คือ อุณหภูมิช่วงกลางวัน 24

องศาเซลเซียส ช่วงกลางคืน 16 องศาเซลเซียส หรืออุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 20-27 องศาเซลเซียส โดย ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์.(2543) สรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและการเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่

ลับดับ	การเจริญเติบโตของสตรอเบอร์รี่	อุณหภูมิ/องศาเซลเซียส	เวลา/เดือน
1	อุณหภูมิที่ต่ำสูงสำหรับการพัฒนาตาดอก	24 °C	
2	ช่วงแสงสารอาหารไม่มีผลต่อการพัฒนาตาดอก	12 °C	
3	อุณหภูมิที่เหมาะสม	ช่วงกลางวัน 25 °C ช่วงกลางคืน 18 °C	ช่วงเดือนกันยายน – เดือนตุลาคม
4	ช่วงแสงสารอาหารมีผลต่อการพัฒนาตาดอก	18 °C	
5	อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการพัฒนาของดอก	22-24 °C	

ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำช่วงแสงสั้นหรือปลายเดือนกันยายนจนถึงตุลาคมเนื้อเยื่อจะเปลี่ยนจากตาใบเป็นตาดอก โดยจะเริ่มเมื่ออุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 12 องศาเซลเซียส และเมื่อช่วงแสงต่ำกว่า 10 ชั่วโมงต่อวันจะกระตุ้นการพัฒนาตาดอก ช่วงแสงที่เหมาะสมคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน

1.2 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

ไพโรจน์ เยียระยง .(2559, น. 42 - 44) กล่าวว่า เซต (Set) เป็นวิชาแขนงหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์ที่นักวิชาการทั่วๆ ไปจะรู้จักวิชานี้ในลักษณะที่เป็นการศึกษาการรวมกลุ่มของสิ่งของ (Collections) โดยพิจารณาการรวมกลุ่มของสิ่งของเช่น จุด เส้น สมการและจำนวนจริง ซึ่งถูกพัฒนาในประเทศและต่างประเทศจนเกิดความก้าวหน้าเป็นแขนงวิชาที่มีความสำคัญในวิชาคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ การดำเนินการเชิงตรรกะของฟัซซีลอจิกจะมีลักษณะเช่นเดียวกับทฤษฎีเซตแบบดั้งเดิม โดยการดำเนินการพื้นฐานที่สำคัญได้แก่ ยูเนียน (Union) อินเตอร์เซกชัน (Intersection) และคอมพลีเมนต์ (Complement) ซึ่งการอนุมานฟัซซีมีอยู่ 2 วิธี คือ Mamdani และ Sugeno ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะใช้งานแบบ Mamdani โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 การอนุมานฟัซซีแบบ Mamdani

เป็นการอนุมานที่นิยมใช้กันมาก เสนอเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1975 โดย Ebrahim Mamdani ขบวนการอนุมานแบบ Mamdani จะมี 4 ขั้นตอนประกอบด้วย การทำฟัซซี (Fuzzification) การประเมินค่ากฎของฟัซซี (Fuzzy Rule Evaluation) การรวมกฎ (Rule aggregation) และการทำดีฟัซซี (Defuzzification) ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายจะทำการหาค่าเฉลี่ยจากเซตผลรวมจากขั้นตอนที่ผ่านมา และมีหลายวิธีส่วนใหญ่อยู่บนพื้นฐานของการหาค่าเฉลี่ยของผลรวมที่ได้จากผลลัพธ์ของทุกๆ กฎ และการศึกษาในครั้งนี้เลือกใช้วิธีหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of gravity: COG) โดยมีรูปแบบดังสมการที่ 1

$$\text{COG} = \frac{\sum \mu_n y_n}{\sum \mu_n} \quad (1)$$

กำหนดให้

COG คือ เอาท์พุตของระบบควบคุม

y_n คือ เอาท์พุตที่ได้ของแต่ละกฎ (จุดศูนย์ถ่วง)

μ_n คือ ค่าความเป็นสมาชิกแต่ละเอาท์พุต

จากสมการที่ 1 เมื่อแทนค่า x (u) และ y (u) จะได้

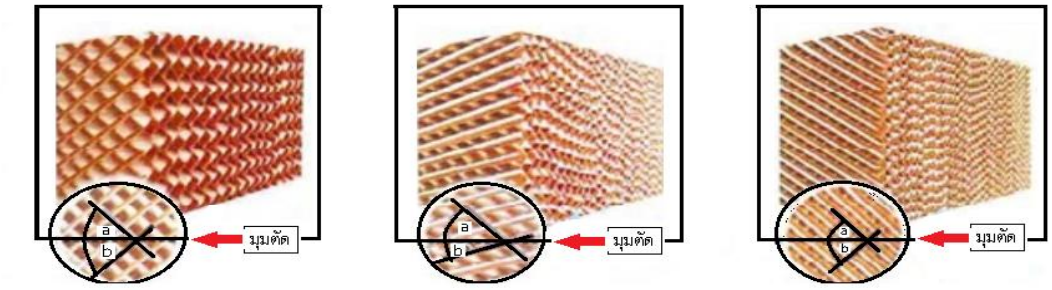
$$\text{Control Signal (u)} = \frac{xy + xy_n}{y + y_n} \quad (2)$$

1.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 ที่สามารถใช้งานร่วมกับ Ethernet Shield W5100 เพื่อที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตผ่านทางสายแลน ซึ่งปัญหาการเชื่อมต่อจะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการเชื่อมต่อกับโมดูลไร้สาย (Wireless) อีกทั้งการตรวจสอบและแก้ไขทำได้ง่ายกว่า

1.4 โมดูล DHT22 ซึ่งสามารถทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นได้ในอุปกรณ์เพียง 1 ตัวเท่านั้น ในการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้น ประกอบด้วยข้อมูลขนาด 40 บิต แบ่งออกเป็นข้อมูลความชื้น 16 บิต ข้อมูลอุณหภูมิ 16 บิต และอีก 8 บิต ใช้สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยวิธี Checksum

1.5 อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor FC-28 ใช้สำหรับวัดความชื้นในดิน กันน้ำได้โดยสามารถปรับระดับความชื้นได้โดยหมุน Potentiometer บนบอร์ด โดยจะได้เอาท์พุตเป็น HIGH (1) หรือ LOW (0) เมื่อความชื้นสูงกว่าหรือต่ำกว่า Potentiometer ที่ตั้งไว้

1.6 แผ่นรังผึ้ง (Cooling Pad) มีขนาดมาตรฐานอยู่ 3 ชนิด คือ แผ่นรังผึ้ง 7090 แผ่นรังผึ้ง 7060 และ แผ่นรังผึ้ง 5090 โดยในการดำเนินงานครั้งนี้เลือกใช้แบบ แผ่นรังผึ้ง 5090 ขนาดร่องอากาศไม่เกิน 5 มิลลิเมตร มีมุมตัด a=45°, b=45° พื้นที่ผิวสัมผัสต่อ 1 ลูกบาศก์เมตรต่อ 660 ตารางเมตรและมีค่าประสิทธิภาพในการระเหยน้ำ 97 %RH แสดงตัวอย่างของแผ่นรังผึ้งดังภาพที่ 2



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 แผ่นรังผึ้ง (Cooling Pad) (ก) แผ่นรังผึ้ง 7090 (ข) แผ่นรังผึ้ง 7060 (ค) แผ่นรังผึ้ง 5090

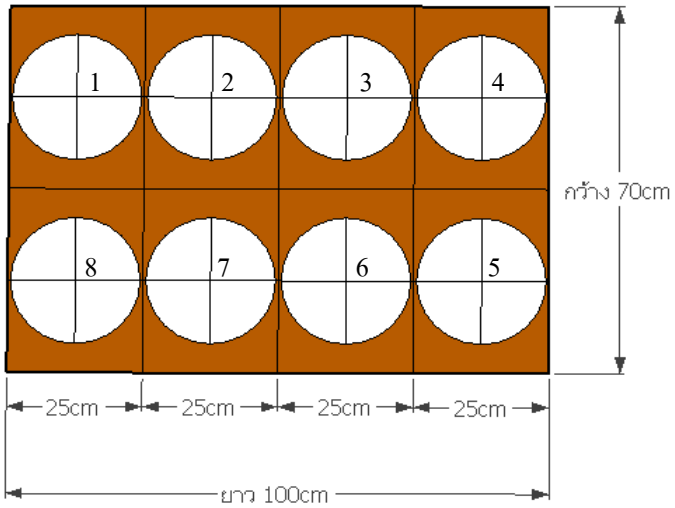
1.7 ระบบทำความเย็นแบบที่ใช้การระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น (Evaporative cooling system)

อาศัยหลักการดึงความร้อนจากอากาศไประเหยน้ำทำให้อากาศเย็นตัวลง โดยปกติแล้วจะใช้ วัสดุผิวเปียก (Wetted Media) ช่วยให้การเพิ่มพื้นที่สัมผัสของน้ำกับอากาศ ทำให้การระเหยของน้ำเร็วขึ้น โดยทั่วไประบบ Evaporative Cooling จะแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ Direct Evaporative Cooling และ Indirect Evaporative Cooling กล่าวโดย C.R.Patil et al.(2013)โดยเลือกใช้วิธีแบบ Direct ซึ่งมีประสิทธิภาพมีในการทำงานมากกว่าเพราะวิธีแบบ Indirect/Direct จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าเนื่องจากต้นสตรอเบอร์รี่ไม่สามารถอยู่ในสภาวะที่มีความชื้นสูงได้

2. การออกแบบโรงเรือนและหลักการทำงาน

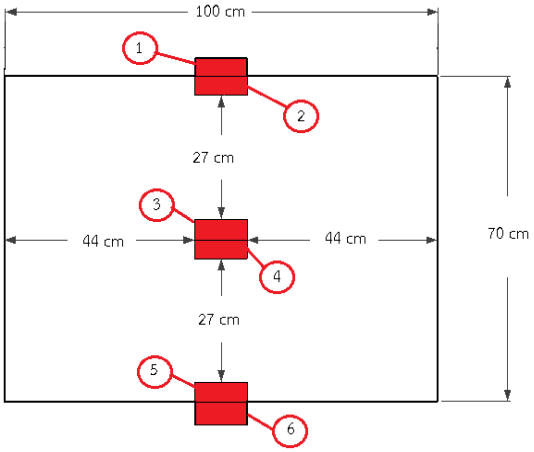
การออกแบบโรงเรือนคำนึงถึงพื้นที่ๆ เหมาะสมสำหรับการทดลองและทดสอบในการปลูกสตรอเบอร์รี่ ตลอดจนงบประมาณในการดำเนินงาน โดยมีการออกแบบส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1 ในการออกแบบโรงเรือนโดยนำข้อมูลพื้นฐานของสตรอเบอร์รี่มาใช้ในการออกแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดต้นสตรอเบอร์รี่จำนวน 8 ต้น แต่ละต้นมีระยะห่างประมาณ 25×35 เซนติเมตร ซึ่งขนาดต้นสตรอเบอร์รี่ที่มีต้นทรงพุ่มกว้างขนาด 20-35 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3



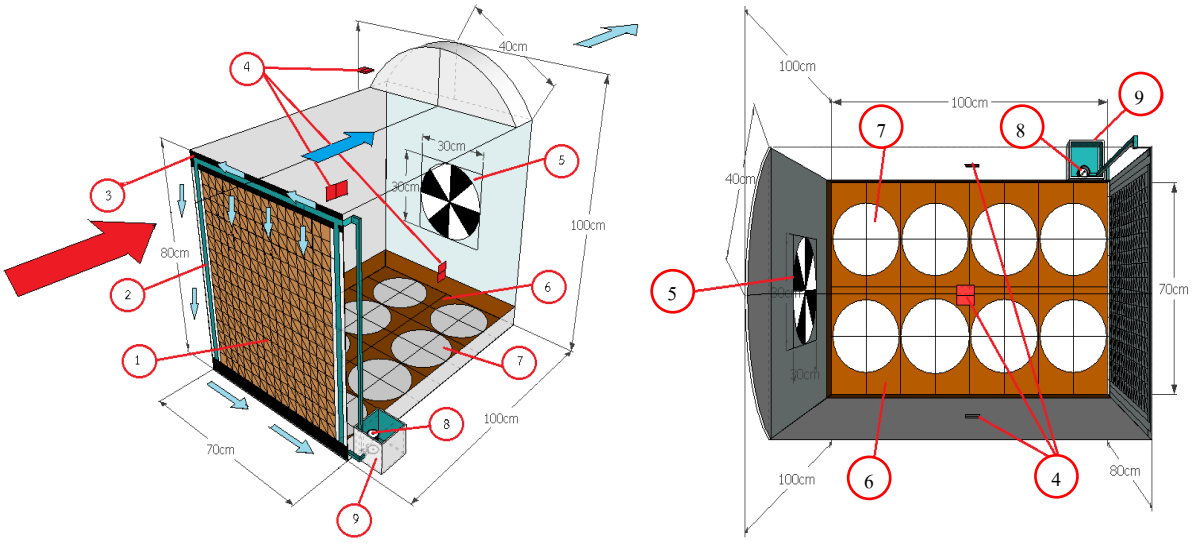
ภาพที่ 3 ขนาดระยะห่างการปลูกสตรอเบอร์รี่

2.2 การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ทั้งหมดจำนวน 5 ตัว โดยติดตั้งไว้ภายในและภายนอกของโรงเรือน โดยจะติดตั้งไว้ด้านซ้ายจำนวน 1 ตัว ด้านขวาจำนวน 1 ตัวและด้านบนของโรงเรือนจำนวน 3 ตัวที่ระดับความสูง 80 เซนติเมตร โดยมีระยะห่างของอุปกรณ์ประมาณ 27 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตำแหน่งและระยะห่างการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นด้านบนภายในโรงเรือน

2.3 การออกแบบโรงเรือนจากข้อมูลข้างต้นได้ขนาดของโรงเรือนที่ 70×100×100 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 5

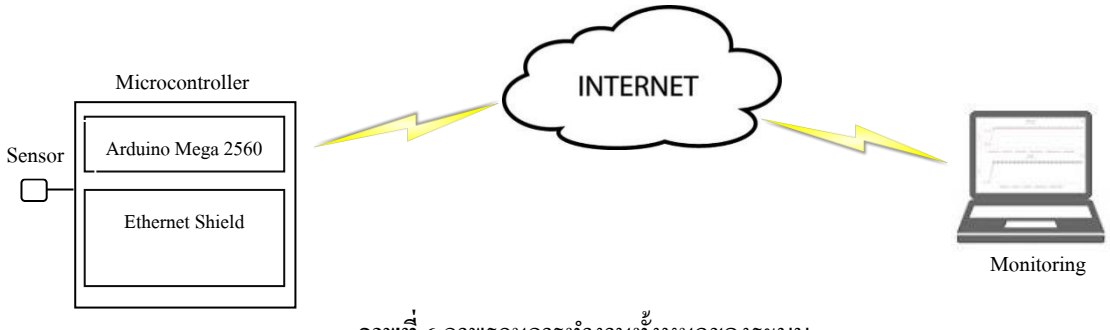


(ก) (ข)

ภาพที่ 5 (ก) ภาพรวมการออกแบบโรงเรือนและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ (ข) ด้านบนภายในโรงเรือน

ในการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ดังภาพที่ 5 ประกอบด้วย จุดที่ 1 แผ่นรังผึ้ง จุดที่ 2 ท่อน้ำ จุดที่ 3 รางรับน้ำของแผ่นรังผึ้ง จุดที่ 4 ตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิและความชื้น จุดที่ 5 พัดลมดูดอากาศ จุดที่ 6 แผ่นรองน้ำ จุดที่ 7 ตำแหน่งต้นสตรอเบอร์รี่ จุดที่ 8 ปั๊มน้ำ 2 ตัว ตัวที่ 1 ขนาด 900 ลิตรต่อชั่วโมง กำลังไฟ 20-23 วัตต์ สำหรับปั๊มน้ำไปจุดที่ 3 สำหรับแผ่นรังผึ้งและตัวที่ 2 สำหรับรดน้ำแบบหยดให้กับต้นสตรอเบอร์รี่ จุดที่ 9 ถังใส่น้ำและใช้พลาสติกใสคลุมโรงเรือน (Poly Ethylene : PE) หนา 0.15 มิลลิเมตร UV 3%

2.4 ภาพรวมการทำงานของระบบดังภาพที่ 6 ประกอบด้วย ส่วนการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ที่ติดตั้งกับโรงเรือนซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและส่งข้อมูลไปยังเว็บโฮสติ้ง (Hosting) สำหรับการบันทึกและจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลการทำงานและแสดงผลข้อมูลค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดินในการทำงานของระบบที่ได้ทำการออกแบบไว้ในขณะนั้น



ภาพที่ 6 ภาพรวมการทำงานทั้งหมดของระบบ

3. การออกแบบ Rules Based Fuzzy Logic

ในการกำหนดกฎการควบคุมด้วยฟัซซีที่มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรค่าอุณหภูมิและค่าความชื้น การทำงานของปั๊มน้ำและพัดลมดูดอากาศมีทั้งหมด 21 กฎ โดยแสดงวิธีการหากฎของรูปแบบทั่วไปดังตัวอย่างต่อไปนี้

กฎที่ 1 อุณหภูมิสูง และความชื้นต่ำ แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 2 อุณหภูมิต่ำ และความชื้นสูง แล้ว ปั๊มไม่ทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 3 อุณหภูมิสูง และความชื้นกลาง แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 4 อุณหภูมิกลาง และความชื้นต่ำ แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 5 อุณหภูมิกลาง และความชื้นสูง แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 6 อุณหภูมิกลาง และความชื้นกลาง แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 7 อุณหภูมิต่ำ และความชื้นกลาง แล้ว ปั๊มไม่ทำงาน และพัดลมทำงาน

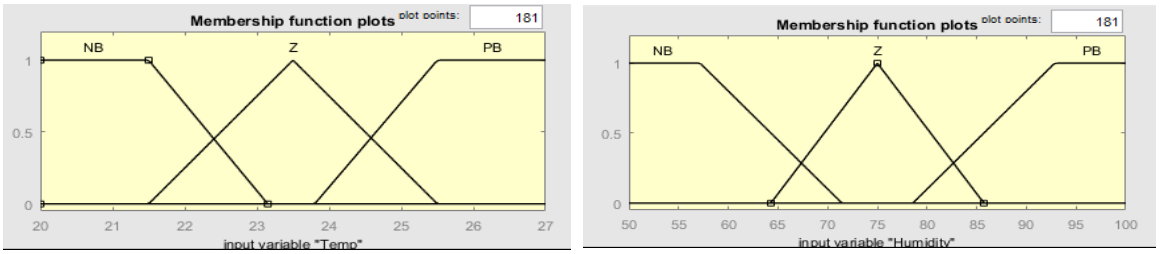
กฎที่ 8 อุณหภูมิต่ำ และความชื้นสูง แล้ว ปั๊มไม่ทำงาน และพัดลมทำงาน

กฎที่ 9 อุณหภูมิต่ำ และความชื้นต่ำ แล้ว ปั๊มทำงาน และพัดลมทำงาน

3.1 Membership Function

ฟัซซีเซตของอุณหภูมิในโรงเรือน ได้แก่ อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิกลาง และอุณหภูมิสูง โดยที่ค่าอุณหภูมิที่ถือว่าต่ำ กลาง หรือ สูง นั้นจะใช้กราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (Degree Of Membership : DOM หรือ DOF) เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิ โดยได้กำหนดตัวแปร NB = อุณหภูมิต่ำ Z =

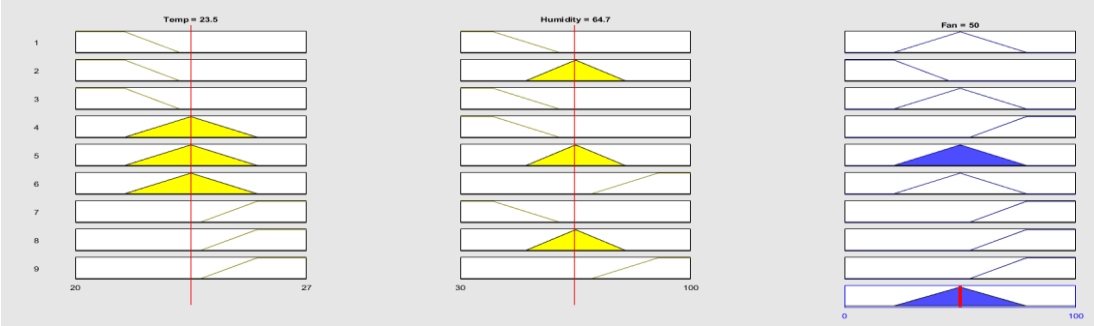
อุณหภูมิกลาง PB = อุณหภูมิสูง ดังภาพที่ 7 (ก) และกราฟความสัมพันธ์ของค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยได้กำหนดตัวแปลดังนี้ NB = ความชื้น ต่ำ Z = ความชื้น กลาง PB = ความชื้น สูง ดังภาพที่ 7 (ข)



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) แสดง Membership function ค่าอุณหภูมิ (ข) แสดง Membership function ค่าความชื้นสัมพัทธ์

การหา (Fuzzy Inference System : FIS) เพื่อหาข้อสรุปของผลลัพธ์ โดยใช้กระบวนการทางฟัซซีลอจิกของการทำงานพัดลมดูดอากาศในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 8



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 8 (ก) ค่าอุณหภูมิ (Temperature) (ข) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) (ค) การทำงานของพัดลมดูดอากาศ

โดยตารางกฎการควบคุมแสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 กฎการควบคุมของตัวควบคุมฟัซซีลอจิกของพัดลม

Temperature / Humidity	NB	Z	PB
NB	NB	NB	Z
Z	Z	Z	Z
PB	PB	PB	PB

จากค่าข้อมูลอุณหภูมิในภาพที่ 8 (ก) ค่าเท่ากับ 23.5 คำนวณหาค่า COG ของค่าอุณหภูมิได้ดังนี้

$$\text{Control Signal (u)} = \frac{xy + xy_n}{y + y_n} = \frac{23.5}{1} = 23.5$$

และค่าความชื้นสัมพัทธ์ในภาพที่ 8 (ข) มีค่าเท่ากับ 64.7 คำนวณหาค่า COG จากการดีฟัซซีของค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ดังนี้

$$\text{Control Signal (u)} = \frac{xy + xy_n}{y + y_n} = \frac{64.7}{1} = 64.7$$

จากนั้นทำการหาผลสรุปการทำดีฟัซซีในรูปแบบ Mamdani จากการดีฟัซซีที่มีค่าอุณหภูมิกับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เป็นอินพุตทั้ง 2 ค่า โดยการนำมาหาค่าเอาต์พุตที่จะนำไปใช้ ได้ดังนี้

64.7 - 23.5 = 41.2

ผลและวิจารณ์ผล

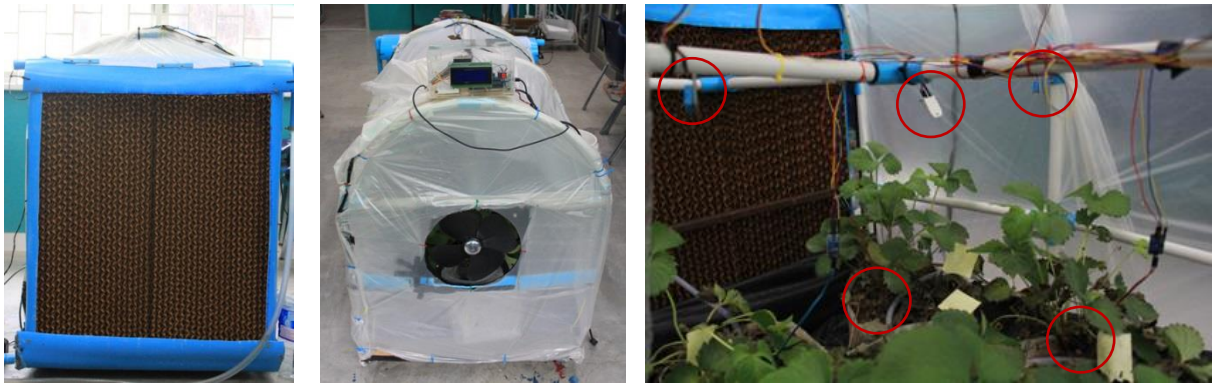
1. การทดลองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจำนวน 3 ตัวและภายนอกโรงเรือนจำนวน 2 ตัว อุณหภูมิของน้ำในถังสำหรับการทำระบบ EVAP (Temp.Water) และค่าความชื้นในดินของสตรอเบอร์รี่ที่ปลูกจำนวน 8 ต้น แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

วันที่-เวลา	อุณหภูมิ (°C)					Temp. Water (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)					ความชื้นในดินของถุงปลูกสตรอเบอร์รี่ (% RH)							
	ภายในโรงเรือน			ภายนอกโรงเรือน			ภายในโรงเรือน			ภายนอกโรงเรือน									
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8
2017-11-16 15:55	25	27	26	28	29	23	83	73	83	67	70	80	91	90	95	92	91	91	82
2017-11-16 15:56	25	27	26	28	29	23	83	73	82	76	70	84	90	95	86	88	95	90	80
2017-11-16 15:57	25	28	26	28	27	23	83	75	83	76	70	95	85	83	90	92	81	83	81
2017-11-16 15:58	22	25	23	27	26	15	81	78	86	72	77	90	80	79	86	80	90	79	91
2017-11-16 15:59	22	24	22	27	26	14	81	78	86	72	77	85	96	90	85	89	86	81	80
2017-11-16 16:00	22	24	23	27	28	14	80	78	86	72	76	87	80	82	92	85	95	90	86
2017-11-16 16:01	25	24	26	28	29	23	83	73	84	68	69	80	81	78	88	95	83	86	83
2017-11-16 16:02	25	28	26	28	29	23	84	75	84	68	71	80	91	90	88	92	80	81	81
2017-11-	25	27	26	28	29	23	84	73	84	68	71	84	92	90	89	89	81	91	90

16 16:03																			
2017-11-16 16:04	25	27	26	28	28	23	84	73	84	68	70	93	84	80	90	96	91	80	86
ค่าเฉลี่ย	24	26	25	28	28	20	83	75	84	71	72	86	87	86	89	90	87	85	84

จากข้อมูลตารางที่ 2 เป็นตัวอย่างข้อมูล ในวันที่ 16 พฤศจิกายน 2560 ตั้งแต่เวลา 15.55 – 16.04 วินาที รวมแล้วเป็นระยะเวลา 10 วินาที ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละช่วงเวลาค่าที่แสดงจะมีการปรับเปลี่ยน ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์ตรวจวัดที่นำมาใช้ โดยภาพรวมของโรงเรือนที่ได้ออกแบบและทำการสร้างสำหรับการทดลองแสดงดังภาพที่ 7



(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 7 (ก) ติดตั้งแผงรังผึ้ง (Cooling pad) (ข) ตำแหน่งติดตั้งพัดลมและกล่องควบคุม (ค) ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน

การทดลองวัดเพื่อปรับเทียบความแม่นยำในการวัดโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) และเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) กับอุปกรณ์ที่ได้ทำการออกแบบ แสดงดังตารางที่ 3 โดยการวัดแต่ละครั้งในการทดลองกำหนดระยะเวลาห่างกัน 1 นาที

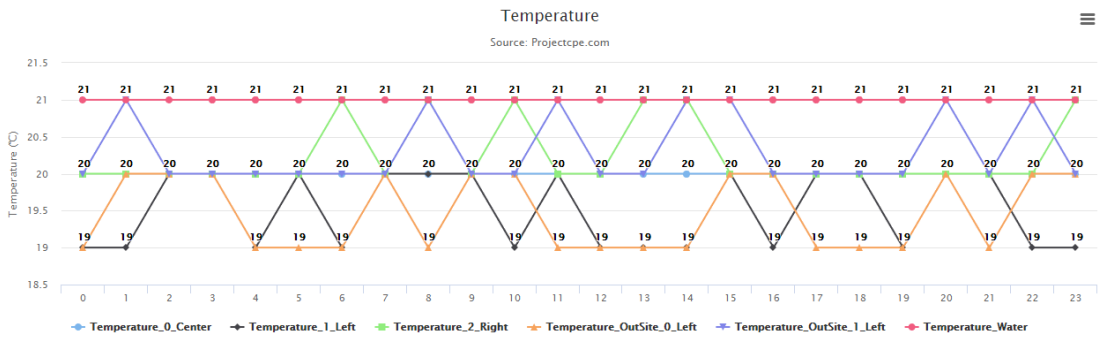
ตารางที่ 3 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน

ลำดับ	เครื่องวัด		อุปกรณ์ที่ออกแบบ		ค่าความผิดพลาด	
	ค่าอุณหภูมิ (°C)	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	ค่าอุณหภูมิ (°C)	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	ค่าอุณหภูมิ (°C)	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
1	28.4	54.4	31.3	57.2	2.9	2.8
2	29.5	56.3	29.4	62.4	0.1	6.1
3	29.2	48.2	29.4	63.3	0.2	15.1
4	29.3	47.4	29.4	64.5	0.1	17.1

5	29.4	47.4	29.4	65.1	0	17.7
6	28.2	48.2	31.5	63.6	3.3	15.4
7	27.2	48.7	30.2	63.7	3	15
8	26.4	47.6	29.2	64.1	2.8	16.5
9	26.4	52.3	29.2	61.8	2.8	9.5
10	27.2	52.3	29.2	61.8	2	9.5
		ค่าผิดพลาดเฉลี่ยรวม			1.7	12.47

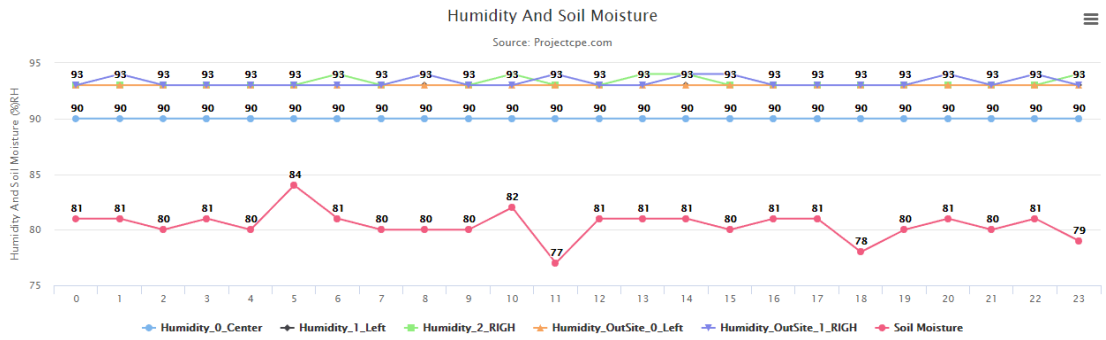
จากผลการทดลองวัดเพื่อปรับเทียบความแม่นยำในการวัดดังตารางที่ 3 พบว่าอุปกรณ์เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นมีค่าความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิแต่ละครั้งไม่เกิน ± 3.3°C และค่าความผิดพลาดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์แต่ละครั้งไม่เกิน ± 17.7%RH โดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมในการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ 1.7°C และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมในการวัดความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 12.4%RH

2. ผลการแสดงในส่วนของการทำงานบนเว็บไซต์ที่ออกแบบแสดง ดังภาพที่ 8 โดยแสดงกราฟข้อมูลอุณหภูมิที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ ที่ส่งมาจากกล่องควบคุมโดยค่าอุณหภูมิแสดงในแกนแนวตั้งและแกนแนวนอนแสดงเวลาที่ข้อมูลถูกส่งเข้ามายังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิทุกตำแหน่งของโรงเรือน

ภาพที่ 9 แสดงรูปแบบกราฟค่าความชื้นในดินที่ได้จากวัดความชื้นในดินที่ถูกส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยค่าความชื้นในแกนแนวตั้ง และแกนแนวนอนแสดงช่วงเวลา



ภาพที่ 9 ค่าความชื้นในดินถุงปลูกสตรอเบอร์รี่

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กรณีศึกษาการปลูกสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80 โดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิก ในช่วงเวลา 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 โดยนำต้นกล้ามาจาก อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิธีการรดน้ำใช้วิธีแบบหยดสามารถกำหนดเวลาได้เอง (Manual) และใช้วิธีแบบอัตโนมัติ (Automatic) เพราะการรดน้ำจะเป็นการให้น้ำแบบพร้อมกันทั้งหมด 8 ต้น ซึ่งต้นที่ 4 และต้นที่ 8 จะมีความชื้นเฉลี่ยสูงกล่าวต้นอื่นๆ เพราะอยู่ใกล้กับแผงแผ่นรังผึ้งเมื่อระบบ EVAP ทำงานและต้นที่ 1 กับต้นที่ 8 จะมีความชื้นเฉลี่ยต่ำกว่าเพราะอยู่ใกล้กับพัดลมระบายอากาศ ในโรงเรือนได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไว้ทั้งหมด 5 ตัว พบว่าอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิมีค่าความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิไม่เกิน ± 3.3°C มีค่าผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 1.7°C และค่าความผิดพลาดในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน ± 17.7%RH ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยรวมในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 12.4%RH สามารถทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แม่ข่ายได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-27 องศาเซลเซียสและความชื้นให้อยู่ในช่วง 70-80 %RH

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ที่ได้สนับสนุนการดำเนินงาน ตลอดจนสถานที่ในการทดลองจนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

คมกฤช รามนัฏ อำนาจ กาศักดิ์ สิทธิ์ชัย บุญปิยทัศน์ เสถียร ธัญญศรีรัตน์และ เทียนชัย สุขศรี. 2550. การควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการเตาอบด้วยตัวควบคุมฟัซซีลอจิค, น. 686-690.*ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 (Dynamic System, Robotics and Control).**โรงเรียนนาเรืออากาศ, กรุงเทพฯ.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. 2557. ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำ แบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย** 8(1): 98-111.

ไพโรจน์ เยียระยง. 2559. ตรรกศาสตร์และทฤษฎีเซต (Logic And Set Theory).กรุงเทพฯ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มนตรี แสนสุข. 2559. สตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 80. นานาสำนักพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ์ พัฒนพงศ์ และ ชัชวาล พรพัฒน์กุล. 2559. การประยุกต์ใช้ตัวควบคุมฟัซซีลอจิกร่วมกับตัวควบคุมอินทิกรัลแบบปรับตัวได้สำหรับระบบควบคุมกระบวนการอุณหภูมิแบบการพา. **วารสารวิชาการปทุมวัน สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน** 6(16): 45-57.

ศุภวุฒิ ผากา สันติ วงศ์ใหญ่ และ อดิศร ถมยา. 2557. การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตรจังหวัดลำปาง. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัย ราชภัฏลำปาง** 7(1): 58-68.

C.R.Patil, K.G.Hirde P.R.M.I.T. & R., Badnera. 2013. The Concept of Indirect Evaporative cooling. **International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)** 2(5): 392-393.

L. Novickis and A. Jurenoks. 2017. Intelligent heating system temperature control method using fuzzy logic, pp. 1-4. *In* **International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON).**

T. Kaewwiset and P. Yodkhad. 2017. Automatic temperature and humidity control system by using Fuzzy Logic algorithm for mushroom nursery, pp. 396-399. *In* International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT).

การศึกษาปัจจัยของหอผึ่งเย็นแบบไหลสวนทางสำหรับเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาด 100 ลิตร : กรณีศึกษาโรสแมรี่

Study a Factor of Counterflow Cooling Tower for a 100 Liter Essential Oil Distillery : Rosemary Case Study

นฤเบศร์ หนูใสเพ็ชร[1*] พิเชษฐ์ ทานิล[2] นิติพัฒน์ จอมมงคล[3] และ วิบูลย์ จันทรมณี[4]

Narubet Nusipetch[1*] Phiched Thanin[2] Nitipat Jommongkol[3] and Wiboon Jantaramanee[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบหอทำน้ำเย็นแบบไหลสวนทาง สำหรับนำไปใช้กับเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย โดยทำการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากต้นและใบของโรสแมรี่ซึ่งเป็นพืชที่มีความต้องการสูงและราคาแพง ควบคุมปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยของหอทำน้ำเย็น คือ อัตราการไหลของน้ำ และอัตราการไหลของอากาศ จากการทดสอบอัตราการไหลของน้ำโดยเฉลี่ย 4 ระดับ คือ 550 450 350 และ 250 ลิตรต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของอากาศที่ช่องทางดูดของหอผึ่งเย็น 4 ระดับ คือ 7.5 10.0 12.5 และ 15.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พบว่าอัตราการไหลของน้ำโดยเฉลี่ย 350 ลิตรต่อชั่วโมง และอัตราการไหลของอากาศ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สูงกว่าระดับอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากหอทำน้ำเย็นสามารถทำน้ำเย็นได้อุณหภูมิความต่างของทางเข้าและทางออกมากกว่าจุดอื่นๆ ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนที่ชุดหอกลั่นทำงานได้สูงสุด สามารถลดเวลาในการกลั่นจาก 7.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 3.5 ชั่วโมง ของรอบการกลั่น และคืนทุนได้ภายใน 18 ครั้ง ของการกลั่น

คำสำคัญ: หอผึ่งเย็น, เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย, โรสแมรี่

[1]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50230

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiangmai University, Chiangmai Thailand, 50230

[2,3] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50230

[2,3]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiangmai University, Chiangmai Thailand, 50230

[4]สาขาเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50230

[4]Department of Construction Technology, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiangmai University, Chiangmai Thailand, 50230

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : nnarubet@hotmail.com

ABSTRACT

This research aims to test a counter flow cooling tower for essential oil distillery. The study by the distillation of essential oils from leaves and stems of rosemary has a high demand and expensive.Two main variables of cooling tower were tested. There are flow rate of cooling water and air intake flow rate. Four levels of average flow rate were chosen for this test; 550, 450, 350 and 250 L/h. Beside, four level of air intake flow rate were also tested; 7.5, 10.0, 12.5 and 15.0 m^3/s. The results found that the most optimal condition of flow rate was 350 L/h, and the air intake flow rate was 10 m^3/s. These yielded the highest amount of essential oil. As the different leads to the most efficient heat exchange in refining machine. Moreover, reduce refining time from 7.5 hours to 3.5 hours of refining cycle. As a result, break-even point of refinery was achieved after 18 batches.

Keyword: cooling tower, essential oil distillery, rosemary

บทนำ

ประเทศไทยมีความหลากหลายทางด้านพืชสมุนไพร มีการนำมาแปรรูปเป็นยาพื้นบ้าน เครื่องสำอาง ยากำจัดศัตรูพืช น้ำหอมเพื่อการส่งออก สิ่งเหล่านี้ล้วนมีส่วนผสมของน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรและดอกไม้ น้ำมันหอมระเหยยังสามารถบำบัดอาการต่างๆ เช่น ความวิตกกังวล ความซึมเศร้า ความเครียด หรือความเจ็บปวดและความเหนื่อยล้าได้(คมสัน, 2551) ปัจจุบันความต้องการน้ำมันหอมระเหยมีจำนวนมากขึ้น จึงจำเป็นต้องพัฒนาและปรับปรุงเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยให้มีสมรรถนะที่สูง เพื่อที่จะสามารถนำไปถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนและภาคอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพร หรือผู้ที่สนใจเครื่องกลั่นสมุนไพร เพื่อสร้างรายได้ให้เป็นอาชีพเสริมหรืออาชีพหลักในอนาคต และสามารถพัฒนาต่อยอดในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางได้ พืชสมุนไพรและดอกไม้ ซึ่งเป็นพืชที่พบมากในทุกพื้นที่ของประเทศไทย จากการศึกษาและทดสอบเครื่องแบบเดิมซึ่งมีการแลกเปลี่ยนความร้อนของไอระเหยกับน้ำเย็นในหอกลั่น พบว่าเมื่อกลั่นไประยะเวลาหนึ่ง น้ำที่เข้ามาแลกเปลี่ยนความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้สมรรถนะในการกลั่นลดลง(นฤเบศร์ และอุดม, 2555) หากใช้ภาชนะในการบรรจุน้ำที่ใหญ่ขึ้นก็เป็นการสิ้นเปลืองทั้งค่าวัสดุอุปกรณ์และปริมาณน้ำ จึงเป็นการไม่คุ้มค่าในการลงทุน จึงได้มีแนวความคิดในการใช้หอทำน้ำเย็นในการระบายความร้อน โดยการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศก่อนที่จะนำมาสูบเข้าไปแลกเปลี่ยนกับไอระเหยอีกครั้งภายในหอกลั่น ซึ่งเป็นที่มาของหัวข้อวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยแบบทรงกรวยที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นขนาดบรรจุ 100 ลิตร ใช้ขดลวดไฟฟ้าขนาด 2 กิโลวัตต์ เป็นแหล่งให้ความร้อน (ภาพที่ 1) ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 80-100 องศาเซลเซียส และใช้ถังขนาด 200 ลิตร บรรจุน้ำเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยปั๊มเข้าไปที่ชุดแลกเปลี่ยนความร้อนที่หอกลั่นทรงกรวย ปัญหาที่พบ คือ เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่งอุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความสามารถในการการกลั่นลดลง ใช้เวลากลั่นโดยเฉลี่ย 7.5 ชั่วโมง และได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพียงร้อยละ 0.2 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก



ภาพที่ 1 การทดสอบการกลั่นแบบเดิม

จึงได้พัฒนามาเป็นชุดแลกเปลี่ยนความร้อนแบบใช้หอน้ำเย็น (ภาพที่ 2) การออกแบบหอน้ำเย็นได้จากการศึกษางานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องมาทำการออกแบบ เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งาน โดยหอน้ำเย็นที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นเป็นแบบบังคับไหลสวนทาง ซึ่งหมายถึงการบังคับให้อากาศเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นข้างบนโดยสวนทางกับน้ำที่ตกลงมาจากด้านบนนั่นเอง จากการศึกษางานวิจัยของ (Yuanshen Lu.,2014) และ (Sergey Fisenko, 2002) ก็ได้แนวทางในการออกแบบเกี่ยวกับการป้อนน้ำและแนวทางทดสอบ อีกทั้ง (สันติกรและคณะ, 2555) ได้กล่าวถึงผลการประหยัดพลังงานที่เกี่ยวเนื่องมาจากการปรับมุมใบพัดของพัดลมดูดอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบในการติดตั้งสำหรับติดตั้งพัดลม เพื่อที่จะป้องกันการกระเซ็นของน้ำที่ตกจากหอน้ำเย็น จากงานที่เกี่ยวข้องดังกล่าวจึงได้ออกแบบให้เครื่องทำน้ำเย็นหรือหอน้ำเย็นมีขนาดตามที่ต้องการ เพื่อที่จะสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำที่พาน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ โดยภายในถังกลั่นถูกควบคุมไว้ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 85-90 องศาเซลเซียสและหอน้ำเย็นทำน้ำเย็นได้ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส โดยตัวหอน้ำเย็นที่ทำการออกแบบเน้นใช้วัสดุที่หาง่าย ต้นทุนไม่สูงมาก และที่สำคัญผู้ใช้งานสามารถซ่อมบำรุงด้วยตัวเองได้ โดยตัวโครงใช้เหล็กฉาก และตัวถังใช้ถังแบบพลาสติกหนามาตัดแยกออกเป็นสองส่วน คือตัวถังที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ส่วนใหญ่ เช่น แผ่นลูกฟูก พัดลม และท่อทางต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์ตรวจวัด อีกส่วนเป็นส่วนที่รองรับน้ำเย็นและส่งต่อไปยังหอกลั่น เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ปั๊มแบบแรงเหวี่ยงขับโดยมอเตอร์ขนาด 150 วัตต์ และพัดลมดูดอากาศขนาดใบพัด 12 นิ้ว ใช้มอเตอร์ขนาด 200 วัตต์เป็นต้นกำลัง เครื่องกลั่นที่นำมาทดสอบกับหอน้ำเย็นนี้เป็นแบบทรงกรวยขนาด 100 ลิตร ซึ่งผู้ออกแบบได้ใช้น้ำเย็นไหลเข้าไปในห้องลูกลอยที่หอกลั่นในลักษณะเป็นฟิล์มน้ำเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน เครื่องกลั่นแบบนี้มีขนาดกะทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย



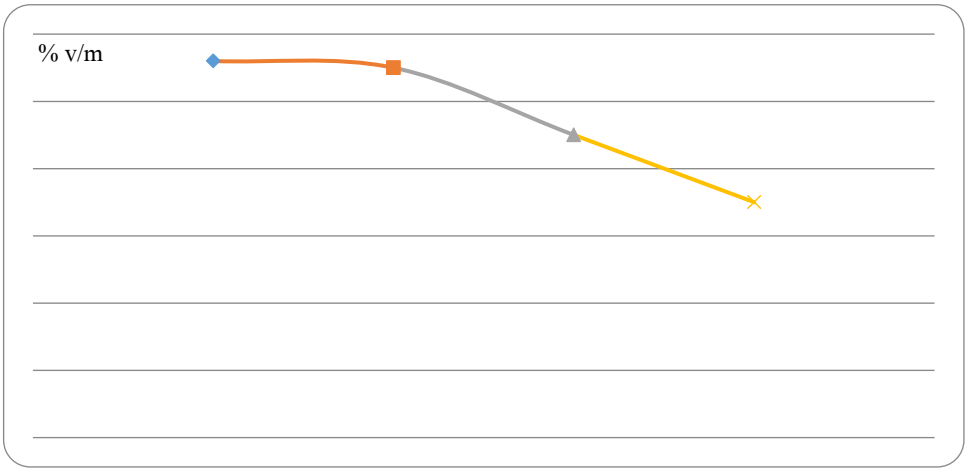
ภาพที่ 2 การทดสอบการกลั่นแบบใช้หอน้ำเย็น



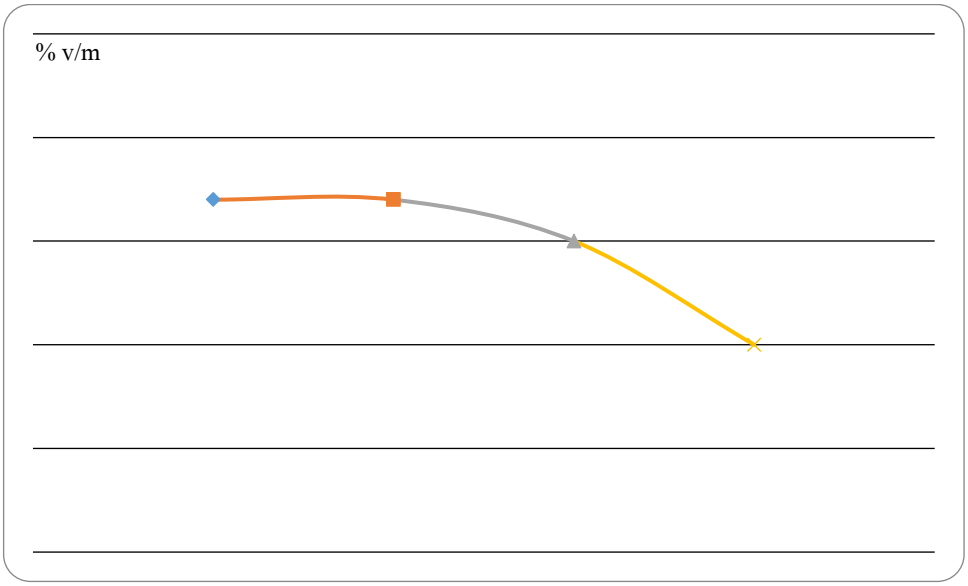
ภาพที่ 3 วัตถุดิบที่บรรจุลงถังกลั่น และผลผลิตน้ำมันหอมระเหยที่ได้

ผลและวิจารณ์ผล

ได้ทำการทดสอบที่ปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย คือ อัตราการไหลของน้ำเย็น และอัตราการไหลของอากาศที่ถูกดูดเข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหอน้ำเย็น



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นกับปริมาณน้ำมันหอมระเหย



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของอากาศกับปริมาณน้ำมันหอมระเหย

จากการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากต้นและใบโรสแมรี่(ภาพที่ 3) โดยทดสอบการกลั่นที่อัตราการป้อนน้ำเข้าไปแลกเปลี่ยนความร้อน 4 ระดับ คือ 550 450 350 และ 250 ลิตรต่อชั่วโมง(ภาพที่ 4) ทำการทดสอบระดับละ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยใช้ตัวอย่างวัตถุดิบ ครั้งละ 4 กิโลกรัม ตลอดการทดสอบ พบว่าที่อัตราการป้อนน้ำเย็นโดยเฉลี่ย 350 ลิตรต่อชั่วโมง ให้ค่าชี้ผลคือปริมาณของน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือร้อยละ 0.52 ส่วนที่ 250 ลิตรต่อชั่วโมง ถึงแม้ว่าจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยใกล้เคียงกัน แต่เกิดการปิดทางออกของปั๊มน้ำมากเกินไป ทำให้ปั๊มน้ำทำงานได้ไม่เต็มความสามารถ ส่งผลให้เกิดการเสียหายแก่ปั๊มน้ำได้ และจากการทดสอบอัตราการไหลของอากาศ 4 ระดับ คือ 7.5 10.0 12.5 และ 15.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที(ภาพที่ 5) พบว่าที่อัตราการไหลของอากาศ 10.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.55 ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองปัจจัยมีความสัมพันธ์กันทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ได้ประมาณน้ำมันหอมระเหยสูงสุดที่จุดดังกล่าว ส่วนที่ 7.5 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ถึงแม้ว่าจะได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากใกล้เคียงกัน แต่การดูดอากาศของพัดลมที่ผ่านช่องทางที่แคบทำให้เกิดเสียงดังและเกิดการสั่นของโครงสร้างหอผึ่งเย็น ขณะเดียวกันที่อัตราการไหลของอากาศที่เพิ่มมากขึ้นในระดับ 12.5 และ 15 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีผลทำให้เวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยเกินไป ทำให้น้ำเย็นที่ได้มีอุณหภูมิที่สูงกว่าจุดอื่นๆ ส่งผลให้การควบแน่นของไอน้ำในหอกลั่นมีประสิทธิภาพต่ำลง

จุดคุ้มทุน

ต้นทุนราคาเครื่องกลั่นรวมชุดหอน้ำเย็น ราคา 60,000 บาท

วัตถุดิบโรสแมรี่ ในการกลั่นแต่ละครั้ง 50 กิโลกรัม x 50 บาท เท่ากับ 2,500 บาท

กำลังไฟฟ้าของขดลวดให้ความร้อน 2 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท โดยเฉลี่ย

เวลาที่ใช้ในการกลั่น 3.5 ชั่วโมง

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการปั๊มน้ำเย็น 150 วัตต์

กำลังไฟฟ้าของพัดลมดูดอากาศที่หอน้ำเย็น 200 วัตต์

เวลาที่ใช้ในการเปิดหอน้ำเย็น 3 ชั่วโมง (หลังต้มน้ำจนกระทั่งเดือด 0.5 ชั่วโมง)

รวมกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด (2x3.5) + (0.15x3) + (0.2x3) = 8.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าในการกลั่นแต่ละครั้ง 8.05 x 3 = 24.15 บาท

ในการกลั่นแต่ละครั้งจึงมีต้นทุน(ไม่รวมค่าแรงงาน) เท่ากับ 2,500 + 24.15 = 2,524.15 บาท

ราคาขายน้ำมันหอมระเหย 24,000 บาท ต่อลิตร

ในการกลั่นแต่ละครั้งจะได้น้ำมันหอมระเหย 0.25 ลิตร จึงคิดเป็นเงินเท่ากับ 6,000 บาท

ดังนั้นการกลั่นแต่ละครั้งจึงคิดเป็นผลกำไร = 6,000 – 2,524.15 = 3,475.85 บาท

เมื่อคิดเป็นจำนวนครั้งในการกลั่น = 60,000/3,475.85 = 17.26 ครั้ง

หรือประมาณ 18 ครั้ง จึงคืนทุน

สรุปผล

จากการทดสอบการกลั่นในมันหอมระเหย โดยใช้ชุดหอน้ำเย็นเป็นตัวทำน้ำเย็นเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้เกิดการควบแน่นไอน้ำที่หอกลั่น ทดแทนการใช้น้ำเย็นจากถังขนาด 200 ลิตรแบบเดิม ที่มีปัญหาของน้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วขณะทำการกลั่น ทำให้ประสิทธิภาพของการกลั่นลดลงอย่างมาก ซึ่งความแตกต่างของ อุณหภูมิน้ำที่ทางเข้าและออกของการใช้น้ำจากถังแบบเดิมเพียง 1-2 องศาเซลเซียสเท่านั้น ในขณะที่การใช้หอน้ำเย็นแบบใหม่ทำได้ถึง 7 -13 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำและอากาศ ซึ่งส่งผลให้การกลั่นมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการทดสอบการกลั่นน้ำมันหอมระเหยจากต้นและใบของโรสแมรี่ พบว่าที่อัตราการป้อนน้ำเย็นโดยเฉลี่ย 350 ลิตรต่อชั่วโมง ให้ค่าชี้ผลคือปริมาณของน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด คือร้อยละ 0.52 และจากการทดสอบหาอัตราการไหลอากาศที่เหมาะสม พบว่าอัตราการไหลของอากาศ 10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบที่เหมาะสมที่สุด โดยให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยร้อยละ 0.55 และเมื่อคำนวณหาจุดคุ้มทุนเมื่อทำการทดสอบจริงโดยบรรจุวัตถุดิบต้นและใบของโรสแมรี่เต็มถังกลั่น ที่ 50 กิโลกรัม พบว่าสามารถคืนทุนได้ภายใน 18 ครั้งของการกลั่น และเมื่อเปรียบเทียบกับการกลั่นแบบเดิมที่ใช้น้ำจากถังหมุนวนในการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพียงร้อยละ 0.2 ปริมาตรต่อน้ำหนัก ซึ่งการกลั่นแบบใหม่ที่ใช้น้ำจากหอน้ำเย็นแลกเปลี่ยนความร้อนนี้สามารถให้ปริมาณน้ำมันหอมเพิ่มขึ้นร้อยละ 63

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คมสัน หุตะแพทย์. 2551. **การสกัดน้ำมันหอมระเหย การใช้ประโยชน์และการทำผลิตภัณฑ์น้ำมันหอมระเหย**. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

นฤเบศร์ หนูใสเพ็ชร และอุดม รินคำ. 2555. การทดสอบและประเมินผลเครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยขนาดเล็กแบบหอกลั่นทรงกรวย. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 43(3)พิเศษ: 31-34

สันติกร ภูมิประเสริฐ ณัฐดนย์ พรรณุเจริญวงษ์ และฉัตรชัย เบญจปิยะพร. 2555. การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานผลิตน้ำแข็งหลอดโดยการปรับมุมใบพัดหอผึ่งเย็น. หน้า 229-235 การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Yuanshen Lu. 2014. Small Natural Draft Dry Cooling Tower for Renewable Power Plants. A thesis submitted for the degree of Doctor of Phillosophy. School of Mechanical and Mining Engineering. The University of Queensland.

Sergey Fisenko, A.I. Petruchik and Anatoly D Solodukhin. 2002. Evaporative cooling of water in a natural draft cooling tower**. International Journal of Heat and Mass Transfer**. 45(23)

.

การใช้หลักการลีนในการพัฒนาระบบรับสมัครโควตาออนไลน์เพื่อลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบ Agile กรณีศึกษา มทร.ศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ

Utilization of LEAN Principle to Develop the Quotas Recruitment Online System for Reducing the Work Step and Increasing the Effectiveness of the System by Using Agile Programming Development: A Case study of RMUTSV Rattaphum College

วันประชา นวนสร้อย[1] อาซัน วงค์หมัดทอง[1] และ โฆษิต รัตนบูรินทร์[1]
Wanpracha Nuansoi [1*] Asun Wongmadton[1] and Kosit Rattanaburin [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้หลักการลีนในการพัฒนาระบบรับสมัครโควตาออนไลน์เพื่อลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโดยใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบอไจล์ ในการดำเนินงานได้ใช้วงจรการพัฒนาระบบดังนี้ 1) ศึกษาข้อมูลการรับนักศึกษาโควตา 2) วิเคราะห์ข้อมูลระบบ 3) ออกแบบระบบ 4) พัฒนาระบบ 5) ทดสอบระบบ 6) การประเมินระบบ ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้ Data Flow Diagram (DFD) วิเคราะห์การไหลของข้อมูลในระบบ ในส่วนการออกแบบฐานข้อมูลได้ใช้ Entity Relationship (ER) Diagram ในส่วนการพัฒนาโปรแกรมได้ใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบอไจล์โดยใช้วิธี Extreme Programming (XP) ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้ การสมัครเรียนในระบบโควตาเพิ่มขึ้นร้อยละ 73.34 และการสมัครเรียนผ่านระบบออนไลน์ร้อยละ 80 ผลการจากการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ มีความพึงพอใจร้อยละ 71.93 เมื่อใช้หลักการลีนสามารถลดขั้นตอนการดำเนินงานได้จาก 5 ขั้นตอนเหลือ 3 ขั้นตอน ลดเวลาลงจาก 76 นาที เหลือ 6 นาที และประสิทธิภาพของระบบก่อนใช้หลักการลีนเป็นร้อยละ 19.73 ประสิทธิภาพระบบหลังใช้หลักการลีนเป็นร้อยละ 88.37

คำสำคัญ : ลีน, อไจล์, XP

---

[1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ 414 หมู่ 14 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180 โทรศัพท์ 074-584241-4 โทรสาร 074-584240

[1] Rajamangala University of Technology Srivijaya Rattaphum College 414 M.14 Tachamoung Rattaphum Songkhla 90180 Tel 74-58421-4 074-584240

ABSTRACT

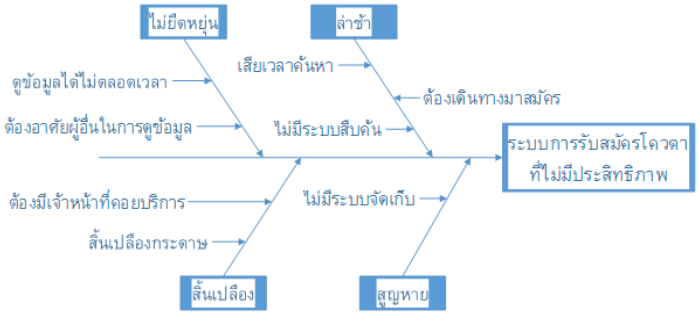
This research presents using principle of LEAN to develop the Quotas Recruitment Online System for reducing work step, and it can increase effective performance of system by using Agile programming development. The progress of the development was applied with the System Development Life Cycle (SDLC) including of 1).studying data of quotas application, 2).analyzing data system, 3).designing system, 4).developing system, 5).testing system, and 6).evaluating system. The part of data analysis, Data Flow Diagram (DFD) was used to analyze the flow of data in the system. The part of database design was employed with the Entity Relationship (ER) Diagram, and the part of programming development was developed with Agile Extreme Programming (XP) type. The results revealed that the amount of quotas recruitment increased 73.34 %, and recruitment via online system increased 80%. The results of satisfaction on using the system showed that the users were satisfied with the system at 71.93 %.When using principle of LEAN, the process was reduced from 5 steps to 3 steps that could reduce the time from 76 minutes to 6 minutes, and the effectiveness of the system increased 88.37 %

Keywords: LEAN, Agile, XP

บทนำ

ระบบรับสมัครนักศึกษาโควต้าของวิทยาลัยรัตภูมิเดิมเป็นการรับสมัครด้วยเอกสาร นักศึกษาต้องเดินทางมายังวิทยาลัยเพื่อสมัคร ทำให้ไม่สะดวกในการรับสมัคร และมีปัญหากับการเก็บเอกสารรับสมัครเกิดการสูญหายของข้อมูลอีกด้วยดังรูปที่ 1 ทางทีมงานผู้วิจัยจึงได้จัดทำระบบสารสนเทศรับสมัครโควต้าออนไลน์ เพื่อลดขั้นตอนการรับสมัคร สะดวก รวดเร็ว และทำงานผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ปัจจุบันการพัฒนาระบบต่าง ๆ ต้องการความรวดเร็วในการพัฒนา และหากการพัฒนาระบบนั้นสามารถลดขั้นตอนการปฏิบัติงานลงก็จะยิ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในงานนั้น ๆ ได้มากยิ่งขึ้น หลักการลดขั้นตอนการทำงานที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่รู้จักคือ หลักการลีน ซึ่ง เป็นหลักการที่ลดขั้นตอนการทำงานที่ไม่สำคัญลง เพื่อให้เวลาและขั้นตอนในการกระบวนการลดลง เป็นเครื่องมือในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงานขององค์กร โดยมุ่งเน้นความคุ้มค่าและหลีกเลี่ยงความสูญเสียในการทำงาน โดยวิธีการจัดทำลีนมีดังนี้



ภาพที่ 1 แผนภูมิก้างปลาระบบรับสมัครโควตาที่ไม่มีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 1 เขียนกระบวนการทำงานปัจจุบันตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการทำงานอย่างละเอียด เรียกว่า Pre-Lean

ขั้นตอนที่ 2 จับเวลาในแต่ละกระบวนการทำงาน รวมไปถึงระยะทางระหว่างขั้นตอน และช่วงเวลาที่ต้องรอในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์กิจกรรมที่เกิดขึ้นว่ากิจกรรมใดมีความจำเป็นหรือไม่มีความจำเป็นที่ต้องทำ หรือไม่มีความจำเป็นแต่ต้องทำ โดยกำหนดเป็นสัญลักษณ์ดังนี้

 จำเป็นต้องทำ

 ไม่จำเป็นต้องทำ

 ไม่จำเป็นต้องทำแต่ต้องทำ

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน Pre-Lean โดยใช้สูตร

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาที่เป็นคุณค่า}}{\text{เวลาทั้งหมด}} \text{ X } 100$$

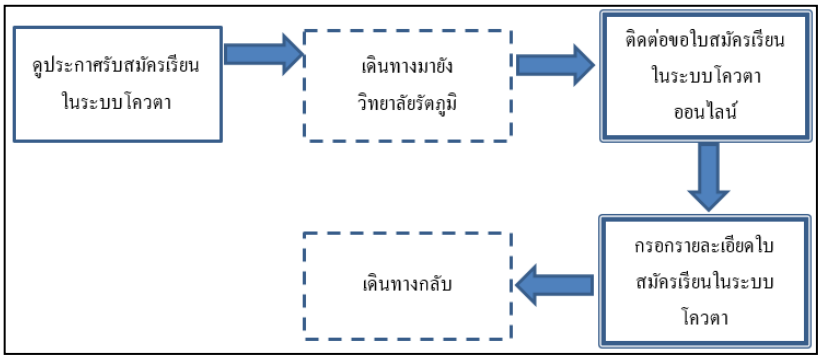
ขั้นตอนที่ 5 นำเสนอแนวทางดำเนินงานแบบใหม่ (Post-Lean) โดยตัดกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องทำออก (Waste) และตัดกระบวนการที่ไม่จำเป็นต้องทำแต่ต้องทำ (Necessary non value) ออกหรือให้เหลือน้อยที่สุดพร้อมดำเนินการเก็บข้อมูลจริงตามวิธีการใหม่เพื่อหาประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณหาประสิทธิภาพตามกระบวนการทำงานใหม่หรือ Post-Lean ที่จะมีแต่สิ่งที่ไม่จำเป็นต้องทำแต่ต้องทำและสิ่งที่จำเป็นต้องทำ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยทีมงานผู้วิจัยได้ทำการลดขั้นตอนการทำงาน โดยลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น และขั้นตอนที่ไม่จำเป็นต้องทำแต่ต้องทำลง และเสนอวิธีการใหม่ที่ลดขั้นตอนการทำงานลง การพัฒนาระบบสารสนเทศนั้นจำเป็นจะต้องใช้วงจรการพัฒนาระบบในการพัฒนา (SDLC) ซึ่ง ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ คือ การวางแผน การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบ และการพัฒนา เป็นวงล้อในการพัฒนาระบบ โดยจะนำเสนอภายรวมของระบบ ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูล จะมีการวิเคราะห์ส่วนของการไหลของข้อมูลในระบบได้เลือกใช้ Data Flow Diagram ในส่วนการออกแบบ หากเป็นการออกแบบในส่วนของฐานข้อมูลได้ใช้ Entity Relationship (ER) Diagram ที่เป็นที่รู้จักและเข้าใจได้ง่าย จากนั้นได้ทำการออกแบบในส่วนของส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) ในการส่วนการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่เน้นความรวดเร็วในการพัฒนาและความพึงพอใจของผู้ใช้งานจึงเลือกใช้วิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ agile ในส่วนการประเมินความพึงพอใจได้ใช้เกณฑ์ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert) เป็นวิธีการประเมินแบบรวมค่ามาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

Pre-Lean



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการรับสมัคร โควตาแบบเดิม (Pre-Lean)

ขั้นตอนการสมัครเรียนในระบบโควตา



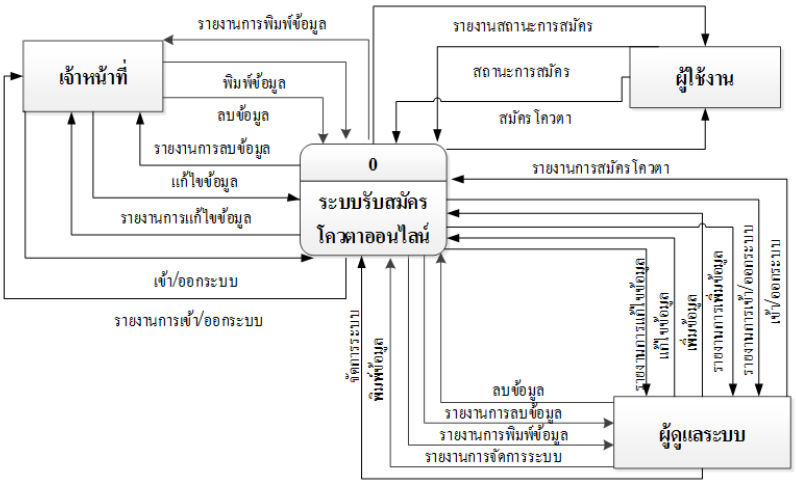
1. ดูประกาศรับสมัครเรียนในระบบโควตา 1 นาที
2. เดินทางมายัง วิทยาลัยรัตภูมิ 30 นาที
3. ติดต่อขอใบสมัครเรียน 5 นาที
4. กรอกรายละเอียดใบสมัครเรียน 10 นาที
5. เดินทางกลับ 30 นาที

ประสิทธิภาพ $= \frac{5+10}{76} \times 100$

$= 19.73$

Data Flow Diagram (DFD)

ใน DFD ระดับสูงสุดเป็นมุมมองของระบบที่เรียกว่า Context diagram หรือที่รู้จักกันคือ DFD ระดับ 0 ประกอบด้วยระบบที่สมบูรณ์แล้วที่มีการปฏิสัมพันธ์กับเอนทิตี้ต่างๆ ในระบบ ส่วน DFD ในระดับถัดไปเป็นรายละเอียดของระบบที่เพิ่มขึ้น โดยการประมวลผลหลักของระบบ มีการไหลของข้อมูลและการเก็บข้อมูลที่ละเอียดขึ้น DFD ในระดับชั้นที่สูงกว่าจะเป็นรายละเอียดของระดับชั้นที่ต่ำกว่า สัญลักษณ์ของ DFD มี 4 สัญลักษณ์คือ 1 process เป็นการกระทำหรือ หน้าที่จะปฏิบัติในระบบ 2 data flow เป็นชิ้นส่วนของข้อมูลหรือ การรวบรวมทางตรรกะของหลายส่วนของสารสนเทศ 3 Data store เป็นที่เก็บรวบรวมข้อมูล 4 External entity เป็น บุคคล องค์กร หรือ ระบบ ภายนอกที่ติดต่อกับระบบ



ภาพที่ 4 Context Diagram

Context Diagram เป็นภาพรวมของระบบ ประกอบด้วย 3 External Entity ที่ติดต่อกับระบบคือ Staff, User, Admin ซึ่งมีสิทธิการใช้งานระบบที่แตกต่างกันไป ในส่วนนี้จะเห็นเพียงแค่แต่ละ External Entity มีฟังก์ชันใช้งานอะไรบ้าง ซึ่งทุกฟังก์ชันการใช้งานจะมีรายงานการใช้งานตอบกลับมาเสมอ

E-R Diagram

ดาตาเบสเป็นส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศที่มีการเก็บข้อมูล การออกแบบดาตาเบสต้องออกแบบไดอาแกรมที่เรียกว่า Entity Relationship (ER) Diagram (Humasak and other) ซึ่งขึ้นกับกระบวนการทางธุรกิจของผู้ใช้งาน E-R Diagram อธิบายทุกๆ entity หรือ object ที่เกี่ยวกับระบบ จากนั้น ER Diagram ถูกเปลี่ยนเป็น Conceptual Data Model (CDM) แนวคิดรูปแบบของข้อมูล และสุดท้ายเปลี่ยนเป็น Physical Data Model รูปแบบข้อมูลที่ใช้งานจริง ทุกๆ ส่วนของ E-R Diagram จะเปลี่ยนเป็น table, attributes, data type,primary key and foreign key

1) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

- ผู้สมัครเรียน 1 คนมีข้อมูลทั่วไปได้ 1 ข้อมูล

- ผู้สมัครเรียน 1 คนเลือกโควต้าได้ 1 โควต้า

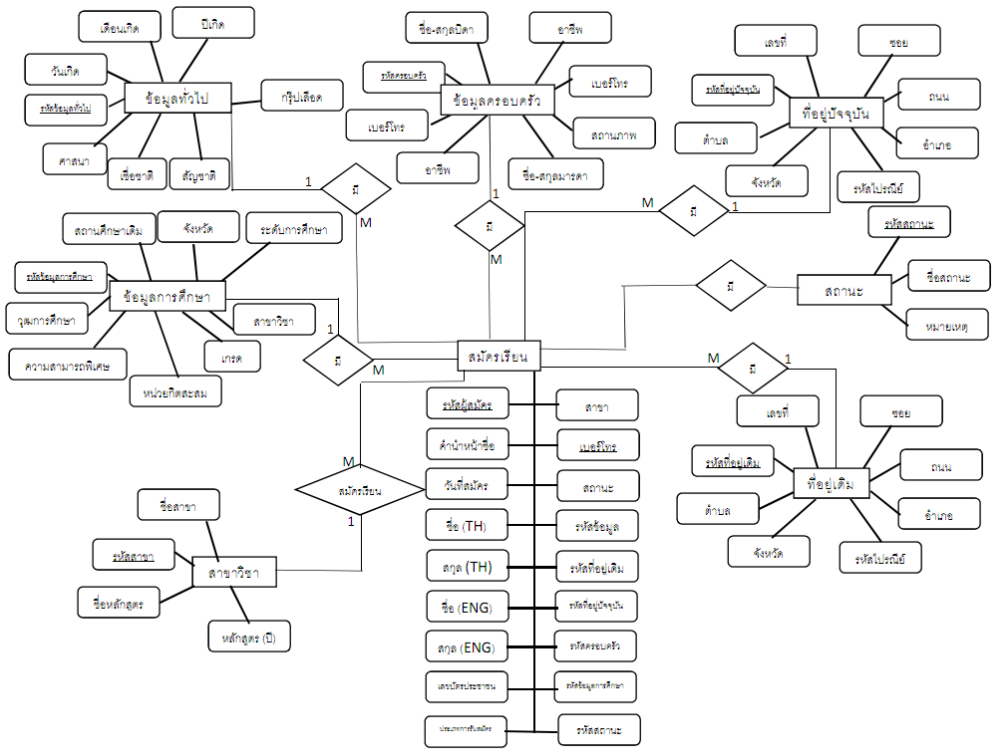
- ผู้สมัครเรียน 1 คนมีที่อยู่ปัจจุบันได้ 1 ที่

- ผู้สมัครเรียน 1 คนมีที่อยู่เดิมได้ 1 ที่

- ผู้สมัครเรียน 1 คนสมัครเรียนได้ 1 สาขาวิชา

- ผู้สมัครเรียน 1 คนมีข้อมูลครอบครัว 1 ข้อมูล

- ผู้สมัครเรียน 1 คนมีข้อมูลการศึกษา 1 ข้อมูล



ภาพที่ 6 E-R Diagram

รูปแบบการพัฒนาโปรแกรม

วิธีการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ agile (Sheetal and other), (กรัณรัตน์และคณะ) เป็นการพัฒนาแบบซ้ำ ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และส่งมอบซอฟต์แวร์ต้นแบบเป็นระยะให้ผู้ใช้งานประเมินการใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความพอใจ

สูงสุด วิธีการที่นำหลักการนี้ไปใช้ที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดคือ Extreme Programming (XP) เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้การเขียนโปรแกรมแบบ pair programming คือ มีผู้เขียนโปรแกรมร่วมกัน 2 คน คนหนึ่งเขียนโค้ด อีกคนเป็นคนตรวจสอบ ทั้งสองสามารถสลับกันทำหน้าที่ได้ตลอดเวลา

การพัฒนาโปรแกรมได้ใช้รูปแบบการพัฒนาโปรแกรมแบบ **Agile** โดยเลือกใช้วิธี **Extreme Programming (XP)** ซึ่งทีมผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมแบบ **pair programming** เขียนร่วมกัน **2** คน โดยคนหนึ่งเขียนโปรแกรม อีกคนหนึ่งคอยตรวจสอบการเขียน และสลับกันทำงาน ทำให้ได้โปรแกรมที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีการตรวจสอบการทำงาน และเมื่อเขียนเสร็จในแต่ละระยะจะนำซอฟต์แวร์ให้ผู้ใช้งานทดลองใช้งาน ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจและได้ซอฟต์แวร์ตามต้องการ

ผลการวิจัย

Post-Lean



1.ดูประกาศรับสมัครเรียนในระบบโควตา 1 นาที

2.เข้าสู่ระบบสมัครเรียนโควตาออนไลน์ 0.015 นาที

3 กรอกรายละเอียดใบสมัครเรียนในระบบโควตา 5 นาที

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{0.015+5}{6.015} \text{ X } 100$$

$$= 88.37$$

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Pre-Lean และ Post-Lean

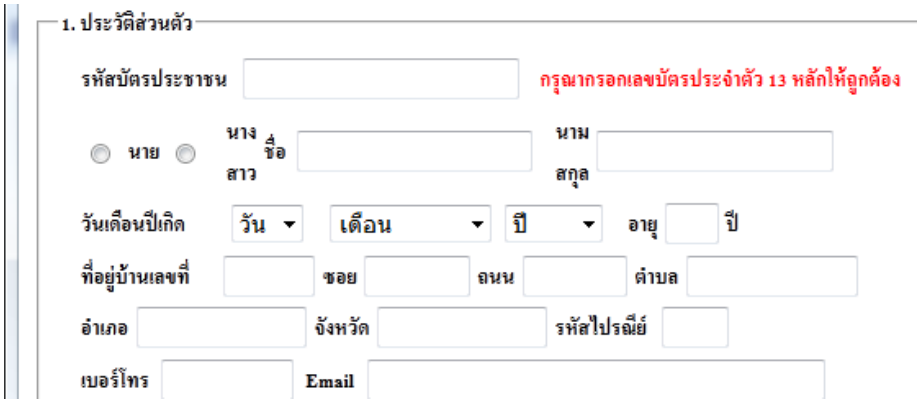
กิจกรรม	Pre-Lean	Post-Lean
ขั้นตอน	5	3
ระยะเวลา (นาที)	76	6.015
ประสิทธิภาพ (%)	19.73	88.37

จากผลการเปรียบเทียบการทำงานระหว่าง Pre-Lean และ Post-Lean พบว่า ช่วยลดขั้นตอนการทำงานลง 2 ขั้นตอน จาก 5 ขั้นตอนเหลือ 3 ขั้นตอน ลดระยะเวลาลง 69.075 นาที จาก 76 นาที เหลือ 6.015 วินาที เพิ่มประสิทธิภาพของระบบขึ้นร้อยละ 68.64 จากร้อยละ 19.73 เพิ่มเป็นร้อยละ 88.37

ระบบรับสมัครโควตาออนไลน์



รูปที่ 8 หน้าหลัก



ภาพที่ 9 หน้าสมัครโควตา

สรุปผลการวิจัย

จากปัญหาการรับสมัครโควตาแบบเดิมที่ใช้กระดาษในการสมัคร มีหลายขั้นตอน ล่าช้า ไม่มีระบบค้นหาข้อมูลและข้อมูลสูญหาย ทีมผู้วิจัยได้ใช้หลักการลีนในการลดขั้นตอนการดำเนินงานโดยได้พัฒนาระบบสมัครโควตาออนไลน์ ในการพัฒนาระบบได้ใช้วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) ในส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้ DFD วิเคราะห์การไหลของข้อมูลในระบบ ในส่วนการออกแบบฐานข้อมูลได้ใช้ ER-Diagram ในส่วนการพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ใช้การพัฒนาโปรแกรมแบบ Agile โดยใช้วิธี XP โดยการพัฒนาระบบยังได้ใช้หลักการลีน เพื่อลดขั้นตอนการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

ซึ่งระบบมีความสามารถดังนี้ คือ รับสมัครนักศึกษาในระบบโควตาออนไลน์ แก้ไขข้อมูลผู้สมัครผ่านหน้าระบบ พิมพ์ใบสมัครเรียนผ่านหน้าระบบ ประกาศข่าวประชาสัมพันธ์ และมีช่องทางการติดต่อสอบถาม

ผลการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้ การสมัครเรียนในระบบโควตาเพิ่มขึ้นร้อยละ 73.34 และการสมัครเรียนผ่านระบบออนไลน์ร้อยละ 80 ผลการจากการประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ มีความพึงพอใจร้อยละ 71.93 เมื่อใช้หลักการลีนสามารถลดขั้นตอนการดำเนินงานได้จาก 5 ขั้นตอนเหลือ 3 ขั้นตอน ลดเวลาลงจาก 76 นาที เหลือ 6 นาที และประสิทธิภาพของระบบก่อนใช้หลักการลีนเป็นร้อยละ 19.73 ประสิทธิภาพระบบหลังใช้หลักการลีนเป็นร้อยละ 88.37

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาลัยรัตภูมิ

เอกสารอ้างอิง

Mary Poppendieck, “Lean Software Development”, 29th International Conference on Software Engineering (ICSE’07 Companion), IEEE, 2007

เพ็ญวิสาข์ เอกกะยอ และวัชรวลี ตั้งคุปตานนท์, “การใช้หลักการลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเก็บเอกสาร และออกเลขหนังสือด้วยซอฟต์แวร์เสรี กรณีศึกษา สำนักงานโรงพยาบาลสงขลานครินทร์”, Graduate Reseach Conference, 2555

เพ็ญพักตร แกลัวนงค์, พรเพ็ญ จันทรา และภัทราภรณ์ เพ็ชรจำรัส, “การประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารจัดการแบบลีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการแจ้งเตือนกิจกรรมด้วย Google Calendar กรณีศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย”, วารสารสาระคาม: ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 ก.ค. - ธ.ค. 2556, หน้า 98-108

Rosziati Ibrahim and Siow Yen Yen, “A Formal Model for Data Flow Diagram Rules”, ARPN Journal of Systems and Software, Volume 1 No. 2, MAY 2011

Humasak Simanjuntak,“Proposed Framework for Automatic Grading System of ER Diagram”, 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Chiang Mai, Thailand, 2015

Sheetal Sharma Darothi Sarkar and Divya Gupta, “Agile Processes and Methodologies: A Conceptual Study”, International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), Vol. 4 No.05 May 2012, pp. 892-898

กรัณรัตน์ ธรรมรักษ์, “ผลการศึกษาการใช้กระบวนการอไจล์ในวิชาโครงงานกรณีศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์”, วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ: ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 ก.ค. - ธ.ค. 2559, หน้า 75-81

การจัดการสินค้าคงคลัง กรณีศึกษาแผนกวิศวกรรม โรงแรม WSP

Inventory Management : Case Study WSP Hotel

จารุวรรณ พรหมเงิน[1*] นิตยา ด้วงดำ[2] และ อธิวัฒน์ รักช่วย[2]
Jaruwan Promngurn[1*] Nittaya Duangdam [2] Atiwat Rukchuey [2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากระบวนการเบิกจ่ายอะไหล่สำรองในแผนกวิศวกรรม เสนอแนวทางและปรับปรุงกระบวนการเบิกจ่ายสินค้าคงคลัง โดยการนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการเบิกจ่ายอะไหล่สำรอง จากนั้นนำเครื่องมือการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC มาใช้ในการแก้ไขปัญหา และการจัดทำใบบันทึกรายการสินค้า (Stock card) และใบเบิกของจากคงคลัง มาช่วยในการควบคุมคลังสินค้า

จากผลการศึกษา พบว่า การนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิด ความล่าช้าในกระบวนการเบิกจ่ายสินค้าคงคลังด้วยแผนภาพพาเรโต พบว่าสาเหตุเกิดจาก การจัดเรียงสินค้าไม่เป็นหมวดหมู่ ผู้วิจัยจึงนำการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC มาใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยการจัดหมวดหมู่สินค้าตามลำดับความสำคัญ และนำเครื่องมือ Stock Card พร้อมออกแบบใบเบิกจ่ายสินค้าคงคลัง มาช่วยในการควบคุมคลังสินค้า ในระยะเวลา 3 เดือน พบว่า เวลาที่ใช้ในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ลดน้อยลง จากเดิมใช้เวลาในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ 8 นาที/ครั้ง ปัจจุบันใช้เวลาในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ 3 นาที /ครั้ง เวลาลดลง
คิดเป็น 62.5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การจัดการสินค้าคงคลัง, เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด, การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC

ABSTRACT

This research aims to study the process of inventory disbursement at Engineering Department, to propose and improve the process of inventory disbursement by using 7 QC Tools to collect data to analyze the cause of delays in the inventory disbursement process. Then, the ABC Analysis tool was used to solve the problem and to use the stock card and pick-up card tool to help control the inventory.

The results show that the collected data can be used to analyze the causes of delays in the inventory disbursement process by Pareto diagram found that the cause of that sort is not its category. The researchers used the ABC Analysis tool to solve the problems by prioritizing items and using the Stock Card tool with design pick-up card to help inventory control over a period of 3 months found time to spend equipment and spare parts decreased from the time spent in the process of picking equipment and spare parts 8 minutes / time. Currently, equipment and spare parts 3 minutes / time reduced 62.5 percent.

Keywords : Inventory Management, 7 QC Tools, ABC Analysis

---

[1] อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Ratsada, Muang District , Phuket Province 83000, Thailand

[2] นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[2] Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Ratsada, Muang District , Phuket Province 83000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Jaruwan.p@pkru.ac.th

บทนำ

การจัดการสินค้าคงคลังเป็นปัจจัยสำคัญในการประกอบธุรกิจเนื่องจากเป็นส่วนประกอบของต้นทุน จึงต้องมีการบริหารจัดการอย่างรอบคอบสำหรับธุรกิจอุตสาหกรรม (นิมิต , 2553) นอกจากการจัดการแล้ว องค์กรทุกองค์กรต้องมีการควบคุมสินค้าคงคลัง ซึ่งผู้บริหารหรือเจ้าของกิจการต้องเอาใจใส่ ติดตามและนำมาพิจารณาในการดำเนินธุรกิจ เนื่องจากการถือครองสินค้าคงคลังนั้นทำให้กิจการต้องแบกรับต้นทุนที่เพิ่มขึ้น (กรณ์วิษญ์ และก้องภู, 2559) ธุรกิจบริการก็เช่นเดียวกัน การบริหารธุรกิจให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ไม่ใช่เพียงแต่การที่ลูกค้าได้รับความสะดวกสบายในการใช้บริการเท่านั้น แต่เมื่อลูกค้าเกิดความไม่พึงพอใจ เช่น ในธรุกิจโรงแรม หากมีเครื่องใช้ในห้องพักเกิดการชำรุดหรือเสียหาย แผนกหนึ่งที่อยู่เบื้องหลังแต่มีความสำคัญต่อความพึงพอใจของลูกค้า นั่นคือ แผนกวิศวกรรม เป็นแผนกที่มีหน้าที่หลักในการซ่อมบำรุงให้เครื่องอำนวยความสะดวกให้ห้องพัก สามารถใช้งานได้อย่างปกติหรือมีปัญหาน้อยที่สุด นอกจากมีการบำรุงรักษาที่ดีแล้ว การมีอุปกรณ์หรืออะไหล่สำรองในคลังสินค้าที่เพียงพอต่อความต้องการก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ดังนั้นการจัดการสินค้าคงคลังของแผนกวิศวกรรม ต้องมีการจัดการที่ดี จะต้องมีการสำรองอุปกรณ์ในคงคลังให้เพียงพอต่อ
การใช้งาน เพื่อให้การแก้ไขหน้างานที่ไม่มีเหตุขัดข้อง ส่งผลให้การแก้ไขเหตุขัดข้องเสร็จทันเวลาที่กำหนด และสามารถสร้างความพึงพอใจกับลูกค้าที่มาใช้บริการได้

จากการศึกษาค้นคว้ากระบวนการจัดการสินค้าคงคลัง แผนกวิศวกรรมของโรงแรม WSP พบว่า ปัญหาในแต่ละวัน คือ เกิดความล่าช้าในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองในส่วนของสโตร์ช่าง โดยมีสาเหตุหลักมาจาก การจัดสินค้าไม่ตรงหมวดหมู่ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการค้นหาอุปกรณ์ ไม่มีการตรวจนับสินค้าและไม่ทำการจดบันทึกให้ชัดเจน ทำให้ไม่ทราบว่ามีรายการสินค้าเหลืออยู่จำนวนเท่าใด จำนวนจริงกับจำนวนในระบบไม่ตรงกัน เมื่อต้องการจะใช้งานทำให้สินค้าขาดมือ ต้องทำการสั่งซื้ออุปกรณ์และรอจนกว่าอุปกรณ์จะมา เกิดความล่าช้าในการรอ ส่งผลให้กระบวนการเกิดความล่าช้า สร้างความเสียหายให้กับโรงแรม สร้างความไม่พอใจแก่ลูกค้าที่มาใช้บริการได้ การควบคุมสินค้าคงคลังที่ดี โดยให้มีสินค้าคงคลังอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการควบคุมสินค้าคงคลังที่ดีย่อมส่งผลดีทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพและการลดต้นทุนในการดำเนินงาน วิธีการหนึ่งที่ช่วยในการจำแนกประเภทของสินค้าคงคลัง คือ การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC เพื่อเลือกวางสินค้าตามความถี่และปริมาณและเพื่อลดเวลาในการเดินทางไปหยิบสินค้า ผลที่ได้สามารถลดเวลาในการเดินทางไปหยิบสินค้า (วรธน , 2554)

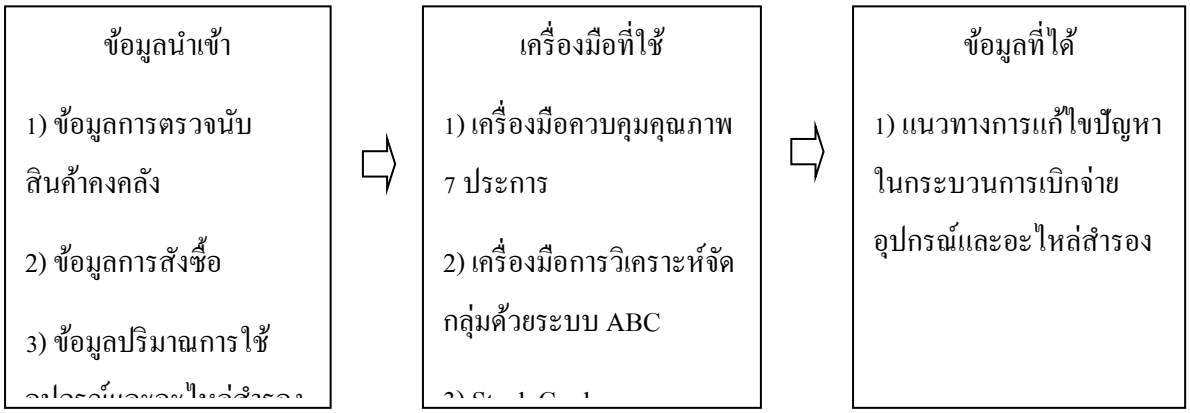
ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของกระบวนการการเบิกจ่ายสินค้าคงคลัง สนใจศึกษากระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง โดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) ในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการจัดการผลิตและการควบคุมสินค้าคงคลัง (คำนาย, 2553) ในการแบ่งประเภทสินค้าคงคลัง เพื่อจำแนกสินค้ากลุ่มสำคัญจากมากไปน้อย ใช้ Stock Card เพื่อควบคุมสินค้าคงคลัง และผู้วิจัยคาดว่า หลังจากการปรับปรุงการจัดการสินค้าคงคลังในแผนกวิศวกรรมทำให้ลดความล่าช้าในกระบวนการเบิกจ่ายได้

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจัดการคลังสินค้าแผนกวิศวกรรมของโรงแรม WSP มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

1. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการวิจัย และขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยทั้งการศึกษาข้อมูล ค้นหาปัญหาและเสนอแนวทางการลดความล่าช้าของกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง นำไปสู่กรอบแนวคิดของงานวิจัย ที่แสดงให้เห็นข้อมูลนำเข้า กระบวนการ และข้อมูลที่ได้ แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลของงานวิจัยมาจาก 2 แหล่ง คือ

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นแหล่งข้อมูลที่ได้รับการรวบรวมและสังเกตเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงานในแผนกวิศวกรรมโดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 เดือน ได้แก่ ข้อมูลการตรวจนับสินค้าคงคลังและข้อมูลการสั่งซื้อ ปริมาณการใช้อุปกรณ์และอะไหล่สำรอง เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์เครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ประปา ประจำเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน 2560

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลการเบิกจ่าย การจัดซื้อ จัดหา อุปกรณ์และอะไหล่สำรองของโรงแรมที่เก็บรวบรวมไว้แล้ว และจากแหล่งค้นคว้าต่างๆ ได้แก่ เอกสาร วารสาร วิทยานิพนธ์ งานวิจัยและเว็บไซต์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) โดยใช้แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) ในการเก็บข้อมูล และใช้หาสาเหตุในการปฏิบัติงานที่ส่งผลให้กระบวนการเบิกจ่ายเกิดความล่าช้า

2) การจำแนกสินค้าคงคลังออกเป็นแต่ละประเภทตามการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC เพื่อจำแนกสินค้าคงคลังโดยพิจารณาปริมาณและมูลค่าของสินค้าคงคลังและรายการเป็นเกณฑ์ เพื่อลดภาระในการดูแลตรวจนับ และควบคุมสินค้าที่อยู่ในคงคลัง

3) การตรวจนับสินค้า โดยการจัดทำใบบันทึกและใบเบิกรายการสินค้า และใช้ Stock Card เพื่อควบคุมสินค้าคงคลังและช่วยลดการสั่งซื้อซ้ำซ้อน

4. ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยเรื่องนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขั้นตอน การดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1) ศึกษาสภาพทั่วไปของแผนกวิศวกรรมโรงแรม WSP ในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองในคลังสินค้า จากนั้นทำการออกแบบ Check sheet เพื่อสำรวจปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองเกิดความล่าช้า และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต (Pareto) เพื่อหาความถี่ของข้อมูล และหาข้อสรุปที่ชัดเจนว่าปัญหาที่สำคัญ ที่ส่งให้การเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองเกิดความล่าช้า

2) วิเคราะห์ข้อมูลและค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC มาใช้ควบคุมสินคงคลังและพิจารณาถึงความเหมาะสมของอุปกรณ์และอะไหล่สำรองแต่ละประเภท โดยแบ่งประเภทที่มีความสำคัญมากและน้อยรองลงมาไปตามลำดับ โดยพิจารณาปริมาณและมูลค่าของสินค้าคงคลังแต่ละรายการเป็นเกณฑ์

3) เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาการเบิกจ่ายล่าช้า และสรุปผลการวิเคราะห์

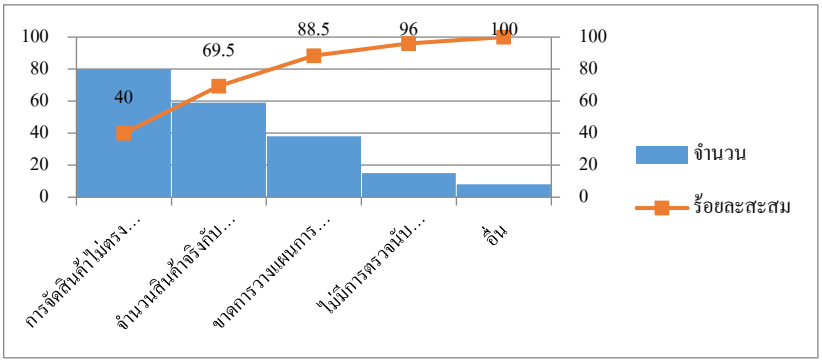
ผลและวิจารณ์ผล

1) ผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง โดยเริ่มจากการรับออเดอร์การซ่อมบำรุงที่แจ้งโดยแผนกแม่บ้าน จากนั้นทำการตรวจสอบอุปกรณ์หรืออะไหล่ ในกรณีที่อะไหล่พร้อมซ่อมสามารถซ่อมได้เลย แต่กรณีไม่มีอะไหล่หรืออุปกรณ์ต้องทำการสั่งซื้อ ซึ่งการแก้ไขปัญหานี้เบื้องต้น คือต้องเปลี่ยนห้องพักให้กับแขกผู้เข้าพัก เพื่อรอการซ่อมบำรุง โดยผู้วิจัยทำการจับเวลาของกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ ตั้งแต่รับคำสั่งในการเบิกสินค้าคงคลัง จนกระทั้งได้รับอุปกรณ์หรืออะไหล่ โดยจับเวลาจากพนักงานประจำคลังสินค้า จำนวน 1 คน ที่ทำหน้าที่เบิกจ่าย โดยการหาจำนวนรอบในการจับเวลาที่เพียงพอและเหมาะสม เพื่อให้ได้ค่ามาตรฐานที่มีความน่าเชื่อถือต่อการนำใช้งานด้วยความมั่นใจ โดยการหาจำนวนข้อมูลที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยทำการจับเวลาเบื้องต้น ซึ่งการจับเวลาเพียงครั้งเดียวย่อมไม่เพียงพอที่จะใช้เป็นฐานในการคำนวณเวลาที่มีความน่าเชื่อถือ การคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมนั้น ต้องอาศัยข้อมูล เบื้องต้นจำนวนหนึ่งในการหาค่าประมาณการของค่าตัวแทน หนึ่งในวิธีการหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม คือ ทฤษฎี Maytag สำหรับการหาค่าจากวิธีการพิสัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าผิดพลาด ±5% (ลัดดาวัลย์ กิจสาลีรุ่ง, 2561) ผู้วิจัยจับเวลารอบแรก จำนวน 5 ซ้ำ ตามวิธีของ Maytag เนื่องจากรอบเวลาแต่ละรอบมากกว่า 5 นาที และนำมาหาค่าพิสัย ได้เท่ากับ 2.2 ค่าเฉลี่ยได้เท่ากับ 8.0 หลังจากทำการหารค่าพิสัยและค่าเฉลี่ย จะได้เท่ากับ 0.3 นำค่าที่ได้เปิดตาราง Maytag ค่าที่ได้ คือ รอบในการจับเวลาเท่ากับ 27 รอบ ดังนั้นผู้วิจัย จึงทำการจับเวลาเพิ่มอีก 22 รอบ จากข้อมูลการจับเวลาทั้งหมด 27 รอบ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.0 นาที ดังนั้น ใน

กระบวนการเบิกจ่ายก่อนการปรับปรุงงาน จะได้เท่ากับ 8 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ค่อนข้างล่าช้า ส่งผลให้กระบวนการการซ่อมหรืองานที่ทำต่อไปล่าช้าอีกด้วย

2) ผลการวิเคราะห์สาเหตุของความล่าช้าที่เกิดขึ้นในกระบวนการจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง ในการซ่อมบำรุง โดยผู้วิจัยทำการออกแบบใบตรวจสอบ เพื่อสำรวจปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการเบิกจ่ายอุปกรณ์ในคงคลังที่ล่าช้า และนำปัจจัยต่างๆ มาวิเคราะห์ โดยการเรียงลำดับของสาเหตุจากจำนวนสาเหตุที่เกิดขึ้นมากไปจนถึงสาเหตุที่เกิดขึ้นน้อย โดยใช้แผนภูมิพาเรโต ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สาเหตุทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง

จากภาพที่ 2 แสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง พบว่ามีสาเหตุที่มีความถี่มากที่สุด คือ การจัดสินค้าไม่ตรงหมวดหมู่ จำนวนสินค้าจริงกับในระบบไม่ตรงกัน และขาดการวางแผนการจัดซื้อ มีเปอร์เซ็นต์สะสม 88.5% โดยผู้วิจัยมุ่งไปยัง 3 ประเด็นที่ทำให้เกิดปัญหาการเบิกจ่ายล่าช้า และเมื่อพิจารณาสภาพคลังสินค้าก่อนการปรับปรุง แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 สภาพคลังสินค้าในแผนกวิศวกรรมก่อนการปรับปรุง

จากภาพที่ 3 แสดงการวางอุปกรณ์และอะไหล่สำรองก่อนการปรับปรุง จะเห็นได้ว่าการจัดวางอุปกรณ์และอะไหล่สำรองบนชั้นวางไม่เป็นระบบ มีความยากต่อการเข้าไปค้นหาอุปกรณ์ เพราะทางเดินแคบ มีกล่องอะไหล่กองตั้งอยู่บนพื้นเป็นจำนวนมาก ใช้เวลาในการค้นหาอุปกรณ์นาน และอุปกรณ์วางไม่เป็นหมวดหมู่

3) แนวทางการแก้ไขความล่าช้าในกระบวนการการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองในคลังสินค้า เสนอแนวทางการแบ่งกลุ่มสินค้าคงคลัง โดยใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC ในการแบ่งประเภทสินค้า พบว่า

กลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีการควบคุมอย่างเข้มงวด ด้วยการลงบัญชีทุกครั้งที่มีการเบิกจ่าย และใช้ระบบสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง คือ มีตรวจนับจำนวนจริง 4 ครั้งต่อ 1 เดือน เพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนในระบบอยู่มีการควบคุมคือการทำใบเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองและต้องเก็บอุปกรณ์ไว้อย่างปลอดภัย เพื่อป้องกันความชำรุดเสียหายต่ออุปกรณ์หรืออะไหล่ มีจำนวน 5 รายการ อาทิเช่น คอมเพรสเซอร์ 25000 BTU มอเตอร์แอร์ คอยล์เย็น และ Key Card Holder เป็นต้น

กลุ่ม B เป็นกลุ่มที่มีการควบคุมแบบปานกลาง ด้วยการลงบัญชีคุมยอดบันทึกเสมอเหมือนมีการเบิกจ่ายเช่นเดียวกับ กลุ่ม A และใช้ระบบสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง แต่เข้มงวดน้อยกว่ากลุ่ม A คือ มีตรวจนับ 2 ครั้งต่อ 1 เดือน มีการควบคุมคือการทำใบเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรอง มีจำนวน 7 รายการ อาทิเช่น น้ำยาประสานท่อ 500 กรัม คาปาซิเตอร์ 45 MFD และ ชุดปุ่มกดโมเก้น SPE19N/3 เป็นต้น

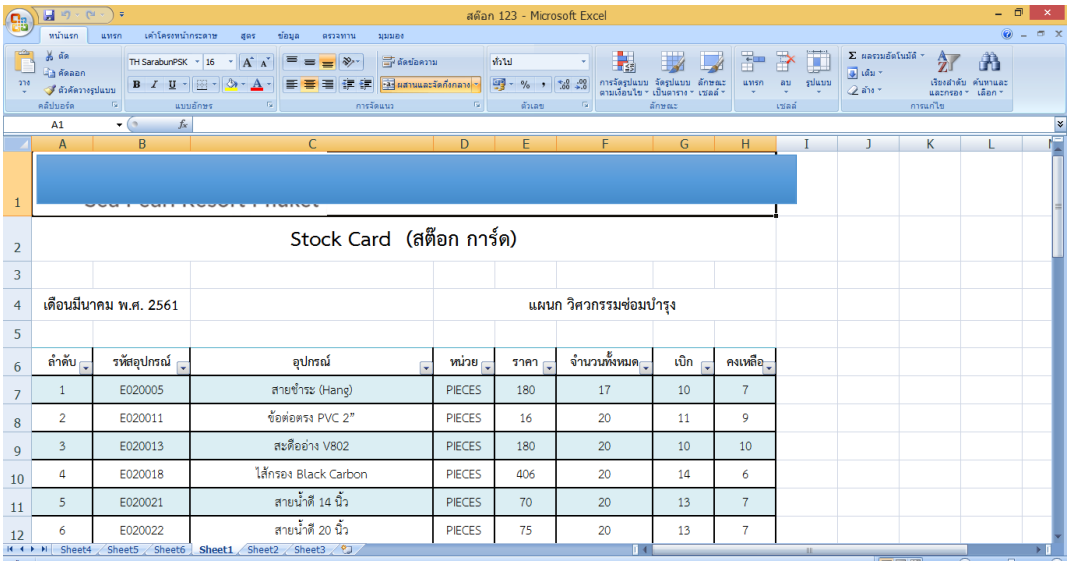
กลุ่ม C มีการจดบันทึกพียงเล็กน้อย สินค้าประเภทนี้จะวางให้หยิบใช้อย่างสะดวก เนื่องจากเป็นของที่มีราคาถูกและปริมาณมาก การตรวจนับ กลุ่ม C จะใช้ระบบคงคลังแบบสิ้นงวด คือ เว้นสักระยะจะมาตรวจนับเพื่อดูปริมาณการใช้และสั่งของเข้ามาเติมเต็ม มีจำนวน 33 รายการ อาทิเช่น ไส้กรอง Black Carbon หลอด BEC LED MR 16 12V 5W และ หลอดไฟติดฝาพนัง Daylight 220V Z5 – 508 เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการแบ่งกลุ่มสินค้าโดยใช้การวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC แล้ว ผู้วิจัยจึงเริ่มจัดเรียงลำดับตามความสำคัญและแบ่งอุปกรณ์และอะไหล่สำรองให้เป็นหมวดหมู่ พร้อมติดป้ายแสดงชื่อรายการ ตามกลุ่มของ ABC เพื่อความสะดวกในการค้นหาและรวดเร็วในการนำมาใช้งานในเวลาที่ต้องการใช้งาน และทำให้งานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สภาพคลังสินค้าในแผนกวิศวกรรมหลังการปรับปรุง

จากภาพที่ 4 แสดงสภาพคลังสินค้าในแผนกวิศวกรรมหลังการปรับปรุง และการจัดระบบการวางอุปกรณ์หรืออะไหล่ใหม่ โดยการนำการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยระบบ ABC มาช่วยในการจัดระบบในการวางอุปกรณ์และอะไหล่สำรองให้วางเป็นหมวดหมู่ ผู้วิจัยจึงทำการนับและจัดวางอุปกรณ์และอะไหล่ให้เป็นหมวดหมู่แล้ว จดบันทึกทุกครั้งที่มีการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ และจัดทำใบบันทึกรายการสินค้า หรือ Stock Card เพื่อให้รู้สถานะของสินค้าคงคลัง (ปฐมพงษ์, 2557) ดังแสดงในภาพที่ 5



Stock Card (สต๊อก การ์ด)

เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 แผนก วิศวกรรมซ่อมบำรุง

ลำดับ	รหัสอุปกรณ์	อุปกรณ์	หน่วย	ราคา	จำนวนทั้งหมด	เบิก	คงเหลือ
1	E020005	สายชำระ (Hang)	PIECES	180	17	10	7
2	E020011	ข้อต่อตรง PVC 2"	PIECES	16	20	11	9
3	E020013	สะดืออ่าง V802	PIECES	180	20	10	10
4	E020018	ไส้กรอง Black Carbon	PIECES	406	20	14	6
5	E020021	สายน้ำดี 14 นิ้ว	PIECES	70	20	13	7
6	E020022	สายน้ำดี 20 นิ้ว	PIECES	75	20	13	7

ภาพที่ 5 ใบบันทึกรายการสินค้า หรือ Stock Card

จากภาพที่ 5 แสดงใบบันทึกรายการสินค้า หรือ Stock Card เพื่อให้ทราบว่ามี รายการสินค้าแต่ละรายการเหลืออยู่จำนวนเท่าไหร่ มีสินค้าชนิดใด รายการใดที่ได้มีการเบิกไปใช้แล้วบ้างเพื่อสะดวกในการตรวจนับรายการสินค้าที่มีอยู่ ณ คลังสินค้า (ปฐมพงษ์, 2557) เพื่อให้จำนวนสินค้าจริงและในระบบมีความตรงกัน และเชื่อถือได้ ส่งผลให้มีการสั่งซื้อซ้ำลดน้อยลง สินค้าไม่ขาดมือ ส่งผลให้ใช้เวลาในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองลดน้อยลง จากเดิมใช้เวลาในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ 8 นาที/ครั้ง ปัจจุบันหลังจากปรับปรุงแล้วใช้เวลาในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองลดลงเหลือ 3 นาที /ครั้ง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นในการจัดการสินค้าคงคลังของแผนกวิศวกรรม โรงแรม WSP โดยการใช้เครื่องมือ 7 QC Tools มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ส่งผลให้ กระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองมีความล่าช้า จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์พบว่า สาเหตุที่ส่งผลในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองมากที่สุดคือ การจัดสินค้าไม่ตรงหมวดหมู่ ปัญหานี้จะส่งผลให้ใช้เวลานานในการหาอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน ทำให้ไม่ทราบจำนวนสินค้าที่เหลืออยู่ จำนวนเท่าไหร่ มีสินค้าชนิดใดบ้าง เกิดการสั่งซื้อที่ซ้ำซาก ส่งผลให้สินค้าขาดมือและเกิดความเสียหายตามมา

จากการนำเครื่องมือข้างต้นจากของงานวิจัยนี้ มาวิเคราะห์ แก้ไข และควบคุม ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองลดน้อยลง จากเดิมใช้เวลาในกระบวนการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่ 8 นาที/ครั้ง ปัจจุบันใช้เวลาในการเบิกจ่ายอุปกรณ์และอะไหล่สำรองเหลือเพียง 3 นาที /ครั้ง คิดเป็น ลดลงคิดเป็น 62.5 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก โรงแรม WSP ผู้จัดการแผนกการจัดการทรัพยากรบุคคล ที่ให้โอกาสคณะผู้วิจัย ได้เข้ารับการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และขอขอบคุณผู้บริหารงานวิศวกรรม และผู้ที่เกี่ยวข้องในแผนกวิศวกรรม ที่ค่อยให้ความรู้และความอนุเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีส่วนทำให้วิจัยเรื่องนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กรณ์วิษญ์ วิสิฐสกุลชัย และก้องภู นิมานันท์. 2559. การจัดการสินค้าคงคลังของห้างหุ้นส่วนจำกัด วิสิฐก่อสร้าง (๑๙๙๔). วารสารบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 2(3): 62-80

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. 2553. *การจัดการสินค้าคงคลัง*. กรุงเทพมหานคร: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง.

นิมิต เนินแสง. 2553. การจำลองสถานการณ์เพื่อปรับปรุงการใช้พื้นที่และวางผังคลังสินค้า: กรณีศึกษาคลังสินค้าสนับสนุนการผลิตรถยนต์. แหล่งที่มา: http://logisticscorner.com , 28 ตุลาคม 2560

ปฐมพงษ์ หอมศรี และจักรพรรณ คงธนะ .2557. การพัฒนาระบบการจัดการสินค้าคงคลัง. วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 7(2): 42-56

ลัดดาวัลย์ กิจสาลีรุ่ง และ อรรถกร เก่งพล. 2561. การออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูลเพื่อลดระยะเวลาในการค้นหาประวัติรวมถึงรายละเอียดของการซ่อมบำรุงและดูแลรักษาตู้คอนเทนเนอร์: กรณีศึกษาบริษัทขนส่งและกระจายสินค้า. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 28(2): 1-8

วรธน แสงศักดา. 2554. การจัดสรรพื้นที่การจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์: กรณีศึกษาอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง. แหล่งที่มา: http://logisticscorner.com , 28 ตุลาคม 2560

ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

The Demo Wireless Nurse Calling Voice System

กรภัทร เฉลิมวงศ์ กระวี อนนตรี และ สมพงษ์ แก้วหวัง

Korrapat Chalermwong Kravee Anontree and Sompong Kaewwang

บทคัดย่อ

งานวิจัยเชิงสิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์ สามารถส่งข้อมูลหมายเลขห้องและสัญญาณเสียงบอกหมายเลขห้องไปแสดงผลบนหน้าจอเครื่องรับที่โต๊ะพยาบาล ซึ่งระบบจะไม่หยุดการแสดงผล จนกว่าจะมีการตอบรับจากพยาบาล โดยระบบจะประกอบไปด้วยปุ่มกดเรียกพยาบาล ที่เชื่อมต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์ และชุดรับ-ส่ง RS232 ที่ติดตั้งอยู่ในห้องผู้ป่วยและมีตัวรับ-ส่ง RS232 อีกตัวที่โต๊ะพยาบาลเป็นตัวแสดงหมายเลขห้องและสัญญาณเสียงบอกหมายเลขห้อง พร้อมทั้งปุ่มตอบรับของพยาบาล จากที่ได้สาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ในโรงพยาบาล พร้อมทั้งได้ให้บุคลากร และผู้ป่วยห้องพิเศษทำแบบสอบถามความพึงพอใจผลที่ได้คือ สิ่งประดิษฐ์ชิ้นนี้เป็นที่น่าพอใจกับผู้ที่ตอบแบบสอบถามเป็นอย่างมาก

คำสำคัญ : ระบบเรียกพยาบาล, ไมโครคอลโทรลเลอร์, ตัวรับ-ส่ง RS232

ABSTRACT

This research pieces of this invention is to create a demonstration system called nurse,a kind of sound that control the wireless work with a micro-controller can send audio data room number and room number to tell you display on the screen at the table nursing receiver system which will not be stopped until the display will have a response from the system will tend to push-button call an ambulance that is connected to the micro-controller and the Send and receive RS 232 that is installed in the room and there is the patient receiving and sending RS 232 again,the nurse,a table shows the room number and room number as well as audio signals tell the answer The nurse from the demo system is called a nurse in the hospital as well as the Wireless Audio type, personnel and the patient Satisfaction Survey results special is that this piece of invention is satisfactory with the completion of the survey form is a very.

Keyword: system called nurse, micro-controller, the Send and receive RS 232

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Boryang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

บทนำ

ในโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลต่างๆการเอาใจใส่ดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดช่วยสร้างความอุ่นใจและความไว้วางใจให้ผู้ป่วยเป็นอย่างดีโดยเฉพาะในยามฉุกเฉินที่ผู้ป่วยต้องการรักษาอย่างเร่งด่วนระบบการติดต่อเรียกเจ้าหน้าที่ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้ป่วยตลอดจนคนใกล้ชิดมั่นใจว่าจะได้รับการดูแลอย่างทันท่วงทีในยามที่เกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดที่อาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาในระหว่างที่พักรักษาตัวอยู่ในสถานพยาบาลระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงหรือที่เรียกกันว่า Nurse call จึงมีความจำเป็นอย่างมากสำหรับสถานพยาบาลซึ่งในปัจจุบันเครื่องช่วยเรียกพยาบาลฉุกเฉินตามโรงพยาบาลที่ใช้อยู่ทั่วไปนั้นจะมีราคาค่อนข้างสูงบางครั้งต้องสั่งมาจากต่างประเทศ ในการทำงานส่วนใหญ่ของระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียง ผู้ป่วยจะต้องกดสวิตช์ที่ข้างเตียงผู้ป่วยและจะมีการแสดงผลสัญญาณที่ห้องพักของพยาบาลหรือห้องพักของแพทย์โดยมีลักษณะเป็นไฟ สีแดงกระพริบให้สัญญาณและมีเสียงสัญญาณดังขึ้นซึ่งในการแสดงผลดังที่กล่าวมาในบางครั้งหมอหรือพยาบาลอาจจะตรวจคนไข้ที่ห้องอื่นหรืออยู่บริเวณใกล้เคียงเมื่อได้ยินเสียงสัญญาณต้องใช้เวลาเดินมาดูว่าไฟสัญญาณและเสียงสัญญาณซึ่งมีขนาดที่ไม่ค่อยจะชัดเจนมากนัก ว่าดังมาจากห้องผู้ป่วยหรือเตียงผู้ป่วยใด ส่งผลให้การเข้าช่วยเหลือผู้ป่วยล่าช้า

ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงพูดบอกหมายเลขห้องของผู้ป่วยที่กดสวิตช์เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวซึ่งเดิมทีนั้นมีการทำปริญญานิพนธ์ที่เป็น เครื่องเรียกพยาบาลฉุกเฉินแบบมีเสียงลักษณะนี้อยู่แล้วซึ่งเครื่องเรียกพยาบาลฉุกเฉินแบบมีเสียงเดิมนี้สามารถนำไปใช้ในสถานพยาบาลได้เป็นอย่างดีโดยการเชื่อมต่อสายจากห้องผู้ป่วยไปยังโต๊ะพยาบาลถ้าพิจารณาถึงข้อเสียของเครื่องเรียกพยาบาลฉุกเฉินแบบมีเสียงแบบเดิมนั้นมีความยุ่งยากในการเดินสาย มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างมากสำหรับสถานพยาบาลที่มีห้องผู้ป่วยหลายห้องและหากมีการใช้ไปนานๆสายอาจขาดในได้

ดังนั้นโครงงานนี้จึงนำเสนอวิธีการแบบใหม่โดยการติดตั้งชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายขึ้นมาเพื่อแทนแบบเดิมซึ่งจะสะดวกต่อการติดตั้งและไม่มีการเดินสายเกิดขึ้นที่เครื่องส่งและเครื่องรับ (ไม่ต้องยุ่งยากในการเดินสาย) ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายนี้สามารถใช้งานได้โดยเมื่อมีผู้ป่วยกดปุ่มเรียกพยาบาลก็จะมีเสียงสัญญาณดังขึ้นด้านนอกที่โต๊ะพยาบาลและมีไฟแสดงสถานะซึ่งเสียงสัญญาณที่ออกมาเป็นการส่งสัญญาณแบบ Wireless และสามารถกำหนดความถี่ของสัญญาณโดยการป้อนรหัสเข้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับแต่ละแผนกให้รับสัญญาณได้ตามที่กำหนดไว้

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ตามเป้าหมายและภายในเวลาที่กำหนดนั้น จำเป็นต้องมีการวางแผนโครงงานก่อนเพื่อให้ทราบแนวทางและขั้นตอนในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง ซึ่งชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

การศึกษาข้อมูล

แผนการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

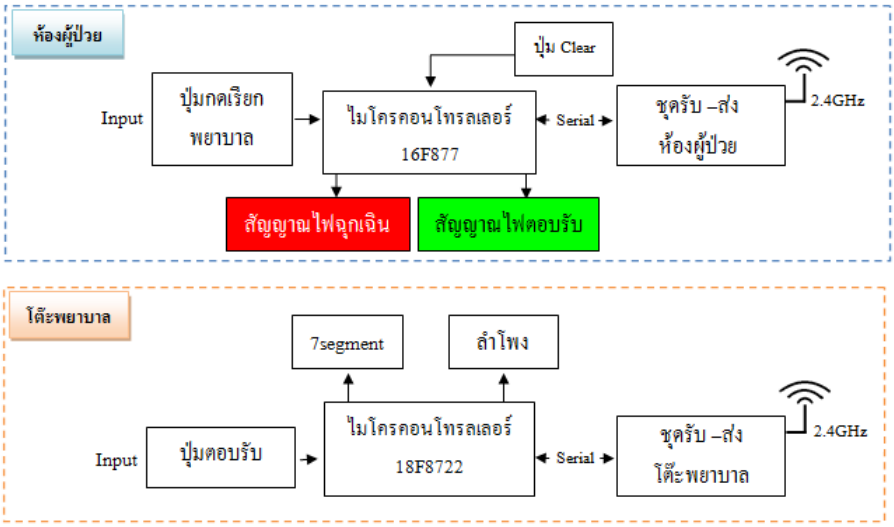
การออกแบบกล่องและการติดตั้ง

ขั้นตอนการประกอบชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

การศึกษาข้อมูล

ขั้นตอนในการศึกษาข้อมูล เป็นขั้นตอนแรกที่จำเป็นต้องหาข้อมูลโดยการศึกษาในรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตัวโครงงาน เพื่อให้ได้แนวคิดเบื้องต้นของตัวโครงงาน และแนวทางในการสร้างตัวโครงงานขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้จัดทำได้แนวคิดในการออกแบบโดยอาศัยหลักการของเครื่องเรียกพยาบาลฉุกเฉินของโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลต่างๆที่ใช้อยู่เดิมซึ่งใช้หลักการให้ผู้ป่วยกดสวิตซ์แล้วจะมีเสียงสัญญาณเตือน มีไฟแสดงที่ห้องพักพยาบาล ผู้จัดทำได้นำแนวคิดดังกล่าวเอามาพัฒนาให้มีข้อดีกว่าระบบที่ใช้อยู่ทั่วๆไปคือ สามารถบอกหมายเลขห้องผู้ป่วยได้ โดยมีไฟและมีการแสดงหมายเลขห้องที่จอ 7 segment เพื่อความชัดเจนมากขึ้นและแสดงออกเป็นเสียงพูดโดยการแสดงผลนี้ผ่านกระบวนการเขียนโปรแกรม และใช้สัญญาณ Wireless ส่งแบบไร้สาย โดยพยาบาลจะรับข้อมูลหมายเลขห้องโดยการดูที่หน้าจอของ 7 segment และเมื่อพยาบาลทราบแล้วสามารถกดปุ่มเพื่อให้ไฟที่ติดอยู่ดับไป เพื่อแสดงให้รู้ว่ามีพยาบาลรับทราบแล้วว่ามีการเรียกของผู้ป่วย ซึ่งมีลักษณะคล้ายคอมพิวเตอร์ สามารถแยกแยะในส่วนการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ออกได้เป็นส่วนประกอบสำคัญตามบล็อกไดอะแกรม ได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

จากภาพที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายอธิบายการทำงานได้ดังนี้ปุ่มกดเรียกพยาบาลทำหน้าที่ไว้กดเรียกพยาบาลจากห้องผู้ป่วยในเวลาฉุกเฉิน ในที่นี้มีต้นแบบของงานอยู่สามห้อง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ในส่วนรับคำสั่งโปรแกรมเพื่อไปทำการประมวลผลของโปรแกรม ในขณะเดียวกันเมื่อมีสวิตซ์กดเรียกมาคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการรับค่าของสวิตซ์ว่ามีการเรียกของผู้ป่วยมาแล้ว จากห้องผู้ป่วย จากนั้นก็ทำการส่งต่อในข้อมูลถัดไป

7 segment ทำหน้าที่แสดงผลหมายเลขห้องของผู้ป่วย

ลำโพง ทำหน้าที่แสดงผลเป็นเสียงบอกหมายเลขห้องว่าห้องไหนเป็นผู้เรียก

ชุดรับ–ส่ง (ห้องผู้ป่วย) เป็นอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณไร้สายจะทำการเซ็ตค่าของสัญญาณซึ่งทั้งหมดจะทำการส่งผลการทำงานแบบไร้สายโดยมีคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานโดยการเขียนโปรแกรม

ชุดรับ–ส่ง (ห้องพยาบาล) เป็นอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณไร้สายเชื่อมต่อการทำงานกันระหว่างสวิตซ์เรียกฉุกเฉินกับไมโครคอนโทรลเลอร์ของทั้งหมดในห้องพยาบาล

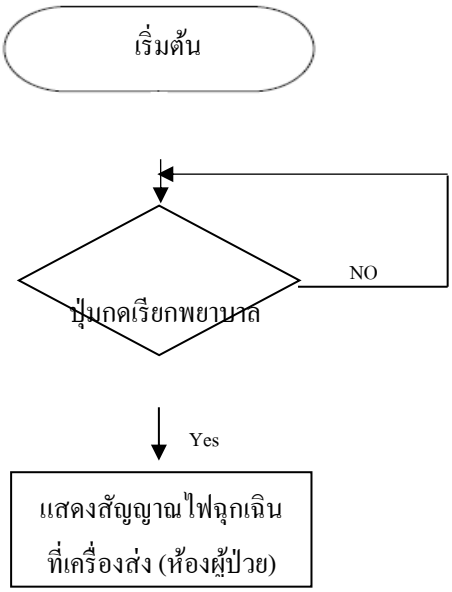
ปุ่มตอบรับ ทำหน้าที่ ส่งสัญญาณตอบรับไปยังห้องผู้ป่วย เพื่อให้ผู้ป่วยรับทราบว่าพยาบาลรับรู้แล้ว

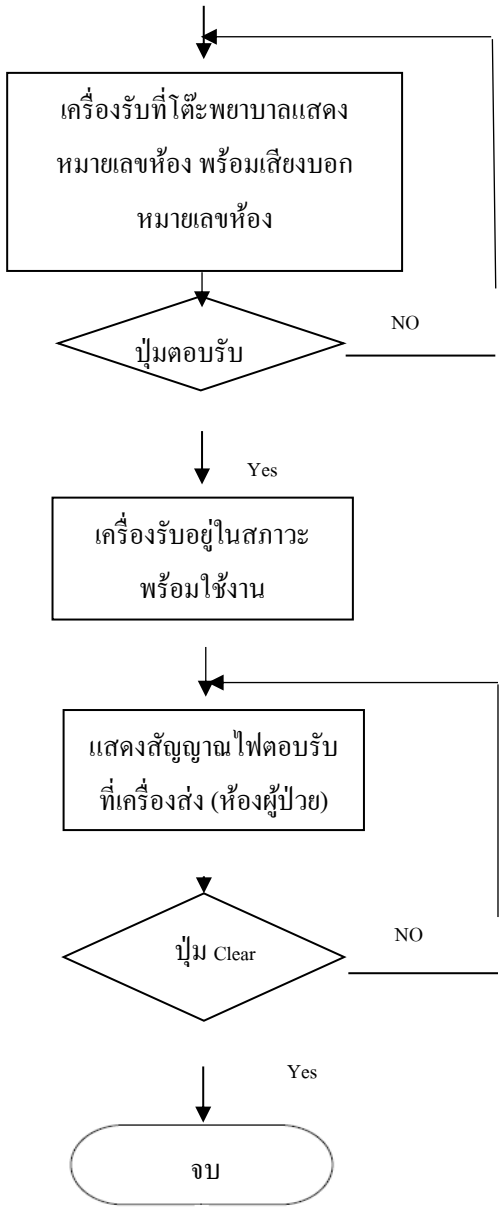
สัญญาณไฟฉุกเฉิน จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้ป่วยกดปุ่มกดเรียกพยาบาล

สัญญาณไฟตอบรับ จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อพยาบาลดกปุ่มตอบรับที่โต๊ะพยาบาล หลังจากที่ผู้ป่วยกดปุ่มกดเรียกพยาบาล

แผนการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

ในการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายนี้ จะอาศัยโปรแกรม PIC C Compiler เป็นตัวสร้างระบบขึ้นมา โดยใช้ RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF 24 G V2.0 เป็นตัวรับ – ส่งสัญญาณแบบ Wireless เนื่องจากชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย การใช้งานโดยหลักแล้วจะเป็นการกดปุ่มกดเรียกพยาบาลจากห้องผู้ป่วยเพื่อส่งสัญญาณไปยังตัวรับที่โต๊ะพยาบาล แบบมีเสียงชนิดไร้สาย เพื่อให้พยาบาลรับทราบโดยทันที ทำให้การช่วยเหลือผู้ป่วยได้ทันทีดังภาพที่ 2





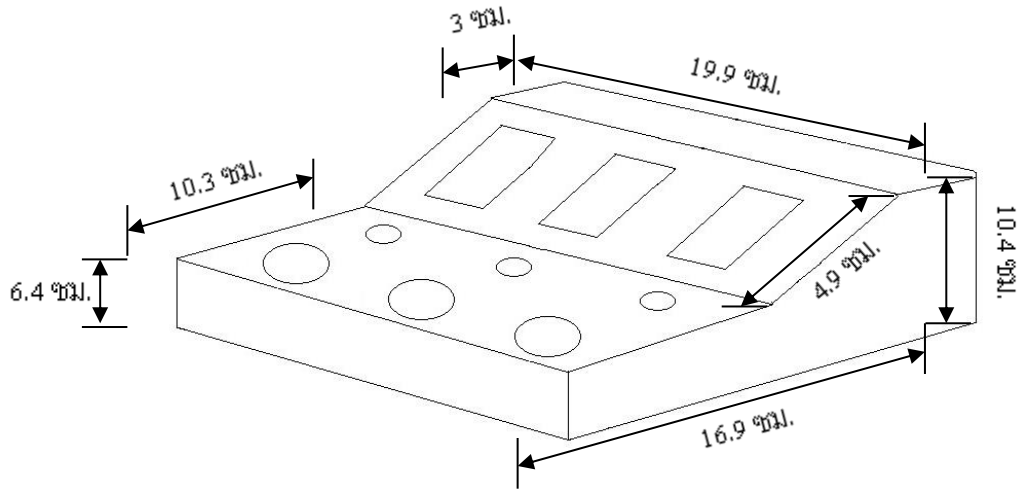
ภาพที่ 2 เป็นการแสดงแผนผังการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

เริ่มการทำงานโดยการกดปุ่มเรียกพยาบาลที่เครื่องส่งจากห้องผู้ป่วย เครื่องส่งแสดงสถานะสัญญาณไฟฉุกเฉิน เพื่อให้ผู้ป่วยทราบว่าเครื่องส่งทำการส่งสัญญาณไปที่โต๊ะพยาบาลแล้ว ส่วนเครื่องรับที่โต๊ะพยาบาลจะแสดงหมายเลขห้องของผู้ป่วยพร้อมกับเสียงบอกหมายเลขห้องวนซ้ำเรื่อยๆ จนกว่าจะมีพยาบาลมากดปุ่มตอบรับ และเมื่อพยาบาลกดปุ่มตอบรับที่เครื่องรับเสียงสัญญาณและไฟแสดงหมายเลขจะหยุดการแสดงผล และเครื่องส่งที่ห้องผู้ป่วยจะเปลี่ยนสัญญาณไฟฉุกเฉินเป็นสัญญาณไฟตอบรับ เพื่อให้ผู้ป่วยทราบว่าพยาบาลกำลังมาที่ห้อง เมื่อพยาบาลมาถึงห้องผู้ป่วยพยาบาลก็จะทำการกดปุ่มเคลียร์ที่เครื่องส่งเพื่อเริ่มระบบใหม่ และทำการช่วยเหลือผู้ป่วยทันที

จะเห็นได้ว่าทุกขั้นตอนการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย จะมีการแสดงสัญญาณอยู่ทุกขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการแสดงสัญญาณไฟ แสดงหมายเลขห้อง และแสดงสัญญาณเสียง เพื่อต้องการให้ผู้ป่วยและพยาบาลรับทราบด้วยกันทันที

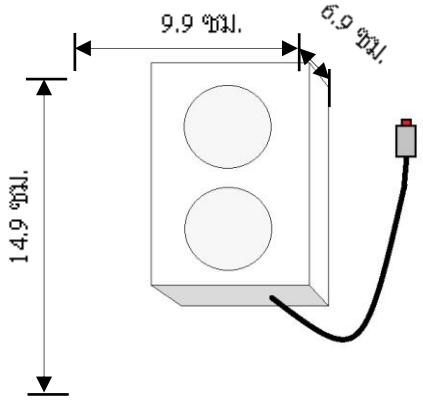
การออกแบบกล่องและการติดตั้ง

ในการออกแบบกล่องตัวรับนั้นได้ออกแบบโดยให้มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมที่มีจอแสดงผลของหมายเลขห้อง ที่ใช้ 7 Segment พร้อมทั้งสัญญาณเสียงและสัญญาณไฟ ในการแสดงผล วัสดุที่ใช้หาซื้อได้ทั่วไปประหยัดค่าใช้จ่ายกล่องทำด้วยแผ่นอะคริลิคดังรูปที่ 3



ภาพที่ 3 การออกแบบกล่องตัวรับ

ในส่วนของกล่องที่เป็นปุ่มกดเรียกพยาบาลนั้นออกแบบโดยการให้มีลักษณะที่เป็นรูปแบบสากลง่ายต่อการใช้งาน และมีไฟแสดงสถานะการใช้งาน วัสดุที่ใช้หาซื้อได้ทั่วไปประหยัดค่าใช้จ่ายกล่องทำด้วยแผ่นอะคริลิคดังภาพที่ 3



ภาพที่ 4 การออกแบบกล่องตัวส่ง

ขั้นตอนการประกอบชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

การทดลองระบบด้วยชุดไมโครคอลโทรลเลอร์ ในขั้นตอนนี้ได้ทำการทดลองเขียนโปรแกรมลงในชุดภาครับ – ส่ง และประกอบชิ้นงานทดสอบใช้งานพร้อมแสดงผลที่ชุดไมโครคอลโทรลเลอร์

การทดสอบชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย



ชุดสาธิตฯพร้อมใช้งาน



ทดสอบระบบห้องที่1



ทดสอบระบบห้องที่ 2



ทดสอบระบบห้องที่ 3

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการทดสอบชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

ผลและวิจารณ์ผล

การทดสอบการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

ผลของโครงงานในชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย สามารถนำชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายนี้ไปทดสอบการใช้งานได้จริง และสามารถสรุปขั้นตอนได้ดั้งนี้



ภาพที่ 6 ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการคิดค้นจนถึงขั้นตอนการสาธิต สรุปผลของโครงงานได้ดังนี้

สามารถควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

สามารถส่งข้อมูลหมายเลขห้องและสัญญาณเรียกฉุกเฉินไปแสดงผลบนหน้าจอเครื่องรับ

ระบบจะแสดงหมายเลขห้องจนกว่าจะมีการตอบรับจากพยาบาล

ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายจะทำการสาธิตระบบทั้งหมด 3 ห้อง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ทางผู้จัดทำได้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นพยาบาล ผู้ช่วยพยาบาล และผู้ป่วยห้องพิเศษ จำนวน 20 คน



ภาพที่ 7 ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นพยาบาล ผู้ช่วยพยาบาล และผู้ป่วยห้องพิเศษ จำนวน 20 คน

ได้ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย แล้วจึงนำผลที่ได้จากการแจกแบบสอบถาม มาหาค่าร้อยละ โดยแบบสอบถามมีรูปแบบและรายละเอียดหัวข้อประเมินดังนี้

ตารางที่ 1 รายการที่ประเมินแบบสอบถาม

ลำดับที่	รายการที่ประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก
1	การทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย					
2	ความง่ายต่อการใช้งาน					
3	ความปลอดภัยของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย					
4	ผลกระทบน้อยลงและสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยได้ทันท่วงที					
5	ความทันสมัยของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย					
6	แนวคิด/และความน่าสนใจ					
7	ประโยชน์การใช้งาน					
8	ภาพรวมของชุดชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย					

ตารางที่ 2 จำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตำแหน่ง

ตำแหน่ง	**เพศชาย**		**เพศหญิง**		**จำนวนรวมทั้งหมด**	**ร้อยละทั้งหมด**
	จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**		
พยาบาล	-	-	7	35	7	35
ผู้ช่วยพยาบาล	5	25	3	15	8	40
ผู้ป่วยห้องพิเศษ	3	15	2	10	5	25
รวม					**20**	**100**

ผู้จัดทำได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นแบบสอบถามความความพึงพอใจของพยาบาล ผู้ช่วยพยาบาล และผู้ป่วยห้องพิเศษโดยการหาค่าเฉลี่ย($\bar{X}$)และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การแปลความหมายของข้อมูลค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ได้กำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ยคะแนนออกเป็น 5 ระดับดังนี้

ตารางที่ 3 กำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจของของพยาบาลผู้ช่วยพยาบาล และผู้ป่วยห้องพิเศษ
4.21 - 5.00	มากที่สุด
3.41 – 4.20	มาก
2.61 – 3.40	ปานกลาง
1.81 – 2.60	น้อย
1.00 – 1.80	น้อยที่สุด

ตารางที่ 4 สรุปค่าคะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจในการใช้งานชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย

ที่	ความพึงพอใจ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1	การทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย	4.45	0.51	มากที่สุด
2	ความง่ายต่อการใช้งาน	4.45	0.51	มากที่สุด
3	ความปลอดภัยของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย	4.05	0.76	มาก
4	ผลกระทบต่อการใช้งาน	4.15	0.67	มาก
5	ความทันสมัยของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย	4.20	0.70	มาก
6	แนวคิด/และความน่าสนใจ	4.45	0.51	มากที่สุด
7	ประโยชน์การใช้งาน	4.35	0.49	มากที่สุด
8	ภาพรวมของชุดชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย	4.05	0.51	มาก
เฉลี่ย		**4.26**	**0.65**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้งานชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรวมของทุกรายการ พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.26) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าระดับความคิดเห็นอยู่ในมากที่สุดเพียงบางข้อ ได้แก่ การทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ความง่ายต่อการใช้งานแนวคิด/และความน่าสนใจ และประโยชน์การใช้งานโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือการทำงานของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย ความง่ายต่อการใช้งาน และแนวคิด/และความน่าสนใจ ($\bar{X}$ = 4.45) และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความปลอดภัยของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบ มีเสียงชนิดไร้สาย และภาพรวมของชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิด ไร้สาย ($\bar{X}$ = 4.05)

สรุปผลการวิจัย

ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น และใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จึงต้องนำเทคโนโลยีไร้สายเข้ามาใช้งาน เพื่อที่จะทำให้ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายเป็นไปตามเป้าประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้น

ในเครื่องเรียกพยาบาลแบบเก่านั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก คือ จะเป็นในลักษณะของการใช้สายในการวางระบบ ไม่มีการบอกหมายเลขห้อง และไม่สามารถทราบได้ว่าพยาบาลรับรู้หรือไม่ จึงทำให้เกิดการล่าช้า เสียเวลา ทำให้การช่วยเหลือไม่ทันท่วงที ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดได้ เพื่อช่วยลดความยุ่งยากทั้งหลายทางผู้จัดทำจึงคิดค้นระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายขึ้น

ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สาย มีข้อดีตรงที่ประหยัดงบประมาณในการวางระบบในจุดที่ต้องใช้สาย ซึ่งทั้งยากและสิ้นเปลืองวัสดุในการเดินสาย ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายยังเพิ่มความสะดวกและความทันสมัย พร้อมทั้งมีความแม่นยำในการขอความช่วยเหลือจากพยาบาล

สรุปผลการวิจัย

4.1.1 สามารถควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.2 สามารถส่งข้อมูลหมายเลขห้องและสัญญาณเรียกฉุกเฉินไปแสดงผลบนหน้าจอเครื่องรับซึ่งมี 7 Sigment และลำโพงเป็นตัวแสดงผล

4.1.3 หากยังไม่มีการตอบรับจากพยาบาลระบบจะแสดงหมายเลขห้องจนกว่าจะมีการตอบรับจากพยาบาล

4.1.4 ชุดสาธิตระบบเรียกพยาบาลแบบมีเสียงชนิดไร้สายจะทำการสาธิตระบบทั้งหมด3 ห้อง

ข้อเสนอแนะ

4.2.1 เครื่องส่ง ควรจะมีขนาดที่เล็กกะทัดรัด เพื่อไม่ให้เกะกะพื้นที่ ขนาดที่เหมาะสมคือ

เท่ากับโทรศัพท์มือถือ

4.2.2 ควรมีการแสดงผลที่ดีกว่านี้ เช่น การแจ้งให้ทราบทันทีว่าเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้น

4.2.3 ในกรณีที่ต้องการติดตั้งมากกว่า 3 ห้องและเป็นตัวเลขห้องที่เป็น 2 หลักควรเพิ่มจำนวนชุดแสดงผลเป็นสองถึงสามหลักเพื่อรองรับห้องที่เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Dr. Phichet Banyati.กริ่งเรียกพยาบาลในหอผู้ป่วย.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก https://www.gotoknow.org/posts/4525 (10มีนาคม2557)

[2] คู่มือการใช้งาน ET-BASE PIC40. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :http://www.ett.co.th/product/pics/et-base/pic.pdf (12 มีนาคม 2557)

[3] คู่มือ ET-PGM PIC USB V1/V1 PLUS. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

http://www.ett.co.th/product/pic/man/Man-th%20ET-PGMPIC%20USB.pdf (2 เมษายน 2557)

[4] คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V2.0. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : http://www.ett.co.th/product/intf/man-ET-RF24Gv2.pdf (26 เมษายน2557)

[5] Mimagin Blog. 7 Segment. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

http://aimagin.com/blog/driving-7-segments-led/?lang=th (26 เมษายน2557)

[6] All –MCUPROJECTS.COM [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

http://www.mcuthailand.com/articles/pic/CCS.html(10พฤษภาคม2557)

[7] ดร.วาทินีนุ้ยเพียร.การหาค่าคำนวณแบบสอบถาม.[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :

http://km.icit.kmutnb.ac.th/imgadmins/doc_file/KMICIT_article_file_2013-02-20_11-32- 04.pdf (3 ตุลาคม 2557)

แบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

L.P.G. Gas leakage Detection and Electric Power Cut-Off Model Using Mobile Phone

วันเฉลิม ชั้นวัฒนพงศ์[1*] เกรียงศักดิ์ เหลือประเสริฐ[1] และ ไพฑูรย์ รักเหลือ[1]

Wanchalerm Chanwattanapong[1*] Kriangsak Lhueprasert[1] Paitoon Rakluea[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองการตรวจจับและแจ้งเตือนการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและอุณหภูมิภายในห้อง ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลกลาง ทำงานร่วมเซนเซอร์ก๊าซแอลพีจี MQ-6 ทำหน้าที่ตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซ และ เซนเซอร์ DHT-22 ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ โดยเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีเซนเซอร์จะตรวจจับความเข้มก๊าซแอลพีจีและส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผล หากว่าความเข้มข้นของก๊าซแอลพีจีมีค่าเกินกว่า 600 PPM หรืออุณหภูมิในห้องมีค่าเกิน 50 องศาเซลเซียสไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อความเตือนไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่และสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ควบคุมการตัดระบบไฟฟ้าและระบบก๊าซแอลพีจี หากความเข้มก๊าซและอุณหภูมิมีค่าเกินไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่และสั่งตัดระบบไฟฟ้าและระบบก๊าซโดยอัตโนมัติ

คำสำคัญ : ระบบแจ้งเตือน, MQ-6 Gas sensor, DHT-22, ไมโครคอนโทรลเลอร์, การรั่วไหล, ก๊าซแอลพีจี

ABSTRACT

This paper proposed a model for detection and warning of LPG gas leakage and room temperature. Controlled by microcontroller as a central processor and integrates with LPG gas sensor MQ-6 and temperature sensor DHT-22. When an LPG leak occurs, sensor captures the LPG intensity and send to microcontroller for processing. If the LPG concentration exceeds 600 PPM or room temperature is above 50 degree Celsius microcontroller will send a warning message to mobile phone and can use mobile phone to cut-off electrical and gas systems. If both gas intensity and room's temperature are exceeds limit microcontroller will send message to mobile phone and automatically cut-off electrical and gas systems.

Keywords : Warning system, MQ-6 Gas sensor,DHT-22, Microcontroller, Leakage, LPG

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : wanchalerm_c@rmutt.ac.th

บทนำ

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวหรือแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas) จัดเป็นเชื้อเพลิงอีกชนิดหนึ่งที่มาจากซากดึกดำบรรพ์ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันหรือการแยกก๊าซธรรมชาติในโรงแยกก๊าซธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพนและบิวเทน ก๊าซแอลพีจีเป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่นไม่มีสี เบากว่าน้ำแต่หนักกว่าอากาศเป็นเชื้อเพลิงที่มีความไวไฟสูง เมื่อเกิดการรั่วไหลจะเกิดการสะสมตามพื้นด้านล่าง ซึ่งช่วงการติดไฟของก๊าซแอลพีจีอยู่ในช่วงประมาณ 2–15 % ของปริมาตรก๊าซในอากาศ ปริมาณของก๊าซแอลพีจีตั้งแต่ 2% ขึ้นไปสามารถที่จะติดไฟได้ ส่วนอุณหภูมิที่ทำให้ก๊าซแอลพีจีเกิดการลุกไหม้ได้เองคือประมาณ 400 องศาเซลเซียส ก๊าซแอลพีจี สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายไม่ว่าจะเป็นในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมแก้ว อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเชื่อม หรือการนำมาใช้ในครัวเรือนในการประกอบอาหารที่รู้จักทั่วไปในชื่อ**ก๊าซหุงต้ม เนื่องจากก๊าซแอลพีจีเป็นก๊าซที่ไม่มีสีและไม่มีกลิ่น** เมื่อมีการนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์จึงมีข้อกำหนดให้เติมสารมีกลิ่น เพื่อเป็นการเตือนภัยหากเกิดการรั่วไหลขึ้น แต่หากเมื่อเกิดการรั่วไหลในขณะที่ผู้ใช้ไม่ทราบและเกิดประกายไฟอาจทำให้เกิดอันตรายแก่ทรัพย์สินได้

จากความอันตรายของการใช้งานก๊าซแอลพีจีทางคณะผู้วิจัยจึงสร้างแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในครัวเรือนหรือโรงงานอุตสาหกรรม โดยแบบจำลองนี้สามารถตรวจจับก๊าซ อุณหภูมิและสั่งตัดระบบไฟฟ้า ปิดระบบการจ่ายก๊าซ ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ โดยเมื่อเกิดการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีเซนเซอร์จะตรวจจับความเข้มก๊าซแอลพีจีและส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการประมวลผล หากว่าความเข้มข้นของก๊าซแอลพีจีมีค่าเกินกว่า 600 PPM หรืออุณหภูมิในห้องมีค่าเกิน 50 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อความเตือนไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่และผู้ใช้งานสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ควบคุมการตัดระบบไฟฟ้าและระบบก๊าซแอลพีจี หากความเข้มของก๊าซและอุณหภูมิมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อความไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่และสั่งตัดระบบไฟฟ้าและระบบก๊าซโดยอัตโนมัติ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.ก๊าซ แอลพีจี

ก๊าซแอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas) มีชื่อเรียกว่า ก๊าซปริโตรเลี่ยมเหลว หรือ ก๊าซหุงต้ม ประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด โพรเพนและบิวเทนในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้ โดยอาจเป็นโพรเพนบริสุทธิ์ 100% หรือบิวเทนบริสุทธิ์ 100% ก็ได้โดยทั่วไปก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่ได้จากโรงงานแยกก๊าซธรรมชาติ โดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทนประมาณ 70:30 ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศโดยมีน้ำหนักประมาณ 1.5-2 เท่าของอากาศ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจะถูกอัดให้อยู่ในสภาพของเหลวภายใต้ความดันเพื่อสะดวกต่อการเก็บและการขนส่ง เมื่อลดความดันก๊าซเหลวนี้จะกลายเป็นไอ สามารถนำไปใช้งานได้ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่มีความสำคัญในปัจจุบัน ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในครัวเรือน อุตสาหกรรม และในภาคการขนส่ง เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ขนส่งสะดวกไม่เปลืองที่เก็บ และที่สำคัญคือ เผาไหม้แล้วเกิดเขม่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น

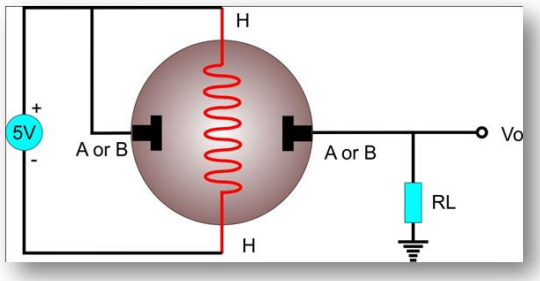
2.โมดูลเซนเซอร์ก๊าซแอลพีจี MQ-06

MQ-6 เป็นเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณแก๊สแอลพีจีในอากาศโดยเมื่อเมื่อเราเริ่มจ่ายพลังงานให้กับเซนเซอร์ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขดลวดภายในตัวเซ็นเซอร์เมื่อก๊าซแอลพีจี เข้ามาทำปฏิกิริยาจะทำให้ค่าความต้านทานค่าความต้านทาน

ภายในของเซนเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณของก๊าซแอลพีจีที่เซ็นเซอร์ได้รับ คือเมื่อปริมาณของก๊าซที่ได้รับมีค่ามากขึ้นค่าความต้านทานภายใน (RS) จะมีค่าลดลง หรือ ค่าความต้านทานภายในของเซ็นเซอร์แปรผกผันกับปริมาณของก๊าซแอลพีจี



ภาพที่ 1 เซนเซอร์ก๊าซแอลพีจี MQ-6



ภาพที่ 2 วงจรสมมูลเซ็นเซอร์ก๊าซแอลพีจี MQ-6

ภาพที่ 1 แสดงเซ็นเซอร์ก๊าซแอลพีจี MQ-6 และภาพที่ 2 แสดงวงจรสมมูลชุดวงจรเซ็นเซอร์ก๊าซแอลพีจีจากวงจรจะเห็นว่าภายในเซนเซอร์ เปรียบเสมือนมีตัวต้านทานต่ออยู่ การต่อใช้งานต้องจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง 5 V และต่อตัวต้านทาน R_L อนุกรม ดังนั้นจึงสามารถหาค่าของแรงดัน V_o ที่ตกคร่อมความต้านทาน R_L ได้จากสมการที่ 1

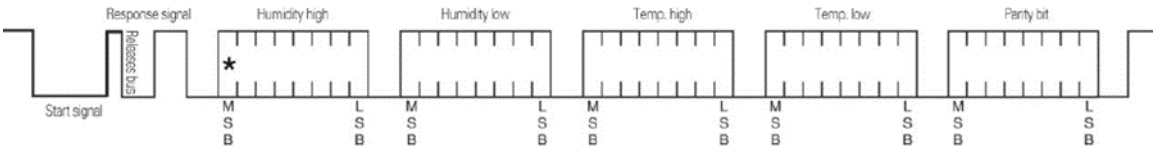
$$V_0 = \frac{R_L}{R_S + R_L}$$

จากหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ เมื่อปริมาณของก๊าซแอลพีจีได้รับเข้ามามากขึ้นแรงดันเอาต์พุต V_o จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นซึ่งแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการประมวลผลต่อไป

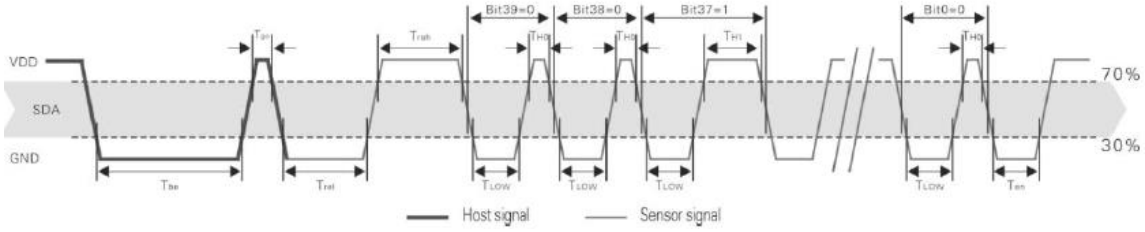
3.โมดูลวัดอุณหภูมิ DHT22

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 เป็นเซ็นเซอร์ซึ่งมีราคาถูก ให้ค่าเป็นแบบดิจิทัล ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (serial data, bi-directional) โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ +- 5%. ย่านอุณหภูมิตรวจวัดได้อยู่ที่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส ในการอ่านข้อมูลจากไอซีนั้น จะใช้ขาสัญญาณเพียงเส้นเดียวคือ DATA (หรือ SDA) แบบสองทิศทาง และในสถานะปรกติสัญญาณ DATA จะมีสถานะเป็น

HIGH ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องกำหนดให้ขา DATA เป็นเอาต์พุต และสร้างบิต START ซึ่งจะต้องมีสถานะเป็น LOW อย่างน้อย 800 μsec จากนั้นจึงให้เป็นสถานะ HIGH อย่างน้อย 20 μsec จากนั้นเป็นขั้นตอนการรอการตอบกลับ (response) และจากไอซี โดยขา DATA จะถูกต้องเปลี่ยนเป็นอินพุต เริ่มต้นของการตอบกลับไอซี จะดึงสัญญาณลงเป็น LOW และปล่อยให้เป็น HIGH ช่วงละ 80 μsec โดยประมาณ (เรียกว่า Response Bit) จากนั้นจึงจะเป็นการส่งข้อมูลทีละบิต รวม 40 บิต โดยข้อมูล 2 ไบต์แรกจะแทนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ 2 ไบต์ถัดมาจะแทนอุณหภูมิและไบต์สุดท้ายเป็น cheksum



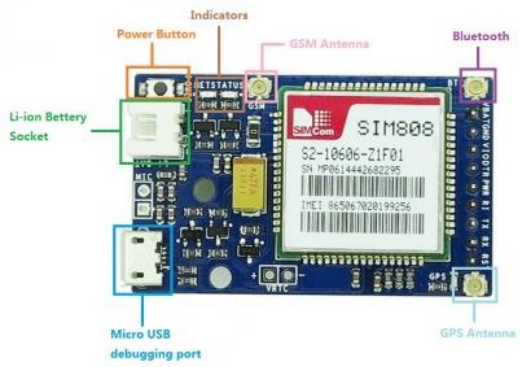
ภาพที่ 3 ลำดับของข้อมูลบิตในการอ่านค่าจากไอซี DHT22



ภาพที่ 4 การจำแนกข้อมูลบิตของไอซี DHT22

4.โมดูลจีเอสเอ็ม Sim808

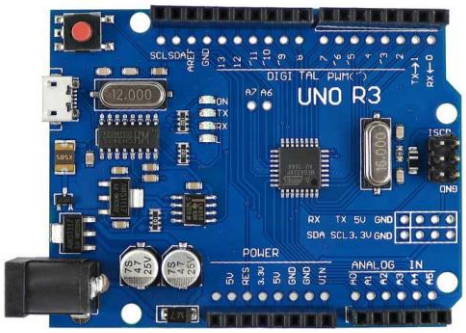
โมดูล SIM808 เป็นโมดูลการสื่อสารแบบ Quad-Band GSM/GPRS ซึ่งได้รวมเทคโนโลยี GPS สำหรับดาวเทียมนำทางและมีการการออกแบบที่กะทัดรัดซึ่งได้รวมการสื่อสารในแบบ GPRS และ GPS ไว้ในแพคเกจเดียวทำให้ผู้พัฒนาประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนา



ภาพที่ 5 โมดูลจีเอสเอ็ม Sim808

5.Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วยArduino IDE คือ เครื่องมือสำหรับใช้พัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มีภาษามาตรฐานสำหรับการเขียนโปรแกรม โดยจะใช้ตัวควบคุมหรือชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีขนาดเล็กเพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานขนาดเล็กอย่าง Atmega328 ซึ่ง Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่าย ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino นั้น จะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งที่มีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) อื่นๆ เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่แตกต่างไปจาก ANSI-C*เล็กน้อยเพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANSI-C โดยตรง ซึ่ง Arduino IDE จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับ Text Editor โดยจะเลือกใช้ C- Compiler ของ “GNU AVR-GCC Toolchain” ร่วมกับ Library Function ของ “avr-libc” ส่วน Utility ที่ใช้ในการ Upload Code ให้กับ AVR นั้นก็จะใช้ของ “AVRDude” ซึ่งคุณสมบัติของ Arduino UNO R3 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะประกอบไปด้วยชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmel ATmega328 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน 5 โวลท์ หน่วยความจำ 32 KB และความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16 MHz

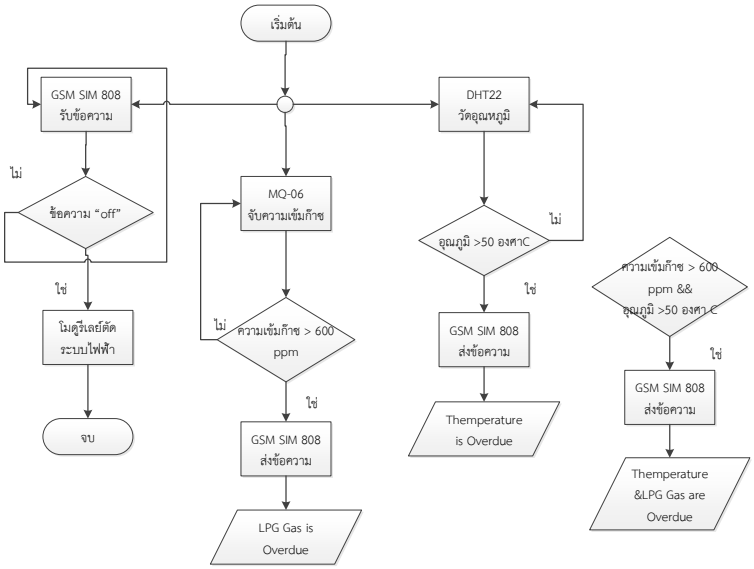


ภาพที่ 5 Arduino UNO R3

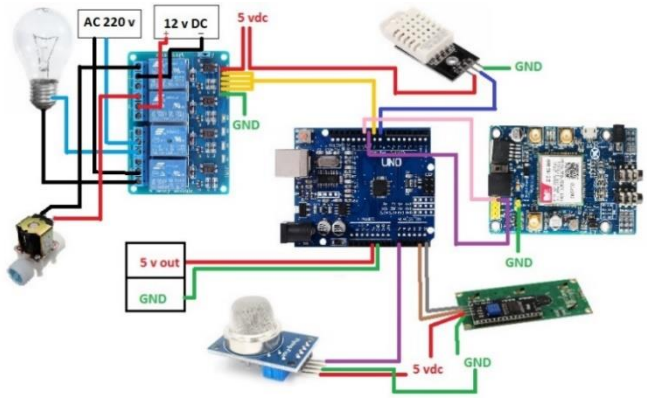
การออกแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

การทำงานของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ เซนเซอร์ MQ-6 ทำการตรวจจับความเข้มของก๊าซแอลพีจีที่รั่วไหลออกมาและเซ็นเซอร์ DHT22 จะทำการวัดอุณหภูมิภายในแบบจำลองจากนั้นเซ็นเซอร์ทั้ง 2 จะส่งค่ามาที่ Arduino UNO R3 โดย Arduino UNO R3 จะประมวลผลและแสดงผลไปยัง LCD display เมื่อมีความเข้มก๊าซเกินกว่า 600 ppm Arduino UNO R3 จะสั่งให้ โมดูล GSM SIM808 ส่งข้อความไปเตือนที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยข้อความ “ LPG Gas is Overdue” เมื่ออุณภูมิเกิน 50 องศาเซลเซียส Arduino UNO R3 จะสั่งให้ โมดูล GSM SIM808 ส่งข้อความไปเตือนที่มือถือด้วย ข้อความ “Temperature is Overdue ” และเมื่อมีความเข้มก๊าซแอลพีจีเกิน 600 ppm และ อุณภูมิเกิน 50 องศาเซลเซียส Arduino UNO R3 จะสั่งให้ โมดูล GSM SIM808 ส่งข้อความไปเตือนที่มือถือด้วยข้อความ “Temperature &LPG Gas are Overdue” ข้อความเตือนที่ถูกส่งจะส่งไปยังมือถือ 2 หมายเลข

และเมื่อ มีข้อความเข้ามายัง โมดูล GSM SIM808 ด้วยข้อความ “off” Arduino UNO R3 จะสั่งให้ โมดูรีเลย์ ทำงานเพื่อตัดระบบไฟฟ้าและระบบการจ่ายก๊าซแอลพีจี



ภาพที่ 6 Flowchart การทำงานของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่



ภาพที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

ผลการทดลองและสรุปผล

1.การทดสอบเซ็นเซอร์ก๊าซแอลพีจี

ในการทดสอบการทำงานของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยทำการวัดค่าเปรียบเทียบกับเครื่องวัดแก๊สรั่วมาตรฐาน AZ รุ่น 7291 กับเซ็นเซอร์ตรวจจับแก๊ส MQ-06 ไว้ในพื้นที่จำลองขนาด 30x20x30 เซนติเมตร และทำการแพร่กระจายแก๊สในปริมาณที่เท่ากันเพื่อเปรียบเทียบปริมาณแก๊สที่สามารถวัดได้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการตรวจจับก๊าซ

ครั้งที่วัด	ค่าความเข้มแก๊สจากเครื่องวัดแก๊สรั่วมาตรฐาน AZ รุ่น 7291 (ppm)									
	40	Vout	80	Vout	160	Vout	320	Vout	640	Vout
1	42	0.17	73	0.29	245	0.97	520	2.07	713	2.83
2	42	0.17	92	0.37	279	1.11	500	1.99	764	3.04
3	35	0.14	90	0.35	268	1.06	515	2.05	842	3.35
4	44	0.17	81	0.32	236	0.94	602	2.39	940	3.73
5	49	0.19	95	0.38	213	0.85	572	2.27	937	3.72
6	51	0.20	93	0.37	229	0.91	687	2.73	942	3.74
7	59	0.23	93	0.37	234	0.93	583	2.31	802	3.19
8	47	0.19	75	0.30	255	1.01	524	2.08	825	3.28
9	44	0.17	97	0.39	265	1.05	538	2.14	927	3.68
ค่าเฉลี่ย	45.90	0.18	87.67	0.35	247.11	0.98	560.11	2.23	854.6	3.40

2.การทดสอบเซ็นเซอร์อุณหภูมิ DHT22

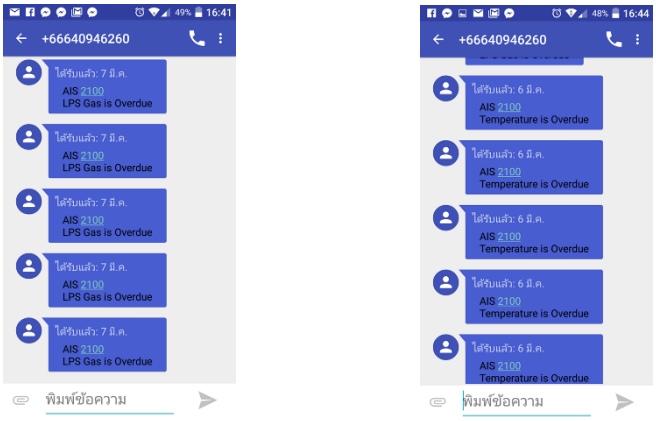
ในการทดสอบการทำงานของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยทำการวัดค่าเปรียบเทียบกับเครื่องทำการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิของเครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ APPA 99II กับเซ็นเซอร์ DHT22 ลงในแบบจำลองขนาด 30x20x30 เซนติเมตรและทำการ ลดอุณหภูมิลงจาก 50 องศาเซลเซียส ไปจนถึง 20 องศาองศาเซลเซียส ด้วยตัวทำความเย็นในแบบจำลองผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ APPA 99II	อุณหภูมิที่วัดได้ (°C)	%ความคาดเคลื่อน
20	19.70	1.50
25	24.70	1.20
30	29.50	1.67
35	34.60	1.14
40	39.60	1.00
45	44.60	0.89
50	49.60	0.80

3.การทดสอบการทำงานของแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

ทำการทดสอบโดยปล่อยก๊าซเข้าไปในแบบจำลองโดยผ่านวาล์วควบคุมก๊าซจนถึง 600 ppm เพื่อทดสอบการทำงานของแบบจำลอง จากผลการทดลองปรากฏว่าแบบจำลองสามารถตรวจจับการรั่วของก๊าซและทำการส่ง SMS ไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่และสามารถทำการตัดระบบไฟฟ้าและระบบการจ่ายก๊าซได้ทุกครั้ง



ภาพที่ 7 แสดง SMS จากแบบจำลอง

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีและตัดระบบไฟฟ้าผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเซ็นเซอร์แบบดิจิตอลรุ่น DHT22 สำหรับตรวจจับอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ และ เซ็นเซอร์ MQ-6 สำหรับตรวจจับก๊าซแอลพีจี โดยทำการแจ้งเตือนและสั่งตัดการทำงานผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ รวมทั้งการประยุกต์ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์Arduino จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความไวในการตรวจจับที่ดีและมีเสถียรภาพในการทำงาน โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ +-

5%. และมีย่านอุณหภูมิที่สามารถตรวจจับได้อยู่ที่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส และเซ็นเซอร์ตรวจการรั่วไหลของก๊าซแอลพีจีสามารถทำการตรวจจับการรั่วไหลของก๊าซได้ค่อนข้างแม่นยำและแบบจำลองสามารถทำการแจ้งเตือนและสั่งตัดการทำงานของระบบการจ่ายก๊าซและระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

ดอนสัน ปงผาบ. 2558. ภาษาซีและ Arduino. ส.ส.ท.

จักกรี รัศมีฉาย. 2558. ทดลองและใช้งาน Adrduino Uno R3 ด้วยโปรแกรม NI labView. ทริปเพิ้ล กรุ๊ป กรุงเทพฯ.

แพรวพรรณ พุ่มพฤกษ์ และ จงกลนี ราชสุข. ระบบเตือนแก๊สรั่วไร้สายผ่านสมาร์ทโฟน. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ธัญบุรี.

นิคม ลนขุนทด. 2557. โปรแกรมควบคุมการตรวจจับปริมาณแก๊สแอลพีจีในห้องครัวด้วยไมโครคอนโทลเลอร์ พร้อมระบบส่งสัญญาณเตือนภัย, **วารสารวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์**, น. 104-112

วิสูตร ชินรัตนลาภ. 2557. การเก็บก๊าซ LPG ปริมาณมากในภาวะอุณหภูมิต่ำ. **วิศวกรรมสาร.** น. 61-68

การพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงสำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตในการเชื่อมโลหะ

Development of a High Voltage DC power Supply for Electrostatic Precipitator in Welding Process

สรายุทธ มณีงาม[1*] จามิกร ไต่วัลย์[1]

Sarayuth Maneengam[1*] Jamikorn Taiwan[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเรื่องการออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงขนาด 5kV และ 10kV สำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตแบบแผ่นเพลทโดยใช้ IC UC3844 มาทำหน้าที่สร้างสัญญาณ Pulse-width modulation (PWM) ในการควบคุมการทำงานของ Power Mosfet 2 ตัว ซึ่งทำงานแบบ half bridge converter และเพิ่มแรงดันให้สูงขึ้นด้วยวงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft-Walton เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าที่ได้มาจ่ายให้กับแผ่นเพลทจะทำให้อนุภาคแขวนลอยในอากาศที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน มาเกาะตัวที่แผ่นเพลท ซึ่งจากการทดลองได้พบว่ามีประสิทธิภาพการตกตะกอนสูงถึงร้อยละ 95 ทำให้สามารถดักจับฝุ่นละอองรวมทั้งควันและไอละเหยจากการเชื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต , แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง

ABSTRACT

This paper presents Design and construction of a 5kV and 10kV high voltage DC power supply with Electrostatic Precipitators Plate for trapping smoke and dust caused by welding. This research uses IC UC3844 which generates pulse-width modulation (PWM) signals to control two power MOSFETs in half bridge converter and use a voltage of the Cockcroft-Walton multiplier. When the applied voltage is applied to the plate, the suspended particles in the air are smaller than 5 microns. From the experiments, it was found that the efficiency of the precipitation is as high as 95%, so it can effectively trap dust, smoke and vapors from welding.

Keywords : electrostatic Precipitator, high Voltage dc power Supply

---

1 ฝ่ายเทคโนโลยีไฟฟ้าและพลังงาน สถาบันนวัตกรรมเทคโนคลยีไทย-ฝรั่งเศส มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

1 Technology Electrical and Energy Department Thai-French Innovation Institute King 1 Mongkut's University of Technology North Bankok 1518 Pracharat 1 Road,Wongsawang, Bangsue, Bangkok Thailand 10800

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sarayut.m@kmutnb.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันการเชื่อมโลหะนั้นนับว่ามีความสำคัญเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรม ในการสร้างผลิตภัณฑ์ชิ้นหนึ่งอาจจะต้องมีการประกอบงานขึ้นจากชิ้นส่วนโลหะย่อยๆหลายร้อยชิ้น ซึ่งการประกอบงานนั้น หากว่าไม่มีการเชื่อมโลหะแล้วอาจทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นได้มากทีเดียว และเมื่อใดที่มีการเชื่อมโลหะ จะสังเกตพบว่าจะต้องมีควันเกิดขึ้นทุกครั้ง และควันที่เกิดขึ้นนั้นเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งช่างเชื่อมที่เชื่อมโลหะในบางประเภท เช่น การเชื่อมสแตนเลส เหล็กเคลือบสังกะสี หรือท่อเหล็กเคลือบสังกะสี หรือการเชื่อมชิ้นงานที่ผ่านการชุบเคลือบผิวมาแล้ว บุคคลเหล่านี้มักจะมีอัตราเสี่ยง ต่อการเกิดโรคร้ายสูง

ในการเชื่อมโลหะจะมีไอระเหย (Fumes) เกิดขึ้นจากการที่โลหะได้รับความร้อนสูงจนกระทั่งหลอมละลายและเกิดไอระเหยของโลหะ เมื่อไอระเหยถูกควบแน่น (Condense) จะอยู่ในรูปอนุภาคของแข็งที่ละเอียดมาก (Solid fine particle) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ไอระเหยนี้จะมีส่วนประกอบสองส่วน คือ ไอระเหยที่มองเห็นได้ ซึ่งจะเห็นในลักษณะเปลวควันและอยู่ในรูปของออกไซด์ของโลหะ และไอระเหยที่มอง ไม่เห็นซึ่งเป็นส่วนประกอบของแก๊ส เรียกว่าไอระเหยของแก๊ส ซึ่งมาจากแก๊สที่ใช้ในการเชื่อมหรืออาจจะ มาจากการสลายตัวของฟลักซ์เนื่องจากความร้อนในการเชื่อม ดังแสดงในภาพที่ 1



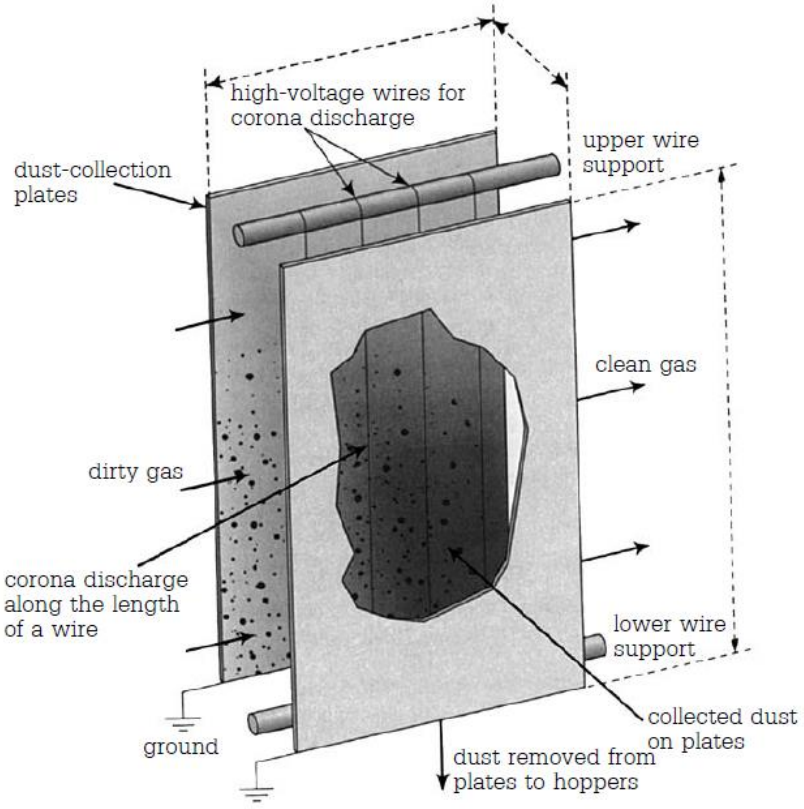
ภาพที่ 1 เปลวควันที่เกิดจากการหลอมละลายของโลหะเมื่อได้รับความร้อนสูง [1]

ควันและไอระเหยที่เกิดจากงานเชื่อมโลหะเป็นแหล่งก่อให้เกิดมลพิษ จึงต้องหาวิธีกำจัดไอระเหยเหล่านั้น เพื่อให้อากาศบริเวณที่ทำการเชื่อมปราศจากไอระเหยที่เป็นมลพิษ โดยใช้วิธีการกำจัดควันและไอระเหยเหล่านั้นด้วยวิธีการตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่อาศัยแรงทางไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นภายใต้สนามไฟฟ้ามาจับอนุภาคแขวนลอยในอากาศ โดยในงานเชื่อมขั้นจะมีไอระเหยอยู่ 2 แบบคือควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของเหล็ก และไอระเหยของสารเคมีจากฐูปเชื่อม ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน จึงต้องใช้แรงดันขนาด 5kV และ 10kV เพื่อให้สามารถดักจับฝุ่นละอองรวมทั้งควันและไอระเหยจากการเชื่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

ระบบการทำงานของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต

1. เทคโนโลยีควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาค

เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators; ESP) เป็นอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคที่ใช้แรงไฟฟ้าในการแยกอนุภาคออกจากกระแสของอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง โครงสร้างรูปแบบง่ายๆ ของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งโดยทั่วไปใน ESP จะมีขั้วไฟฟ้า (electrode) อยู่ 2 ชนิด คือ 1) ขั้วปล่อยประจุ (discharge or corona electrode) ซึ่งทำจากวัสดุที่มีหน้าตัดเล็กๆ เช่น เส้นลวด (wire) หรือเป็นแผ่นบางๆ (flat plate) เป็นต้น ซึ่งโดยปกติขั้วปล่อยประจุนี้จะเป็นขั้วลบ และ 2) ขั้วเก็บ (collection electrode) ซึ่งปกติจะต่อสายดินและออกแบบขั้วเก็บให้มีพื้นผิวกว้างในรูปของแผ่น (plate) หรือท่อ (tube) สำหรับหลักการทำงานของ ESP คือการปล่อยให้อากาศไหลผ่านขั้วไฟฟ้า เพื่อใส่ประจุไฟฟ้าให้กับอนุภาคที่เจือปนอยู่ในอากาศก่อนที่จะผ่านอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเข้าไปในสนามไฟฟ้าสถิต ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาและถูกเก็บกักที่พื้นผิวของขั้วเก็บที่มีศักย์ไฟฟ้าตรงกันข้ามกับประจุของอนุภาค จะเห็นได้ว่ากลไกที่สำคัญที่ใช้ในการเก็บกักอนุภาคของ ESP คือ กลไกการดึงดูดโดยแรงไฟฟ้าสถิต

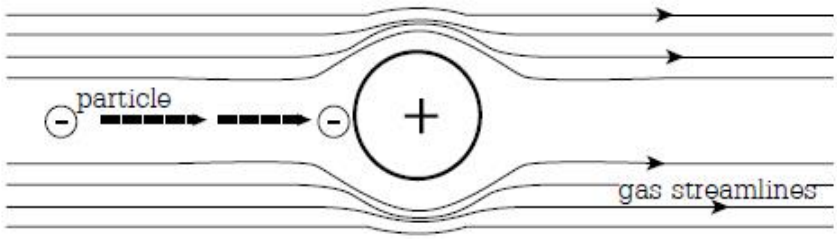


ภาพที่ 2 การสครับเบอร์โดยวิธีการสเปรย์ [2]

เครื่อง ESP ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอนุภาคอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะกับโรงไฟฟ้า เนื่องจากเครื่อง ESP มีประสิทธิภาพในการเก็บกักสูงประมาณ 95 ถึง 99% สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตรลงไป และยังมีประสิทธิภาพในการเก็บกักอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรได้อีกด้วย

2. กลไกในการดักจับอนุภาค

อุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคทุกประเภทจำเป็นต้องอาศัยกลไกในการดักจับหรือเก็บกักอนุภาค (particles collection mechanisms) ไว้ในอุปกรณ์ดังกล่าว ซึ่งกลไกหรือแรงที่กระทำต่ออนุภาคเพื่อแยกอนุภาคออกจากกระแสก๊าซ (gas stream) หรือกระแสอากาศ มีกลไกหรือแรงที่ใช้ในการดักจับอนุภาคที่สำคัญอยู่ 6 ชนิด ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้หลักการดึงดูดโดยแรงไฟฟ้าสถิต (electrostatic attraction) กลไกนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านวัตถุเป้าหมายที่มีประจุไฟฟ้าชนิดตรงกันข้าม ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุเป้าหมายและถูกดักจับไว้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การดึงดูดโดยแรงไฟฟ้าสถิต [3]

ในการดักจับอนุภาคในอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศประเภทต่างๆ จะอาศัยกลไกดังกล่าวเพียงหนึ่งกลไก หรือหลายกลไกรวมกันขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศและขนาดของอนุภาคเป็นสำคัญ

3. ค่าประสิทธิภาพการเก็บกักรวม และค่าการผ่านของอนุภาค

ประสิทธิภาพการเก็บกักอนุภาค (particle collection efficiency) ของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษอากาศชนิดอนุภาคประเภทต่างๆ สามารถคำนวณได้โดยการตรวจวัดหรือเก็บตัวอย่างอนุภาคทั้งหมด ในอากาศก่อนเข้า (input) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษและในอากาศที่ออก (output) จากอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ แล้วนำมาคำนวณประสิทธิภาพการเก็บกักรวม (Overall Collection Efficiency or Overall Removal Efficiency; E) ได้จากสมการ ดังนี้

$$E = 1 - \left[\frac{Q_{out} C_{out}}{Q_{in} C_{in}} \right] = \left[\frac{Q_{in} C_{in} - Q_{out} C_{out}}{Q_{in} C_{in}} \right] \quad (1)$$

พารามิเตอร์ ค่าประสิทธิภาพการเก็บกักรวม E จะใช้เป็นตัววัดสมรรถนะของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษฯ ที่สำคัญพารามิเตอร์หนึ่ง ซึ่งนอกจากค่า E แล้วยังมีพารามิเตอร์ที่บ่งบอกสมรรถนะของอุปกรณ์ที่สำคัญอีกค่าหนึ่งคือ ค่าการผ่านของอนุภาค (penetration) ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$P = 1 - E = \frac{C_{out}}{C_{in}} \quad (2)$$

จะเห็นได้ว่า อุปกรณ์ควบคุมมลพิษฯ ที่มีสมรรถนะของอุปกรณ์ฯ สูงจะมีค่าประสิทธิภาพในการเก็บกักรวม E สูง และมีค่าการผ่านของอนุภาค P ต่ำ

4. สนามไฟฟ้าและการเกิดโคโรนาดิสชาร์จ

สนามไฟฟ้าเป็นปริมาณสำหรับใช้อธิบายการที่ประจุไฟฟ้าทำให้เกิดแรงกระทำกับอนุภาคมีประจุภายในบริเวณโดยรอบ หน่วยของสนามไฟฟ้าคือ นิวตันต่อคูลอมบ์ หรือโวลต์ต่อเมตรมีค่าเท่ากัน สนามไฟฟ้านั้นประกอบขึ้นจากโฟตอนและมีพลังงานไฟฟ้าเก็บอยู่ ซึ่งขนาดของความหนาแน่นของพลังงานขึ้นกับกำลังสองของความหนาแน่นของสนาม ในกรณีของไฟฟ้าสถิต สนามไฟฟ้าประกอบขึ้นจากการแลกเปลี่ยนโฟตอนเสมือนระหว่างอนุภาคมีประจุ ส่วนในกรณีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น สนามไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับสนามแม่เหล็ก โดยมีการไหลของพลังงานจริง และประกอบขึ้นจากโฟตอนจริง

สนามไฟฟ้าสำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตเกิดจากการจ่ายไฟแรงดันสูงให้กับขั้วอิเล็กโทรดทำให้เกิดประจุค้างของไอออนและมีประจุอยู่ในช่องระหว่างขั้วอิเล็กโทรดสามารถคำนวณค่าความเข้มของสนามไฟฟ้า (electric field strength) ได้จากสมการ [4]

$$E_{(r)} = \frac{V}{rIn\left(r_1/r_2\right)} \tag{3}$$

เมื่อจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงให้กับขั้วดิสชาร์จและให้ขั้วตกตะกอนเป็นกราวด์จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าภายในตัวตกตะกอนหรือเรียกว่าปรากฏการณ์โคโรน่าดิสชาร์จ (corona discharge) ขึ้นโดยรอบๆ ขั้วดิสชาร์จ สามารถคำนวณได้จาก

$$E_0 = E_s\left(\delta + A\sqrt{\delta/r_1}\right) \tag{4}$$

การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเริ่มเกิดโคโรน่า

$$V_0 = E_0 r_1 In\left(r_2/r_1\right) \tag{5}$$

และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านพื้นที่ผิวของขั้วอิเล็กโทรดด้านนอกเป็นฟังก์ชั่นของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วดิสชาร์จสามารถคำนวณได้จาก

$$I = \frac{8\pi\varepsilon_0 Z_i V\left(V - V_0\right)}{r_2^2 In\left(r_2/r_1\right)} \tag{6}$$

การอัดประจุอนุภาคในกรณีที่ไม่มีสนามไฟฟ้าใดๆ ปรากฏ อนุภาคจะถูกอัดประจุแบบแพร่กระจาย (diffusion charging) ดังนั้น ค่าประจุเฉลี่ย n_p ของการอัดประจุแบบแพร่กระจายสามารถหาได้จาก [5]

$$n_p = \frac{d_p kT}{2K_{E^{e^2}}} In\left(1 + \frac{\pi K_E d_p \bar{c}_i e^2 N_i t}{2kT}\right) \tag{7}$$

การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของไอออนในการอัดประจุ ($N_i t$)

$$N_i t = \frac{I\left(r_2^2 - r_1^2\right)}{2rZ_i eE_0 Q} \tag{8}$$

การคำนวณหาสนามไฟฟ้าปรากฏภายในตัวตกตะกอนอนุภาคจะได้รับการอัดประจุด้วยสนามไฟฟ้า

$$n_p = \left(\frac{3\varepsilon}{\varepsilon + 2}\right)\left(\frac{E_0 d_p^2}{4K_E e}\right)\left(\frac{\pi K_E c Z_i N_i t}{1 + \pi K_E e Z_i N_i t}\right) \tag{9}$$

การเคลื่อนที่ของอนุภาค (particle motion) ในเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตประกอบด้วยแรงโมเมนตัม (momentum force)

$$\overrightarrow{F_T} = -m\vec{a} \tag{10}$$

แรงทางไฟฟ้า (electrical force)

$$\overrightarrow{F_E} = n_p e\vec{E} \tag{11}$$

แรงเสียดลาก (drag force)

$$\overrightarrow{F_D} = 3\pi\mu d_p w / C_c \tag{12}$$

โดยผลรวมของแรงที่กระทำบนอนุภาคทั้งหมดจะเท่ากับศูนย์

$$\overrightarrow{F_T} + \overrightarrow{F_E} + \overrightarrow{F_D} = 0 \tag{13}$$

จากกฎของนิวตัน (Newton'slaw) ดังนั้นจะได้สมการเชิงอนุพันธ์ของการเคลื่อนที่ของอนุภาคคือ [6]

$$m\frac{dw}{dt} = n_p eE_0 - 3\pi\mu d_p w \tag{14}$$

ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าความเร็วของอนุภาคที่เคลื่อนที่ไปยังขั้วตกตะกอนได้จาก

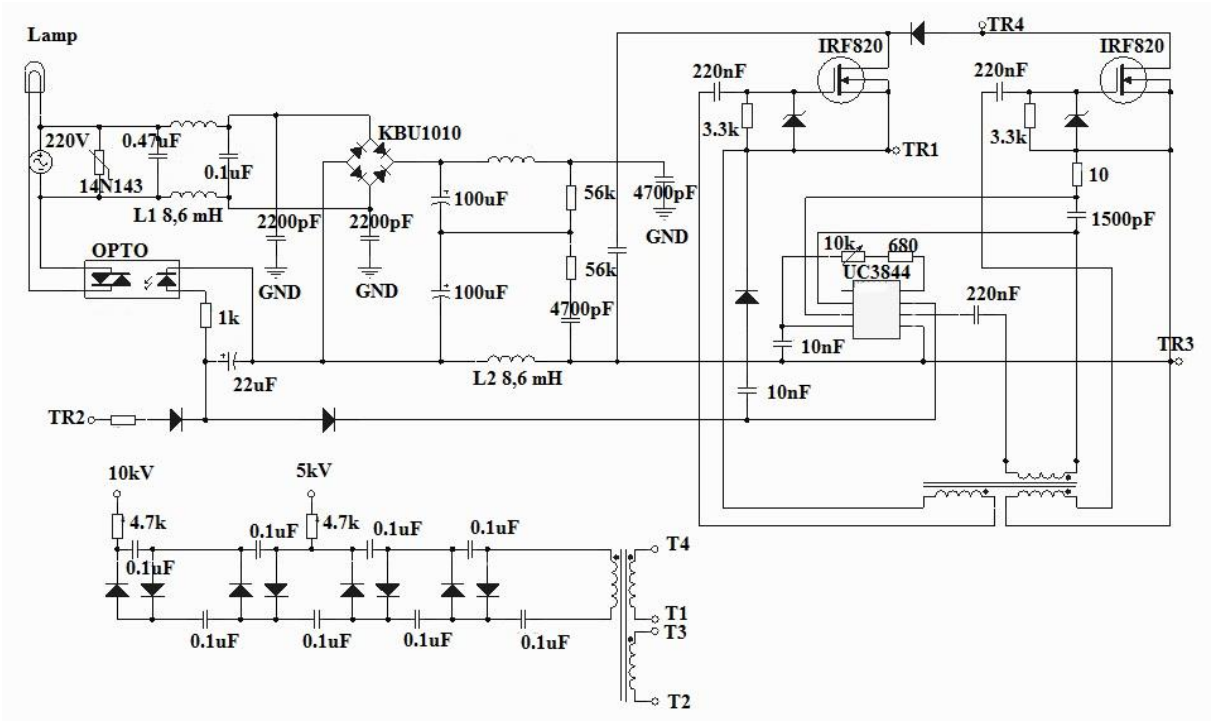
$$w = \frac{n_p eE_0 C_c}{3\pi\mu d_p} \tag{15}$$

การหาประสิทธิภาพการตกตะกอนของอนุภาค (collection efficiency; η) ของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต คือ สัดส่วนของความแตกต่างระหว่างมวลของอนุภาค (particle mass) ที่ทางเข้า และทางออก ของตัวตกตะกอนต่อมวลของอนุภาคที่ทางเข้าของตัวตกตะกอน ถ้าสมมุติให้อนุภาคมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (uniform) ตลอดทางเข้าของตัวตกตะกอนจะสามารถคำนวณได้จากสมการของ Deutsch ดังนี้ [4]

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{wA_c}{Q}\right) \tag{16}$$

5. แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง

การออกแบบวงจรสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายสำหรับใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้าเครื่องตกตะกอน จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ตัวเหนี่ยวนำความถี่สูง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สวิตช์ ตัวเก็บประจุทางด้านเอาต์พุต วงจรกำลังต้องมีความสามารถทำงานได้ปกติที่ขนาดพิกัดกระแส แรงดันที่ใช้งาน และความถี่ที่ใช้ในงานวิจัยมีค่า 20 kHz ซึ่งเป็นความถี่ในการสวิตช์ของอุปกรณ์สวิตช์ชิ่ง และเนื่องจากแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรทบแรงดันแต่ละตัวยังมีส่วนของแรงดันกระเพื่อมอยู่ดังนั้นจึงต้องผ่านวงจรกรองแรงดัน (FILTER) เพื่อลดแรงดันกระเพื่อม ดังนั้นการเลือกอุปกรณ์สวิตชิ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์สร้างสัญญาณความถี่ด้วย IC เบอร์ UC3844 ซึ่งทำหน้าที่สร้างสัญญาณ Pulse-width modulation (PWM) แบบอนาลอก มาควบคุมการทำงานของ Power Mosfet 2 ตัว ซึ่งทำงานแบบ half bridge converter และใช้วงจรทวีแรงดัน Cockcroft-Walton เพื่อสร้างแรงดันขนาด 5kV และ 10kV ดังแสดงใน ภาพที่ 4

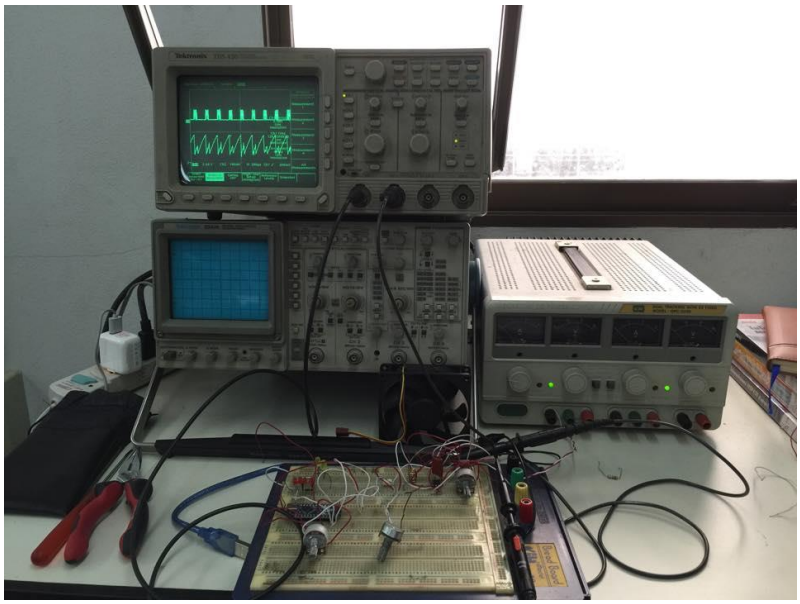


ภาพที่ 4 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง

ผลการทดลอง

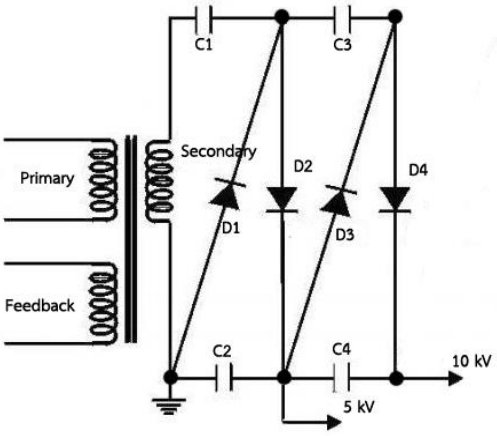
ในการทำการวิจัยการพัฒนาแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตในการเชื่อมโลหะ มีห้องสำหรับวิจัยตั้งอยู่ที่อาคาร สถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส ชั้น 4 ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในส่วนของภาควงจรสวิตช์ชิ่งซับพลายดังแสดงในภาพที่ 5 โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงสูงความถี่สูง เพื่อป้อนไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50 Hz ผ่านวงจรเร็กติไฟร์เออร์และขดลวดขนาด 6,8mH เพื่อทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ และต่อตัวต้านทานเพื่อลดกระแสให้กับ

วงจร ทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 110V เพื่อนำไปจ่ายให้กับด้านอินพุตของวงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งมีไอซีเบอร์ UC3844 เป็นวงจรสร้างสัญญาณควบคุมแบบฟันเลื่อยให้กับเพาเวอร์มอสเฟตในวงจรคอนเวอร์เตอร์



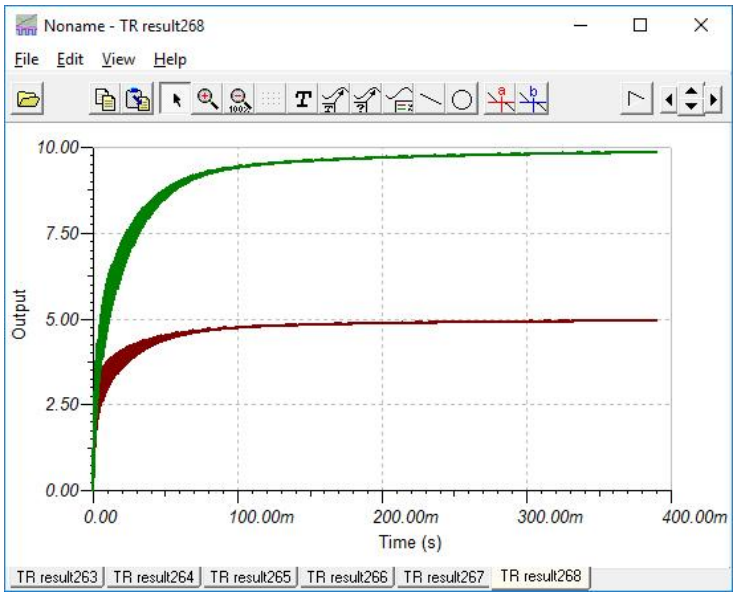
ภาพที่ 5 การทดลองในส่วนของภาควงจรสวิตซ์ชิ่งซับพลาย

วงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft-Walton สำหรับแบ่งแรงดันออกเป็น 2 ส่วน คือในส่วน 5kV ใช้การทวีแรงดันแบบ 2 เท่าเพื่อเพิ่มแรงดันจากหม้อแปลงแรงดันชนิด 1:10 โดยในวงจรประกอบด้วยวงจรแคลมป์ C1 และ D1 ซึ่งจะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟสลับที่มีค่าสูงสุดเท่ากับค่าแรงดัน จากยอดถึงยอดของสัญญาณ อินพุตและวงจรดีเท็กซ์ค่าแรงดันยอด D2 และ C2 ซึ่งจะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันไฟตรงที่มีค่าเท่ากับแรงดันสูงสุด ของแรงดันอินพุตที่ D2 และใช้วงจรทวีแรงดัน 2 เท่าอีกครั้ง โดยใช้ C3 และ D3 กับ C4 และ D4 เพื่อเพิ่มแรงดันเป็น 10kV ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วงจรทวีแรงดันขนาด 5 kV และ 10 KV

ผลการทดลองวงจรทวีแรงดันแบบ Cockcroft-Walton ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง ขนาด 5 kV และ 10 KV ซึ่งผลการทดลองนี้ได้แรงดันไฟฟ้าตามที่ผู้วิจัยต้องการดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการทดลองแรงดันขนาด 5 kV และ 10 kV

ผู้วิจัยทำการทดลองโดยใช้กระดาษกรองจำนวน 10 แผ่น โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 จะเป็นการทดลองโดยไม่เปิดใช้งานชุดดักจับอนุภาคด้วยไฟฟ้าสถิต และส่วนที่ 2 จะเป็นการทดลองโดยเปิดใช้งานชุดดักจับอนุภาคด้วยไฟฟ้าสถิต โดยการทดลองจะใช้วัสดุเป็น เหล็กจำนวน 1 ชิ้น ฐูปเชื่อม จำนวน 1-7 ดอก ต่อกระดาษกรอง 1 แผ่น ซึ่งผลจากการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อเปิดการใช้งานชุดดักจับอนุภาคฝุ่นและควันที่เกิดจากการเผาไหม้ของโลหะและฐูปเชื่อมมาติดที่กระดาษกรองน้อยมากดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 4-7 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้งานชุดดักจับอนุภาคและไม่ได้ใช้งาน

ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าเครื่องดักจับอนุภาคที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนั้นมีความสามารถในการดักจับฝุ่นละอองและควันธูปได้โดยปริมาณที่ดักจับได้เป็นอัตราส่วน 2:6 คิดเป็นร้อยละ 66

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การกำจัดไอละเหยด้วยวิธีการตกตะก่อนเชิงไฟฟ้าสถิต เป็นวิธีที่อาศัยแรงทางไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นภายใต้สนามไฟฟ้ามาจับอนุภาคแขวนลอยในอากาศที่มีขนาดเล็กว่า 0.5 ไมครอน ไปจนถึง 100 ไมครอน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาในส่วนของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง โดยการสร้างสัญญาณ Pulse-width modulation (PWM) มาควบคุมสัญญาณให้สวิตชิ่งแรงดันไฟฟ้า แบบ half bridge converter จากนั้นเพิ่มกำลังไฟฟ้าโดยใช้มอสเฟตกำลังเป็นสวิตช์สำหรับควบคุมการทำงานนำแรงได้ที่ได้ผ่านหม้อแปลงความถี่สูง ขนาดจากนั้นใช้วงจรทวีแรงดันเพิ่มแรงดันเป็น 5kV และ 10kV เพื่อให้มีความเหมาะสมในการใช้งานกับการเชื่อมไฟฟ้า และการออกแบบชุด Filter ให้มีความเหมาะสมกับไอระเหยที่เกิดจากการเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งผลการทดลองที่ได้มีประสิทธิภาพการตกตะกอนได้ร้อยละ 66 จากการทดลองที่ไม่เป็นไปตามทฤษฎี เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าตกเพราะจากโครงสร้างของชุด Fliter มีขนาดที่ใหญ่และผู้วิจัยใช้แผ่นอลูมิเนียมที่มีความหนามากเกินไปทำให้ประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคลดลง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ KMUTNB-NEW-58-xx

เอกสารอ้างอิง

The article "Health Effects of Welding" was published in the journal of Critical Reviews in Toxicology, 33(1):61-103 (2003)

Noel De Nevers. Air Pollution Control Engineering. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Inc., 2000.

John C. Mycock John D. Mekenna and Louis Theodore. Hand book of Air Pollution Control Engineering and Technology. New York: CRC Press, Inc., 1995.

Chang, J., Kelly, A.J., and Crowley, J.M.,1995, “Handbook of Electrostatic Processes”,Marcel Dekker, Inc., New York.

Hinds, W.C., 1999, “Aerosol Technology”,John Wiley and Sons, New York. 3. Intra, P., 2010, “Electrostatic.

Intra, P., Limueadphai, P. and Tippayawong, N., 2010, “Particulate Emission Reduction from Biomass Burning in Small Combustion Systems with a Multiple Tubular Electrostatic Precipitator”, Particulate Science and Technology, Vol. 28, No. 6, pp. 547 – 565.

วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างแบบซีมอสที่มีช่วงสวิงกว้างไฟเลี้ยงต่ำ โดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า

A Low Voltage Rail-to-Rail CMOS Pseudo Differential OTA Using Feed-forward Technique

อภิรักษ์ เสือเดช[1*] เสนอ สะอาด[1] ดรุณี ชายทอง[1] รุ่งลาวัลย์ ชูสวัสดิ์[1] และ วรากร เกษมสุวรรณ[2]

Apirak Suadet[1*] Saner Sa-ad[1] Darunee Chaythong[1] Runglawan Chusawat[1] and Varakorn Kasemsuwan[2]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างแบบซีมอสที่มีช่วงสวิงกว้างไฟเลี้ยงต่ำโดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า สำหรับเทคนิคการป้อนไปข้างหน้าถูกนำมาใช้เพื่อให้อัตราขยายโหมดร่วมของวงจรมีค่าลดลง ขณะเดียวกันเทคนิคการป้อนกลับแบบบวกถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มอัตราขยายโหมดผลต่าง วงจรที่นำเสนออาศัยการขับสัญญาณด้วยขาบัลค์และทรานซิสเตอร์เสมือนเกตลอย เพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้ที่ไฟเลี้ยงต่ำ วงจรได้รับการออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีซีมอสที่มีขนาดเท่ากับ 0.18 ไมโครเมตร และทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันเท่ากับ 0.5 โวลต์ ผลการจำลองการทำงานของวงจรที่นำเสนอแสดงให้เห็นว่าอินพุตและเอาต์พุตมีช่วงสวิงกว้าง อัตราขยายโหมดร่วมมีค่าต่ำ โดยที่เอาต์พุตสวิงของวงจรมีค่าเท่ากับ 0.3 โวลต์ ขณะที่อัตราขยายโหมดร่วมและอัตราขยายโหมดผลต่างมีค่าเท่ากับ -44 เดซิเบล และ 57 เดซิเบล ตามลำดับ วงจรที่นำเสนอมีกำลังงานสูญเสียเท่ากับ 50 ไมโครวัตต์

คำสำคัญ : วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือน, เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า, การขับสัญญาณด้วยขาบัลค์, ทรานซิสเตอร์เสมือนเกตลอย, การป้อนกลับแบบบวก

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา เลขที่ 1 ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 1 Ratchadamnoen Nok Road, Bo Yang Sub-district, Muang District, Songkhla 90000, Thailand

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 ถ.ฉลองกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[2] Department of Electronics, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1 Soi Chalong Krung 1, Chalong Krung Road, Ladkrabang Sub-district, Ladkrabang District, Bangkok 10520, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : apirak.su@rmutsv.ac.th

ABSTRACT

This article presents a low voltage rail-to-rail CMOS pseudo differential OTA using feed-forward technique. The proposed circuit employs feed-forward technique to suppress the common-mode gain, and positive feedback to enhance the differential-mode gain. The bulk-driven quasi-floating-gate MOSFETs are used to reduce the supply voltage which is reduced with the used of low operating voltage devices. The circuit has been designed using 0.18 μm CMOS technology under 0.5 V supply. The simulation results show rail-to-rail input/output swing, achieved with low common-mode gain. The output swing of the circuit reads 0.3 Vpp, while the common-mode and differential-mode gain of the circuit are -44 dB and 57 dB, respectively. The power dissipation of the proposed circuit is 50 μW.

Keywords : pseudo differential OTA, feed forward technique, bulk driven, quasi floating gate, positive feedback

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทรานซิสเตอร์แบบซีมอสที่ใช้ในกระบวนการผลิตวงจรรวมหรือไอซีมีการพัฒนาอย่างก้าวหน้าและมีขนาดเล็กลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สายและแบบพกพาที่อาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กและกินกำลังงานไฟฟ้าต่ำ โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านการผลิตวงจรรวมแบบชิพเดี่ยว (System-on-Chip, SoC) ซึ่งเป็นระบบที่มีทั้งวงจรดิจิทัลและแอนะล็อกอยู่ภายในไอซีตัวเดียวกันและทำงานภายใต้ไฟเลี้ยงต่ำได้ถูกนำมาใช้มากขึ้น เป็นที่ทราบกันดีว่าการลดแรงดันไฟเลี้ยงให้ต่ำลงส่งผลดีต่อวงจรรวมประเภทดิจิทัลทั้งความเร็วที่สูงขึ้นและกำลังงานสูญเสียต่ำ แต่อย่างไรก็ตาม การลดแรงดันไฟเลี้ยงส่งผลกระทบอย่างมากต่อการออกแบบวงจรรวมทางด้านแอนะล็อก เนื่องจากคุณสมบัติหลายประการของวงจรแอนะล็อกด้อยประสิทธิภาพลง อาทิเช่น อัตราขยาย แบนด์วิดธ์ และความเป็นเชิงเส้น เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นสิ่งท้าทายต่อนักออกแบบวงจรในการหาแนวทางใหม่สำหรับการออกแบบและพัฒนาวงจรรวมทางด้านแอนะล็อกให้สามารถทำงานภายใต้ไฟเลี้ยงต่ำ ขณะที่วงจรยังคงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดี

วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์หรือโอทีเอเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐานที่มีการนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านแอนะล็อกหลากหลาย ตัวอย่างเช่น วงจรขยายเชิงปฏิบัติการ วงจรกรองความถี่แบบไวงาน วงจรกำเนิดความถี่ และวงจรแปลงผันข้อมูล เป็นต้น [1-5] โครงสร้างทั่วไปของวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์สามารถแบ่งได้เป็นสองชนิดได้แก่ โครงสร้างขยายผลต่างแบบเต็มที่ (Fully Differential, FD) และโครงสร้างขยายผลต่างเสมือน (Pseudo Differential, PD) สำหรับโครงสร้างแบบ FD โดยทั่วไปประกอบด้วยวงจรคู่ผลต่างต่ออยู่กับแหล่งจ่ายกระแสไบอัส ส่วนโครงสร้างแบบ PD นั้นประกอบด้วยวงจรขยายกลับเฟสสองตัวที่แยกอิสระกันโดยปราศจากแหล่งจ่ายกระแสไบอัส ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงแรงดันที่ตกคร่อมแหล่งจ่ายกระแสไบอัสได้ ทำให้วงจรสามารถมีช่วงสวิงของสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตที่กว้างกว่า เหมาะสำหรับการใช้งานที่แรงดันต่ำ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างแบบ PD จำเป็นต้องมีวงจรป้อนกลับสัญญาณโหมดร่วม (Common-Mode Feedback, CMFB) เพิ่มเติมเพื่อใช้กำจัดสัญญาณโหมดร่วม แต่การทำงานของวงจรขยายผลต่างเสมือนอาจด้อยประสิทธิภาพลงเนื่องจากการเพิ่มวงจร CMFB เปรียบเสมือนเป็นโหลดให้กับวงจรขยาย นอกจากนั้น ในการออกแบบวงจร CMFB จำเป็นต้อง

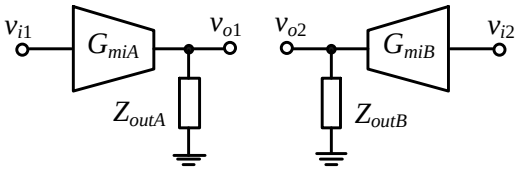
ระมัดระวังปัญหาเนื่องจากความไม่มีเสถียรภาพของระบบอันมีผลมาจากความซับซ้อนของวงจรและจำนวนของวงจรที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ การบริโภคกำลังงานก็สูงขึ้นด้วย อีกหนึ่งทางเลือกคือการใช้เทคนิคการป้อนสัญญาณโหมดร่วมไปข้างหน้าดังที่นำเสนอในบทความ [6-8] แม้ว่าวงจรป้อนสัญญาณโหมดร่วมไปข้างหน้าไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องการกำหนดแรงดันไฟตรงที่เอาต์พุตได้ [9] แต่แรงดันไฟตรงที่เอาต์พุตยังคงสามารถกำหนดได้โดยอาศัยวงจรขยาย ทรานส์คอนดัคแตนซ์ที่ต่อในลักษณะคาสเคดกัน ตัวอย่างเช่น วงจรกรองความถี่ เป็นต้น แรงดันไฟตรงที่เอาต์พุตถูกกำหนดได้ด้วยแรงดันอินพุตโหมดร่วมของวงจรในภาคถัดไป สำหรับบทความ [10] นำเสนอเทคนิคการป้อนสัญญาณไปข้างหน้าเช่นเดียวกัน ซึ่งเทคนิคนี้สามารถทำให้อัตราขยายโหมดผลต่างเพิ่มขึ้นและในขณะที่อัตราขยายโหมดร่วมก็มีค่าลดลง อย่างไรก็ตาม วงจรดังกล่าวมีช่วงแรงดันอินพุตโหมดร่วมที่จำกัดและความถี่คัทออฟต่ำเนื่องจากวงจรทำงานในย่านวีคอินเวอร์ชัน

ปัจจุบันมีหลายวิธีการในการออกแบบวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ที่มีช่วงสวิงกว้างได้ถูกนำเสนอขึ้น ในบทความ [11] ใช้วงจรขยายคู่ผลต่างชนิดเอ็นและพีทำงานสลับกัน อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีข้อจำกัดเนื่องจากต้องการไฟเลี้ยงสูงโดยต้องมากกว่าแรงดันขีดเริ่มของมอสเฟตถึง 2 เท่า ในบทความ [12] ได้นำเสนอเทคนิคของวงจรทรานส์คอนดัคแตนซ์ที่ใช้การต่อสัญญาณอินพุตผ่านตัวต้านทาน แม้ว่าวงจรมีช่วงสวิงแรงดันอินพุตกว้าง แต่ความต้านทานทางด้านอินพุตของวงจรมีค่าค่อนข้างต่ำและขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทานที่ใช้งาน มีหลายงานวิจัยที่ใช้มอสทรานซิสเตอร์โดยการป้อนสัญญาณอินพุตเข้าขาบัลค์ (Bulk-Driven, BD) ได้ถูกนำเสนอขึ้น ซึ่งเป็นอีกทางเลือกสำหรับการออกแบบวงจรขยายที่สามารถทำงานด้วยไฟเลี้ยงต่ำและมีค่าใกล้เคียงกับแรงดันขีดเริ่มของมอสเฟต ดังเสนอในบทความ [13-18] วิธีการนี้แรงดันขีดเริ่มของมอสเฟตไม่มีผลกระทบต่อทางผ่านของสัญญาณอินพุตและสามารถทำงานได้โดยมีช่วงสวิงของสัญญาณกว้าง อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวิธีการป้อนอินพุตเข้าที่ขาบัลค์ คือ ทรานส์คอนดัคแตนซ์ของบัลค์ (g_{mb}) มีค่าน้อยกว่าทรานส์คอนดัคแตนซ์ของเกต (g_m) อยู่ประมาณ 4-5 เท่า เป็นผลให้วงจรมีอัตราขยายค่อนข้างต่ำ และทำให้สัญญาณรบกวนที่ถูกอ้างอิงมาที่อินพุตมีค่าสูงด้วยดังอธิบายในบทความ [19] นอกจากนี้ทรานซิสเตอร์แบบเกตลอยเสมือน (Quasi-Floating-Gate, QFG) ถูกนำมาใช้เพื่อออกแบบวงจรขยายเช่นเดียวกัน โดยเทคนิคนี้สัญญาณอินพุตได้เชื่อมต่อกับขาเกตของทรานซิสเตอร์ผ่านตัวเก็บประจุ ในขณะที่แรงดันไบอัสได้รับการต่อกับขาเกตผ่านทางตัวต้านทานที่มีค่าสูงมาก เป็นผลให้แรงดันไฟตรงระหว่างขาเกต-ซอร์ส ถูกกำหนดได้จากแรงดันไฟเลี้ยงของวงจรโดยตรง ทำให้วงจรที่ใช้ทรานซิสเตอร์แบบเกตลอยเสมือนนี้สามารถทำงานภายใต้แรงดันไฟเลี้ยงต่ำดังในบทความ [20-23]

บทความนี้นำเสนอวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนแบบซีมอสที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ โดยใช้การขับสัญญาณด้วยขาบัลค์และทรานซิสเตอร์แบบเกตลอยเสมือน (BD-QFG) [24] วงจรทำงานโดยอาศัยเทคนิคการป้อนไปข้างหน้าแบบใหม่เพื่อใช้กำจัดสัญญาณโหมดร่วมและในขณะเดียวกันก็ใช้เพื่อเพิ่มสัญญาณโหมดผลต่างด้วย นอกจากนี้การป้อนกลับแบบบวกถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความต้านทานเอาต์พุต ผลการทำงานของวงจรที่นำเสนอสามารถแสดงให้เห็นว่าวงจรมีช่วงสวิงอินพุตและเอาต์พุตกว้างทำงานภายใต้ไฟเลี้ยงต่ำ

วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์แบบผลต่างเสมือนที่นำเสนอ

2.1 หลักการวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนแบบพื้นฐาน



ภาพที่ 1 โครงสร้างวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนแบบพื้นฐาน

โครงสร้างวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนแบบพื้นฐาน ดังภาพที่ 1 เราเห็นได้ว่า อัตราขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่างมีค่าเท่ากับอัตราขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม ($G_{dm}= G_{cm}$) ทำให้โครงสร้างนี้ไม่สามารถกำจัดสัญญาณโหมดร่วมและสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟได้ ดังนั้นในบทความ [24] มีการนำเสนอวงจรที่ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยอาศัยเทคนิคการป้อนไปข้างหน้า เพื่อวัตถุประสงค์ในการจำกัดผลการตอบสนองของสัญญาณโหมดร่วม ดังเสนอในภาพที่ 2 สำหรับโครงสร้างของวงจรที่ถูกนำเสนอประกอบด้วย วงจรทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุต (G_{miA} และ G_{miB}) สองวงจรที่แยกอิสระกัน วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟส ($-\alpha$) และวงจรทรานส์คอนดัคแตนซ์แบบป้อนไปข้างหน้า (G_{mffA} และ G_{mffB}) ซึ่งทำหน้าที่สองวัตถุประสงค์ด้วยกัน คือ 1) เพื่อกำจัดสัญญาณโหมดร่วมที่โหนดเอาต์พุต (v_{o1} และ v_{o2}) และ 2) เพื่อเพิ่มค่าอัตราขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่าง (G_{dm}) ของวงจร

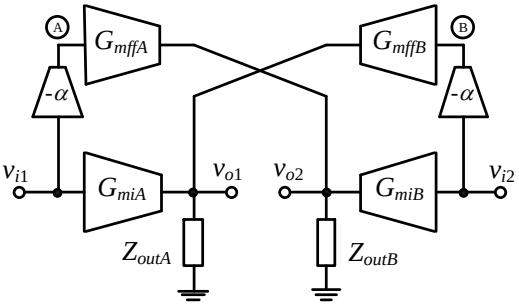
การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในกรณีที่อินพุตเป็นสัญญาณโหมดร่วม ($v_{i1,2}=v_{icm}$) วงจรขยายแรงดันแบบกลับเฟสจะทำการขยายสัญญาณอินพุต ($v_{i1,2}$) ด้วยอัตราขยายเท่ากับ α ป้อนไปยังโหนด A และ B และส่งสัญญาณแบบกลับเฟสดังกล่าวผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์แบบป้อนไปข้างหน้า (G_{mffA} และ G_{mffB}) แต่เนื่องจากสัญญาณที่ป้อนเข้าทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุตและสัญญาณที่ถูกขยายผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์แบบป้อนไปข้างหน้ามีเฟสตรงกันข้าม ดังนั้นจึงทำให้เกิดการหักล้างกันของกระแสเอาต์พุตโหมดร่วม และเมื่อพิจารณาในกรณีของสัญญาณโหมดผลต่าง ($v_{i1}=-v_{i2}$) สัญญาณที่ป้อนเข้าทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุตและสัญญาณที่ถูกขยายผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์แบบป้อนไปข้างหน้ามีเฟสเดียวกัน ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มกระแสเอาต์พุตและค่าทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm})

เมื่อทำการวิเคราะห์วงจรเสมือนสัญญาณขนาดเล็ก ทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm}) และทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม (G_{cm}) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$G_{dm} = G_{miA(B)} + \alpha \cdot G_{mffA(B)} \tag{1}$$

$$G_{cm} = G_{miA(B)} - \alpha \cdot G_{mffA(B)} \tag{2}$$

จากสมการ (1) และ (2) ถ้าอัตราส่วน α ถูกออกแบบให้มีค่าเท่ากับ $G_{miA(B)}/G_{mffA(B)}$ เราจะได้ว่า G_{dm} เท่ากับ $2G_{miA(B)}$ และ G_{cm} เท่ากับศูนย์ ตามลำดับ



ภาพที่ 2 โครงสร้างวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนโดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า [24]

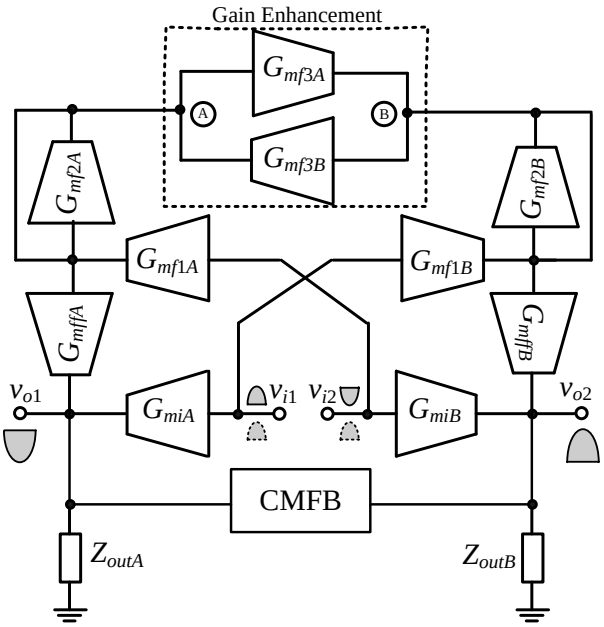
2.2 หลักการวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่นำเสนอ

วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่ได้รับการนำเสนอก่อนหน้านี้มีข้อด้อยเนื่องจากอัตราขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่างมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยที่ค่าทรานส์คอนดัคแตนซ์ที่มีค่าน้อยส่งผลให้สัญญาณรบกวนที่ถูกอ้างอิงมาที่อินพุตมีค่ามากและขณะเดียวกันก็ทำให้อัตราขยายโหมดผลต่างมีค่าต่ำด้วยเช่นกัน โครงสร้างใหม่ที่นำเสนอดังแสดงในภาพที่ 3 ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยจะเห็นได้ว่า โครงสร้างนี้มีความคล้ายคลึงกับในภาพที่ 2 แต่มีข้อแตกต่างกล่าวคือเพิ่มส่วนของวงจรเพิ่มอัตราขยายเข้ามาโดยการทำงานของวงจรอาศัยหลักการป้อนกลับแบบบวกเพื่อเพิ่มความต้านทานที่โหนด A และ B ให้สูงขึ้น และเพิ่มส่วนของวงจรป้อนกลับสัญญาณโหมดร่วม (CMFB) เพื่อใช้ในการกำหนดแรงดันไฟตรงที่เอาต์พุตของวงจรขยาย

การทำงานของวงจรสามารถอธิบายได้ดังนี้ ถ้าสมมุติให้สัญญาณอินพุตเป็นแรงดันโหมดผลต่าง ($v_{i1}= -v_{i2}=v_i$) ถูกป้อนเข้ามาและแปลงไปเป็นกระแสผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุตได้แก่ G_{miA} และ G_{miB} ขณะเดียวกันสัญญาณแรงดันอินพุต (v_{i1} และ v_{i2}) ได้ถูกป้อนไปยังทรานส์คอนดัคเตอร์อีกชุดหนึ่งได้แก่ G_{mf1A} และ G_{mf1B} ด้วย ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไปเป็นกระแสและนำกระแสเอาต์พุตที่ได้แปลงกลับไปเป็นสัญญาณแรงดันที่มีขนาดเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุผลที่ว่าความต้านทานที่โหนด A และ B มีค่าสูงขึ้น ดังนั้นค่าความต้านทานที่โหนดนี้จึงเป็นตัวกำหนดอัตราขยายของระบบและควรออกแบบให้มีค่าที่เหมาะสม กลไกการทำงานของระบบป้อนกลับแบบบวกสามารถอธิบายได้กล่าวคือ ถ้าสมมุติให้สัญญาณโหมดผลต่างถูกป้อนไปยังโหนด A และ B สัญญาณแรงดันถูกแปลงไปเป็นกระแสผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์ $G_{mf2A,3A}$ และ $G_{mf2B,3B}$ เมื่อกระแสเอาต์พุตของทรานส์คอนดัคเตอร์ $G_{mf2A(2B)}$ และ $G_{mf3B(3A)}$ มีเฟสตรงกันข้าม ดังนั้นเกิดการหักล้างกันของกระแสที่โหนด A และ B ทำให้กระแสมีค่าน้อยเสมือนว่าความต้านทานที่โหนด A และ B มีค่าสูงมากนั่นเอง โดยที่หากทรานคอนดัคเตอร์ $G_{mf2A(2B)}$ และ $G_{mf3B(3A)}$ มีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นกระแสรวมที่โหนด A และ B เกือบมีค่าเป็นศูนย์และทำให้ความต้านทานมีค่าสูงมาก

เมื่อพิจารณาในกรณีแรงดันอินพุตเป็นสัญญาณโหมดร่วม ($v_{i1,2}= v_{icm}$) แรงดันอินพุตถูกแปลงไปเป็นกระแสผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุตได้แก่ G_{miA} และ G_{miB} นอกจากนั้นสัญญาณอินพุต (v_{icm}) ได้ถูกป้อนไปยังทรานส์คอนดัคแตนซ์แบบป้อนไปหน้า G_{mf1A} และ G_{mf1B} อีกชุดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไปเป็นกระแส และกระแสเอาต์พุตนี้จะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณแรงดันผ่านความต้านทานที่โหนด A และ B โดยสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ ถ้าสมมุติให้สัญญาณโหมดร่วมป้อนไปยังโหนด A และ B และถูกแปลงไปเป็นกระแสผ่านทรานส์คอนดัคเตอร์ $G_{mf2A,3A}$ และ $G_{mf2B,3B}$ โดยเมื่อกระแสเอาต์พุตของ $G_{mf2A(2B)}$ และ $G_{mf3B(3A)}$ มีเฟสเดียวกัน ดังนั้นเกิดการรวมกันของกระแสที่โหนด A และ B มีค่าเพิ่มขึ้น จึงเป็นผลให้ความต้านทานที่โหนด A และ B มีค่าลดลง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่โหนด A และ B น้อยลง และดังนั้นกระแส

เอาต์พุตโหมดร่วมจึงมีค่าลดลงด้วย สำหรับคุณสมบัติของวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่ได้นำเสนอนั้น สามารถสรุปได้ว่า วงจรสามารถทำให้ได้กระแสเอาต์พุตโหมดผลต่างมีค่ามาก แต่ขณะเดียวกันทำให้กระแสเอาต์พุตโหมดร่วมมีค่าลดน้อยลง และดังนั้นจึงส่งผลทำให้อัตราการขจัดสัญญาณโหมดร่วม หรือที่เรียกว่า CMRR มีค่าสูง



ภาพที่ 3 โครงสร้างทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่นำเสนอ

เราสามารถวิเคราะห์หาทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm}) และทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม (G_{cm}) ได้ดังสมการ

$$G_{dm} = G_{miA(B)} + G_{mffA(B)} \cdot \frac{G_{mf1A(B)}}{G_{mf2A(B)} - G_{mf3A(B)}} \tag{3}$$

$$G_{cm} = G_{miA(B)} - G_{mffA(B)} \cdot \frac{G_{mf1fA(B)}}{G_{mf2A(B)} + G_{mf3A(B)}} \tag{4}$$

จากการเปรียบเทียบสมการที่ (1)-(4) พบว่าสมการมีลักษณะคล้ายกัน ต่างกันตรงเทอมที่สองซึ่งเป็นผลคูณอยู่กับค่าของ $G_{mffA(B)}$ ในสมการที่ (3) และ (4) โดยที่ α จากสมการ (1) และ (2) ถูกแทนด้วย $G_{mf1A(B)}/(G_{mf2A(B)}-G_{mf3A(B)})$ และ $G_{mf1A(B)}/(G_{mf2A(B)}+G_{mf3A(B)})$ ตามลำดับ

เป็นที่น่าสังเกตว่า การเพิ่มอัตราส่วน α จะทำให้ทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm}) เพิ่มขึ้น โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบค่าทรานส์คอนดัคแตนซ์ $G_{mf2A(B)}$ และ $G_{mf3A(B)}$ ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถทำได้โดยการกำหนดขนาดของทรานซิสเตอร์และกระแสไบอัส ขณะเดียวกันเมื่อเราเปรียบเทียบสมการที่ (2) และ (4) ทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม (G_{cm}) สามารถทำให้มีค่าใกล้เคียงกันโดยขึ้นอยู่กับการกำหนดขนาดทรานซิสเตอร์และกระแสไบอัสเช่นเดียวกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าออกแบบให้วงจรมีทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm}) สูงและทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม (G_{cm}) ต่ำ ทำให้ได้อัตราการขจัดสัญญาณโหมดร่วม (CMRR) มีค่าสูง

2.3 วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่ได้รับการออกแบบ

การออกแบบวงจรจากโครงสร้างวงจรขยายผลต่างที่นำเสนอในภาพที่ 3 แสดงดังในภาพที่ 4 เราสามารถอธิบายส่วนประกอบของวงจรเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างที่นำเสนอได้ดังนี้ ทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุต (G_{miA} และ G_{miB}) ถูกแทนด้วยทรานซิสเตอร์ M_{1PA} และ M_{1PB} นอกจากนั้นทรานส์คอนดัคเตอร์ป้อนไปข้างหน้า (G_{mffA} และ G_{mffB}) ยังถูกแทนด้วยทรานซิสเตอร์ $M_{1PA(NA)}$ และ $M_{1PB(NB)}$ เช่นเดียวกัน ส่วนของวงจรเพิ่มอัตราขยายถูกแทนด้วยทรานซิสเตอร์สองตัวที่ต่อแบบไขว้กันได้แก่ M_{2NA} และ M_{2NB} ซึ่งใช้หลักการป้อนกลับแบบบวกสำหรับเพิ่มความต้านทานที่โหนด A และ B ส่วนต่อมาเป็นชุดทรานส์คอนดัคเตอร์ G_{mf1A} และ G_{mf1B} ถูกแทนด้วยทรานซิสเตอร์ M_{2PA} และ M_{2PB} และขณะเดียวกันทรานซิสเตอร์ M_{2PA} และ M_{2PB} ยังทำหน้าที่เป็นทรานส์คอนดัคเตอร์ G_{mf2A} และ G_{mf2B} ด้วยเช่นเดียวกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าในการออกแบบวงจรจากโครงสร้างที่นำเสนอนี้ได้กำหนดให้ทรานซิสเตอร์ $M_{1PA(B)}$ ทำหน้าที่เป็นได้ทั้ง ทรานส์คอนดัคเตอร์ $G_{miA(B)}$ และ $G_{mffA(B)}$ ขณะที่ทรานซิสเตอร์ $M_{P2A(B)}$ ก็สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งทรานส์คอนดัคเตอร์ $G_{mf1A(B)}$ และ $G_{mf2A(B)}$ จึงทำให้วงจรที่นำเสนอค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน และมีกำลังงานสูญเสียต่ำ อีกประการหนึ่งซึ่งมีความสำคัญเช่นเดียวกันคือการเลือกใช้อุปกรณ์ที่อาศัยการป้อนสัญญาณเข้าขาบัลค์และทรานซิสเตอร์แบบเกตลอยเสมือน (BD-QFG) เพื่อให้วงจรสามารถทำได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำ โดยการเชื่อมต่อสัญญาณผ่านขาบัลค์และตัวเก็บประจุผ่านขาเกตของมอสเฟตและไบอัสแรงดันไฟตรงให้กับขาเกตผ่านทางตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานสูงมากซึ่งถูกสร้างด้วยมอสเฟตที่ทำงานในย่านคัทออฟ สำหรับตัวต้านทาน (R_{G1}-R_{G2}) และตัวเก็บประจุ (C_{G1}-C_{G2}) ในภาพที่ 4 ก) ทำหน้าที่เป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่าน โดยที่มีค่าความถี่คัทออฟต่ำมากประมาณเท่ากับ 1 เฮิรตซ์ [24]

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างโครงสร้างและวงจรที่ได้ออกแบบดังภาพที่ 3 และ 4 เราสามารถเขียนสมการ ทรานส์คอนดัคแตนซ์ของชุดทรานส์คอนดัคเตอร์อินพุต (G_{miA} และ G_{miB}) ทรานส์คอนดัคแตนซ์ของชุดทรานส์คอนดัคเตอร์ป้อนไปข้างหน้า ($G_{mf1A(B)}$, $G_{mf2A(B)}$, G_{mffA}, และ G_{mffB}) และทรานส์คอนดัคแตนซ์ของชุดทรานส์คอนดัคเตอร์ป้อนกลับแบบบวก ($G_{mf3A(B)}$) ได้ดังนี้

$$G_{miA(B)} = g_{mb1PA(B)} \tag{5}$$

$$G_{mf1A(B)} = g_{mb2PA(B)} \tag{6}$$

$$G_{mf2A(B)} = g_{m2PA(B)} \tag{7}$$

$$G_{mffA(B)} = g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)} \tag{8}$$

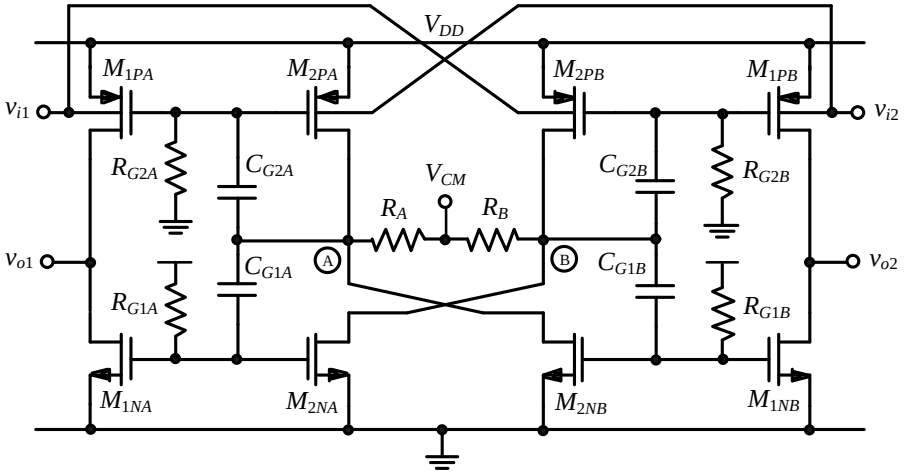
$$G_{mf3A(B)} = g_{m2NA(B)} \tag{9}$$

จากการแทนที่สมการ (5)-(9) ในสมการ (3) และ (4) ดังนั้นทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่าง (G_{dm}) และ ทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดร่วม (G_{cm}) สามารถเขียนได้เป็น

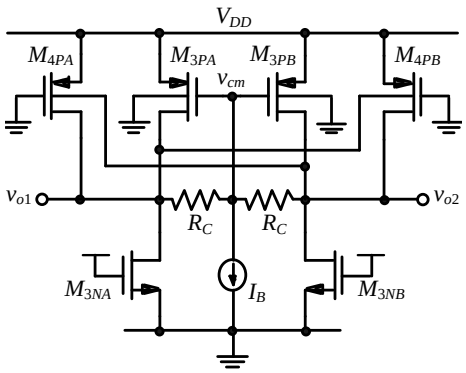
$$G_{dm} = g_{mb1PA(B)} + g_{mb2PA(B)}\left(\frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{(R_{AB})^{-1} + g_{m2PA(B)} - g_{m2NA(B)}}\right) \tag{10}$$

$$G_{cm} = g_{mb1PA(B)} - g_{mb2PA(B)}\left(\frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{g_{m2PA(B)} + g_{m2NA(B)}}\right) \tag{11}$$

เมื่อ R_{AB} คือตัวต้านทานภายนอกต่อระหว่างโหนด A และ B โดยมีค่าเท่ากับ R_A+R_B



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 วงจรที่นำเสนอ (ก) วงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือน (ข) วงจรป้อนกลับสัญญาณโหมดร่วม

จากสมการที่ (10) และ (11) ถ้าออกแบบให้เทอมของ $g_{m2PA(B)}-g_{m2NA(B)}$ มีค่าเท่ากับเทอมของ $-(R_{AB})^{-1}$ และเทอมของ $g_{m1PA(B)}+g_{m1NA(B)}$ มีค่าเท่ากับเทอมของ $g_{m2PA(B)}+g_{m2NA(B)}$ ดังนั้นทรานส์คอนดัคแตนซ์โหมดผลต่างและโหมดร่วมจะมีค่าเป็นอนันต์และเป็นศูนย์ตามลำดับ ในทางปฏิบัติเราได้ออกแบบเทอมของ $g_{m2NA(B)}-g_{m2PA(B)}$ ให้มีค่าต่ำกว่าเทอมของ $-(R_{AB})^{-1}$ เพียงเล็กน้อย เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไม่ให้เกิดการออสซิลเลต สามารถทำได้โดยการกำหนดค่าของตัวต้านทาน R_{AB} ที่เหมาะสม สำหรับแรงดัน V_{CM} ถูกใช้เพื่อกำหนดแรงดันไฟตรงที่โหนด A และ B

นอกจากนี้ถึงแม้ว่าวงจรที่นำเสนอในภาพที่ 4 ก) สามารถกำจัดสัญญาณโหมดร่วมได้โดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า แต่อย่างไรก็ตาม แรงดันเอาต์พุตไฟตรงโหมดร่วมยังคงไม่สามารถกำหนดได้ ปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้โดยใช้วงจรป้อนกลับสัญญาณโหมดร่วม (CMFB) ดังแสดงในภาพที่ 4 ข) วงจร CMFB ประกอบด้วย 1) วงจรตรวจจับสัญญาณโหมดร่วมได้แก่ทรานซิสเตอร์ $M_{3PA,B}$ ตัวต้านทาน R_C และกระแสไบอัส I_B ซึ่งวงจรทำงานในลักษณะป้อนกลับแบบลบถูกใช้เพื่อกำหนดแรงดันไฟตรงเอาต์พุตโหมดร่วม และ 2) วงจรเพิ่มความต้านทานเอาต์พุตได้แก่ ทรานซิสเตอร์ M_{4PA} และ M_{4PB} ซึ่งทำงานในลักษณะการป้อนกลับแบบบวกโดยที่อินพุตขาบัลค์ของ M_{4PA} และ M_{4PB} ต่อแบบไขว้กันทำให้ความต้านทานเอาต์พุตเพิ่มขึ้นและดังนั้นจึงทำให้อัตราขยายแรงดันวงรอบเปิดของวงจรเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับความต้านทานเอาต์พุตโหมดผลต่าง (Z_{dm}) และ

ความต้านทานเอาต์พุตโหมดร่วม (Z_{cm}) ของวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่นำเสนอสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

$$Z_{dm} = \frac{1}{\left(R_O \parallel R_C\right)^{-1} - g_{mb4PA(B)}} \tag{12}$$

$$Z_{cm} = \frac{1}{R_O^{-1} + g_{m3PA(B)} + g_{mb4PA(B)}} \tag{13}$$

โดยที่ R_O เท่ากับ $r_{O1NA(B)} // r_{O1PA(B)} // r_{O3NA(B)} // r_{O3PA(B)} // r_{O4PA(B)}$ คือความต้านทานแฝงรวมของทรานซิสเตอร์ที่เอาต์พุต

เมื่อนำสมการ (10)-(11) และ (12)-(13) มาเขียนใหม่เพื่อหาอัตราขยายแรงดันโหมดผลต่าง (A_{dm}) และอัตราขยายแรงดันโหมดร่วม (A_{cm}) สามารถแสดงได้เป็น

$$A_{dm} = G_{dm}.Z_{dm} = \left[g_{mb1PA(B)} + g_{mb2PA(B)} \left(\frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{\left(R_{AB}\right)^{-1} + g_{m2PA(B)} - g_{m2NA(B)}} \right) \right] \left(\frac{1}{\left(R_O \parallel R_C\right)^{-1} - g_{mb4PA(B)}} \right) \tag{14}$$

$$A_{cm} = G_{cm}.Z_{cm} = \left[g_{mb1PA(B)} - g_{mb2PA(B)} \left(\frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{g_{m2PA(B)} + g_{m2NA(B)}} \right) \right] \left(\frac{1}{R_O^{-1} + g_{m3PA(B)} + g_{mb4PA(B)}} \right) \tag{15}$$

จากสมการ (14) และ (15) ค่าอัตราการขจัดสัญญาณโหมดร่วม (CMRR) สามารถแสดงได้เป็น

$$CMRR = \frac{A_{dm}}{A_{cm}} = \left[\frac{g_{mb1PA(B)} + g_{mb2PA(B)} \cdot \frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{\left(R_{AB}\right)^{-1} + g_{m2PA(B)} - g_{m2NA(B)}}}{g_{mb1PA(B)} - g_{mb2PA(B)} \cdot \frac{g_{m1PA(B)} + g_{m1NA(B)}}{g_{m2PA(B)} + g_{m2NA(B)}}} \right] \left[\frac{R_O^{-1} + g_{m3PA(B)} + g_{mb4PA(B)}}{\left(R_O \parallel R_C\right)^{-1} - g_{mb4PA(B)}} \right] \tag{16}$$

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

เพื่อเป็นการทดสอบคุณลักษณะสมบัติการทำงานของวงจรที่นำเสนอ เราได้ใช้โปรแกรม Cadence ในการจำลองการทำงานของวงจร โดยใช้เทคโนโลยีซีมอสแบบมาตรฐานขนาดเท่ากับ 0.18 ไมโครเมตร วงจรทำงานภายใต้ไฟเลี้ยงเท่ากับ 0.5 โวลต์ สำหรับขนาดของทรานซิสเตอร์ที่ได้รับการออกแบบทุกตัวแสดงดังในตารางที่ 1

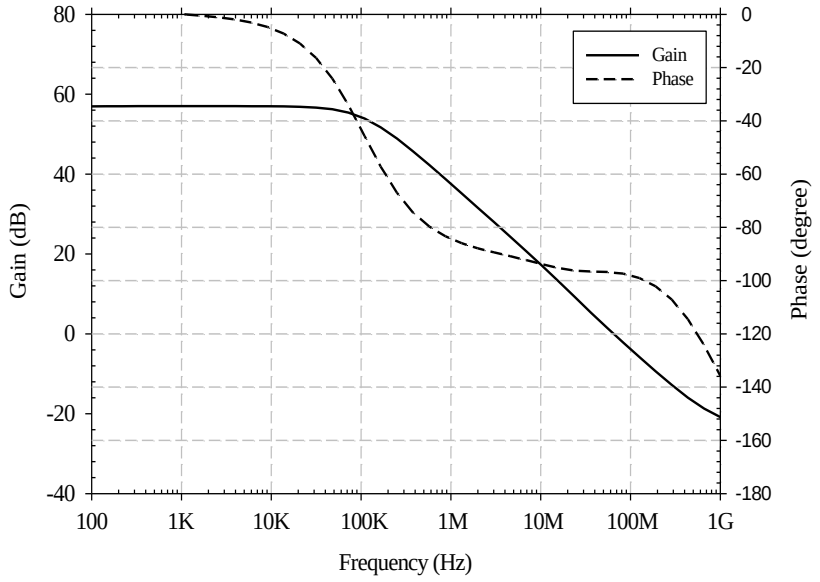
ภาพที่ 5 แสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างเสมือนที่นำเสนอ ในกรณีของสัญญาณอินพุตเป็นโหมดผลต่าง อัตราขยายแรงดันโหมดผลต่าง (A_{dm}) มีค่าเท่ากับ 57 เดซิเบล ในขณะที่ความถี่คัทออฟที่ -3 เดซิเบล และความถี่ตัดผ่านศูนย์ มีค่าเท่ากับ 100 กิโลเฮิรตซ์ และ 60 เมกกะเฮิรตซ์ ตามลำดับ โดยที่เฟสมาร์จินของวงจรมีค่าเท่ากับ 83 องศา

ภาพที่ 6 แสดงการตอบสนองความถี่ของอัตราขยายโหมดร่วม (A_{cm}) ซึ่งเราได้ทำการเปรียบเทียบผลการจำลองการทำงานเป็น 3 กรณี ได้แก่ 1) วงจรขยายผลต่างเสมือนกรณีไม่มีวงจรขยายแบบป้อนไปข้างหน้า (ดังเส้นจุด) 2) วงจรขยายผลต่างเสมือนกรณีที่มีวงจรขยายแบบป้อนไปข้างหน้า (ดังเส้นประ) และ 3) วงจรขยายผลต่างเสมือนกรณีที่มีวงจรขยายแบบป้อนไปข้างหน้าและวงจรป้อนกลับสัญญาณโหมดร่วม (ดังเส้นทึบ) เราพบว่าอัตราขยายโหมดร่วมมีค่าเท่ากับ 13 เดซิเบล -24 เดซิเบล และ -44 เดซิเบล ตามลำดับ

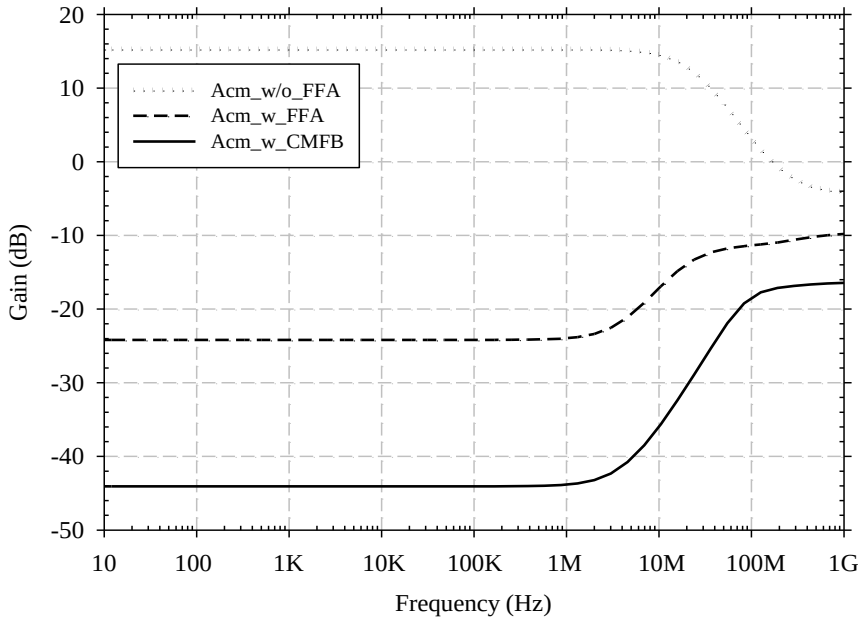
ภาพที่ 7 แสดงการตอบสนองทางเวลาของแรงดันเอาต์พุตทั้งโหมดผลต่าง (v_{o1} และ v_{o2}) และโหมดร่วม (v_{oc}) เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นซายน์ทั้งกรณีโหมดผลต่างและโหมดร่วมมีขนาดเท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ ที่ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ เราพบว่าช่วงสวิงของแรงดันเอาต์พุตโหมดผลต่างอ่านค่าได้เท่ากับ 0.3 โวลต์ ในขณะที่แรงดันเอาต์พุตโหมดร่วมที่ปรากฏมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมากเพียง 5 มิลลิโวลต์ สำหรับวงจรที่นำเสนอมีกำลังงานสูญเสียเท่ากับ 50 ไมโครวัตต์

ตารางที่ 1 ขนาดของทรานซิสเตอร์

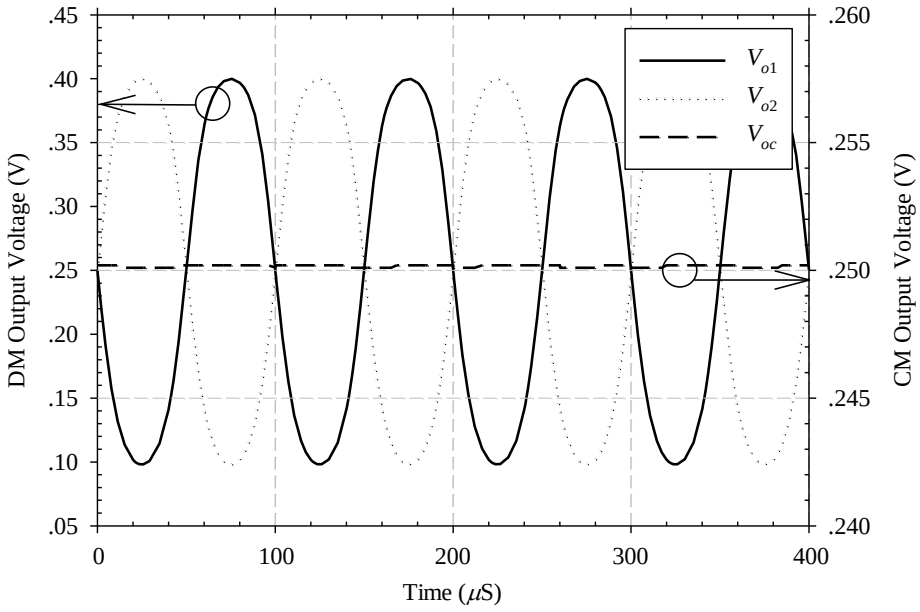
ทรานซิสเตอร์	ขนาดความกว้าง (W) (ไมโครเมตร)	ขนาดความยาว (L) (ไมโครเมตร)
$M_{1NA(B)}$	10.4	0.5
$M_{1PA(B)}$	38	0.5
$M_{2NA(B)}$	10.4	0.5
$M_{2PA(B)}$	38	0.5
$M_{3NA(B)}$	2.4	0.5
$M_{3PA(B)}$	14.8	0.5
$M_{4PA(B)}$	23.1	0.5



ภาพที่ 5 อัตราขยายโหมดผลต่างและเฟสของวงจรที่นำเสนอ



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบผลตอบสนองความถี่ของอัตราขยายโหมดร่วมทั้ง 3 กรณี



ภาพที่ 7 ผลตอบสนองทางเวลาของแรงดันเอาต์พุตโหมดผลต่างและโหมดร่วม

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอวงจรขยายทรานส์คอนดัคแตนซ์ผลต่างแบบซีมอสที่มีช่วงสวิงกว้างไฟเลี้ยงต่ำโดยใช้เทคนิคการป้อนไปข้างหน้า วงจรใช้การขับสัญญาณด้วยขาบัลค์และทรานซิสเตอร์เสมือนเกตลอยทำให้วงจรสามารถทำงานภายใต้ไฟเลี้ยงต่ำ เทคนิคการป้อนไปข้างหน้าถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาในการลดผลตอบสนองต่อสัญญาณโหมดร่วมและการป้อนกลับแบบบวกถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความต้านทานเอาต์พุตให้กับวงจรขยาย วงจรที่นำเสนอได้รับการออกแบบโดยใช้เทคโนโลยีซีมอสแบบมาตรฐานขนาดเท่ากับ 0.18 ไมโครเมตร ผลการจำลองการทำงานแสดงให้เห็นว่า วงจรสามารถทำงานได้โดยมีช่วงสวิงของสัญญาณกว้าง วงจรมีอัตราขยายโหมดผลต่างเพิ่มขึ้น ในขณะที่อัตราขยายโหมดร่วมมีค่าลดลง

เอกสารอ้างอิง

Roman Sotner, Jan Jerabek, Norbert Herencsar, Kamil Vrba, Tomas Dostal, "**Features of multi-loop structures with OTAs and adjustable current amplifier for second-order multiphase/ quadrature oscillators**," AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol. 69, no. 5, pp. 814-822, May. 2015.

Shashank Dwivedi and A. K. Gogoi, "**A 0.8 V CMOS OTA and Its Application in Realizing a Neural Recording Amplifier**," Journal of Medical and Bioengineering, vol. 4, no. 3, pp. 227-234, June. 2015.

A. Ismail; I. Mostafa, "**A Process-Tolerant Low-Voltage Inverter-Based OTA for Continuous-Time Σ-Δ ADC**," IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 24, no. 9, pp. 2911-2917, Sept. 2016.

Yong-an Li, "**On the systematic synthesis of OTA-based Wien oscillators**," AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol. 67, no. 9, pp. 754-760, Sep. 2013.

Yong-an Li, "**NAM expansion method for systematic synthesis of OTA-based floating gyrators**," AEU-International Journal of Electronics and Communications, vol. 67, no. 4, pp. 289-294, April. 2013.

B. Calvo, S. Celma, M. T. Sanz, J. P. Alegre, and F. Aznar, "**Low-voltage linearly tunable CMOS transconductor with common-mode feedforward**," IEEE Trans. Circuits Syst. I, Reg. Papers, vol. 55, no. 3, pp. 715-721, Apr. 2008.

Ming-Kai Fu, Miin-Shyue Shiau, Hong-Chong Wu and Don-Gey Liu, "**A novel ultra-low voltage and low power OTA with common-mode feed-forward**," Int. Symp. Integrated Circuits (ISIC), pp. 574-577, Dec. 2009.

Soumya Ranjan Ghosh, Kamran Khan, "**A low power adaptive bias fully differential operational amplifier**," IEEE International Conference on Advanced Communications, Control and Computing Technologies (ICACCCT), pp. 473 – 477, May. 2014.

A.N. Mohieldin, E. Sanchez-Sinencio and J. Silva-Martinez, "**A fully balanced pseudo-differential OTA with common-mode feed-forward and inherent common-mode feedback detector**," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 38, no. 4, pp. 663-668, Apr. 2003.

P. Khumsat and A. Worapishet, " **Two-Stage Feedforward Class-AB CMOS OTA for Low-Voltage Filtering Applications**," IEICE Transaction on Electronics, vol. E90-C, no. 12, pp. 2293-2296, Dec. 2007.

J. M. Carrillo, J. F. Duque-Carrillo, G. Torelli, and J. L. Ausin, "**Constant-gm Constant-Slew-rate High-Bandwidth Low-Voltage Rail-to-Rail CMOS Input Stage for VLSI Cell Libraries**," IEEE J. Solid-State Circuit, vol. 38, no. 8, pp. 1364-1372, Aug. 2003.

Soon-Jyh Chang, Ying-Zu Lin and Yen-Ting Liu, "**A Digitally Calibrated CMOS Transconductor with a 100 MHz Bandwidth and 75-dB SFDR**," IEEE Transactions on Circuits and Systems, vol. 55, no. 11, pp. 1089-1093, Nov. 2008.

S. Chatterjee, Y. Tsividis, and P. Kinget, "**0.5-V Analog Circuit Techniques and Their Application in OTA and Filter Design**," IEEE J. Solid-State Circuit, vol. 40, no. 12, pp. 2373-2387, Dec. 2005.

M. Trakimas, and S. Sonkusale, "**A 0.5 V Bulk-Input OTA with Improved Common-mode Feedback for Low-Frequency Filtering Applications**," Analog Integr Circ Sig Process., pp. 1-7, Oct. 2008.

A. D. Grasso, P. Monsurrò, S. Pennisi, G. Scotti, and A. Trifiletti, "**Analysis and implementation of a minimum-supply body-biased CMOS differential amplifier cell**," IEEE Trans. Very Large Scale Integr. (VLSl) Syst., vol. 17, no. 2, pp. 172-180, Feb. 2009.

Saurabh Naik, Sanket Bale, Tejas Raut Dessai, Gandhar Kamat, M. H. Vasantha, "**0.5V, 225nW, 100 Hz Low pass filter in 0.18µm CMOS process**," IEEE International Advance Computing Conference (IACC), pp. 590 – 593, June. 2015.

Yongqing Wang, Xiao Zhao, Qisheng Zhang, Xiaolong Lv, "**Adjustably transconductance enhanced bulk-driven OTA with the CMOS technologies scaling**," Electronics Letters, vol. 54, no. 5, pp. 276 – 278, March. 2018.

R. Rezaei, A. Ahmadpour and M. Moghaddasi, "**A 0.4 V Bulk-Driven Amplifier for Low-Power Data Converter Applications**," Circuits and Systems, vol. 4, no. 1, pp. 106-116. Jan. 2013.

J. M. Carrillo, G. Torelli, R. Perez-Aloe and J. F. Duque-Carrillo, "**1-V Rail-to-Rail CMOS OpAmp With Improved Bulk-Driven Input Stage**," IEEE J. Solid-State Circuit, vol. 42, no. 3, pp. 508-517, Jan. 2007.

J. Ramirez-Angulo, Carlos A. Urquidi, R. G. Carvajal, A. Torralba and A. Lopez-Martin, "**A New Family of Very Low-Voltage Analog Circuits Based on Quasi-Floating Gate Transistors**," IEEE Trans Circuits Syst. II,: Analog and Digital Signal Processing, Vol. 50, no. 5, pp. 214-220, May 2003.

J. Ramirez-Angulo, A.J. Lopez-Martin, R.G. Carvajal, and F.M. Chavero, "**Very low-voltage analog signal processing based on quasi floating gate transistors**," IEEE J.Sol. State Circuits vol. 39, pp. 434- 442, Mar. 2004.

Trinidad Sánchez-Rodríguez, Juan Antonio Gomez-Galan, Ramón González Carvajal, Manuel Sánchez-Raya, Fernando Muñoz, Jaime Ramírez-Angulo, "**A 1.2-V 450-µW G_m-C Bluetooth Channel Filter Using a Novel Gain-Boosted Tunable Transconductor**," IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 23, no. 8, pp. 1572 – 1576, August. 2015.

Fermin Esparza-Alfaro, Salvatore Pennisi, Gaetano Palumbo, Antonio J. Lopez-Martin, "**Low-Power Class-AB CMOS Voltage Feedback Current Operational Amplifier With Tunable Gain and Bandwidth**," IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 61, no. 8, pp. 574 – 578, May. 2014.

Apirak Suadet, Thawatchai Thongleam, Varakorn Kasemsuwan, Kasin Vichienchom, "**A 0.5 V volt rail-to-rail CMOS pseudo-differential OTA using simple feed-forward technique**" , International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON'11), pp. 106-109, 2011.

.

การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือนด้วยเพียโซอิเล็คทริค

Electrical Energy Harvesting from Vibration Using Piezoelectric

นิติพัฒน์ จอมมงคล [1*] พิเชษฐ์ ทานิล[2] อนุพงษ์ ศรีมูล[3] และ ชาคริต คำเรือน[4]

Nitipat Jommongkol[1*] Phiched Thanin[2] Anupong Srimoon[3] and Chakkrit khamruean[4]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดสอบระบบการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานการสั่นสะเทือน โดยใช้เพียโซอิเล็คทริค โดยการใช้ปั๊มลมไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ เป็นตัวสร้างการสั่นสะเทือน การทดสอบแรกโดยการใช้เพียโซอิเล็คทริครุ่น MCFT-36T จำนวน 4 แผง เป็นตัวสร้างพลังงานไฟฟ้า และทำการทดสอบหาพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกโดยการนำค่าตัวต้านทานมาต่อในวงจร การทดสอบที่ 2 นำวงจรชาร์ตประจุแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นเข้าแบตเตอรี่ การทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่กับภาระไฟฟ้า ผลการทดสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริค เป็นไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์เวฟพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ได้ 397.74 ไมโครวัตต์ สามารถประจุแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 3.70 โวลต์ 70 มิลลิแอมป์-ชั่วโมงได้เต็มในเวลา 9.25 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้งานกับหลอดไดโอดเปล่งแสง (แอลอีดี) ขนาด 1.5 วัตต์ ได้ประมาณ 20 นาที

คำสำคัญ : การเก็บเกี่ยวพลังงาน, การสั่นสะเทือน, เพียโซอิเล็คทริค

ABSTRACT

The purpose of this research was to design and test a system for harvesting electrical energy from vibration energy using piezoelectric. Vibration generator is using a 12-volt electric air pump. The first test, using four piezoelectric, MCFT-36T, generates electrical energy. The maximum power of the piezoelectric is measured by applying the resistor to the circuit. The second test uses a full wave rectifier circuit to charge the battery. The final test is the use of battery power and electrical load. The test results show that voltage from the piezoelectric is the sine wave with maximum power is 397.74 microwatts. It can charge the battery size 3.70 volts, 70 milliwatts, full in 9.25 hours. The battery can be used for 1.5 watt light emitting diode (LED) for about 20 minutes.

Keywords: nergy harvesting, vibration, piezoelectric

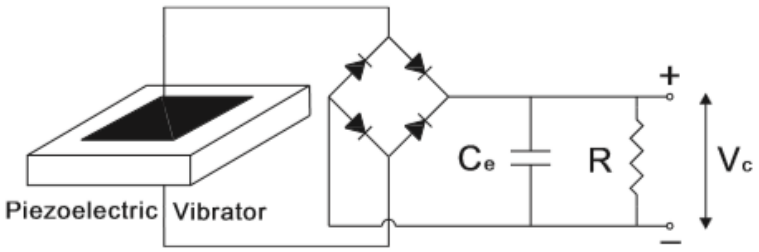
[1,2,3,4] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ อำเภอหางดง จ.เชียงใหม่ 50230

[1,2,3,4]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiang mai University, Chiang mai Thailand, 50230

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : nitipat@northcm.ac.th, aekapoj@gmail.com

บทนำ

ด้วยปัจจุบันมีการคิดค้นพัฒนาทั้งอุปกรณ์ เทคโนโลยีและวิธีการที่จะสามารถก่อให้เกิดพลังงานในรูปแบบใหม่ที่สามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานทดแทนให้กับพลังงานจากฟอสซิล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่กำลังจะหมดลงในอนาคตอันใกล้ พลังงานการกดหรือการสั่นสะเทือนเป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นวิธีการก่อเกิดพลังงานที่ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถใช้แหล่งต้นกำเนิดพลังงานได้หลากหลายและเป็นพลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง โดยทั่วไปแล้วการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนมีอยู่ 3 วิธี วิธีแรกคือไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Charges) เกิดจากการที่ปริมาณประจุไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบบนผิววัสดุมีไม่เท่ากันทำให้เกิดแรงดึงดูดเมื่อวัตถุทั้ง 2 ชิ้นมีประจุต่างชนิดกัน วิธีที่สองคือแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnets) เป็นอำนาจแม่เหล็กที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวัตถุตัวนำ ซึ่งเกิดจากการตัดผ่านหรือการสั่นของตัวนำในสนามแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำนั้น และวิธีที่สามคือเพียโซอิเล็คทริก (Piezoelectric) เป็นเซรามิกประเภทหนึ่งซึ่งเหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนเพราะมีประสิทธิภาพที่สามารถแปลงความเครียดเชิงกลที่ให้พลังงานไฟฟ้าได้ไม่มีสิ้นสุด และใช้โครงสร้างที่เรียบง่าย ในทางกลับกันเมื่อเพียโซอิเล็คทริก ได้รับกระแสไฟฟ้าก็จะสามารถกำเนิดพลังงานกลได้ (ดอน และคณะ,2556) พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เพื่อให้เหมาะสมในการนำพลังงานไปใช้งานจึงต้องแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งวงจรเก็บเกี่ยวพลังงานและวงจรแปลง AC-DC ที่มีประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับลักษณะการสั่นสะเทือน ความถี่และความเร่งของแหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนด้วย (Y C shu and I C Lien,2006) หลักการทำงานของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือน

ที่มา: Y C shu and I C Lien, (2006)

ขนาดและรูปทรงของเพียโซอิเล็คทริกสำหรับการนำไปเก็บเกี่ยวพลังงานของแหล่งพลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่ง เช่น การหาขนาดที่เหมาะสมของเพียโซอิเล็คทริกในการนำมาเก็บเกี่ยวพลังงานจากการเคลื่อนไหวของมนุษย์โดยใช้การผลักของแม่เหล็กบนแผ่นเหล็กซึ่งอยู่บนโลหะวงกลมหมุนไปตัดผ่านแม่เหล็กบนแผ่นเพียโซอิเล็คทริกเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่และเกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น การเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักร เช่นปั๊มลมขนาดเล็ก ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้จะมีปริมาณที่น้อยไม่สามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง จึงต้องนำวงจรการประจุไฟฟ้ามาใช้ในการประจุไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็คทริกเข้ากับแบตเตอรี่ เสร็จแล้วจึงนำแบตเตอรี่ไปใช้งานต่ออีกทีหนึ่ง วงจรที่ทำหน้าที่ประจุไฟฟ้าจะต้องมีความเหมาะสมกับพลังงานที่ได้ด้วย (ดอน, 2556) การเก็บเกี่ยวพลังงานของวัสดุเพียโซอิเล็คทริคสามารถนำไปติดตั้งกับเครื่องจักรที่มีการสั่นในขณะทำงาน (Sodano *et al,* 2003) ทำการศึกษาพลังงานจากการสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์และเปรียบเทียบการเก็บเกี่ยวพลังงานระหว่างตัวเก็บประจุกับแบตเตอรี่ พบว่าการเก็บพลังงานในตัวเก็บประจุจำเป็นต้องมีสวิตช์เปิดและปิดในขณะประจุและปล่อยพลังงานเนื่องจากตัวเก็บประจุมีการประจุและการคายพลังงานที่รวดเร็ว แต่ในขณะเดียวกันพบว่าแบตเตอรี่สามารถประจุพลังงานได้มากกว่า (ธีรพงษ์ และ กาลิมิง, 2559) ได้ออกแบบและ

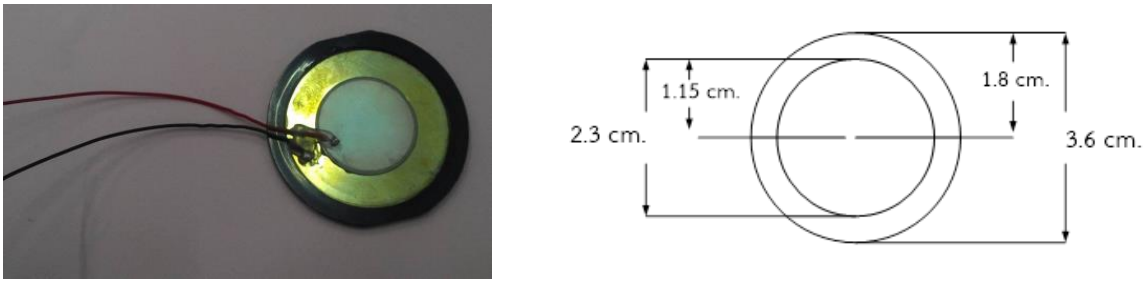
พัฒนาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าด้วยเพียโซอิเล็คทริกในยางป้องกันการสั่นสะเทือนโดยอาศัยการแลกเปลี่ยนพลังงานจากแรงสั่นของเครื่องจักรให้เป็นพลังงานไฟฟ้าด้วยวัสดุเพียโซอิเล็คทริก โดยอาศัยการหมุนเหวี่ยงของมอเตอร์แบบไม่สมดุลสำหรับสร้างแรงกด ผลการทดลองพบว่าชุดอุปกรณ์สามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดเมื่อเกิดแรงสั่นสะเทือนที่ความถี่ 2 Hz และระดับแรงที่กระทำจากการสั่นทำให้ชุดอุปกรณ์ผลิตกำลังไฟฟ้าได้ในลักษณะเชิงเส้น จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมางานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบและสร้างชุดต้นแบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนจากเครื่องจักร โดยใช้เพียโซอิเล็คทริกแบบบัซเซอร์ การวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกโดยการอัดประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ และทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปใช้งานกับภาระไฟฟ้า เพื่อเป็นต้นแบบในการศึกษาและพัฒนาการเก็บเกี่ยวพลังงานจาการสั่นสะเทือนต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

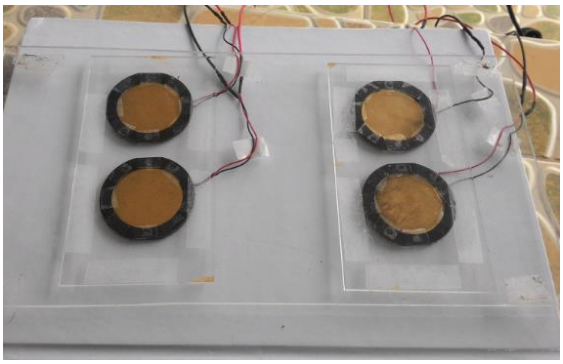
งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและทดสอบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนโดยใช้เพียโซอิเล็คทริกแบบบัซเซอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติให้พลังงานไฟฟ้าออกมาเมื่อมีแรงกดหรือการสั่น แหล่งพลังงานการสั่นสะเทือนที่ใช้ในการทดลองคือเครื่องปั๊มลมไฟฟ้าขนาดเล็ก และมีการใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นเพื่ออัดประจุไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็กทริกให้กับแบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับหลอดไฟฟ้าแบบไดโอดเปล่งแสง (LED) ที่นำมาทดสอบเป็นภาระทางไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ออกแบบระบบการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือน

งานวิจัยนี้เลือกใช้แผ่นเพียโซอิเล็คทริคแบบบัซเซอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทองแดง 2.3 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางเซรามิค 3.6 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2 และเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการรับแรงสั่นสะเทือนจากเครื่องปั๊มลมไฟฟ้าที่มีฐานของเครื่องเป็นลักษณะขาตั้ง 4 ขา จึงออกแบบใช้แผ่นเพียโซอิเล็คทริคแบบบัซเซอร์จำนวน 4 แผ่นต่อขนานกัน และใช้แผ่นพลาสติกแข็งใสประกบยึดแผ่นเพียโซอิเล็คทริคไว้ไม่ให้เคลื่อนที่โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 8 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแผ่นเพียโซอิเล็คทริคในแถว 1 เซนติเมตร พร้อมทั้งต่อสายไฟออกมาเพื่อเชื่อมต่อกับวงจรประจุไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 3

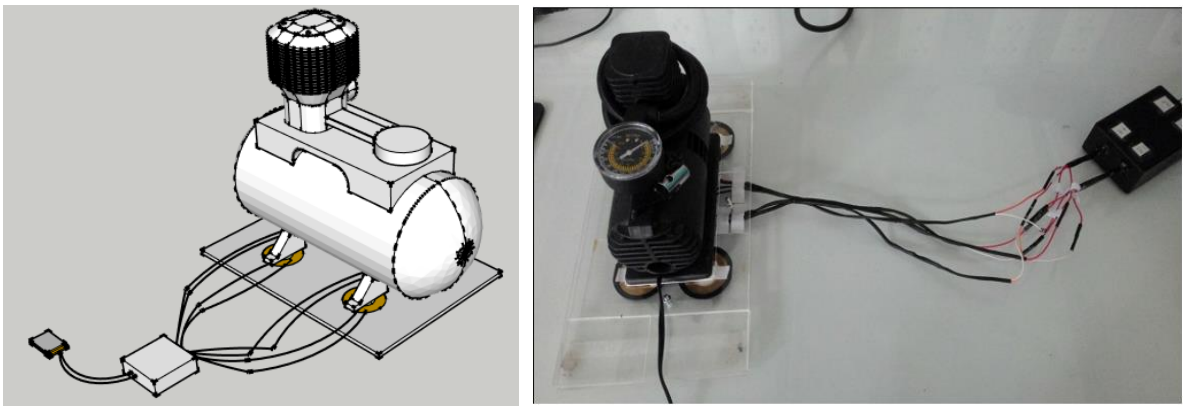


ภาพที่ 2 แผ่นเพียโซอิเล็คทริคแบบบัซเซอร์



ภาพที่ 3 การต่อแผ่นเพียโซอิเล็คทริคจำนวน 4 แผ่นต่อขนานกัน

แหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือนเลือกใช้เครื่องปั๊มลมไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยนำแผ่นเพียโซอิเล็คทริกที่ออกแบบไว้มาวางใต้ฐานของเครื่องปั๊มลมเพื่อรองรับการสั่นสะเทือน ดังแสดงในภาพที่ 4

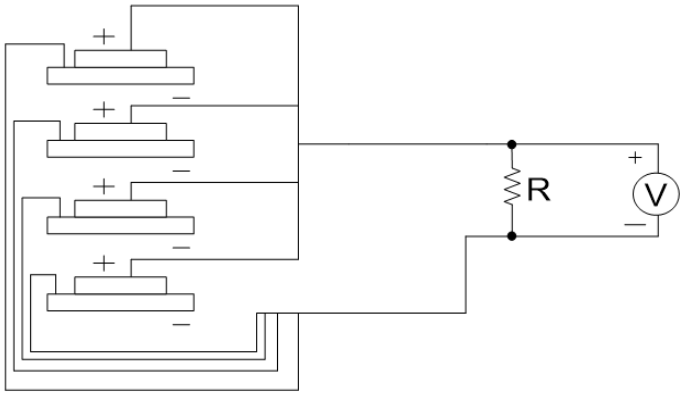


ภาพที่ 4 การต่อแผ่นเพียโซอิเล็คทริค

2.ทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือน

2.1 ทดสอบหาสภาวะภาระทางไฟฟ้าที่เหมาะสมกับเพียโซอิเล็คทริก

โดยการทดลองสุ่มขนาดตัวต้านทานหลากหลายขนาดต่อขนานกับเพียโซอิเล็กทริคดังแสดงในภาพที่ 5 และวัดหาค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้าในหน่วยค่าเฉลี่ยกำลังสอง และคำนวณหากระแสไฟฟ้าจากการต่อตัวต้านทานแต่ละค่า จากสมการที่ 1 และสมการที่ 2 เพื่อนำค่าแรงดันและกระแสไปคำนวณหากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยดังในสมการที่ 3



ภาพที่ 5 การต่อตัวต้านทานขนานแผ่นเพียโซอิเล็คทริค

$$Vrms = \frac{Vm}{\sqrt{2}} \tag{1}$$

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{R} \tag{2}$$

$$P_{avg} = \frac{V_{rms}^2}{R} \tag{3}$$

โดย

V_m คือค่าความต่างศักย์สูงสุด หน่วย โวลต์(V)

V_{rms} คือค่าความต่างศักย์เฉลี่ยของรากที่สอง หน่วย โวลต์(V)

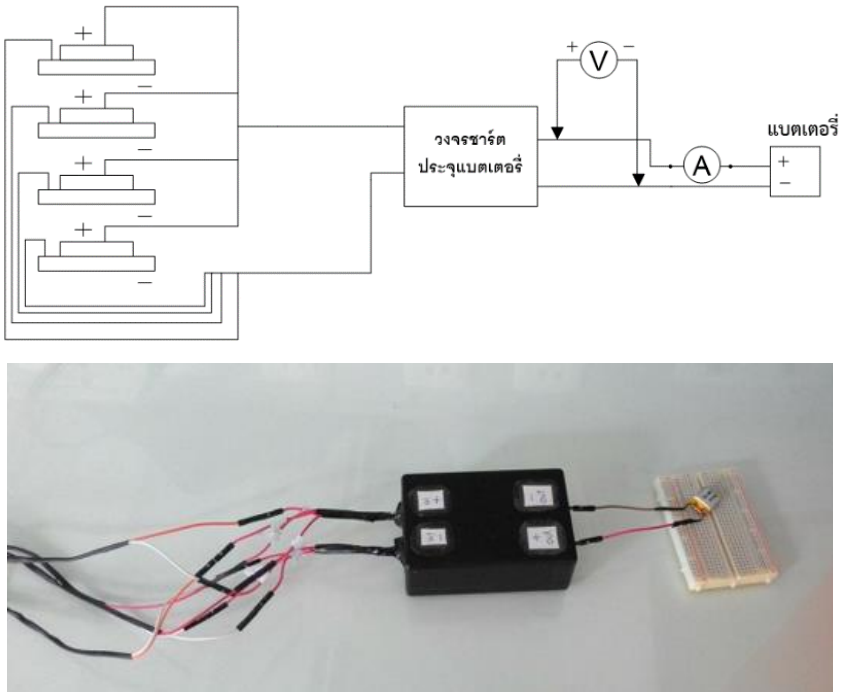
I_{rms} คือค่ากระแสเฉลี่ยของรากกำลังสอง หน่วย แอมป์(A)

R คือค่าความต้านทาน หน่วย โอห์ม(Ω)

P_{avg} คือกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย หน่วย วัตต์(W)

2.2 ทดสอบการอัดประจุไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็คทริกให้แบตเตอรี่

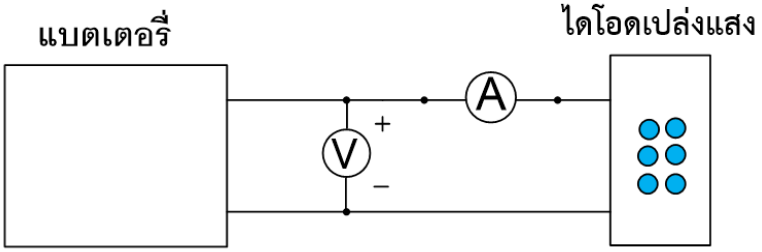
เมื่อเกิดพลังงานไฟฟ้าออกจากเพียโซอิเล็คทริคแล้ว จึงติดตั้งวงจรการอัดประจุแบตเตอรี่ โดยใช้วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นผ่านตัวเก็บประจุส่งพลังงานไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็คทริคไปยังแบตเตอรี่ที่มีขนาดความจุ 70 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง วงจรการอัดประจุดังแสดงในภาพที่ 6

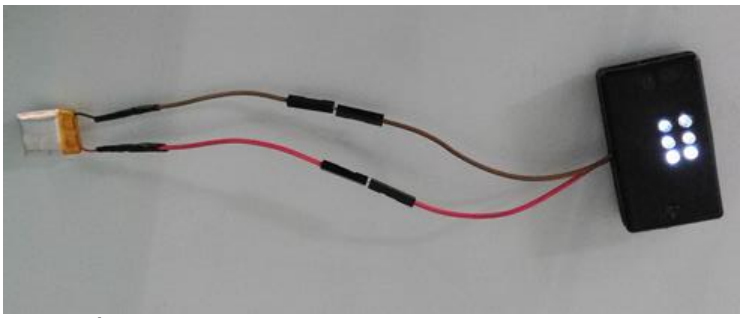


ภาพที่ 5 การต่อวงจรอัดประจุแบตเตอรี่เข้ากับแผ่นเพียโซอิเล็คทริค

2.3 ทดสอบการคายประจุแบตเตอรี่

เพื่อทดสอบการนำไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกที่ประจุไว้ในแบตเตอรี่ไปใช้กับภาระไฟฟ้า จึงทดสอบกับหลอดไฟฟ้าแบบไดโอดเปล่งแสง (LED) ขนาด 0.5 วัตต์ จำนวน 6 หลอด เพื่อหาความสัมพันธ์ความสามารถในการอัดประจุและคายประจุของแบตเตอรี่ วงจรการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 7

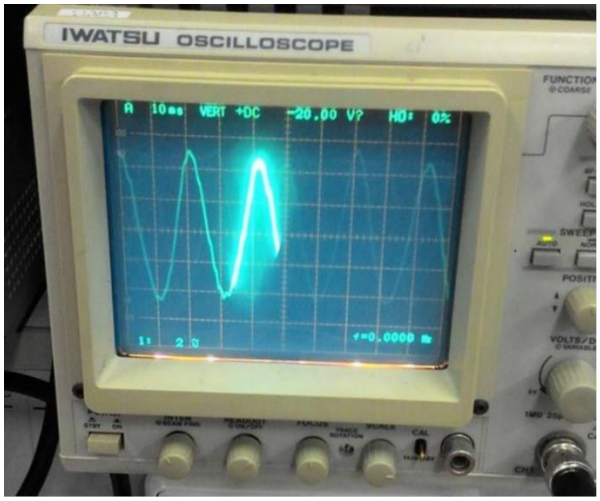




ภาพที่ 7 การทดสอบการคายพลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

เมื่อสร้างชุดการเก็บเกี่ยวพลังงานจากการสั่นสะเทือนตามที่ออกแบบแล้ว จึงทดสอบรูปคลื่นไฟฟ้าที่ได้ โดยการใช้เครื่องมือวัดออสซิลโลสโคปวัดรูปคลื่นไฟฟ้า ผลที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริก พบว่ามีรูปคลื่นไฟฟ้าเป็นรูปไซน์ซึ่งแสดงว่าเพียโซอิเล็คทริกให้แรงดันไฟฟ้าออกมาเป็นกระแสสลับดังสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังแสดงในภาพที่ 8



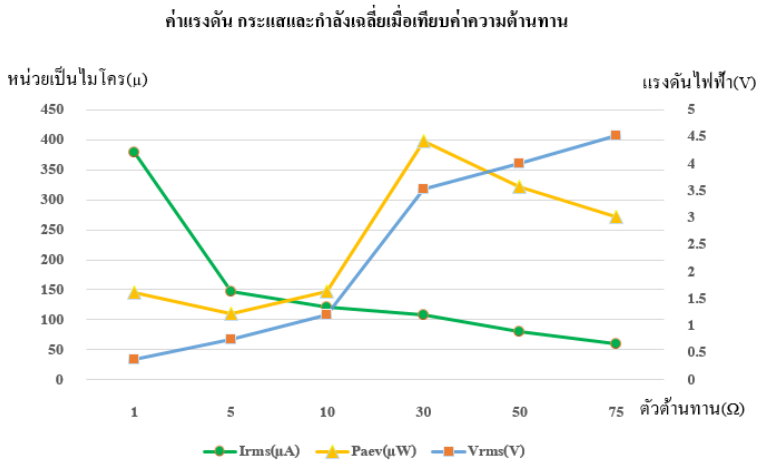
ภาพที่ 8 แรงดันไฟฟ้าจากเพียโซอิเล็คทริค

จากนั้นจึงทำการนำตัวต้านทานมาต่อกับวงจรของเพียโซอิเล็คทริก เพื่อวัดหาค่าประสิทธิผลของแรงดันไฟฟ้าในหน่วยค่าเฉลี่ยกำลังสอง และคำนวณหากระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลค่าแรงดัน กระแสของรากกำลังสอง และกำลังเฉลี่ยเมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน

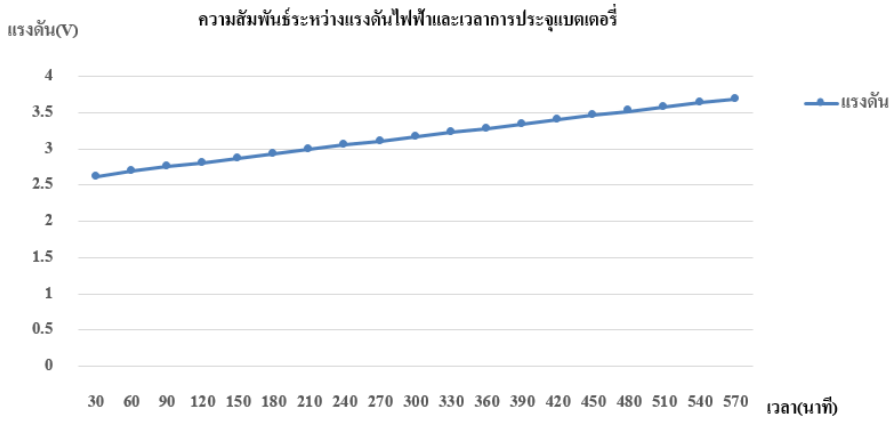
$R(k\Omega)$	$V_{rms}(V)$	$I_{rms}(\mu A)$	$P_{avg(\mu W)}$
1	0.38	380	144.4
5	0.74	148	109.52
10	1.21	121	146.41
33	3.54	107.27	397.74
50	4.01	80.2	321.60
75	4.52	60.27	272.405

เมื่อนำค่าจากการทดลองมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า พบว่าที่ค่าความต้านทาน 33 โอห์ม ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงที่สุด ซึ่งเป็นไปตามกฎของการส่งผ่านพลังงานสูงสุด หมายความว่าค่าของตัวต้านทานที่จะนำมาใส่ในวงจรอัดประจุให้กับแบตเตอรี่เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจากเพียโซอิเล็คทริกส่งผ่านไปยังภาระไฟฟ้าในการทดลองของงานวิจัยนี้ จากภาพจะเห็นว่าเมื่อเริ่มการทดลองที่ค่าความต้านทาน 1 โอห์ม ค่ากระแสมีค่าสูงแต่แรงดันต่ำกำลังฟ้าที่ได้จึงไม่สูงตาม เมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานให้สูงขึ้นกระแสจึงลดลงแต่แรงดันเพิ่มสูงขึ้นกำลังไฟฟ้าก็ปรับสูงขึ้นตามแรงดัน และกำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าสูงสุดที่ 33 โอห์ม ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

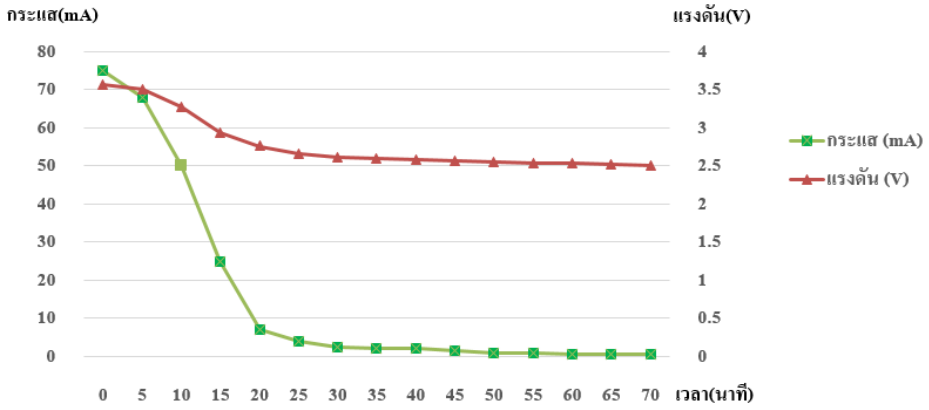
ทำการทดลองนำเครื่องประจุแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นที่มีการต่อตัวประจุไฟฟ้าและตัวต้านทานตามที่ได้ทดสอบมาแล้ว มาต่อกับเพียโซอิเล็คทริกเพื่อทำการประจุไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาด 70 มิลลิแอมป์-ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าสามารถประจุให้แบตเตอรี่เต็มในเวลาประมาณ 9.25 ชั่วโมง กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันกับระยะเวลาการประจุแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของแรงดันกับระยะเวลาการประจุ

เพื่อทดสอบการนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานการสั่นสะเทือน ไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงนำหลอดไฟฟ้าแบบไดโอดเปล่งแสง (แอลอีดี) มาต่อเพื่อเป็นภาระทางไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ ซึ่งผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง

แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้ากับเวลาดังแสดงในภาพที่ 11 จากภาพจะเห็นการคายประจุของแบตเตอรี่เมื่อนำโหลดไฟฟ้ามาต่อ กระแสจะค่อยๆลดลง และกระแสไฟฟ้าเริ่มหมดลงที่เวลา 20 นาที ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าจะเริ่มคงที่ที่แรงดัน 2.5 โวลต์ เมื่อกระแสในแบตเตอรี่หมด



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้ากับเวลา

สรุปผลการวิจัย

การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากการสั่นสะเทือนโดยใช้เพียโซอิเล็คทริคแบบบัซเซอร์จำนวน 4 แผ่น และประจุเข้ากับแบตเตอรี่ผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ผลการทดสอบพบว่าสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าขึ้นที่ตัวเพียโซอิเล็คทริคได้โดยการสั่นสะเทือนและเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ได้สามารถนำไปเป็นแหล่งพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกแบบบัซเซอร์มีปริมาณที่น้อย แต่สามารถเพิ่มปริมาณให้มากขึ้นได้เมื่อเพิ่มจำนวนแผ่นเพียโซอิเล็คทริกให้มีปริมาณมากขึ้น แต่ต้องให้มีความเหมาะสมกับแหล่งกำเนิดการสั่นสะเทือน รวมถึงอุปกรณ์ถ่ายเทพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไปให้กับตัวเก็บเกี่ยวพลังงานหรือภาระทางไฟฟ้า ในส่วนของประสิทธิภาพการนำพลังงานไฟฟ้าไปอัดประจุให้กับแบตเตอรี่เนื่องจากจำนวนและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเพียโซอิเล็คทริกมีปริมาณน้อยจึงทำให้มีระยะเวลาการประจุที่ใช้เวลานาน การทดสอบนำแบตเตอรี่ไปใช้งานกับภาระไฟฟ้าคือหลอดไดโอดเปล่งแสง สามารถใช้งานได้ดีสามารถประยุกต์นำไปเป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับอุปกรณ์หรือระบบควบคุมขนาดเล็กได้

เอกสารอ้างอิง

ดอน อิศรากร และคณะ. 2546. การเก็บเกี่ยวพลังงานจากการกระแทกโดยใช้เพียโซบัซเซอร์เพื่อติดตามสภาพเครื่องจักร, AE033. *ใน* **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9,** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ดอน อิศรากร และคณะ. 2546. อุปกรณ์เก็บเกี่ยวพลังงานขนาดย่อส่วนจากการเคลื่อนที่ของมนุษย์, AE015 *ใน* **การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9**, สถาบันเทคโนโลยพีระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

ธงชัย โชติวัฒนกานต์กุล และคณะ. 2545. เพียโซอิเล็กทริกในระบบเก็บเกี่ยวพลังงานสำหรับเซนเซอร์โนดไร้สาย, น.579-586.*ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ,** มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธีรพงษ์ ฉิมเพชร และคณะ. 2545. การออกแบบและพัฒนาแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าด้วยเปียโซอิเล็คทริกในยางป้องกันการสั่นสะเทือน, น.195-201.*ในรายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 13 ,* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Alper Erturk, Daniel J. 2011 , **Piezoelectric Energy Harvesting** :John Willey & Sons Ltd, West Sussex, United Kingdom

Y C Shu1 and I C Lien. 2006. Analysis of power output for piezoelectric energy harvesting systems, **Smart Mater. Struct 15** (2006) 1499–1512

Henry A. Sodano and Daniel J. Inman. 2004. Estimation of Electric Charge output for Piezoelectric Energy Harvesting, **Strain Journal** 40(2), 49-58

Henry A. Sodano and Daniel J. Inman. 2005. Comparison of Piezoelectric Energy Harvesting Devices for Recharging Batteries, **Journal of Intelligent Material Systems and Structures** 16(10), 799-807

Sutrisno W. Ibrahim, and Wahied G. Ali. 2012. Power Enhancement for Piezoelectric Energy Harvester, **Proceedings of the World Congress on Engineering 2012 Vol. II** London, U.K.

การพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และระบบขับเคลื่อน สำหรับรถสามล้อไฟฟ้า

Development of Battery Charging System and Drive System for Electrical Tricycle

นเรศ สุยะโรจน์[1*] สุริยา วรรณะทา[1] รัชกร อุตตเสน[1] กุญชร สารวงษ์[2]

Naret Suyaroj[1*] Suriya Wannata[1] Radchakorn Uttasen[1] Kunchorn Sarawong[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่และระบบขับเคลื่อนสำหรับรถสามล้อไฟฟ้า โดยการพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าจะทำการทดสอบการประจุแบตเตอรี่แบบช้าและแบบเร็ว มีหลักการประจุแบบกระแสคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Current Constant Voltage charging, CCCV) และใช้วงจรลดทอนแรงดันแบบบัคร่วมกับอินเวอร์เตอร์ในการควบคุมการประจุ เพื่อทดสอบการประจุแบตเตอรี่ นอกจากนี้ได้นำเอาแบตเตอรี่ที่ได้จากการประจุโดยวิธีการดังกล่าวมาใช้กับรถสามล้อไฟฟ้า สำหรับการพัฒนาระบบขับเคลื่อน ได้ทำการปรับปรุงระบบขับเคลื่อนโดยปรับปรุงการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยชุดควบคุม จากผลการทดสอบพบว่า ระบบประจุไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่จนเต็ม พบว่าการประจุแบบเร็วใช้เวลาสั้นกว่าการประจุแบบช้าประมาณ 6 ชั่วโมง ในการต่อแบตเตอรี่แบบเดี่ยว และ การต่อแบตเตอรี่แบบขนานการประจุแบบเร็วใช้เวลาสั้นกว่าการประจุแบบช้าประมาณ 9 ชั่วโมง เมื่อนำแบตเตอรี่มาใช้ในการขับเคลื่อนรถสามล้อไฟฟ้าพบว่าสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง 7 ชั่วโมง ด้วยความเร็วเฉลี่ย 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยบรรจุคนขับ 1 คนซึ่งมีน้ำหนัก 75 กิโลกรัมในระหว่างการขับเคลื่อน ระบบขับเคลื่อนรถสามล้อไฟฟ้าสามารถทำความเร็วเฉลี่ยสูงสุด 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง นาน 10 นาที หลังจากนั้นความเร็วจะค่อยๆลดลงเหลือประมาณ 15-16 กิโลเมตรต่อชั่วโมง รถสามล้อไฟฟ้าสามารถขึ้นทางชันในช่วง 0-10 องศา ความเร็วเฉลี่ย 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ในระยะทาง 22.8 เมตร ใช้เวลา 25 วินาที

คำสำคัญ : ระบบประจุไฟฟ้าแบตเตอรี่, การประจุแบบกระแสและแรงดันไฟฟ้าคงที่, รถสามล้อไฟฟ้า

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า และ [2] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ตำบลหนองแก๋ว อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230

[1] Department of Electrical Engineering and [4] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, North-Chiang Mai University, Nongkeaw, Hangdong, Chiang Mai, 50230, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : aeynaret@gmail.com, naret@northcm.ac.th

ABSTRACT

This research aims to develop the battery charging system and the driving system for the electric tricycle. The development of the battery charging system was tested both fast and slow charging based on constant current and voltage charging (CCCV), and also applied a buck converter with an inverter to control charging batteries. Moreover, the batteries obtained from these methods were applied to the electric tricycle. The drive system was developed by improving motor speed control with the controller. The results found that the fast charging system spent shorter time than the slow charging system about 6 hours for series circuit and 9 hours for parallel circuit. When used these batteries for the electric tricycle, it could operate for 7 hours continuously at an average speed of 8 kilometres per hour with a 75-kilogram driver. The drive system of the electric tricycle could operate at the highest average speed of 18 kilometres per hour for 10 minutes. After that, the speed would gradually decrease to 15-16 kilometres per hour. The electric tricycle could climb up a slope of 0-10 degrees at an average speed of 18 kilometres for 22.8 meters in 25 seconds.

Keywords : Battery Charging System, Constant Current Constant Voltage Charging, Electrical Tricycle

บทนำ

จากแนวโน้มการใช้แหล่งพลังงานขับเคลื่อนในยานยนต์ที่เปลี่ยนจากการใช้น้ำมันไปเป็นแหล่งพลังงานอื่น ทั้งในแง่ของราคาที่ถูกกว่า การจัดหาทำได้ง่ายกว่า เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมที่มากกว่า หนึ่งในตัวเลือกนั้นคือการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ยานยนต์หลากหลายขนาดถูกนำมาติดตั้งระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า ตั้งแต่รถจักรยานคันเล็กจนกระทั่งพัฒนาติดตั้งกับรถบรรทุกขนาดใหญ่ รถสามล้อถีบที่มีอยู่เดิมในสถานศึกษาถูกนำมาติดตั้งระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเพื่อจุดประสงค์ในการนำเที่ยวเชิงอนุรักษ์ [1] ซึ่งสามารถใช้งานได้ดี แต่ขาดความสมบูรณ์กระบวนการประจุไฟฟ้า ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงกระบวนการประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคในการประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่หลายรูปแบบ ซึ่งหลักการประจุแบบกระแสคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ถูกนำมาใช้ทั้งในส่วนการประจุจากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ ทำให้ระยะเวลาในการประจุน้อยลง [2] ดังนั้นจึงพิจารณานำหลักการประจุแบบกระแสคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่นี้มาปรับปรุงในการประจุแบตเตอรี่ของรถสามล้อไฟฟ้าที่มีอยู่ โดยเบื้องต้นจะรับการประจุจากระบบจ่ายไฟหลักและทำการเปรียบเทียบผลการทดลองในรูปแบบต่างๆ

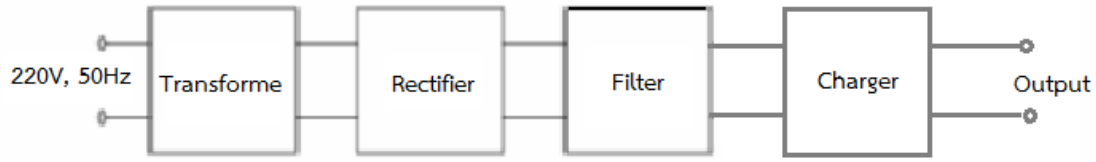
การออกแบบและจัดสร้าง

1. ระบบการขับเคลื่อนของรถสามล้อไฟฟ้า

รถสามล้อไฟฟ้าขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 500 วัตต์ 36 โวลต์ ร่วมกับแบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ 80 Ah จำนวน 3 ลูก วางไว้ใต้เบาะนั่งผู้โดยสาร ส่งกำลังแบบโซ่และเฟือง สามารถควบคุมความเร็วของรถโดยการบิดคันเร่งของผู้ขับขี่ผ่านวงจรควบคุมความเร็วแบบ Pulse Width Modulation (PWM)

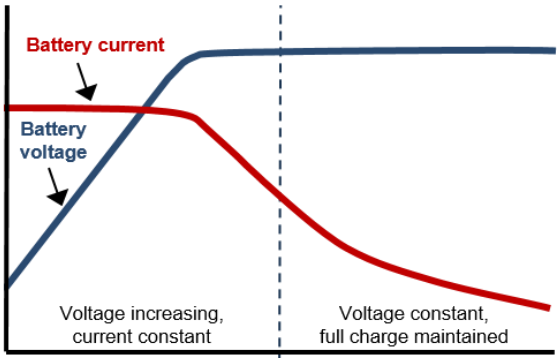
2. ระบบการประจุแบตเตอรี่

หลักการทั่วไปในการประจุแบตเตอรี่ ได้จากการนำสัญญาณคลื่นไซน์ ขนาด 220 Vac ความถี่ 50 Hz ผ่านการลดระดับแรงดันให้ต่ำลงซึ่งยังคงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับอยู่ ดังนั้นจึงต้องผ่านวงจรเรียงกระแส (Rectifier) เพื่อเปลี่ยนให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นจะผ่านวงจรกรองที่ภายในคือวงจรเรียงกระแสเพื่อให้สัญญาณมีความเรียบมากขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าวงจรประจุแบตเตอรี่ (Charger) ซึ่งในจะมีวงจรรักษาระดับแรงดัน (Voltage Regulator) เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟตรงให้คงที่ โดยมีเทคนิคในการประจุที่แตกต่างกันออกไป



ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมวงจรประจุแบตเตอรี่

การประจุแบตเตอรี่ สามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี คือ การประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Voltage Charging) การประจุด้วยกระแสคงที่ (Constant Current Charging) และการประจุด้วยกระแสไฟฟ้าตรงคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Current – Constant Voltage Charging: CCCV) โดยทั่วไปจะเป็นการประจุด้วยแรงดันไฟฟ้าคงที่ ใช้เวลาในการประจุนาน จึงมีการประจุด้วยกระแสคงที่ซึ่งทำการประจุได้เร็วขึ้นแต่กระแสที่ใช้ประจุจะถูกจำกัด ดังนั้นจึงมีการรวมทั้งสองวิธีเป็นการประจุด้วย CCCV โดยช่วงแรกจะทำการประจุด้วยกระแสคงที่เต็มพิกัดในขณะที่แรงดันค่อยๆเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงที่สองจะทำการประจุด้วยแรงดันคงที่เต็มพิกัดในขณะที่กระแสในการประจุค่อยๆ ลดลง

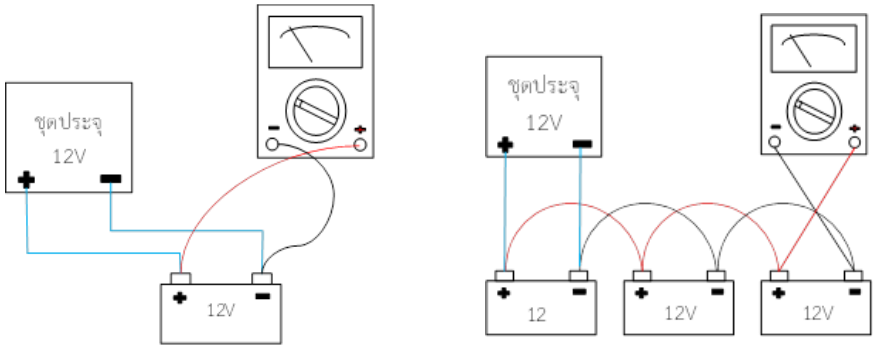


ภาพที่ 2 กราฟการประจุแบตเตอรี่แบบกระแสไฟฟ้าตรงคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่

ในการทดสอบจะแยกการประจุออกเป็น 2 แบบคือการประจุแบตเตอรี่แบบช้าหรือแบบกระแสต่ำ โดยใช้วงจรประจุด้วยกระแสไฟฟ้าคงที่ไม่เกิน 3 A ตามข้อจำกัดกระแสสูงสุดของวงจร และการประจุแบตเตอรี่แบบเร็วหรือแบบกระแสสูง โดยใช้วงจรประจุด้วยกระแสไฟฟ้าตรงคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่

3. การทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่

การทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่จะทดสอบการประจุแบตเตอรี่แบบช้า และการประจุแบตเตอรี่แบบเร็ว โดยแต่ละแบบจะทำการทดสอบกับแบตเตอรี่ลูกเดียว และทดสอบกับแบตเตอรี่ 3 ลูกที่ต่อแบบขนานกัน ดังภาพที่ 3แล้วทำการเก็บค่ากระแสและแรงดันที่เข้าไปยังแบตเตอรี่ทุก ๆ ชั่วโมง เพื่อสังเกตพฤติกรรมการประจุไฟฟ้าของวงจรที่ออกแบบมา



(a) (b)

ภาพที่ 3 การต่อวงจรเพื่อทดสอบประจุแบตเตอรี่ในแต่ละแบบ (a) ต่อกับแบตเตอรี่ลูกเดียว (b) ต่อแบตเตอรี่ 3 ลูก

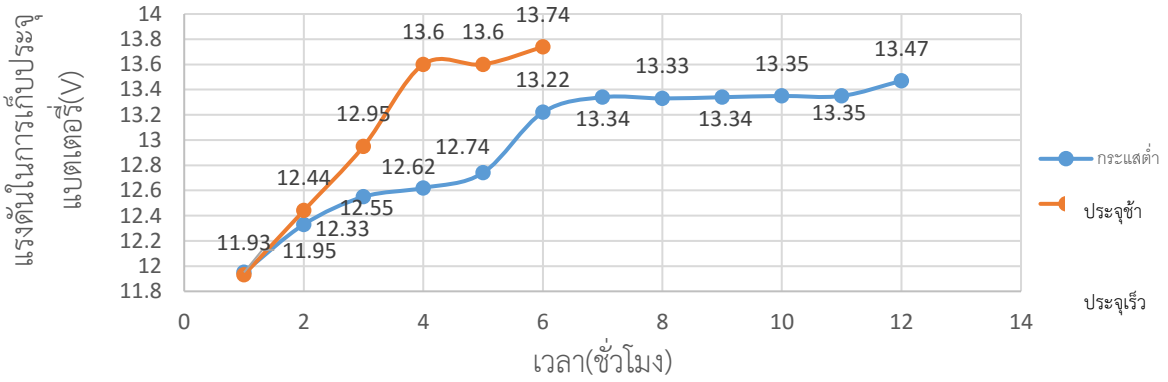


ภาพที่ 4 (a) รถสามล้อไฟฟ้าที่ทำการปรับปรุง และ (b) การประจุไฟฟ้ากับแบตเตอรี่

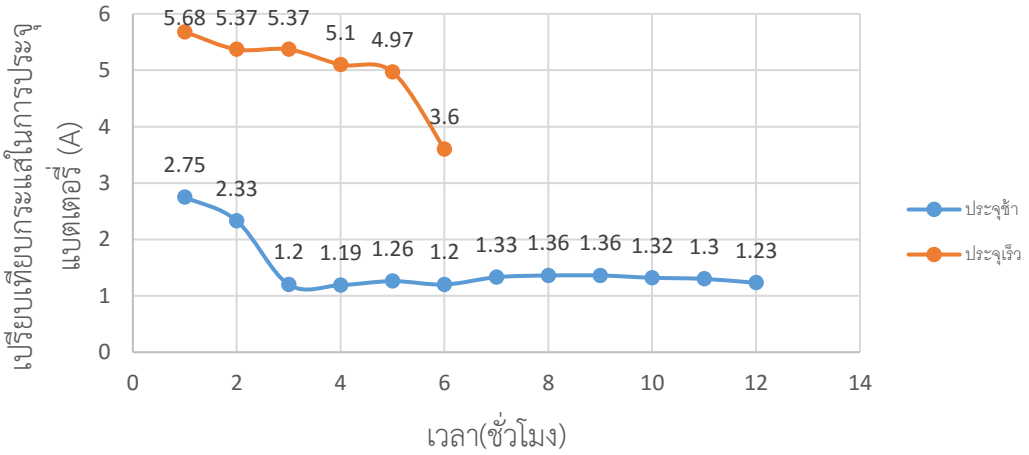
ผลและวิจารณ์ผล

1. การทดสอบการประจุแบตเตอรี่

จากการทดสอบระบบประจุแบตเตอรี่ดังกล่าวไว้ข้างต้น จะทำให้ได้ผลการทดสอบ ดังนี้



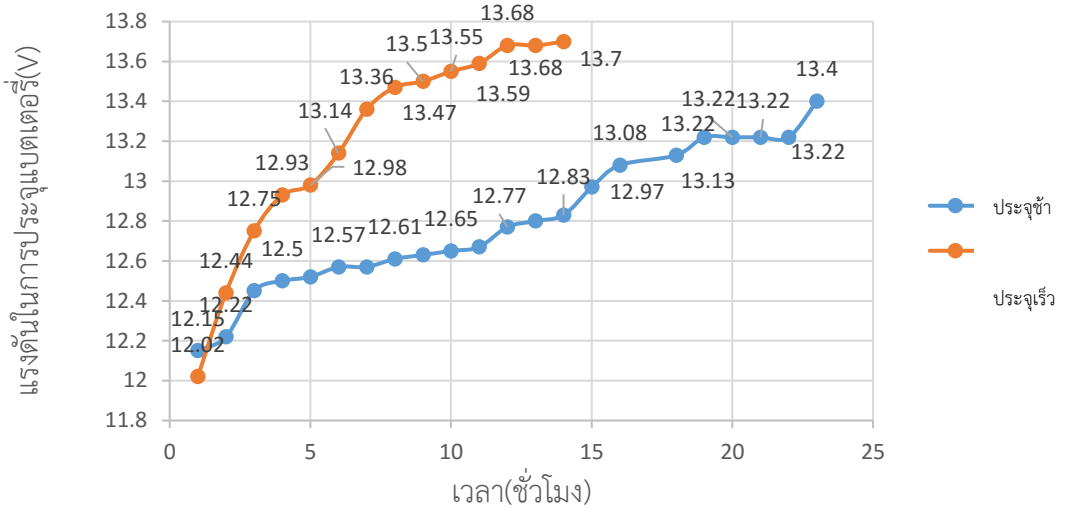
ภาพที่ 5 การเพิ่มขึ้นของแรงดันในการประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วโดยต่อกับแบตเตอรี่ลูกเดียว



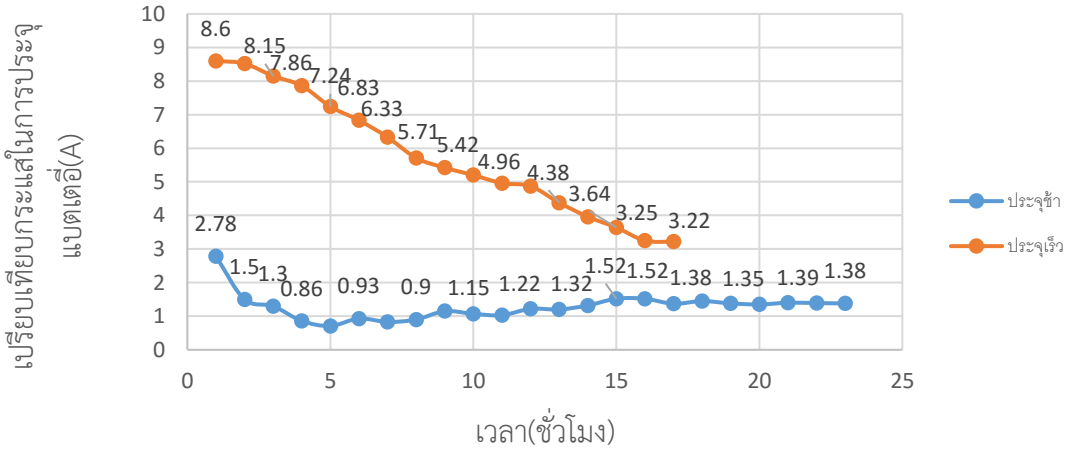
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วโดยต่อกับแบตเตอรี่ลูกเดียว

จากภาพกราฟผลการทดสอบที่ 5 พบว่า แรงดันของการประจุแบตเตอรี่แบบเร็วจะมีค่าสูงกว่าการประจุแบตเตอรี่แบบช้า เนื่องจากชุดประจุแบตเตอรี่แบบเร็วนี้ถูกตั้งแรงดันไว้ที่ 14 โวลต์ เมื่อเวลาชาร์จประจุแบตเตอรี่นานขึ้นแรงดันก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงเกือบ 14 โวลต์ ส่วนการประจุแบตเตอรี่แบบช้านั้นเมื่อเวลาชาร์จนานขึ้นแรงดันการประจุแบตเตอรี่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนแรงดันชาร์จประจุแบตเตอรี่คงที่ประมาณ 13.4 โวลต์

จากภาพกราฟผลการทดสอบที่ 6 พบว่าการประจุแบตเตอรี่แบบเร็วนั้นจะพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปกระแสในการประจุแบตเตอรี่จะค่อยๆลดลงเหลือระหว่าง 3-4 แอมป์ ส่วนชุดประจุแบตเตอรี่แบบช้านั้นจะคล้ายกับชุดประจุแบตเตอรี่แบบเร็วคือเมื่อเวลาผ่านไปกระแสในการนั้นจะลดลงเหลือประมาณ 1.30 แอมป์ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการประจุแบตเตอรี่เป็นดังนี้ การประจุแบตเตอรี่แบบเร็วใช้เวลาในการประจุที่ 6 ชั่วโมง ส่วนการประจุแบตเตอรี่แบบช้านั้นใช้เวลาอยู่ที่ 12 ชั่วโมงจนแบตเตอรี่เต็ม มีความแตกต่างทางเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง



ภาพที่ 7 การเพิ่มขึ้นของแรงดันในการประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วโดยต่อกับแบตเตอรี่ 3 ลูกขนานกัน



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วโดยต่อกับแบตเตอรี่ 3 ลูกขนานกัน

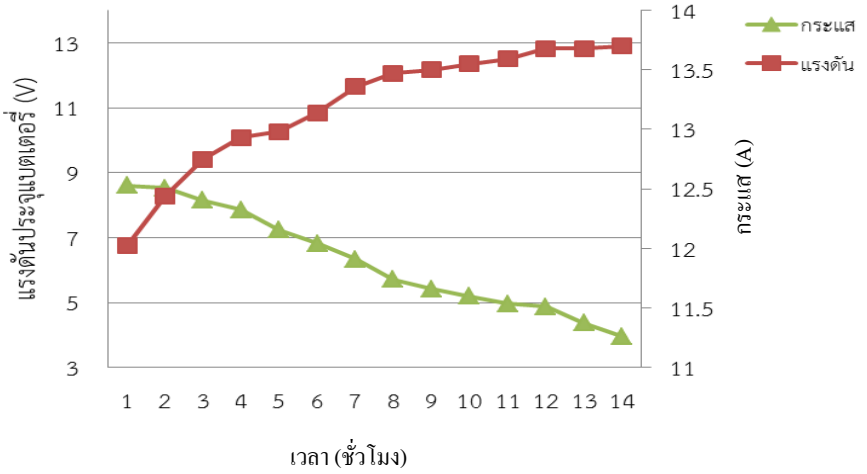
จากภาพกราฟผลการทดสอบที่ 7 ซึ่งเป็นการประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วซึ่งต่อกับแบตเตอรี่ 3 ลูกขนานกัน พบว่ามีลักษณะคล้ายกับการต่อแบตเตอรี่แบบลูกเดียว โดยการประจุแบบเร็ว แรงดันจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งคงที่ที่เกือบ 14 โวลต์ ส่วนการประจุแบบช้าจะมีลักษณะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนแรงดันเข้าใกล้ 14 โวลต์เช่นกัน แต่หยุดคงที่ที่ประมาณ 13.4 โวลต์

จากภาพกราฟผลการทดสอบที่ 8 เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ประจุแบตเตอรี่แบบช้าและประจุเร็วโดยต่อกับแบตเตอรี่ 3 ลูกขนานกัน พบว่ามีลักษณะแนวโน้มของค่ากระแสไฟฟ้าคล้ายกับการต่อแบตเตอรี่แบบลูกเดียวเช่นกัน แต่เนื่องจากการต่อขนานกันของแบตเตอรี่จำนวน 3 ลูกทำให้ใช้เวลาในการประจุทั้งสองแบบนานขึ้น โดยการประจุแบตเตอรี่แบบเร็วจะใช้เวลาในการประจุที่ 14 ชั่วโมง ส่วนการประจุแบตเตอรี่แบบช้านั้นใช้เวลาอยู่ที่ 23 ชั่วโมง จนแบตเตอรี่เต็ม

หากนำผลการทดสอบวงจรประจุกระแสแบบเร็วที่เป็นวงจรใช้หลักการกระแสไฟฟ้าตรงคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ มาพล็อตกราฟรวมกันของกระแสและแรงดันที่ใช้ประจุ ดังภาพที่ 9 พบว่าช่วงแรกจะทำการประจุด้วยกระแสประมาณ

.

8 แอมป์ ในขณะที่แรงดันค่อยๆเพิ่มขึ้นจาก 12 โวลต์ จนกระทั่งเข้าสู่ช่วงที่สองจะทำการประจุด้วยแรงดันคงที่ประมาณ 13.5 โวลต์ในขณะที่กระแสในการประจุค่อยๆ ลดลง

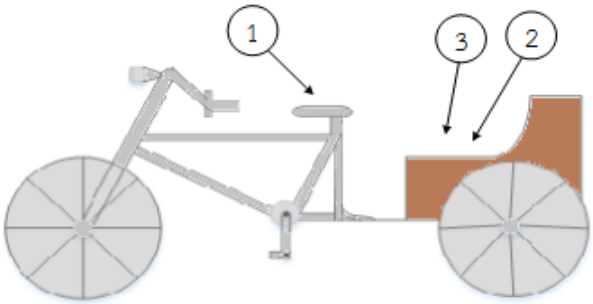


ภาพที่ 9 กราฟการประจุแบตเตอรี่แบบกระแสไฟฟ้าตรงคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ของวงจรประจุแบบเร็วต่อกับแบตเตอรี่ 3 ลูกขนานกัน

2. การทดสอบระบบขับเคลื่อนในทางราบ

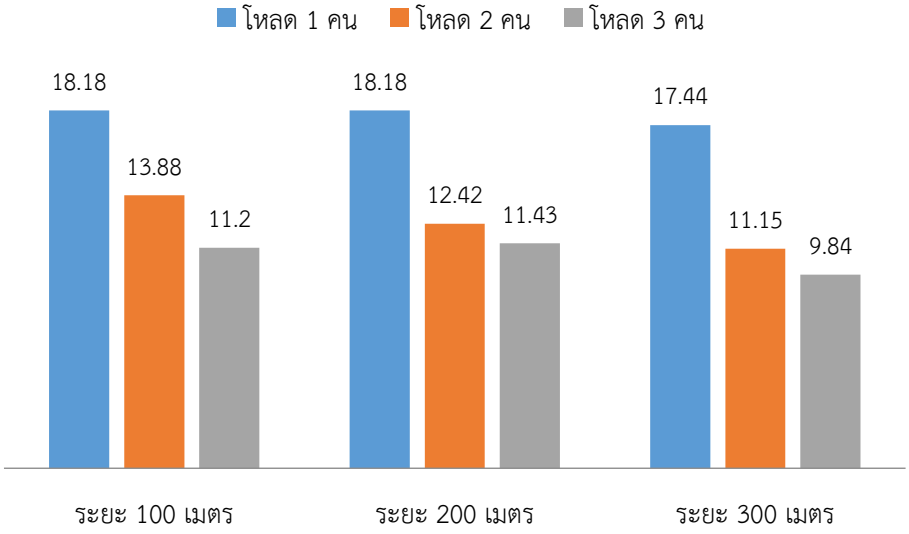
เพื่อเป็นการทดสอบระบบขับเคลื่อนให้ทราบถึงคุณสมบัติของรถสามล้อไฟฟ้าที่ใช้งานจริงจึงมีการทดสอบเพิ่มเติม คือการหาความเร็วเฉลี่ยในทางราบ โดยจะเริ่มทำการขับเคลื่อนรถสามล้อไฟฟ้าจนรถเริ่มออกตัวผ่านระยะทาง 20 เมตรเพื่อให้ได้ความเร็วรอบสูงสุดจึงจะเริ่มจับเวลา โดยจะทำการทดลองในระยะทาง 3 ระดับ คือ 100 เมตร 200 เมตร และ 300 เมตร นำมาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยที่รถสามล้อไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ จากนั้นทำการเพิ่มโหลด 1 คน 2 คน และ 3 คน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่าง ๆ ดังนี้ น้ำหนักรถสามล้อไฟฟ้า 110 กิโลกรัม น้ำหนักแบตเตอรี่ 48 กิโลกรัม

- การทดลองโหลด 1 คน น้ำหนักโหลด 78 กิโลกรัม น้ำหนักรวมประมาณ 236 กิโลกรัม
- การทดลองโหลด 2 คน น้ำหนักโหลดคนแรก 78 กิโลกรัม น้ำหนักโหลดคนที่สอง 72 กิโลกรัม น้ำหนักรวมประมาณ 308 กิโลกรัม
- การทดลองโหลด 3 คน น้ำหนักโหลดคนแรก 78 กิโลกรัม น้ำหนักโหลดคนที่สอง 72 กิโลกรัม น้ำหนักโหลดคนที่สาม 49 กิโลกรัม น้ำหนักรวมประมาณ 357 กิโลกรัม



ภาพที่ 10 ตำแหน่งโหลดของรถสามล้อไฟฟ้าโดยคนขับ 1 ตำแหน่งและผู้โดยสาร 2 ตำแหน่ง

จากการทดสอบทำให้ทราบถึงความเร็วเฉลี่ยของรถสามล้อไฟฟ้าที่สามารถทำได้ที่โหลดน้ำหนักที่ต่างๆกันดังกราฟแท่งในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ความเร็วเฉลี่ยของสามล้อไฟฟ้าที่โหลดน้ำหนักต่างๆ ที่การทดสอบระยะทาง 100, 200 และ 300 เมตร

3. การทดสอบระบบขับเคลื่อนในทางชัน

ในการทดสอบการขับขี่ในทางชันนั้นจะเริ่มทำการออกตัวรถก่อนถึงระยะทางจริงในระยะทาง 20 เมตรเพื่อให้ได้ความเร็วที่กำหนดไว้ เป็นการนำรถสามล้อไฟฟ้ามาทดสอบการขับขี่ที่มีลักษณะพื้นโดยทั่วไปเป็นทางชันประมาณ 10 องศา เพื่อจำลองสถานการณ์จริงเมื่อต้องขับรถขึ้นทางชัน โดยจะกำหนดความเร็ว 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (ความเร็วสูงสุดที่ทำได้จากการทดสอบในทางราบ) โดยความเร็วที่ทำการทดลองนั้นจะดูได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็ว เพื่อทำการทดสอบหาค่าความหน่วง ซึ่งโหลดในการทดสอบการขึ้นทางชันของรถสามล้อไฟฟ้า ได้แก่ น้ำหนักรถรวมแบตเตอรี่ พร้อมโหลด 1 คน น้ำหนักรวมประมาณ 236 กิโลกรัม

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบใช้งานจริงในทางชัน

ช่วงความชัน	ความเร็ว (km/hr)	ระยะทางที่ขึ้นได้	เวลา	ความหน่วง (m/s^2)
0-10 องศา	5	22.8 เมตร	25 วินาที	0.055
	10	24 เมตร	16 วินาที	0.174
	18	25.9 เมตร	12 วินาที	0.416

สรุปผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบประจุไฟฟ้าของแบตเตอรี่ โดยใช้หลักการประจุแบบกระแสคงที่และแรงดันไฟฟ้าคงที่ (Constant Current Constant Voltage charging, CCCV) ในการประจุไฟฟ้าแบบเร็วเปรียบเทียบกับการใช้วงจรประจุแบบช้า โดยมีจุดมุ่งหมายในการนำมาประยุกต์ใช้กับรถสามล้อไฟฟ้าที่แต่เดิมใช้เพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ จากการทดสอบทั้งแบบการประจุกับแบตเตอรี่ลูกเดียวกับการประจุกับแบตเตอรี่สามลูกที่พ่วงกันแบบขนาน พบว่าการประจุแบบเร็วที่ใช้หลักการ CCCV สามารถประจุไฟฟ้าได้เร็วกว่าที่ 6 ชั่วโมงและ 9 ชั่วโมงตามลำดับ และสำหรับการทดสอบระบบขับเคลื่อนซึ่งทำการทดสอบวิ่งทั้งทางราบและทางชัน พบว่ารถสามล้อไฟฟ้าสามารถทำความเร็วเฉลี่ยได้สูงสุด 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และสามารถขับขึ้นทางชันไม่เกิน 10 องศา ที่ความเร็วเริ่มต้นสูงสุดคือ 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ได้ในระยะทาง 22.8 เมตร โดยใช้เวลา 25 วินาที

ชุดประจุแบตเตอรี่นี้สามารถพัฒนาต่อยอดให้มีคุณภาพมากขึ้น และสะดวกมากขึ้นโดยอาจเพิ่มการประจุจากแหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งได้บริเวณหลังคาของรถสามล้อไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานและจัดสรรทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จิรวุฒิ หินแปง, สุพงษ์ จิตสุข, นิพิฐพนธ์ ยะโสภาและ จิรวุฒิ เยาว์ธานี. 2551. รถต้นแบบสามล้อไฟฟ้าเพื่อการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์. สถาบันวิจัย, มหาวิทยาลัยนอร์ท-เชียงใหม่.

มณฑล นาวงศ์. 2556. การออกแบบวงจรดีซูทูดีซีคอนเวอร์เตอร์เพื่อการประจุแบตเตอรี่โดยใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

บุญเรือง วังศิลาบัตร. 2558. **อิเล็กทรอนิกส์วิศวกรรมและการออกแบบวงจร**. ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ.

พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2553. **อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม**, ซีเอ็ดยูเคชั่น , กรุงเทพฯ.

สุพจน์ กนกการ. 2543. วงจรไฟฟ้า 1., สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

Gianfranco Pistoia, 2009. **Battery Operated Devices and Systems: From Portable Electronics to Industrial Products**. Marcel Dekker, Inc..

H.A. Kiehne, 2009. Chapter 1 Electrochemical Energy Storage by D. Berndt, **Battery Technology Handbook. 2nd ed**., Elsevier.

M. Ehsani, Y.Gao, S. E. Gay and A. Emadi, 2004. **Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles**., CRC Press.

กรณีศึกษา การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยารีดอกซ์ เพื่อประกอบการตัดสินใจนำไปใช้งาน

Study case of Electricity Generation by Redox for Decision Support

กฤดิกร แก้ววงศ์ศรี[1*] และ ขนิษฐา พรหมสกุล[1]

Kriddikorn Kaewwongsri [1*]and Kanittha Promsakul [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลของการเกิดกำลังไฟฟ้าโดยปฏิกิริยารีดอกซ์ เพื่อนำข้อมูลไปประกอบการพิจารณาในการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยาดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ตัวนำไฟฟ้าขั้วบวก ได้แก่ ทองแดง เหล็ก และแมกนีเซียม ตัวนำไฟฟ้าขั้วลบ ได้แก่ สังกะสีและอลูมิเนียม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ขนาดความยาว 20 เซนติเมตร ตัวกลางในการถ่ายเทประจุ ได้แก่ น้ำทะเลและน้ำประปา เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล คือ ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ รุ่น GDM 354A ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วยการวัดค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า โดยทำการวัดทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำผลของระบบมาวิเคราะห์ด้วยการหาค่าความสัมพันธ์ตามสมการ P = V x I ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ระบบของน้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี โดยให้กำลังไฟฟ้าที่สูงแต่ต้องปรับปรุงในเรื่องความเสถียรของกระแสไฟฟ้า

คำสำคัญ : ไฟฟ้ากระแสตรง, การเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้า, ปฏิกิริยารีดอกซ์, ปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน

ABSTRACT

The purpose of this research is study the efficiency of electric generation by redox to obtain the data to consider for the utilization of the electric from that reaction. Materials used in the experiment include: 20 centimeters in length and ¾ inch in diameter of anode and cathode, Copper, Iron and Magnesium were anode, Zinc and Aluminum were cathode, and Sea water and Tap water were conductors. The instrument for collecting data was a multimeter. This research procedure comprised of measuring voltage, electric current, and power. These were measured every 10 minutes for 1 hours. The power was calculated by using P = V x I. This research result Sea-water/Coper/Zinc system was the best with highest wattage. however, it needs to improve electric current stability

Keyword: Direct current, Electric power harvesting, Redox reaction, Oxidation-Reduction reaction

---

[1] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[1] Department of Engineer Technology, Faculty of Engineer and Technology Rajamangala University of Technology Srivijaya, Mai Fat, Si-Kao, Trang 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Kriddikorn.k@rmutsv.ac.th

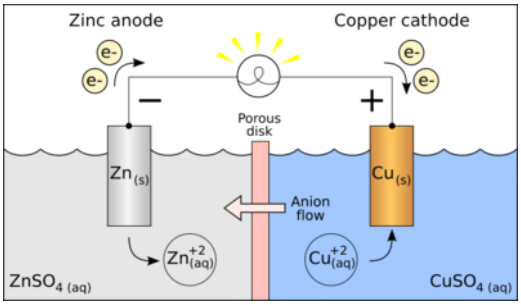
บทนำ

โดยปกติแล้วการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox) หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-Reduction) นั้นมีการเกิดขึ้นอยู่ทุกที่ทุกหนแห่ง อย่างเช่น โลหะที่เป็นสนิม ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่อะตอมของโลหะที่ถูกออกซิไดซ์ (Oxidize) แล้วรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นออกไซด์ของโลหะ หรือ การผุกร่อนของโลหะที่แช่อยู่ในน้ำ ซึ่งเกิดขึ้นจากการที่โลหะแตกตัวเป็นอิออน (ธาตุหรือหมู่ธาตุที่มีประจุไฟฟ้า) ซึ่งการเกิดสนิมนั้นมีกระบวนการที่ซับซ้อนหลายสาเหตุและมีลักษณะเฉพาะตัว หนึ่งในปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดการผุกร่อนเป็นสนิมนั้นก็คือปฏิกิริยารีดอกซ์ซึ่งจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ โลหะที่เกิดปฏิกิริยาให้อิเล็กตรอน (Oxidation) หรือ มีการแตกตัวเป็นอิออนได้ดีกว่า และ อีกส่วนคือ การเกิดปฏิกิริยาภาวะแวดล้อมเป็นฝ่ายรับอิเล็กตรอน (Reduction) หรือ มีการแตกตัวเป็นนอิออนได้น้อยกว่า เมื่อสองปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นพร้อมกันจะทำให้เกิดการถ่ายเทประจุขึ้น ซึ่งนั้นทำให้เกิดเป็นความต่างศักดิ์ทางไฟฟ้าและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นมา ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวัดและเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาดังกล่าวนี้ เพื่อนำไปใช้ในการประกอบการพิจารณา การไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

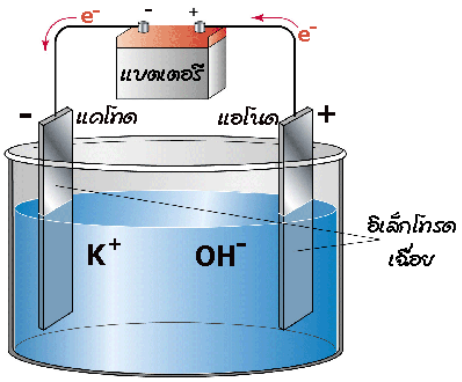
หลักการพื้นฐาน

1. เซลล์ไฟฟ้าเคมี

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) คือปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือไฟฟ้าเป็นเคมี ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) หรือ เซลล์โวลต์ตาอิก (Voltaic cell) และ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell) เซลล์กัลป์วานิก คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าเกิดจากปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนจากสารหนึ่งไปอีกสารหนึ่ง (ปฏิกิริยารีดอกซ์) โดยที่สารตั้งต้นไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง ทำให้การไหลของอิเล็กตรอนผ่านตัวนำอย่างต่อเนื่อง แล้วเกิดกระแสไฟฟ้า เช่น ถ่านไฟฉาย เซลล์แอลคาไลน์ เซลล์ปรอท เซลล์เงิน แบตเตอรี่ เป็นต้น เซลล์กัลวานิกประกอบด้วยสองครึ่งเซลล์ แต่ละครึ่งเซลล์จะประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าที่จุ่มลงไปในสารละลายซึ่งเรียกว่าอิเล็กโทรด (Electrode) ดังภาพที่ 1 ซึ่งในการทดลองนี้จะเป็นเซล์ประเภทนี้ เซลล์อิเล็กโทรไลต์ คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจาก การผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในเซลล์ แล้วเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น เช่น เซลล์แยกน้ำด้วยไฟฟ้า การชุบโลหะด้วยไฟฟ้า เซลล์อิเล็กโทรไลต์ประกอบด้วยภาชนะที่บรรจุสารเคมีที่จะเกิดปฏิกิริยา และมีขั้วไฟฟ้าซึ่งต่ออยู่กับแหล่งไฟฟ้ากระแสตรง โดยทั่วไปมักเป็นขั้วเฉื่อยที่ไม่มีส่วนร่วมกับปฏิกิริยา ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 เซลล์กัลวานิก หรือ เซลล์โวลต์ตาอิก (ที่มาของภาพ https://th.wikipedia.org/wiki/เซลล์กัลวานี)



ภาพที่ 2 เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (ที่มาของภาพ http://www.thaigoodview.com/node/17983)

2. ส่วนประกอบของเซลล์ไฟฟ้าเคมี

ในเซลล์ไฟฟ้าเคมีประกอบด้วย 3 อย่าง ได้แก่ 1) ขั้วแอโนด (Anode) คือขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือปฏิกิริยาที่สารมีการเสียอิเล็กตรอนหรือให้อิเล็กตรอน 2) ขั้วแคโทด (Cathode) คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน หรือ ปฏิกิริยาที่สารมีการรับอิเล็กตรอน 3) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือ วัสดุนำไฟฟ้าได้โดยการเคลื่อนที่ของไอออนที่เป็นองค์ประกอบ นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนเคลื่อนที่ไปมาอยู่ในสารละลายสารละลายอิเล็กโทรไลต์ มี 2 ชนิดคือ สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว เช่น สารละลาย NaCl และ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ เช่น สารละลายกรด เบส เกลือ ซึ่งในการทดลองนี้ใช้สารละลายชนิดอิเล็กโทรไลต์

3. ปฏิกิริยารีดอกซ์

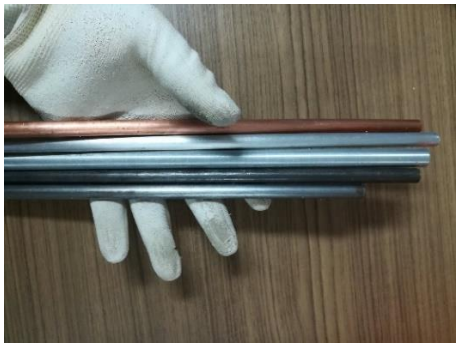
ปฏิกิริยาเคมีที่มีการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนระหว่างสารตั้งต้นทำให้เลขออกซิเดชันมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้มีอะตอมของธาตุบางตัวสูญเสียหรือได้รับอิเล็กตรอน จะเรียกปฏิกิริยาที่ เกิดการเสียอิเล็กตรอนว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเรียกปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอน ว่าปฏิกิริยารีดักชัน

4. การนำไฟฟ้าในน้ำ (Electrical Conductivity in Water)

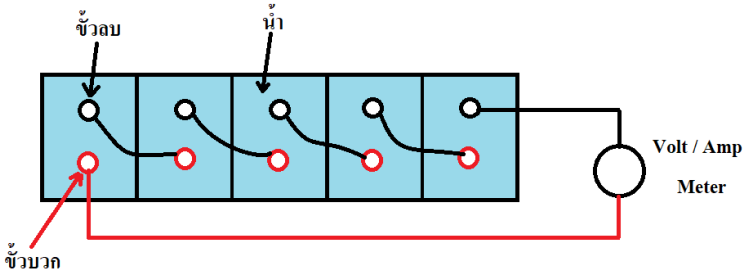
การนำไฟฟ้าในน้ำ คือ ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน การนำไฟฟ้าของน้ำขึ้นอยู่กับการปนเปื้อนจากแร่ธาตุหรือสารเคมีอื่น ๆ ในน้ำ เช่น คลอไรด์ ไนเตรต ซัลเฟต และ แอนไอออนฟอสเฟต (ไอออนที่นำประจุลบ) หรือ โซเดียมแมกนีเซียมแคลเซียม เหล็ก อลูมิเนียมและไพเพอร์ (ไอโอนิกที่นำประจุบวก) นอกจากนั้นการนำไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ คือ น้ำที่อุณหภูมิสูงกว่าสามารถนำไฟฟ้าได้ดีกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยปกติแล้วการวัดและทดสอบการนำไฟฟ้าของน้ำจะวัดที่ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้น การนำไฟฟ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติเช่นทะเล เมื่อเทียบกับน้ำบริสุทธิ์ น้ำทะเลจะมีการนำไฟฟ้าที่มากกว่า ในทางกลับกันน้ำบริสุทธิ์จะไม่มีความสามารถนำไฟฟ้า

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ใช้ ตัวนำที่เป็นขั้วไฟฟ้า ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ¾ นิ้ว มีขนาดความยาว 20 เซนติเมตร โดยใช้ทองแดง เหล็ก และแมกนีเซียม เป็นขั้วบวก สังกะสีและอลูมิเนียม เป็นขั้วลบ ใช้น้ำทะเลและใช้น้ำประปา เป็นตัวกัดกร่อนเพื่อให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ขึ้น โดยได้ทำการเก็บค่า PH ก่อนทดลอง และเพื่อป้องกันปฏิกิริยารีดอกซ์จากภายนอกจึงใช้ตู้กระจกซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าและมีความทนทานต่อการกัดกร่อนสูงเป็นภาชนะในการบรรจุการทดลอง ตามที่ออกแบบไว้ดังภาพที่ 4 แล้วทำการวัดค่าแรงดัน ค่ากระแสไฟฟ้า ด้วยมัลติมิเตอร์ รุ่น GDM 354A และทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ด้วยเครื่องวัด PH **รุ่น** ID 1000 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 วัสดุที่นำมาใช้เป็นเป็นขั้วไฟฟ้าในการทดลอง



ภาพที่ 4 การออบแบบภาชนะและการต่อเซลล์ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล มัลติมิเตอร์ รุ่น GDM 354A (ซ้าย) และ เครื่องวัด PH รุ่น ID1000 (ขวา)

วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

วิธีทำการทดลอง คือ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาและน้ำทะเลจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง และใส่ตัวนำขั้วบวกและขั้วลบลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บมาข้างต้น แล้วนำมาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อทำการวัดค่าแรงดัน กระแส และค่าความเป็นกรด-เบส ดังภาพที่ 6 โดยการจับคู่ขั้วบวกและขั้วลบจะแบ่งออกเป็น 6 แบบ ได้แก่ ทองแดงกับสังกะสี ทองแดงกับอลูมิเนียม เหล็กกับสังกะสี เหล็กกับอลูมิเนียม แมกนีเซียมกับสังกะสี และแมกนีเซียมกับอลูมิเนียม และ ทั้ง 6 แบบทำการทดลองโดยใช้น้ำประปาและน้ำทะเล ทำให้มีรูปแบบการทดลองทั้งหมด 12 รูปแบบ ดังแสดงในตารางที่ 1 แล้วทำการวัดค่าความเป็นกรด-เบสของน้ำ และทำการวัดค่าแรงดันและค่ากระแสไฟฟ้าทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยการวัดค่ากระแสไฟฟ้าจะทำการวัดแบบไม่มีภาระ (No load) หรือแบบลัดวงจร (Short Circuit Current)

ตารางที่ 1 รูปแบบระบบที่ใช้ในการทดลอง

ขั้วบวก	ขั้วลบ	ตัวกลางในการถ่ายเทประจุ
ทองแดง	สังกะสี	น้ำประปา
ทองแดง	อลูมิเนียม	น้ำประปา
เหล็ก	สังกะสี	น้ำประปา
เหล็ก	อลูมิเนียม	น้ำประปา
แมกนีเซียม	สังกะสี	น้ำประปา
แมกนีเซียม	อลูมิเนียม	น้ำประปา
ทองแดง	สังกะสี	น้ำทะเล
ทองแดง	อลูมิเนียม	น้ำทะเล
เหล็ก	สังกะสี	น้ำทะเล
เหล็ก	อลูมิเนียม	น้ำทะเล
แมกนีเซียม	สังกะสี	น้ำทะเล
แมกนีเซียม	อลูมิเนียม	น้ำทะเล

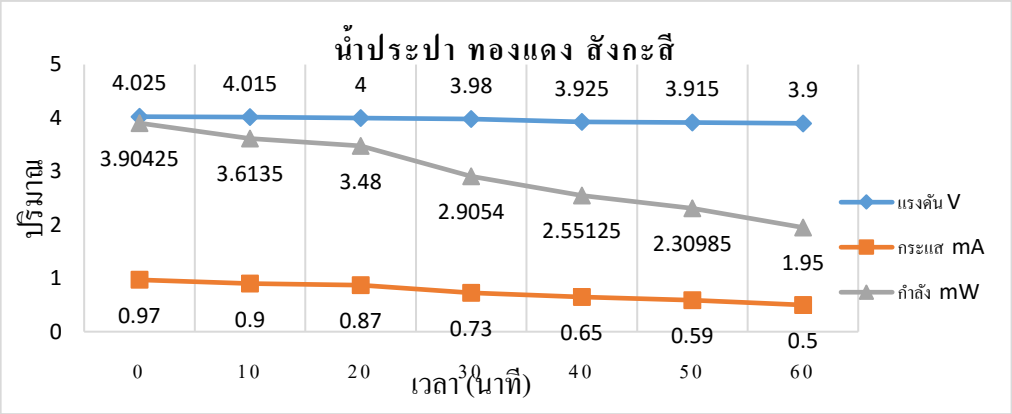


ภาพที่ 6 รูปการณ์ต่อเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

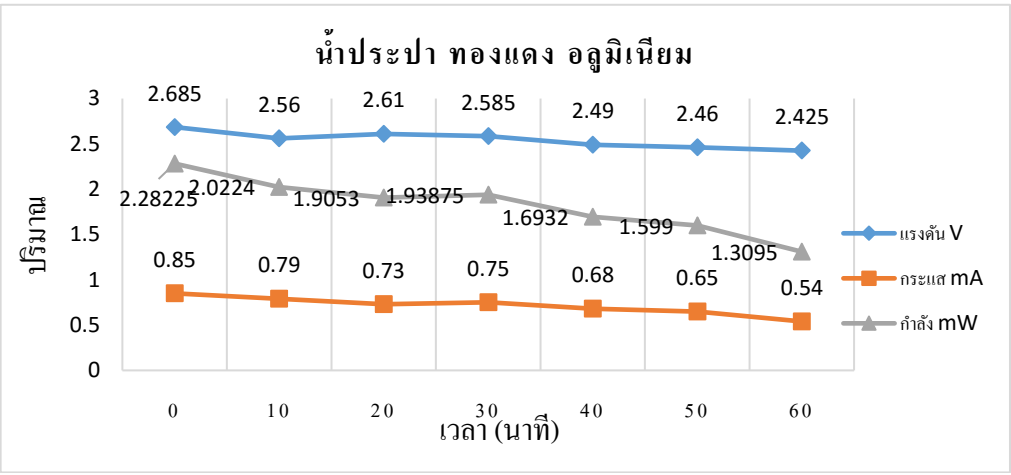
ผลการทดลอง

ก่อนทำการทดลองได้ทำการวัดค่า PH ของน้ำประปาและน้ำทะเล อยู่ที่ 9.3 และ 8.3 ตามลำดับ ภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 18 แสดงให้เห็นถึงผลการทดลองค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองทั้ง 12 ระบบ ในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมง

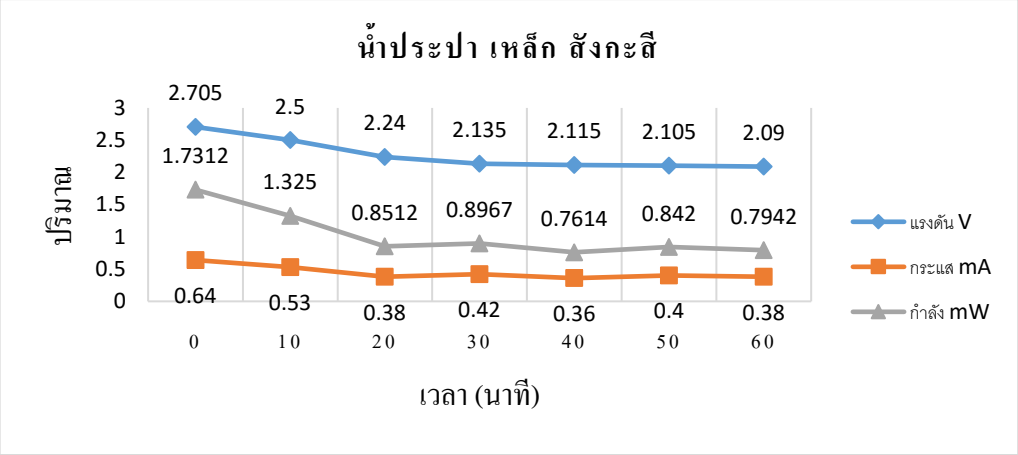
จากการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองข้างต้นพบว่า วัสดุที่นำมาใช้ทำเซลล์ไฟฟ้าต่างชนิดกันจะให้ค่าความดันไฟฟ้าไม่เท่ากัน น้ำประปา/ทองแดง/สังกะสี และ น้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี ให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดตามลำดับ โดยให้แรงดันอยู่ในช่วง 4.025 – 3.90V ซึ่งหากคิดเฉลี่ยต่อหนึ่งเซลล์อยู่ที่ 0.56V และ 0.51V ตามลำดับ แต่ในส่วนของน้ำประปา/ทองแดง/สังกะสีนั้นให้แรงดันได้คงที่มากกว่าน้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 19 ถึงภาพที่ 22 และตามตารางที่ 2 ที่แสดงให้เห็นถึงแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหนึ่งเซลล์ ของทั้ง 12 ระบบ ในเรื่องของกระแสไฟฟ้านั้นในระบบของ น้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี ให้กระแสสูงมากที่สุด และ เมื่อคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง ตามสมการ P = V x I พบว่า ระบบ น้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี ให้กำลังไฟฟ้าสูงที่สุด ดังแสดงให้เห็นในภาพที่ 23 และภาพที่ 24



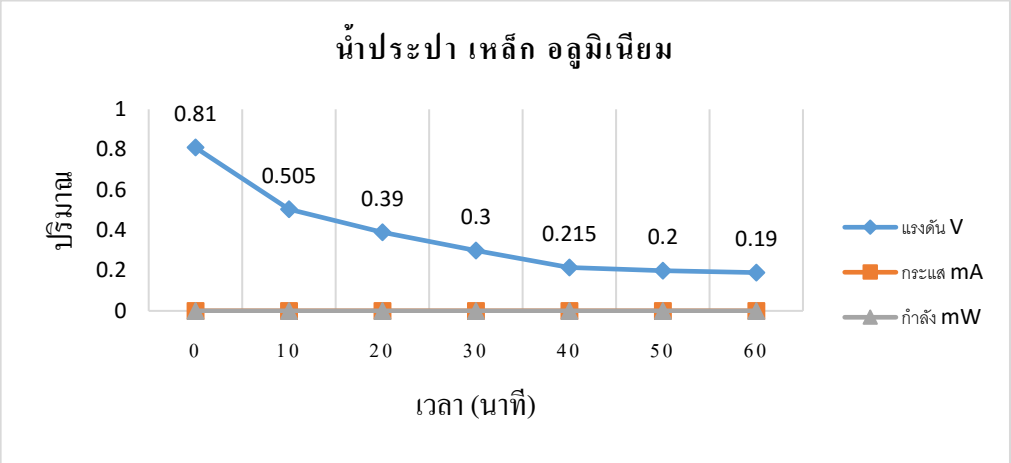
ภาพที่ 7 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/ทองแดง/สังกะสี



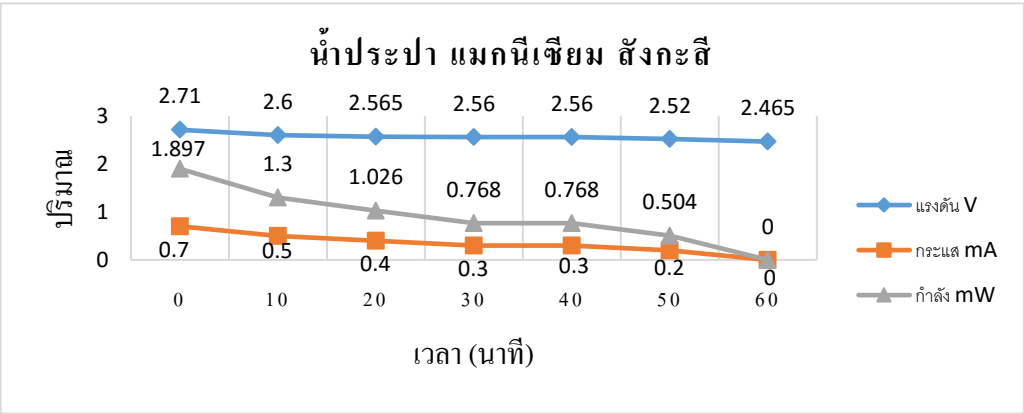
ภาพที่ 8 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/ทองแดง/อลูมิเนียม



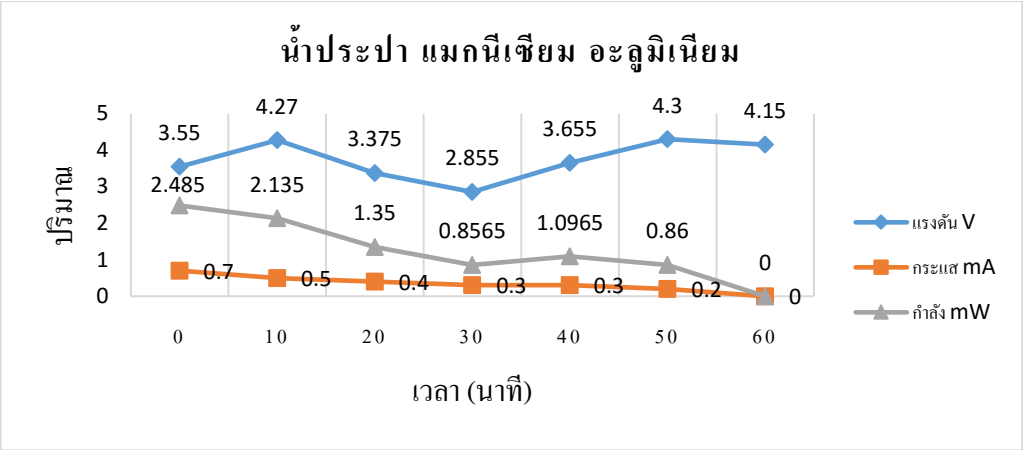
ภาพที่ 9 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/เหล็ก/สังกะสี



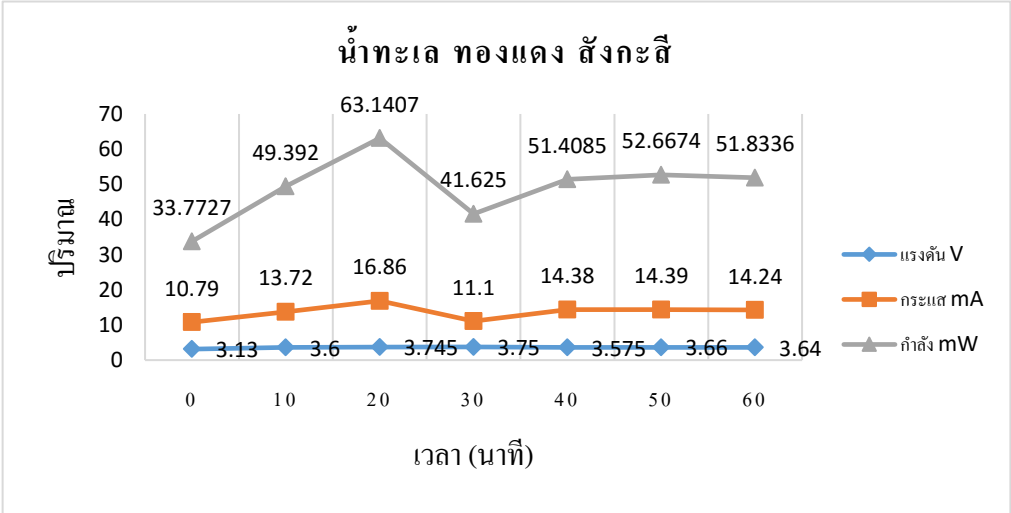
ภาพที่ 10 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/เหล็ก/อลูมิเนียม



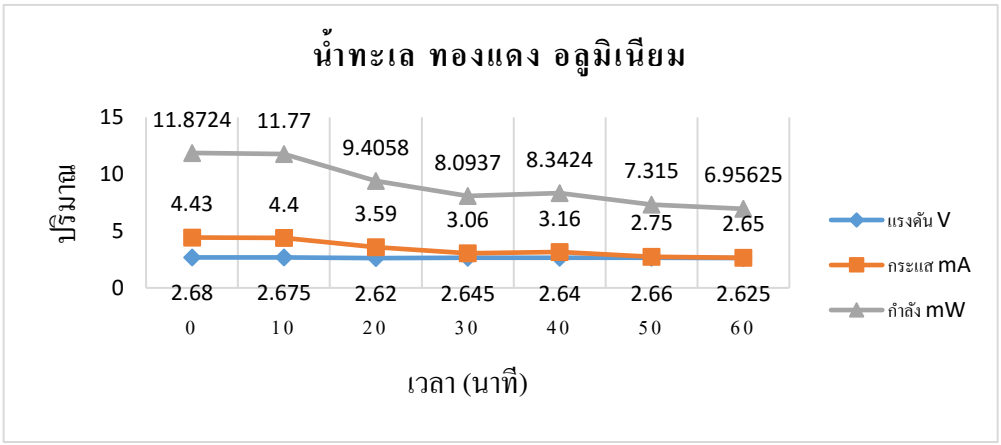
ภาพที่ 11 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/แมกนีเซียม/สังกะสี



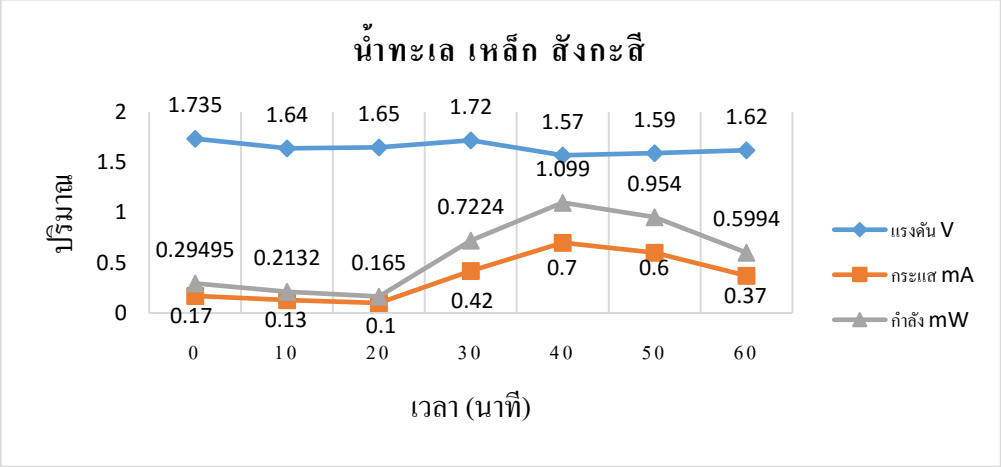
ภาพที่ 12 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำประปา/แมกนีเซียม/อลูมิเนียม



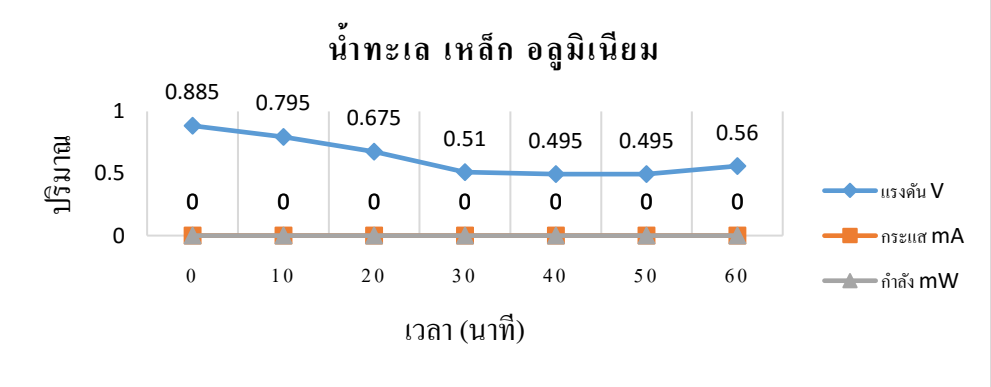
ภาพที่ 13 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/ทองแดง/สังกะสี



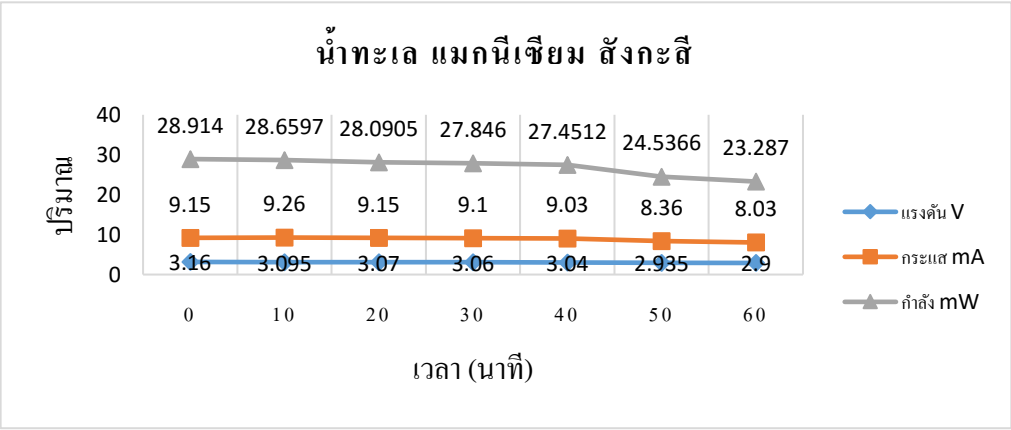
ภาพที่ 14 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/ทองแดง/อลูมิเนียม



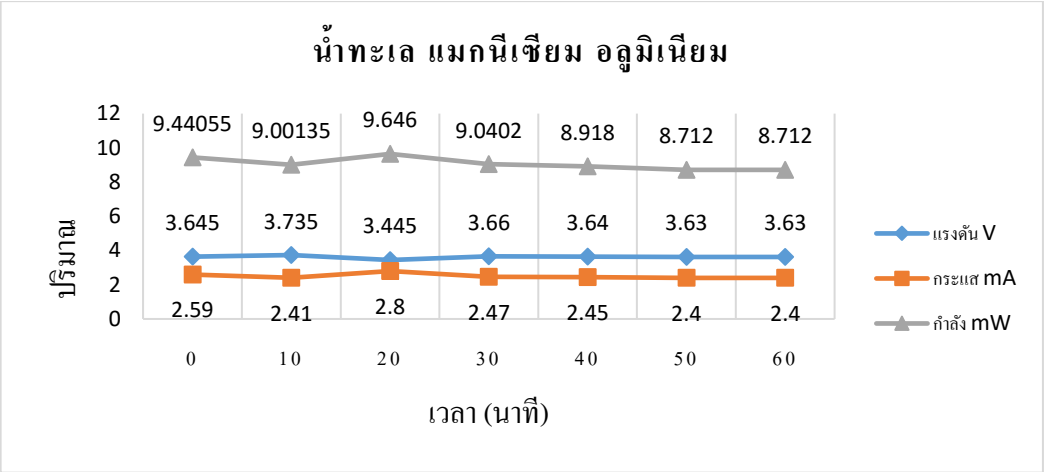
ภาพที่ 15 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/เหล็ก/สังกะสี



ภาพที่ 16 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/เหล็ก/อลูมิเนียม



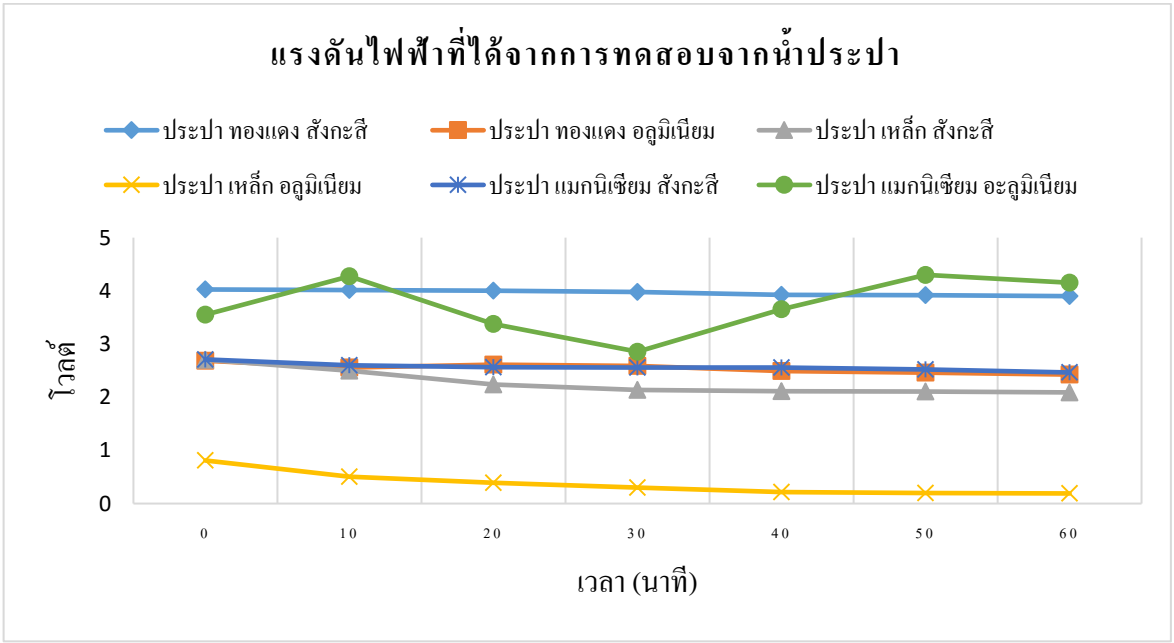
ภาพที่ 17 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/แมกนีเซียม/สังกะสี



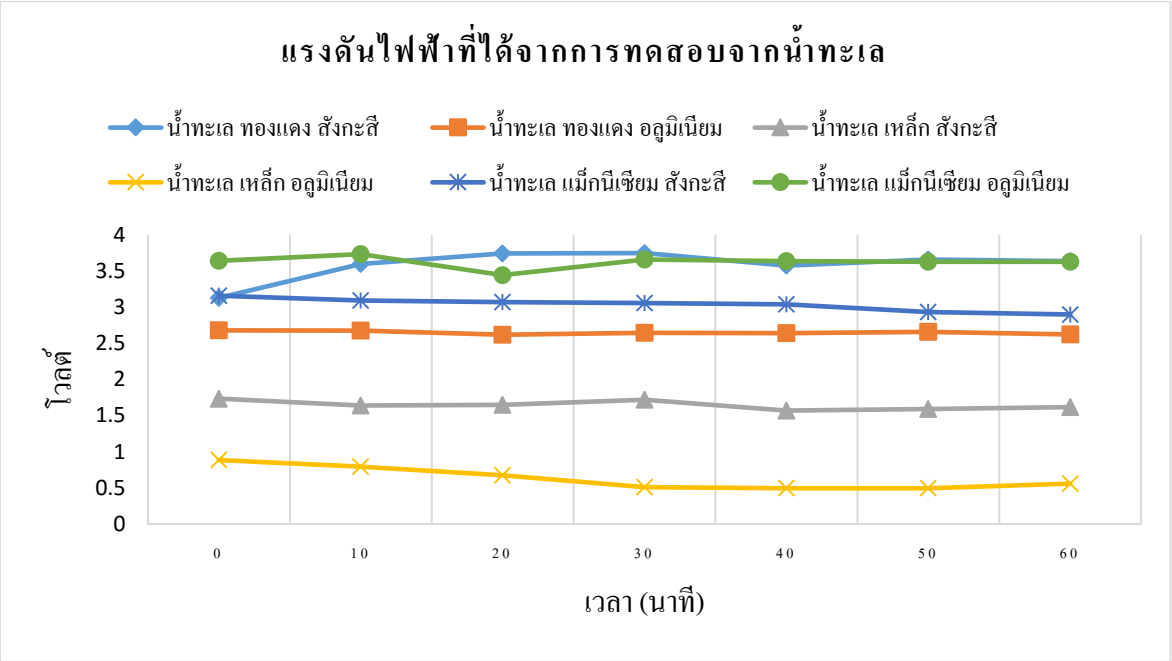
ภาพที่ 18 ปริมาณของ แรงดัน กระแส และ กำลังไฟฟ้า ที่ได้จากการทดลองจากระบบ น้ำทะเล/แมกนีเซียม/อลูมิเนียม

ตารางที่ 2 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการทดลอง เฉลี่ยต่อหนึ่งเซลล์ ที่ใช้วัสดุและชนิดน้ำที่ต่างกัน

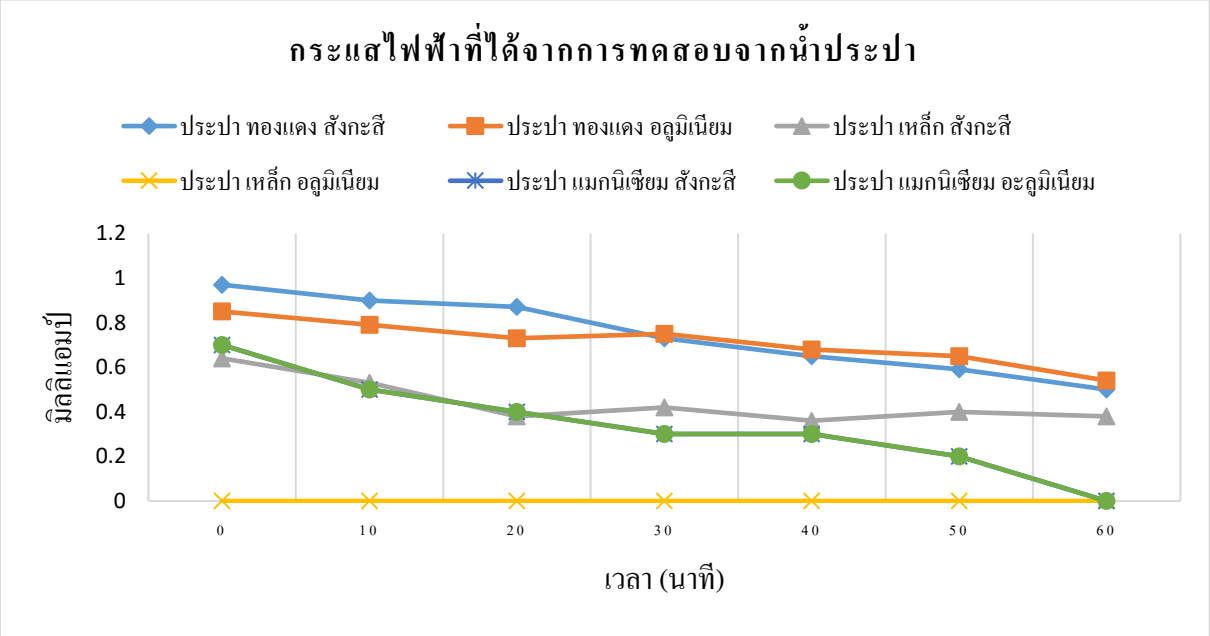
ประเภท	น้ำประปา	น้ำทะเล
ทองแดง/สังกะสี	0.56V	0.51V
ทองแดง/อลูมิเนียม	0.36V	0.37V
เหล็ก/สังกะสี	0.32V	0.23V
เหล็ก/อลูมิเนียม	0.05V	0.09V
แมกนีเซียม/สังกะสี	0.36V	0.43V
แมกนีเซียม/อลูมิเนียม	0.53V	0.51V



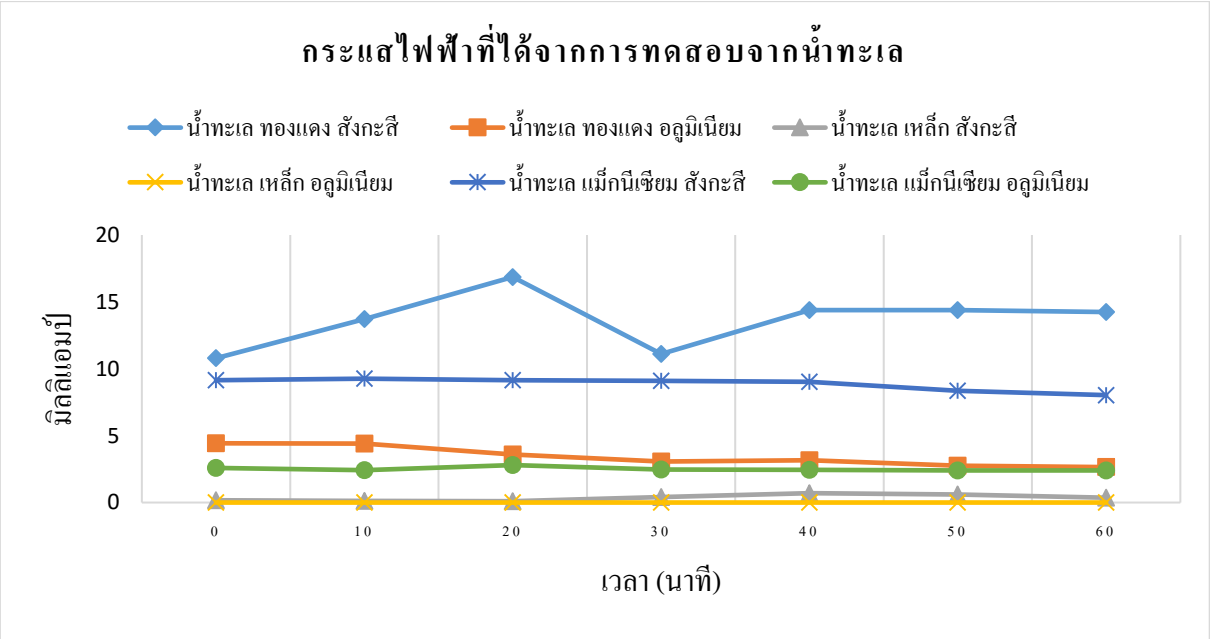
ภาพที่ 19 กราฟการเปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้น้ำประปา



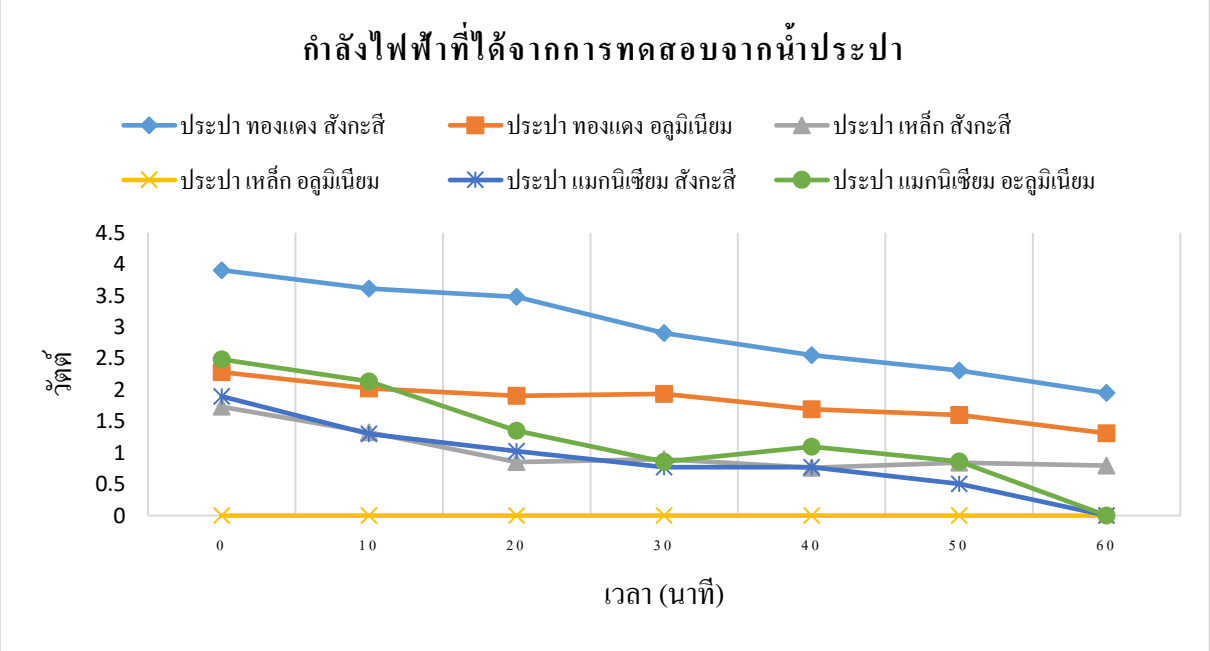
ภาพที่ 20 กราฟการเปรียบเทียบแรงดันที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้น้ำทะเล



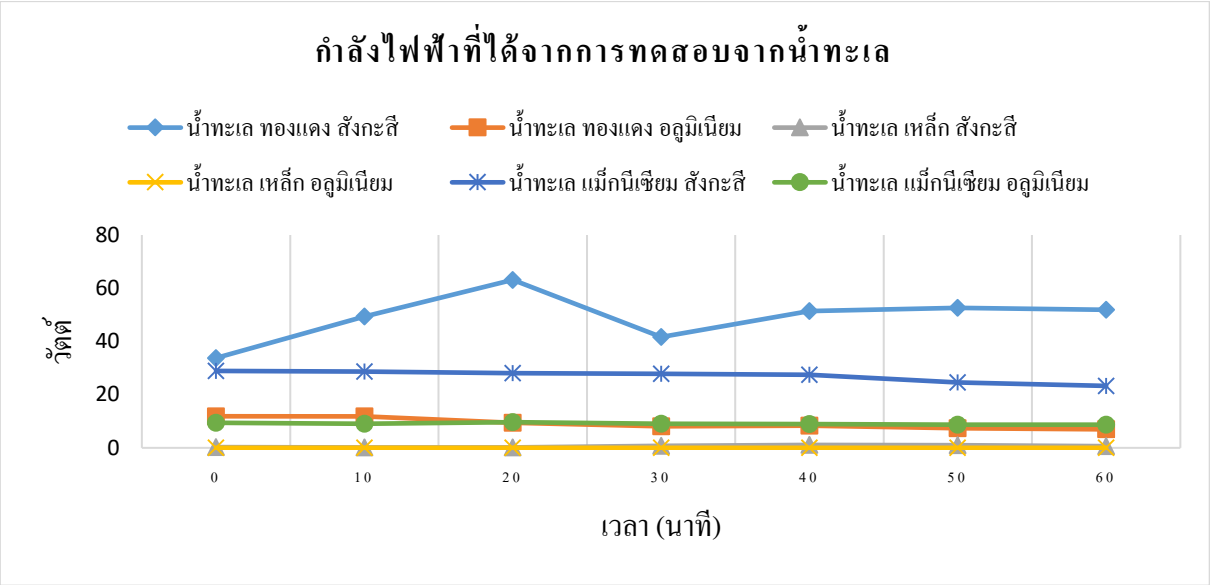
ภาพที่ 21 กราฟการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า ที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้น้ำประปา



ภาพที่ 22 กราฟการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า ที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้น้ำทะเล



ภาพที่ 23 กราฟการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า ที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้ประปา



ภาพที่ 24 กราฟการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า ที่วัดได้จากการทดลองโดยใช้น้ำทะเล

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้าจากปฏิกิริยารีดอกซ์นั้นมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้งาน เมื่อเทียบกำลังไฟฟ้าที่ได้จากผลการทดลอง แต่ต้องพัฒนาต่อในเรื่องของความเสถียรของกำลังไฟฟ้าที่ได้ และเนื่องจากเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่วัสดุต้องแตกตัวเป็นอิออน จึงต้องแลกกับการกัดกร่อนของแท่งโลหะที่เป็นตัวนำ ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับการใช้ในระยะยาวเหมาะแก่งานเฉพาะมากกว่า เช่นการชาจน์แบตเตอรี่แบบฉุกเฉินของอุปกรณ์ที่ใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกิน 1 วัตต์ ถึงกระนั้นการชาร์ตอาจจะต้องใช้เวลานาน และจากการทดลองยังพบว่าน้ำประปาและน้ำทะเลไม่ได้เป็นตัวแปรหลักของกำลังไฟฟ้าที่ได้ ตัวแปรหลักอยู่ที่การจับคู่วัสดุที่นำมาเป็นขั้วไฟฟ้า ถึงแม้ว่าใช้น้ำทะเลแล้วจะเกิดการกัดกร่อนที่เร็วกว่าน้ำประปาก็ตาม (โดยปกติแล้วเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดการกัดกร่อนเกิดขึ้น) แต่การกัดกร่อนนั้นไม่ได้มาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างเดียว จึงสรุปได้ว่าการกัดกร่อนที่รวดเร็วไม่จำเป็นต้องได้อิเล็กตรอนมากเสมอไป เพราะอาจจะถูกกัดกร่อนโดยปฏิกิริยาอื่นที่ไม่ใช่ออกซิเดชัน ในงานวิจัยถัดไปผู้วิจัยมีแผนพัฒนาต่อในเรื่องของความเสถียรของกำลังไฟฟ้าที่ได้เพื่อนำไปชาร์ตแบตเตอรี่ขนาดเล็ก เพื่อให้งานวิจัยเกิดประโยชน์ให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี. 2556. High School Chemistry เคมี ม.4-6 เล่ม 4 (รายวิชาเพิ่มเติม). ไฮเอ็ดพับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

วรากร หิรัญญาภินันท์. 2555. เทคนิคการเรียนเคมี : ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ.

แหล่งกำเนิด ไฟฟ้า.การกำเนิดไฟฟ้าและแหล่งกำเนิด แหล่งที่มา: http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/55/1/circuit2/index.htm, 15 พฤษภาคม 2561.

มณฑล แก่นมณี. 2553 องค์ประกอบของธาตุที่มีอยู่ในน้ำทะเล แหล่งที่มา: https://www.renalserve.com/15480468/องค์ประกอบของธาตุที่มีอยู่ในน้ำทะเล, 15 พฤษภาคม 2561.

Salinee Acharry, Chinda Tambunchong, Chusri Wongrattana and Wantaya Wongsilapapirom. 2552. Electrochemistry : Microscale Teaching Module. **The Journal of KMUTNB** 19(1): 11–18.

การออกแบบสายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจากสถานีโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดิน

Design of Array Rectenna for Energy Harvesting from DTV-T Stations

คมกฤช บุญยิ่ง* สิทธิโชติ ผจญทรพรรค และศราวุธ พูสุวรรณ

Komkris Boonying* Sitthichot Phajontorapak and Sarawut Poosuwan

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับสำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจากสถานีโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดินในประเทศไทย (470-790 MHz) สายอากาศที่ได้นำเสนอถูกออกแบบให้เป็นสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ และถูกสร้างขึ้นบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 4.5 ผลจากการทดสอบสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคที่ได้นำเสนอสามารถครอบคลุมความถี่ตั้งแต่ 470-870MHz อัตราขยายสายอากาศมากกว่า 5dBi มีลำคลื่นชนิดเจาะจงทิศทางและมีการแพร่กระจายคลื่นเป็นโพลาไรซ์เชิงเส้นแนวนอน วงจรจัดเรียงกระแสที่ได้นำเสนออาศัยไดโอดเบอร์ SMS-7630 และสามารถแปลงกำลังงานให้เป็นแรงดันไฟตรงขาออกสูงสุดเท่ากับ 1.97V ด้วยค่าความต้านทานเท่ากับ 100kΩ และป้อนกำลังงานทางด้านขาเข้าเท่ากับ 1 mW ด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณ การรวมกันของสายอากาศจัดเรียงกระแส 13 ตัว สามารถแปลงกำลังงานให้เป็นแรงดันและกระแสไฟตรงมากที่สุดเท่ากับ 1.2V และ 25mA ที่ระยะทาง 27km ระหว่างตึกใบหยก 2 กับอาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ศาลายา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

คำสำคัญ : โทรทัศน์ดิจิตอล, การเก็บเกี่ยวกำลังงาน, สายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิค, สายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับ, วงจรจัดเรียงกระแส

สาขา วิศวกรรมโทรคมนาคม คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบล ศาลายา อำเภอ พุทธมลฑล จังหวัด.นครปฐม 73170

Department of Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Phutthamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: komkris.boo@rmutr.ac.th

ABSTRACT

This paper presents the design of rectenna array for energy harvesting from DTV-T stations in Thailand (510-790MHz). The propose antenna was designed by using 9-element log periodic dipole array (LPDA) antenna and fabricated on the printed circuit board (PCB) with the dielectric constant of 4.5. The measured results of the proposed LPDA antenna can cover the frequency range from 470-870MHz, antenna gain greater than 5.0dBi, the unidirectional beam and the horizontal polarized radiation. The proposed SMS7630-based rectifying circuit was measured and could realize the maximum conversion output DC voltage of 1.97V with 100kΩ resistor and 1.00 mW input RF power of signal generator. On integration, the experimental using 13-rectenna array was capable of achieving the maximum conversion output DC voltage and ampere of 1.2V and 25mA at the 27km distance between the Baiyoke tower II and the faculty of engineering building (Salaya) at RMUTR.

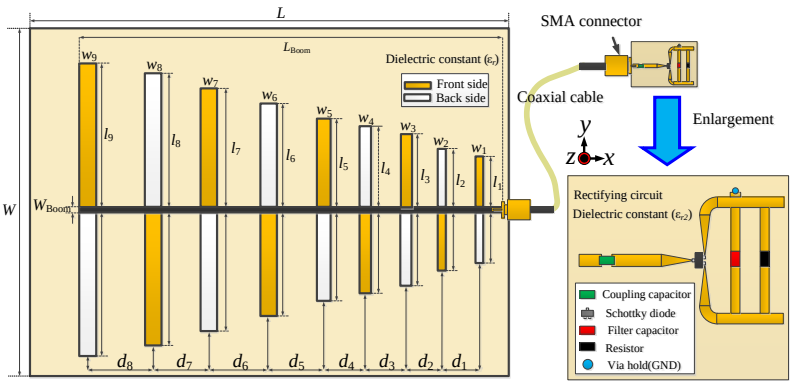
Keywords : DTV, harvesting energy, log periodic dipole array antenna, array rectenna, rectifying circuit

บทนำ

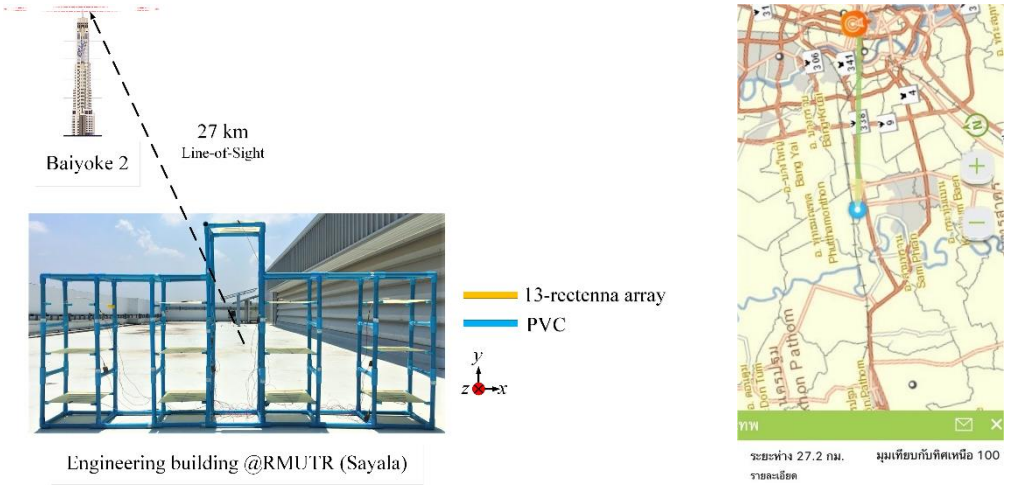
ปัจจุบันการแพร่ภาพโทรทัศน์ภาคพื้นดินได้เปลี่ยนระบบอนาลอกเข้าสู่ระบบดิจิตอล ที่มีคุณภาพและระดับความชัดสูง (High Definition: HD) มีสัญญาณรบกวนน้อย มีความคงทน ความยืดหยุ่นต่อการใช้งาน และสามารถรองรับช่องสัญญาณได้มากขึ้นกว่าระบบเดิม แต่อย่างไรก็ตามระบบโทรทัศน์ดิจิตอลมีหลากหลายมาตรฐาน เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา และเกาหลีใช้มาตรฐาน Advance Television System Committee in USA (ATSC) ญี่ปุ่นบราซิลและกลุ่มประเทศอเมริกาใต้ใช้มาตรฐาน Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB) ประเทศจีนใช้มาตรฐาน Digital Multimedia Broadcasting (DMB-T) และกลุ่มประเทศยุโรป เอเชีย รวมถึงประเทศไทยใช้มาตรฐาน Digital Video Broadcasting (DVB) เป็นต้น โดยมาตรฐาน DVB-T ได้ถูกพัฒนาเป็นรุ่นที่ 2 ซึ่งมีข้อได้เปรียบหลายประการคือ ราคาของเครื่องรับสัญญาณ (Set Top Box) ถูกกว่าหลายเท่าตัว มีพื้นที่ครอบคลุมกว้างกว่าเมื่อใช้กำลังงานส่งเท่ากัน มีประสิทธิภาพการรับสัญญาณที่ดีกว่าเมื่อเจอปรากฏการณ์จางหายหลายวิถี (Multipath Fading) รวมถึงปรากฏการณ์การแทรกสอดทางสัญญาณ (Interference) มีความสามารถในการรับชมได้อย่างต่อเนื่องเมื่อเกิดระดับสัญญาณต่างกัน สามารถรับชมในขณะขับรถหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง และมีระบบเตือนภัยฉุกเฉิน (Service Information) เป็นต้น สำหรับระบบโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดินในประเทศไทยจะถูกกำหนดย่านความถี่โดยสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช) จำนวน 2 ย่านความถี่ด้วยกันคือ ย่านความถี่ไอวี (Band IV) มีช่วงกว้างความถี่ตั้งแต่ 470-582 MHz และย่านความถี่วี (Band V) มีช่วงกว้างความถี่ตั้งแต่ 582-790 MHz

ระบบโทรทัศน์ดิจิตอลประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ภาคส่งมีสถานีฐาน (Base Station) ตั้งอยู่บนยอดตึกใบหยก 2 แพร่กระจายครอบคลุมบริเวณเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (เฉพาะเขตพื้นที่นำเสนอ) และภาครับประกอบด้วย สายอากาศรับ และเครื่องรับสัญญาณหรือเครื่องโทรทัศน์ดิจิตอล โดยสายอากาศรับโทรทัศน์ดิจิตอลเป็นกุญแจสำคัญของระบบดังกล่าว คุณภาพของสัญญาณที่ได้จะแปรผันตามคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสายอากาศเช่นกัน จากการศึกษาพบว่าสถานีฐานมีการปล่อยคลื่นความถี่แบบต่อเนื่องและตลอดเวลา ซึ่งตรงกันข้ามกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และระบบโครงข่ายไร้สายท้องถิ่น จากสาเหตุดังกล่าวจึงเกิดงานวิจัยเพื่อต้องการแหล่งพลังงานทดแทนและเก็บเกี่ยวพลังงานหรือกำลังงานคลื่นความถี่วิทยุจากสถานีฐานโทรทัศน์ดิจิตอลแปลงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage) สำหรับงานวิจัยสายอากาศจัดเรียงกระแส (Rectifying antenna: Rectenna) เป็นการส่งผ่านกำลังงานไร้สาย (Wireless Power Transmission: WPT) สายอากาศประเภทนี้ทำหน้าที่แปลงกำลังงานของคลื่นความถี่วิทยุให้กลายเป็นแรงดันไฟตรงปราศจากสายนำสัญญาณ นอกจากนี้แรงดันไฟตรงที่ได้จะถูกนำไปเป็นแบตเตอรี่หรือเป็นเครื่องสำรองไฟขนาดเล็ก เทคโนโลยีการส่งผ่านกำลังงานไร้สายเกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1888 และหลังจากปี ค.ศ. 1891 นิโคลา เทสลา ได้ทำการแปลงคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้กลายแรงดันไฟตรงได้สำเร็จครั้งแรกของโลก และปัจจุบันได้พัฒนาใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ อาทิเช่น การส่งผ่านพลังงานแสงอาทิตย์บนสถานีฐานอวกาศ เฮลิคอปเตอร์ปราศจากแบตเตอรี่รวมไปถึงเทคโนโลยีการระบุตัวตน (Radio Frequency Identification :RFID) เป็นต้น โดยทั่วไปสายอากาศจัดเรียงกระแส (Rectanna) ประกอบไปด้วยสายอากาศ (Antenna) และวงจรจัดเรียงกระแส (Rectifying Circuit) สำหรับวงจรจัดเรียงกระแสดังกล่าวประกอบไปด้วย ตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ (coupling capacitor) วงจรแมตชิ่ง (matching circuit) ไดโอดจัดเรียงกระแส (rectifying circuit) วงจรกรองความถี่ต่ำ (low pass filter) และตัวต้านทาน (load resistor) ตามลำดับ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงกำลังงานสามารถทำได้หลากหลายเทคนิควิธี อาทิเช่น การต่อวงจรจัดเรียงกระแสให้มีหลายวงจร การเพิ่มกำลังงานความถี่วิทยุทางด้านขาเข้า การแทรกวงจรตัดฮาโมนิคเข้าไปยังวงจรจัดเรียงกระแส และการเลือกประเภทไดโอด เป็นต้น

บทความวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอ การออกแบบสายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับจำนวน 13 ตัวใช้สำหรับเก็บเกี่ยวพลังงานจากสถานีโทรทัศน์ดิจิตอลภาคพื้นดินในประเทศไทย โดยส่วนแรก เป็นการออกแบบสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ ดังรูปที่ 1 มีอัตราขยายสายอากาศมากกว่า 5dBi มีลำคลื่นชนิดเจาะจงทิศทางและมีการแพร่กระจายคลื่นเป็นโพลาไรซ์เชิงเส้นแนวนอน ส่วนที่สอง เป็นการออกแบบวงจรจัดเรียงกระแสประกอบด้วยไดโอดเบอร์ SMS-7630-006 ตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ ตัวเก็บประจุกรองความถี่ต่ำและความต้านทาน ตามลำดับ และส่วนสุดท้ายเป็นการนำเอาสายอากาศรวมเข้ากับวงจรจัดเรียงกระแส และจัดแถวลำดับจะได้สายอากาศจัดเรียงกระแสแถวลำดับจำนวน 13 ตัว ที่ได้นำเสนอดังรูปที่ 2 (ก) ผลการทดสอบพบว่า สามารถในการแปลงกำลังงานให้เป็นแรงดันและกระแสไฟตรงมากที่สุดเท่ากับ 1.2V และมีกระแสเท่ากับ 25mA ด้วยระยะทาง 27km ระหว่างตึกใบหยก 2 และอาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ศาลายา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ดังรูปที่ 2 (ข)



รูปที่ 1 โครงสร้างสายอากาศไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสจำนวน 1 ตัว



(ก) รูปแบบการจัดวางสายอากาศแถวลำดับ (ข) แผนที่และระยะทางบนแอพพลิเคชั่น DTV Service

รูปที่ 2 การทดสอบ สายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสจำนวน 13 ตัว

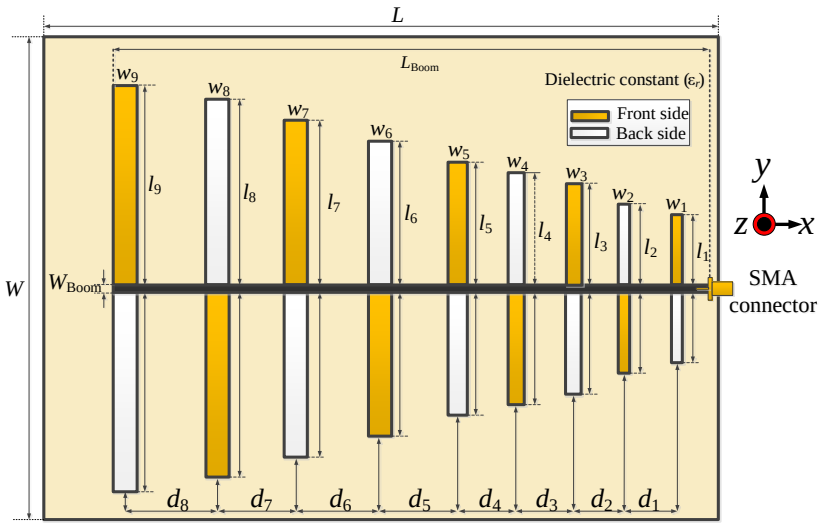
สายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ

สายอากาศที่ได้นำเสนอถูกออกแบบให้เป็นสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อคพิริออดิคใช้งานบนย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอลประเทศไทยตั้งแต่ 470-790 MHz โดยมีลักษณะการแพร่กระจายคลื่นเป็นโพลาไรซ์เชิงเส้นแนวนอน (Horizontally Polarized Radiation) ที่ถูกสร้างขึ้นบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 4.5 และความหนาของวัสดุฐานรองแผ่นวงจรพิมพ์เท่ากับ 1.6mm โดยมีความกว้าง (W_{Boom}) ของสายนำสัญญาณหรือสายส่งไมโครสตริปเท่ากับ 1.429mm และมีความยาว (l_{Boom}) ของสายนำสัญญาณเท่ากับ 331.75mm ดังรูปที่ 3

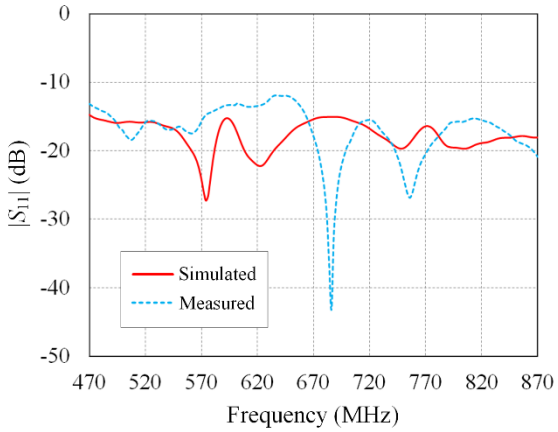
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ

พารา มิเตอร์	ขนาด (mm)	พารา มิเตอร์	ขนาด (mm)	พารา มิเตอร์	ขนาด (mm)
w_1	5.01	l_1	30.08	d_1	0
w_2	5.96	l_2	35.81	d_2	14.33
w_3	7.1	l_3	42.64	d_3	17.06
w_4	8.46	l_4	50.77	d_4	20.31
w_5	10.07	l_5	60.45	d_5	24.19
w_6	11.99	l_6	73.97	d_6	28.8
w_7	14.28	l_7	91.68	d_7	34.29
w_8	17.00	l_8	111.01	d_8	40.82
w_9	20.24	l_9	130.46	d_9	48.60

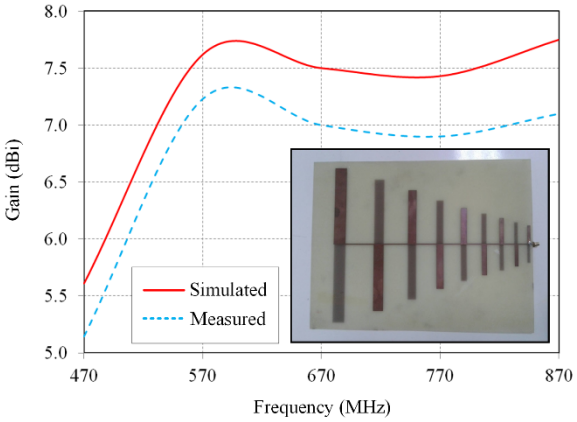
สำหรับความกว้าง ($w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8$ และ w_9) ความยาว ($l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8$ และ l_9) และระยะห่าง ($d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7, d_8$ และ d_9) ของแขนไดโพลแต่ละองค์ประกอบ สามารถคำนวณและมีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 จากผลการจำลองและผลการทดสอบพบว่าสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อคพิริออดิคตัวต้นแบบมีค่าสัมประสิทธิการสะท้อน $|S_{11}|$ ครอบคลุมย่านความถี่โทรทัศน์ตั้งแต่ 470-870 MHz ดังรูปที่ 4 (ก) และจากรูปที่ 4 (ข) คือผลการทดสอบอัตราขยายของสายอากาศตัวต้นแบบพบว่า มีอัตราขยายสูงเท่ากับ 7.35dBi ที่ความถี่ 590 MHz และมีอัตราต่ำสุดเท่ากับ 5.15dBi ที่ความถี่ 470 MHz นอกจากนี้พบว่าสายอากาศตัวต้นแบบมีอัตราขยายเฉลี่ยตลอดย่านความถี่โทรทัศน์ดิจิตอลเท่ากับ 6.7dBi



รูปที่ 3 โครงสร้างสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ



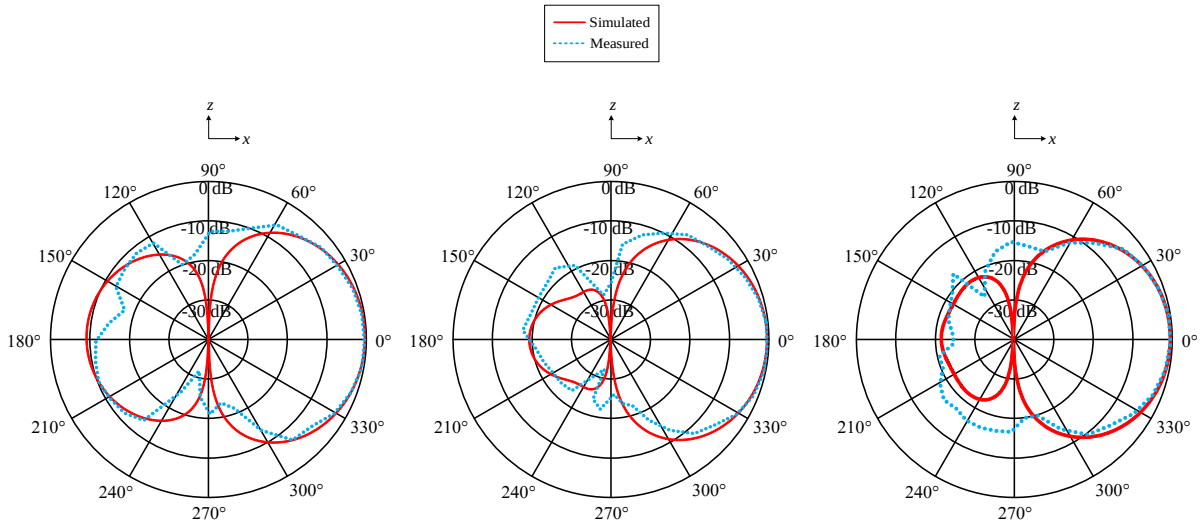
(ก) ค่าสัมประสิทธิการสะท้อน $|S_{11}|$



(ข) ค่าอัตราขยายสายอากาศ

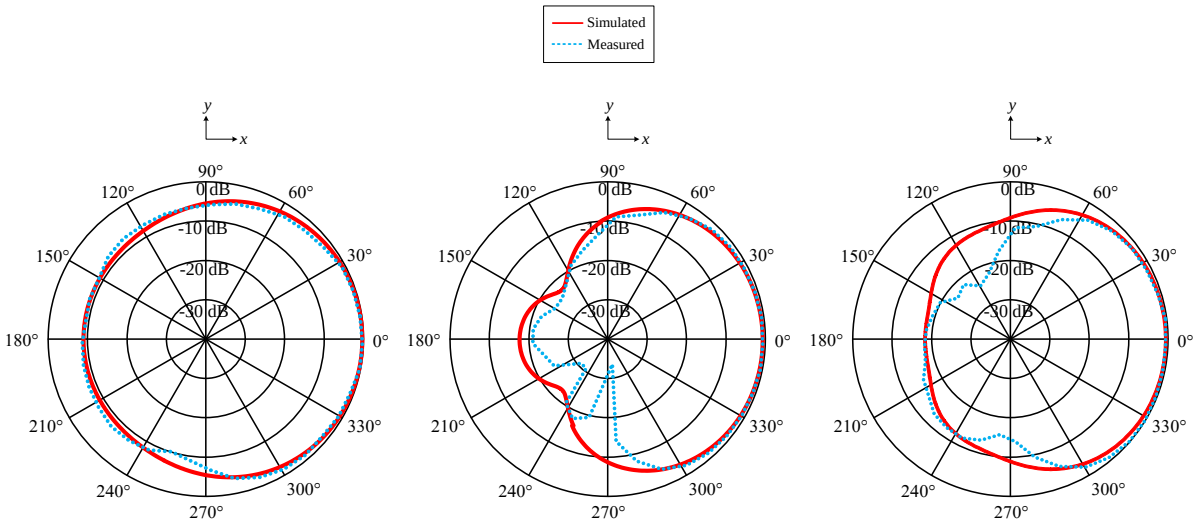
รูปที่ 4 ผลจำลองและผลทดสอบสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบที่ได้นำเสนอ

จากรูปที่ 5 คือผลจำลองและผลทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ *x-z* ของสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบ ตัวต้นแบบ ที่ความถี่ 470 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 71.6 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -11.8dB ดังรูปที่ 5 (ก) ที่ความถี่ 670 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 78.2 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -19.2dB ดังรูปที่ 5 (ข) และที่ความถี่ 870 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 87.4 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -23.4dB ดังรูปที่ 5 (ค) ตามลำดับ



(ก) ความถี่ 470 MHz (ข) ความถี่ 670 MHz (ค) ความถี่ 870 MHz

รูปที่ 5 ผลจำลองและผลทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ *x-z* ของสายอากาศที่ได้นำเสนอ



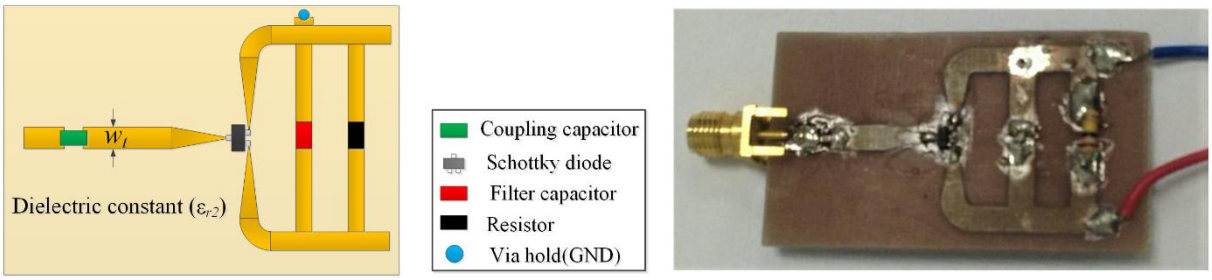
(ก) ความถี่ 470 MHz (ข) ความถี่ 670 MHz (ค) ความถี่ 870 MHz

รูปที่ 6 ผลจำลองและผลทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ *x-y* ของสายอากาศที่ได้นำเสนอ

จากรูปที่ 6 คือผลจำลองและผลทดสอบรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นในระนาบ *x-y* ของสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจำนวน 9 องค์ประกอบตัวต้นแบบ ที่ความถี่ 470 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 85.2 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -8.15dB ดังรูปที่ 6 (ก) ที่ความถี่ 670 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 91.4 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -20.2dB ดังรูปที่ 6 (ข) และที่ความถี่ 870 MHz ผลทดสอบพบว่า มีความกว้างครึ่งลำคลื่นเท่ากับ 92.4 องศา ระดับกำลังงานพูด้านหลังเท่ากับ -17.8dB ดังรูปที่ 6 (ค) ตามลำดับ

วงจรจัดเรียงกระแส

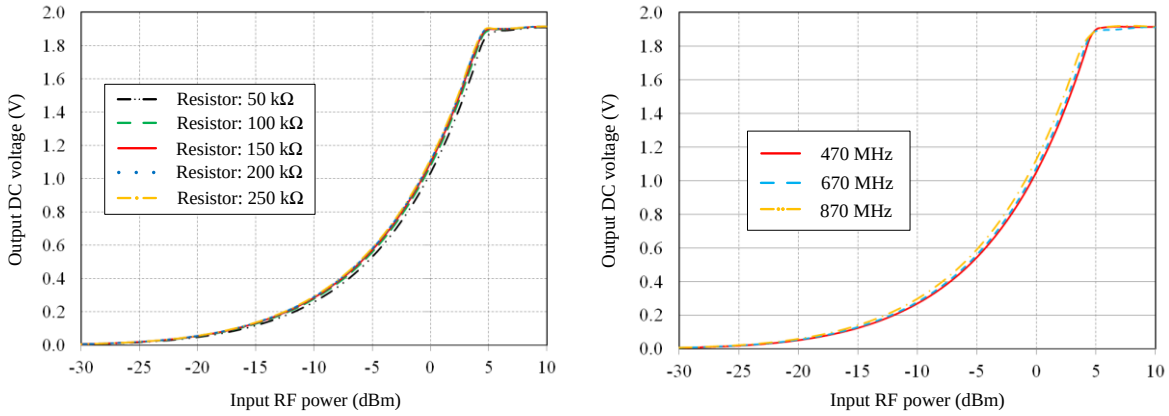
วงจรจัดเรียงกระแสไฟฟ้าที่ได้นำเสนอประกอบ 4 ส่วนหลัก ๆ ด้วยกัน คือ ตัวเก็บประจุเชื่อมต่อ (Coupling capacitor) ทำการป้องกันแรงดันไฟตรงไหลออกจากวงจรและไหลเข้าไปรบกวนไดโอดแบบช็อคกี้ มีค่าเท่ากับ100*pF* สำหรับตัวกรองเก็บประจุ (Filter capacitor) ทำหน้าที่ลดการกระเพื่อมของแรงดันไฟตรงมีค่าเท่ากับ 68*pF* และตัวต้านทานทำหน้าที่เพิ่ม/ลด ระดับแรงดันไฟตรงให้กับวงจรจัดเรียงกระแสซึ่งใช้ค่าความต้านทานเท่ากับ 100KΩ ในส่วนของไดโอดแบบช็อคกี้ (Schottky diode) เลือกใช้เบอร์ SMS7630-006 บริษัท Skyworks โดยจุดเด่นของไดโอดช็อคกี้ดังกล่าวมีความไว (Sensitivity) ที่สูงและสามารถตรวจสอบ (Detector) กำลังงานระดับต่ำได้ดีกว่าไดโอดช็อคกี้เบอร์อื่น ๆ ในรูปแบบของตัวถังที่เหมือนกัน สำหรับค่าพารามิเตอร์ของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้ออกแบบวงจรจัดเรียงกระแส มีค่าวัสดุฐานรองไดอิเล็กตริก (ε_{r2}) เท่ากับ 4.5 ค่าสูญเสียจากแผ่นวงจรพิมพ์ (Tan δ_2) เท่ากับ 0.15 และความสูงของแผ่นวงจรพิมพ์ (h_d) เท่ากับ 1.6mm ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 7 (ก) โดยออกแบบให้สายนำสัญญาณที่ความถี่กลาง 670 MHz มีความกว้าง (w_t) เท่ากับ 2.73mm ดังรูปที่ 7 (ข)



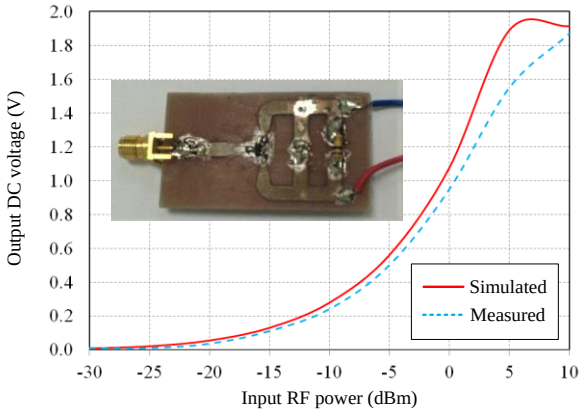
(ก) โครงสร้างวงจรที่ได้นำเสนอ (ข) วงจรตัวต้นแบบ

รูปที่ 7 วงจรจัดเรียงกระแสตัวต้นแบบที่ได้นำเสนอ

จากรูปที่ 8 (ก) เป็นผลการจำลองและทำการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานตั้งแต่ 50-250KΩ นอกจากนี้ยังได้ทำการปรับเปลี่ยนกำลังงานทางด้านขาเข้าตั้งแต่ -30 ถึง 10dBm จากผลการจำลองพบว่า ไดโอดแบบช็อคกี้มีความไวในการจัดเรียงกระแสตั้งแต่กำลังงาน -24.5 จนถึง 10dBm และให้แรงดันไฟมากที่สุดเท่ากับ 1.92V ที่ระดับกำลังงานด้านขาเข้าเท่ากับ 10dBm นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่า ค่าความต้านทาน 50KΩ จะให้แรงดันไฟน้อยที่สุดทุกระดับกำลังงาน และค่าความต้านทานตั้งแต่ 100-250KΩ จะให้แรงดันไฟใกล้เคียงกันมาก



(ก) ผลจำลองการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทาน (ข) ผลจำลองการปรับเปลี่ยนความถี่



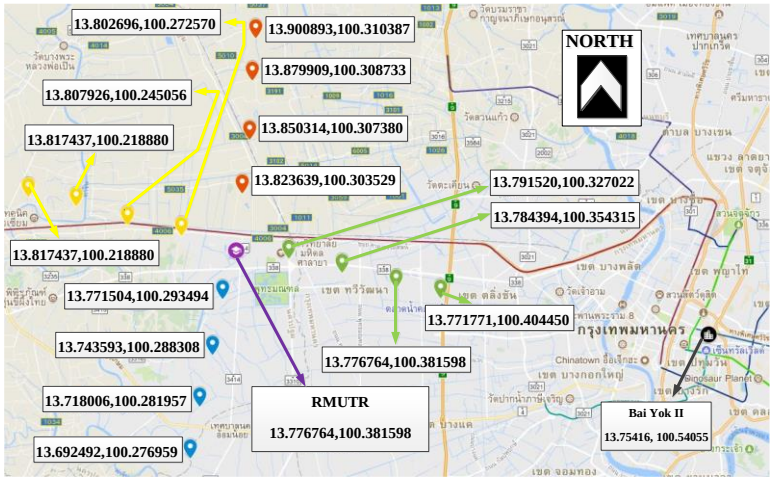
(ค) ผลการจำลองและผลการทดสอบที่ความถี่ 670 MHz

รูปที่ 8 ผลการจำลองและผลการทดสอบวงจรจัดเรียงกระแสตัวต้นแบบ

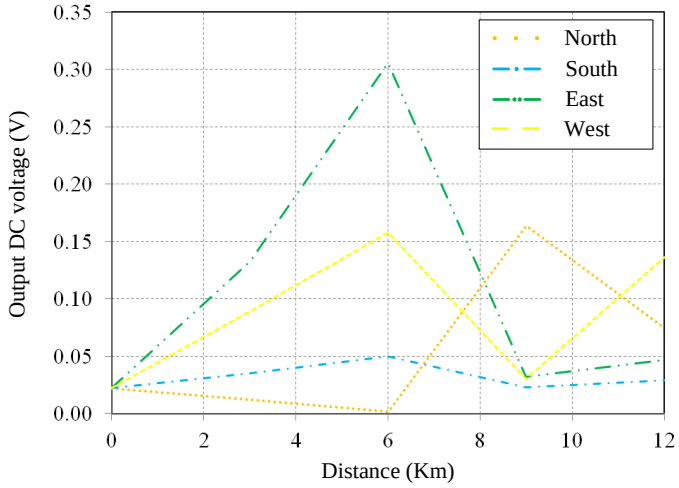
ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกค่าความต้านทานที่ 100KΩ สำหรับรูปที่ 8 (ข) คือผลจำลอง ค่าความต้านทานเท่ากับ 100KΩ และปรับเปลี่ยนความถี่ 470 670 และ 870 MHz พบว่า เมื่อความถี่สูงขึ้นจะให้แรงดันไฟตรงเพิ่มมาขึ้นในช่วงกำลังงานทางด้านขาเข้าตั้งแต่ -20 ถึง 5 dBm และในทางตรงกันข้ามที่ความถี่ 470 MHz จะให้แรงดันไฟน้อยที่สุด จากรูปที่ 8 (ค) เป็นผลจำลองและผลการทดสอบของวงจรจัดเรียงกระแสตัวต้นแบบที่ความถี่ 670 MHz และผลการทดสอบพบว่า วงจรดังกล่าวมีความไวในการจัดเรียงกระแสที่กำลังงานเท่ากับ -26dBm จะให้แรงดันเท่ากับ 0.02V และให้แรงดันไฟมากที่สุดเท่ากับ 1.83V ที่กำลังงานทางด้านขาเข้าเท่ากับ 10 dBm

การทดสอบสายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสแถวลำดับ 13 ตัว

สายอากาศจัดเรียงกระแสไฟฟ้าที่ได้นำเสนอเป็นการนำเอาสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อคพิริออดิครวมเข้ากับวงจรจัดเรียงกระแสไฟฟ้า และออกแบบให้สายอากาศจัดเรียงกระแสต่อแถวลำดับจำนวน 13 ตัว ดังรูปที่ 2 (ก) และรูปที่ 10 (ข) สำหรับการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 2 กรณี กรณีแรกเป็นการทดสอบสภาวะแวดล้อมการใช้งานจริง โดยได้ทำการปรับเปลี่ยนระยะทางและระบุพิกัดตำแหน่งการทดสอบดังรูปที่ 9 (ก) และกรณีที่ 2 เป็นการทดสอบภายในชั้น 1-9 และชั้นที่ 10 คือชั้นดาดฟ้า ของอาคารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ดังรูปที่ 10 (ก) โดยการทดสอบทั้ง 2 กรณี จะเป็นการรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิตอลที่ถูกปล่อยออกมาจากตึกใบหยก 2



(ก) ตำแหน่งพิกัดการทดสอบ แต่ละจุดห่างกัน 3km



(ก) ตำแหน่งพิกัดการทดสอบ (ข) แรงดันไฟตรงที่ได้จากทดสอบ

รูปที่ 9 การทดสอบสายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแส ตามจุดพิกัดที่ได้กำหนด

สำหรับการทดสอบกรณีแรก กำหนดให้อาคารวิศวกรรมศาสตร์เป็นจุดศูนย์กลางมีพิกัดคือ13.776,100.381 และได้ปรับเปลี่ยนระยะทางตั้งแต่ 3 6 9 และ 12km จำนวน 4 ทิศทาง ดังรูปที่ 9 (ก) ในส่วนของทางด้านขาออกของวงจรจัดเรียงกระแสได้ทำการต่อแบบอนุกรมกันทั้ง 13 วงจร จากการเก็บผลทดสอบดังรูปที่ 9 (ข) พบว่าทิศตะวันออก (East) ที่จุดพิกัด 13.784,100.354 ตั้งอยู่บริเวณโล่งปราศจากสิ่งบดบังสัญญาณ และมีระยะทางห่างจากตึกใบหยก 2 ประมาณ 21.2 km ทำให้สามารถแปลงแรงดันไฟตรงสูงที่สุดเท่ากับ 0.312V และในทางตรงกันข้าม เมื่อสายอากาศที่ได้นำเสนอเข้าใกล้แหล่งพลังงาน (ตึกใบหยก 2) แรงดันไฟตรงจะถูกลดระดับลง อันเนื่องมาจากบริเวณรอบ ๆ แหล่งพลังงานดังกล่าว มีอาคารและตึกสูงจำนวนมาก รวมไปถึงปรากฏการณ์การจางหายหลายวิถี (Multipath fading) ของระบบการสื่อสารไร้สาย สำหรับทิศใต้ (South) เป็นทิศทางที่ให้แรงดันน้อยที่สุดไม่เกิน 0.05V ตลอดระยะทางที่ทดสอบ

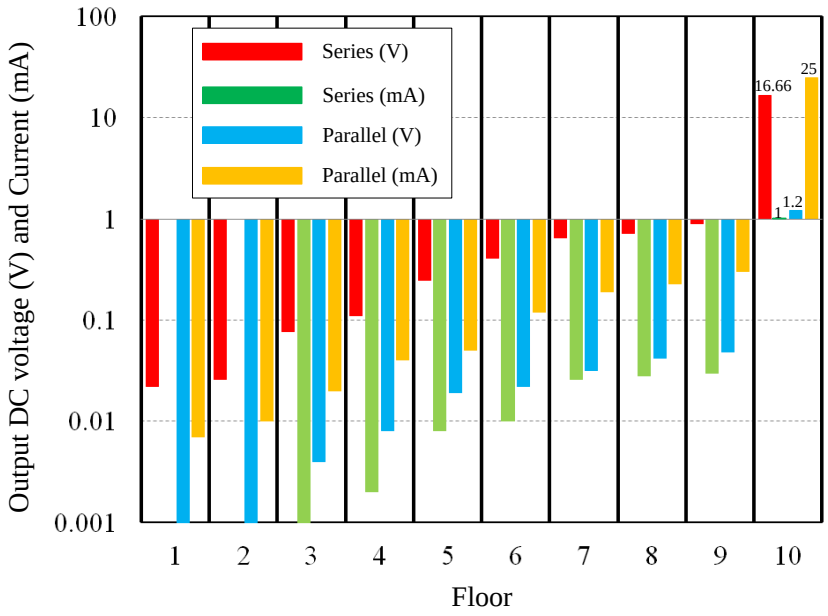


(ก) แบบอาคารวิศวกรรมศาสตร์ มทร. รัตนโกสินทร์



(ข) สายอากาศจัดเรียงกระแสตั้งอยู่ภายในอาคาร

รูปที่ 10 การทดสอบสายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสลำดับแถว 13 ตัว บนอาคารวิศวกรรมศาสตร์ มทร. รัตนโกสินทร์



รูปที่ 11 ผลการทดสอบสายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสที่ได้นำเสนอ บนอาคารวิศวกรรมศาสตร์ มทร. รัตนโกสินทร์

ส่วนกรณีที่ 2 เป็นการทดสอบภายในและภายนอกของอาคารวิศวกรรมศาสตร์ตั้งแต่ชั้น 1-10 จากการสังเกตและการทดสอบตั้งแต่ชั้นที่ 1-9 พบว่า แรงดันไฟตรงและกระแสจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนชั้นที่สูงขึ้น อาทิเช่น ชั้น 9 เมื่อทำการต่อวงจรจัดเรียงกระแสแบบอนุกรมและขนาน จะได้แรงดันและกระแสตรงเท่ากับ 0.905V (0.03 mA) และ 0.048V (0.3 mA) และทดสอบชั้นที่ 10 (ดาดฟ้าอาคารวิศวกรรมศาสตร์) จะเป็นแนวระดับสายตา (Line of Sight: LOS) ของสัญญาณที่มาจากตึกใบหยก 2 โดยตรงมีระยะทางประมาณ 27 km จากการต่อวงจรแบบอนุกรม พบว่า มีแรงดันและกระแสเท่ากับ 16.66V และ 1mA และในทางกลับกัน เมื่อต่อวงจรแบบขนานจะให้แรงดันและกระแสเท่ากับ 1.2 V และ 25 mA ดังรูปที่ 11

สรุปผลการวิจัย

สายอากาศสายอากาศแถวลำดับไดโพลล็อกพิริออดิคจัดเรียงกระแสแถวลำดับจำนวน 13 ตัว ได้ทำการทดสอบรับสัญญาณโทรทัศน์ดิจิตอลที่ถูกปล่อยออกมาจากตึกใบหยก 2 จากผลการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงที่ได้ปรับเปลี่ยนระยะทางตั้งแต่ 0-12 กม. และทางด้านขาออกของวงจรจัดเรียงกระแสจะถูกต่อแบบอนุกรมกันทั้งหมด พบว่า ทิศตะวันออกให้แรงดันไฟตรงมากที่สุดเท่ากับ 0.312V และมีระยะทางห่างจากตึกใบหยก 2 ประมาณ 21.2 km ส่วนของทิศใต้จะให้แรงดันน้อยที่สุดไม่เกิน 0.05V ตลอดระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ สำหรับผลการทดสอบบนอาคารวิศวกรรมศาสตร์ (ศาลายา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตั้งแต่ชั้น 1-10 ผลการทดสอบพบว่า ชั้นที่ 10 (ดาดฟ้า) ในกรณีต่อวงจรแบบอนุกรม จะให้แรงดันและกระแสตรงเท่ากับ 16.66 V และ 1 mA และจะในกรณีต่อวงจรแบบขนานจะให้แรงดันและกระแสเท่ากับ 1.2V และ 25 mA สามารถนำไปชาร์จแบตเตอรี่ขนาด AA และเป็นแหล่งพลังงานสำรองขนาดเล็กได้ รวมไปถึงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการไฟเลี้ยงขนาดต่ำ เช่น บอร์ดซิกบี (Xeebee Board) ได้เช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยและคณะขอขอบพระคุณ ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่ปี 2560 ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) และโครงการสนับสนุนเร่งการเติบโตของธุรกิจนวัตกรรมรายใหม่ในอุตสาหกรรมเป้าหมายภายใต้โครงการพัฒนาธุรกิจนวัตกรรมเกิดใหม่ที่เติบโตสูง (Innovative Startup) Research Gap Fund 2560 ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) รวมไปถึงคณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสิทร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนบทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กิตติ วงศ์ถาวราวัฒน์. **การเตรียมความพร้อมการรับชมทีวีดิจิตอล** แหล่งที่มา:
https://broadcast.nbtc.go.th/data/document/tv/file/appendix1.pdf

Cataldo, S.V. and Karmakar, N.C. 2014. Wireless battery design for clock and DC motor. **Proceeding of the Asia-Pacific Microwave Conference.** Sendai Japan. pp. 1-4.

Marincic, A.S. 1982. Nikola tesla and the wireless transmission of energy. **IEEE Trans. Power Apparatus Syst. PAS-101**. pp. 4064-4068.

Brown, W.C. 1984. The history of power transmission by radio wave. **IEEE Trans. Microwave Theory Tech. MTT.** pp. 1230-1242.

Brown, W.C. 1991. An experimental low power density rectenna**. IEEE International Microwave Symp. Digest.** pp. 197-200.

Osepchuk, J. M. 2002. Microwave power application. **Trans. Micrwave Theory Tech**. pp. 975-985.

Giovanni, A. C. Paolo, M. Giuseppe, M. and Giorgio, M. 2013. Design of a printed log-periodic dipole array for ultra-wideband applications. **Progress In Electromagnetics Research C**. pp. 15-26.

Schottky diode,. 2015. **SMS 7630 series Datasheet**. 2015. Available Source: http://www.skyworksinc.com.

Falkenstein, E. Roberg, M. and Popovic, Z. 2010. Low-power wireless power delivery. **IEEE Trans. Microwave Theory Tech**. pp. 2277-2286.

Phongcharoenpanich, C. and Boonying, K. 2016. A 2.4-GHz Dual Polarized Suspended Square Plate Rectenna with Inserted Annular Rectangular Ring Slot. **International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering.** pp. 164-173

Phongcharoenpanich, C. Boonying, K. and Kosulvit. 2013. Dual-polarized flat rectenna for 2.45 GHz**. IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communication**. pp. 1433-1436.

ชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลป

Demonstration of Fourier Synthesis based on Microcontroller and MATLAB

ภูเบต แสงมะฮะหมัด[1*] ทินวัฒน์ จังจริง[1] บุญฤทธิ์ คุ้มเขต[1] ไพฑูรย์ รักเหลือ[1] นรกมล วงษ์ศิลป์[1]
และ อัครเดช รัตนพงษ์เพียร[1]

Pubet Sangmahamad[1*] Thinnawat Jangjing[1] Boonyarit Kumkhet[1] Paitoon Rakluea[1]
Norakamon Wongsin[1] and Akaradej Ratanapongpien[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ร่วมกับโปรแกรมแมทแลป (MATLAB) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และทำความเข้าใจการสังเคราะห์ฟูเรียร์ รวมถึงเข้าใจองค์ประกอบของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ที่ออกแบบประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ องค์ประกอบสำหรับรับสัญญาณขาเข้าแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอลทั้งหมด 4 ชุด ทำหน้าที่ในการกำหนดให้ชุดสาธิตสร้างสัญญาณไซน์หรือสัญญาณโคไซน์ ที่มีความถี่ระหว่าง 1 - 10kHz และระดับแรงดันระหว่าง 0 - 5Vp ในขณะที่องค์ประกอบถัดมา คือ หน่วยประมวลผลโดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3 ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณขาเข้าจากส่วนรับสัญญาณเพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์ และองค์ประกอบสุดท้าย คือ คอมพิวเตอร์และโปรแกรมแมทแลป ใช้สำหรับประมวลผลสัญญาณจากชุดไมโครคอนโทรเลอร์และแสดงผลรูปสัญญาณทั้งขนาดและความถี่ของทั้ง 4 ชุดช่องสัญญาณ พร้อมทั้งแสดงผลสัญญาณที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในลักษณะเวลาจริง (Real-time) จากนั้นทำการทดสอบชุดสาธิตในการสังเคราะห์ฟูเรียร์สัญญาณตัวอย่างได้แก่ สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย จากผลการทดสอบชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ที่ออกแบบปรากฏว่าสัญญาณมีความผิดพลาดทางความถี่ และขนาดแรงดันของการสังเคราะห์ฟูเรียร์ สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย ประมาณร้อยละ 1.5 , 3.7 และ 2.5 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การสังเคราะห์ฟูเรียร์, ไมโครคอนโทรเลอร์, สัญญาณสี่เหลี่ยม, สัญญาณสามเหลี่ยม, สัญญาณฟันเลื่อย

---

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pubet_s@rmutt.ac.th

ABSTRACT

This research presented the design of a low-cost demonstration of Fourier synthesis based on applying a microcontroller and MATLAB computer software. This demonstration is intended to be used as a tool for learning and understanding the Fourier synthesis, as well as for understanding the components of electrical signals. The Fourier synthesis demonstration kit consists of three main components. The first component is 4 sets of analog and digital inputs as setting to generate sine wave or cosine wave signals, which is frequency range setting between 1 - 10kHz and voltage level between 0 - 5Vp. While the second component is a microcontroller board, Arduino MEGA 2560 R3 is responsible for converting input signals from the input component to a computer. The last component is the computer and the MATLAB program, it is used to process signals from microcontroller sets and to display the signals of both the amplitude and frequency of the 4 sets of signals, as well as the signal output from the synthesis. It displays the results on the computer screen in real time. Then test the demonstration of Fourier synthesis with a sample set in the synthesized sample, a Square wave signal, a Triangular wave signal and a Sawtooth wave signal. The results of the test of the proposed demonstration of Fourier synthesis kit, shown that the signal has a frequency and voltage error of the synthesized a Square wave signal, a Triangular wave signal and a Sawtooth wave signal are about 1.5%, 3.7%, and 2.5%, respectively.

Keywords : Fourier synthesis, Microcontroller, Square wave, Triangle wave, Sawtooth wave

บทนำ

องค์ความรู้พื้นฐานทางวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมไม่ว่าจะทางทฤษฎีหรือทางปฏิบัติการ ก็คือความเข้าใจถึงสัญญาณทางไฟฟ้ารูปแบบต่างๆ รวมถึงองค์ประกอบของสัญญาณทางไฟฟ้าอีกด้วย นอกจากนี้ความเข้าใจดังกล่าว ยังเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขาใกล้เคียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาปฏิบัติการนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาต้องทำความเข้าใจ รวมทั้งสร้างองค์ความรู้ จากการลงมือปฏิบัติงาน ทดลองงาน ผ่านใบงานการทดลอง ในหัวข้อเรื่องต่างๆ รวมถึงการใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์หรือผ่านการจำลองสัญญาณและระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้นักศึกษาจำเป็นต้องนำผลการทดลองที่ได้มาทำการสรุปผล เปรียบเทียบกับผลทางทฤษฎี หรือเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งส่วนหนึ่งสำหรับการปฏิบัติการ นั้นก็คือ ชุดทดลองหรือชุดสาธิตการทำงาน ในหัวข้อการทดลองนั้นๆ

อนุกรมฟูเรียร์ (Fourier Series) คือผลบวกของฟังก์ชันไซน์ และฟังก์ชันโคไซน์ใช้สำหรับประมาณฟังก์ชั่นที่เป็นรายคาบ (Periodic function) ซึ่งอนุกรมฟูเรียร์เป็นเครื่องมือหนึ่งทางคณิตศาสตร์ที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาทาง คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมถึงทางวิศวกรรมอีกด้วย โดยเฉพาะวิศวกรรมโทรคมนาคม โดยสมการพื้นฐานของการอนุกรมฟูเรียร์แสดงดังสมการที่ (1) โดยสมมุติให้ $f(x)$ เป็นสัญญาณรายคาบที่มีคาบเป็น 2π $[-\pi,\pi]$ และ $n=1,2,3...,N$

$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos nx + b_n \sin nx \right) \quad (1)$$

เมื่อ a_0 คือองค์ประกอบดีซี (DC Component) ของ $f(x)$ สามารถหาได้จากสมการ (2)

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x)dx \quad (2)$$

ขณะที่ a_n และ b_n คือค่าสัมประสิทธิ์ แทนขนาดของเทอม ไซน์ และ โคไซน์ตามลำดับ สามารถหาได้จากสมการ (3) และ (4) ตามลำดับ

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos\left(nx\right) dx \quad (3)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin\left(nx\right) dx \quad (4)$$

ซึ่งอนุกรมฟูเรียร์ มีเนื้อหาที่ค่อนข้างยากในการทำความเข้าใจของนักศึกษา อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดของความเข้าใจได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องมือในการเพิ่มความง่ายสำหรับสร้างความเข้าใจให้กับผู้ศึกษาในเรื่องฟูเรียร์ จึงได้มีการสาธิตอนุกรมฟูเรียร์ในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวหรืออนิเมชั่น (Animation) เป็นต้น ซึ่งอนุกรมฟูเรียร์เป็นการวิเคราะห์สัญญาณแบบรายคาบเพื่อหาองค์ประกอบของสัญญาณไซน์หรือสัญญาณโคไซน์รวมถึงองค์ประกอบทางความถี่ของสัญญาณด้วย แต่ในขณะที่การสังเคราะห์ฟูเรียร์เป็นการนำองค์ประกอบทางความถี่และทางขนาดของสัญญาณไซน์และโคไซน์ที่เหมาะสมมารวมกันเพื่อให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าตามรูปแบบที่ต้องการ

เพื่อให้ผู้ศึกษาเกิดความเข้าใจในลักษณะและองค์ประกอบของสัญญาณ จึงได้มีงานวิจัยที่นำเสนอการออกแบบการสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ขึ้น โดยในงานวิจัยของ (สำคัญ รัตนบุรี, 2557) นำเสนอการสังเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic ได้ทำการสังเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์ 3 ฟังก์ชันด้วยกัน คือ ฟังชั่นขั้นบันได ฟังก์ชันพาราโบลาและฟังก์ชันเอกโปเนนเชียลเพื่อใช้สำหรับเป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่มีการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino ร่วมกับโปรแกรม MATLAB ในหลายๆ ด้าน เช่นงานทางด้านอุตสาหกรรม ดังเช่นในงานของ (Zulkifli, Hussin, & Saad, 2014) ได้ทำการออกแบบ MATLAB ร่วมกับ Arduino เพื่อใช้สำหรับงานอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส ในขณะที่ (Issa, Aqel, Albelbeisi, Elaila, & Mortaja, 2017) ประยุกต์ใช้ในงานด้านหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งประดิษฐ์เช่นในงานของ (Sangmahamad, 2016) ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องรบกวนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่

จากความสำคัญในงานวิจัยข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino และโปรแกรม MATLAB ออกแบบและสร้างชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้และทำความเข้าใจการสังเคราะห์ฟูเรียร์รวมถึงเข้าใจองค์ประกอบของสัญญาณทางไฟฟ้า นอกจากนี้ยังเป็นการบูรณาการความรู้ด้านไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino ร่วมกับการออกโปรแกรม MATLAB สำหรับการสังเคราะห์ฟูเรียร์ เพื่อนำมาพัฒนาการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาให้สามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในขั้นตอนการดำเนินงาน การออกแบบและสร้างชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์นั้น สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ เริ่มจากการสังเคราะห์ฟูเรียร์จากสมการอนุกรมฟูเรียร์ในสมการ (1) โดยแบ่งการสังเคราะห์ฟูเรียร์ออกเป็น 3 สัญญาณตัวอย่าง คือ สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave) และสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Wave) จากนั้นทำการออกแบบออกแบบวงจรควบคุม Arduino ประกอบไปด้วยการควบคุมองค์ประกอบทางขนาดแรงดันและทางความถี่ของสัญญาณไซน์หรือสัญญาณโคไซน์ทั้งหมด 4 ชุดควบคุม เพื่อให้สมารถทำการสังเคราะห์ฟูเรียร์ทั้ง 3 สัญญาณตัวอย่างได้ และขั้นสุดท้ายคือ การออกแบบโปรแกรม MATLAB ในการทำการประมวลผลพร้อมแสดงผลสัญญาณจากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการรับข้อมูลจาก Arduino ผ่านสาย USB ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบพอร์ตอนุกรม (serial communication port) โดยแต่ละขั้นตอนอธิบายได้ดังต่อไปนี้

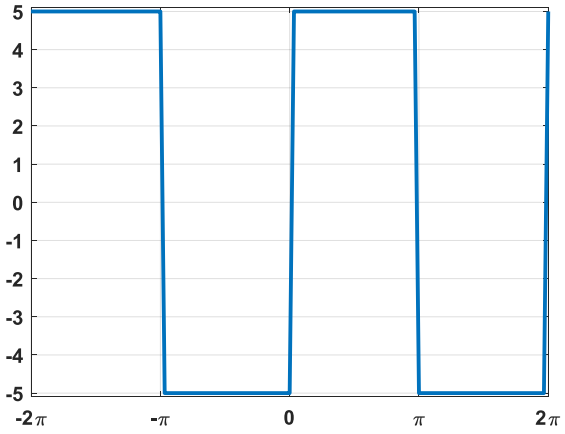
2. การสังเคราะห์ฟูเรียร์ (Fourier Synthesis)

การสังเคราะห์ฟูเรียร์เป็นกระบวนการในการสร้างสัญญาณทางไฟฟ้า ให้มีรูปแบบสัญญาณตามต้องการ และเป็นรูปแบบเฉพาะ การสร้างทำได้โดยการรวมองค์ประกอบสัญญาณคลื่นไซน์ หรือคลื่นโคไซน์ ในสัดส่วนของขนาด (Amplitude) และความถี่ (Frequency) ของสัญญาณ ที่เหมาะสมเพื่อทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าในรูปแบบที่ต้องการ ซึ่งในการสังเคราะห์ฟูเรียร์ มีความจำเป็นที่เราจะต้องทราบถึงค่าสัมประสิทธิ์ของ a_0, $a_n \in \{a_1, a_2, ..., a_N\}$ และ $b_n \in \{b_1, b_2, ..., b_N\}$ ในสมการอนุกรมฟูเรียร์ ที่ (1) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้เป็นตัวกำหนดให้ขนาดและความถี่ของสัญญาณคลื่นไซน์ หรือคลื่นโคไซน์ ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างสัญญาณในรูปแบบที่ต้องการได้ โดยในการสังเคราะห์สัญญาณ สัญญาณที่ได้จะเข้าใกล้สู่สัญญาณในรูปแบบที่ต้องการมากยิ่งขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนของค่า N ซึ่ง N นั้นหมายถึงจำนวนพจน์ของสัญญาณคลื่นไซน์และคลื่นโคไซน์มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นนั้นเอง โดยทั่วไปแล้วนั้นการสังเคราะห์ฟูเรียร์ถูกนำไปใช้ในงานด้านดนตรีอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสร้างรูปคลื่นที่เลียนแบบเสียงของเครื่องดนตรี นอกจากนี้ยังถูกนำไปใช้ในเครื่องมือภายในห้องปฏิบัติการที่เรียกว่าเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า หรือ Function generator สำหรับใช้ในการทดสอบระบบอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงระบบการสื่อสารโทรคมนาคมอีกด้วย

ในการสังเคราะห์ฟูเรียร์ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณรายคาบทั้งหมด 3 สัญญาณได้แก่สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย เพื่อหาองค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของสัญญาณ ไซน์และโคไซน์เพื่อนำไปออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพการสังเคราะห์สัญญาณรายคาบทั้ง 3 สัญญาณของชุดสาธิต โดยสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 สัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave)

สัญญาณสี่เหลี่ยม หรือ Square wave แสดงรูปสัญญาณดังภาพที่ 1 สำหรับนำมาวิเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์เพื่อหาสัมประสิทธิ์องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ ของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ต้องการ เพื่อนำองค์ประกอบสัมประสิทธิ์ที่ได้ ไปใช้ในการสังเคราะห์ฟูเรียร์ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์รูปสัญญาณสี่เหลี่ยมดังภาพที่ 1 แล้วนั้น จะได้องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของสัญญาณคลื่นไซน์ ทั้ง 4 พจน์ แสดงดังตารางที่ 1 โดยทั้ง 4 พจน์คลื่นไซน์นั้นมีขนาด 5, 1.6667, 1 และ $0.7V_p$ ตามลำดับ ในขณะที่ความถี่ของทั้ง 4 พจน์สัญญาณคลื่นไซน์มีค่า 1, 3, 5 และ 7kHz ตามลำดับ



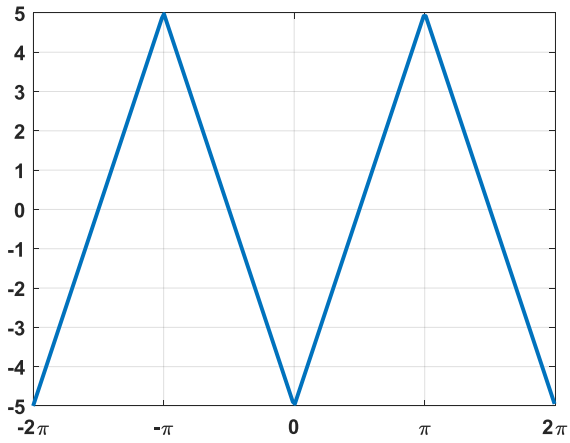
ภาพที่ 1 รูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม

	ช่องสัญญาณที่			
	1	**2**	**3**	**4**
สัญญาณ	sine	sine	sine	sine
แรงดัน (V_p)	5	1.6667	1	0.7
ความถี่ (kHz)	1	3	5	7

2.2 สัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave)

สัญญาณสามเหลี่ยม หรือ Triangle wave แสดงรูปสัญญาณดังภาพที่ 2 สำหรับนำมาวิเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์เพื่อหาสัมประสิทธิ์องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ ของสัญญาณสามเหลี่ยมที่ต้องการ เพื่อนำองค์ประกอบสัมประสิทธิ์ที่ได้ ไปใช้ในการสังเคราะห์ฟูเรียร์ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์รูปสัญญาณสามเหลี่ยมดังภาพที่ 2 แล้วนั้น จะได้องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของสัญญาณคลื่นโคไซน์ ทั้ง 4 พจน์ แสดงดังตารางที่ 2 โดยทั้ง 4 พจน์คลื่นโคไซน์นั้นมีขนาด 5, 1.6667, 1 และ $0.7V_p$ ตามลำดับ ในขณะที่ความถี่ของทั้ง 4 สัญญาณคลื่นไซน์มีค่า 1, 3, 5 และ 7kHz ตามลำดับ



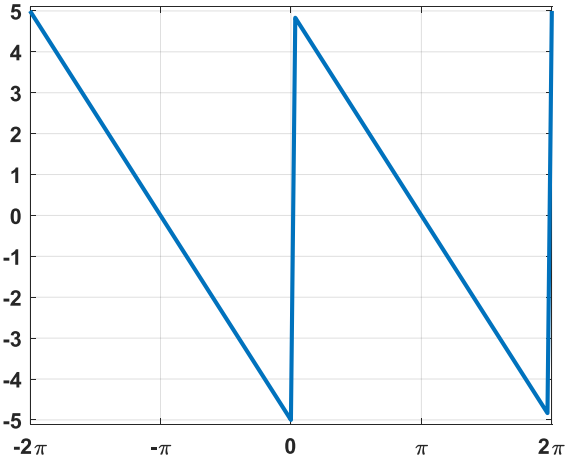
ภาพที่ 2 รูปสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของรูปสัญญาณสามเหลี่ยม

	ช่องสัญญาณที่			
	1	**2**	**3**	**4**
สัญญาณ	cosine	cosine	cosine	cosine
แรงดัน (V_p)	5	1.6667	1	0.7
ความถี่ (kHz)	1	3	5	7

2.3 สัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Wave)

สัญญาณฟันเลื่อย หรือ Sawtooth wave แสดงรูปสัญญาณดังภาพที่ 3 สำหรับนำมาวิเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์เพื่อหาสัมประสิทธิ์องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ ของสัญญาณฟันเลื่อยที่ต้องการ เพื่อนำองค์ประกอบสัมประสิทธิ์ที่ได้ ไปใช้ในการสังเคราะห์ฟูเรียร์ โดยเมื่อทำการวิเคราะห์รูปสัญญาณฟันเลื่อย ดังภาพที่ 3 แล้วนั้น จะได้องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของสัญญาณคลื่นไซน์ ทั้ง 4 พจน์ แสดงดังตารางที่ 3 โดยทั้ง 4 พจน์คลื่นไซน์นั้นมีขนาด 4, 1, 0.7 และ $0.5V_p$ ตามลำดับ ในขณะที่ความถี่ของทั้ง 4 สัญญาณคลื่นไซน์มีค่า 2, 4, 6 และ 8kHz ตามลำดับ



ภาพที่ 3 รูปสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Wave)

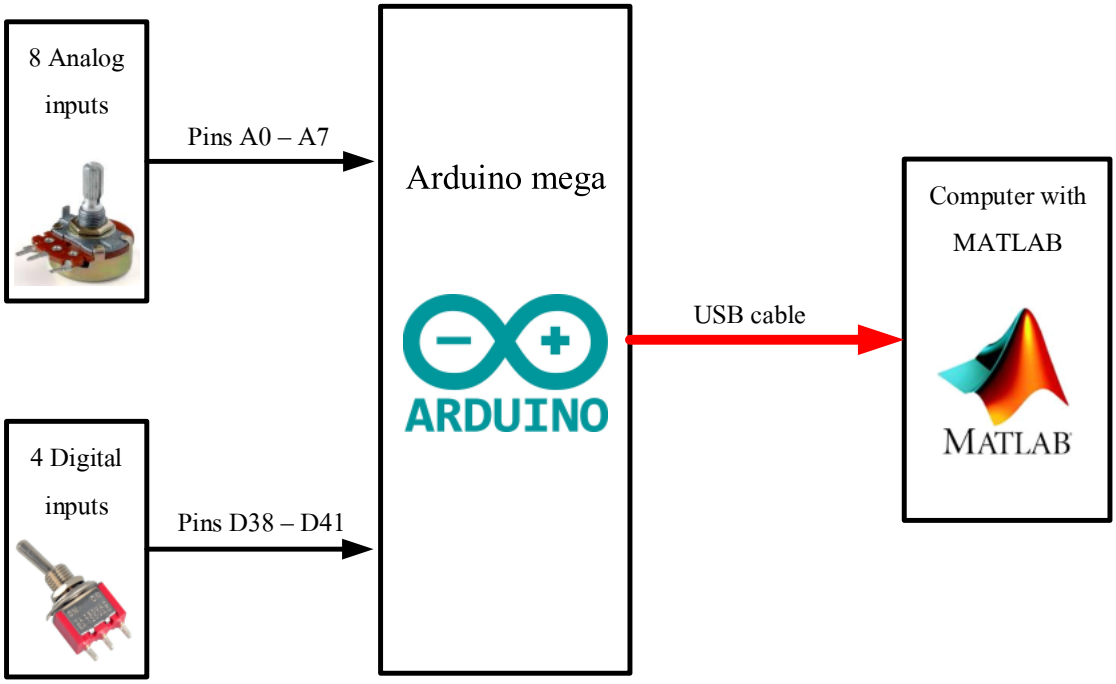
ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางขนาดและความถี่ของรูปสัญญาณฟันเลื่อย

	ช่องสัญญาณที่			
	1	**2**	**3**	**4**
รูปสัญญาณ	sine	sine	sine	sine
แรงดัน (V_p)	4	1	0.7	0.5
ความถี่ (kHz)	2	4	6	8

3. ออกแบบวงจรควบคุม Arduino

ในการออกแบบวงจรสำหรับการควบคุมขนาด (Amplitude) ความถี่ (Frequency) และควบคุมการเลือกระหว่างสัญญาณคลื่นไซน์หรือสัญญาณโคไซน์ โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino นั้น จะทำการออกแบบการควบคุมในส่วนองค์ประกอบทางขนาดแรงดันขององค์ประกอบไซน์หรือโคไซน์ โดยใช้ขาอนาล็อกอินพุต (Analog input Pin) A0 ถึง A7 ที่ทำการรับค่าระดับแรงดันระหว่าง 0 - 5Vdc โดยทำการต่อตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ (Variable Resistor : VR) ขนาดค่าความต้านทาน 10kΩ ทั้งหมด 8 ตัว สำหรับการปรับองค์ประกอบทางขนาดแรงดัน 4 ตัว และ สำหรับการปรับองค์ประกอบทางความถี่ 4 ตัว นอกจากนี้ยังมีสวิตซ์ทั้งหมด 4 ตัวต่อไปยัง Arduino ขาดิจิตอลอินพุต (Digital Input Pin) D38 ถึง D41 สำหรับเป็นการเลือกระหว่างสัญญาณคลื่นไซน์หรือโคไซน์ โดยเมื่อขาดิจิตอลอินพุต ได้รับระดับแรงดัน 5V หรือ ลอจิก “1” (Logic “1”) จะเป็นการเลือกองค์ประกอบสัญญาณไซน์ ในทางกลับกัน เมื่อขาดิจิตอลอินพุต ได้รับระดับแรงดัน 0V หรือ ลอจิก “0” (Logic “0”) จะเป็นการเลือกองค์ประกอบสัญญาณโคไซน์ โดยแต่ละสวิตซ์ทำการต่อด้วยตัวต้านทาน Pull Up ขนาด 10kΩ จากนั้น Arduino ที่เชื่อมต่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ที่มีโปแกรม MATLAB ด้วยสาย USB เพื่อทำการประมวลผลพร้อมแสดงผลการวิเคราะห์ฟูเรียร์ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แสดงส่วนประกอบของชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลปดัง

ภาพที่ 4 พร้อมทั้งแสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino สำหรับการต่ออินพุตแบบอนาล็อกและอินพุตแบบดิจิตอลดังตารางที่ 4



ภาพที่ 4 ส่วนประกอบของชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลป

ตารางที่ 4 ตำแหน่งขาของ Arduino สำหรับการควบคุม ขนาด ความถี่ และลักษณะขององค์ประกอบสัญญาณไซน์และโคไซน์

การควบคุม	Arduino Pin
ระดับแรงดันของช่องสัญญาณที่ 1	A0
ความถี่ของช่องสัญญาณที่ 1	A1
ระดับแรงดันของช่องสัญญาณที่ 2	A2
ความถี่ของช่องสัญญาณที่ 2	A3
ระดับแรงดันของช่องสัญญาณที่ 3	A4
ความถี่ของช่องสัญญาณที่ 3	A5
ระดับแรงดันของช่องสัญญาณที่ 4	A6
ความถี่ของช่องสัญญาณที่ 4	A7
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 1	D38
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 2	D39
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 3	D40
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 4	D41
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 3	D40
เลือกสัญญาณไซน์และโคไซน์ ช่องสัญญาณที่ 4	D41

4. โปรแกรม MATLAB สำหรับการสังเคราะห์ฟูเรียร์

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรม MATLAB สำหรับการประมวลผลสัญญาณและแสดงผลสัญญาณไซน์หรือโคไซน์ทั้ง 4 องค์ประกอบสัญญาณ พร้อมทั้งแสดงผลการวิเคราะห์ฟูเรียร์ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ สำหรับการใช้โปรแกรม MATLAB ร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino นั้น ในส่วนของโปรแกรม MATLAB จำเป็นต้องมี MATLAB Support Package for Arduino Hardware ด้วย โดยโปรแกรมประมวลผลของ MATLAB แสดงดังตารางที่ 5 โดยเริ่มจากโปรแกรม MATLAB ทำการสั่งให้ Arduino อ่านค่าอนาล็อก A0 (Analog Read A0) จากนั้นทำการแปลงค่าอนาล็อกที่ได้รับเป็นค่าองค์ประกอบทางขนาดของสัญญาณพจน์ที่ 1 (Amp 1) ถัดมา Arduino อ่านค่าสัญญาณอนาล็อก A1 (Analog Read A1) จากนั้นทำการแปลงค่าอนาล็อกที่ได้รับเป็นค่าองค์ประกอบทางความถี่ของสัญญาณพจน์ที่ 1 (Freq 1) โดยสัญญาณอนาล็อกที่อ่านได้จากขา A0 และ A1 เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0 - 5Vdc จากการปรับตัวตานท้านปรับค่าได้ 10kΩ หลังจากนั้นสั่งให้ Arduino ทำการอ่านค่าดิจิตอลจากสวิตซ์ (Digital Read D3) เพื่อตรวจสอบสถานะและทำการกำหนดให้สัญญาณพจน์ที่ 1 (out1) เป็นสัญญาณไซน์หรือโคไซน์ โดยเมื่อมีสถานะเป็นลอจิก “1” จะเป็นการเลือกสัญญาณไซน์ ในทางกลับกัน เมื่อมีสถานะเป็นลอจิก “0” จะเป็นการเลือกสัญญาณโคไซน์ เพื่อทำการพล็อตรูปสัญญาณย่อยที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ (subplot out1) โดยทำการออกแบบตำแหน่งการพล๊อตดังภาพที่ 5 จากนั้นทำการประมวลผลของสัญญาณพจน์ที่ 2,3 และ 4 ตามลำดับ สุดท้ายทำการนำสัญญาณที่ได้ทั้ง 4 มารวมกับ (Summing) เพื่อสร้างสัญญาณที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์

รูปสัญญาณที่ 1	รูปสัญญาณที่ 2
รูปสัญญาณที่ 3	รูปสัญญาณที่ 4
รูปสัญญาณที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์	

ภาพที่ 5 ตำแหน่งของหน้าจอการแสดงผลของรูปสัญญาณ

ตารางที่ 5 โปรแกรมประมวลผลของ MATLAB

```
1:  Initial value t = 0:0.001:1;
% code for 1st signal
2:  Read Analog input (A0) for setting 1st Amplitude
3:  Convert analog value to amplitude of 1st signal (amp1)
4:  Read Analog input (A1) for setting 1st Frequency (freq1)
5:  Convert analog value to frequency of 1st signal
6:  Read Digital input (D3) for 1st input
7:   if Digital input = 1;
8:      set the signal to sine wave      out1 = amp1*sin(2*pi*freq1*t);
9:   else
10:     set the signal to cosine wave    out1 = amp1*cos(2*pi*freq1*t);
11: subplot out1
% code for 2nd signal
12:  Read Analog input (A2) for setting 2nd Amplitude
13:  Convert analog value to amplitude of 2nd signal (amp2)
14:  Read Analog input (A3) for setting 2nd Frequency (freq2)
15:  Convert analog value to frequency of 2nd signal
16:  Read Digital input (D4) for 2nd input
17:   if Digital input = 1;
18:     set the signal to sine wave      out2 = amp2*sin(2*pi*freq2*t);
19:   else
20:     set the signal to cosine wave    out2 = amp2*cos(2*pi*freq2*t);
21: subplot out2
% code for 3rd signal
22:  Read Analog input (A4) for setting 3rd Amplitude
23:  Convert analog value to amplitude of 3rd signal (amp3)
24:  Read Analog input (A5) for setting 3rd Frequency (freq3)
25:  Convert analog value to frequency of 3rd signal
26:  Read Digital input (D5) for 3rd input
27:   if Digital input = 1;
28:     set the signal to sine wave      out3 = amp3*sin(2*pi*freq3*t);
```

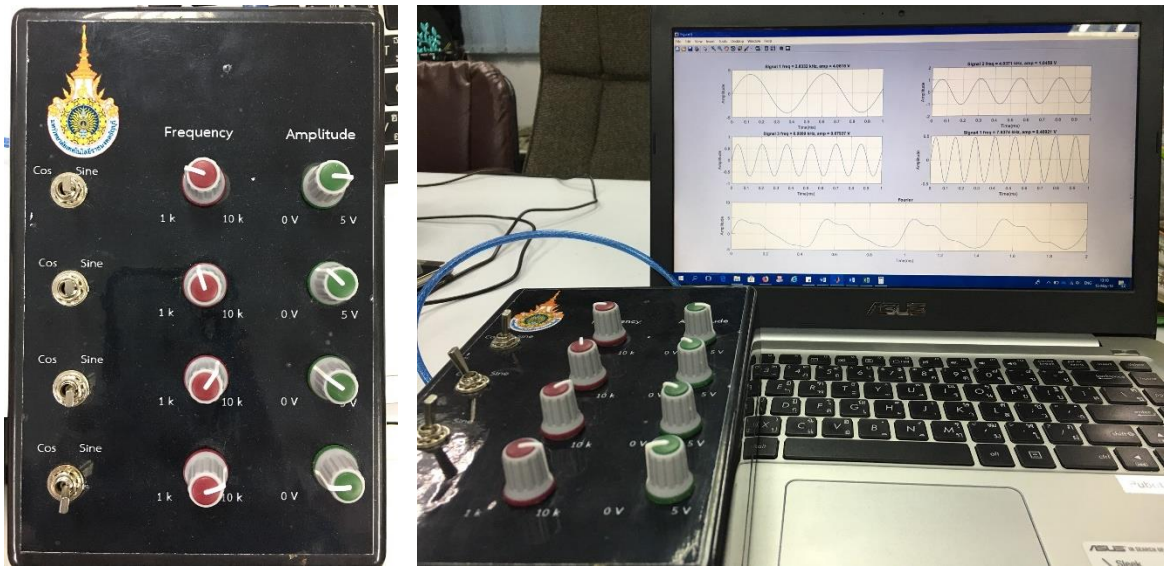
ตารางที่ 5 โปรแกรมประมวลผลของ MATLAB (ต่อ)

```
29:   else
30:       set the signal to cosine wave      out3 = amp3*cos(2*pi*freq3*t);
31:  subplot out3
% code for 4th signal
32:   Read Analog input (A6) for setting 4th Amplitude
33:   Convert analog value to amplitude of 4th signal (amp4)
34:   Read Analog input (A7) for setting 4th Frequency (freq4)
35:   Convert analog value to frequency of 4th signal
36:   Read Digital input (D6) for 4th input
37:    if Digital input = 1;
38:       set the signal to sine wave        out4 = amp4*sin(2*pi*freq4*t);
39:    else
40:       set the signal to cosine wave      out4 = amp4*cos(2*pi*freq4*t);
41:  subplot out4
% code for summing to Fourier signal
42:   compute Fourierout = out1+out2+out3+out4;
43:   subplot Fourierout
```

ผลและวิจารณ์ผล

ชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลปที่ได้ทำการออกแบบและการต่อใช้งานแสดงดังภาพที่ 6 จากการทดสอบในการสังเคราะห์สัญญาณทางไฟฟ้าทั้ง 3 สัญญาณตัวอย่าง คือ สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย ผลปรากฏว่ารูปสัญญาณทั้ง 3 สัญญาณตัวอย่าง ที่สังเคราะห์ได้นั้น มีลักษณะคล้ายรูปสัญญาณทางทฤษฎีที่คาดหวังแต่เนื่องจากจำนวนองค์ประกอบของสัญญาณไซน์หรือโคไซน์มีจำนวนน้อยเพียง 4 สัญญาณ หรือ 4 พจน์ จึงทำให้สัญญาณที่ได้นั้นยังไม่เป็นไปตามรูปสัญญาณตามทฤษฎีอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากชุดสาธิตนี้เป็นเพียงต้นแบบ จึงทำการทดสอบการรับสัญญาณเพียง 4 ช่องสัญญาณ ซึ่งในอนาคตสามารถทำการพัฒนาให้ชุดสาธิตมีจำนวนองค์ประกอบสัญญาณมากขึ้นได้ เนื่องจากไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino MEGA 2560 R3 ที่เลือกใช้นั้น มีจำนวนขาต่อใช้งานค่อนข้างมาก โดยในการเพิ่มจำนวนองค์ประกอบสัญญาณนั้น จะทำให้ชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ได้สัญญาณที่ผ่านการสังเคราะห์ฟูเรียร์มีความสมบูรณ์ โดยมีลักษณะสัญญาณเป็นไปตามทฤษฎีมากยิ่งขึ้น

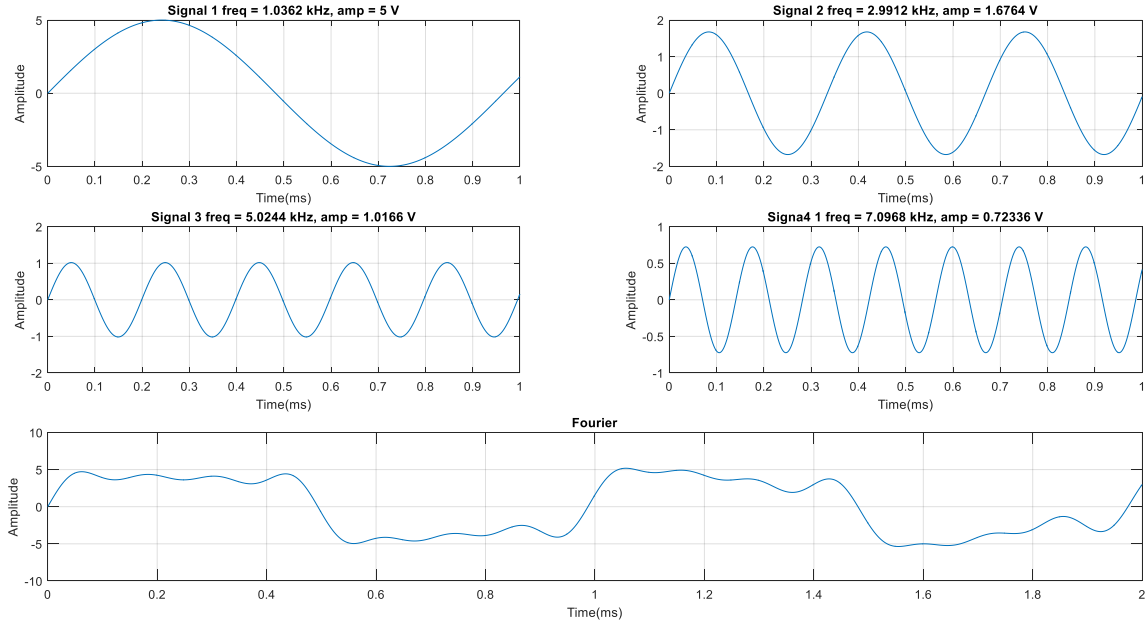
ผลที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยชุดสาธิตจากการประมวลผลและแสดงผลของโปรแกรม MATLAB ของรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม รูปสัญญาณสามเหลี่ยม และ รูปสัญญาณฟันเลื่อย แสดงดังภาพที่ 7, 8 และ 9 ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากการทดสอบเกิดความผิดพลาดของการปรับขนาดและความถี่ทั้ง 4 ช่อง ของทั้ง 3 สัญญาณตัวอย่าง แสดงดังตารางที่ 6 โดยทำการทดสอบโดยการปรับขนาดแรงดันและความถี่ของทั้ง 4 ช่อง ของการสังเคราะห์ฟูเรียร์ทั้ง 3 สัญญาณทั้งหมด 10 ครั้งแล้วทำการหาค่าเฉลี่ยค่าผิดพลาดของขนาดและความถี่ของแต่ละช่อง ของแต่ละสัญญาณ ปรากฏว่ามีความผิดพลาดเฉลี่ยของรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม รูปสัญญาณสามเหลี่ยม และ รูปสัญญาณฟันเลื่อย เท่ากับ 1.52125%, 3.7525% และ 2.50875% ตามลำดับ



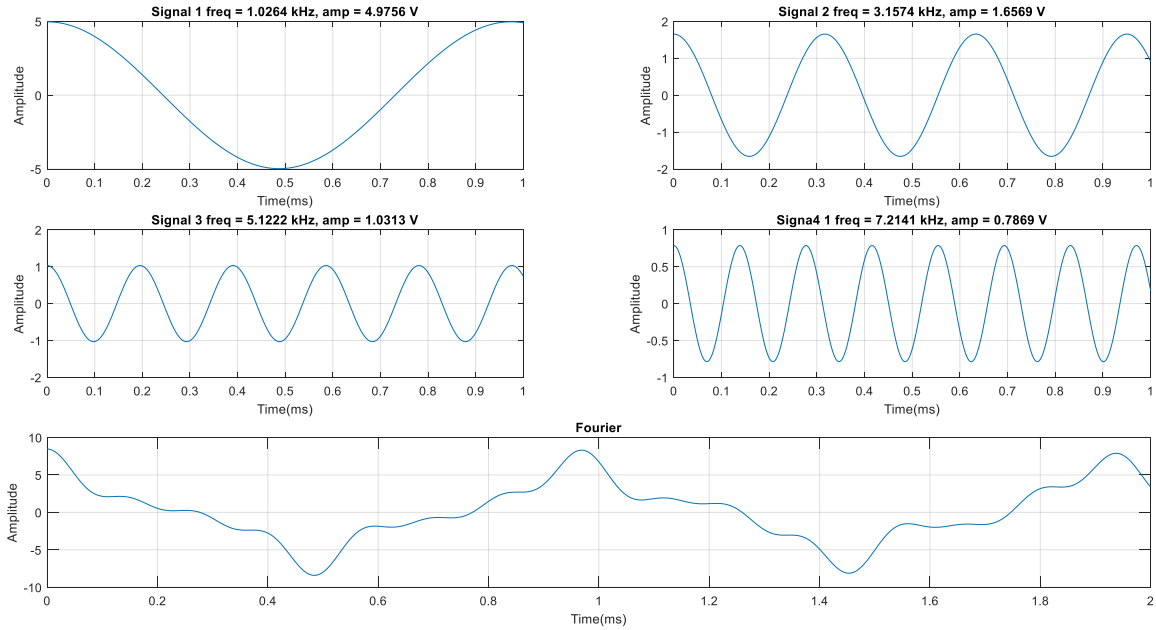
ภาพที่ 6 ชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์และโปรแกรมแมทแลปและการต่อใช้งาน

ตารางที่ 6 ค่าความผิดพลาดของขนาดและความถี่ของสัญญาณ

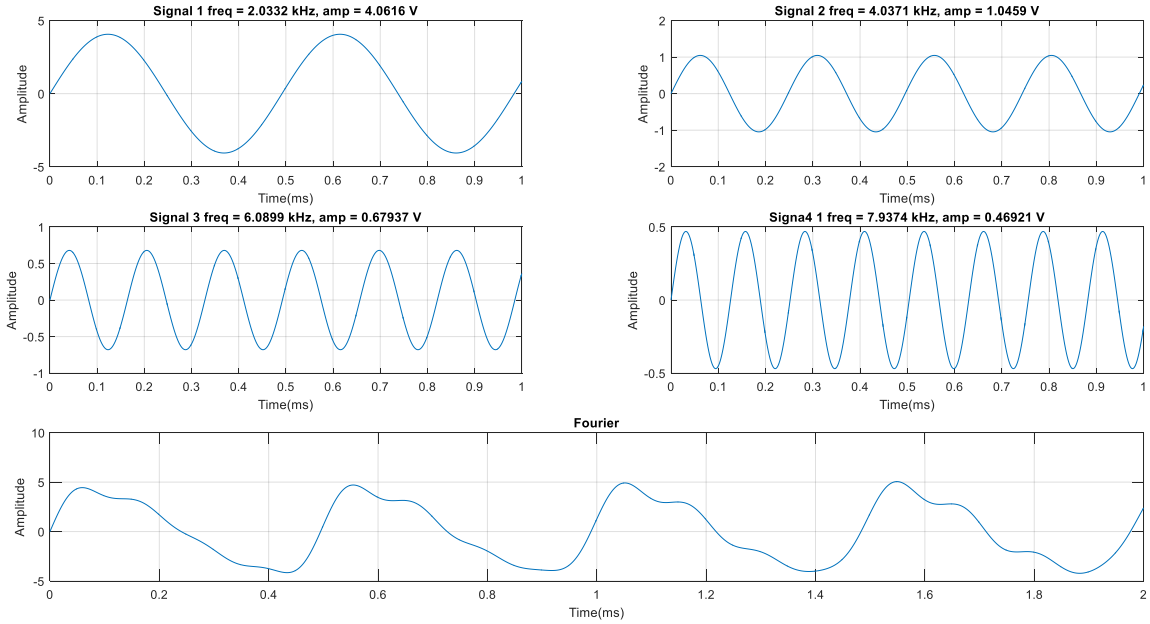
	สัญญาณสี่เหลี่ยม (%)	สัญญาณสามเหลี่ยม (%)	สัญญาณฟันเลื่อย (%)
ขนาดช่องที่ 1	0.82	0.49	1.54
ขนาดช่องที่ 2	0.58	0.59	4.59
ขนาดช่องที่ 3	1.66	3.14	2.95
ขนาดช่องที่ 4	3.34	12.41	6.12
ความถี่ช่องที่ 1	3.62	2.64	1.66
ความถี่ช่องที่ 2	0.29	5.25	0.93
ความถี่ช่องที่ 3	0.48	2.44	1.50
ความถี่ช่องที่ 4	1.38	3.06	0.78
ความผิดพลาดเฉลี่ย	1.52125%	3.7525%	2.50875%



ภาพที่ 7 รูปสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยชุดสาธิต



ภาพที่ 8 รูปสัญญาณสามเหลี่ยมที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยชุดสาธิต



ภาพที่ 9 รูปสัญญาณฟันเลื่อยที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ด้วยชุดสาธิต

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างชุดสาธิตการสังเคราะห์ฟูเรียร์ที่ใช้ต้นทุนต่ำ โดยการประยุกต์การทำงานร่วมกันระหว่างไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino และโปรแกรม MATLAB โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อบูรณาการการเรียนการสอนจากเดิมที่ใช้โปรแกรมควบคุมตัวแปรต่างๆ ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว นั้น มาพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้เครื่องมือหรือชุดสาธิตสำหรับการเรียนรู้และทำความเข้าใจการสังเคราะห์ฟูเรียร์รวมถึงเข้าใจองค์ประกอบของสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งชุดสาธิตนี้สามารถให้ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องมือวัดทางสัญญาณและแรงดันไฟฟ้าเพื่อฝึกปฏิบัติในการวัดวิเคราะห์สัญญาณและแรงดันขาเข้าได้ นอกจากนี้ยังเป็นการบูรณาการความรู้ด้าน Arduino ร่วมกับการออกโปรแกรม MATLAB เพื่อนำมาพัฒนาการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาให้สามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยชุดสาธิตสามารถแสดงผลสัญญาณที่ได้จากการสังเคราะห์ฟูเรียร์ ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ในลักษณะเวลาจริง โดยทำการทดสอบการสังเคราะห์ฟูเรียร์ของสัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย จากผลการทดสอบปรากฏว่ารูปสัญญาณทั้ง 3 สัญญาณที่สังเคราะห์ได้นั้น มีลักษณะคล้ายรูปสัญญาณทางทฤษฎีที่คาดหวังแต่เนื่องจากจำนวนองค์ประกอบของสัญญาณไซน์หรือโคไซน์มีจำนวนน้อยเพียง 4 ช่องสัญญาณจึงทำให้สัญญาณที่ได้นั้นยังไม่เป็นไปตามรูปสัญญาณตามทฤษฎีอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากชุดสาธิตนี้เป็นเพียงต้นแบบ จึงทำการทดสอบการสังเคราะห์ฟูเรียร์เพียง 4 ช่ององค์ประกอบสัญญาณ ซึ่งในอนาคตสามารถทำการพัฒนาให้ชุดสาธิตมีจำนวนองค์ประกอบสัญญาณมากขึ้นได้เพื่อให้ชุดสาธิตแสดงสัญญาณที่ผ่านการสังเคราะห์ฟูเรียร์ให้มีลักษณะสัญญาณเป็นไปตามทฤษฎีมากยิ่งขึ้น และจากการทดสอบความผิดพลาดของสัญญาณทางความถี่ และขนาดแรงดันของการสังเคราะห์สัญญาณสี่เหลี่ยม สัญญาณสามเหลี่ยม และ สัญญาณฟันเลื่อย มีค่าประมาณร้อยละ 1.5 , 3.7 และ 2.5 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

สำคัญ รัตนบุรี. 2557. **การสังเคราะห์อนุกรมฟูเรียร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic**. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 6(1) : 64-76.

Issa, A., Aqel, M. O. A., Albelbeisi, M. M., Elaila, M. O., & Mortaja, M. A. (2017, 16-17 Oct. 2017). Palletizing Manipulator Design and Control Using Arduino and MATLAB. Paper presented at the 2017 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET).

Sangmahamad, P. (2016). Mobile Jammer for 850 MHz band by using MATLAB Simulink software with Arduino board. ECTI-CARD, 487-490.

Zulkifli, S. A., Hussin, M. N., & Saad, A. S. (2014, 16-17 Dec. 2014). MATLAB-Arduino as a low cost microcontroller for 3 phase inverter. Paper presented at the 2014 IEEE Student Conference on Research and Development.

สายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมสำหรับประยุกต์ใช้กับการสื่อสารไร้สาย

Triangular Microstrip Patch Antenna for Wireless Communication Applications

เอกสิทธิ์ นุกูลเจริญลาภ[1]

Ekasit Nugoolcharoenlap[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมสำหรับประยุกต์ใช้กับการสื่อสารไร้สาย สายอากาศที่นำเสนอนี้ใช้หลักการออกแบบให้ใช้งานที่ความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ โดยสายอากาศไมโครสตริปแผ่นสามเหลี่ยมนี้ถูกสร้างด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ FR-4 มีความหนาของแผ่นวงจรพิมพ์เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นวัสดุที่มีราคาถูกและน้ำหนักเบา สายอากาศนี้ได้ทำการจำลองด้วยโปรแกรมจำลองทางแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสายอากาศได้ใกล้เคียงกับผลการวัดทดสอบ สายอากาศที่สร้างเสร็จสมบูรณ์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการสื่อสารไร้สายโดยการใช้โมดูลไร้สาย (Wireless USB Adapter) ในการรับสัญญาณอินเตอร์เน็ตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : สายอากาศไมโครสตริป, สายอากาศรูปทรงสามเหลี่ยม, สายอากาศไมโครสตริปแถวลำดับ

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

[1] Department of Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Phutthamonthon, Nakornprathom 73170, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : ekasit.nug@rmutr.ac.th

ABSTRACT

This paper presents a design and a fabrication process of the triangular microstrip patch antenna that can be used for applying with wireless communication. The proposed triangular patch has been designed to operate at 2.45 GHz. A 1.6 mm PCB FR-4 has been utilized as a microstrip material due to low price and light weight. The simulated results obtained from the EM simulation program to observing its efficiency of the antenna responses show good agreement with the measured results. The completed triangular antenna can be applied to be used with a wireless USB adapter for receiving the wireless internet signal in good performance.

Keyword: Microstrip Antenna, Triangular Antenna, Microstrip Array Antenna

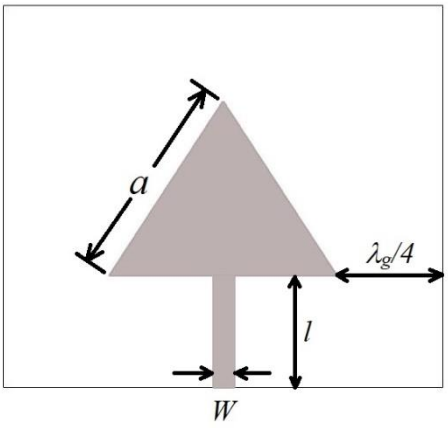
บทนำ

ในปัจจุบันการเทคโนโลยีสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีความสำคัญอย่างมากในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างพื้นที่ที่ห่างไกลโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication System) ที่ใช้สายอากาศเป็นอุปกรณ์สื่อกลางในการรับและส่งสัญญาณในระยะที่ไกล ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสื่อสารระยะทางไกล เช่น สายอากาศปากแตร สายอากาศไดโพล และสายอากาศไมโครสตริป เป็นต้น

สายอากาศไมโครสตริป เป็นสายอากาศประเภทหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายในการรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารต่างๆสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์สื่อสารเพื่อให้มีขนาดเล็กและสามารถพกพาได้ เช่น เครื่องเล่นวิทยุขนาดเล็ก (Small Radio) แลนแบบไร้สาย (Wireless LAN) โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วสายอากาศไมโครสตริปแบบมาตรฐานจะมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคือแผ่นรับ-ส่งสัญญาณของสายอากาศ เรียกว่า สายอากาศแบบแผ่นไมโครสตริป (Microstrip Patch Antenna) และซึ่งเป็นสายอากาศแบบแผ่นโดยมีข้อดี คือ มีขนาดที่เล็ก น้ำหนักเบา สร้างและออกแบบง่ายด้วยวิธีการทางเคมี แต่มีข้อจำกัดที่เสียพื้นที่ใช้งานมากเมื่อนำมาจัดเรียงกัน ดังนั้น สายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่า เมื่อนำมาจัดเรียงกันนั้นจะทำให้สามารถลดช่องว่างบนแผ่นวงจรพิมพ์ได้ดีกว่าแบบสี่เหลี่ยม หรือเป็นการลดช่องว่างที่ไม่ได้ใช้งาน เพื่อให้มีขนาดที่เล็กลงและรักษาประสิทธิภาพของสายอากาศได้ จากเหตุผลดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการออกแบบและสร้างสายอากาศโครงสร้างไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมขึ้นมา เพื่อประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สายในความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ ในบทความนี้ได้มีการนำเสนอ แนวทางการออกแบบ ผลการวัดทดสอบสายอากาศ การเปรียบเทียบระหว่างผลการจำลองการทำงานและผลการวัดทดสอบ และสรุปผล

การออกแบบสายอากาศ

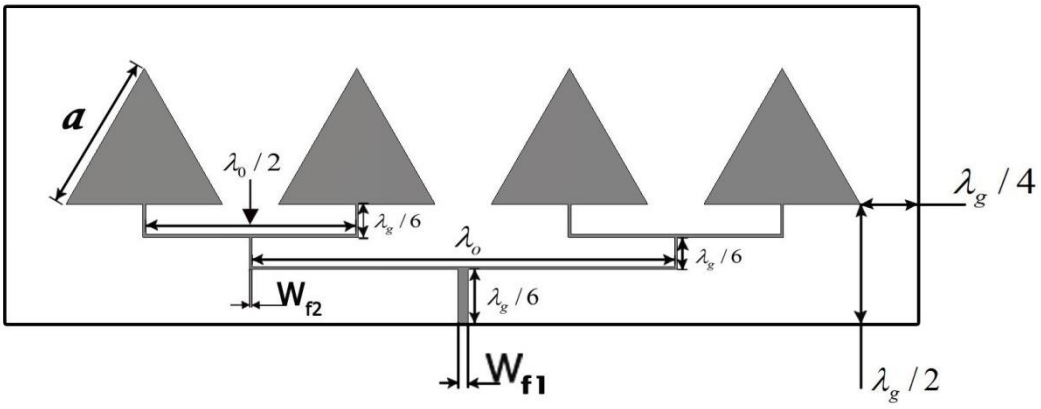
ในการออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแผ่นสามเหลี่ยมให้ทำงานในช่วงความถี่ที่ 2.45 GHz ด้วยแผ่นวงจรพิมพ์สองหน้าที่มีโครงสร้างแบบไมโครสตริปซึ่งทำจากวัสดุ FR-4 ที่มีค่าคงที่ไดอิเล็คตริก ε_r = 4.7 และค่าความสูงสับสเตรทของวัสดุ h = 1.6 mm ที่ใช้สำหรับออกแบบสายอากาศไมโครสตริปแผ่นสามเหลี่ยม โดยมีลักษณะโครงสร้างของสายอากาศดังแสดงในรูปที่ 1



ภาพที่1 ลักษณะโครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่า

สายอากาศที่แสดงในภาพที่ 1 ได้ถูกออกแบบโดยใช้การคำนวณจากทฤษฎีสมการการคำนวณออกแบบแผ่นแพร่กระจายคลื่นแบบสามเหลี่ยมโดยมีขนาดโครงสร้างสายอากาศ a = 39.31 mm l = 16.925 mm W = 3.11 mm h = 1.6 mm $\lambda g/4$ = 16.925 mm ซึ่งนำไปใช้เป็นสายอากาศตัวต้นแบบ

จากสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 1 ตัวที่ได้ทำการออกแบบ สามารถนำไปใช้เป็นสายอากาศต้นแบบเพื่อใช้ในการออกแบบเพิ่มจำนวนสายอากาศแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่าเป็นจำนวน 4 แผ่น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศด้วยเทคนิคการวางสายอากาศแบบแถวลำดับ (Antenna array technique) โดยมีลักษณะโครงสร้างของสายอากาศที่มีการออกแบบนี้แสดงดังรูปที่ 2

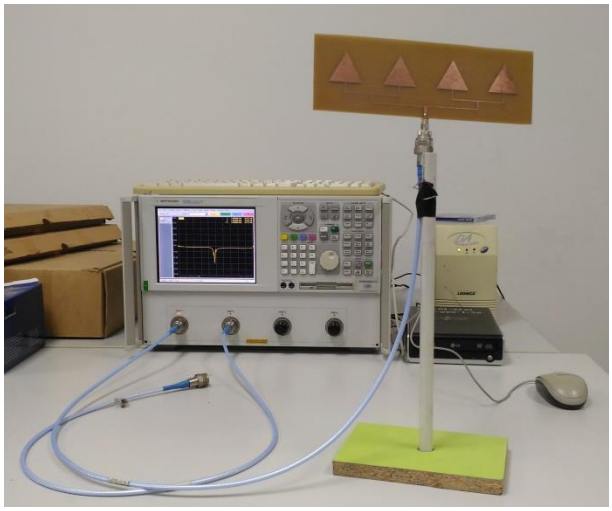


ภาพที่2 ลักษณะโครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่าทำการอาร์เรย์ 4 แผ่น

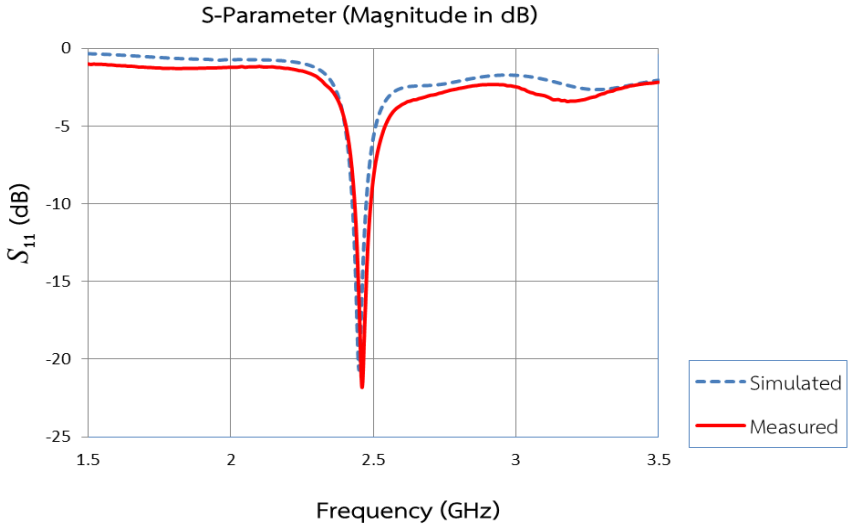
โดยสายอากาศที่แสดงในรูปที่ 2 ได้ออกแบบด้วยการคำนวณจากสมการการคำนวณออกแบบแผ่นแพร่กระจายคลื่นแผ่นสามเหลี่ยมโดยมีขนาดโครงสร้างสายอากาศ a = 37.58 mm W_{f1} = 3.11 mm W_{f2} = 0.68 mm λ_0 = 122.44 mm $\lambda_0/2$ = 61.22 mm $\lambda g/2$ = 33.85 mm $\lambda g/4$ = 16.925 mm $\lambda g/6$ = 11.28 mm

ผลการวัดและผลการเปรียบเทียบ

ในหัวข้อนี้เป็นการกล่าวถึงการวัดทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับทางอินพุต (S_{11}) ของสายอากาศ เพื่อนำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมจำลองทางแม่เหล็กไฟฟ้า ในการทดสอบวัดค่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับทางอินพุต (S_{11}) นี้จะใช้เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) ยี่ห้อ Agilent รุ่น N5230Aทำการวัดที่ย่านความถี่ตั้งแต่ 1.5 – 3.5 กิกะเฮิรตซ์ (GHz) นำเอาสายอากาศที่สร้างเสร็จมาทำการต่อเข้ากับเครื่องวัด โดยจะต่อเข้ากับปลายสายที่พอร์ต 1 ของเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย เพื่อดูผลการตอบสนองทางความถี่ S_{11} ในย่านความถี่ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3

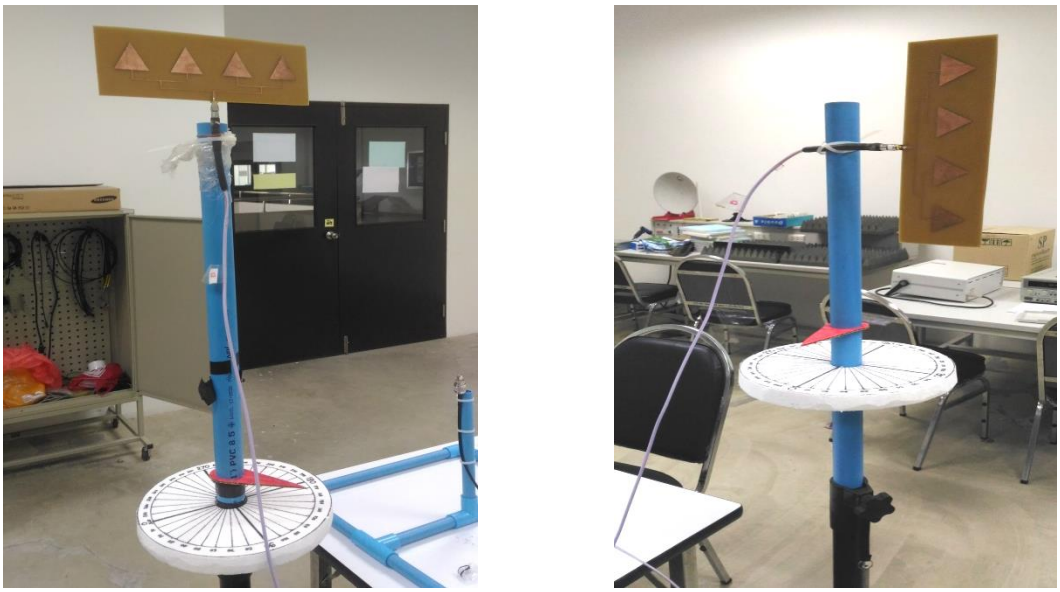


ภาพที่ 3 ภาพถ่ายการทดสอบสายอากาศไมโครสตริปที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ด้วยเครื่องวิเคราะห์โครงข่าย



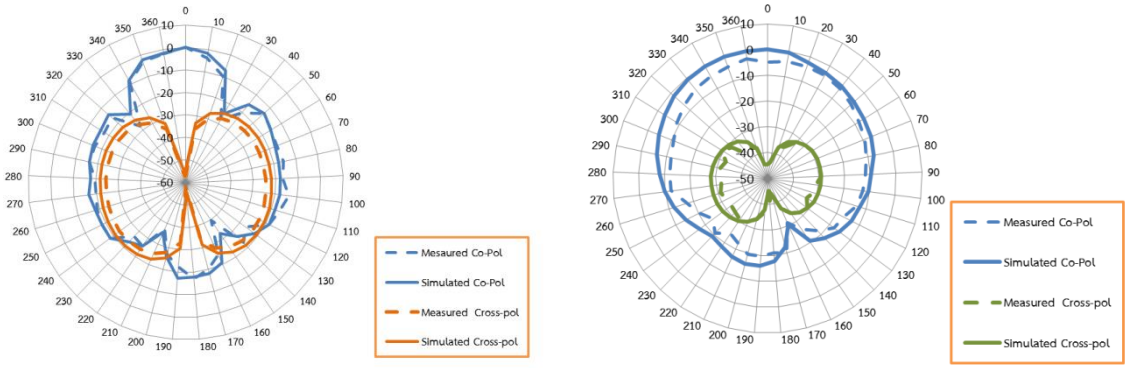
ภาพที่ 4 ผลเปรียบเทียบของการตอบสนองความถี่ (S_{11})ระหว่างผลการจำลองและผลการวัดทดสอบของสายอากาศไมโครสตริปแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่าทำการอาร์เรย์ 4 แผ่น

จากรูปที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับทางอินพุต (S_{11}) ของสายอากาศไมโครสตริปรูปทรงสามเหลี่ยม โดยผลการวัดจากเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายแสดงที่ความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ อ่านค่าได้ -24.286 dB ซึ่งต่างจากผลการจำลองประมาณ -3.849 dB และมีแบนด์วิดท์ประมาณ 2.61 เปอร์เซ็นต์ โดยที่แบนด์วิดท์ครอบคลุมช่วงความถี่ที่ใช้งานวัดที่ตำแหน่ง -10 dB คือ ตั้งแต่ 2.42 – 2.48 กิกะเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4



(ก) (ข)

ภาพที่ 5 ลักษณะการทดสอบการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศแบบแผ่นสามเหลี่ยมด้านเท่าทำการอาร์เรย์ 4 แผ่น (ก) ระนาบสนามไฟฟ้า (ข) ระนาบสนามแม่เหล็ก



(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ผลการจำลองเปรียบเทียบกับผลการวัดรูปการแพร่กระจายคลื่นใน (ก) ระนาบสนามไฟฟ้า(E-plane) (ข) ระนาบสนามแม่เหล็ก (H-plane)

การวัดทดสอบคุณสมบัติการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศวางบนระนาบสนามไฟฟ้า(E-plane) และสนามแม่เหล็ก (H-plane) แสดงในรูปที่ 5 โดยลักษณะการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศไมโครสตริปรูปทรงสามเหลี่ยมวางเรียงกัน 4 แผ่นทำการทดสอบที่ย่านความถี่ 2.45 กิกะเฮิรตซ์ บนระนาบสนามไฟฟ้า (E-plane) แสดงในรูปที่ 6(ก) จะมีค่าความแตกต่างระหว่างโคโพราไรเซชั่น (Co-Polarization) เมื่อเทียบกับ ของครอสโพลาไรเซชั่น (Cross-polarization) ต่ำสุดที่ประมาณ 6 dB และทดสอบบนระนาบสนามแม่เหล็ก (H-Plane) แสดงในรูปที่ 6(ข) ของโคโพราไรเซชั่น (Co-Polarization) เมื่อเทียบกับ ของครอสโพลาไรเซชั่น (Cross-Polarization) ต่ำสุดที่ประมาณ 10 dB ซึ่งผลการจำลองและผลการวัดทดสอบจริงมีความใกล้เคียงกัน จากผลการทดสอบที่ได้แสดงถึงคุณสมบัติการขจัดการรับสัญญาณด้านตรงข้ามได้ค่อนข้างดี มีการแพร่กระจายคลื่นแบบทิศทางเดียว (Directional radiation) ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติของสายอากาศที่มีอัตราขยายสูงกว่าแบบรูปการแพร่กระจายคลื่นแบบรอบทิศทาง

สรุปผลการวิจัย

สายอากาศไมโครสตริปที่นำเสนอได้ใช้วิธีการใหม่ในการสร้างและออกแบบ โดยสายอากาศให้มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งจะมีอัตราขยายที่สูงเนื่องจากสายอากาศไมโครสตริปรูปทรงสามเหลี่ยม ตัวแผ่นแพร่กระจายคลื่น (Patch Antenna) แบบสามเหลี่ยมจะมีการรวมพลังงานที่สูงสุดไว้ที่ปลายของสามเหลี่ยม จึงเป็นข้อได้เปรียบของสายอากาศชนิดนี้ และแผ่นกระจายคลื่นแบบสามเหลี่ยมมีขนาดเล็กกว่าแผ่นกระจายคลื่นแบบเหลี่ยมถึง 2 เท่า และผลที่ได้จากการวัดทดสอบและการจำลองผลมีค่าที่สอดคล้องกันทางด้านการตอบสนองความถี่ของ S_{11} และผลที่ทดสอบตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงสามารถนำสายอากาศไมโครสตริปรูปทรงสามเหลี่ยมไปประยุกต์ใช้กับการสื่อสารไร้สายได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มวิจัยสื่อสารไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้โปรแกรมจำลองทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่นำเสนอในบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

โมไนย ไกรฤกษ์. 2535. **ทฤษฎีสายอากาศ**. หจก.สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. กรุงเทพ.

บัณฑิต โรจน์อารยานนท์. 2537. **วิศวกรรมสายอากาศ พิมพ์ครั้งที่ 4**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพ.

Mahesh C P, P M Hadalgi. 2015. Design and Development of Proximity Coupled Equilateral Triangular Microstrip Antenana for Quad Band Operation and Enhancement of Bandwidth. **Gulbarga University** India.

Swati, Tarun kumar, Amul Kr. Aggarwal. 2012. Dual band Equilateral Triangular Patch Antenan. **ABESE Engineering College** India

Prakash Kumar jha, Sunil Kumar Singh. ENHANVEMENT OF BANDWIDTH IN TRIANGULAR MICROSTRIP PATCH ANTENNA USING EBG STRUCTURE IN GROUND PLANE. 2016 **Engineering Jabalpur College** India

Parmita Patil. Bandwidth Enhanced Triangular Microstrip Antenna for Wireless Application. 2014 **Jhulelal Institute of Technology** India

ศึกษาสนามการไหลและประสิทธิภาพของกังหันลมแนวแกนนอน จากอวิสต้าโปรไฟล์ในอุโมงค์ลม

Study on Flow Field and Performance of Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) from Avista Profile in Wind Tunnel

ติณณภพ แพงผม[1*] วิทยา แก้วสุริยวงค์[1] และ เดชา อินทร์โท่โล่[2]

Tinnapob Phengpom[1*] Wittaya Kaewsuriyawong[1] Decha Intholo[2]

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือพยายามที่จะศึกษาลักษณะสนามการไหลและประสิทธิภาพของกังหันลมที่ทำจากอวิสต้าโปรไฟล์โดยเน้นเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับอิทธิพลของความเร็วลัพธ์ 3 มิติในบริเวณใกล้เคียงพื้นผิวใบพัด ชนิดของกังหันลมที่ทำการศึกษาเป็นชนิดกังหันลมแนวแกนนอน การวัดความเร็วลัพธ์ 3 มิติจะทำการวัดในอุโมงค์ลม ความเร็วลัพธ์ 3 มิติถูกวัดด้วยเครื่องมือที่ชื่อว่า Laser Doppler Velocimetry (LDV) ทุกการทดลองในงานวิจัยนี้ทำการทดลองที่สภาวะกังหันลมหมุนในช่วงอัตราส่วนความเร็วปลายใบที่ให้สัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุด (Optimum Tip Speed Ratio) ใบพัดที่ทดลองทำจากอวิสต้าโปรไฟล์ทั้งหมด และกังหันลมแนวแกนนอนเป็นชนิดแบบ 3 ใบพัดโดยมีรัศมี 0.8 เมตร สัมประสิทธิ์กำลังงานสูงสุดที่ได้จากกังหันลมตัวนี้คือ 0.43 ณ ความเร็วปลายใบ 6.0 ความเร็วลัพธ์ 3 มิติในงานวิจัยนี้จะแสดงในรูปแบบ สนามการไหลของความเร็วในแนวชยา และระดับสีของความเร็วในแนวกางใบ ในแต่ละภาคตัดขวางใบพัด ผลลัพธ์จากการทดลองแสดงถึงสนามการไหลของความเร็วในแนวชยามีอิทธิพลสูงบริเวณใกล้โคนใบพัด บริเวณปลายของใบพัดจะมีการม้วนตัวของอากาศที่ปลายปีก (Tip vortex) เนื่องจากอิทธิพลของความเร็วในแนวกางใบ (Span-wise velocity) การม้วนตัวของอากาศที่ปลายปีกจะไหลผ่านไปด้านหลังใบพัด (Downstream side) และจะค่อยๆออกจากแนวรัศมีของใบพัด (Radially outward)

คำสำคัญ : กังหันลมแนวแกนนอน, พลังงานลม, ความเร็วในแนวกางใบ

ABSTRACT

The main objective of this research attempted to study the characteristic of a flow field and performance of a wind turbine blade which makes from Avista profile, focusing particularly on the influence of a three-dimensional velocity in the vicinity of the blade surface. The type of the test wind turbine is a Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT). Measured three-dimensional velocity data were performed in a wind tunnel. The three-dimensional velocity was detected by using Laser Doppler Velocimetry (LDV). All experiments were conducted for the optimum tip speed ratio. All blade shape made from Avista profile and has the three-bladed rotor with a radius of 0.800 m. The maximum power coefficient of the test wind turbine is 0.43 at the tip speed ratio of 6.0. As a result, it is clarified that the three-dimensional velocity was presented as the chordwise velocity flow field. The flow field exhibits a high influence on the inboard. However, the tip of the wind turbine blade has high span-wise velocity at the trailing part of the blade section and observes the high effect of the tip vortex. The tip vortex from this wind turbine rotor has a direction toward the downstream side and radially outward.

Keyword: Horizontal Axis Wind Turbine, Wind Energy, Laser Doppler Velocimetry, Span-wise velocity

---

1 วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170

1 Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya Sub-district, Phutthamonthon District, Nakhon Pathom Province 73170, Thailand

2 สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

2 Department of Mechanical, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Ransit Sub-district, Thanyaburi District, Pathum Thani Province 12110, Thailand

* ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Tinnapob.phe@rmutr.ac.t

บทนำ

ตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่สำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์ก็คือพลังงาน ปัจจุบันรัฐบาลไทยได้มีนโยบายให้มีการนำพลังงานทดแทนมาใช้ประโยชน์มากขึ้น สำหรับแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ. 2551-2565 ประเทศไทยมีเป้าหมายการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายโดยการเพิ่มพลังงานทดแทนให้ถึง 20% ภายในปี พ.ศ. 2565โดยมีเป้าหมายของการผลิตพลังงานทดแทนดังนี้เรียงตามสำดับความสำคัญ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) ดังนี้ 1. ชีวมวล 3,700 เมกะวัตต์ 2. ลม 800 เมกะวัตต์ 3. แสงอาทิตย์ 500 เมกกะวัตต์ 4. ไฮโดร 324 เมกะวัตต์ 5. MSW 160 เมกกะวัตต์ 6. ก๊าซชีวภาพ 120 เมกะวัตต์และอื่น ๆ 3.5 เมกะวัตต์ สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาประสิทธิภาพของ “กังหันลม” เพื่อใช้ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์จากลมมาเป็นพลังงานกลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในอนาคต โดยมีความคิดที่จะพัฒนารูปร่างใบพัดกังหันลมแนวแกนนอนให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยใบพัดที่ออกแบบสามารถมีสัมประสิทธิ์กำลังงานใกล้เคียงกับทฤษฎี โดยปกติกังหันลมสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ จากการวางตัวของแนวแกนหมุนคือ กังหันลมแนวแกนนอน (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) และกังหันลมแนวแกนตั้ง (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT) สำหรับกังหันลมแนวแกนนอนเหมาะสมกับงานผลิตพลังงานขนาดใหญ่ (Large scale) เหมาะกับการติดตั้งในภูมิประเทศที่มีพื้นที่ราบลุ่มหรือในพื้นที่เป็นภูเขา (Saad, et al., 2014) ในขณะที่กังหันลมแนวแกนตั้งเหมาะสมกับงานผลิตพลังงานขนาดเล็ก (Small scale) และเหมาะสมกับการติดตั้งในพื้นที่เมือง สำหรับในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากังหันลมแนวแกนนอน

การศึกษาเกี่ยวกับพลังงานลมได้มีนักวิจัยศึกษาแพร่หลายกันทั่วโลก สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับพลังงานลมอย่างจริงจังเช่นกัน โดยเฉพาะศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้ทำการวิจัย “โครงการศึกษา วิจัยพัฒนา สาธิตต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วต่ำ” สำหรับผลการวิจัยสามารถทำให้ประเทศไทยได้ต้นแบบกังหันลมแนวแกนนอนในการผลิตไฟฟ้าขนาด 5 กิโลวัตต์ที่เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลมเฉลี่ย 3-4 เมตรต่อวินาที (วิรชัย โรยนรินทร์, 2551) และ “โครงการวิจัยเพื่อพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าแบบขนาด 50 กิโลวัตต์” โดยการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบกังหันลมแนวแกนนอนให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ที่ความเร็วต่ำและเหมาะสมกับประเทศไทย การทดสองพบว่ากังหันลมเริ่มผลิตไฟฟ้าที่ความเร็วลม 2.5 เมตรต่อวินาทีและได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 50 กิโลวัตต์ที่ความเร็วลม 10.5 เมตรต่อวินาที ซึ่งจะได้กังหันลมที่มีประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ 30 เปอร์เซ็นต์ของกำลังสูงสุดสำหรับลมเฉลี่ยในประเทศไทย (วิรชัย โรยนรินทร์, 2552)

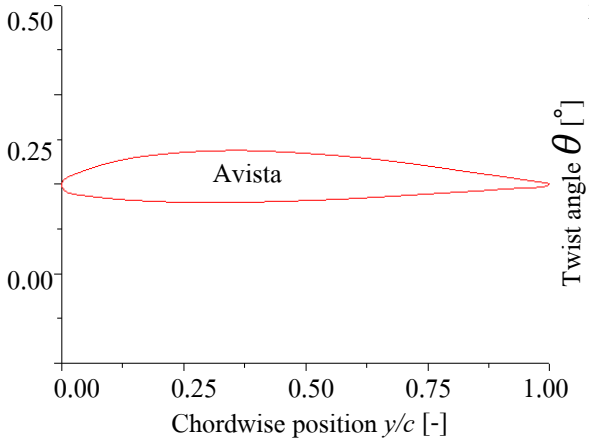
สำหรับในต่างประเทศมีงานวิจัยที่โดดเด่นในการศึกษากังหันลมแนวแกนนอนดังนี้ ได้มีความพยายามที่จะศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการไหลของอากาศผ่านพื้นผิวใบพัดด้วยการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า LDV (Laser Doppler velocimetry) (Phengpom et al., 2015a ; Phengpom et al., 2015b ; Phengpom et al., 2016) จากการศึกษาการไหลของอากาศผ่านพื้นผิวของกังหันลมแนวแกนนอนขนาดโรเตอร์เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.4 เมตร ซึ่งใบพัดประกอบไปด้วยแพนอากาศ DU91-W2-250, DU93 W-210, NACA63-618 และ NACA63-215 จำนวน 3 ใบพบว่ากระแสลมที่กระทำกับพื้นผิวใบพัดประกอบไปด้วยส่วนประกอบความเร็ว 3 ส่วนคือ Axial velocity , Tangential velocity, และ Span-wise velocity ในการศึกษาพิจารณาสนามการไหลของอากาศบนภาคตัดขวางใบพัด (Blade section) โดยเมื่อพิจารณาบริเวณโคนใบ (Inboard) สนามการไหลของอากาศจะรุนแรงบริเวณขายปีกหน้า (Leading edge) ส่วนบริเวณปลายใบ (Outboard) จะมีลักษณะคล้ายกันแต่สนามการไหลของอากาศจะมีความรุนแรงน้อยกว่า นอกจากนี้การทดลองยังพบว่า ความเร็วในแนวกางใบ หรือ Span-wise velocity เกิดขึ้นจากแรงหนีศูนย์กลาง ขณะที่ใบพัดกังหันลมหมุน อย่างไรก็ตามได้มีนักวิจัยพยายามที่จะพัฒนาโรเตอร์ของกังหันลมโดยการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงกระแสลม (Wind speed profile) เปรียบเทียบกับการคำนวณทางด้านตัวเลขโดยการใช้ทฤษฎี Blade Element Momentum (BEM) จากผลการทดสอบและการคำนวณทางด้านตัวเลขมีความแตกต่างกันเนื่องจาก

ความซับซ้อนของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ (Three-dimensional velocity) ที่เกิดจากการหมุนของใบพัด (Rotational effect) ในสภาพการปฏิบัติงาน (Operating condition) (Rezenn et al, 2009)

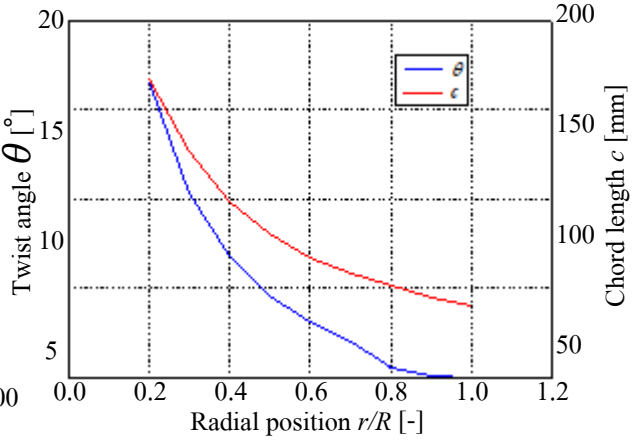
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ใบพัดต้นแบบ

กังหันลมต้นแบบเป็นกังหันลมชนิดแนวแกนนอน (HAWT) ชนิด 3 ใบพัด โรเตอร์ของกังหันลมมีรัศมี 0.8 เมตร ภาพที่ 1 แสดงลักษณะรูปร่างของอวิสต้าโปรไฟล์ ใบพัดทั้ง 3 ใบ ของกังหันลมต้นแบบทำจากรูปร่างของ อวิสต้าโปรไฟล์ทั้งหมด ใบพัดที่ออกแบบโครงสร้างทำจากโพลียูรีเทน รูปร่างมีการบิด (Twisted blade) และเรียวทีละนิดจนถึงปลายใบ (Tapered blade) เหมือนกังหันลมที่ขายในเชิงพาณิชย์ การออกแบบใช้ทฤษฎี Blade Element Momentum (BEM)



ภาพที่ 1 อวิสต้าโปรไฟล์



ภาพที่ 2 การกระจายมุมบิดและความยาวคอร์ด

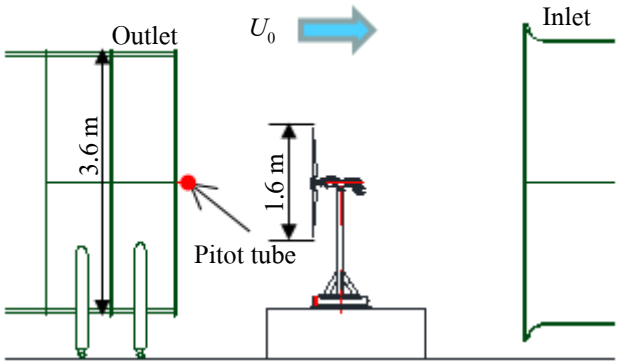
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะการกระจายมุมบิดและความยาวคอร์ดของใบพัด ลักษณะของใบพัดที่ใกล้โคนจะมีมุมบิดมากและมีขนาดความยาวคอร์ดมากเช่นกันหลังจากนั้นมุมบิดของใบพัดจะค่อยๆ ลดลงพร้อมกับการลดความยาวคอร์ดลงทำให้ใบพัดมีลักษณะเรียวปลาย

2. อุโมงค์ลม

ภาพที่ 3 แสดงภาพของอุโมงค์ลมที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้อยู่ที่ ภาควิชาเครื่องกล มหาวิทยาลัยมิเอะ ประเทศญี่ปุ่น ชนิดของอุโมงค์ลมเป็นแบบเกิททิงเงิน (Göttingen wind tunnel) ภาพที่ 4 แสดงภาพภายในพื้นที่ทดลองในอุโมงค์ลม ลักษณะพื้นที่ทดลองเป็นพื้นที่เปิดโล่ง (Open test section) ช่องลมออก (Outlet) มีลักษณะเป็นวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 เมตร อุโมงค์ลมเกิดอากาศหมุนวนได้จากโบเวอร์ขนาด 400 กิโลวัตต์ ซึ่ง โบเวอร์สามารถสร้างกระแสลมหลัก (Mainstream velocity, U_0) ได้ในช่วง 1-30 เมตรต่อวินาที ท่อปิโตต์ที่ติดตั้งไว้บริเวณทางออกของอากาศใช้ในการตรวจวัดความเร็วลม การทดลองได้ทำการศึกษาความเร็วของกระแสลมหลักในช่วง 2 – 10 เมตรต่อวินาที ส่วนในงานวิจัยฉบับนี้จะแสดงผลเฉพาะในการศึกษากระแสลมหลักคงที่ 8 เมตรต่อวินาที การหมุนของใบพัดกังหันลมบังคับด้วยเซอร์โวมอเตอร์ เครื่องวัดแรงบิดและเซนเซอร์วัดความเร็วในการหมุนทำการติดตั้งไว้ที่แกนหมุนของโรเตอร์เพื่อใช้ในการศึกษากำลังทางกลที่เกิดจากการหมุนของใบพัดกังหันลม



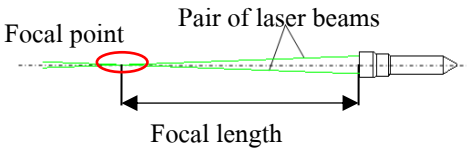
ภาพที่ 3 อุโมงค์ลมชนิดแบบเกิททิงเงิน



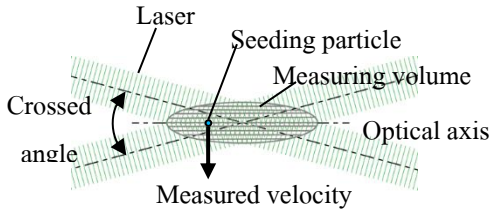
ภาพที่ 4 การติดตั้งกังหันลมต้นแบบในอุโมงค์ลม

3. เทคนิคการวัด

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเร็วลมในอุโมงค์ลมเรียกว่า Laser Doppler Velocimetry หรือ LDV เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการวัดความเร็วของลมหรือแก๊สได้ ซึ่งหลักการวัดใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เรียกว่าปรากฏการณ์ “ดอปเพลอร์ (Doppler effect)” ข้อได้เปรียบของวิธีนี้ก็คือสร้างปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว (Measuring volume) โดยการตัดกันของเลเซอร์สองเส้นที่ความยาวคลื่นเท่ากัน (Pair of laser beams) ที่ตำแหน่งโฟกัส (Focal length) ระบบ LDV จะไม่มีการรบกวนการไหลในปริมาตรของ Measuring volume ในขณะที่วัด ไม่สามารถส่งผลกระทบต่อการวัดด้วยวิธี LDV ภาพที่ 5 แสดงการสร้างปริมาตรวัดความเร็วหรือ Measuring volume จากการตัดกันของเลเซอร์สองเส้นที่ความยาวคลื่นเท่ากันที่ระยะโฟกัสของเลเซอร์ ภาพที่ 6 แสดงพื้นที่ของปริมาตรวัดความเร็ว จะมีลักษณะเป็นพื้นผิววงรี พื้นผิวของวงรีเรียกว่าปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว (Measuring volume) สำหรับระบบ LDV จะทำการวัดได้เมื่อปล่อยละอองควัน (Seeding particle) ไปพร้อมกับกระแสลม เมื่อละอองควันกระทบกับปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็วจะเกิดการสะท้อนของแสงเลเซอร์ (Reflected light) ความถี่ที่ได้จากการสะท้อนแสง ระบบ LDV จะประมวลผลเป็นค่าความเร็ว ปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว 1 ปริมาตรจะสามารถวัดความเร็วลมได้เพียง 1 ทิศทางเท่านั้น ดังนั้นในการที่จะสามารถวัดความเร็วลม 3 ทิศทางเพื่อหาความเร็วลัพธ์ 3 มิติ จำเป็นต้องทำปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว 3 ปริมาตรตัดกันทำให้เกิด จุดวัดความเร็ว (Measuring point) เพื่อใช้วัดความเร็วใน 3 ทิศทางในครั้งเดียว



ภาพที่ 5 การสร้างปริมาตรวัดความเร็ว



ภาพที่ 6 ปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว (Measuring volume)

ในการวิจัยครั้งนี้สนใจจะวัดส่วนประกอบความเร็ว (Velocity components) ในแกน *X*, *Y* และ Z ตามระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 3 มิติ สำหรับการวัดจะติดตั้ง หัวเลเซอร์ LDV (LDV Probe) 2 หัว ในแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งดังภาพที่ 7 หัวเลเซอร์ LDV 2 หัว จะสร้างคู่ของแสงเลเซอร์ 3 คู่ ได้แก่ สีเขียวกับสีน้ำเงินที่ปล่อยมาจากหัวเลเซอร์ A และสีม่วงที่ปล่อยมาจากหัวเลเซอร์ B ปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว (Measuring volume) แต่ละคู่เลเซอร์จะตัดกันจนเกิดจุดวัดความเร็ว (Measuring point)

ภาพที่ 7 เป็นลักษณะการวางหัวเลเซอร์ LDV ทั้ง 2 ตัว แกน *X*, แกน *Y*, และ แกน *Z* แสดงถึงแกนในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน 3 มิติ จุดวัดความเร็ว (Measuring point) เกิดจากการตัดกันของปริมาตรที่ใช้ในการวัดความเร็ว (Measuring volume) 3 ปริมาตร มีขนาดรูปร่างเป็นปริมาตรทรงรีซึ่งมองในระนาบ *Y-Z* จะมีขนาด 0.15 เมตร x 0.14 เมตร ณ ตำแหน่งมุมหมุนของโรเตอร์ หรือมุมอะซิมุท (Azimuth angle, Ψ) เท่ากับ 270° จุดวัดความเร็วสามารถเปลี่ยนตำแหน่งในแกน *X* และ *Z* ในการวัดส่วนประกอบความเร็วค่ามุมอะซิมุทสามารถตรวจวัดองศาได้อย่างแม่นยำโดยใช้ Single reset pulse ส่วนประกอบความเร็วที่วัดได้จากจุดวัดความเร็วจะเป็นส่วนประกอบความเร็วในแนวแกนของ LDV coordinate (ส่วนประกอบความเร็ว u_1, u_2, และ u_3) ซึ่งใช้วิธีการคำนวณเวกเตอร์ในการแปลงส่วนประกอบความเร็วเข้าสู่แกน *X*, *Y*, และ *Z* (ส่วนประกอบความเร็ว *u*, *v* และ *w*) ภาพที่ 8 แสดงรูปด้านข้าง ด้านบน และด้านบนของตำแหน่งการวางหัวเลเซอร์ทั้ง 2 หัว สำหรับหัวเลเซอร์ A วางไว้ในแนวแกนนอนที่ตำแหน่งความสูงของแกนโรเตอร์และปรับหัวเลเซอร์เอียงทำมุม $\theta_3 = 10°$ เพื่อป้องกันการรบกวนการวัดความเร็ว จากการหมุนของใบพัด ระยะโฟกัสของหัวเลเซอร์ A เท่ากับ 1.0 เมตร หัวเลเซอร์ A สามารถวัดส่วนประกอบความเร็ว u_1 และ u_2 โดยมีทิศทางของส่วนประกอบความเร็วทำมุมเอียง $\theta_1 = 45°$ และ $\theta_2 = -45°$ กับแกนของโรเตอร์

การวัดวางตำแหน่งหัวเลเซอร์ B จะวางไว้ในตำแหน่งแนวแกนตั้งและเอียงทำมุม $\theta_4 = 70°$ ระยะโฟกัสของหัวเลเซอร์ B เท่ากับ 1.6 เมตร หัวเลเซอร์ B สามารถวัดส่วนประกอบความเร็ว u_3 ในทิศทางแกน *z* ในการเปลี่ยน ส่วนประกอบความเร็ว u_1, u_2 และ u_3 เข้าสู่ระบบแกนคาร์ทีเซียน 3 มิติ ได้ดังสมการที่ 1

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta_1\cos\theta_3 & \sin\theta_1 & \cos\theta_1\sin\theta_3 \\ \cos\theta_2\cos\theta_3 & \sin\theta_2 & \cos\theta_2\sin\theta_3 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} \tag{1}$$

จาก $\theta_1 = 45°, \theta_2 = -45°$ และ $\theta_3 = 10°$

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.696 & 0.707 & 0.123 \\ 0.696 & -0.707 & 0.123 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} \tag{2}$$

ส่วนผสมของส่วนประกอบความเร็วที่ได้รับจากการวัดสามารถแตกเวกเตอร์เข้าสู่แนวแกน *X*, *Y* และ *Z* จากคุณสมบัติของเมทริกซ์ผกผัน ดังนั้นส่วนประกอบความเร็ว *u*, *v* และ *w*

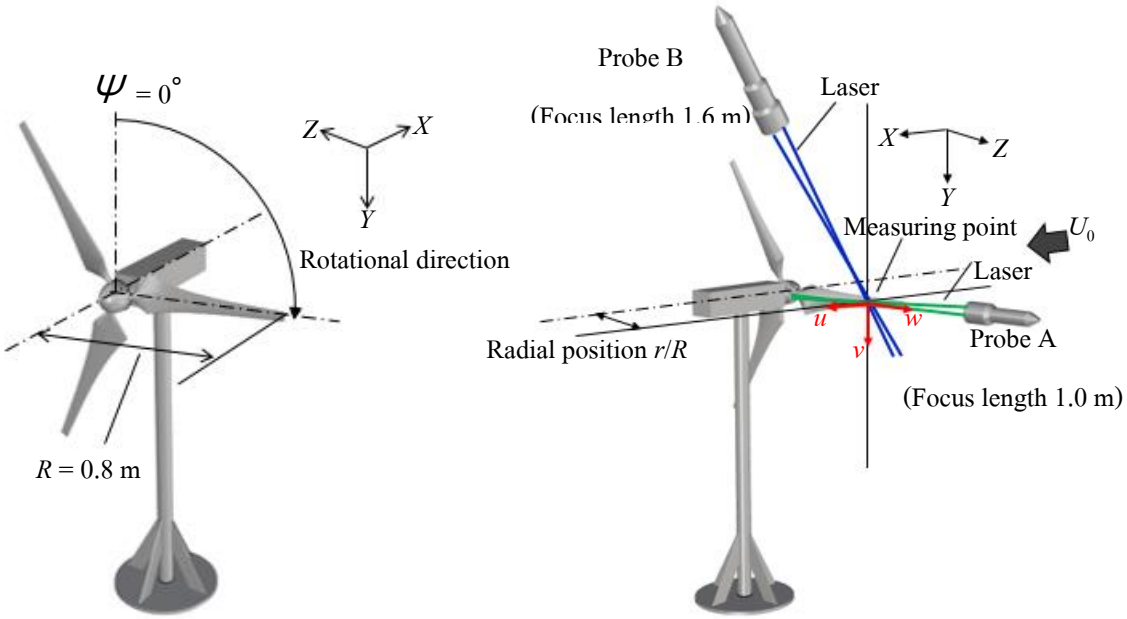
$$\begin{pmatrix} u \\ v \\ w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.718 & 0.718 & -0.177 \\ 0.707 & -0.707 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

ส่วนประกอบความเร็ว u_1, u_2 และ u_3 กับส่วนประกอบความเร็ว u, v และ w มีความสัมพันธ์กันดังนี้

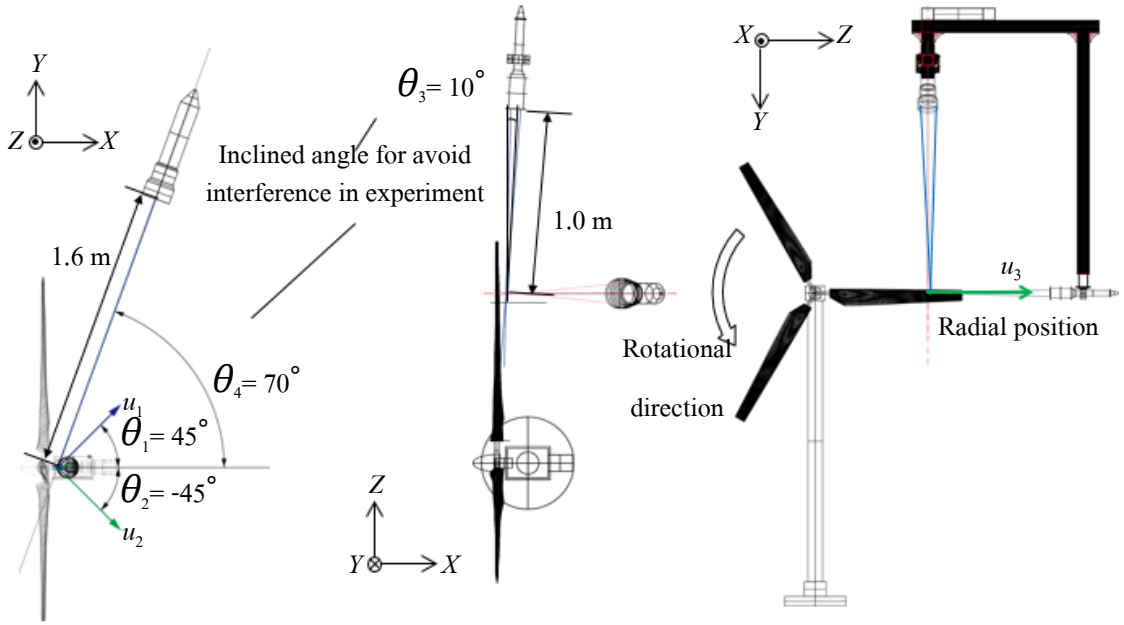
$$u = 0.718u_1 + 0.718u_2 - 0.177u_3 \quad (4)$$

$$v = 0.707u_1 - 0.707u_2 \quad (5)$$

$$w = u_3 \quad (6)$$



ภาพที่ 7 กังหันลมและตำแหน่งการวางหัวเลเซอร์



(ก) ภาพด้านข้าง (ข) ภาพด้านบน (ค) ภาพด้านหน้า

ภาพที่ 8 ตำแหน่งการวางหัวเลเซอร์ A และหัวเลเซอร์ B

ค่าประสิทธิภาพของกังหันลมแสดงในรูปแบบค่าสัมประสิทธิ์กำลังงาน C_p ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C_p = \frac{Q\,R}{0.5\rho A_d U_0^3} = \frac{P}{0.5\rho A_d U_0^3} \tag{7}$$

เมื่อ Q = แรงบิด (นิวตันเมตร)

R = รัศมีของใบพัด (=1,200) (เมตร)

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

A_d = พื้นที่กวาดของใบพัด (เมตร)

U_0 = กระแสลมจากอุโมงค์ลม (=7) (เมตร)

P = กำลังงาน (วัตต์)

ความเร็วปลายใบสามารถคำนวณได้จาก

$$\lambda = \frac{Q\,R}{U_0} \tag{8}$$

การกระจายความเร็วลมบนผิวใบพัดในรูปแบบความเร็วลัพธ์ 3 มิติ (Three-dimensional velocity) สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบความเร็ว u, v และ w

$$\left|U_{3D}\right| = \sqrt{u^2 + (-v + \omega r)^2 + w^2} \tag{9}$$

เมื่อ ω = ความเร็วเชิงมุมของใบพัด (เรเดียนต่อวินาที)

u = ส่วนประกอบความเร็วในแนวแกน X (เมตรต่อวินาที)

v = ส่วนประกอบความเร็วในแนวแกน Y (เมตรต่อวินาที)

w = ส่วนประกอบความเร็วในแนวแกน Z (เมตรต่อวินาที)

r = รัศมีของใบพัดที่ระยะใดๆ (เมตร)

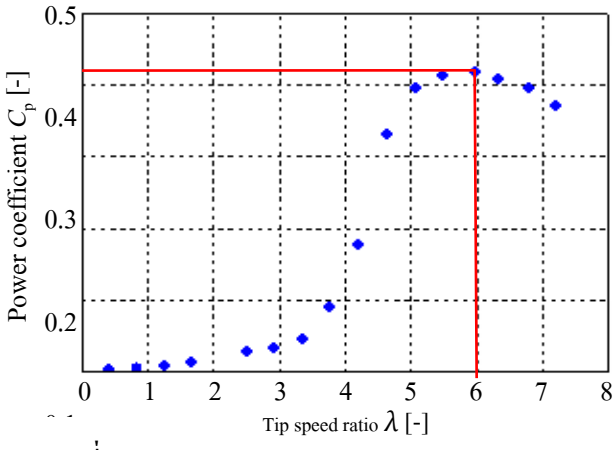
ความเร็วลัพธ์จะแสดงในรูปตัวแปรไร้มิติ ซึ่งในการวิจัยนี้จะแสดงในรูปตัวแปรไร้มิติโดยการเทียบกับความเร็วสัมพัทธ์ที่ไหลเข้า (Geometrical inflow velocity) ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$U_{\text{ref}} = \sqrt{[U_0(1-a)]^2 + [\omega r(1+a')]^2} \tag{10}$$

โดย a และ a' สามารถหาค่าได้จากทฤษฎี BEM

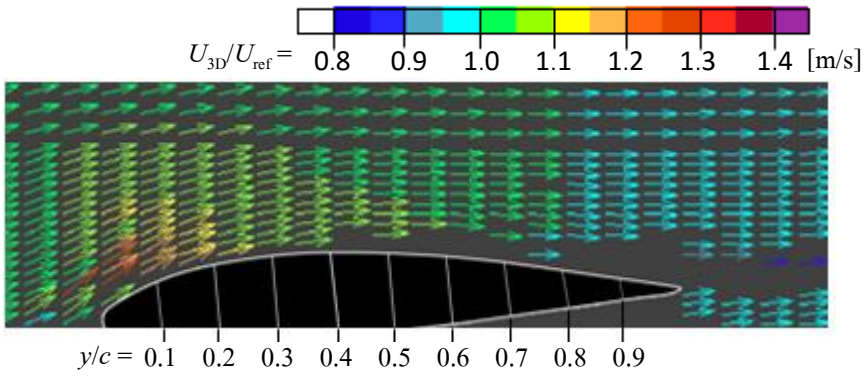
ผลและวิจารณ์ผล

ดังแสดงในภาพที่ 9 จะสังเกตได้ว่าในสภาวะที่ความเร็วปลายใบสูงมากไปจะได้ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานต่ำเช่นกัน เนื่องจากเมื่อกังหันลมหมุนเร็วมากไปจะทำตัวเหมือนกำแพงขนาดใหญ่ (Solid wall) เมื่อกระแสลมไหลมากระทบจะเกิดการปิดกั้นทำให้ประสิทธิภาพตกลง จุดที่ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานที่ดีที่สุด คือจุด “Optimum point” ซึ่งกังหันลมตัวนี้มีจุดที่ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานที่ดีที่สุดคือที่อัตราส่วนความเร็วปลายใบ 6.0 จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ของกำลังงาน 0.42

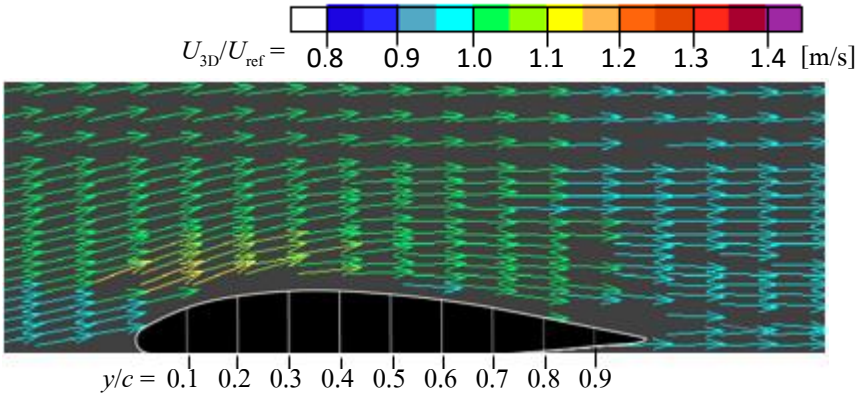


ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพของกังหันลมแนวแกนนอน

ภาพที่ 10 แสดงสนามการไหลของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ บนผิวของใบพัดที่ระยะ $r/R = 0.6$ ในสภาวะกังหันต้นแบบหมุนทำงานประสิทธิภาพดีที่สุด ($\lambda = 6.0$) โดยภาพแสดงในรูปแบบภาคตัดขวางของแพนอากาศ ความเข้มข้นของความเร็วลัพธ์ 3 มิตินี้จะระบุเป็นระดับสี ระยะคอร์ดของภาคตัดขวางใบพัด y/c ใช้อ้างอิงถึงตำแหน่งความเข้มข้นของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ จากภาพที่ 10 จะสังเกตได้ว่า ระยะคอร์ด $0.05 < y/c < 0.1$ แสดงความเข้มข้นของความเร็วลัพธ์ 3 มิติสูงสุดอยู่ในช่วง $1.30 < U_{3D}/U_{ref} < 1.35$ ความเร็วลัพธ์ 3 มิติ จะค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ อย่างช้าๆ จนต่ำสุดที่ขายปีกหลัง (Trailing edge) เนื่องจากการฟื้นตัวคืนของความดัน (Pressure recovery) ภาพที่ 11 แสดงทิศทางของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ บนผิวของใบพัดที่ระยะ $r/R = 1.0$ ในสภาวะกังหันลมต้นแบบหมุนทำงานประสิทธิภาพดีที่สุด ($\lambda = 6.0$) จะสังเกตเห็นว่าบริเวณความเข้มข้นของความเร็วลัพธ์ 3 มิติจะมีลักษณะเหมือนกับกรณี บนผิวของใบพัดที่ระยะ $r/R = 0.6$ แต่จะมีความเข้มข้นต่ำกว่า ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าความเร็วลัพธ์ 3 มิติจะกระทำกับพื้นผิวใบพัดบริเวณปลายใบน้อยกว่าบริเวณใกล้โคนใบ เหตุผลในกรณี $r/R = 1.0$ ความเข้มข้นของความเร็วลัพท์ 3 มิติ มีค่าน้อยกว่ากรณี $r/R = 0.6$ เพราะตามธรรมชาติของกังหันลมในขณะที่หมุน บริเวณใกล้โคนใบจะมีความเร็วในแนวแกนสูงทั้งในแกน X Y และ Z หลังจากนั้นจะค่อยๆลดความรุนแรงของกระแสลมลงเมื่อใกล้ปลายใบพัด ดังนั้นการออกแบบกังหันลมแนวแกนนอนจึงสามารถออกแบบบริเวณปลายใบให้มีลักษณะบางและระยะคอร์ดสั้นได้ ส่วนในบริเวณใกล้โคนใบต้องมีการออกแบบให้มีความหนาและระยะคอร์ดยาวเพื่อให้สามารถรับกระแสลมที่รุนแรงได้

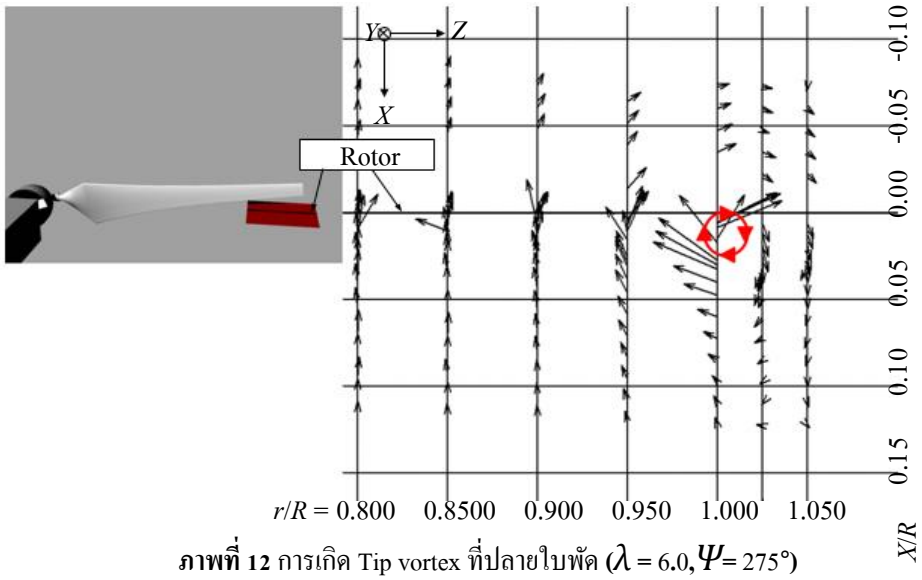


ภาพที่ 10 สนามการไหลของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ ($r/R = 0.6, \lambda = 6.0$)

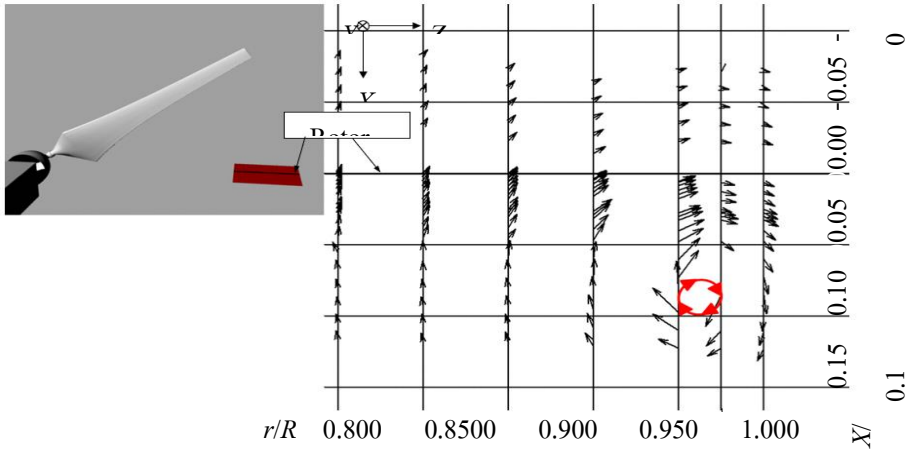


ภาพที่ 11 สนามการไหลของความเร็วลัพธ์ 3 มิติ (r/R = 1.0, λ = 6.0)

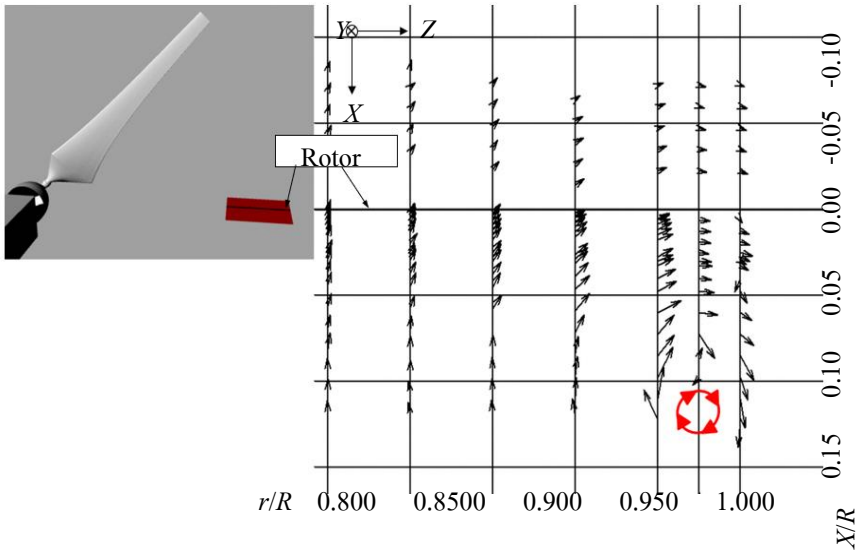
ภาพที่ 12 – 14 เป็นการศึกษาการเกิดการม้วนตัวของอากาศที่ปลายปีกหรือเรียกว่า “Tip vortex” โดยภาพที่แสดงจะเป็นภาพที่แสดงเมื่อกังหันลมหมุนในมุมอะซิมุท (Azimuth angle) Ψ = 275°, 315°, และ 335° การศึกษาได้ทำการศึกษาที่ความเร็วปลายใบ 6.0 วงกลมสีแดงในภาพแสดงถึงการประมาณตำแหน่งโดยประมาณของ Tip vortex ขนาดและเวกเตอร์ของความเร็วรอบๆใบพัดสามารถคำนวณได้จากส่วนประกอบความเร็ว u และ w ในแกน X และ แกน Z ตามลำดับ ภาพที่ 12 แสดงการสปินของเวกเตอร์ความเร็วซึ่งแกนหมุนวน (Vortex core) ของ Tip vortex สามารถสังเกต ณ ตำแหน่ง $r/R \approx 1.00$ และ $x/R \approx 0.00$ ขนาดของเวกเตอร์ความเร็วที่ตำแหน่ง r/R= 1.00 จะมีขนาดยาวกว่าขนาดของเวกเตอร์ความเร็วที่ตำแหน่ง r/R = 1.025 ซึ่งอธิบายว่า Tip vortex ได้เกิดการสร้างตัวที่ปลายใบพัดเมื่อผ่านตำแหน่งการหมุนในมุมอะซิมุท (Azimuth angle) Ψ = 275° เมื่อพิจารณาภาพที่ 13 และ 14 ประกอบจะเห็นได้ว่ากรณีมุม azimuth มีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อตำแหน่งของ trip vortex คือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของ Tip vortex จะไหลผ่านไปด้านหลังใบพัด (Downstream side) และจะค่อยๆออกจากแนวรัศมีของใบพัด (Radially outward)



ภาพที่ 12 การเกิด Tip vortex ที่ปลายใบพัด (λ = 6.0, Ψ= 275°)



ภาพที่ 13 การเกิด Tip vortex ที่ปลายใบพัด (λ = 6.0, Ψ= 315°)



ภาพที่ 14 การเกิด Tip vortex ที่ปลายใบพัด (λ = 6.0, Ψ= 335°)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองในอุโมงค์ลมพบว่าใบพัดต้นแบบให้ผลสรุปดังนี้

1. สมรรถนะของกังหันลมต้นแบบโดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์กำลังงานสามารถให้ค่าสูงสุด 0.42 ที่ความเร็วปลายใบ 6.0 (กระแสลมคงที่ 8 เมตรต่อวินาที)
2. เมื่อพิจารณาภาคตัดขวางของใบพัดพบว่าสนามการไหลของกระแสลมจะมีความเข้มข้นมากบริเวณชายปีกหน้าและจะค่อยๆลดลงเมื่ออากาศไหลไปยังชายปีกหลังเนื่องจากการพื้นฟูความดันบนผิวใบพัด
3. เมื่อพิจารณาสนามการไหลของกระแสลมเทียบระหว่างบริเวณโคนใบและปลายใบพบว่ามีพฤติกรรมการไหลคล้ายกันแต่บริเวณใกล้โคนใบจะมีความเข้มข้นกว่า
4. การเกิดการม้วนตัวของอากาศที่ปลายปีกเนื่องจากอิทธิพลของความเร็วในแนวกางใบ การม้วนตัวของอากาศจะไหลผ่านไปด้านหลังใบพัดและจะค่อยๆออกจากแนวรัศมีของใบพัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ขอแสดงความขอบคุณ Prof. Dr. Takao Maeda หัวหน้าห้องวิจัย Fluid Engineering for Energy and Environment Laboratory แห่ง Mie University เป็นอย่างสูงที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำวิจัยนี้ และขอแสดงความขอบคุณบุคลากรและเจ้าหน้าที่ของทางห้องวิจัยที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2560. **แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 - 25565).** กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน.

วิรชัย โรยนรินทร์. 2551. **รายงานการศึกษาวิจัยพัฒนาสาธิตต้นแบบเทคโนโลยีกังหันลมผลิตไฟฟ้าความเร็วต่ำ**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธัญบุรี

วิรชัย โรยนรินทร์. 2552. **รายงานโครงการวิจัยเพื่อพัฒนากังหันลมผลิตไฟฟ้าต้นแบบขนาด 50 กิโลวัตต์**. คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยธัญบุรี

Phengpom T., Kamada Y., Maeda T., Matsuno T., Murata J., Sugimoto N. and Matsuno T. (2015). Experimental Investigation of the Three-dimensional Flow Field in the Vicinity of a Rotating Blade, **Journal of Fluid Science and Technology.** 10(2):

Phengpom T., Kamada Y., Maeda T., Matsuno T., Murata J., Sugimoto N. and Matsuno T. (2015). Study on Blade Surface Flow around Wind Turbine by Using LDV Measurements, **Journal of Thermal Science.** 24(2):

Phengpom T., Kamada Y., Maeda T., Matsuno T. and Sugimoto N. (2016). Analysis of Wind Turbine Pressure Distribution and 3D Flows Visualization on Rotating Condition, **IOSR Journal of Engineering**, 6(2):18- 30.

Rozenn, W., Ioannis, A., Pedersen, S.M., Michael, S.C. and Jørgensen, H.E. (2009). The influence of the wind speed profile on wind turbine performance measurements, **Wind Energy**, 12(4): 348–362.

Saad, M. M. M. and Asmuin, N., "Comparison of horizontal axis wind turbines and vertical axis wind turbines," IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), Vol. 4, No. 8, pp. 27-30, 2014.

การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงด้วยการชดเชย โครมาติกดิสเพอร์ชั่น

An Improvement of Optical Communications System with Chromatic Dispersion Compensation

วิสิทธิ์ ล้อธรรมจักร[1] ภูเบต แสงมะฮะหมัด[1*] และ ไพฑูรย์ รักเหลือ[1]

Wisit Loedhammacakra[1] Pubet Sangmahamad[1*] and Paitoon Rakluea[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงโดยการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น (Chromatic Dispersion : CD) ด้วย Dispersion Compensating Fiber (DCF) ร่วมกับการชดเชยการลดทอนของสัญญาณ (Attenuation) ด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณแสง (Optical Amplifier : OA) พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลในเรื่องอัตราความผิดพลาดของบิต (Bit Error Rate : BER) ด้วยโปรแกรม OptiSystem ในย่านความยาวคลื่น 1550nm อัตราบิตข้อมูล (Bit rate) 10Gbps และกำลังงานส่ง (Transmit power) 0dBm, 3dBm และ 5dBm ร่วมกับการวัดทดสอบดิสเพอร์ชั่นด้วยเครื่องมือวัด Chromatic Dispersion Analyzer (CDA) พร้อมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับระบบที่ไม่ได้รับการชดเชยและได้รับการชดเชยเฉพาะ DCF หรือเฉพาะ OA ผลการวิจัยปรากฏว่าระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย DCF ร่วมกับชดเชยด้วย OA มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยระบบที่ได้รับการชดเชยเฉพาะ DCF หรือได้รับการชดเชยเฉพาะ OA จะมีค่า BER น้อยกว่า 10^{-9} เมื่อระยะทางการสื่อสารน้อยกว่า 100km ในขณะที่ระบบที่มีการชดเชยด้วย DCF ร่วมกับการชดเชยด้วย OA มีระยะทางการสื่อสารมากถึง 200km นอกจากนี้เมื่อระบบมีระยะทางการสื่อสารเท่ากันแต่ไม่เกิน 100km ระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ DCF มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ OA

คำสำคัญ : ดีซีเอฟ, โคมาร์ติกดิสเปอร์ชั่น, อัตราความผิดพลาดบิต

---

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pubet_s@rmutt.ac.th

ABSTRACT

This paper studied an improvement of an optical communications system with chromatic dispersion (CD) compensation by using Dispersion Compensating Fiber (DCF) and attenuation compensation by using Optical Amplifier (OA). The proposed system was analyzed in order of bit error rate (BER) through computer simulation, that is OptiSystem software. Simulation parameter consisted of the 1550nm wavelength band, 10Gbps of bitrate, and optical transmit power are 0dBm, 3dBm, and 5dBm. In addition, the chromatic dispersion of fiber-optic was measured and analyzed by Chromatic Dispersion Analyzer (CDA). Finally, comparing the performance of the proposed system was considered. The result, we can see that the performance of the system with DCF and OA compensation was overcome the system without compensation and the system with only DCF compensation or system with only OA compensation. The BER of the DCF compensated system and OA compensated system were about 10^{-9} when the length of fiber-optic was less than 100km. While the BER of the DCF and OA compensated system was about 10^{-9} when the length of fiber-optic was higher than 200km. Furthermore, when the same communication length, which the length was less than 100km the efficiency of DCF compensated system is higher than OA compensated system.

Keywords : Dispersion compensating fiber, DCF, Chromatic Dispersion, Bit error rate

บทนำ

ระบบการสื่อสารเชิงแสงหรือระบบการสื่อสารผ่านใยแก้วนำแสงมีข้อดีหลายประการเช่น ปริมาณข้อมูลส่งได้สูง (High bit rate) สามารถสื่อสารได้ระยะทางไกล (Long haul communication) มีอัตราการลดทอนสัญญาณต่ำ (Low attenuation) เป็นต้น แต่ถึงอย่างไรการสื่อสารเชิงแสงยังมีข้อเสียในเรื่องการเกิดดิสเพอร์ชั่น (Dispersion) อันเกิดจากการที่พัลส์แสงเดินทางไปในเส้นใยแก้วนำแสงที่ระยะไกลมากขึ้น ทำให้สัญญาณพัลส์ข้อมูลมีการขยายออกทางเวลาส่งผลให้เกิดการซ้อนทับกันระหว่างพัลส์ข้อมูลข้างเคียงเกิดการแทรกสอดระหว่างกัน (Inter Symbol Interference : ISI) เป็นผลทำให้อัตราความผิดพลาดบิตข้อมูล (Bit Error Rate : BER) สูงขึ้นด้วย จึงเป็นข้อจำกัดในการเพิ่มอัตราส่งข้อมูลที่สูงขึ้น โดยดิสเพอร์ชั่นสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ 1) โมดอลดิสเพอร์ชั่น (Modal dispersion) และ 2) โครมาติกดิสเพอร์ชั่น (Chromatic Dispersion : CD) โดย MD เกิดจากความเป็นหลายโหมดของเส้นใยแก้วนำแสงจะเกิดเฉพาะใยแก้วนำแสงแบบหลายโหมด (Multi-mode Fiber) ในขณะที่เส้นใยแก้วแบบโหมดเดียวจะเกิดเฉพาะโครมาติกดิสเพอร์ชั่น จึงมีงานวิจัยจำนวนมากทำการศึกษาและนำเสนอการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในระบบการสื่อสารเชิงแสงในรูปแบบต่างๆ โดยในงานวิจัยของ (Mohamed, AliKarar, & Landolosi, 2017) และงานวิจัย (Killey, Watts, Glick, & Bayvel, 2006) ได้นำเสนอชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในรูปแบบทางสัญญาณไฟฟ้า โดยการใช้การประมวลผลสัญญาณดิจิตอล (Digital Signal Processing : DSP) ในขณะที่งานวิจัย (Ng, Loedhammacakra, Cryan, & Ghassemlooy, 2010) และ (Loedhammacakra, Ng, & Cryan, 2005) นำเสนอการออกแบบตัวกรองความถี่แสงผ่านหมด (Optical All Pass Filter : OAPF) เพื่อชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น นอกจากนี้ได้มีการออกแบบการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในรูปแบบเชิงแสงดังในงานของ (Talha, Zaman, & Salam, 2015) และ (Liu, Guo, Chang, & Sun, 2010) โดยในงานของ (Talha et al., 2015) นำเสนอการวิเคราะห์รูปแบบ

สัญญาณข้อมูลส่งของระบบการสื่อสารเชิงแสง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบสัญญาณไม่กลับคืนศูนย์ (Non-return to Zero : NRZ) และรูปแบบสัญญาณกลับคืนศูนย์ (Return to Zero : RZ) ร่วมกับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วยอุปกรณ์แบบพาสซีฟ (Passive device) ด้วย Fiber Brag Grating (FBG) ขณะที่งานวิจัย (Liu et al., 2010) นำเสนอการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นโดยใช้อุปกรณ์แบบพาสซีฟ FBG และ DCF เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทั้ง 2 ระบบในเรื่อง Q-factor

นอกจากปัญหาในเรื่องโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในระบบการสื่อสารเชิงแสงระยะไกล ดังกล่าวแล้ว ระบบการสื่อสารเชิงแสงระยะไกลยังมีปัญหาในเรื่องการลดทอนสัญญาณ (Attenuation) ซึ่งเกิดจากความยาวของเส้นใยแก้วนำแสง ที่มีระยะทางการสื่อสารที่ไกลอีกด้วย โดยปัญญาดังกล่าวส่งผลเสียต่อการสื่อสารเชิงแสงระยะไกล ซึ่งส่งผลทำให้อัตราส่วนสัญญาณแสงต่อสัญญาณรบกวนมีค่าต่ำ (Optical Signal to Noise Ratio : OSNR) เป็นผลทำให้ระบบมีอัตราความผิดพลาดบิตสูงด้วย ดังนั้นเพื่อให้ระบบยังคงมีประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลด้วยระบบการสื่อสารเชิงแสงระยะไกลนั้นจำเป็นต้องทำการชดเชยปัญหาด้านโครมาติกดิสเพอร์ชั่น และปัญหาด้านการลดทอนสัญญาณแสง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและเปรียบเทียบการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงโดยการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย DCF ร่วมกับการชดเชยการลดทอนของสัญญาณด้วย OA โดยทำการจำลองระบบผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบในเรื่องอัตราความผิดพลาดบิต

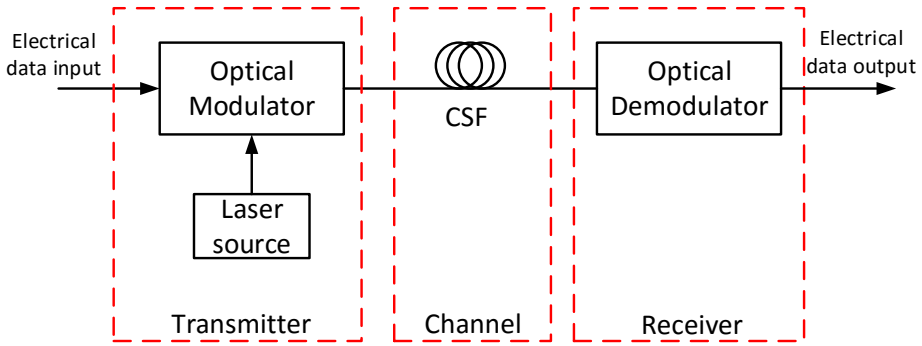
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนการดำเนินงาน

ในการงานแผนการดำเนินงานวิจัยเริ่มจากทำการออกแบบระบบการสื่อสารเชิงแสงที่มีการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นร่วมกับการชดเชยการลดทอนของสัญญาณแสง จากนั้นทำการทดสอบโครมาติกดิสเพอร์ชั่นของเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ CD analyzer พร้อมนำค่าโครมาติกดิสเพอร์ชั่นที่ได้ มาใช้ในการทดสอบระบบด้วยการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลกับระบบที่ไม่มีการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในเรื่องอัตราความผิดพลาดของบิต

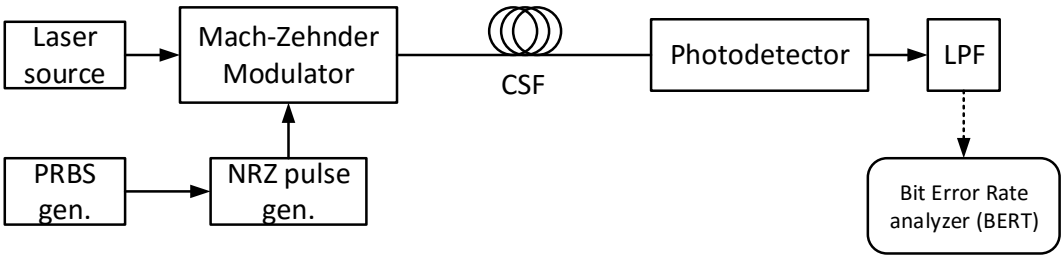
2. ระบบที่นำเสนอ

องค์ประกอบของระบบการสื่อสารเชิงแสงประกอบด้วย **3** ส่วน คือ ภาคส่ง (**Transmitter**) ช่องสัญญาณ (**Channel**) ในที่นี้คือใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดียว (**Conventional Single mode Fiber** : **CSF**) และส่วนสุดท้ายคือภาครับ (**Receiver**) แสดงดังภาพที่ **1** โดยในงานวิจัยนี้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงโดยการชดเชยในเรื่องโครมาติกดิสเพอร์ชั่นและการลดทอนของสัญญาณ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ไปยังส่วนของช่องสัญญาณ โดยทำการแบ่งการออกแบบระบบออกเป็น **3** รูปแบบคือ **1**) ระบบที่ไม่ได้รับการชดเชย **2**) ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย **DCF** และ **3**) ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย **DCF** และการชดเชยการลดทอนของสัญญาณแสงด้วย **OA** จากนั้นทำการเปรียบเทียบระบบดังกล่าว ในเรื่องอัตราความผิดผลาดของบิต

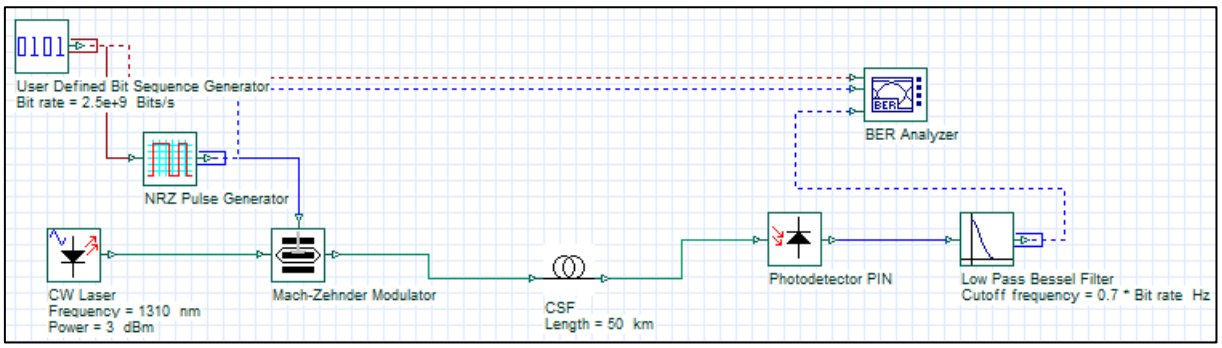


ภาพที่ **1** องค์ประกอบของระบบสื่อสารเชิงแสง

2.1 ระบบที่ไม่ได้รับการชดเชย (Without Compensation system)



(ก)



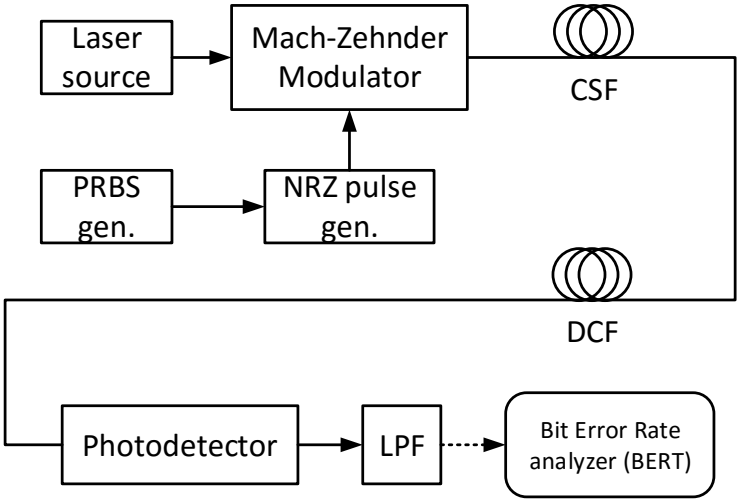
(ข)

ภาพที่ **2** ระบบที่ไม่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น (ก) บล็อกไดอะแกรมของระบบ (ข) จำลองด้วยโปรแกรม

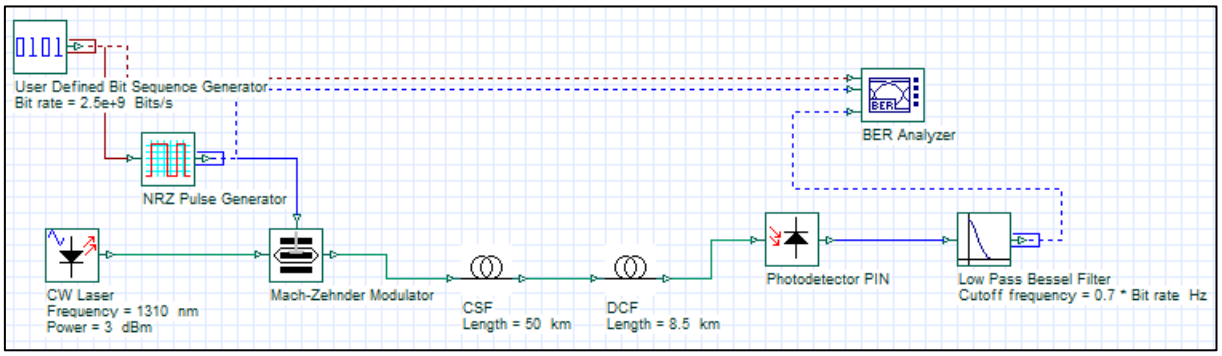
บล็อกไดอะแกรมของระบบการสื่อสารเชิงแสงพื้นฐานที่ไม่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นแสดงดังภาพที่ 2 (ก) โดยประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือภาคส่งสัญญาณแสงโดยสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้ามีรูปแบบ NRZ ประกอบไปด้วย แหล่งกำเนินแสงแบบเลเซอร์ (Laser source) แหล่งกำเนิดข้อมูลไฟฟ้าแบบสุ่ม (PRBS) และตัวมอดูเลตระหว่างสัญญาณเชิงแสง และสัญญาณไฟฟ้า ชนิด Mach-Zehnder (Mach-Zehnder Modulator) ส่วนที่ 2 คือ CSF ทำหน้าที่เป็นช่องทางการสื่อสารเชิงแสง ซึ่งเป็นชนิดโหมดเดียว โดยมีขนาดของแกนกลาง (Core) เป็น 9μm ขนาดของตัวหุ้ม (Cladding) เท่ากับ 125μm มีอัตราการลดทอน

สัญญาณแสงเป็น $0.2dB/km$ และมีโครมาติกดิสเพอร์ชั่นเป็น $16.9668ps/nm \cdot km$ ในส่วนสุดท้ายคือ ภาครับสัญญาณแสงทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณเชิงแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ประกอบไปด้วยตัวแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (Photodetector) และอุปกรณ์กรองสัญญาณไฟฟ้าความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter : LPF) จากนั้นทำการวัดทดสอบระบบด้วยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ความผิดพลาดของบิต (Bit Error Rate Analyzer : BERT) โดยภาพที่ 2 (ข) แสดงระบบที่ทำการออกแบบและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.2 ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น (With CDF Compensation system)



(ก)



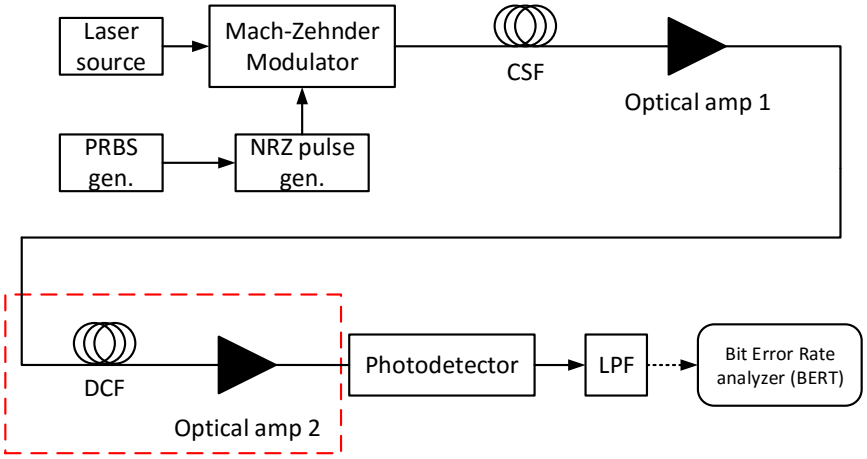
(ข)

ภาพที่ **3** ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย DCF (ก) บล็อกไดอะแกรมของระบบ (ข) การจำลองด้วยโปรแกรม

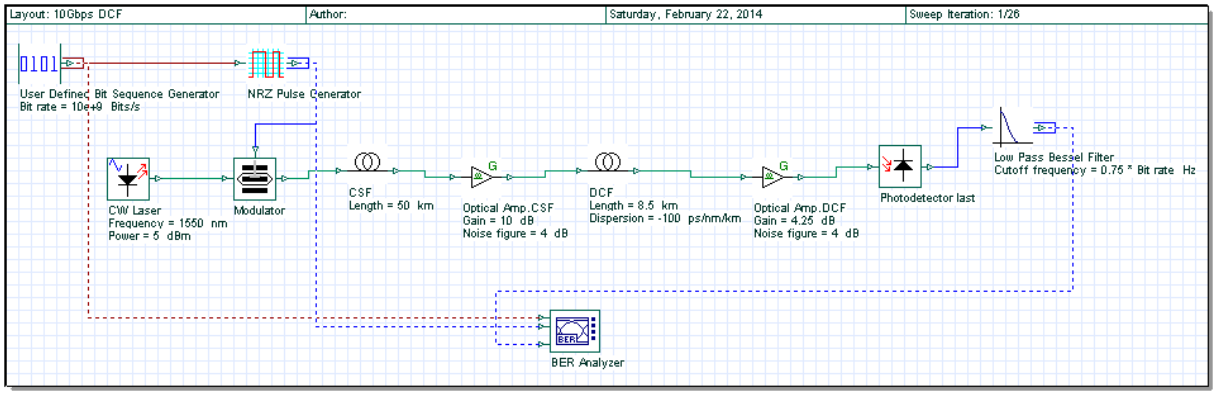
ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นแสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบดังภาพที่ 3 (ก) โดยมีองค์ประกอบเหมือนกับระบบที่ไม่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นในหัวข้อที่ 2.1 แตกต่างกันในส่วนองค์ประกอบของช่องทางการสื่อสาร โดยในกรณีนี้ทำการเพิ่ม DCF ระหว่าง CSF และภาครับสัญญาณแสง โดยความยาวของ DCF จะสัมพันธ์กับความยาว

ของ CSF เป็นไปตามสมการที่ (1) เพื่อทำการชดเชยค่าดิสเพอร์ชั่น ซึ่ง DCF มีอัตราการลดทอนสัญญาณแสงเท่ากับ $0.5dB/km$ และมีโครมาติกดิสเพอร์ชั่นเป็น $-178.348ps/nm \cdot km$ โดยภาพที่ 3 (ข) แสดงระบบที่ทำการออกแบบและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.3 ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นและได้รับการชดเชยการลดทอนสัญญาณ (With CDF and Attenuation Compensation system)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4 ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นและการลดทอนสัญญาณ (ก) บล็อกไดอะแกรมของระบบ (ข) การจำลองด้วยโปรแกรม

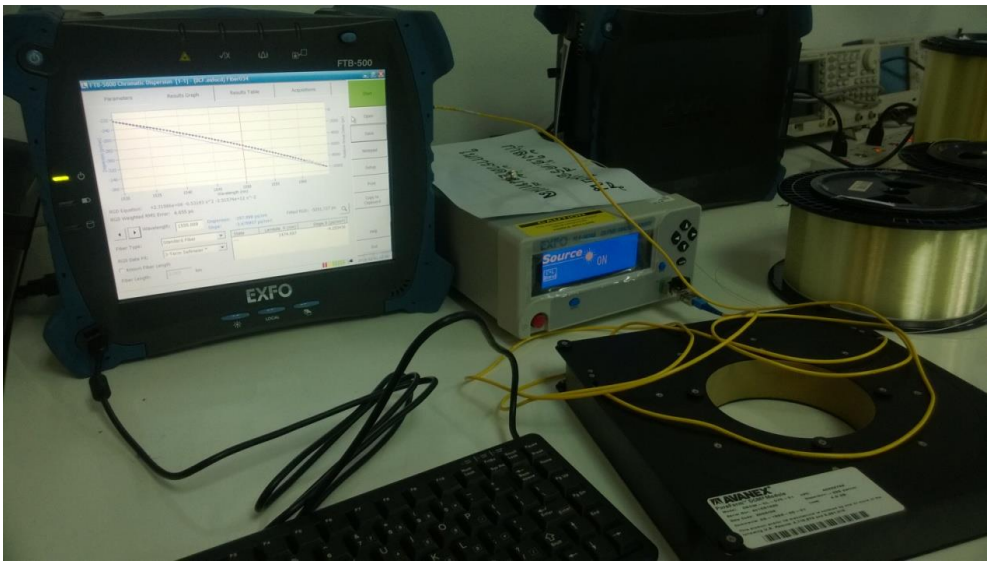
ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย DCF และชดเชยการลดทอนสัญญาณด้วย OA นั้น มีองค์ประกอบไม่แตกต่างจาก 2 ระบบข้างต้น แตกต่างกันเพียงในส่วนของช่องทางการสื่อสาร นอกจากมีการเพิ่ม DCF เพื่อช่วยในการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นแล้วนั้น ในระบบนี้ยังมีการเพิ่มอุปกรณ์ขยายสัญญาณแสง (Optical Amplifier : OA) จำนวน 2 ตัว แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบดังภาพที่ 4 (ก) เพื่อช่วยในการชดเชยในเรื่องการลดทอนสัญญาณแสงจาก CSF และ DCF โดยกำหนดให้อัตราการขยายของ OA มีความสัมพันธ์กับอัตราการลดทอนของ SCF และ DCF ตามลำดับ ในขณะที่กรอบเส้นประ

สีแดงในภาพที่ 4 (ก) แสดงถึงส่วนที่ทำการตัดออกกรณีทำการจำลองระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะการลดทอนสัญญาณแสงด้วย OA ในขณะที่ภาพที่ 4 (ข) แสดงระบบที่ทำการออกแบบและจำลองการทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

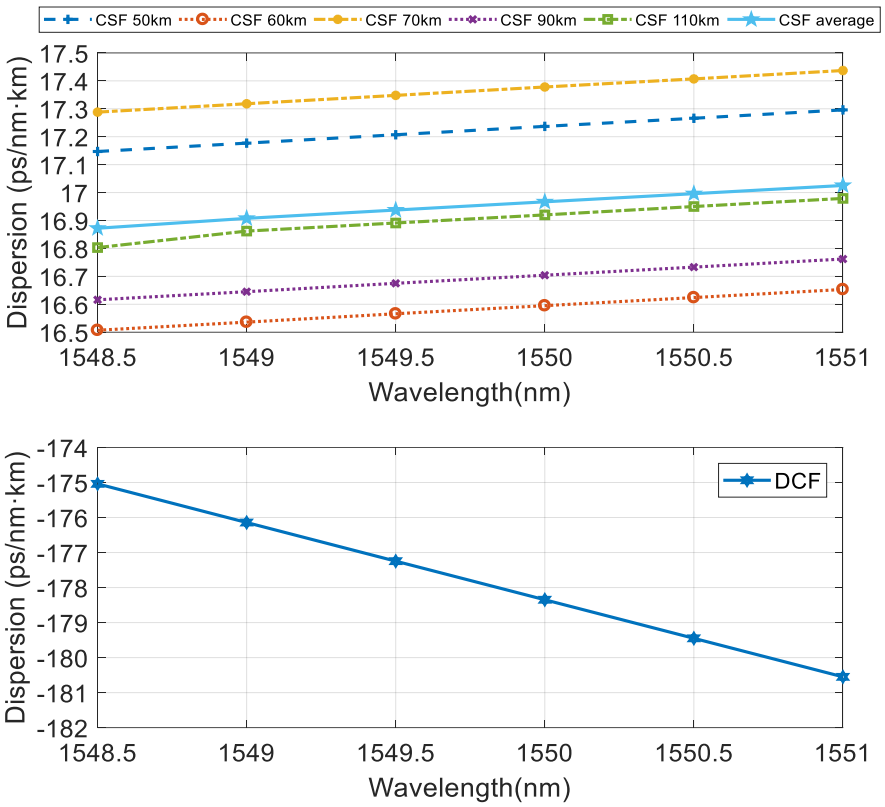
3. วัดทดสอบค่าดิสเพอร์ชั่นของ SCF และ DCF (SCF and DCF Dispersion Measurement)

เพื่อให้ระบบที่ออกแบบมีความถูกต้องในการทดสอบสูงสุด จึงทำการวัดค่าดิสเพอร์ชั่นของ SCF และ DCF ด้วยเครื่องมือวัด EXFO FTB-5800-CDA แสดงดังภาพที่ 5 เพื่อนำค่าดิสเพอร์ชั่นที่ได้จากการวัด ไปใช้สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของระบบต่อไป โดยผลจากการวัดแสดงดังภาพที่ 6 จากภาพที่ 6 (บน) แสดงผลจากวัดค่าดิสเพอร์ชั่นด้วยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ CD analyzer ที่ความยาว CSF แตกต่างกันคือ 50, 60, 70, 90 และ 110km ตามลำดับ เพื่อทำการวัดทดสอบหาค่าดิสเพอร์ชั่นของ CSF จากการวัดจะเห็นได้ว่าเมื่อความยาวคลื่นมีค่าสูงขึ้นส่งผลให้ดิสเพอร์ชั่นมีค่าสูงขึ้นด้วย โดยแสดงค่าดิสเพอร์ชั่นเฉลี่ยของ CSF (CSF average) ในแต่ละความยาวคลื่น $(1548.5nm - 1551nm)$ โดยมีค่าค่าดิสเพอร์ชั่นต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ $16.8722\,ps/nm\cdot km$ และ $17.0254\,ps/nm\cdot km$ ตามลำดับ ขณะที่ความยาวคลื่น $1550nm$ ดิสเพอร์ชั่นเฉลี่ยของ CSF ที่ได้จากการวัดทดสอบมีค่าเท่ากับ $16.9668\,ps/nm\cdot km$

จากภาพที่ 6 (ล่าง) แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นที่มีผลต่อดิสเพอร์ชั่นของ DCF ที่ได้จากการวัด ที่ความยาวคลื่น $1548.5nm - 1551nm$ ผลจากการวัดแสดงให้เห็นว่าดิสเพอร์ชั่นของ DCF มีค่าเป็นลบ (Negative Dispersion) ซึ่งมีค่าดิสเพอร์ชั่นอยู่ระหว่าง $-175.039\,ps/nm\cdot km$ และ $-180.549\,ps/nm\cdot km$ โดยเมื่อความยาวคลื่นมีค่าสูงขึ้นดิสเพอร์ชั่นของ DCF จะมีค่าต่ำลง ที่ความยาวคลื่น $1550nm$ ค่าดิสเพอร์ชั่นของ DCF มีค่าเท่ากับ $-178.348\,ps/nm\cdot km$



ภาพที่ **5** การวัดทดสอบค่าดิสเพอร์ชั่นของ SCF และ DCF ด้วยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ CD analyzer EXFO FTB-5800-CDA



ภาพที่ **6** ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นที่ส่งผลต่อดิสเพอร์ชั่นของเส้นใยแก้วนำแสง CSF (บน) และ DCF (ล่าง)

4. การจำลองระบบที่นำเสนอ

ในการทดสอบการทำงานของระบบที่นำเสนอเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบในเรื่องอัตราความผิดพลาดข้อมูล ทั้งหมด 3 ระบบคือ 1) ระบบที่ไม่ได้รับการชดเชย 2) ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่น และ 3) ระบบที่ได้รับการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นและได้รับการชดเชยการลดทอนสัญญาณ จากหัวข้อที่ 2.1, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ โดยทำการทดสอบจำลองการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ OptiSystem และทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากการวัดและออกแบบเพื่อใช้สำหรับการจำลองการทำงานของระบบที่นำเสนอ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของ SCF และของ DCF เป็นไปตามสมการที่ (1) โดยความยาวของ SCF และ DCF แทนด้วย L_{CSF} และ L_{DCF} ตามลำดับ ในขณะที่อัตราขยายของ OA ตัวที่ 1 และ 2 มีความสัมพันธ์กับความยาวของ CSF และ DCF โดย $G_1 = (0.2)L_{CSF}$ และ $G_2 = (0.5)L_{DCF}$ เมื่อ G_1 และ G_2 คืออัตราขยายของ OA ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ

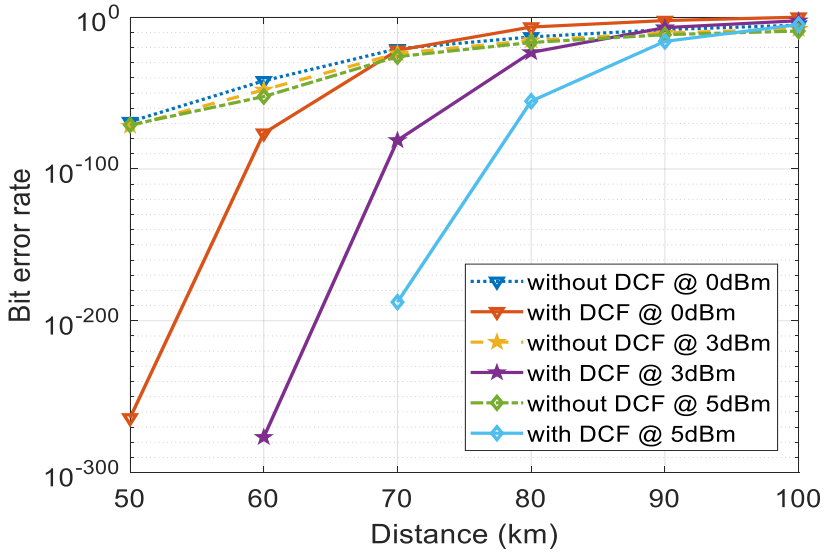
$$L_{DCF} = L_{CSF} / 10.5116 \quad (1)$$

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับการทดลอง

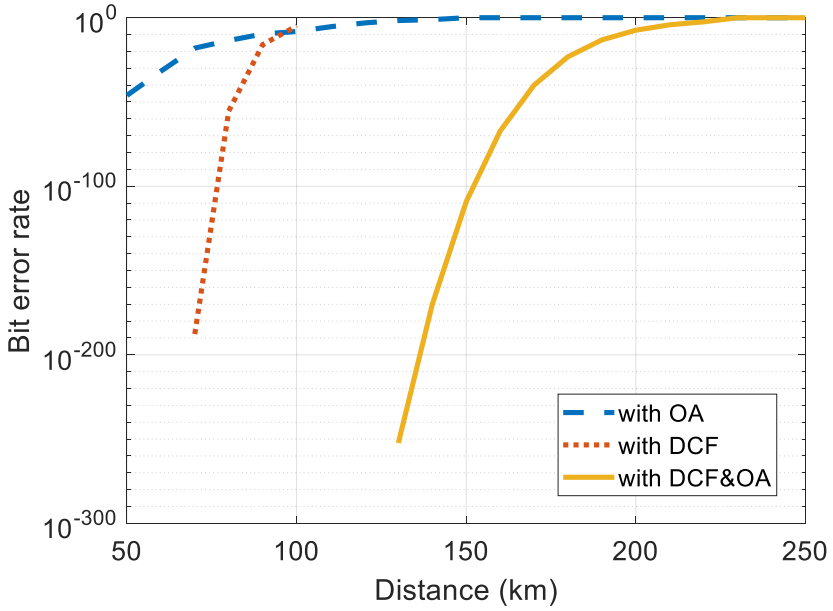
พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดสอบ
ความยาวคลื่น	$1550nm$
อัตราบิตข้อมูล	$10Gbps$
กำลังส่ง	$0dBm$, $3dBm$ และ $5dBm$
ดิสเพอร์ชั่นของ CSF	$16.9668 ps/nm \cdot km$
อัตราการลดทอนของ CSF	$0.2dB/km$
ดิสเพอร์ชั่นของ DCF	$-178.348 ps/nm \cdot km$
อัตราการลดทอนของ DCF	$0.5dB/km$

ผลและวิจารณ์ผล

การวัดและทดสอบผลของระบบที่นำเสนอเป็นการวัดประสิทธิภาพของระบบในเรื่อง BER โดยในภาพที่ 7 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของใยแก้วนำแสงและประสิทธิภาพของระบบในเรื่อง BER ของระบบที่ไม่ได้รับการชดเชย (Without CDF) และระบบที่ได้รับการชดเชย (With CDF) โดยทำการทดสอบด้วยพารามิเตอร์ในตารางที่ 1 พร้อมปรับระยะทางการสื่อสาร (Distance) ระหว่าง 50km ถึง 100km และกำลังงานส่ง $0dBm$, $3dBm$ และ $5dBm$ จากการทดสอบปรากฏว่าเมื่อกำลังงานส่งสูงขึ้นประสิทธิภาพของระบบมีค่าสูงขึ้นด้วย และขณะที่ระยะทางการสื่อสารของระบบมีค่าไม่เกิน 90km ระบบ with CDF มีประสิทธิภาพสูง (BER ต่ำ) กว่าระบบ without DCF ขณะที่ระยะการสื่อสารมากกว่า 90km ประสิทธิภาพของทั้งสองระบบมีค่าต่ำและใกล้เคียงกัน โดยกำลังงานส่ง $5dBm$ ของระบบ with DCF มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อระยะทางไม่เกิน 90km



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของระยะทาง **CSF** ที่ส่งผลต่อ **BER** ของระบบที่ไม่ได้รับและได้รับการชดเชยด้วย **DCF**



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทาง **CSF** ที่ส่งผลต่ออัตราความผิดพลาดบิต ของระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย **DCF** และ **OA**

ภาพที่ 8 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย OA (With OA) ระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย DCF (With DCF) และระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย DCF และ OA (With DCF&OA) ทำการทดสอบด้วยพารามิเตอร์ตามตารางที่ 1 ด้วยกำลังงานส่ง 5*dBm* จากผลการทดสอบปรากฏว่าระบบ With DCF&OA ให้ประสิทธิภาพของระบบสูงสุด เมื่อระยะทางการสื่อสารน้อยกว่า 230km และมีประสิทธิภาพเทียบเท่าระบบ With OA เมื่อระยะทางการสื่อสารสูงกว่า 230km โดยระบบ With OA และระบบ with DCF มีค่า BER น้อยกว่า 10^{-9} เมื่อระยะทางการสื่อสารไม่เกิน 100km ในขณะที่ระบบ with DCF&OA ระยะทางการสื่อสารไม่เกิน 200km และขณะที่ระบบมีระยะทางการสื่อสารเท่ากันและไม่เกิน 100km ระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ DCF มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ OA

สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและนำเสนอรูปแบบการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารเชิงแสงโดยการชดเชยโครมาติกดิสเพอร์ชั่นด้วย Dispersion Compensating Fiber (DCF) ร่วมกับการชดเชยการลดทอนของสัญญาณด้วย Optical Amplifier (OA) พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลในเรื่องอัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate : BER) โดยระบบที่ได้รับการชดเชยด้วย DCF ร่วมกับการชดเชยด้วย OA จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบที่ไม่มีการชดเชยหรือระบบที่มีการชดเชยเฉพาะ DCF หรือเฉพาะ OA โดยระบบที่ได้รับการชดเชยเฉพาะ DCF หรือได้รับการชดเชยเฉพาะ OA จะมีค่า BER น้อยกว่า 10^{-9} เมื่อระยะทางการสื่อสารน้อยกว่า 100km ในขณะที่ระบบที่มีการชดเชยด้วย DCF ร่วมกับการชดเชยด้วย OA สามารถมีระยะทางการสื่อสารสูงถึง 200km นอกจากนี้เมื่อระบบมีระยะทางการสื่อสารเท่ากันแต่ไม่เกิน 100km ระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ DCF จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบที่ทำการชดเชยเฉพาะ OA

เอกสารอ้างอิง

Killey, R. I., Watts, P. M., Glick, M., & Bayvel, P. (2006, 5-10 March 2006). **Electronic dispersion compensation by signal predistortion.** Paper presented at the 2006 Optical Fiber Communication Conference and the National Fiber Optic Engineers Conference.

Liu, W., Guo, S. q., Chang, L. p., & Sun, F. m. (2010, 25-27 June 2010). **The Optimal Design of 2500km-10Gbps Optical Communication Dispersion Compensation Systems Based on FBG without Electric Regenerator.** Paper presented at the 2010 International Conference on Electrical and Control Engineering.

Loedhammacakra, W., Ng, W. P., & Cryan, R. A. (2005, 5-6 Sept. 2005). **An improved chromatic dispersion compensation technique employing an optical all pass filter equaliser in a 10 Gb/s optical system.** Paper presented at the High Frequency Postgraduate Student Colloquium, 2005.

Mohamed, A., AliKarar, M., & Landolosi, T. (2017, 16-18 Jan. 2017). **DSP-based dispersion compensation: Survey and simulation.** Paper presented at the 2017 International Conference on Communication, Control, Computing and Electronics Engineering (ICCCCEE).

Ng, W. P., Loedhammacakra, W., Cryan, R. A., & Ghassemlooy, Z. (2010, 21-23 July 2010). **Chromatic dispersion compensation employing cascaded parallel optical all-pass filter.** Paper presented at the 2010 7th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP 2010).

Talha, M., Zaman, H. U., & Salam, K. M. A. (2015, 26-27 Nov. 2015). **A comparative study of different dispersion compensation techniques in long haul communication.** Paper presented at the 2015 International Conference on Computer and Information Engineering (ICCIE).

การพัฒนาสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

The Realistic Digital Media Development For The Elephant Morphology At Elephant Study Centre In Surin Province

ศรินยา มีบุญญา[1] อุมาพร ไชยสูง[2*] ปฏิวัติ ยะสะกะ[2]

Sarinya Mibunya[1], Umaporn Chaisoong[2*] and Patiwat Yasaka[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ และประเมินความพึงพอใจของสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์ ด้วยแนวคิดการสร้างสื่อของ ADDIE MODEL และแนวคิดพัฒนาระบบงานแบบรวดเร็ว (RAD) โดยสามารถนำเสนอสื่อผ่านอุปกรณ์สมาร์ทดีไวซ์และระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก องค์ความรู้ในด้านคชลักษณ์ช้างสำคัญจากหมอช้าง ควาญช้าง นักวิชาการที่เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อและนำเสนอผ่านเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อฯ โดยการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคการผลิตสื่อฯ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อการใช้สื่อโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.01) วิเคราะห์และแปลผลมีความเที่ยงตรงสามารถนำไปใช้ได้

คำสำคัญ : คชลักษณ์, ช้างสำคัญ, สื่อความจริงเสริม

ABSTRACT

The purpose of this research is The Realistic Digital Media Development for The Elephant Morphology at Elephant Study Centre in Surin Province with the media concept of ADDIE MODEL and RAD. It's possible to present the media through smart devices using qualitative research and in-depth interviews. There are 6 major elephant expert, mahouts, academic experts and experts in digital media and Augmented Reality (AR) are evaluating the efficiency of the Digital Media Specialist (IOC =1.00) all analyzes and interpretations are accurate and can be used.

Keyword: Elephant Morphology, Digital Media, Augmented Reality

---

[1] นักศึกษาสาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 32000

[1] Department of Information System Faculty Management of Technology Rajamangala University of Technology Isan Surin

[2-3] อาจารย์ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ 32000

[2-3] Lecturer of Information System Department, Rajamangala University of Technology Isan Surin Campus

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : peekhem@hotmail.com

บทนำ

ช้างเป็นสัตว์เก่าแก่คู่บ้านคู่เมืองของชาวไทยมาช้านานและมีลักษณะโดดเด่นเป็นสง่ามากกว่าสัตว์ชนิดอื่นๆ รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างคนไทยกับช้างในแต่ละยุคสมัยมีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันมาอย่างยาวนาน ไม่ว่าจะยามศึกสงคราม ใช้ช้างศึกในการต่อสู้ปกป้องอธิปไตยกับอริราชศัตรู หรือยามแผ่นดินสงบสุขก็ใช้ช้าง ชักลากสิ่งของแทนแรงงานมนุษย์ เพราะรูปร่างอันใหญ่โตทรงพลังมหาศาลที่สำคัญช้างเป็นสัญลักษณ์แห่งอำนาจและบารมีของพระมหากษัตริย์หรือผู้ปกครองไพร่ฟ้าประชาชน และขณะเดียวกันก็เป็นพาหนะสำคัญที่สมัยโบราณขาดไม่ได้ ดังนั้นช้างจึงเป็นเครื่องชี้บอกอีกอย่างว่ากษัตริย์พระองค์ใดจะมีบารมีกว้างใหญ่ไพศาลแค่ไหน (ศูนย์คชศึกษา, 2550) ทั้งยังแสดงถึงความมั่งคั่งและความอุดมสมบูรณ์ของประเทศ มีเหตุการณ์สำคัญเหตุการณ์หนึ่งในปี พ.ศ. 2092 มีสงครามระหว่างกษัตริย์ พม่าต้องการช้างต้นจำนวน 7 ช้าง ซึ่งเป็นของพระมหาจักรพรรดิแห่งกรุงศรีอยุธยา ผู้ซึ่งได้รับการยกย่องเป็นเทพเจ้าแห่งช้างเผือก ซึ่งช้างเผือกเคยอยู่ในธงประจำชาติไทยจนถึงปี พ.ศ. 2460 และปัจจุบันช้างเผือกยังเป็นธงประจำกองทัพเรือไทย ช้างเผือกจะต้องได้รับการพิจารณาตรวจคชลักษณ์จากผู้ชำนาญของสำนักพระราชวังโดยใช้กฎในสมัยโบราณ แบ่งช้างเป็น 4 วรรณะ ซึ่งแต่ละวรรณะจะมีบ้านในป่าหิมะพาน โดยใช้ลักษณะและหลักเกณฑ์ทั้งเจ็ดอย่าง (ศูนย์อนุรักษณ์ช้างไทย, 2561)

ศูนย์คชศึกษา หรือ หมู่บ้านช้างจังหวัดสุรินทร์ บ้านตากลาง ตำบลกระโพ อำเภอท่าตูม เป็นศูนย์เลี้ยงช้างที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และที่สุดในโลก (วิกิพีเดีย, 2018) ชาวบ้านตากลางดั้งเดิมเป็นชาวกูย หรือกวย มีความชำนาญในการคล้องช้างป่า ฝึกหัดช้างและเลี้ยงช้าง ส่วนมากเดินทางไปคล้องช้างบริเวณชายแดนต่อเขตประเทศกัมพูชา ปัจจุบันชาวบ้านยังคงเลี้ยงช้าง และฝึกช้างเพื่อไปร่วมการแสดงในงานช้างของทุกจังหวัดทุกปี ช้างที่นี่ถูกเลี้ยงไว้เป็นเพื่อน นอนร่วมชายคาเดียวกับเจ้าของ เปรียบเสมือนสมาชิกในครอบครัว นอกจากนี้ทางจังหวัดได้เห็นถึงความสำคัญ จัดสร้างพิพิธภัณฑ์ช้างขึ้นภายในหมู่บ้าน เพื่อรวบรวมประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับช้าง อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการคล้องช้าง และให้ความรู้ในเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับช้าง จากการสัมภาษณ์เชิงลึกและการบอกเล่าของหมอช้าง ชาวบ้านและผู้ที่เกี่ยวข้อง “คชลักษณ์” หรือรูปพรรณสัณฐานของช้างทั้งดีและไม่ดี ยังคงเป็นคำถามยอดนิยมของนักท่องเที่ยวและผู้สนใจทั่วไปที่หลั่งไหลมาเยี่ยมชมวิถีชีวิตของคนกับ

วิกฤติช้างไทยเป็นปัญหาสำคัญที่สะท้อนให้เห็นภาพความเสื่อมถอยด้านบทบาทและหน้าที่ของช้างไทย จากเดิมที่เป็นสัตว์คู่บ้านคู่เมืองและเป็นความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างที่หยั่งลึกลงไปในจิตวิญาณของสังคมชนชาวสยามจนยากที่จะหาสัตว์อื่นใดมาทดแทนได้ จากความยิ่งใหญ่ในอดีตเหลือไว้แต่เพียงสถานะของสัตว์ใหญ่ประเภทหนึ่งที่อยู่ท่ามกลางความรักความห่วงใยที่ยังขาดพลังร่วมในการบริหารจัดการด้านสวัสดิภาพ (Animal welfare) คุณภาพชีวิตที่ดีของช้างไทยอย่างเป็นระบบและครบวงจร ในอีกด้านหนึ่งของสังคมไทย ช้างป่ากลายเป็นคู่กรณีของชาวบ้านที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมแถบชายป่าในแต่ละภูมิภาคของราชอาณาจักรไทย เป็นเหตุให้ช้างไทยต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ นานัปการและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ในอนาคตกาลที่ไม่มีผู้ใดสามารถคาดคะเนได้อย่างถูกต้อง (ชายนำ ภาววิมล, 2559) และเมื่อกระแสการพัฒนาทางการเศรษฐกิจและสังคมได้รุกคืบเข้ามาในพื้นที่ชุมชน ความต้องการพื้นที่เพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจก็มีมากขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณตำบลกระโพหลายแห่ง ซึ่งแต่เดิมพื้นที่ป่าไม้ในบริเวณนี้มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยพืชอาหารช้าง และสมุนไพรรักษาช้าง ส่งผลให้พืชอาหารช้างในพื้นที่ลดลงไม่เพียงพอต่อการเลี้ยงช้างที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ประกอบเจ้าของช้างไม่มีอาชีพอื่นที่มั่นคงนอกจากการเลี้ยงช้าง จึงจำเป็นต้องนำช้างไปรับจ้างอยู่ตามปางช้างหรือสวนสนุกและส่วนหนึ่งได้นำช้างออกตระเวนเร่ร่อนขายของที่ระลึกและอาหารช้างตามชุมชนเมืองทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล

และจังหวัดที่เป็นแหล่งท่องเที่ยว เพื่อการเลี้ยงชีพและครอบครัว ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาภาพลักษณ์ของช้าง ปัญหาด้านสุขภาพช้าง ปัญหาทางด้านสังคม ปัญหาการจราจร และครอบครัวของเจ้าของช้างที่ต้องทิ้งถิ่นฐานไปเป็นเวลานาน (ศูนย์คชศึกษา, 2550)

เมื่อพิจารณาจากภูมิหลังและเหตุผลดังกล่าวข้างต้นเพื่อนำเสนอเรื่องราวของช้างเผือก (White Elephant) หรือช้างสำคัญ ซึ่งเป็นข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรม และ “เรื่องเล่า” หรือ “ประวัติศาสตร์บอกเล่า” (Oral History) จากประสบการณ์และความทรงจำร่วมของชุมชนคนเลี้ยงช้างจากรุ่นสู่รุ่น ให้สอดคล้องกับประวัติศาสตร์ จารีตประเพณี การดูแลและคุ้มครองช้างไทย กอปรกับผู้วิจัยค้นพบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคชลักษณ์ช้างสำคัญอยู่น้อยหรือมาก จึงมีความสนใจที่จะทำการวิจัยในเรื่องนี้ เพื่อให้คนไทยทุกคนได้ร่วมกันรำลึกและตระหนักถึงความสำคัญของช้าง และพร้อมใจกันอนุรักษ์ช้างให้คงอยู่คู่กับชาติไทยตลอดไป เผยแพร่ให้เป็นชุดความรู้ท้องถิ่นอย่างเป็นระบบผ่านอุปกรณ์ Smart Device สำหรับ Smart Life ตอบโจทย์ของคนในยุคไทยแลนด์ 4.0

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อพัฒนาสื่อดิจิทัลความจริงเสริมเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

1.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจการสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

2. ขอบเขตและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

2.1 ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) โดยมีผู้ให้ข้อมูลสำคัญคือ หมอช้างหรือควาญช้าง นักวิชาการหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องในศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์ จำนวน 6 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีองค์ความรู้ในด้านคชลักษณ์ช้างสำคัญ ประกอบด้วย

2.1.1 หมอช้าง ประกอบด้วย

1) นายมา ศาลางาม ตำแหน่ง หมอจา
2) นายบุญมา แสนดี ตำแหน่ง หมอสะเดียง
3) นายอินทร์ ศาลางาม ตำแหน่ง หมอสะเดียง

2.1.2 เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

1) นายรุ่งเพชร ศาลางาม และ 2) นายสมชาย มาดี

2.1.3 นักวิชาการ มทร.อีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ พร้อมจิตร

สารสนเทศที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารและการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เรื่องคชลักษณ์

ช้างสำคัญ 4 ลักษณะ (ศูนย์คชศึกษา, 2550) มีรายละเอียดดังนี้

ลักษณะที่ 1 ช้างเผือก คือมีลักษณะมงคลทั้งหมด 7 ประการ มีมงคลลักษณะครบถ้วนตามตำราคชลักษณ์หรือช้างมงคล ได้แก่ ตาขาว เพดานปากขาว เล็บขาว ขนขาว พื้นหลังขาว หางขาว และ อัณฑโกสขาว

ลักษณะที่ 2 ช้างประหลาดหรือช้างสีประหลาด มีมงคลลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างแต่ไม่ครบ ๗ ประการตามลักษณะมงคลตามตำราคชศาสตร์ ลักษณะของช้างสีประหลาดจะคล้ายกับช้างเผือก แต่แตกต่างตรงผิวหนังอาจจะไม่ได้ขาวไปทั้งตัว มีรอยด่างตามร่างกาย ขนหรือเล็บอาจจะไม่ขาว

ลักษณะที่ 3 ช้างเนียม เป็นช้างที่มีลักษณะ ๓ ประการ มีลักษณะ พื้นหนังดำ งามีลักษณะดังรูปปลีกล้วย และเล็บดำ ซึ่งช้างทั้ง 3 ประเภทนี้ ถือเป็นช้างคู่บารมีของพระมหากษัตริย์เท่านั้น ผู้ครอบครองจะต้องนำช้างขึ้นทูลเกล้าทูลกระหม่อมถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เพื่อเป็นช้างทรงตามราชประเพณีที่ปฏิบัติกันมา

ลักษณะที่ 4 ช้างสามัญ เป็นช้างเลี้ยง สามารถพบได้ทั่วไปในปัจจุบัน

2.2 พื้นที่เก็บรวบรวมข้อมูล คือ ศูนย์คชศึกษา บ้านตากลาง ต.กระโพ อ.ท่าตูม จ.สุรินทร์

2.3 สมมติฐานการวิจัย

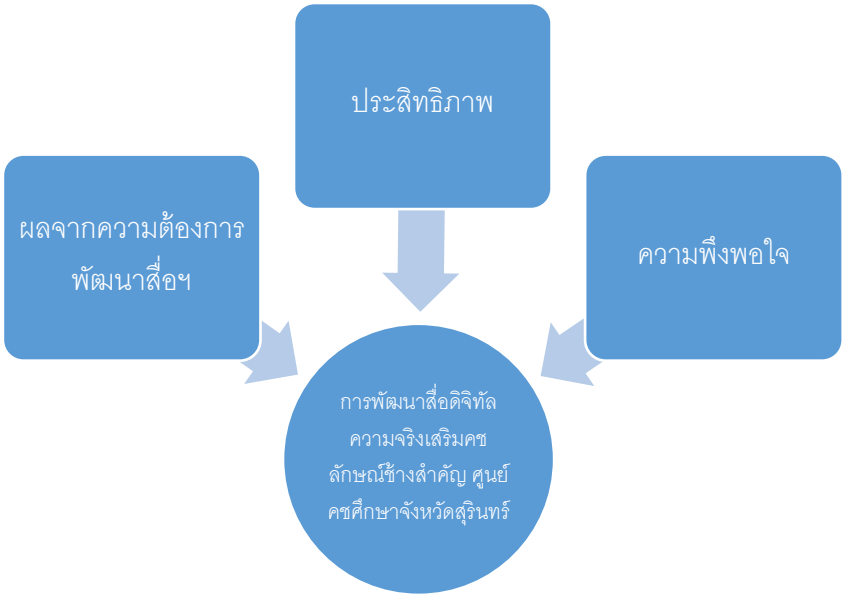
สื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากขึ้นไป

2.4 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

2.4.1 ตัวแปรต้น คือ สื่อดิจิทัลจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์

2.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลความต้องการสื่อ ประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อสื่อดิจิทัลฯ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คณะผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และจัดสร้างเครื่องมือขึ้นเอง โดยได้รับคำแนะนำและปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีขั้นตอนในรายละเอียดดังนี้

1) ศึกษาเอกสารตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างเครื่องมือ

2) สัมภาษณ์เชิงลึก ควาญช้าง และผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างเครื่องมือ

3) ร่างแบบสอบถามประสิทธิภาพของสื่อฯ เสนอผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบ แก้ไข แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะเป็นเบื้องต้น

4) ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย (Questionnaire) โดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมถูกสมบูรณ์แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์

5) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ที่สร้างขึ้นจากการค้นคว้าและดัดแปลงจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง และมีความสอดคล้องกับแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ เพศ สถานภาพ อาชีพ และ รายได้

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพสื่อดิจิทัล (ผู้เชี่ยวชาญ) และ ความความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสื่อดิจิทัล (กลุ่มตัวอย่าง) แบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ สื่อดิจิทัล ตัวอักษร โทนสี และองค์ประกอบสื่อดิจิทัล

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เป็นคำถามปลายเปิด

เกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการวิเคราะห์ จากตำตอบตอนที่ 2 ด้านรูปแบบและองค์ประกอบสื่อดิจิทัล ให้ค่าคะแนนดังต่อไปนี้ (Likert,1961)

5 หมายถึง	มีประสิทธิภาพ	อยู่ในระดับมากที่สุด
4 หมายถึง	มีประสิทธิภาพ	อยู่ในระดับมาก
3 หมายถึง	มีประสิทธิภาพ	อยู่ในระดับปานกลาง
2 หมายถึง	มีประสิทธิภาพ	อยู่ในระดับน้อย
1 หมายถึง	มีประสิทธิภาพ	อยู่ในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์การแปลความหมายดังนี้ (ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์, 2539)

1.00-1.80	มีความพึงพอใจ	อยู่ในระดับน้อยที่สุด
1.81-2.60	มีความพึงพอใจ	อยู่ในระดับน้อย
2.61-3.40	มีความพึงพอใจ	อยู่ในระดับปานกลาง
3.41-4.20	มีความพึงพอใจ	อยู่ในระดับมาก
4.21-5.00	มีความพึงพอใจ	อยู่ในระดับมากที่สุด

2.6 ตรวจสอบความเที่ยงตรง ด้านเทคนิคการผลิตสื่อและระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ การเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 3 ท่าน รายละเอียดดังนี้

1) ผศ.ดร.ปรมาพร อ่อนจันทร์ ประจำสาขาวิชาระบบสารสนเทศ

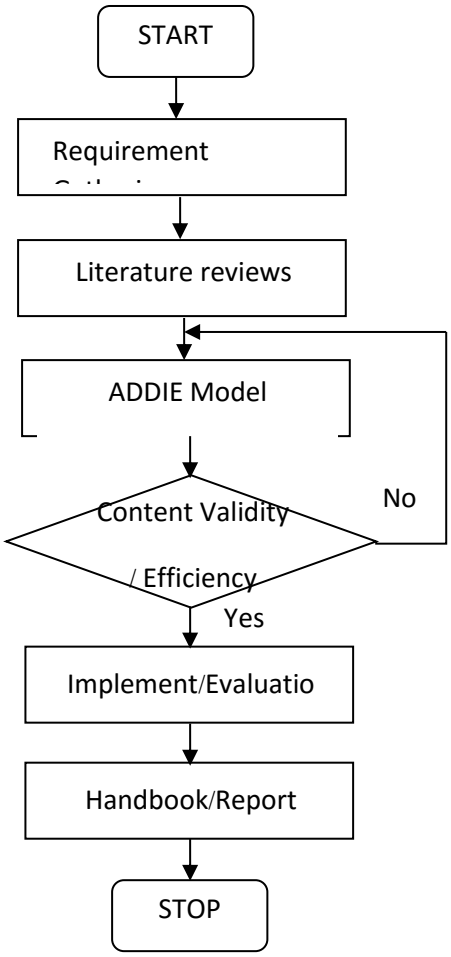
2) อาจารย์นวัฒกร โพธิสาร ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

3) อาจารย์จักรกฤช ใจรัศมี ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

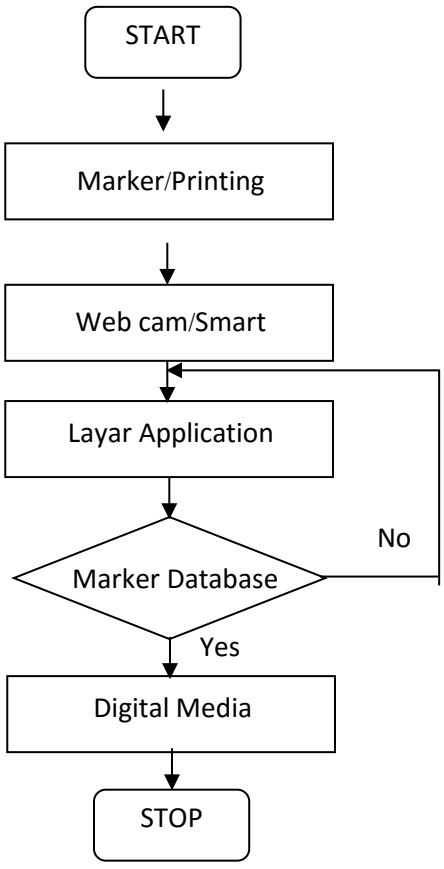
2.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการเก็บรวบรวมการพัฒนาสื่อสิ่งพิมพ์ความจริงเสริมเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์ กับกลุ่มนักท่องเที่ยว ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2560 - มกราคม 2561 รวมระยะเวลา 3 เดือน ซึ่งเป็นฤดูกาลท่องเที่ยวและช่วงเวลาดังกล่าวจะมีนักท่องเที่ยวเข้ามาเยี่ยมชมศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์เป็นจำนวนมาก

2.8 ขั้นตอนการพัฒนาสื่อดิจิทัล โดยใช้แนวคิดของ ADDIE MODEL คือ การเขียนผังงานและแผนการดำเนินเรื่อง เพื่อการนำเสนอเนื้อหาและกระบวนการ (Kent Gustafson & Rober Maribe, 2002) ดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ผังการดำเนินงานพัฒนาสื่อดิจิทัล



ภาพที่ 3 ผังการใช้งานสื่อดิจิทัล

2.9 สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าความถี่ (N) ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) แปลผลโดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธ์, 2542)

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	13	39.4
หญิง	20	60.6
2. สถานภาพ		
โสด	3	13.6
สมรส	19	56.4
หย่า	11	33.3
3. อายุ		
ต่ำกว่า 23 ปี	3	9.09
24-35 ปี	2	6.06
36-45 ปี	17	51.1
46-55 ปี	3	9.09
56-60 ปี	4	12.12
61ปีขึ้นไป	3	9.09
4. รายได้		
น้อยกว่า 10,000 บาท	5	22.7
ระหว่าง 10,001 - 20,000 บาท	25	63.6
ระหว่าง 20,001 - 40,000 บาท	1	4.5
ระหว่าง 40,001 ขึ้นไป	2	9.1
รวม	33	100

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 60.6 และเพศชาย จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อย 39.4 มีสถานภาพ สมรส จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 56.4 รองลงมาคือ หย่า จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 33.3 และโสด จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.6 ส่วนมากมีอายุระหว่าง 36-45 ปี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 51.1 รองลงมา อายุ56-60 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 12.12 อายุต่ำกว่า 23 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 อายุ 61 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 อายุ 46-55 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ9.09 อายุ 24-35 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.06 ส่วนใหญ่มีรายได้ ระหว่าง 10,001 -20,000 บาท จำนวน 25 คน คิดเป็นร้อยละ 63.6 รองลงมา มีรายได้น้อยกว่า 10,000 บาท จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 22.7 รายได้ระหว่าง 40,001 บาทขึ้นไป จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.1 และมีรายได้ระหว่าง 20,001-40,000 บาท จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ประเมินความพึงพอใจต่อสื่อสิ่งพิมพ์ (แผ่นพับ/Marker)

ประเมินความพึงพอใจ	จำนวน	ร้อยละ
5. ความพึงพอใจต่อการจัดองค์ประกอบของแผ่นพับ		
แบบเป็นทางการ (Formal)	3	9.1
แบบกึ่งทางการ (Semiformal)	11	33.3
แบบไม่เป็นทางการ (Informal)	19	57.6
6. ความพึงพอใจต่อรูปแบบตัวอักษรหัวเรื่อง		
แบบ TH sarabunPSK	1	3.0
แบบ SuperspaceBold	19	57.6
แบบ TH charm of AU	2	6.1
แบบ Cordia new	2	6.1
แบบ DSN freehand	9	27.3
7. ความพึงพอใจต่อการใช้รูปแบบโทนสีกับโปสเตอร์และแผ่นพับ		
โทนสีผู้หญิง (feminine)	9	27.3
โทนสีเย็น (cool)	12	36.4
โทนสีธรรมชาติ (tasty)	4	12.1
โทนสีสดชื่น (Fresh)	5	15.2
โทนสีคลาสิค (classic)	1	3.0
รวม	33	100

จากตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการจัดองค์ประกอบด้านแผ่นพับแบบไม่เป็นทางการ (Informal) จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 57.6 โดยส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อตัวอักษรหัวเรื่อง แบบ SuperspaceBold จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 57.6 และส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการเลือกโทนสีแบบเยือกเย็น (cool) จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 36.4 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจต่อองค์ประกอบด้านวีดีทัศน์

องค์ประกอบด้านวีดีทัศน์	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D	ระดับ
การลำดับภาพ	3.95	0.62	มาก
ความคมชัดของระบบภาพ	3.82	0.66	มาก
ความชัดเจนของระบบเสียง	3.74	0.68	มาก
การใช้สีสันและเทคนิคที่เหมาะสม	4.02	0.73	มาก
รวม	3.88	0.68	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อองค์ประกอบด้านวีดีทัศน์ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.88) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่าการใช้สีสันและเทคนิคที่เหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.02) รองลงมาคือ การลำดับภาพอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.95) ความคมชัดของระบบภาพ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.82) และความชัดเจนของระบบเสียงอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.74) ตามลำดับ

การปฏิสัมพันธ์	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D	ระดับ
การปฏิสัมพันธ์ผ่านระบบ Android ได้	4.14	0.68	มาก
การปฏิสัมพันธ์ผ่านระบบ IOS ได้	3.97	0.71	มาก
สามารถควบคุมลักษณะการเชื่อมโยงไปยังโซเชียลเน็ทเวิร์คอื่นได้	3.95	0.75	มาก
สามารถเชื่อต่อและแสดงผลในวีดีทัศน์ได้	4.18	0.79	มาก
ระยะเวลาในการประมวลผล	3.85	0.70	มาก
รวม	4.01	0.73	มาก

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจต่อคุณลักษณะของแบบปฏิสัมพันธ์ด้วย AR

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจต่อคุณลักษณะของแบบปฏิสัมพันธ์ด้วย AR ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.01) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรายข้อ พบว่าสามารถเชื่อมต่อและแสดงผลในวีดีทัศน์ได้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18) การปฏิสัมพันธ์ผ่านระบบ Android ได้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.14) การปฏิสัมพันธ์ผ่านระบบ IOS ได้ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.97) สามารถควบคุมลักษณะการเชื่อมโยงไปยังโซเชียลเน็ทเวิร์คอื่นได้อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.95) และระยะเวลาในการประมวลผลอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.85) ตามลำดับ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ตามวัตถุประสงค์ประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างต่อสื่อดิจิทัลความจริงเสริมคชลักษณ์ช้างสำคัญ ศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มนักท่องเที่ยว ระหว่างเดือน พฤศจิกายน 2560 - มกราคม 2561 รวมเวลา 3 เดือน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 33 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือและประสิทธิภาพสื่อฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ (IOC = 1.0) จำนวน 3 ท่าน นำเสนอด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการวิจัยพบว่า นักท่องเที่ยวส่วนใหญ่ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อการใช้สื่อฯ ผ่านแผ่นพับแบบไม่เป็นทางการ (informal) ลักษณะตัวอักษรแบบ SuperspaceBold ใช้โทนสีที่ให้ความเยือกเย็น (Cool) โดยมีองค์ประกอบของสื่อเป็นวีดีทัศน์และให้ความสำคัญในการใช้สีสันและเทคนิคที่เหมาะสม ($\bar{X}$ = 4.01) และต้องการเห็นความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายและการแสดงผลอย่างต่อเนื่องผ่านระบบ Android Platform ($\bar{X}$ = 4.14) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (ประทีป วิจิตรศรีไพบูลย์, 2559) ด้านองค์ประกอบศิลป์ ทำให้ผลงานเนื้อหาที่ดี การจัดวางอย่างเป็นระเบียบง่ายต่อการใช้งาน มีความสวยงาม ทั้ง สีสัน และรูปแบบการจัดวาง การใช้คลุมโทนของสีและฉาก เหมาะสำหรับผู้ใช้ทุกเพศทุกวัย และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ (มานพ สว่างจิต, 2559) และ (มงคล หล้าดวงดี, 2559) ด้วยเทคโนโลยีผสานความ

จริงเสริม (Augmented Reality) ผ่านอุปกรณ์ Smart Device เพื่อให้คนไทยทุกคนได้ร่วมกันรำลึกและตระหนักถึงความสำคัญของช้างและพร้อมใจกันอนุรักษ์ช้างให้คงอยู่คู่กับชาติไทย ตอบโจทย์ในยุคไทยแลนด์ 4.0

ข้อเสนอแนะ

พัฒนาสื่อในรูปแบบ 3D เช่น การจำลองสถานการณ์ อัตลักษณ์ช้างสำคัญ และนำไปใช้ในงานอนุรักษ์ด้านอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์อย่างสูงจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จากศูนย์คชศึกษาจังหวัดสุรินทร์ คณาจารย์สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ผู้เชี่ยวชาญและครอบครัวที่น่ารักที่ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Clayton P. Alderfer. .(1969) *An Empirical Test of a New Theory of Human Needs.* :-- Organization Behavior and Human Performance.

L. Kent Gustafson, และ Branch Rober Maribe. .(2002) *Survey of Instructional Development Models.* Washington DC: ERIC Publications.

Rensis A. Likert. .(1961) *New Patterns of Management.* New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

กิดานันท์ มลิทอง .(2543) *.เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม.* กรุงเทพมหานคร.อรุณการพิมพ์ :

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์ .(2539) *.สถิติพื้นฐาน.* ขอนแก่น.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา :

ชายนำ ภาววิมล 8) .มีนาคม 2559). *วิกฤติช้างไทย.เส้นทางสู่ความมืดมนหรือแสงสว่างที่ปลายอุโมงค์ :* เรียกใช้เมื่อ :จาก สำนักงานคณบดี บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย 2561 กุมภาพันธ์ 2 http://www.phd.mbu.ac.th

ณัฐพล ชูลิกรณ์ .(2552 - -) *.หลักการเบื้องต้นของสื่อดิจิทัล.* เรียกใช้เมื่อ จาก 2560 กรกฎาคม 8 http://olearning.siam.edu/images/stories/HANDOUT/2_2554/nitade/digital/h144201_1.pdf

ธัญญ์ชลิตา สิทธิ์ภูรินท์กุล .(2559) *.การศึกษาความต้องการสื่อเพื่อการเรียนรู้ของศูนย์การเรียนรู้รุ่งอรุณของเล่นพื้นบ้าน เขตทวีวัฒนา.* กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ :

นวลมีศรี สุมิตรา .(2558) *.การพัฒนาระบบสื่อเสมือนจริงสำหรับชุดไทยพระราชนิยม.* กรุงเทพม :รภ.สวนสุนันทา.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธ์ .(2542) *.เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย.* กรุงเทพฯ :B&B Publishing.

ประทีป วิจิตรศรีไพบูลย์ การพัฒนาสื่อเสมือนจริงโดยใช้ .(2559) .(AR) เพื่อการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยว.-- .

มงคล หล้าดวงดี .(2559) *.ระบบสารสนเทศด้านการท่องเที่ยวด้วยความเป็นจริงเสริมบนโทรศัพท์เคลื่อนที่.* มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ :

มานพ สว่างจิตการพัฒนาสื่อความจริงเสมือน วิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนที่มีผลสัมฤทธ .(2559) .ิ์ต่ำากว่าเกณฑ์มาตรฐาน สพป.นครนายก *.วารสารเทคโนโลยีการศึกษาและมีเดียคอนเวอร์เจนซ์* , 87-95.

วิกิพีเดีย 30) .มกราคม 2018). *ศูนย์คชศึกษา* :เข้าถึงได้จาก วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี .https://th.wikipedia.org/

ศูนย์คชศึกษา 30) .มกราคม 2550). *ลำดับศักดิ์ของช้างสำคัญ*เข้าถึงได้จาก .: http://www.elephantworldsurin.com

ศูนย์อนุรักษณ์ช้างไทย 25) .มกราคม2561). *ศูนย์อนุรักษณ์ช้างไทย*. เรียกใช้เมื่อ จาก สถาบันคชบาล 2561 มกราคม 25
: แห่งชาติในพระอุปถัมภ์ฯ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้http://www.thailandelephant.org/
สมชาย มาดี 7) .กุมภาพันธ์ 2561). การเรียงลำดับตำแหน่งหรือยศของหมอช้างศรินยา มีบุญญา) ., ผู้สัมภาษณ์(
โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2548). *การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

โครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

Wireless Weather Sensor Network for Smart Farm

บุญฤทธิ์ คุ้มเขต[1*] ทินวัฒน์ จังจริง[1] ภูเบต แสงมะฮะหมัด[1] อุทัย แหนกลาง[1] และ ไพฑูรย์ รักเหลือ[1]

Boonyarit Kumkhet[1*] Thinnawat Jangjing[1] Pubet Sangmahamad[1] Uthai Naeklang[1] Paitoon Rakluea[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอโครงข่ายการตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายพร้อมทั้งจัดเก็บข้อมูลของภูมิอากาศ โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์, อุปกรณ์ตรวจรู้, อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย และระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ มาทำงานร่วมกัน เพื่อใช้ตรวจสอบและเก็บข้อมูลบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมและนำไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการทำการเกษตรเพื่อเพิ่มจำนวนผลผลิตและคุณภาพให้มากขึ้น การดำเนินการส่วนแรกคือทำการออกแบบสถานีที่ใช้ในตรวจสอบภูมิอากาศ ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ Node MCU ESP8266 ซึ่งมีโมดูลการสื่อสารไร้สายย่าน 2.4 GHz, ตัวตรวจรู้DHT11 สามารถวัดอุณหภูมิได้ 0-50 องศาเซลเซียส และความชื้น 20-90% RH, อุปกรณ์ตรวจรู้ทิศทาง, อุปกรณ์ตรวจรู้ความเร็วลมแบบ 3 ถ้วย และอุปกรณ์ตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน ส่วนที่สองเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม Arduino IDE และจัดเก็บข้อมูลบนไฟร์เบสคลาวด์ พร้อมทั้งติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ภายในสถานีตรวจสอบเพื่อง่ายต่อการติดตั้งในพื้นที่ห่างไกลไฟฟ้า จากนั้นทำการทดสอบทำงานของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ ในพื้นที่โล่งแจ้งเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และอุปกรณ์ต่างๆ โดยเก็บผลเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และทำการเปรียบเทียบระหว่างสถานีตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายต้นแบบกับเครื่องมือวัดมาตรฐาน ผลการดำเนินงานจากต้นแบบระบบโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายที่ออกแบบ พบว่าค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจรู้ที่นำมาต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีค่าผิดพลาดเกิดขึ้นเมื่อนำมาเทียบกับอุปกรณ์ตรวจรู้มาตรฐาน ซึ่งการวัดปริมาณน้ำฝนมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 3%, การวัดความเร็วลมมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 5%, การวัดอุณหภูมิมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 7%, และการวัดความชื้นมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 1% ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อใช้เพิ่มประสิทธิภาพด้านเกษตรกรรมได้แต่ยังคงต้องมีการปรับปรุงเพื่อลดค่าผิดพลาดลง

คำสำคัญ : ภูมิอากาศ, อุปกรณ์ตรวจรู้, ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์, การสื่อสารไร้สาย

---

[1] สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบล คลองหก อำเภอ ธัญบุรี จังหวัด ปทุมธานี

[1] Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 39 Village No. 1 Rangsit-Nakornnayok Road, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani, 12110 Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Boonyarit Kumkhet, Boonyarit.k@en.rmutt.ac.th

ABSTRACT

This research presented a wireless weather sensor network and weather data storage. It is consisting of microcontrollers, sensor devices, wireless devices, and cloud storage, which it work together. It is used for monitoring and collect data in agricultural areas and use it to analyze and plan agriculture sector to increase productivity and quality. The first part of this research is designed for the weather monitoring stations. The weather monitoring station consists of Node MCU ESP8266 combine with the wireless communication module in the band of 2.4 GHz, DHT11 temperature and humidity sensor in length of 0-50 ° C and 20-90% RH respectively. In addition, the weather monitoring stations also consisted of wind directional sensor, wind speed sensor type 3 Cup, and rain sensor. The second part proposed the programming to control by Arduino IDE software and stored the data on Firebase cloud storage. Also, set up a solar system within the weather monitoring stations so that it can be installed in the areas without electricity. Then experiment with the proposed weather monitoring stations, in the outdoor areas with 1 week to test the performance of the systems and devices. Finally, this research was compared to the result between prototype of wireless weather sensor stations and standard measuring instruments. Performance of a prototype wireless weather sensor network. It was found that the value obtained by sensor devices, which is connected to the microcontroller, there are some values of it was wrong when compared to standard measuring instruments. Which rainfall measurement has an average error of 3%, wind speed measurement has an average error of 5%, temperature and humidity measurement has an average error of 7% and 1% respectively. This result can be analyzed to improve the efficiency of agriculture sector but still needs to be improved to reduce errors.

Keywords: Weather, Sensors, Cloud storage, Wireless communications

บทนำ

เกษตรกรรม เป็นอาชีพที่ประชากรในประเทศไทยประกอบอาชีพนี้ สูงถึงร้อยละ 29.3 เปอร์เซ็นต์ จากการสำรวจกลุ่มอาชีพทั้งประเทศของประชากรอายุ 15 ปีขึ้นไปที่มีงานทำ จำแนกตามอุตสาหกรรม และเขตการปกครอง พ.ศ. 2559 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (“วารสารสถิติรายไตรมาส ปีที่ 64 ไตรมาสที่ 3 พ.ศ. 2559.” 2559 : 16) ซึ่งเป็นตัวผลักดันให้เศรษฐกิจของชาติมีการเจริญเติบโต เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาชาติ แต่ในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมในยุคก่อน ตั้งแต่แผนพัฒนาเศรษฐกิจของชาติ โมเดลประเทศไทย 1.0 ที่เน้นภาคการเกษตร แต่ยังพบปัญหาในเรื่องของความยั่งยืน ในปัจจุบันจึงได้มีนโยบายโมเดล “ประเทศไทย 4.0” เพื่อการพัฒนาสู่ “ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน” ด้วยการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม ซึ่งกลุ่มเทคโนโลยีการเกษตร เป็นหนึ่งกลุ่มที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายหลักในการพัฒนาเทคโนโลยีมุ่งเน้นใช้งานร่วมกับการเกษตร เพื่อให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีอาชีพมั่นคง มีรายได้เพียงพอต่อการเลี้ยงชีพ

ควบคู่ไปกับการให้ความสำคัญในการพัฒนาขีดความสามารถในการผลิต การจัดการสินค้าเกษตรและความมั่นคงด้านอาหาร ส่งเสริมการผลิตพืชอาหารและพืชพลังงานทดแทนให้มีความเหมาะสม โดยกำหนดเป้าหมาย สู่ความเป็น Smart Farmer ซึ่งเป็นการจัดการฟาร์มที่แบบมืออาชีพ ที่จะพัฒนาคุณภาพชีวิตเกษตรกร ให้เกษตรกรมีความสามารถพึ่งพาตนเองได้ มีภูมิคุ้มกันพร้อมรับความเสี่ยงด้านการผลิต การตลาด และมีการกระจายรายได้ที่ทั่วถึง มีความสามารถใน การผลิตและการตลาด ส่งเสริมการทำงานร่วมกันระหว่างภาคเกษตร อุตสาหกรรม และพลังงานสู่เกษตรกรรมที่ยั่งยืนสืบไป

ภูมิอากาศเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการผลิตทางการเกษตร เช่น การวางแผนการเพาะปลูก การคัดเลือกพันธุ์ การวางแผนการปราบศัตรูพืช หรือการวางแผนการใช้ที่ดิน อาจกล่าวได้ว่าข้อมูลภูมิอากาศ เกือบทั้งหมดมีประโยชน์ต่อการเกษตรทั้งสิ้น เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน การระเหยของน้ำ ความเข้มของแสงและ ความยาวนานของแสงแดดและลม ซึ่งหากนำข้อมูลทางภูมิอากาศมาทำการวิเคราะห์และวางแผนก่อนทำการเกษตรจะสามารถช่วยให้เพิ่มศักยภาพในการผลิตและลดอัตราความเสี่ยงลงได้ (“สรุปสาระสำคัญ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 - 2564.” 2560 : 1-22)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายพร้อมทั้งการเก็บข้อมูลภูมิอากาศเพื่อเป็นแนวทางในวางแผนการทำการเกษตร โดยสถานีตรวจสอบภูมิอากาศจะทำการตรวจรู้อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง ทิศทางและความเร็วลม และมีการเก็บผลการตรวจสอบในรูปแบบคลาวด์ ทั้งนี้ในการออกแบบสถานีตรวจสอบภูมิอากาศนั้นจะประยุกต์ใช้หลักการและเทคนิคต่างๆ เพื่อสร้างตัวตรวจรู้ในราคาที่ไม่สูงและให้ประสิทธิภาพในการตรวจรู้ข้อมูลภูมิอากาศที่สามารถนำวิเคราะห์เพื่อวางแผนการเพาะปลูกและเลือกพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับภูมิอากาศได้ (Pineres-Espitia, G., Cama-Pinto, A., De La Rora Morron, D., Estevez, F.and Cama-Pinto, D. 2017 : 13) ซึ่งสถานีตรวจสอบภูมิอากาศจะถูกต่อร่วมเข้ากับระบบโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายซึ่งเป็นการใช้เทคโนโลยีในยุคดิจิทัลด้านการสื่อสารมาประยุกต์ใช้กับการเกษตร (Farhat, M., Abdul-Niby, M., Abdullah, M. and Nazzal, A. 2017 : 1615-1618) พร้อมทั้งยังใช้ระบบสมองกลอัจฉริยะ (Embedded System) และคอนโทรลเลอร์ (Controller) ร่วมกับเทคโนโลยี Internet of things (IoT) (Yawut, C. and Kilaso, S. 2010 : 155-159) ที่มีการเก็บข้อมูลในลักษณะฐานข้อมูลหรือระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ (Roneel, V.S. 2014 : 233-240), (Kodali, R.K. and Mandal, S. 2016 : 680-683) เพื่อเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์ภูมิอากาศและเตรียมความพร้อมพื้นที่การเกษตรเพื่อการเพาะปลูกได้

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับแผนการดำเนินงานโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะแบ่งระยะเวลาการทางานออกดังนี้

1. วางแผนการดำเนินงาน

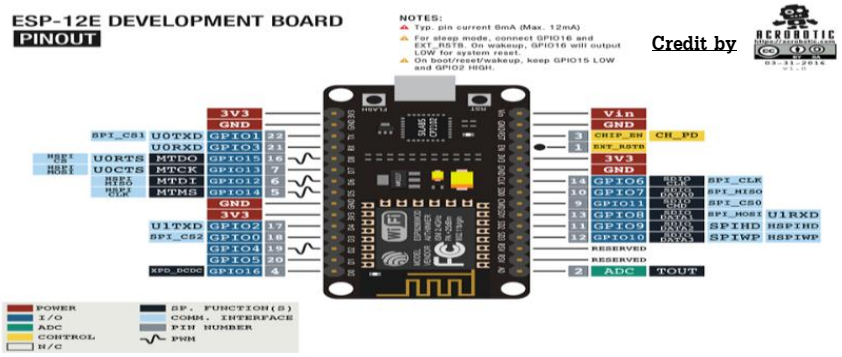
ขั้นตอนการวางแผนการดำเนินงานเป็นการวางโครงสร้างหลักการทำงานต่างๆ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของโซล่าเซลล์, กังหันลม, ตัววัดอุณหภูมิ, ตัววัดปริมาณน้ำฝนและความชื้น อีกทั้งในส่วนของโปรแกรมศึกษาการใช้ Node

MCU ESP8266 ซึ่งเป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงานของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลของกลุ่มเมฆ เพื่อกำหนดขอบเขตของการทำงาน กำหนดช่วงเวลาของการปฏิบัติงานอย่างเป็นขั้นตอน

2. ออกแบบและสร้างสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ

การออกแบบและสร้างสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ เพื่อใช้ในโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะ เริ่มต้นจากรูปแบบและโครงสร้างของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เหมาะกับการใช้งานกลางแจ้งที่ต้องโดนแดด, ฝน, ลม, พายุ ฯลฯ และทำการออกแบบสถานีตรวจสอบภูมิอากาศโดยแบ่งเป็น 4 ส่วนดังนี้

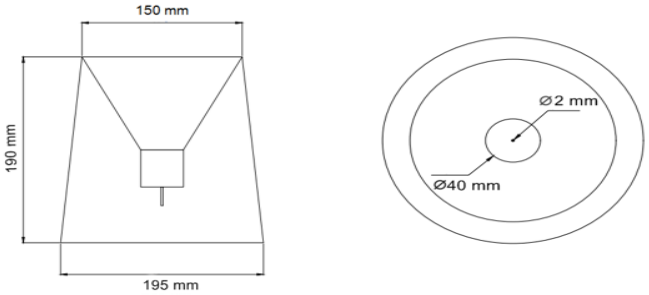
2.1 ส่วนควบคุมและประมวลผล จะใช้ Node MCU ESP8266 ซึ่งเป็นบอร์ดประมวลผลที่มีการทำงานคล้ายกับ Arduino แต่มีการปรับแต่งเพิ่มเติมโดยการเพิ่มโมดูล ESP-12E เข้าไปในบอร์ดเป็นลักษณะฝังติดกับตัวบอร์ดหลักจึงทำให้บอร์ดนี้มีความสามารถในด้านการสื่อสารไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz



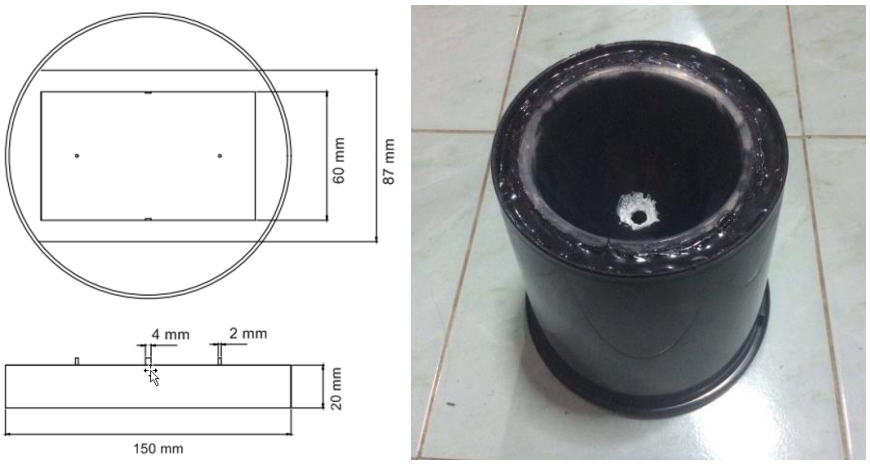
ภาพที่ 1 โครงสร้างบอร์ดและจุดต่อใช้งานของบอร์ด Node MCU ESP8266

2.2 ส่วนตัวตรวจรู้อุปกรณ์ตรวจรู้ที่ใช้ในสถานีตรวจสอบภูมิอากาศต้นแบบนั้น ประกอบด้วยอุปกรณ์ 4 ประเภท ดังนี้

2.2.1 ตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน จะใช้เพื่อตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนที่ตก ณ เวลานั้น โดยใช้หลักการของไม้กระดกและไมโครสวิตซ์ (Micro Switch) เพื่อใช้นับจำนวนการกระดกและคำนวณออกมาเป็นปริมาณของน้ำฝน ซึ่งตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนจะประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนที่ 1 (ภาพที่ 2 และ 3) อุปกรณ์รับน้ำฝนมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางของปากถังรับน้ำฝน 8 นิ้ว (150 มิลลิเมตร) สูง 7.5 นิ้ว (190 มิลลิเมตร) ลักษณะด้านในของถังรับน้ำฝนมีลักษณะเป็นกรวยเพื่อรวมน้ำฝนที่ตกลงสู่ภาชนะรองรับน้ำฝน

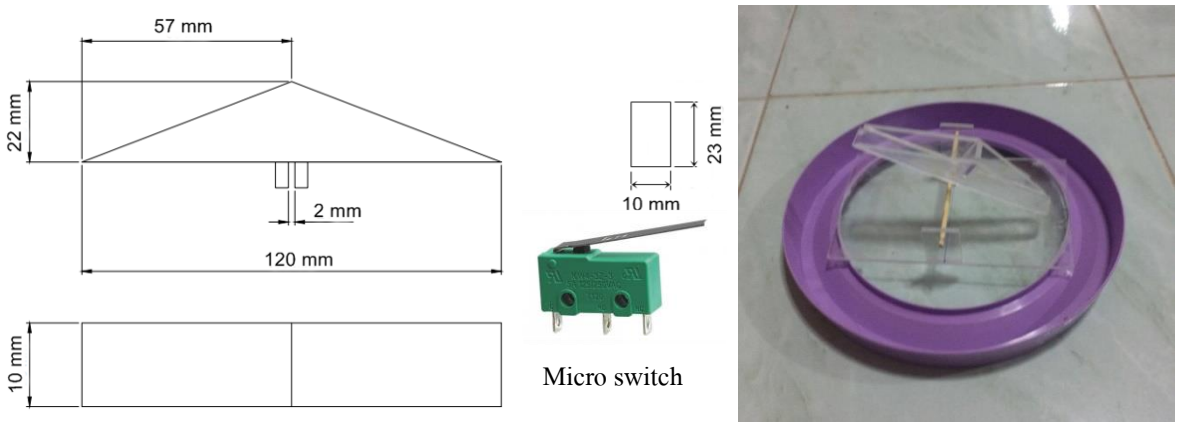


ภาพที่ 2 โครงสร้างของถังรองรับน้ำฝน



ภาพที่ 3 โครงสร้างของฐานรองถังรองรับน้ำฝน

ส่วนที่ 2 (ภาพที่ 4) ภาชนะรองรับน้ำฝนหรือเรียกว่าภาชนะกระดก (Tipping Bucket) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล คือเปลี่ยนปริมาตรน้ำที่ไหลผ่านลงกรวยอย่างต่อเนื่องไปเป็นจำนวนครั้งของภาชนะที่กระดกไปมา โดยการเคลื่อนไหวของภาชนะกระดกนี้จะถูกจับด้วยไมโครสวิตซ์ ซึ่งสวิตซ์จะนำสัญญาณจำนวนครั้งที่ได้ไปเข้าสู่ MCU node เพื่อทำการประมวลผล



ภาพที่ 4 โครงสร้างของถังรองรับน้ำฝน

2.2.2 ตัวตรวจรู้ทิศทางลม นั้นจะใช้ศรยาว มีลักษณะที่คล้ายกับเครื่องบิน มีแพนหางตั้งตรงเป็นตัวบังคับให้ปลายศรลมชี้ไปในทิศทางที่ลมพัดเข้ามา โดยที่แกนของศรลมหมุนได้รอบ (0-360 องศา) ใช้ไฟอินพุต 7-24 โวลต์ สัญญาณเอาต์พุต 4-20 มิลลิแอมป์ และสามารถอ่านค่าทิศทางลมได้โดยต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า และจะนำไปติดตั้งไว้ฝั่งเดียวกันกับตัวตรวจรู้ความเร็วลม สายตัวตรวจรู้ทิศทางลม ใช้หัวต่อคอนเนคเตอร์ชนิด X12K4P ใช้สายเคเบิลแบบสามแกนทองแดง สายสีน้ำตาลคือไฟบวก สายสีดำคือไปลบ สายสีน้ำเงินคือสัญญาณ



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ตรวจรู้ทิศทางลมแบบลูกศรและการติดตั้ง

2.2.3 ตัวตรวจรู้ความเร็วลมแบบสามถ้วย ประกอบด้วยถ้วยโลหะ 3 ใบ ที่ติดอยู่กับปลายแขนของเครื่อง ทำจากอลูมิเนียมอัลลอยที่มีความทนต่อสภาพออากาศ เมื่อลมพัดจะทำให้ถ้วยทั้งหมดหมุนรอบก้าน และจะคำนวณกลับมาเป็นค่าความเร็วลม เป็นอุปกรณ์ตรวจรู้ความเร็วลมที่ให้ Output เป็นแบบ analog 0 - 5 VDC และ 4 - 20 mA สามารถวัดความลมได้ตั้งแต่ 0 - 30 m/s ความละเอียดในการวัด 0.1 m/s ใช้ไฟเลี้ยง 9 - 24 VDC สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง 80 องศาเซลเซียส โดยจะนำไปติดตั้งไว้ด้านข้างตรงแขนที่ของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ และใช้ขั้วต่อชนิด X14K4P สายเคเบิลแบบสามแกนทองแดง เหมาะสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก สามารถใช้กับอุณหภูมิที่สูงไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส สายสีแดงคือไฟบวก สายสีเหลืองคือไฟลบ สายสีดำคือสัญญาณ



ภาพที่ 6 อุปกรณ์ตรวจรู้ความเร็วลมแบบสามถ้วยและการติดตั้ง

จากตารางที่ 1 แสดงการวัดค่าแรงดันเอาท์พุตของตัวตรวจรู้ความเร็วลมโดยวัดเมื่อมีลมกระทำกับแกนรูปถ้วยและเกิดการหมุนของแกนและจ่ายแรงดันเอาท์พุทดังในตารางเราจะนำค่าแรงดันที่ได้มาเข้าสูตรคำนวณเพื่อหาค่าความเร็วของลม ด้วยสูตร

$$V \times 6 = U$$

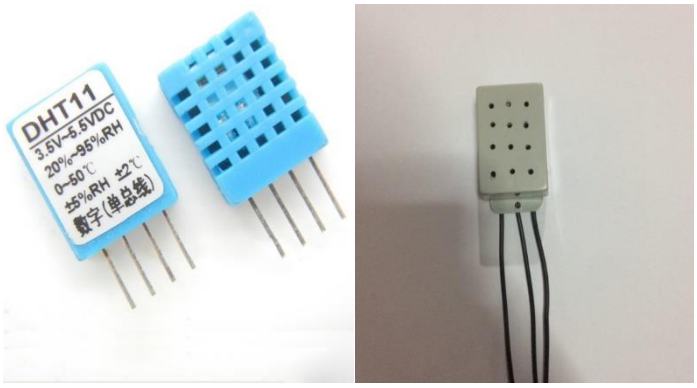
เมื่อ V = แรงดันเอาท์พุท

U = ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)

ตารางที่ 1 ค่าเอาท์พุทของตัวตรวจรู้ความเร็วลม

Wind speed		Voltage
(m/s)	(Km/Hr)	Output 0-5 V.
1	3.6	0.17
2	7.2	0.33
3	10.8	0.5
4	14.4	0.67
5	18	0.83
6	21.6	1
7	25.2	1.17
8	28.8	1.33
9	32.4	1.5
10	36	1.67
11	39.6	1.83
12	43.2	2
13	46.8	2.17
14	50.4	2.33
15	54	2.5

2.2.4 ตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น จะใช้โมดูล DHT 11 เป็นตัววัดอุณหภูมิและความชื้น ย่านวัดความชื้น 20 - 90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +- 5% RH ความละเอียดในการวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต สามารถวัดอุณหภูมิได้ 0 - 50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +- 2 องศาเซลเซียสแสดงผลแบบ 8 บิต ใช้กระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3 - 5.5 VDC แล้วจะนำไปใส่ในกล่องพลาสติกที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก



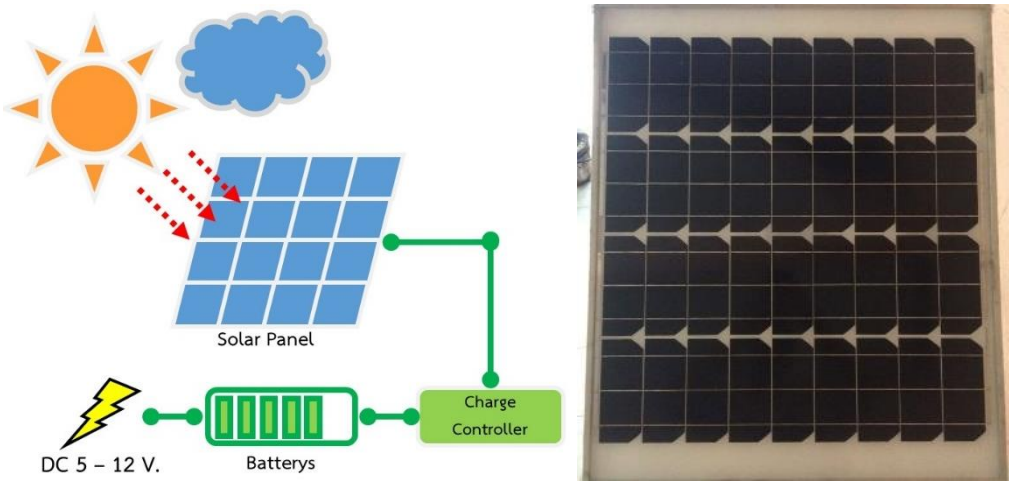
ภาพที่ 7 อุปกรณ์ตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

2.3 ส่วนจัดเก็บข้อมูล ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud storage) เป็นรูปแบบของเครือข่ายการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งไม่เพียงแต่จัดเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์จากผู้ใช้งานต่างๆแล้ว ยังเป็นศูนย์รวมการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะ Virtual Pool ซึ่งหมายถึงแนวทางที่ให้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ ถูกมองเป็นอุปกรณ์ Hard disk ของผู้ใช้งานแต่ละคน ดังนั้นในศูนย์จัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วย Storage Array มีการแบ่งเนื้อที่จัดเก็บข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละคน เสมือนหนึ่งว่าแต่ละคนมี Hard Drive ของตนเอง (แต่ใช้วิธีการแบ่งเนื้อที่ใน Hard Drive) โดยศูนย์จัดเก็บข้อมูลนี้ อาจเป็นผู้บริการรายใดรายหนึ่งที่มี Data Center ก็ได้ และผู้ใช้งานจะต้องเช่าใช้เนื้อที่ของ Hard Disk เพื่อจัดเก็บข้อมูลของเขาก็ได้ ข้อมูลของผู้ใช้บริการอาจถูกจัดเก็บไว้ใน Hard Drive ตัวเดียวกัน หรือหลายตัว ในหลาย Server ก็ และความปลอดภัยของข้อมูลข่าวสารขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของการให้บริการ

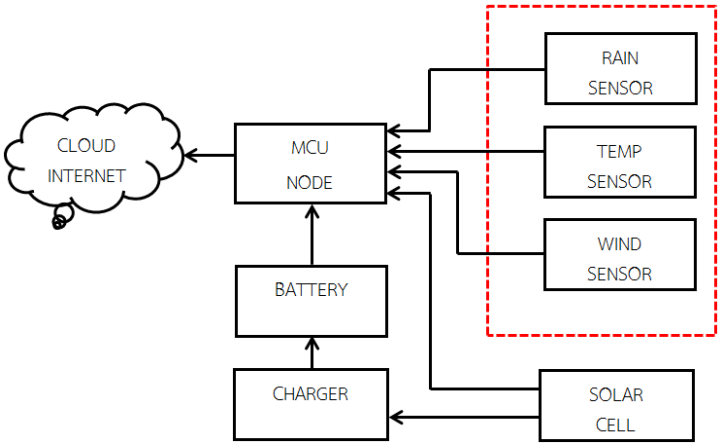


ภาพที่ 8 ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์ (Cloud storage)

2.4 ส่วนพลังงาน ใช้โซล่าเซลล์ขนาด 50 W เป็นตัวรับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอก ควบคุมการชาร์จด้วยชาร์จเจอร์เพื่อชาร์จไฟเข้าที่แบตเตอร์รี่ เมื่อแบตเตอร์รี่เต็ม ชาร์จเจอร์ก็จะทำการตัดไฟจากโซล่าเซลล์ โดยจะทำการติดตั้งโซล่า เซลล์ไว้ส่วนบนสุดของของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ



ภาพที่ 9 แบบรูปการต่อใช้งานโซล่าเซลล์และแผงโซล่าเซลล์



ภาพที่ 10 บล็อกไดอะแกรมของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ

จากภาพที่ 10 แสดงโครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ ซึ่งจะแบ่งเป็นภาคการทำงานกันอย่างชัดเจน โดยเริ่มจากส่วนของอุปกรณ์ตรวจรู้ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมโดยรอบของพื้นที่และนำส่งข้อมูลมายัง **MCU Node** ซึ่งเป็นคอนโทรลเลอร์ คอนโทรลเลอร์ทำการประมวลตามโปรแกรมที่ตั้งไว้และทำการส่งข้อมูลไปยัง **Fire Base Storage** ซึ่งทำหน้าที่เก็บข้อมูลในรูปแบบคลาวด์ โดยผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายย่านความถี่ **2.4 GHz** ซึ่งข้อดีของระบบคลาวด์อย่างหนึ่งคือการเข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ที่สามารถใช้งานอินเตอร์เน็ตได้ โดยผ่าน **Web Browser** และในส่วนของพลังงานของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ เราจะติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งประกอบด้วยแผงพลังงานแสงอาทิตย์ แบตเตอร์รี่ และวงจรชาร์จไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความสามารถให้กับสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ ให้สามารถติดตั้งในสถานที่ที่ ไม่มีไฟฟ้า

3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสถานีตรวจสอบภูมิอากาศต้นแบบ โดยการนำผลจากอุปกรณ์ตรวจรู้ประเภทต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในสถานีตรวจสอบภูมิอากาศ มาเปรียบเทียบค่าต่างๆ กับเครื่องมือวัดมาตรฐานและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด เพื่อวิเคราะห์ว่าเครื่องตรวจสอบภูมิอากาศต้นแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบภูมิอากาศ ไปเก็บไว้ในระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ในแต่ละวันมาวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นๆ เพื่อประยุกต์ใช้กับการเกษตร

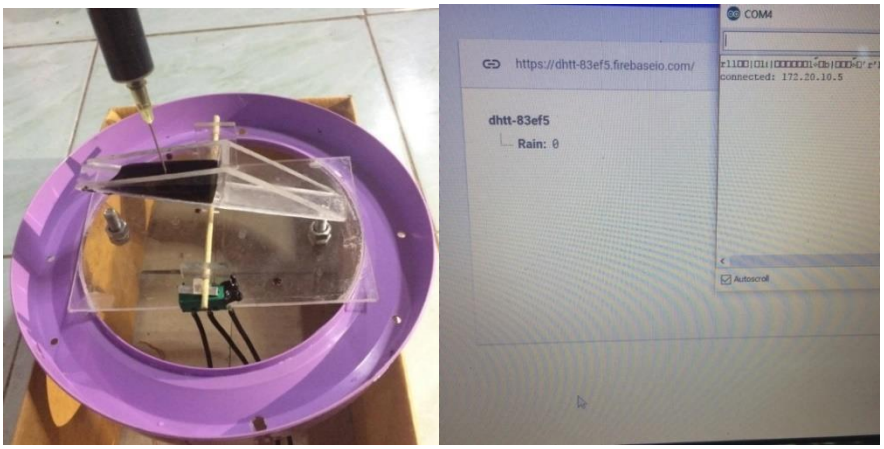
4. สรุปผล

ในส่วนนี้จะดูว่าสถานีตรวจสอบภูมิอากาศที่สร้างขึ้นมานั้นประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด สามารถเก็บข้อมูลเกี่ยวกับภูมิอากาศได้ถูกต้องหรือไม่ มีข้อผิดพลาดอย่างไรบ้างและสาเหตุมาจากอะไร และสถานีตรวจสอบภูมิอากาศที่สร้างขึ้นมานั้นมีจุดเด่นจุดด้อยอย่างไร สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านไหนได้บ้าง

ผลและวิจารณ์ผล

1. การทดสอบตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน

เราใช้ไซริงค์พลาสติกที่มีระดับการวัดปริมาตรน้ำในการทดสอบเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนที่เราสร้างขึ้นเองอาจจะมีความไม่เที่ยงตรง เราจึงใช้การวัดปริมาตรน้ำโดยใช้ไซริงค์พลาสติกแล้วหยดน้ำลงไปในถังรองรับน้ำฝนแล้วเราก็ไปดูค่าที่อ่านได้จาก MCU node ค่าที่ได้คือจำนวนครั้งที่ภาชนะกระดกกระทบไมโครสวิตช์ของตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนที่วัดได้มาทำการคำนวณเพื่อหาปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 11 แสดงการทดสอบตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนและการแสดงค่าบนคลาวด์

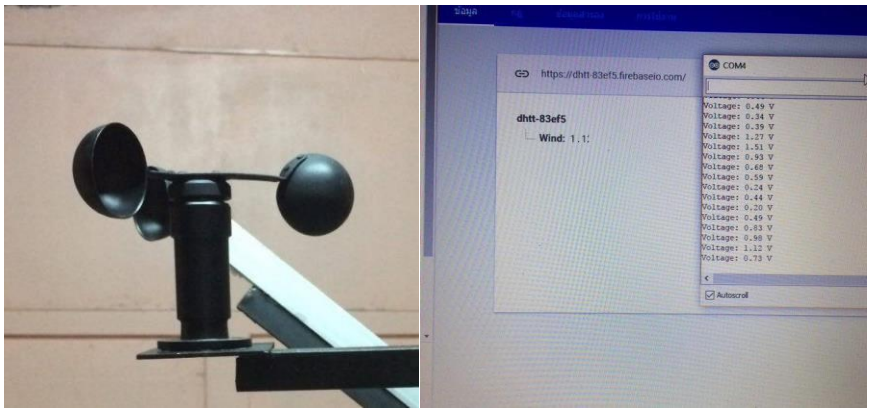
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝน	จำนวนครั้ง							ค่าเฉลี่ย	Error%
	1	2	3	4	5	6	7		
5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
10	10	10	10	10	10	10	10	10	0
15	15	14	14	15	14	13	14	14.14	5.73
20	20	19	19	18	19	20	19	19.14	4.3
25	24	24	25	25	24	24	23	24.24	3.04
30	30	29	29	29	29	29	28	29	3.33
35	35	35	34	34	34	33	34	34.14	2.45
40	40	39	39	37	38	38	38	38.42	3.95
45	45	45	44	44	43	44	45	44.28	1.6
50	50	49	49	49	50	49	48	49.14	1.72
55	55	54	54	55	54	53	53	54	1.81
60	59	60	59	60	59	59	58	59.14	1.43
65	65	64	64	63	63	64	64	63.85	1.76

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน โดยการกำหนดปริมาณน้ำฝนขึ้นตั้งแต่ 5 – 65 มิลลิลิตร และทำการวัดผลในแต่ละช่วงปริมาณน้ำฝน 7 ครั้ง ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดของตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนอยู่ที่ 2.39% แม้ว่าตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนต้นแบบจะมีค่าผิดพลาดอยู่แต่ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นก็ยังอยู่ในช่วงที่รับได้

2. การทดสอบตัวตรวจรู้ความเร็วลม

จะนำตัวตรวจรู้ความเร็วลมที่เราทำขึ้นมาไปทำการทดสอบกับตัวตรวจรู้ความเร็วลมแบบมาตรฐาน โดยจะนำไปทดสอบกับพัดลมที่สามารถปรับระดับความแรงของลมได้ โดยจะนำเอาตัวตรวจรู้ความเร็วลมที่สร้างขึ้นและตัวตรวจรู้ความเร็วแบบมาตรฐานไปวางไว้ที่หน้าพัดลมแล้วนำค่าที่วัดได้มาเปรียบเทียบกัน



ภาพที่ 12 แสดงการทดสอบตัวตรวจรู้ความเร็วลมและการแสดงค่าบนคลาวด์

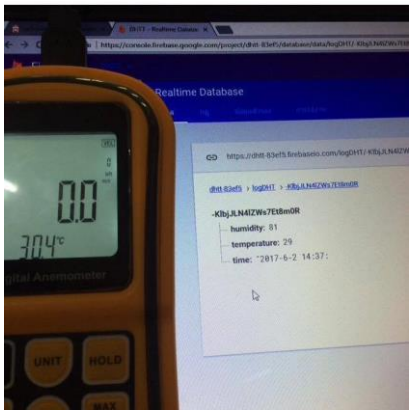
ตารางที่ 3 การทดสอบตัวตรวจรู้ความเร็วลม

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าที่วัดได้จากเครื่องที่จัดทำขึ้น (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ค่าความผิดพลาด	
			กิโลเมตรต่อชั่วโมง	% Error
1	15.1	14.4	0.7	4.63
2	14.5	14.4	0.01	0.68
3	13.6	10.8	2.8	20.58
4	23.7	21.6	2.1	8.86
5	24.2	21.6	2.6	10.74
6	20.5	21.6	1.1	5.36
7	21.9	21.6	0.3	1.36
8	24.7	25.2	0.5	2.02
9	23.7	25.2	1.5	6.32
10	22.6	21.6	1	4.42
เฉลี่ย				6.49

จากตารางที่ 3 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพตัวตรวจรู้ความเร็วลมที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับตัวตรวจรู้ความเร็วลมมาตรฐาน จะเห็นว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 6.49% เป็นค่าผิดพลาดค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการทดสอบครั้งที่ 3 มีค่าผิดพลาดสูงถึง 20.58% ซึ่งอาจจะเกิดจากความผันผวนของลมในช่วงเวลาที่กำลังทดสอบจึงทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาดที่สูงขึ้น

3. การทดสอบตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น

จะทำการทดสอบโดยจะนำตัวตรวจรู้มาตรฐานมาทำการสอบเทียบอุณหภูมิและความชื้น ณ บริเวณเดียวกันวันและเวลาเดียวกันระหว่างตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้นที่เราสร้างขึ้นกับตัวตรวจรู้แบบมาตรฐานค่าที่วัดได้จะเท่ากันหรือไม่ แล้วนำค่าที่วัดได้มาทำการเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้ค่าความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าความชื้นได้จากค่าของอุณหภูมิ



ภาพที่ 13 แสดงการทดสอบตัวตรวจรู้อุณหภูมิกับความชื้นและการแสดงค่าบนคลาวด์

ตารางที่ 4 การทดสอบตัวตรวจรู้อุณหภูมิ

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน (องศาเซลเซียส)	ค่าที่วัดได้จากเครื่องที่จัดทำขึ้น (องศาเซลเซียส)	ค่าความผิดพลาด	
			องศาเซลเซียส	Error %
1	31	29	2	6.45
2	31.2	29	2.2	7.05
3	31.4	29	2.4	7.64
4	31.5	29	2.5	7.93
5	31.5	29	2.5	7.93
6	31.6	29	2.6	8.22
7	31.6	29	2.6	8.22
8	31.7	29	2.7	8.51
9	31.6	29	1.6	8.22
10	31.6	29	1.6	8.22
เฉลี่ย				7.83

ตารางที่ 5 การทดสอบตัวตรวจรู้ความชื้น

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐาน (%)	ค่าที่วัดได้จากเครื่องที่จัดทำขึ้น (%)	ค่าความผิดพลาด	
	(%)		%	Error %
1	90	89	1	1.11
2	90	89	1	1.11
3	90	89	1	1.11
4	90	89	1	1.11
5	90	89	1	1.11
6	90	89	1	1.11
7	90	89	1	1.11
8	90	89	1	1.11
9	90	89	1	1.11
10	90	89	1	1.11
เฉลี่ย				1.11

จากตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5 เป็นการวัดค่าที่ได้จากตัวตรวจรู้DHT11 แต่เนื่องจากการติดตั้งภายในสถานีตรวจสอบภูมิอากาศต้นแบบเรานำตัวตรวจรู้DHT11 ไปใส่ในกล่องพลาสติกที่มีอากาศถ่ายเท จึงอาจจะเป็นปัจจัยในการเกิดค่าผิดพลาดของค่าข้อมูลที่วัดได้จากตัวตรวจรู้DHT11 ซึ่งจะเห็นว่าในการวัดอุณหภูมิมีค่าผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ที่ 7.83% ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่ค่อนข้างสูงและในการวัดค่าความชื้นจะมีค่าผิดพลาดอยู่ที่ 1.11% อีกปัจจัยที่งานวิจัยนี้มีความผิดพลาดเนื่องจากการทดสอบอุปกรณ์ตรวจรู้ทั้งหมดที่กล่าวมาไม่ได้ทำการทดสอบในพื้นที่ที่มีการแปรผันทางอุณหภูมิหรือจำลองสถานที่ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน จึงอาจจะทำให้ผลการเปรียบเทียบและการทดสอบอาจจะได้ผลที่ไม่หลากหลายและครอบคลุมในบางภูมิอากาศ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบสถานีตรวจสอบภูมิอากาศและสร้างเป็นโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศ ดังกล่าวมาแล้วนั้น อุปกรณ์ตรวจรู้ที่ทำการประดิษฐ์ขึ้น เช่น ตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝน ตัวตรวจรู้ความเร็วลม และอุปกรณ์ตรวจรู้ที่สำเร็จรูป เช่น ตัวตรวจรู้ทิศทางลม ตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้น โดยทั้งหมดนี้สามารถส่งข้อมูลไปยัง MCU Node เพื่อทำการคำนวณค่าปริมาณต่างๆ ซึ่งเป็นกระบวนการประมวลผล ที่สามารถทำการประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะส่งข้อมูลทั้งหมดไปเก็บไว้ที่ระบบจัดเก็บข้อมูลแบบคลาวด์



ภาพที่ 14 สถานีตรวจสอบภูมิอากาศต้นแบบ

ในตัวตรวจรู้ปริมาณน้ำฝนนี้ทำการสร้างขึ้น โดยใช้หลักการของคานกระดกน้ำ ซึ่งมีลักษณะการกระดกไปมา ในการกระดกของคานแต่ละครั้งจะเป็นปริมานของน้ำฝน ในส่วนของเซนเซอร์ชุดวัดปริมาณน้ำฝนจะใช้สวิตซ์ (Micro Switch) ส่งสัญญาณในการกระดกแต่ละครั้งไปยังชุดประมวลเพื่อทำการคำนวณ

ในตัวตรวจรู้ความเร็วลมจะใช้หลักการของ Rotary Encoder คือส่วนของเอาต์พุตจะสร้างการทำงานคล้ายกับ Rotary Encoder จะเป็นสัญญาณพัลส์ เมื่อถ้วยรับลมหมุนจะทำให้ Rotary Encoder สร้างสัญญาณพัลส์แล้วจะส่งข้อมูลไปยังชุดประมวลผลเพื่อทำการคำนวณ

ตัวตรวจรู้ทิศทางลมมีลักษณะเป็นลูกศรยาวปลายแหลมจะใช้ศรลมเป็นตัวชี้บอกทิศทางลมแกนของศรลมสามารถหมุนไปได้โดยรอบ (360 องศา) ปลายลูกศรจะชี้ไปทางที่มีลมพัดเข้ามา และจะส่งข้อมูลไปยังชุดประมวลผลเพื่อทำการคำนวณ

ในตัวตรวจรู้อุณหภูมิและความชื้นจะใช้โมดูล DHT 11 ที่สามารถวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นได้ตัวถังเดียวกัน จากนั้นสร้างกล่องนำโมดูล DHT 11 ใส่ไว้ภายในเพื่อให้การวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นไม่เกินค่าความเป็นจริง ต่อมาชุดประมวลผลจะทำการเรียกอ่านค่าจากโมดูล DHT 11 นำไปคำนวณตามสมการ

ทั้งนี้การทดสอบสถานีตรวจสอบภูมิอากาศและโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศอาจจะมีตัวอย่างทดลองหรือสถานที่ทดลองไม่หลากหลายนัก จึงทำให้ค่าที่ได้ในการทดลองนั้นอาจจะไม่ครอบคลุม ภูมิอากาศทั้งหมดที่สามารถเกิดขึ้นได้ ในอนาคตหากมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในสถานที่หรือรูปแบบการทดลองที่หลากหลายขึ้นอาจจะทำให้ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ข้อมูลของโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศมีประสิทธิภาพมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยโครงข่ายตรวจสอบภูมิอากาศแบบไร้สายสำหรับระบบฟาร์มอัจฉริยะนี้ สำเร็จลุล่วงเนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ในทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 (เพิ่มเติม)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีและการสื่อสาร. 2559. วารสารสถิติรายไตรมาส ปีที่ 64 ไตรมาสที่ 3 พ.ศ. 2559. แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/pubs/e-book/e09-12-59/files/assets/basic-html/index.html#1: 16

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.). 2560. สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 - 2564. แหล่งที่มา: http://www.nesdb.go.th/ ewt_news.php?nid=6420#

Yawut, C. and Kilaso, S. 2010. A Wireless Sensor Network for Weather and Disaster Alarm Systems, International Conference on Information and Electronics Engineering IPCSIT vol.6 (2011): pp. 155-159.

Roneel, V.S. 2014. Development of a Remote Automatic Weather Station with a PC- based Data Logger, International Journal of Hybrid Information Technology vol.7, No.1 (2014): pp. 233-240.

Farhat, M., Abdul-Niby, M., Abdullah, M. and Nazzal, A. 2017. A Low Cost Automated Weather Station for Real Time Local Measurements, Engineering, Technology & Applied Science Research Vol. 7, No. 3: pp. 1615-1618.

Pineres-Espitia, G.; Cama-Pinto; A., De La Rora Morron; D., Estevez; F.and Cama-Pinto, D. 2017. Design of a low cost weather station for detecting environmental changes, ISSN 0798 1015, Vol. 38 (Nº 59) Year 2017. pp. 13.

Kodali, R.K. and Mandal, S. 2016. IoT Based Weather Station, International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT): pp. 680-683.

ระบบจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์

Durable Articles Management System on Android Device

วิโรจน์ เลิศธีระชาญชัย[1] และ ไพศาล สุธีบรรเจิด[1*]

Wirote Lerttheerachanchai[1] and Phaisarn Sutheebanjard[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอระบบการจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์ ระบบประกอบไปด้วยสองแอพ แอพ แรกคือ AdminApp ใช้โดยผู้ดูแลระบบ แอพสามารถทำการ เพิ่ม, แก้ไข, อัพเดต รายการครุภัณฑ์ และสร้างคิวอาร์โค๊ดสำหรับแต่ละครุภัณฑ์ได้ แอพที่สองคือ VerifyApp ใช้โดยผู้ใช้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบครุภัณฑ์ แอพสามารถสแกนคิวอาร์โค๊ดเพื่อระบุรายการครุภัณฑ์ได้ และสามารถปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้ เช่น ปกติ เสีย อยู่ระหว่างซ่อม และแทงจำหน่ายได้ ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ไฟร์เบส และเทคโนโลยีคิวอาร์โค๊ด โดยใช้ไฟร์เบสเป็นฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ สามารถจัดเก็บข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลที่จัดเก็บบนระบบคลาวด์ได้ทันที ทำให้อุปกรณ์แอนดรอยด์ที่ติดตั้งแอพจะได้รับการอัพเดตข้อมูลสถานะของครุภัณฑ์ล่าสุดโดยอัตโนมัติ ระบบนี้ติดคิวอาร์โค้ดที่ครุภัณฑ์ทำให้การตรวจสอบรายการครุภัณฑ์ทำได้ง่ายโดยใช้แอพสแกนที่คิวอาร์โค๊ด จากนั้นจะปรากฏรายละเอียดและสถานะของครุภัณฑ์ขึ้นมา การพัฒนาระบบนี้ใช้ภาษาจาวาในการพัฒนาบนแอนดรอยด์สตูดิโอ เวอร์ชัน 3.1.1 ร่วมกับ Firebase SDK เพื่อเชื่อมต่อแอพเข้ากับเซอร์เวอร์ไฟร์เบส และใช้ไลบรารีโอเพนซอร์สชื่อ ZXing เพื่อสร้างและสแกนคิวอาร์โค้ด

การประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้ทั่วไปมีคะแนนเฉลี่ย 4.4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.3 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าระบบการจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์นี้สามารถนำมาใช้ในการจัดการครุภัณฑ์ได้

คำสำคัญ : ครุภัณฑ์, คิวอาร์โค๊ด, ไฟร์เบส, แอนดรอยด์

---

[1]เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

[1] Computer technology, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thung Maha Mek, sathorn, Bangkok, 10120

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : mr.phaisarn@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents a durable articles management system on Android device. There are compose of two apps. First is AdminApp, it uses by admin to add, edit, update the durable article items and to create the QR Code for each durable articles item. Second is VerifyApp, it uses by user to scan the QR Code for identify the durable article item and update the status of the durable articles item. This system using Firebase and QR Code technologies. Firebase is use as a real-time database. It stores and sync data on the cloud database instantly, and all Android device clients are automatically receiving durable articles status updates with the newest data. QR codes is use to quickly and easy to detect the durable articles. To develop this system, we use Java programming language on Android Studio 3.1.1 with the Firebase SDK to connect to the Firebase and using open source library named as ZXing for create and scan QR code.

The evaluation results of the users were satisfied the system with the mean overall score of 4.4 and a standard deviation of 0.3. This concluded that the developed system can effectively be used to durable articles management system.

Keywords : Android, Durable articles, Firebase, QR Code, ZXing

บทนำ

การตรวจสอบสถานะของครุภัณฑ์ในแต่ละปี เป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียดรอบครอบของผู้ตรวจสอบในการจดบันทึกสถานะของครุภัณฑ์เป็นอย่างมาก ซึ่งแต่เดิมครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพจัดทำในรูปแบบของเอกสาร ทำให้การจัดการข้อมูลเป็นไปอย่างล่าช้าและข้อมูลอาจเกิดการผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวความคิดที่จะใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์มาช่วยในการจัดการครุภัณฑ์ร่วมกับ Firebase (Firebase, 2561) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่ทำงานอยู่บนระบบคลาวด์ของ Google ทำให้ข้อมูลสถานะของครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์ทุกเครื่องตรงกัน ช่วยลดโอกาสที่ข้อมูลอาจเกิดการผิดพลาดลงได้ และมีการใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค๊ดในการป้อนอินพุทให้กับอุปกรณ์แอนดรอยด์เพื่อความรวดเร็วและลดข้อผิดพลาดจากการระบุครุภัณฑ์ผิดรายการได้

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

คิวอาร์โค๊ด (QR Code) เป็นสัญลักษณ์สองมิติคิดค้นโดยบริษัทเดนโซ (History of QR Code, 2561) ในปีพ.ศ. 2537 (ค.ศ. 1994) และในปัจจุบันมีไลบรารีที่เกี่ยวข้องกับคิวอาร์โค๊ดให้ใช้งานอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น libqrencode และ ZXing ทำให้การนำคิวอาร์โค๊ดมาใช้งานทำได้โดยสะดวก เช่น การสร้างคิวอาร์โค๊ดผ่านทางหน้าเว็บไซค์ (P. Sutheebanjard และ W. Premchaiswadi. 2010) ทำให้ปัจจุบันมีการนำคิวอาร์โค๊ดมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น การนำคิวอาร์โค๊ดมาประยุกต์ใช้ในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา (นฤเทพ สุวรรณธาดา, สมคิด แซ่หลี และ สรเดช ครุฑจ้อน. 2556) การนำคิวอาร์โค๊ดมาใช้ระบุพิกัด โดยการนำเข้าพิกัดจากกูเกิล แมปส์ เอพีไอ (อนิรุทธ์ เรืองรัตน์ และ ชัย

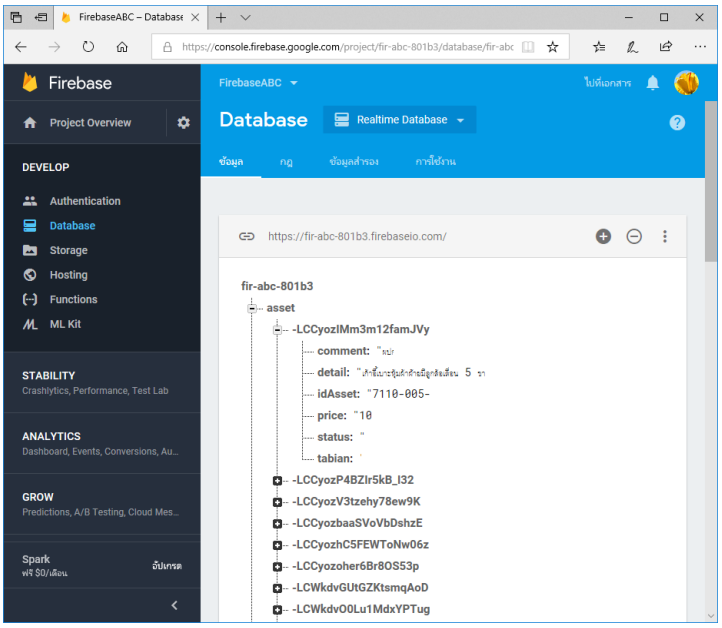
ณรงค์ เย็นศิริ. 2555) การนำคิวอาร์โค้ดมาใช้ตรวจสอบสินค้าในพิพิธภัณฑ์ผ้า (ณัฐวดี หงษ์บุญมี และ สิทธิพล ปราจันทร์. 2560) และการนำคิวอาร์โค้ดมาใช้ในระบบจัดการครุภัณฑ์ (จุฑารัตน์ โถชัย และ ณัฐวี อุตกฤษฎ์. 2558) เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการจัดเก็บข้อมูลด้วย Firebase โดยการใช้งานผ่าน Firebase SDK และทำการพัฒนาแอพสำหรับผู้ดูแลระบบ และแอพสำหรับผู้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบครุภัณฑ์ ด้วยภาษาจาวาบนแอนดรอยด์สตูดิโอ เวอร์ชัน 3.1.1 และมีการใช้ไลบรารี ZXing เพื่อสร้างและสแกนคิวอาร์โค้ด

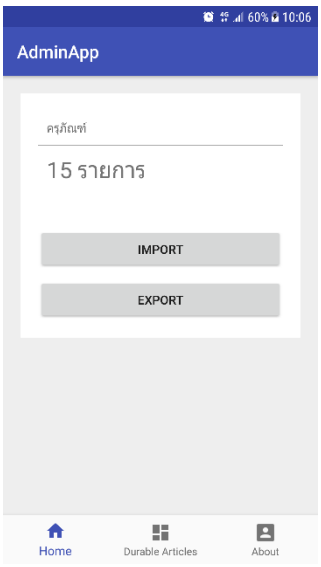
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการพัฒนาระบบจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์ประกอบด้วยส่วนจัดเก็บข้อมูล ได้จัดเก็บไว้ที่ Firebase ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนของแอพ AdminApp ใช้โดยผู้ดูแลระบบ และส่วนของแอพ VerifyApp ใช้โดยผู้ใช้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบครุภัณฑ์

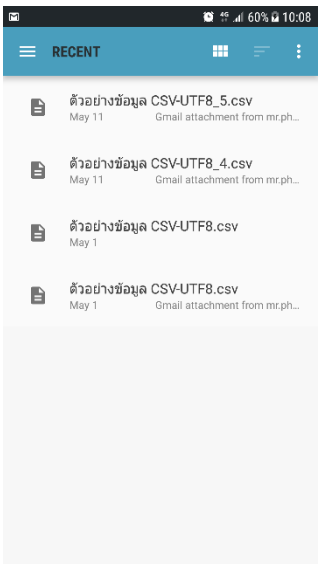


ภาพที่ 1 ข้อมูลที่จัดเก็บใน Firebase

เมื่อผู้ใช้เปิดแอพ AdminApp ขึ้นมาครั้งแรก แอพจะแสดงหน้าจอแทบ Home ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งแสดงจำนวนครุภัณฑ์ว่ามีทั้งหมดกี่รายการ มีปุ่ม IMPORT สำหรับการนำข้อมูลครุภัณฑ์เข้าจากไฟล์ csv ดังแสดงในภาพที่ 3 และปุ่ม EXPORT สำหรับการนำข้อมูลครุภัณฑ์ออกเป็นไฟล์ csv

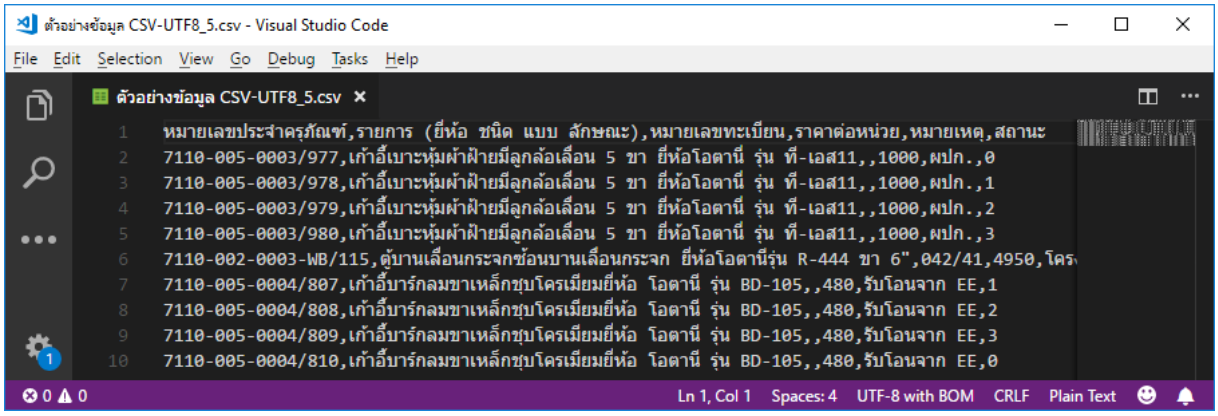


ภาพที่ 2 หน้าจอแทบ Home ของแอพ AdminApp



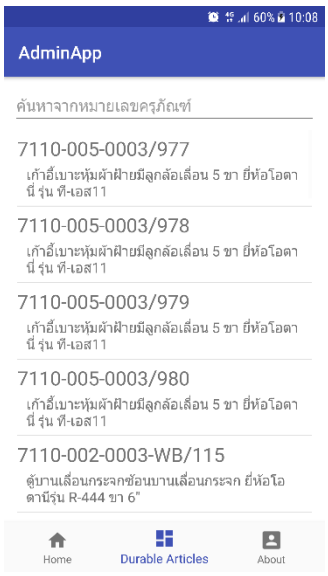
ภาพที่ 3 การเลือกไฟล์ csv เพื่อนำข้อมูลครุภัณฑ์เข้า

การจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ในไฟล์ csv มีการจัดเก็บ หมายเลขประจำครุภัณฑ์ รายการ (ยี่ห้อ ชนิด แบบ ลักษณะ) หมายเลขทะเบียน ราคาต่อหน่วย หมายเหตุ และสถานะ ดังแสดงในภาพที่ 4

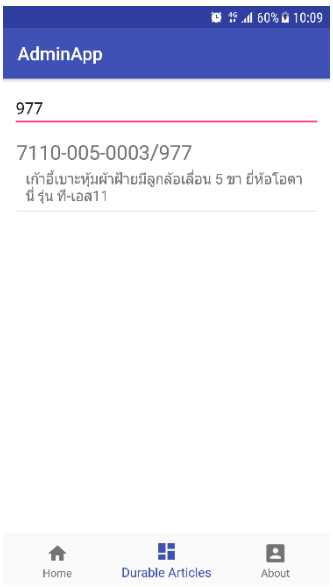


ภาพที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลครุภัณฑ์ที่จัดเก็บในไฟล์ csv

แอพ AdminApp หน้าจอแทบ Durable Articles แสดงในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงรายการครุภัณฑ์ในลักษณะลิสต์ และมีกล่องค้นหาหมายเลขครุภัณฑ์ เพื่อช่วยให้การค้นหาครุภัณฑ์ที่ต้องการทำได้โดยสะดวก ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 6

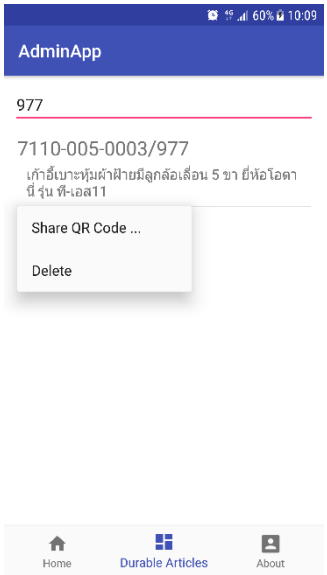


ภาพที่ 5 หน้าจอแทบ Durable Articles

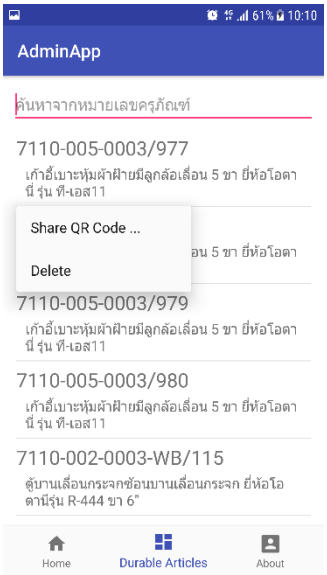


ภาพที่ 6 การค้นหาครุภัณฑ์ด้วยหมายเลขครุภัณฑ์

ที่รายการครุภัณฑ์ในหน้าจอแทบ Durable Articles มีป๊อบอัพเมนูให้เลือกส่งออกภาพ QR Code และสามารถลบรายการครุภัณฑ์ได้ ด้วยการกดค้างที่รายการที่ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 7 และภาพที่ 8

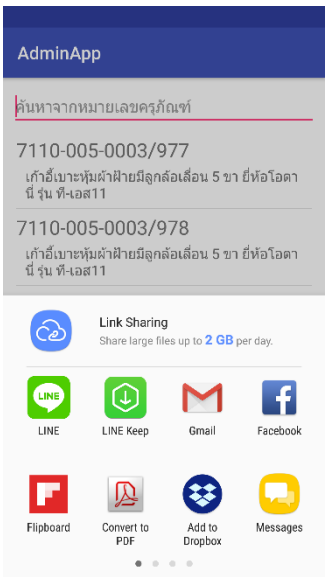


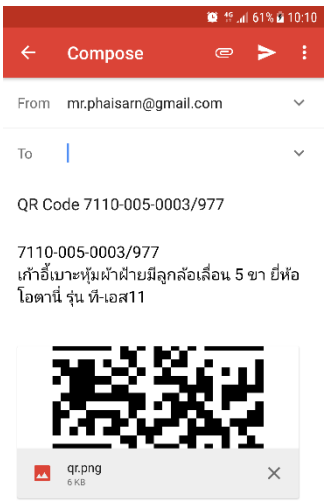
ภาพที่ 7 ป๊อบอัพเมนู



ภาพที่ 8 ป๊อบอัพเมนู

เมื่อกดค้างที่รายการครุภัณฑ์ที่ต้องการ และเลือกเมนู Share QR Code … จะปรากฏหน้าจอให้เลือกวิธีการส่งออก QR Code ดังแสดงในภาพที่ 9 และเมื่อเลือกยวิธีส่งออกเป็น Gmail จะปรากฏหน้าจอสำหรับส่งเมล ดังแสดงในภาพที่ 10

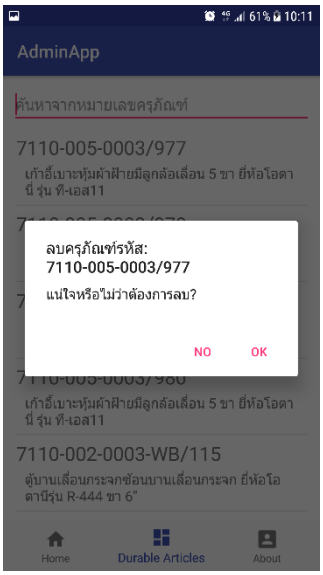




ภาพที่ 9 หน้าจอให้เลือกวิธีการส่งออก QR Code

ภาพที่ 10 หน้าจอสำหรับส่งออก QR Code ทาง Gmail

เมื่อกดค้างที่รายการครุภัณฑ์ที่ต้องการ และเลือกเมนู Delete จะปรากฏหน้าจอยืนยันการลบรายการครุภัณฑ์ เช่น ในภาพที่ 11 ให้ยืนยันว่าต้องการลบครุภัณฑ์รหัส 7110-005-0003/977 ใช่หรือไม่ ถ้าตอบใช่ รายการครุภัณฑ์รหัส 7110-005-0003/977 ก็จะหายไปจากรายการครุภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 12

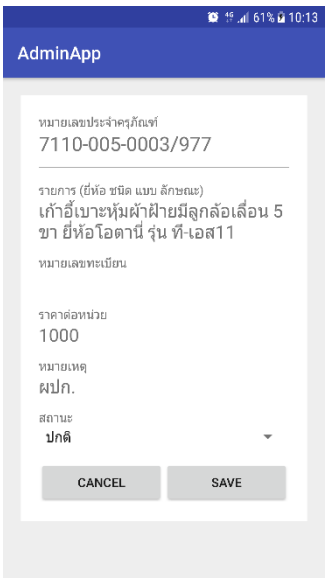


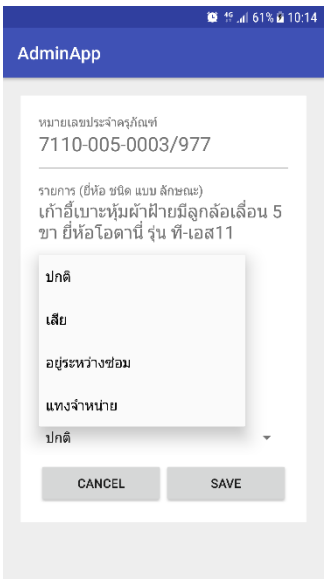


ภาพที่ 11 หน้าจอยืนยันการลบครุภัณฑ์

ภาพที่ 12 หน้าจอแสดงรายการครุภัณฑ์หลังจากลบครุภัณฑ์รหัส 7110-005-0003/977

การดูรายละเอียดของครุภัณฑ์ที่ต้องการสามารถทำได้ด้วยการกดเลือกรายการครุภัณฑ์ที่ต้องการ จากนั้นแอพ AdminApp จะแสดงหน้าจอรายละเอียดของครุภัณฑ์ที่ถูกเลือกนี้ดังแสดงในภาพที่ 13 นอกจากนี้ยังสามารถปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนได้สี่สถานะคือ ปกติ เสีย อยู่ระหว่างซ่อม และแทงจำหน่าย ดังแสดงในภาพที่ 14

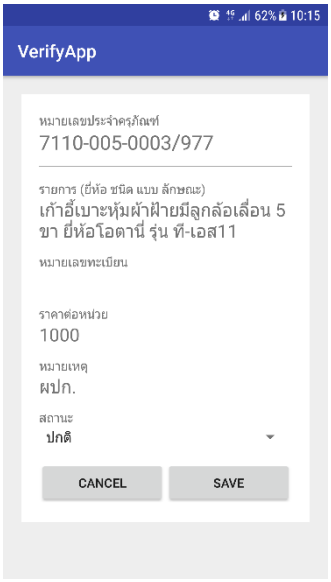




ภาพที่ 13 หน้าจอแสดงรายละเอียดของครุภัณฑ์ **ภาพที่ 14** สามารถปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้

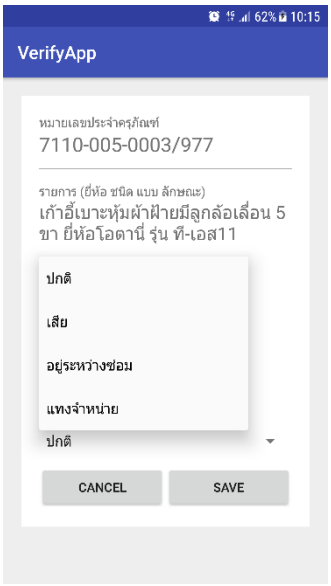
ผู้ใช้ที่มีหน้าที่ตรวจสอบครุภัณฑ์สามารถใช้แอพ VerifyApp ในการตรวจสอบครุภัณฑ์ได้โดยง่าย โดยการเปิดแอพขึ้นมา และนำอุปกรณ์แอนดรอยด์เข้าใกล้ QR Code ของครุภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 15 และเมื่อแอพอ่านรหัส QR Code จะได้หมายเลขประจำตัว (ID) ของครุภัณฑ์นี้ แอพจะนำหมายเลขประจำตัว (ID) ไปค้นหาข้อมูลของครุภัณฑ์ที่จัดเก็บอยู่ใน Firebase จากนั้นแอพจะนำข้อมูลของครุภัณฑ์ที่ได้จาก Firebase มาแสดงที่แอพ ดังแสดงในภาพที่ 16





ภาพที่ 15 ภาพหน้าจอของแอพ VerifyApp **ภาพที่ 16** แอพ VerifyApp แสดงข้อมูลของครุภัณฑ์

ผู้ตรวจสอบครุภัณฑ์สามารถใช้แอพ VerifyApp ปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้ โดยสามารถปรับเปลี่ยนได้สี่สถานะคือ ปกติ เสีย อยู่ระหว่างซ่อม และแทงจำหน่าย ดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แอพ VerifyApp สามารถปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้

ผลจากการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอพ VerifyApp ในการตรวจสอบครุภัณฑ์โดยผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 10 คน แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.3

ตารางที่ 1 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ความสะดวกในการใช้งาน	4.5	0.2	ดีมาก
2. ความรวดเร็วในการทำงาน	4.2	0.3	ดี
3. ความถูกต้องในการทำงาน	4.6	0.3	ดีมาก
4. ความปลอดภัยของระบบ	4.3	0.4	ดี
5. ความพึงพอใจในภาพรวมของระบบ	4.4	0.3	ดี
ค่าเฉลี่ย	4.4	0.3	ดี

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจัดการครุภัณฑ์บนอุปกรณ์แอนดรอยด์ ของคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โดยการพัฒนาระบบใช้เครื่องมือช่วยในการพัฒนาโปรแกรมคือ Android Studio และภาษาที่ใช้ในการพัฒนาคือภาษาจาวา (Java) มีการใช้ระบบฐานข้อมูลแบบ NoSQL ผ่านไฟร์เบส และมีการเรียกใช้ไลบรารี Zxing เพื่อใช้ในการอ่านและการสร้างคิวอาร์โค๊ด

ผลการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 2 แอพ คือแอพสำหรับแอดมิน AdminApp ซึ่งสามารถเพิ่มรายการครุภัณฑ์ แก้ไขรายการครุภัณฑ์ และลบรายการครุภัณฑ์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถดูรายงานผลการตรวจสอบครุภัณฑ์แยกตามสถานะของครุภัณฑ์ได้ เช่น ใช้ได้ปกติ เสีย อยู่ระหว่างซ่อม และแทงจำหน่ายได้ และแอพสำหรับผู้ตรวจสอบครุภัณฑ์ VerifyApp ซึ่งสามารถใช้งานได้โดยการสแกนไปที่คิวอาร์โค้ดที่ติดอยู่บนครุภัณฑ์ แอพจะทำการตรวจสอบหมายเลขครุภัณฑ์ที่สแกนมาได้ และแสดงรายละเอียดของครุภัณฑ์ดังกล่าวนี้ และผู้ใช้งานแอพสามารถปรับเปลี่ยนสถานะของครุภัณฑ์ได้ ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบโดยผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 10 คน พบว่าค่าเฉลี่ยของผลการประเมินเท่ากับ 4.4 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3 ซึ่งแสดงว่าระบบมีคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดี สามารถสรุปได้ว่าระบบนี้มีประสิทธิภาพสามารภนำไปใช้ในการตรวจสอบครุภัณฑ์ได้

โดยมีเรื่องที่แนะนาให้มาปรับปรุงคือในส่วนของแอพ AdminApp ควรจะสามารถค้นหาครุภัณฑ์ได้จากรายละเอียดของครุภัณฑ์ และการส่งออกรหัส QR Code ควรจะส่งออกมาได้ครั้งละมากกว่าหนึ่ง QR Code

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ โถชัย และ ณัฐวี อุตกฤษฎ์. 2558. ระบบจัดการครุภัณฑ์ด้วยเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดบนแอนดรอยด์โฟน น. 674-679. *ใน* **The Eleventh National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2015)** .

ณัฐวดี หงษ์บุญมี และ สิทธิพล ปราจันทร์. 2560. ระบบตรวจสอบสินค้าในพิพิธภัณฑ์ผ้าด้วยสมาร์ทโฟนโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด น. 241-246. *ใน* **The Thirteenth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2017)**.

นฤเทพ สุวรรณธาดา, สมคิด แซ่หลี และ สรเดช ครุฑจ้อน. 2556. การประยุกต์ใช้คิวอาร์โค้ดในการบันทึกข้อมูลการเข้าร่วมกิจกรรมเพื่อสำเร็จการศึกษา โดยนำเข้าข้อมูลผ่านระบบเก็บข้อมูลออนไลน์ น. 715-721. *ใน* **The 9th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2013)**.

อนิรุทธ์ เรืองรัตน์ และ ชัยณรงค์ เย็นศิริ. 2555. เว็บไซต์สร้างคิวอาร์โค้ดเพื่อระบุพิกัด โดยการนำเข้าพิกัดจากกูเกิล แมปส์ เอพีไอ น. 625-632 *ใน* **The Eighth National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2012)**.

Firebase. https://firebase.google.com/, สืบค้น 20 เมษายน 2561.

History of QR Code. http://www.qrcode.com/en/history/, สืบค้น 20 เมษายน 2561.

libqrencode, https://fukuchi.org/works/qrencode/, สืบค้น 20 เมษายน 2561.

P. Sutheebanjard and W. Premchaiswadi. 2010. QR-Code Generator. **2010 Eighth International Conference on ICT and Knowledge Engineering**: 89-92.

ZXing, https://github.com/zxing/zxing, สืบค้น 20 เมษายน 2561.

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการสำรวจเชิงอุทกศาสตร์

Spatial data analysis for hydrographical survey

ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์[1]* และ อารีย์ รักษ์ธัญการ[1]

Pradya Prempraneerach* and Aree Rakthanyakarn

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการสร้างพื้นผิวแบบสามมิติและประเมินความรมลาดชันและหน้าตัดของคลองและสระเก็บน้ำจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทางอุทกศาสตร์ด้วยเรือที่ติดตั้งเซนเซอร์วัดความลึกน้ำด้วยคลื่นเสียงและเลเซอร์สแกนเนอร์ที่ใช้วัดความสูงของตลิ่งและนำข้อมูลที่ได้มาบูรณาการเข้ากับตำแหน่งจากเซนเซอร์จีพีเอสในระบบพิกัดฉากยูทีเอ็ม (UTM) และ ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มจุดที่ได้จากการสำรวจพื้นที่เพื่อคำนวณหาพื้นผิวของความสูง โดยจะประยุกต์ใช้เทคนิคการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ของพื้นผิวแบบสามมิติ 3 เทคนิค ด้วยโปรแกรม ArcGIS/ArcMap คือ 1) Inverse Distance Weighted (IDW) 2) Natural Neighbors (NN) และ 3) Kriging ผลลัพธ์พื้นผิวแบบสามมิติของแต่ละวิธีจะบ่งบอกระดับความสูง ณ ตำแหน่งที่ขาดข้อมูลแบบกลุ่มจุดจากการสำรวจที่ต่างกันออกไป ซึ่งสามารถช่วยหาความลาดชันของตลิ่งของคอลง โดยความแม่นยำของความลาดชันจากเทคนิค Kriging จะดีกว่าอีกสองเทคนิค และ การวิเคราะห์แบบสามมิติ (3D Analyze) ด้วยโปรแกรม ArcGIS ของพื้นผิวสามารถแสดงภาพตัดขวาง (Profile) เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดของคลองตามแนวเส้นหน้าตัดที่กำหนด นอกจากนั้นแล้วพื้นที่ผิวการประมาณค่าในช่วงของพื้นผิวใต้น้ำสามารถใช้ช่วยคำนวณหาปริมาตรความจุของน้ำในสระน้ำที่สำรวจ โดยเริ่มจากการสร้างพื้นผิวในรูปแบบ Triangular Irregular Network (TIN) ด้วยโปรแกรม ArcMap แล้วจึงคำนวณหาพื้นที่แบบสองมิติของสระและสามารถที่เปรียบเทียบความแม่นยำของพื้นที่กับพื้นที่แบบสองมิติที่วัดได้จาก Google Earth และ คำนวณหาปริมาตรความจุของสระน้ำได้

คำสำคัญ : พื้นผิวแบบสามมิติ, ข้อมูลกลุ่มจุด, การประมาณค่าในช่วงของพื้นผิว, ความลาดชัน, พื้นที่หน้าตัดคลอง

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลอง 6 อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pradya.p@en.rmutt.ac.th

ABSTRACT

This research studies how to reconstruct three-dimensional surface and to estimate bank-gradient of canals and natural reservoirs from data, obtained from hydrographical surveys, using a surface vessel, equipped with echo-sounder sensor for measuring water depth and laser scanners for measuring height of riverbank. Then, data integration of these sensors along with geographic location from GPS sensor are performed in the UTM coordinate system. Data analysis of surveyed point-cloud data can assist in computation of digital elevation surface using three different interpolation techniques for three-dimensional surface reconstruction in ArcGIS/ ArcMap software: 1) Inverse Distance Weighted (IDW), 2) Natural Neighbors (NN), and 3) Kriging techniques. Each three-dimensional surface interpolation technique results in different elevation surfaces at actual sites, where lacks surveyed point-cloud data, thus bank slope can be computed. Consequently, computational accuracy of canal/river-bank slopes from Kriging technique is better than that of other two methods. The 3D Analyze in ArcGIS software can evaluate and display cross-section profile images of canal elevation surface across specified cross-section paths. Moreover, underwater terrain constructed from IDW interpolation method can be used for calculating hydro-volumetric of the surveyed pond, which originates surface in a form of Triangular Irregular Network (or TIN) in ArcMap software. Then, two-dimensional surveyed area of pond from three-dimensional surface can be computed and then its accuracy is compared against 2D area, measured from Google Earth and bathymetry of pond can be calculated by ArcGIS software, as well.

Keyword: three-Dimensional Surface, point-Cloud Data, surface Interpolation, Slope, canal Section Profile

บทนำ

แม่น้ำและลำคลองถือเป็นทรัพยากรน้ำที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นคน สัตว์ หรือพืช รวมไปถึงมีความเกี่ยวเนื่องกันกับภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรือแม้กระทั่งด้านการท่องเที่ยว แต่ทั้งนี้ปัจจุบันยังขาดข้อมูลที่เป็นปัจจุบันที่บ่งบอกถึงค่าความลึกและปริมาตรความจุและค่าความชันของตลิ่งของแม่น้ำ ลำคลอง ที่สามารถนำมาช่วยในการบริหารจัดน้ำในช่วงภัยพิบัติและช่วยสร้างมาตรการป้องกันการพังทลายของผิวดินที่เกิดขึ้นในอนาคต นอกจากนั้นแล้วยังขาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดข้อมูลดังกล่าวที่ราคาไม่แพงและผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้เรื่องการใช้เครื่องมือเก็บข้อมูลนั้นมีจำนวนไม่เพียงพอเช่นกัน เพื่อช่วยสร้างฐานข้อมูลทางน้ำและผิวดินที่เป็นปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของพื้นผิว ความลึก ที่สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่า ความจุของลำน้ำ และ ความลาดชันของตลิ่ง โดยการคำนวณการประมาณค่าต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม ArcGIS เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บมาได้จากเครื่องมือวัดอีกด้วย

Yingchun Fuและคณะ ได้ศึกษาถึงเรื่องการทำนายเชิงพื้นที่ของการละลายคาร์บอนอินทรีย์ในแม่น้ำโดยใช้แบบจำลอง GIS และ ANN ได้กล่าวว่า ความสัมพันธ์ของการทำนายข้อผิดพลาดและขอบเขตพื้นที่การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบของเครือข่ายการตรวจสอบกระแสข้อมูล ชี้ให้เห็นว่าข้อได้เปรียบที่เป็นไปได้ของแบบจำลอง Artificial Neural Network (ANN) สำหรับลุ่มน้ำและการประเมินผลกระทบของแม่น้ำปากแม่น้ำสามารถทำได้โดยการคาดการณ์เชิงพื้นที่ได้อย่างแม่นยำและการวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญ โดยขอบเขตที่ที่ศึกษาจะเป็นลุ่มน้ำตงเจียงที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแม่น้ำเพิร์ลทางใต้ของประเทศจีน

ชนิดา และคณะ ได้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกริดโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับสมการสมดุลน้ำประกอบด้วยสมการที่มีตัวแปรสำคัญต่าง ๆ โดยใช้ 1.)การประมาณค่าพื้นที่ข้อมูลน้ำฝนและการระเหยรายสัปดาห์ที่ใช้วิธี Kriging ที่มีขนาดกริด 10 x 10 ตารางเมตรและ 2.) การศึกษาปริมาณน้ำท่าโดยใช้วิธี SCS-CN ซึ่งวิเคราะห์จากชนิดดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน แล้วนำมาคำนวณในสมการตามลำดับ จะพบว่าปริมาณน้ำฝนและปริมาณการระเหยเฉลี่ยโดยการประมาณค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการ Kriging จากสถานีพื้นที่ตรวจวัดทั้ง 4สถานี ทำให้ทราบค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย/ปีและปริมาณการระเหยเฉลี่ยโดยประมาณค่าเชิงพื้นที่ของแต่ละที่โดยที่ปริมาณน้ำฝนจะแบ่งเป็น 3 ระดับ สูง ปกติ ต่ำ ตามกำหนดช่วงชั้นข้อมูลโดยแบ่งช่วงเท่ากัน

Tang และ Bian ได้ศึกษาถึงการประเมินพื้นที่ป่าโดยใช้ GIS และวิธีคริกิง (kriging) โดยการนำฐานข้อมูลป่าไม้เข้าไปยังโปรแกรม ArcGIS แล้วแปลงเป็น shapefile จากนั้นใช้วิธีแวริโอกรม (Variogram) สร้างพื้นที่ป่าโดยใช้ฐานข้อมูลต้น Chinese fir และพัฒนาแผนที่พื้นที่ป่าไม้โดยใช้เครื่องมือ Kriging, วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ค่าเฉลี่ย, ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่ากึ่งกลาง ค่าความแปรปรวน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้นมาคำนวณให้ได้ผลลัพธ์ออกมา โดยจำแนกตามความสูงของต้นไม้ ใช้วิธี variogram เพื่อคำนวณจำนวณของต้นไม้และแบ่งแยกตามความสูงของต้นไม้ และใช้คริกิงเพื่อแสดงผลและเปรียบเทียบคำนวณหาerror ของผลที่ได้.

พรชัย เอกศิริพงษ์ และสุเพชร จิรขจรกุล ได้ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมปี พ.ศ. 2548 และ 2554 โดยเปรียบเทียบระดับความสูงจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) จากข้อมูลรังวัดความสูงภูมิประเทศ ด้วยเซนเซอร์เลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน (LIght Detection And Ranging หรือ LIDAR) ที่สามารถวัดความต่างของระดับข้อมูลได้มากกว่า 80 เซนติเมตร สำหรับนำมาใช้วิเคราะห์ในพื้นที่ราบและข้อมูลคราบน้ำท่วมจากหลักวัดระดับน้ำท่วม ปี พ.ศ. 2554 จำนวน 504 จุด แล้วนำมาประมวลผลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประมาณค่าระดับของผิวน้ำท่วมด้วยเทคนิคการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ด้วยเทคนิค Inverse Distance Weighted (หรือ IDW) แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาระดับน้ำท่วมด้วยวิธีการวิเคราะห์การซ้อนทับข้อมูล (overlay analysis) เพื่อแสดงผลพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม และวิเคราะห์ผลกระทบอาคารที่พักอาศัยที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม พบว่าในพื้นที่เขตเทศบาลนครเชียงใหม่มีระดับน้ำท่วมสูงสุดถึง 1.73 เมตร และต่ำสุดเป็น 0.03 เมตร และบริเวณพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก มีการกระจายตัวของชุมชนโดยเฉพาะอาคารที่พักอาศัยที่ยังคงมีประชาชนเฉลี่ย 4 คนต่อหลังคาเรือนอาศัยอยู่ กรณีมีการแจ้งเตือนภัยล่วงหน้า โดยมีอาคารที่พักอาศัยที่ได้รับผลกระทบ จากระดับน้ำที่ท่วมสูงสุด 1-2 เมตร พบจา นวน 177 หลังน้ำท่วมปานกลาง 0.5-1 เมตร พบ 7,776 หลงั และ

น้ำท่วมต่ำกว่า 0.5 เมตร พบ 11,892 หลัง ซึ่งหน่วยงานในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่สามารถนำไปใช้ช่วยในการวางแผนและบริหารจัดการช่วยเหลือประชาชนในเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมได้อย่างเหมาะสม

เพื่อทำการศึกษาถึงการประมาณค่าของความลึกและพื้นที่หน้าตัดของคลอง และ รวมถึงความลาดชันของขอบตลิ่ง โดยได้ประยุกต์ใช้ชุดเซนเซอร์ที่ติดตั้งไว้บนเรือ ที่ใช้ในการวัดและเก็บข้อมูลในลำน้ำ จากนั้นจึงใช้โปรแกรม MATLAB ในการประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์หลายๆชนิดเข้าด้วยกัน ให้อยู่ในระบบพิกัด UTM แล้วจึงใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยโปรแกรม ArcGIS/ArcMap ในการวิเคราะห์ข้อมูลความลึก พื้นที่หน้าตัดและความลาดชันของตลิ่ง โดยในหัวข้อแรกจะกล่าวถึงพื้นที่ๆทำการศึกษาและการเก็บข้อมูลทางอุทกศาสตร์ในคลอง และ อธิบายอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ ส่วนในหัวข้อที่สองจะอธิบายถึงการประมวลผลข้อมูลในระบบพิกัด UTM เพื่อให้สามารถประเมินผลในคลองด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในขั้นถัดไปได้โดยง่าย และ ในหัวข้อสุดท้ายจะทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าในช่วงทั้ง 3 รูปแบบ พร้อมกับการประเมินความลาดชันของตลิ่งและหน้าตัดของลำน้ำด้วยโปรแกรม ArcGIS/ArcMap

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่การศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสำรวจเก็บข้อมูลทางอุทกศาสตร์ด้วยเรือสำรวจแบบสองทุ่น ใน พื้นที่บริเวณคลอง 26 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ตั้งอยู่ที่ ละติจูดที่ 14 องศา 13 ลิปดา 59 ฟิลิปดาเหนือ และ ลองจิจูดที่ 100 องศา 44 ลิปดา 00 ฟิลิปดาตะวันออก ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยเซนเซอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการสำรวจในคลอง จะประกอบไปด้วยอีก 4 เซนเซอร์ ได้แก่ 1. เซนเซอร์จีพีเอส (GPS) เพื่อใช้ในการบอกตำแหน่งของเรือแบบสองทุ่นที่ใช้เก็บข้อมูลในแต่ละขณะ และ 2. เซนเซอร์เข็มทิศ เพื่อใช้บอกองศาการหันเหของหัวเรือและองศาการโคลงของตัวเรือ และ 3. เซนเซอร์เลเซอร์สแกนเนอร์ (laser scanner) เพื่อใช้เก็บข้อมูลความสูงของตลิ่งทั้งสองข้าง และ 4. เซนเซอร์วัดความลึกด้วยคลื่นเสียง (echo sounder) เพื่อใช้วัดความลึกของลำน้ำ

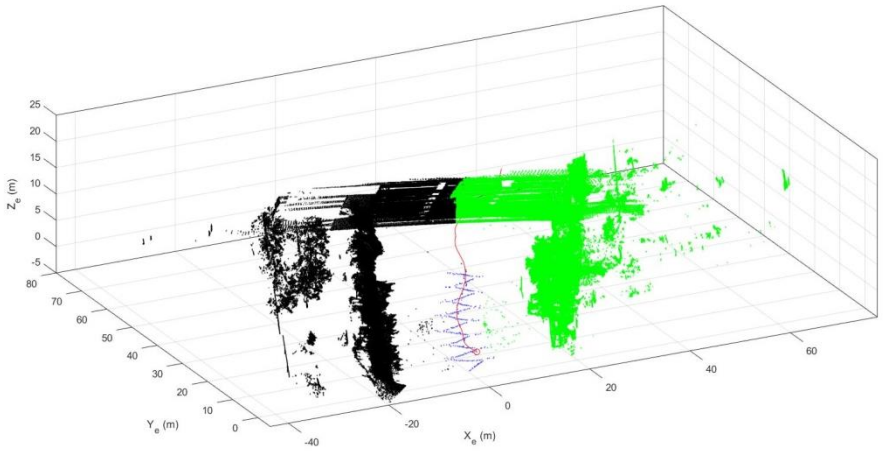


ภาพที่ 1 พื้นที่ๆใช้ในการศึกษา คือ คลอง 26 จ. พระนครศรีอยุธยา (ซ้าย) และ เรือแบบสองทุ่นที่ใช้ในการสำรวจลำน้ำด้วยชุดเซนเซอร์เพื่อเก็บค่าข้อมูลทางอุทกศาสตร์ (ขวา)

2. การแปลงพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดฉาก UTM

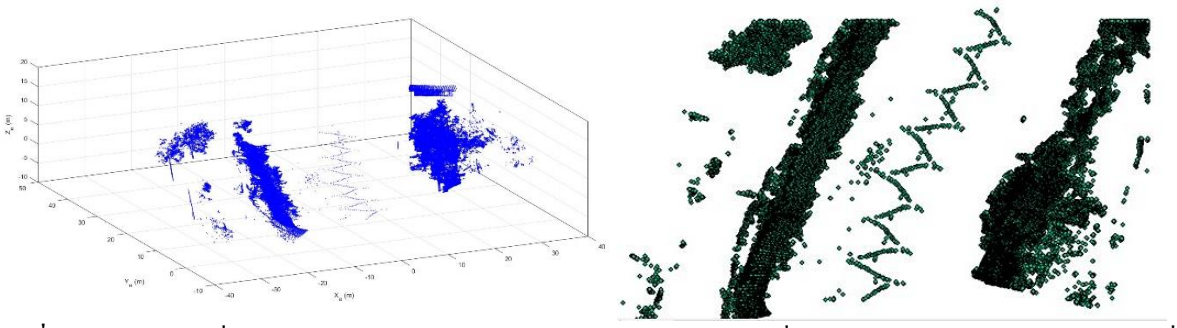
การแปลงตำแหน่งในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ที่ระบุตำแหน่งด้วย (ละติจูด,ลองจิจูด) ที่มีสัญลักษณ์เป็น (ϕ,λ) ซึ่งมีหน่วยเป็นองศา ให้เป็นตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก UTM (E,N) ที่ใช้พื้นหลักฐานทรงรีชื่อ World Geodetic System 1984 (หรือ WGS84) มีหน่วย

ความยาวเป็นเมตรโดยระบบพิกัดฉาก UTM ของโลกนั้นจะแบ่งออกเป็นโซน โดยพื้นที่ของประเทศไทยจะครอบคลุม 2 โซน คือ โซนที่ 47 และ 48 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะยึดโซน 48 การแปลงพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดฉาก UTM จะมีขั้นตอน ดังนี้ โดยเริ่มแรกจะนำค่าพิกัดภูมิศาสตร์ที่ได้จากการสำรวจด้วยเซนเซอร์ GPS จากในพื้นที่ศึกษาในรูปแบบของ ละติจูด, ลองจิจูด ที่มีหน่วยเป็นองศา แล้วมาทำการแปลงให้เป็นตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก UTM โดยใช้วิธีการคำนวณแปลงพิกัดใน [1] เมื่อได้ค่าตำแหน่งในรูปแบบของระบบพิกัดฉาก X,Y,Z ในหน่วยเมตร แล้วผู้วิจัยจะนำข้อมูลของความลึกของลำน้ำที่ได้จากเซนเซอร์วัดความลึก (echo sounder) มารวมกันกับข้อมูลระยะทางถึงขอบตลิ่งทั้งสองข้างที่ได้จากเลเซอร์สแกนเนอร์ด้วยการใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อง่ายต่อการเขียนสูตรต่อไป ในการบูรณาการข้อมูลที่ได้จากลเซอร์สแกนเนอร์นั้นจะต้องทำการแปลงข้อมูลระยะทางในแนวรัศมีของแสงเลเซอร์ให้จุดศูนย์กลางของข้อมูลในแนวรัศมี ย้ายมาอยู่ที่ตำแหน่งของเสาเลเซอร์ และให้ทิศทางการหันเหของข้อมูลระยะทางแนวรัศมีนั้นมีทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ ของหัวเรือโดยใช้มุมออย์เลอร์ (Euler angle หรือ θ, β, α [5]) จากเข็มทิศมาใช้ร่วมกับเมตริกซ์การหมุน (rotation matrix หรือ R_e^t [5]) เช่นเดียวกันข้อมูลความลึกใต้ผิวน้ำนั้นก็จะต้องทำการแปลงให้มาอยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางเรือ พร้อมกันกับใช้เมตริกซ์การหมุนให้มีทิศทางการวัดความลึกที่ถูกต้อง เมื่อได้ข้อมูลทั้งหมดที่บูรณาการเข้าด้วยกันแล้วในระบบพิกัดฉาก UTM (หรือ X,Y,Z) แล้วจึงทำการแปลงกลับไปให้อยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์อีกครั้ง เป็น Latitude, Longitude, Altitude จากนั้นจะส่งออกข้อมูลจากโปรแกรม MATLAB และ บันทึกข้อมูลทั้งหมดในไฟล์ .txt เพื่อนำข้อมูลเข้าไปในโปรแกรม ArcGIS/ArcMap ที่จะช่วยประมาณค่าข้อมูลหน้าตัดลำน้ำ, ความชันของตลิ่ง ต่อไป

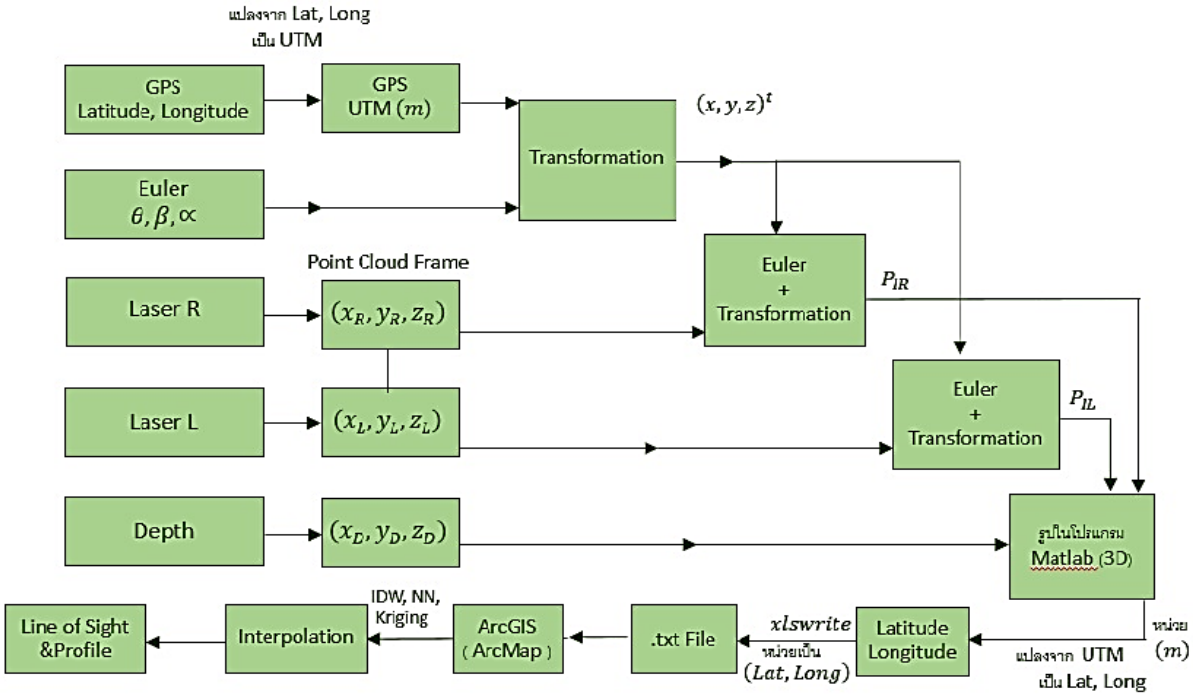


ภาพที่ 2 การแสดงผลของข้อมูลหลังจากที่ทำการบรูรณาการข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกันในระบบพิกัดฉาก UTM ในโปรแกรม MATLAB โดยที่จุดสีดำและสีเขียวแสดงข้อมูลข้างตลิ่งที่ได้จากเลเซอร์สแกนเนอร์และจุดสีน้ำเงินแสดงข้อมูลความลึกในคลองที่ได้จากเซนเซอร์วัดความลึกลำน้ำ และ เส้นสีแดงแดสงข้อมูลเส้นทางเรือที่แล่นในคลองที่ได้จากเซนเซอร์จีพีเอส

จากนั้นจะทำการนำเข้าข้อมูลไฟล์ .txt เข้าไปในโปรแกรม ArcMap เพื่อแสดงผลข้อมูลในลักษณะจุด (point) และ ทำการแปลงให้เป็นชั้นข้อมูล (หรือ shapefile ที่มี นามสกุลไฟล์เป็น .shp) โดยที่คลิกขวาที่ชั้นข้อมูล .txt จากนั้นจึงทำการ Export data ก็จะได้ชั้นข้อมูล ที่สามารถแสดงในโปรแกรม ArcMap ได้ กระบวนการบูรณาการข้อมูลจากเซนเซอร์ทั้งหมดเข้าด้วยกันในระบบพิกัดฉาก UTM ที่กระทำด้วยโปรแกรม MATLAB และ การแปลงข้อมูลทั้งหมดหลังจากการบรูณาการเข้าด้วยกันแล้วในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ก่อนนำเข้าไปสู่โปรแกรม ArcMap นั้นแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ข้อมูลกลุ่มจุดที่ได้บรูณาการข้อมูลเข้าด้วยกันในระบบพิกัดฉาก UTM เมื่อตัดข้อมูลของสะพานด้านบนในภาพที่ 2 ออกไป เมื่อแสดงผลในโปรแกรม MATLAB (ด้านซ้าย) ขอบตลิ่งทั้งสองด้านของคลอง 26 และเส้นทางการเคลื่อนที่ของเรือ ที่แสดงผลในชั้นข้อมูลในโปรแกรม ArcMap (ด้านขวา)



ภาพที่ 4 กรอบแนวคิดและกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยที่เริ่มจากจากเก็บผลข้อมูลสำรวจที่ได้จากเซนเซอร์ GPS ที่มีตำแหน่งอยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) ให้เป็นตำแหน่งนระบบพิกัดฉาก UTM และการบรูณาการข้อมูลจากเลเซอร์สแกนเนอร์ด้านซ้าย (L) และ ด้านขวา (R) เข้า ร่วมกับข้อมูลความลึก (Depth) จากเซนเซอร์วัดความลึกและมุมการหันเหของเรือ (Euler angle) ที่แสดงกราฟในโปรแกรม MATLAB จากนั้นส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์นามสกุล .txt และนำเข้าข้อมูลนี้เข้าไปในโปรแกรม ArcGIS/ArcMap เพื่อแสดงข้อมูลจุด และ การประมาณค่าในช่วง (interpolation) เพื่อประมาณผลความลึกและภาพตัดขวางของพื้นที่ศึกษา

3. การประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ด้วยโปรแกรม ArcGIS/ArcMap

การประมาณค่าในช่วงจะสามารถช่วยสร้างข้อมูลพื้นผิว(Surface) คือ ข้อมูลต่อเนื่องขึ้นมาจากข้อมูลจุดทั้งหมดจากจุดที่ได้จากการสำรวจที่บูรณาการเข้าด้วยกัน ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 3.1 ที่กระจายตัวในบริเวณพื้นที่การศึกษา โดยอาศัยจุดข้อมูลที่ทราบค่ามาทำนายค่าความลึกในตำแหน่งที่ขาดข้อมูลไปด้วยการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ เพราะพื้นผิวแบบต่อเนื่องนั้นจะประกอบขึ้นมาจากจุดจำนวนมากในระบบกริด ซึ่งในทางปฏิบัติการสำรวจข้อมูล จะไม่สามารถวัดและ

เก็บค่าความลึกในแนวดิ่งหรือในแนวแกน Z ได้ไม่ครบทุกตำแหน่งตามแนวแกน X, Y ดังนั้นแบบจำลองพื้นผิว (Surface Model) ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงจะช่วยสร้างและเติมเต็มรายละเอียดของพื้นผิวระหว่างจุดข้อมูลจากการ ในการสร้างพื้นผิวขึ้นมาได้ขากข้อมูลแบบจุดนั้น มีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีการประมาณค่าแบบ Inverse Distance Weighted (หรือ ที่เรียกย่อว่า IDW) และ แบบ Natural Neighbors (หรือ ที่เรียกย่อว่า NN) และ แบบ Kriging เพื่อสร้างพื้นผิวที่มีความต่อเนื่องในระบบพิกัด (X,Y,Z)

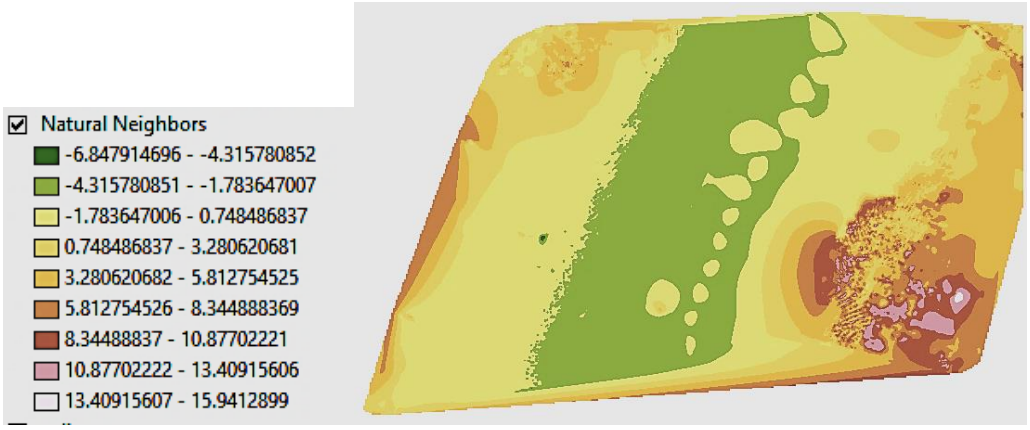
3.1 วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Inverse Distance Weighting (หรือ IDW) เป็นวิธีการประมาณค่าในช่วงโดยคำนวณค่าความลึกตามแนวแกน Z จากค่าความลึกของจุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ โดยค่าความลึกของแต่ละจุดที่ต้องการประมาณค่าในช่วง นั้นจะสัมพันธ์กับระยะทางจากจุดที่ต้องการและจุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในบริเวณใกล้เคียง ถ้าจุดข้อมูลที่สำรวจได้นั้นอยู่ใกล้จุดที่ต้องการประมาณค่าในช่วงก็จะมีน้ำหนักหรือผลกระทบต่อค่าความลึกที่คำนวณได้มาก แต่ถ้าจุดข้อมูลที่สำรวจได้อยู่ไกลออกไปก็จะมีค่าน้ำหนักหรือผลกระทบต่อค่าความลึกที่คำนวณได้น้อยลง ดังนั้นจุดข้อมูลที่สำรวจได้ที่อยู่ใกล้กับจุดที่ต้องการประมาณค่าในช่วงจะมีน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป โดยวิธีการเรียกใช้คำสั่งนั้นทำได้ดังนี้ คือ ทำการเลือก ArcToolbox แล้วจึงเลือกคำสั่ง 3D Analyst Tools > Raster Interpolation > IDW > เลือกชั้นข้อมูล [6] ผลลัพธ์จะแสดงข้อมูลค่าความลึกของจุดแบบไฟล์รูปภาพแบบราสเตอร์ หรือ Raster ซึ่งทุก ๆ จุดในรูปจะมีค่าความลึก แสดงตามแถบสี ที่อยู่ในฝั่ง Table of contents ด้านซ้ายมือ [6] ดังในภาพที่ 5 ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.943 เมตร จะเป็นความลึกของพื้นผิวคลองในพื้นที่ของการศึกษา ไล่ไปจนถึงระดับความสูงที่สูงที่สุดประมาณ 15.953 เมตร โดยคาดว่าจุดที่สูงสุดนี้จะเป็นเสาไฟฟ้าริมตลิ่งในบริเวณพื้นที่สำรวจนั่นเอง



ภาพที่ 5 ระดับความลึกในบริเวณพื้นที่ศึกษาของจุดข้อมูลรูปภาพแบบ *raster* ที่แยกตามแถบสี ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค *IDW* ด้วยโปรแกรม *ArcMap* ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.943 เมตร ไล่ไปจนถึงระดับความสูงจากผิวน้ำมากสุดประมาณ15.953 เมตร

3.2 วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Natural Neighbors (หรือ NN) เทคนิคการประมาณค่าแบบที่สองนี้จะคล้ายกันกับเทคนิคการประมาณค่าแบบ IDW ในการเพิ่มค่าความลึกในจุดหรือตำแหน่งที่ต้องการในรูปแบบกริดนี้ นั้นต้องอาศัยการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลค่าความลึกของจุดที่ได้จากการสำรวจ โดยใช้ข้อมูลค่าความลึกจากจุดทุกจุด แล้วให้น้ำหนักของค่าความลึกไล่ระดับกันไป ซึ่งวิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ Natural Neighbors จะสร้างรูปสามเหลี่ยมที่เรียกว่า Delauney จากค่าความลึกของจุดที่ได้จากการสำรวจ และ จะเลือกมาเฉพาะจุดที่อยู่ใกล้กับจุดเชื่อมของสามเหลี่ยมของขอบรอบบริเวณที่ต้องการทำ

การแทรกค่า โดยวิธีการเรียกใช้คำสั่งนั้นทำได้ดังนี้ คือ ทำการเลือก *ArcToolbox* แล้วเลือกคำสั่ง *3D Analyst Tools* > *Raster Interpolation* > *Natural Neighbors* > *เลือกชั้นข้อมูล* [6] ดังในภาพที่ 6 ผลลัพธ์จะแสดงข้อมูลค่าความลึกของจุดแบบไฟล์รูปภาพแบบราสเตอร์ หรือ Raster ซึ่งทุกๆตำแหน่งหรือเซลล์ของรูปภาพจะมีค่าค่าความลึก แสดงตามแถบสี ที่อยู่ในฝั่ง *Table of contents* ด้านซ้ายมือ [6] ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.848 เมตร จะเป็นความลึกของพื้นผิวคลองในพื้นที่ของการศึกษา ไล่ไปจนถึงระดับความสูงที่สูงที่สุดประมาณ 15.941 เมตร โดยคาดว่าจุดนี้จะเป็นเสาไฟฟ้าที่อยู่ริมตลิ่งที่สูงขึ้นจากพื้นผิวน้ำเป็นระยะ 15.941 เมตร จากภาพที่ 6 จะเห็นได้ว่ารูปภาพของการประมาณค่าระดับความสูงด้วยเทคนิค NN นี้ จะมีความต่อเนื่องและมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมนมากกว่าแบบรูปภาพของการประมาณค่าระดับความสูงด้วยเทคนิค IDW



ภาพที่ 6 ระดับความลึกในบริเวณพื้นที่ศึกษาของจุดข้อมูลรูปภาพแบบ *raster* ที่แยกตามแถบสี ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค *Natural Neighbors* ด้วยโปรแกรม *ArcMap* ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.848 เมตร ไล่ไปจนถึงระดับความสูงจากผิวน้ำมากสุดประมาณ 15.941 เมตร

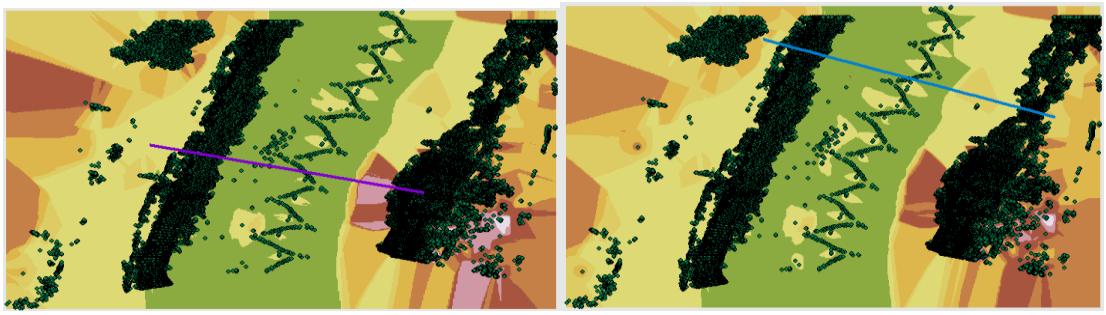
3.3 วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบคริกิง (Kriging) เทคนิคการประมาณค่าในช่วงแบบคริกิง เป็นวิธีการประมาณค่าที่สันนิษฐานจากระยะทางและทิศทางระหว่างจุดที่ได้จากการสำรวจแต่ละจุดโดยการใช้การกระจายแบบใจกลาง (kernel) โดยจะสะท้อนถึงความสัมพันธ์ทางสถิติของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ แล้วจึงนำค่าน้ำหนักทางสถิติมาช่วยในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าความลึกที่ตำแหน่งที่ต้องการประมาณค่าในพื้นที่ๆศึกษา นอกจากนั้นแล้วยังสามารถคำนวณค่าความแปรปรวนของพื้นผิวที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงได้ด้วย ซึ่งเป็นข้อดีในการช่วยบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของระดับความสูงจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข โดยวิธีการเรียกใช้คำสั่งนั้นทำได้ดังนี้ คือ ทำการเลือก *ArcToolbox* แล้วเลือกคำสั่ง *3D Analyst Tools* > *Raster Interpolation* > *Kriging* > เลือกชั้นข้อมูล [6] ผลลัพธ์จะแสดงข้อมูลค่าความลึกของจุดแบบไฟล์รูปภาพแบบราสเตอร์ หรือ Raster เช่นเดียวกันกับเทคนิคแบบ IDW และ NN ซึ่งทุก ๆ จุดในรูปจะมีค่าความลึก แสดงตามแถบสี ที่อยู่ในฝั่ง Table of contents ด้านซ้ายมือ [6] ดังในภาพที่ 7 ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.25 เมตร จะเป็นความลึกของพื้นผิวคลองในพื้นที่ของการศึกษา ไล่ไปจนถึงระดับความสูงที่สูงที่สุดประมาณ 14.174 เมตร จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่ารูปภาพของการประมาณค่าระดับความสูงด้วยเทคนิค *Kriging* นี้ จะมีลักษณะพื้นผิวของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่เป็นพื้นที่ผิวแบบแนวยาวคล้ายกันกับรูปภาพของการประมาณค่าระดับความสูงด้วยเทคนิค IDW



ภาพที่ 7 ระดับความลึกในบริเวณพื้นที่ศึกษาของจุดข้อมูลรูปภาพแบบ *raster* ที่แยกตามแถบสี ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค *Kriging* ด้วยโปรแกรม *ArcMap* ในการวิเคราะห์ผลค่าความลึก จะเห็นได้ว่าจะแบ่งออกตามกลุ่มสีเป็น 9 ระดับ เริ่มจากสีเขียวเข้มคือระดับที่ลึกที่สุดประมาณ 6.25 เมตรไล่ไปจนถึงระดับความสูงจากผิวน้ำมากสุดประมาณ 14.174 เมตร

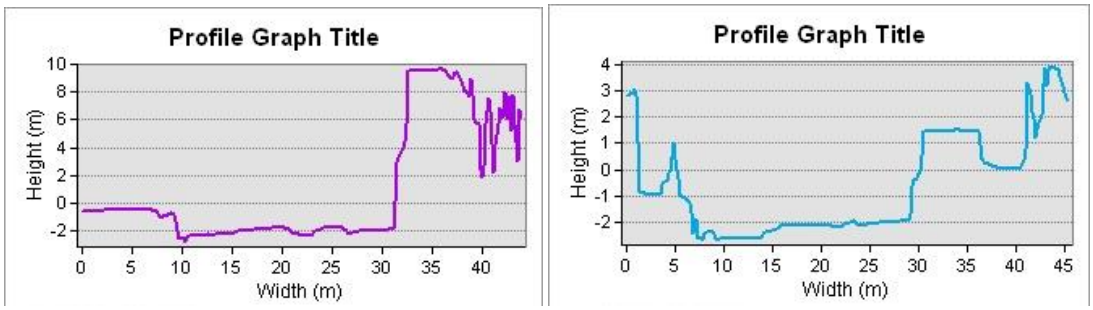
ผลและวิจารณ์ผล

3.1 การวิเคราะห์การมองเห็น (Line of Sight) และ การแสดงภาพตัดขวาง (Profile) ของลำน้ำ การวิเคราะห์การมองเห็น (Line of Sight) ใช้สำหรับวิเคราะห์แนวการมองเห็นของพื้นผิวจากตำแหน่งต่าง ๆ ที่กำหนดระหว่างจุดสองจุดที่ต้องการ ซึ่งจะสามารถนำไปมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยได้ เช่น การประเมินระยะห่างระหว่างชายฝั่งคลองจากอีกฝั่งหนึ่งไปยังฝั่งอีกด้านหนึ่ง เมื่อกำหนดสองจุดที่อยู่บนตลิ่งคนละฝั่งคลอง ส่วนการแสดงภาพตัดขวาง (Profile) เป็นการแสดงระดับความสูงของพื้นผิวตามแนวเส้นที่กำหนด โดยที่วิจัยนี้ใช้วิธีนี้ในการประเมินพื้นที่หน้าตัดของคลอง รวมไปถึงความลึกสูงสุดของลำน้ำในแต่ละหน้าตัดของคลอง โดยวิธีการเรียกใช้คำสั่งนั้นทำได้ดังนี้ คือ เปิดโปรแกรม ArcMap ในหน้าต่างที่ได้ทำการทำสร้างรูปภาพแบบราสเตอร์ (raster) จากการประมาณค่าในช่วง (interpolation) หนึ่งในสามเทคนิคที่กล่าวมา จากนั้นคลิกปุ่ม Create Line of Sight บนแถบเครื่องมือ 3D Analyst คลิกบนพื้นผิวของชั้นข้อมูลที่ได้จากเทคนิค IDW ณ ตำแหน่งของจุดมุมมองหรือจุดสังเกตที่ต้อง แล้วลากเส้นไปในทิศทางที่ต้องการมอง และคลิกตำแหน่งเป้าหมายที่ต้องการมองไปถึง เส้นผลลัพธ์จาก Line of Sight สามารถนำไปใช้แสดงเป็นภาพตัดขวาง (Profile) โดยสามารถสร้างภาพขึ้นได้ดังนี้ เลือกเส้นผลลัพธ์จาก Line of Sight และคลิกปุ่ม Create Profile Graph เพื่อเปิดหน้าต่างแสดงกราฟ ทำวิธีการแสดงภาพตัดขวาง (Profile) แบบเดียวกันนี้กับทั้ง 4 ชั้นข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW, NN และ Kriging เพื่อนำผลลัพธ์ของภาพตัดขวาง (Profile) ที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ดังในภาพที่ 8 ถึง 13 ที่ช่วยแสดงถึงความลึกของคลองและความสูงของพื้นที่ด้านข้าง



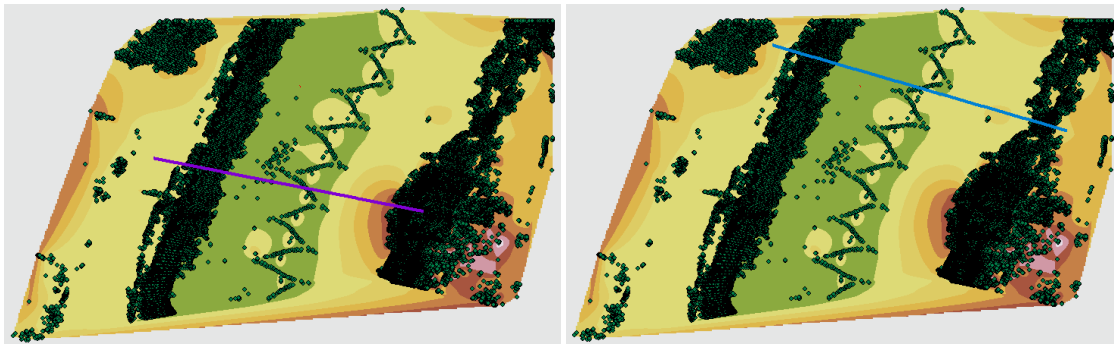
(ก) (ข)

ภาพที่ 8 แนวเส้นที่ตัดขวางคลอง 26 ทั้ง 4 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงของพื้นผิวด้วยเทคนิค IDW



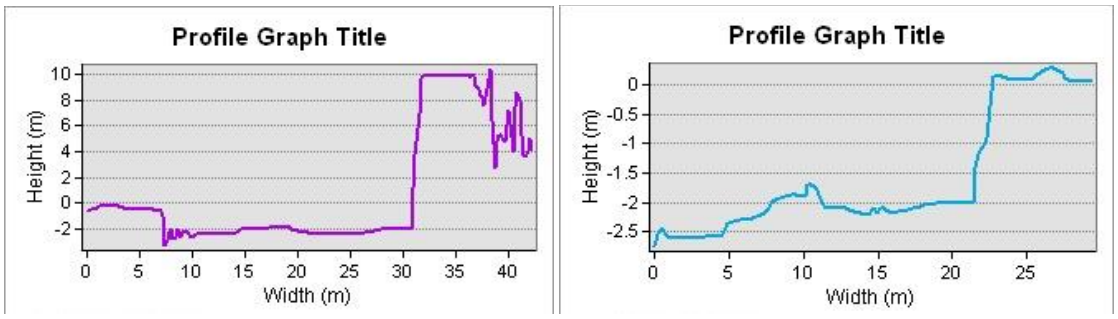
(ก) (ข)

ภาพที่ 9 ความลึกของคลองและหน้าตัดแนวขวางคลองทั้ง 2 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW



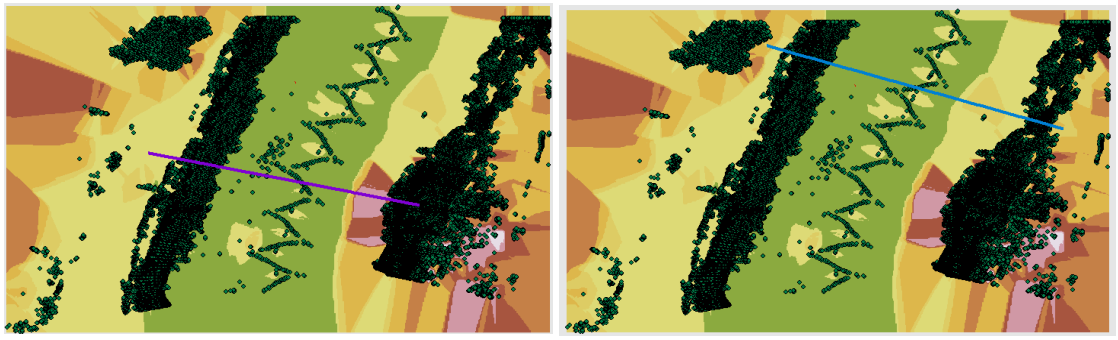
(ก) (ข)

ภาพที่ 10 แนวเส้นที่ตัดขวางคลอง 26 ทั้ง 4 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงของพื้นผิวด้วยเทคนิค NN



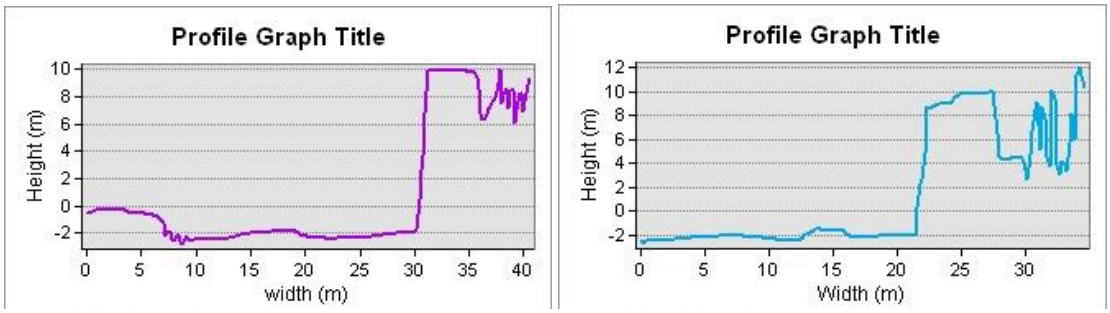
(ก) (ข)

ภาพที่ 11 ความลึกของคลองและหน้าตัดแนวขวางคลองทั้ง 2 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค NN



(ก) (ข)

ภาพที่ 12 แนวเส้นที่ตัดขวางคลอง 26 ทั้ง 4 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงของพื้นผิวด้วยเทคนิค Kriging



(ก) (ข)

ภาพที่ 13 ความลึกของคลองและหน้าตัดแนวขวางคลองทั้ง 2 แนว จากพื้นผิวที่ประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค Kriging

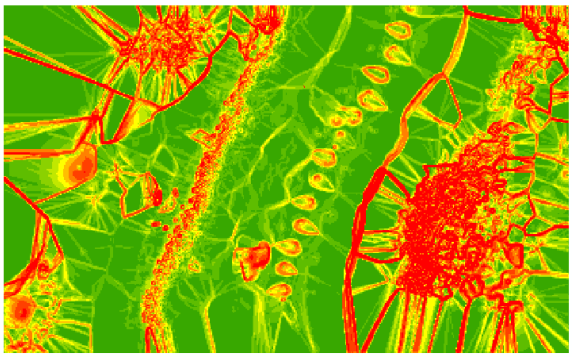
3.2 ความลาดชัน (Slope) การวิเคราะห์ความลาดชันนั้นคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงของระดับความสูงของพื้นผิวระนาบสัมผัสที่ได้จากพื้นที่จำลองด้วยระดับความสูงจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ณ จุดต่างในรูปแบบกริด ความลาดชันและทิศทางลาดเอียงเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้งานในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ หลายอย่าง เช่น คำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำ หรือ มวลดินที่อุ้มน้ำเมื่อเกิดการเคลื่อนตัว ค่าความชันมักจะวัดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นหรือองศา ส่วนทิศทางลาดเอียงจะวัดเป็นองศา และ ความโค้งเว้าจะวัดเป็นองศาต่อหน่วยระยะทาง ภาพที่ 14 แสดงถึงความแตกต่างของความลาดชันสำหรับระดับความสูงจาก DEM ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW, NN และ Kriging ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความลาดชันของพื้นผิวที่ได้จากเทคนิค IDW และ Kriging จะค่อนข้างคล้ายกันและสามารถทำการประมาณขอบตลิ่งได้ดีกว่าค่าความลาดชันของพื้นผิวที่ได้จากเทคนิค NN

3.3 การคำนวณหาพื้นที่และปริมาตรความจุ (Surface Area and Volume) of Pond

3.3.1 การคำนวณหาพื้นที่โดยใช้โปรแกรม Google Earth

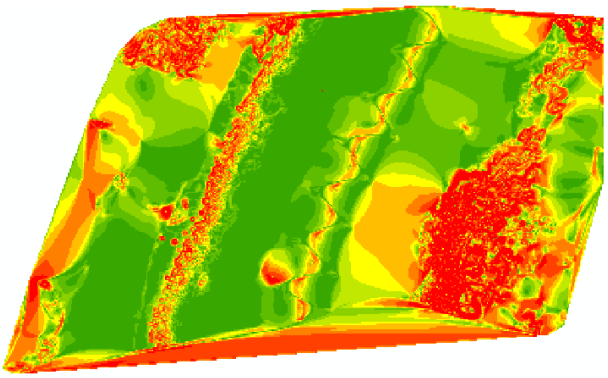
จากพื้นที่ศึกษาที่เลือกมาเป็นในหัวข้อนี้จะเป็นสระน้ำ ที่แสดงใน Google Earth ดังในภาพที่ 15 ในขั้นแรกจะทำการคำนวณหาเส้นรอบสระน้ำ และ พื้นที่ในระนาบสองมิติของสระน้ำนี้ โดยเริ่มจากการวาดกรอบบริเวณขอบของสระน้ำเพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาและหาค่าพิกัดของขอบสระน้ำอีกด้วย เมื่อได้สร้างเป็นพื้นที่ด้วย polygon แล้วจะสามารถคำนวณหาระยะทางรอบขอบสระ (perimeter) และ พื้นที่ในระนาบสองมิติ (area) ได้ดังในภาพที่ 15 ด้วยโปรแกรม Google Earth

(ก)



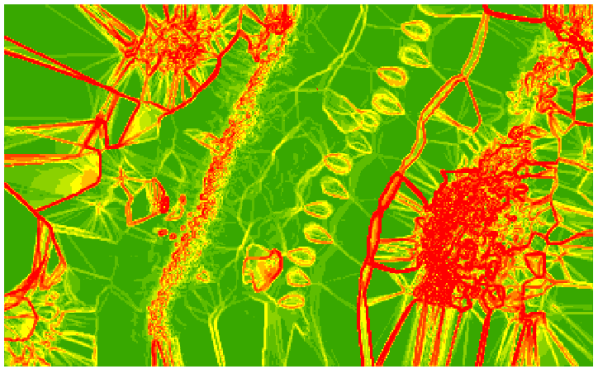
Slope_Idw_sh2
0.000631676 - 4.490710581
4.490710582 - 12.78008702
12.78008703 - 23.14180757
23.14180758 - 34.88509086
34.88509087 - 46.62837415
46.62837416 - 57.68087607
57.68087608 - 68.04259662
68.04259663 - 77.7135358
77.71353581 - 88.07525635

(ข)



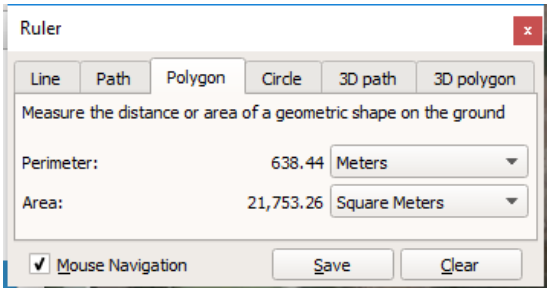
Slope_nn21
0.034151092 - 8.322791192
8.322791193 - 17.6475113
17.64751131 - 28.00831143
28.00831144 - 38.02375155
38.02375156 - 47.69383166
47.69383167 - 57.70927178
57.70927179 - 67.7247119
67.72471191 - 77.39479202
77.39479203 - 88.10095215

(ค)



Slope_Krigin1
0.000168498 - 5.180480672
5.180480673 - 13.8143343
13.81433431 - 24.17495865
24.17495866 - 35.57164543
35.57164544 - 46.62297807
46.62297808 - 57.67431071
57.67431072 - 68.3802892
68.38028921 - 77.70485111
77.70485112 - 88.06547546

ภาพที่ 14 การคำนวณความลาดชัน (หรือ Slope) สำหรับระดับความสูงจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW, NN และ Kriging ที่แบ่งชั้นความสูงด้วยลำดับของสีที่ชัดเจน

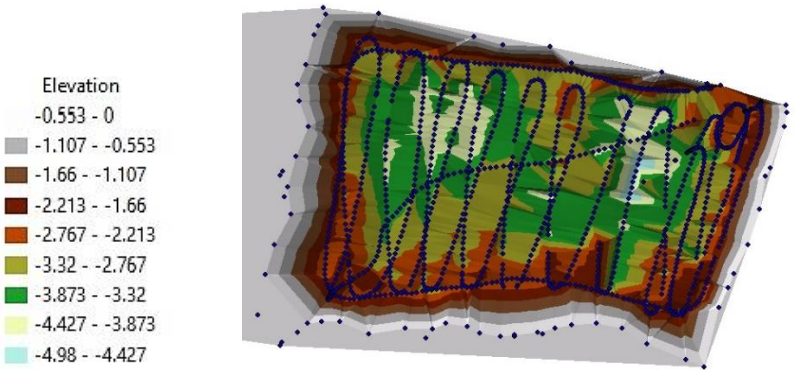




ภาพที่ 15 ภาพถ่ายทางดาวเทียมจาก Google Earth ในการหาพื้นที่ในระนาบสองมิติ ของพื้นที่ศึกษา

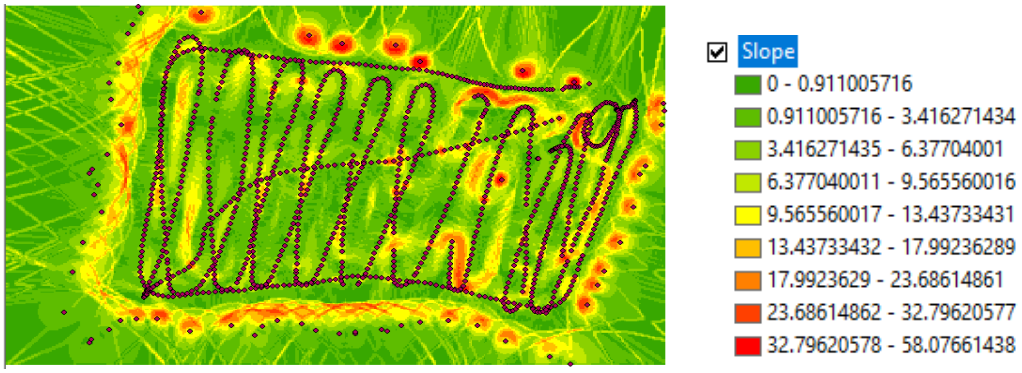
3.3.2 การคำนวณหาพื้นที่และปริมาตรความจุโดยใช้โปรแกรม ArcMap

ก่อนที่จะทำการประเมินความจุของสระน้ำในหัวข้อที่แล้วนั้น จะเริ่มจากการสร้างพื้นผิวสามมิติแบบ TIN ในโปรแกรม ArcMap ด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในรูปแบบจุดพิกัดที่ได้จากเซนเซอร์จีพีเอส (GPS) และ เซนเซอร์วัดความลึกแหล่งน้ำ ที่เป็นไฟล์ .txt เข้ามาใน ArcMap แล้วสร้างเป็นชั้นข้อมูลแบบ shapefile และไปที่เครื่องมือ ArcToolbox แล้วจึงเลือกคำสั่ง Create TIN จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นพื้นผิวสามมิติแบบ TIN ที่แบ่งสีตามชั้นของระดับความสูงอย่างชัดเจนและที่มีแถบสีแสดงการแบ่งระดับความสูงทางด้านซ้ายมือ ดังในภาพที่ 16 จากนั้นจึงทำการคำนวณหาปริมาตรความจุของน้ำในสระ โดยใน ArcToolbox ให้เลือก Functional Surface และใช้เครื่องมือ Surface Volume โดยใส่ค่าของชั้นข้อมูลพื้นผิวสามมิติแบบ TIN จะสามารถคำนวณพื้นแบบสองมิติ และ ปริมาตรความจุแบบสามมิติออกมาเป็น .txt file ที่สามารถนำมาเปรียบเทียบว่ากับพื้นที่ในระนาบสองมิติที่ประเมิน ด้วยโปรแกรม Google Earth

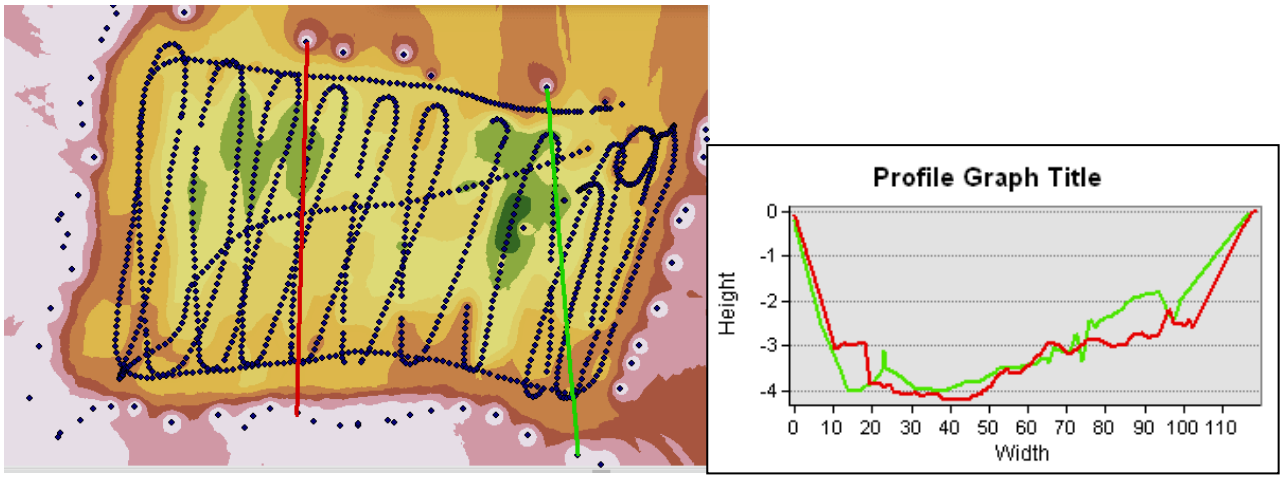


ภาพที่ 16 พื้นผิวสามมิติแบบ TIN ของสระน้ำที่แบ่งระดับความสูงตามแถบสี โดยมีหน่วยเป็นเมตร ก่อนที่จะหาปริมาตรความจุของของน้ำในสระด้วยคำสั่ง Surface Volume

พื้นที่ในระนาบ 2D ที่คำนวณได้จากโปรแกรม Google Earth เท่ากับ 21,543.26 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่ในระนาบ 2D ที่คำนวณได้จากโปรแกรม ArcMap จะได้เท่ากับ 21,719.93 ตารางเมตร จะเห็นได้ว่าพื้นที่ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าความลาดชัน (Slope) โดยจากข้อมูลจุดจีพีเอสและค่าความลึกในสระน้ำที่ได้จากการสำรวจมาได้ทำการสร้างพื้นผิวแบบสามมิติจากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW จากนั้นไปที่ ArcToolbox และ เลือกเครื่องมือ Slope จะได้ผลลัพธ์ดังในภาพที่ 18 พร้อมกันนั้นได้แสดงความลึกของสระน้ำและหน้าตัดของพื้นที่ทั้งสองแนวที่ตัดขวางสระน้ำด้วย



ภาพที่ 17 ค่าความลาดชัน (Slope) ภายในสระน้ำ ที่แบ่งชั้นตามระดับความสูงด้วยแถบสีที่ชัดเจน มีหน่วยเป็นองศา



ภาพที่ 18 พื้นผิวแบบสามมิติที่ได้จากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW (ซ้าย) และ แนวเส้นการเปรียบเทียบความลึกของสระน้ำและหน้าตัดของพื้นที่ทั้งสองแนวที่ตัดขวางสระน้ำ (ขวา)

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาถึงความลึกของคลองโดยคลอง 26 ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่เลือกมาจากพื้นที่ๆศึกษาในการวิจัยนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลตำแหน่ง การหันเหของหัวเรือ ความลึกลำน้ำ และ ความสูงของตลิ่ง ด้วยเซนเซอร์จีพีเอส เข็มทิศแบบดิจิตอล คลื่นเสียงวัดความลึกน้ำ และ เลเซอร์สแกนเนอร์ตามลำดับ ที่ติดตั้งไปบนเรือแบบสองทุ่น ที่สามารถบังคับด้วยรีโมทคอนโทรล์ผ่านคลื่นวิทยุ หลังจากนั้นจึงนำผลสำรวจทั้งหมดมาบรูณาการเข้าด้วยกันในระบบพิกัดฉาก UTM ด้วยโปรแกรม MATLAB แล้วจึงทำการ plot รูปภาพกลุ่มจุดข้อมูลแบบสามมิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อน จะทำการส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์แบบ .txt เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยโปรแกรม ArcGIS/ArcMap และใช้วิธีการการประมาณค่าในช่วง (Raster Interpolation) เพื่อช่วยสร้างพื้นผิวแบบสามมิติขึ้นมา โดยใช้สามเทคนิคด้วยกัน คือ 1) เทคนิค Inverse Distance Weighting (หรือ IDW) พบว่าวิธีนี้แสดงความลึกของปริมาณน้ำในคลองตั้งแต่ระดับสูงสุด 15.953 เมตร และระดับต่ำที่สุดเป็น 6.943 เมตร 2) เทคนิค Natural Neighbors (หรือ NN) แสดงระดับที่ลึกที่สุดคือ 6.848 เมตร และเพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงที่สุดคือ 15.941 เมตร 3) เทคนิค Kriging ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างผิวแบบสามมิติด้วยการประมาณค่าในช่วงแบบ Kriging จะให้ข้อมูลที่แม่นยำมากกว่าเทคนิคอื่น และ สามารถกรองข้อมูลจุดข้อมูลแบบโดดๆที่มาจากสัญญาณรบกวนออกไปได้ เนื่องจากใช้เทคนิคการคำนวณทางสถิติ ซึ่งแตกต่างจากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิคอื่น เช่น IDW และ NN ที่เป็นเทคนิคการประมาณค่าในช่วงโดยใช้ข้อมูลจากรอบจุดข้อมูลที่ได้จากการสำรวจโดยตรง ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความเรียบกว่า ดังนั้นเมื่อใช้เทคนิค Kriging จะได้ผลลัพธ์ที่มาจากการวิเคราะห์ที่แน่นอนและมีความถูกต้องสูง ส่วนการวิเคราะห์เส้นแนวการมองเห็น (Line of Sight) และ การสร้างภาพตัดขวาง (Profile) จะเห็นได้จากภาพหน้าตัดของลำคลองที่ตำแหน่งเดียวกันนั้น ผลลัพธ์ค่าความสูง-ต่ำของหน้าตัดลำคลองในแต่ละเทคนิคสร้างพื้นผิวทั้ง 3 วิธี จะไม่เท่ากันโดยสามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบเพื่อแยกแยะความแตกต่างจากกราฟแสดงผลข้อมูลความสูงของ 4 แนวเส้น จะเห็นได้ว่าเทคนิค IDW นั้นมีความไวต่อสัญญาณรบกวนจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมากที่สุด และ เทคนิค NN จะให้ค่าความราบเรียบของพื้นที่หน้าตัดมากที่สุด ขั้นต่อมาเป็นการหาความลาดชัน (Slope) โดยใช้ชั้นข้อมูลการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ทั้ง 3 รูปแบบ มาวิเคราะห์ค่าความลาดชัน จากผลลัพธ์จะเห็นว่าลักษณะความลาดชั้นของพื้นผิวจากการประมาณค่าในช่วงด้วยเทคนิค IDW และ Kriging จะมีความต่อเนื่องที่ดีกว่าพื้นผิวที่ประมาณค่าได้จากเทคนิค NN แต่ทว่าผู้ใช้งานระบบ GIS ส่วนใหญ่จะเลือกใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ IDW แล้วจึงการวิเคราะห์ค่าความลาดชัน

เนื่องจากประมวลผลที่ใช้เวลาน้อยและรวดเร็วกว่าอีกทั้ง 2 เทคนิคและนิยมใช้กันมากกว่านั่นเอง ต่อมาเป็นเรื่องของการคำนวณหาพื้นที่ของสระน้ำ จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตำแหน่ง และ ความลึกน้ำ ด้วยเซนเซอร์ GPS และ echo sounder ตามลำดับ จากนั้นข้อมูลทั้งหมดเข้ามาแปลงให้อยู่ในระบบพิกัดฉาก UTM จากนั้นจึงทำการบรูณาการข้อมูลจุดเข้าด้วยกัน และส่งต่อไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcMap ด้วยเครื่องมือ 3D Analyst tools เพื่อคำนวณหาพื้นที่แบบ 2D โดยใช้โปรแกรม Google Earth จะได้พื้นที่ๆศึกษาเท่ากับ 21,543.26 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่แบบ 2D ที่คำนวณได้จากโปรแกรม ArcMap จะได้เท่ากับ 21,719.93 ตารางเมตร จะเห็นได้ว่าโปรแกรมทั้งสองให้ค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ สามารถนำเทคนิคการประมาณค่าความลาดชันของบริเวณพื้นที่การศึกษาและค่าปริมาตรความจุของน้ำในสระ ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือโปรแกรม ArcGIS ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ประเมินความลาดชันและปริมาณของมวลดินของพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มได้อีกด้วย สำหรับข้อมูลความกว้าง ความสูงและความจุของระดับน้ำในสระน้ำสามารถนำไปคำนวณร่วมกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาเพื่อวิเคราะห์หาความสามารถในการกักเก็บน้ำของสระน้ำนั้นได้ และ ช่วยวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในอนาคต ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ในหัวข้อเรื่อง “การทำแผนที่สามมิติสำหรับการเตรียมความพร้อมรับมือดินถล่ม ในช่วงหน้าน้ำหลาก” (Three-Dimensional Terrain Mapping for Landslide Disaster Preparedness During Monsoon Season) ประจำปีงบประมาณ 2560.

เอกสารอ้างอิง

ชนิดา สุวรรณประสิทธิ์, นัฐพงษ์ พวงแก้ว และ นัยนา ศรีชัย, 2556, “สมดุลน้ำของจังหวัดภูเก็ต”, The 1 Conference on Geoinformatics for Graduate Students and Young Researchers.

พรชัย เอกศิริพงษ์ และสุเพชร จิรขจรกุล, 2557, “การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่”, The Journal of Science and Technology.

รองศาสตราจารย์ ดร. สุเพชร จิรขจรกุล, 2560, “เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.5”, พิมพ์ครั้งที่1, บริษัท เอ.พี. กราฟิคดีไซย์และการพิมพ์ จำกัด.

วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2559, การสำรวจทางวิศวกรรม2, น.118-120, พิมพ์ครั้งที่1, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

P. Prempraneerach, M. Janthong, K. Phothongkum, C. Choosui and S. Timpitak, 2016, “Hydrographical Survey using Point Cloud Data from Laser Scanner and Echo Sounder” , 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON).

Tang Daisheng and Bian Fuling, 2009, “ Forest Site Evaluation Based on GIS และ Kriging” , The 1st International Conference on Information Science and Engineering.

Yingchun Fu, Xiantie Zeng and Xueyu Lu, 2011, "Spatial prediction of dissolved organic carbon using GIS and ANN modeling in river networks" , 2011 Seventh International Conference on Computational Intelligence and Security.

การพัฒนาวิธีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ โดยประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด

Development of Aerial Photogrammetric Mapping Technique Using Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle

ศราวุธ เรือนศรี[1*] กิ่งกาญจน์ ปวนสุรินทร์[2] อมาพร ปวงรังษี[3] มนต์ชัย ปัญญาทอง[1] และ พิเชษฐ กันทะวัง[4]

Saravoot Ruensee[1*] Kingkan Puansurin[2] Amaporn Pongrungsie[3] Monchai Panyatong[1] and Pichet Kuntawang[4]

บทคัดย่อ

การทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) สามารถทำครอบคลุมพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่และมีค่าความผิดพลาดต่ำ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของความเป็นปัจจุบันของแผนที่ เนื่องจากต้องการงบประมาณสูงในการทำงาน อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) หมายถึงอากาศยานที่ไร้นักบินประจำเครื่อง แต่สามารถถูกควบคุมได้จากระยะไกล ความสามารถของ UAV ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมการบินอัตโนมัติมีความสามารถที่สูงขึ้นในขณะที่ราคาถูกลงจนสามารถนำมาใช้ในงานทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ความสูงระดับต่ำ (Low altitude level) ซึ่งจะทำให้การทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) แบบเดิม มีทางเลือกที่สะดวกและรวดเร็วขึ้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการพัฒนาวิธีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด พื้นที่ศึกษาคือสนามบินเครื่องบินเล็กโทกหัวช้าง จังหวัดลำปาง ขนาดพื้นที่ 20 ไร่ โดยกำหนดสภาพบินถ่ายดังนี้ ระดับความสูง 140 เมตร, ส่วนซ้อนและส่วนเกย 60% , ระยะบนพื้นดิน 3.59 เซนติเมตร/พิกเซล, ความเร็วการบิน 14 เมตร/วินาที, เวลาบิน 6.5 นาที, และกำหนดแนวบินถ่ายสองแบบ คือ แบบธรรมดาและแบบกริด วางหมุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Point; GCP) จำนวน 4 จุดครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่าแนวบินถ่ายภาพแบบกริด มีค่าความคลาดเคลื่อน GCP (Root Mean Square Error; RMSE) ในแนวแกน X = 0.099 เมตร, Y = 0.203 เมตร, และ Z = 0.144 เมตร ขณะที่แนวบินถ่ายภาพแบบธรรมดามีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า คือ ในแนวแกน X = 0.101 เมตร, Y = 0.250 เมตร, และ Z = 0.238 เมตร

คำสำคัญ : เครื่องอากาศยานไร้คนขับ, เครื่องอากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด, เทคนิคการทำแผนที่ภาพถ่ายด้วยเครื่องอากาศยานไร้คนขับ, แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยเครื่องอากาศยานไร้คนขับที่ความสูงระดับต่ำ

ABSTRACT

Although aerial photogrammetry can cover very large areas and can produce high accurate map, it has a limitation of up-to-date map due to high budget for implementation. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an aircraft without a human pilot aboard, but it can be remotely operated by a ground-based controller. The capability of UAV has rapidly developed because the important electronic devices for flight controlling have higher capacity, so it has applied to low altitude photogrammetry. Consequently, traditional topographic map has a better comfortable-convenient option. The objective of this study is to develop low altitude photogrammetry with fixed wing UAV. The study area was the Thokhuachang mini-stadium for drones and UAVs, Lampang province with area size 20 rai. The flying criteria are determined as follows: 1) altitude 140 m, 2) overlap and side lap 60% , 3) ground sample distance (GSP) 3.59 cm/pixel, 4) flying speed 14 m/s, 5) flight time 6.5 min and 6) two flight maps, which are general flight and grid flight. There were 4 Ground Control Point (GCP) covering the study area. The study results indicated that the grid flight map had the ground control point root mean square error (GCP RMSE) better than the general flight map. The GCP RMSE of the grid flight map was X=0.045 m, Y=0.063 m and Z=0.145 m while the GCP RMSE of the general flight was X=0.745 m, Y=0.160 m and Z=0.928 m.

Keywords : Unmanned Aerial Vehicle, Fixed wing UAV, Aerial Photogrammetry Using UAV, Aerial Photogrammetry Using Low Altitude Level Technique

---

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai campus, Saikhao Sub-district, Phan District, Chiang Rai Province 57120, Thailand

[2] สาขาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

[2] Department of Computer Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai campus, Saikhao Sub-district, Phan District, Chiang Rai Province 57120, Thailand

[3] สาขาวิชาการพัฒนาชุมชน คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

[3] Department of Community Development, Faculty of Humanities and Social Science, Lampang Rajabhat University, Chompoo Sub-district, Muang District, Lampang Province 52100, Thailand

[4] สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย ตำบลทรายขาว อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย 57120

[4] Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Chiang Rai campus, Saikhao Sub-district, Phan District, Chiang Rai Province 57120, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kingkan@rmutl.ac.th

บทนำ

การทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) มีความถูกต้องสะดวกรวดเร็วครอบคลุมพื้นที่สำรวจขนาดใหญ่ และมีค่าความผิดพลาดต่ำ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของความเป็นปัจจุบันของแผนที่ เนื่องจากต้องการงบประมาณสูงในการบินถ่ายในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นภารกิจหลักของกรมแผนที่ทหาร

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) หมายถึงอากาศยานที่ไร้นักบินประจำเครื่อง แต่สามารถถูกควบคุมได้จากระยะไกลได้สองแบบคือ การบังคับโดยคนและใช้ระบบการบินด้วยตนเอง ซึ่งต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ UAV แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แบบใบพัด (Multi Rotor) ซึ่งเป็นเครื่องที่ไม่ต้องการใช้ทางวิ่งในการขึ้นบินและสามารถจอดอยู่นิ่งบนอากาศได้ แต่มีข้อจำกัดเชิงพื้นที่ในการทำงาน คือสามารถทำงานได้เพียง 50-70ไร่/เที่ยวบิน, ระยะทางในการบินประมาณ 1-2 กิโลเมตร, ที่ความสูงจำกัด 120-150 เมตร ในขณะที่อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด (Fixed Wing) มีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ที่กว้างกว่า คือทำงานได้ถึง 300-500ไร่/เที่ยวบิน, ระยะทางในการบินประมาณ 3-6 กิโลเมตร, ที่ความสูงถึง 600 เมตร ดังนั้นในการศึกษานี้เราได้ประยุกต์ใช้เครื่องแบบปีกยึดมาทำการสำรวจเพื่อทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

อย่างไรก็ตามเครื่องแบบปีกยึดยังต้องการทางวิ่งเพื่อขึ้นลงและไม่สามารถหยุดนิ่งอยู่บนอากาศ อีกทั้งยังต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ซับซ้อนกว่าเครื่องแบบใบพัด ความสามารถของ UAV, Fixed Wing ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญที่ใช้ในการควบคุมการบินอัตโนมัติมีความสามารถที่สูงขึ้น ในขณะที่ราคาถูกลง จนสามารถนำมาใช้ในงานทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ความสูงระดับต่ำ (Low altitude level) ซึ่งจะทำให้การทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) แบบเดิมโดยใช้กล้องสำรวจที่ต้องการแรงงานและเวลาที่มากกว่า มีทางเลือกที่สะดวกและรวดเร็วขึ้น ซึ่งจะทำให้การทำแผนที่ภูมิประเทศ มีความคล่องตัวมากขึ้น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือพัฒนาวิธีการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ โดยประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด สนามบินเครื่องบินเล็กโทกหัวช้าง ขนาดพื้นที่ 20 ไร่ จังหวัดลำปาง ถูกเลือกเป็นพื้นที่ดำเนินการ โดยกำหนดสภาพบินถ่ายดังนี้ ระดับความสูง (Altitude) 140 เมตร, ส่วนซ้อนและส่วนเกย (Head Overlap and Side Overlap) 60%, ระยะบนพื้นดิน (Ground Sample Distance) 3.59 เซนติเมตร/พิกเซล, ความเร็วการบิน (Flying speed) 14 เมตร/วินาที, เวลาบิน (Flight time) 6.5 นาที โดยกำหนดแนวบินถ่ายสองแบบ คือ แบบธรรมดา และแบบกริด วางหมุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Point) จำนวน 4 จุดครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

วิธีดำเนินการ

วิธีการดำเนินการศึกษาเริ่มจากการติดตั้งอุปกรณ์, การกำหนดแนวการบินและสภาพการบินให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา แล้วจึงนำเครื่องขึ้นบินเพื่อถ่ายภาพตามแนวบินที่วางไว้, ทำการกำหนดหมุดควบคุมภาคพื้นดินเพื่อใช้ทำการประมวลผลภาพถ่าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การติดตั้งอุปกรณ์

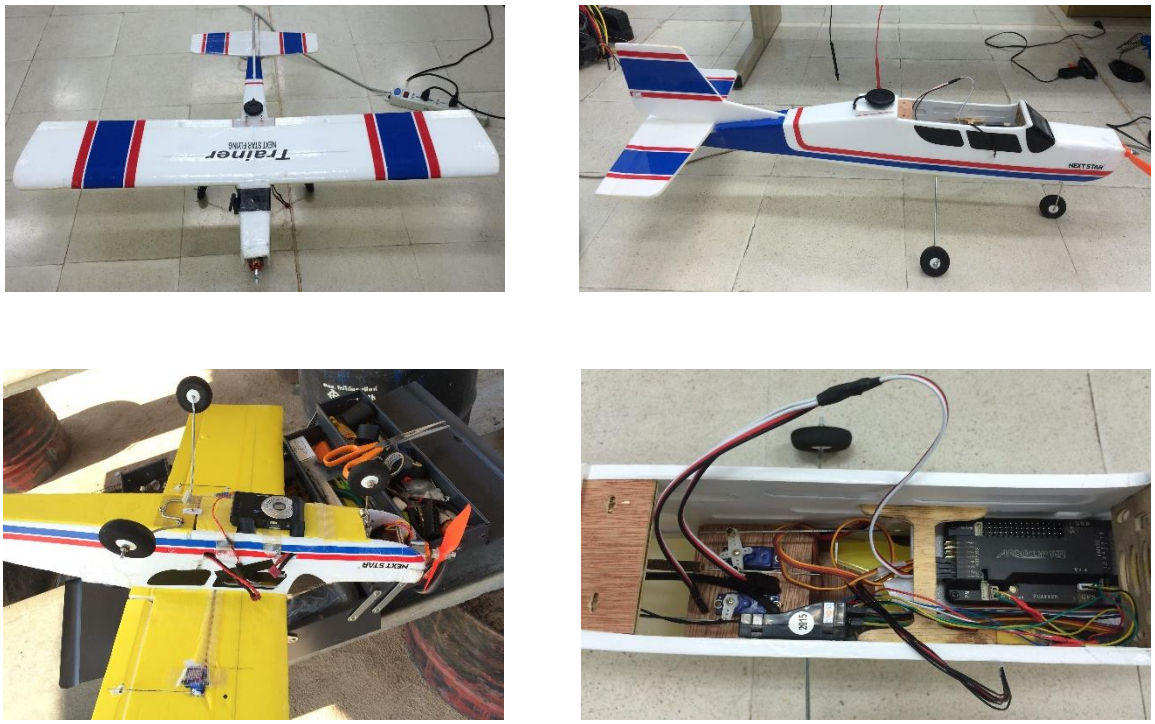
ส่วนตัวเครื่องอากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด มีส่วนประกอบหลักสามส่วนคือ ส่วนลำตัว, ส่วนชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบเพื่อบังคับการบิน, ส่วนรับส่งสัญญาณควบคุมการบิน ภาพที่ 1 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน



ภาพที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน

2.1.1 ส่วนลำตัว

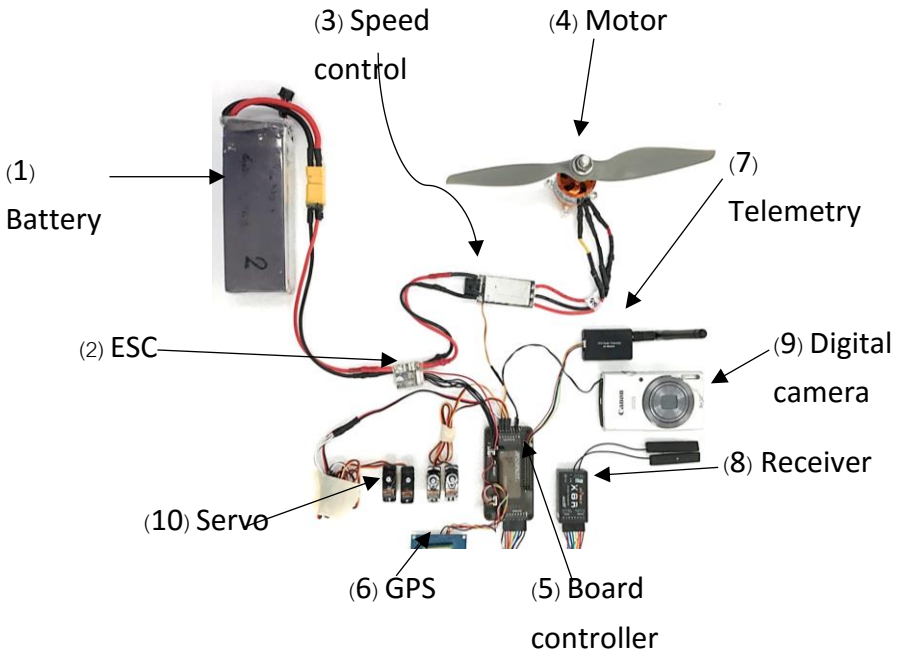
เครื่องมีความยาว 0.95 เมตร ปีกแบบ High-Wing Configuration กว้าง 1.20 เมตร สูงจากพื้น 0.20 เมตร โดยมีน้ำหนักรวม 1.20 กิโลกรัม ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญคือ ใบพัดแบบขับด้านหน้า (Tractor) และส่วนแพนบังคับซึ่งประกอบด้วยส่วนควบคุมการยกหัวเครื่องขึ้นหรือลง (Elevator) ส่วนควบคุมอาการเอียงของเครื่อง (Aileron) และส่วนบังคับทิศทางหันซ้ายหรือขวา (Rudder) ภาพที่ 2 แสดงรายละเอียดส่วนตัวเครื่องอากาศยาน



ภาพที่ 2 รายละเอียดส่วนตัวเครื่องอากาศยาน (UAV, Fixed Wing)

2.1.2 ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบเพื่อบังคับการบิน

ชุดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบเพื่อบังคับการบิน (Autopilot) มีหน้าที่ควบคุมเครื่องให้บินไปตามแนวบินและความสูงที่กำหนดไว้ในค่าพิกัด (X,Y,Z) ล่วงหน้าได้ ในการศึกษานี้ ArduPilot Mega 2.6 (หมายเลข 5) ถูกเลือกใช้เป็น Autopilot ซึ่งประกอบด้วย Barometer และ Inertial Measurement Unit ; IMU ไว้ภายใน เพื่อใช้ในการระบุความสูงและบอกทิศทางและการเอียงตัวของเครื่องตามลำดับ, Speed control (หมายเลข 3) เพื่อประมวลผลความเร็ว, GPS (หมายเลข 6) เพื่อระบุตำแหน่งเทียบกับพื้นโลก, Motor (หมายเลข 4) เพื่อควบคุมความเร็วของเครื่อง, ESC (หมายเลข 2) ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้มอเตอร์, Telemetry (หมายเลข 7) รับส่งสัญญาณผ่านคอมพิวเตอร์, Receiver (หมายเลข 8) รับสัญญาณวิทยุ, Aileron, Elevator, Rudder Servo (หมายเลข 10) ใช้สำหรับปรับความเอียง, ความสูง และทิศทางในการบินของตัวเครื่องตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดใน ภาพที่ 3

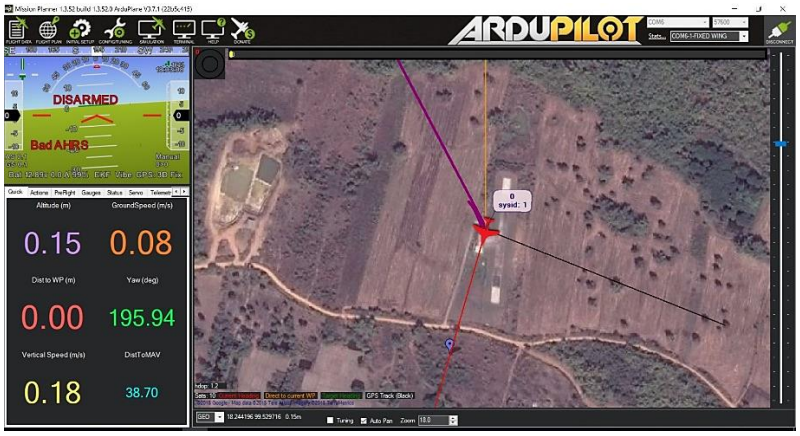


ภาพที่ 3 ชุดอุปกรณ์อิเล็กโทรนิกส์ประกอบเพื่อบังคับการบิน

2.1.3 ส่วนรับส่งสัญญาณควบคุมการบิน

การควบคุมการบินสามารถทำได้โดยการรับส่งสัญญาณควบคุมการบินระหว่างเครื่อง UAV กับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน โดยในการศึกษานี้เลือกใช้ 2 ช่องทางหลัก คือ

1) โหมดการบินอัตโนมัติ (Waypoint Mode) ผ่าน Telemetry แสดงใน ภาพที่ 5 (ข) ส่งข้อมูลสภาพการบินจากตัวเครื่องมาแสดงผลในโปรแกรม Mission Planer แสดงสภาพการบินในขณะนั้น ภาพที่ 4 แสดงสภาพการบินผ่านโปรแกรม Mission Planer



ภาพที่ 4 แสดงสภาพการบินผ่านโปรแกรม Mission Planer

2) โหมดบังคับมือ (Manual Mode) ผ่านวิทยุบังคับ (Remote Control) ใช้ในการนำเครื่องขึ้นและลงเป็นหลัก รวมถึงหากเกิดกรณีฉุกเฉินที่เครื่องและระบบควบคุมการบินอัตโนมัติไม่สามารถใช้ได้ ภาพที่ 5 (ก) แสดงอุปกรณ์วิทยุบังคับ



(ก) (ข)

(ก) โหมดบังคับมือ (Manual Mode) ผ่านวิทยุบังคับ (Remote Control)

(ข) ผ่าน Telemetry ในโหมดการบินอัตโนมัติ (Automatic Waypoint Mode)

ภาพที่ 5 ระบบรับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน

2.1.4 ระบบการบันทึกภาพ

หลักการสำคัญของการเลือกระบบบันทึกภาพคือ ต้องมีความเร็วชัตเตอร์ที่สอดคล้องกับความเร็วของเครื่อง UAV จึงสามารถบันทึกภาพที่จุดควบคุมในเวลาที่กำหนด ทำให้ทราบค่าพิกัดและสภาพการบินต่างๆของ UAV ได้ ในการทดสอบนี้ได้เลือกใช้กล้อง Canon Power Shot IXUS 160 รายละเอียดแสดงใน ภาพที่ 6 โดยมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ ความละเอียดภาพสูงสุด (Max resolution) 1280x720, 20 Megapixel, สัดส่วนภาพ (Image ratio) 4:3, เซลล์รับภาพ (Image sensor) 1/2.3", CCD ความไวแสง (ISO rating) Auto, 100-1600, รูรับแสง f/3.2 - f/9.0 (W), f/6.9 - f/20.0 (T), ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter speed) 1-1/2000 วินาที, ระยะโฟกัส 1 – 50cm (W) (0.4in. – 1.6ft. (W)



ภาพที่ 6 กล้องดิจิตอล Canon Power Shot IXUS 160

2.2 การกำหนดแนวการบินและสภาพการบิน

การกำหนดแนวการบินและสภาพการบิน ถูกตั้งค่าโดยใช้โปรแกรม Mission planer โดยที่กำหนดแนวการบินไว้สองแบบคือ แบบธรรมดา และแบบกริด ซึ่งแนวการบินทั้งสองแบบมีสภาพการบินที่เหมือนกัน คือมี 1) ระดับความสูง 140 เมตร, 2) มีค่าส่วนซ้อน (Head Overlap) และ ส่วนเกย (Side Overlap) เท่ากันที่ 60%, 3) ความเร็วการบิน (Flying speed) 14 เมตร/วินาที, 5) เวลาบิน (Flight time) 6.5 นาที และ 6) ระยะบนพื้นดิน (Ground Sample Distance; GSD) 3.59 เซนติเมตร/พิกเซล การกำหนดแนวการบินแบบธรรมดาและแนวการบิน แบบกริดในสภาพการบินตามแผน โดยใช้โปรแกรม Mission Planer แสดงใน ภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8 ตามลำดับ



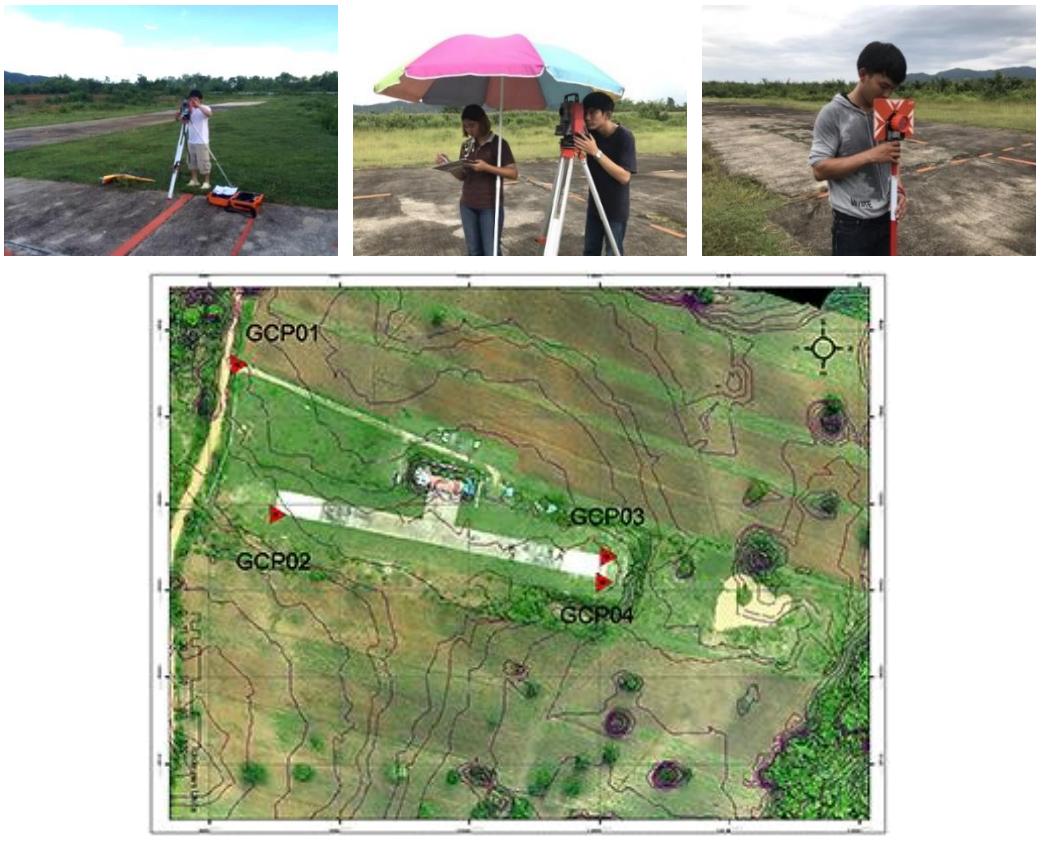
ภาพที่ 7 การกำหนดแนวการบินแบบธรรมดาและสภาพการบินโดยใช้โปรแกรม Mission Planer



ภาพที่ 8 การกำหนดแนวการบินแบบกริดและสภาพการบินโดยใช้โปรแกรม Mission Planer

2.3 การกำหนดพิกัดของหมุดควบคุมภาคพื้นดิน

ในการประมวลผลภาพถ่ายเพื่อให้ได้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จำเป็นต้องทราบค่าพิกัดที่จุดควบคุม Ground Control Point; GCP ในการศึกษานี้เราได้กำหนด GCP ไว้ทั้งหมด 4 จุดด้วยกันคือ GCP01 – GCP04 และใช้วิธีการสำรวจแบบวงรอบปิด เพื่อกำหนดค่าพิกัดลงในแต่ละหมุดควบคุม ดังแสดงใน**ภาพที่ 9** และมีค่าพิกัดดังแสดงใน ตารางที่ **1**



ภาพที่ 9 แสดงกำหนดค่าพิกัดของจุดควบคุมในพื้นที่ศึกษาและการทำสำรวจแบบวงรอบปิด

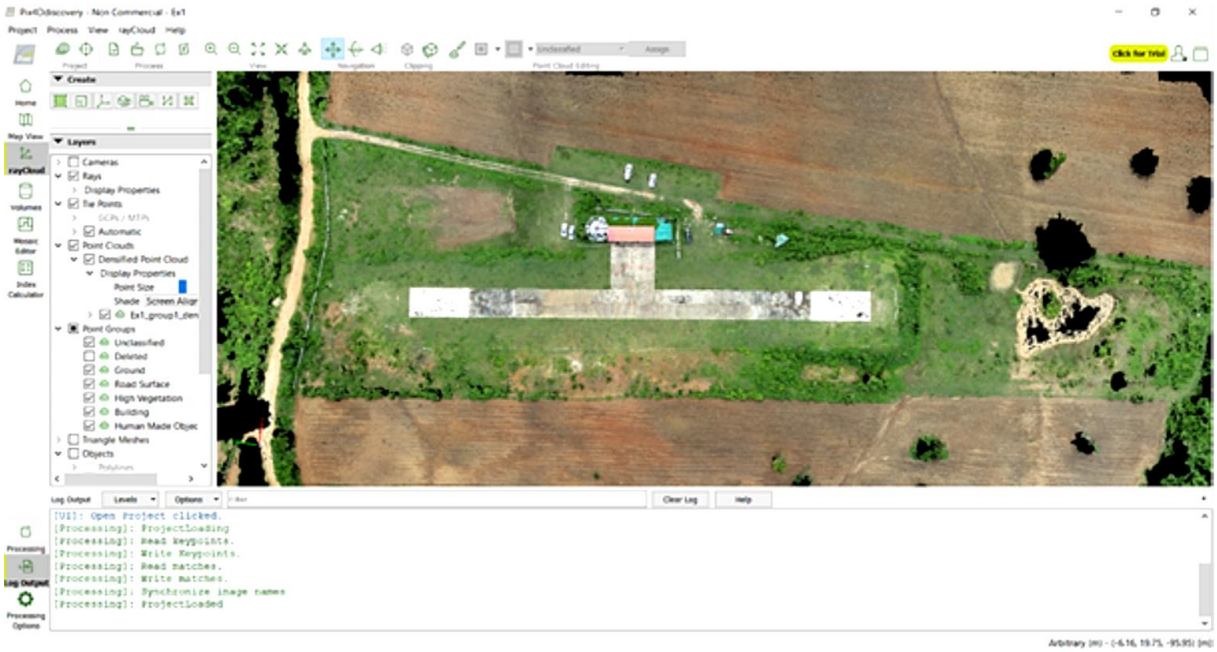
ตารางที่ 1 ค่าพิกัดของหมุดควบคุม GCP01 - GCP04 ที่กำหนดโดยวงรอบปิด

Ground Control Point	X (m)	Y (m)	Z (m)	ตำแหน่งอ้างอิง
GCP01	2028118.319	555897.541	399.640	ขอบถนนทางเข้าสนามบิน
GCP02	2028141.203	555964.501	400.571	ขอบสนามบินฝั่งทิศใต้
GCP03	2028296.570	555970.941	400.074	ขอบสนามบินฝั่งทิศเหนือ (บน)
GCP04	2028295.453	555980.913	400.126	ขอบสนามบินฝั่งทิศเหนือ (ล่าง)

2.4 การประมวลผลภาพถ่ายที่ได้จากการบิน

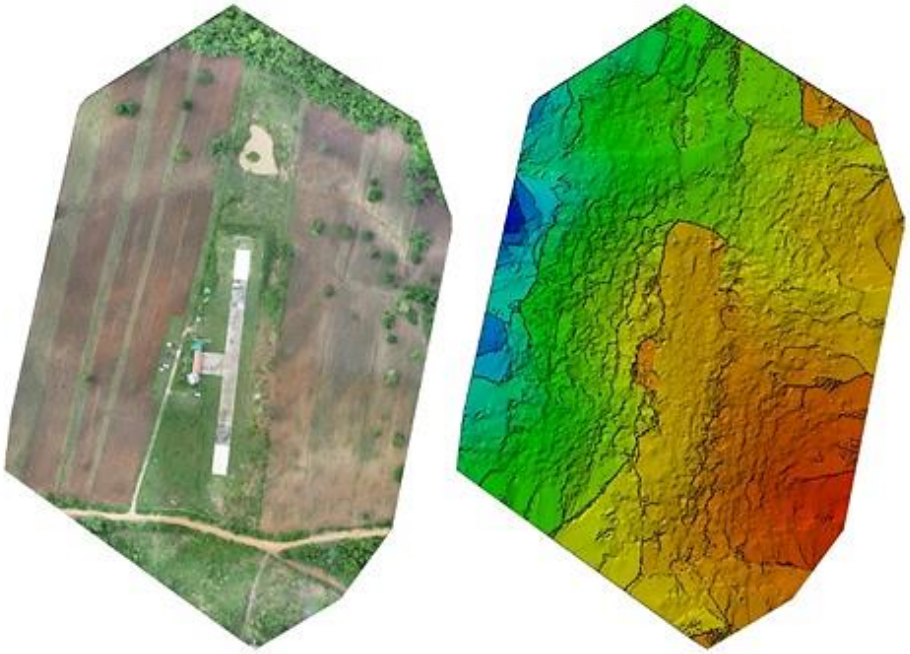
การประมวลผลภาพถ่ายที่ได้จากการบิน คือการนำภาพที่ได้จากการบินถ่าย (Log files) มาทำการต่อภาพ โดยการกำหนดค่าพิกัด (Geo-Referencing) ที่ทราบค่าจากการทำสำรวจแบบวงรอบปิด เพื่อทำการประกอบภาพถ่ายที่มีการกำหนดค่าพิกัดในแนวแกนราบ (X,Y) และในแนวแกนดิ่ง (Z) ของ GCP01 ถึง GCP04 ในการตรึงภาพ

ในการศึกษานี้เราได้ใช้โปรแกรม Pix4D ซึ่งเป็นโปรแกรม Open source โดยนำ Log files มาทำการประมวลผล ดังแสดงใน ภาพที่ 10



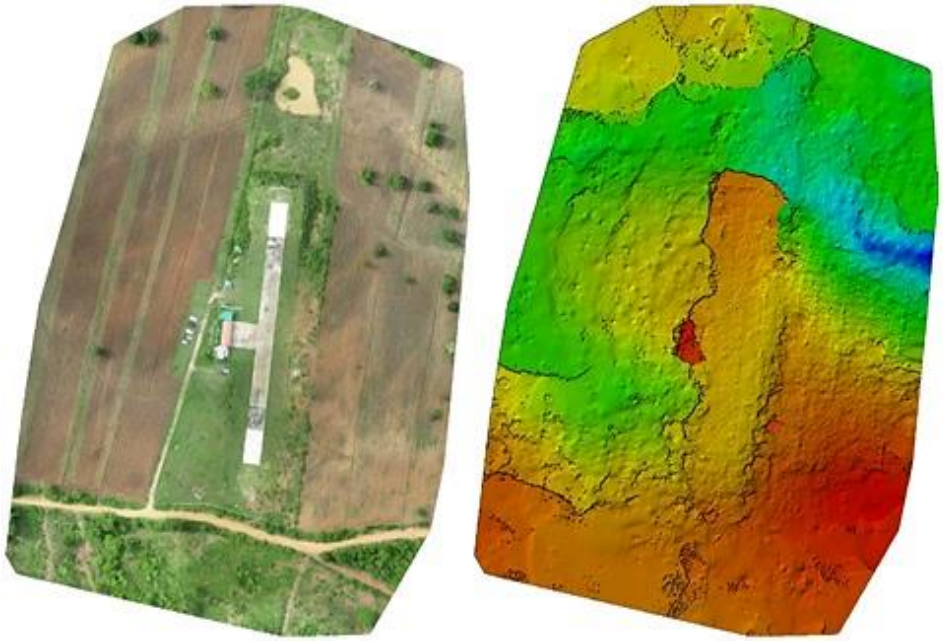
ภาพที่ 10 แสดงการประมวลผลภาพถ่ายในโปรแกรม Pix4D

ซึ่ง Log files จากแนวการบินแบบกริด มีจำนวน 76 ภาพ ในขณะที่ Log files จากแนวการบินแบบธรรมดา มีจำนวน 41 ภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายโดยวิธีการตรึงค่าพิกัด มีสองชนิดด้วยกัน คือ 1) ภาพถ่ายทางอากาศที่ประมวลผลแล้ว (Orthomosaic) และ 2) แบบจำลองพื้นผิวแบบดิจิตอล (Digital Surface Model; DSM) ในกรณีแนวการบินแบบกริดแสดงใน ภาพที่ 11 (ก) และ ภาพที่ 11 (ข) ส่วนแนวการบินแบบธรรมดาแสดงใน ภาพที่ 12 (ก) และ ภาพที่ 12 (ข) ตามลำดับ



(ก) (ข)

ภาพที่ 11 (ก) Orthomosaic (ข) Digital Surface Model (DSM) ของแนวบินแบบกริด



(ก) (ข)

ภาพที่ 12 (ก) Orthomosaic (ข) Digital Surface Model (DSM) ของแนวบินแบบธรรมดา

ผลการดำเนินงาน

ภาพที่ได้จากการบินถ่าย (Log files) จากแนวการบินแบบกริดมีจำนวน 76 ภาพ ในขณะที่ Log files จากแนวการบินแบบธรรมดามีจำนวน 41 ภาพ หลังจากนำไปประมวลผลโดยวิธีตรึงค่าพิกัด (Geo-Referencing) ในโปรแกรม Pix4D จะได้ภาพถ่ายทางอากาศที่ประมวลผลแล้ว (Orthomosaic) พร้อมค่าพิกัดใหม่จากการประมวลผลในแนวแกนราบ (X,Y) และ แบบจำลองพื้นผิวแบบดิจิตอล (Digital Surface Model; DSM) พร้อมค่าพิกัดใหม่จากการประมวลผลในแนวแกนดิ่ง (Z)

ขั้นตอนต่อมาคือการหาค่าความคลาดเคลื่อนของการตรึงค่าพิกัด โดยการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าพิกัดใหม่ได้จากการทำ Geo –Referencing กับค่าพิกัดเดิมจากการทำสำรวจวงรอบปิดของหมุดควบคุม Ground Control Point ทั้งสี่ตัว GCP01 - GCP04 และค่า Root Mean Square Error ; RMSE แยกตามแนวแกน X, Y, Z ดังแสดงรายละเอียดใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าความแตกต่างระหว่างพิกัดเดิมบนหมุด GCP จากการทำสำรวจวงรอบปิด กับค่าพิกัดใหม่ที่ได้จากการทำ Geo –Referencing บนหมุด GCP ของแนวบินแบบธรรมดาและแบบกริด และค่า Root Mean Square Error (RMSE) แยกตามแนวแกน (X,Y,Z)

GCP	แนวการบินแบบธรรมดา			แนวการบินแบบกริด		
	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)	Error X (m)	Error Y (m)	Error Z (m)
GCP01	0.000	0.022	-0.090	-0.005	0.094	-0.163
GCP02	0.107	-0.043	0.094	0.124	-0.088	0.144
GCP03	-0.171	-0.384	-0.457	-0.025	-0.258	-0.188
GCP04	-0.014	0.317	-0.017	-0.151	0.286	0.016
Mean (m)	-0.020	-0.022	-0.11	-0.015	0.009	-0.048
Sigma (m)	0.099	0.249	0.207	0.098	0.203	0.136
RMS Error (m)	0.101	0.250	0.238	0.099	0.203	0.144

สรุป

จากการศึกษานี้เราสามารถพัฒนาเทคนิคการสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้อากาศยานแบบปีกยึด โดยได้กำหนดแนวบินถ่ายไว้สองแบบ คือแบบธรรมดาและแบบกริด และกำหนดสภาพบินถ่ายดังนี้ ระดับความสูง 140 เมตร, ส่วนซ้อนและส่วนเกย 60% , ระยะบนพื้นดิน 3.59 เซนติเมตร/พิกเซล, ความเร็วการบิน 14 เมตร/วินาที, เวลาบิน 6.5 นาที, วางหมุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Point; GCP) จำนวน 4 จุดครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่า ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากแนวบินถ่ายภาพแบบกริด มีค่าความคลาดเคลื่อน Root Mean Square Error ; (RMSE) ของหมุดควบคุม GCP ในแนวแกน X = 0.099 เมตร, Y = 0.203 เมตร, และ Z = 0.144 เมตร ขณะที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากแนวบินถ่ายภาพแบบธรรมดามีความคลาดเคลื่อนสูงกว่า คือ ในแนวแกน X = 0.101 เมตร, Y = 0.250 เมตร, และ Z = 0.238 เมตร

ข้อเสนอแนะและการศึกษาต่อไป

แม้ว่าการสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้อากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึดสามารถทำได้จากการศึกษานี้ แต่อย่างไรก็ตามเป้าหมายหลักของการพัฒนา คือต้องการความถูกต้องของแผนที่ให้อยู่ในเกณฑ์ชั้นงานทางวิศวกรรมสำรวจ ซึ่งการปรับปรุงความถูกต้องดังกล่าวต้องการความรู้หลายด้านและการพัฒนาอีกหลายขั้นตอน

ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ของงานสำรวจ ควรเพิ่มจำนวนจุดพิกัดที่ทราบค่า (Check points) เพื่อใช้การควบคุมความถูกต้องของแผนที่ และควรพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับงานบินถ่ายภาพของตัวเครื่องอากาศยานไร้คนขับแบบปีกยึด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความร่วมมือของคณะทำงานวิจัยและนักศึกษาของสาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.

เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ พรมทอง. 2551. การประเมินความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลผลิตภาพถ่ายออร์โธจากภาพถ่ายทางอากาศ ในสนามทดสอบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

วาสุกรี แช่เตีย, ชวิน กันยาวรารักษ์, ปิยมาลย์ ศรีสมพร และ สุรเจตส์ บุญญาอรุณเนตร. การพัฒนาอากาศยานไร้นักบิน (UAV) เพื่อการสำรวจและจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อติดตามและประเมินสถานการณ์น้ำท่วมในภาคตะวันออกของประเทศไทย ปี 2556, น.2974-2980. ใน **รายการการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19**. ขอนแก่น.

ศรัณยพงศ์ พราหมณ์เสน่ห์ และ กิตติศักดิ์ ศรีกลาง. 2533. การประเมินความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลผลิตภาพออร์โธจากาภาพดาวเทียมธีออส ระดับ 1A ในสนามทดสอบ, น.C2-5 #1-2. ใน **รายงานการประชุมวิชาการ เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ**. กรุงเทพฯ.

Brutto, M. L., Garraffa, A. and Meli, P. 2014. UAV platforms for cultural heritage survey: first results. **ISPRS Annuals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. II(5): 227-234.

Cryderman, C., Bill, S. M. and Shufletoski, A. 2014. Evaluation of UAV photogrammetric accuracy for mapping and earthworks computations. **GEOMATICA**. 68(4): 309-317.

KÜng, O., Strecha, C., Beyeler, A., Zufferey, J-C., Floreano, D., Fua, P. and Gervaix, F. 2011. The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery. **Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci**. XXXVII(1/C22): 125-130.

Meouche, R. E., Hijazi, I., Poncet, P. A., Abunemeh, M. and Rezoug, M. 2016. UAV photogrammetry implementation to enhance land surveying, comparisons and possibilities. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. XLII(2/W2): 107-114.

Udin, W. S. and Ahmad, A. 2014. Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation flying altitude using unmanned aerial vehicle. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**. 18(2014): 1-7.

การสร้างแผนที่และระบบนำทางสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Map Creation and Navigation System for Automation Robotics with Android OS

ศุภชัย มะเดื่อ[1*] สุภาวดี มากอ้น[2] วันประชา นวนสร้อย[3] ศิวดล นวลนภดล[4] ยูซุฟ บุญเหม[5]
และ อลิษา ปิ่นลุข[6]
Suppachai Maduea[1*] Suppawadee Mak-on[2] Wanpracha Nuansoi[3] Sivadol Nuannoppadol[4] Yusuf Boonhem[5]
and Alisa Pinsuk[6]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นระบบนำทางสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติโดยใช้จีพีเอสบนสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อระบุตำแหน่งของตัวหุ่นยนต์ การทำงานของแอพพลิเคชั่นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการสร้างแผนที่กับส่วนของระบบนำทาง สำหรับการสร้างแผนที่จะใช้วิธีการทำ marker บน Google Map APIs และในส่วนของระบบนำทางจะใช้วิธีการโหลดแผนที่ที่ต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ จากนั้นตัวแอพพลิเคชั่นจะทำการตรวจสอบตำแหน่งปัจจุบันของตัวหุ่นยนต์ และทำการคำนวณหาเส้นทางในการเคลื่อน และส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผ่านทางสัญญาณบลูทูธ.

คำสำคัญ : ระบบนำทาง, หุ่นยนต์อัตโนมัติ, จีพีเอส, แผนที่

ABSTRACT

This research is about building navigation system for automated robotics using GPS from Android OS to indicate location of the robot. The application divided into 2 parts - map creation and navigation system. First part, map creation, the application using marker on Google map APIs. Second part, navigation system is loading the map directions for the robot. The application then verify current location of the robot and calculate the route for the robot and then send the route via Bluetooth to control the robot.

Keyword: Navigation, Automation Robotics, GPS, Map

[1,2,3,4,5,6] สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

[1] Department of Computer Engineering., Faculty of Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Tha Chamuang Sub-district, Rattaphum District, Songkhla Province 90180, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : suppachai.m@rmutsv.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์อัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานตามบ้านเรือน การใช้งานในภาคการเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัตินั้นจำเป็นต้องมีระบบในการนำทางเพื่อที่จะให้หุ่นยนต์สามารถเดินทางไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งอุปกรณ์ที่นิยมนำมาใช้ในระบบนำทางของหุ่นยนต์อัตโนมัติในพื้นที่โล่งแจ้งคือ จีพีเอส

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาความสามารถของสมาร์ทโฟนที่มีทั้งอุปกรณ์ จีพีเอส หน่วยประมวลผลกลาง ตัวเชื่อมต่อสัญญาณบลูทูธ ประกอบกับสมาร์ทโฟนเป็นอุปกรณ์ที่มีใช้งานอยู่ทั่วไป ราคาไม่แพง มาประยุกต์ใช้งานโดยการสร้างแอพพลิเคชั่นที่ใช้ในการสร้างแผนที่และระบบนำทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์อัตโนมัติ ซึ่งตัวแอพพลิเคชั่นดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้อีกด้วยเช่น การสร้างแผ่นที่สำหรับสถานที่หรือเส้นทางต่าง ๆที่ยังไม่ได้ระบุไว้ใน Google Map จากนั้นก็ทำการบันทึกแผนที่ แล้วนำแผนที่ดังกล่าวส่งต่อไปยังผู้ที่ต้องการจะเดินทางไปยังสถานที่นั้น ๆได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. Google Maps API เป็นชุด API ของ Google สำหรับพัฒนา web application และ mobile application (Android, iOS)ไว้สำหรับเรียกใช้แผนที่และชุด service ต่าง ๆ ของ Google เพื่อพัฒนา Application ได้เหมือนกับที่ Google โดยแผนที่ยัง features ต่าง ๆ มากมายให้เรียกใช้ เช่น การปรับแต่งแผนที่ (Styled Map) ชุดควบคุมแผนที่ (Map Control) ชุดเครื่องมือวาดภาพบนแผนที่ (Drawing), การนำทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง (Directions Service), การคำนวณความสูงของจุดพิกัด (Elevation Service), การแปลงที่อยู่เป็นพิกัด Lattitude และ Longtitude (GeoCoding Service), การดึงข้อมูล POI (Point of Interest) คือข้อมูลสถานที่ต่าง ๆ ที่ Google รวบรวมไว้ให้ เช่น โรงแรม ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน – สถานที่ราชการต่าง ๆและอื่น ๆ อีกมากมาย (Places API) มาใช้งานใน application, Street View

2. GPS (Global Positioning System) คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ซึ่งทำงานร่วมกับดาวเทียมบอกตำแหน่งทั้งหมด 24 ดวง ดาวเทียมGPS เป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,200 กิโลเมตร จากพื้นผิวโลก โดยที่แนวคิดในการพัฒนาระบบGPS เริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา แล้วในปี ค.ศ. 1960 ก็เริ่มทดสอบใช้งานกันจริง ๆในกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา แต่สาเหตุที่ทำให้เรามี GPS ใช้กันอย่างแพร่หลายจนถึงทุกวันนี้เกิดจากเหตุการณ์ในปี ค.ศ. 1983 ที่เครื่องบินโคเรียนแอร์ไลน์ เที่ยวบินที่ 007 ของเกาหลีใต้บินพลัดหลงเข้าไปในน่านฟ้าของสหภาพโซเวียต และถูกยิงตก ผู้โดยสาร 269 คนเสียชีวิตทั้งหมด ประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกนได้ประกาศว่า เมื่อพัฒนาระบบจีพีเอสแล้วเสร็จ จะอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปใช้งานได้ ทำให้ GPS ได้ถูกพัฒนาในเชิงพาณิชย์นอกจากที่จะใช้ในการทหารเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. GPS-based Navigated Autonomous Robot [1] ของ Mohammed Z. Al-Faiz, Ghufran E. Mahameda ทำการศึกษาขั้นตอนการค้นหาเส้นทางโดยใช้อัลกอริทึม ระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังเป้าหมายโดยใช้ภาพถ่ายทางดาวเทียม ซึ่งเส้นทางที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางที่สภาพแวดล้อมโล่ง แจ้ง ระบบจะระบุจุดตำแหน่งพิกัดของเส้นทางนั้นไว้และส่งไปยังหุ่นยนต์อัตโนมัติผ่าน Wi-Fi หุ่นยนต์จะใช้มือถือที่มีระบบ GPS และเข็มทิศดิจิตอล เพื่อระบุพิกัดตำแหน่งและทิศทางเพื่อใช้ในการนำทาง จะใช้ตัวเซ็นเซอร์ IR เพื่อตรวจสอบและหลีกเลี่ยงอุปสรรคสิ่งกีดขวางต่าง ๆ บนเส้นทางและจะใช้ตัวควบคุม PID เพื่อควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์และให้หุ่นยนต์เดินได้ตรงไปตามเส้นทางที่ระบุไว้ จากการทดลองเมื่อไม่ใช้ตัวควบคุม PID ความเบี่ยงเบนที่หุ่นยนต์ออกนอกเส้นทางมากกว่า 2 เมตร จากเส้นทางที่กำหนด แต่เมื่อใช้ตัวควบคุม PID สามรถลดความเบี่ยงเบนได้น้อยลงกว่า 1 เมตร ในส่วนนี้จะชดเชยข้อผิดพลาดที่เกิดกับความแม่นยำของระบบ GPS

2. GPS Based Navigation of an Autonomous Mobile Vehicle[2] ของ Harald Loose Marcin Zasepa, Przemyslaw Pierzchala, Robert Ritter สร้างระบบนำทางอัตโนมัติให้กับหุ่นยนต์ในราคาถูกโดยใช้ระบบจีพีเอส เซ็นเซอร์อัลตร้าโซนิก เซ็นเซอร์อินฟราเรด โดยจีพีเอสจะค้นหาแผนที่โดยใช้การคำนวณเส้นทางผ่าน PDA และส่งสัญญาณไปยังหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ได้ระบุไว้ โดยหุ่นยนต์จะปฏิบัติงานสำเร็จนั้นหุ่นยนต์จะต้องทราบว่าจุดเริ่มต้นคือที่ไหน และที่ที่มันจะไปคือจุดใดใช้เวลาในการเดินทางเท่าไร สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวให้หลีกเลี่ยงการปะทะระหว่างสิ่งกีดขวางได้ และยังสามารถเปรียบเทียบระหว่างแผนที่ที่เขียนขึ้นกับแผนที่ของ Google map เพื่อเพิ่มความแม่นยำยิ่งขึ้น

3. High Precision GPS Guidance of Mobile Robots[3] ของ Richard Willgoss สร้างระบบนำทางสำหรับหุ่นยนต์อัตโนมัติบนมือถือโดยใช้ระบบ GPS ในการค้นหาสถานที่ ตำแหน่ง ที่ระบุไว้เพื่อขนส่งสินค้าทางการเกษตรไปวางยังตำแหน่งนั้นได้ถูกต้อง จะใช้ DGPS ที่สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างถูกต้องภายในหนึ่งเมตร มีค่าความผิดพลาด แค่ ±5 ซ.ม. จากการทดลองโดยการสร้างแผนที่เป็นรูปตั้งฉากระหว่างจุด A ไปยังจุด B เพื่อทดสอบว่าหุ่นยนต์สามารถเลี้ยวไปยังจุดที่กำหนดได้หรือไม่เมื่อเจอเส้นทางที่ตั้งฉาก สรุปผลการทดลอง หุ่นยนต์สามารถเดินทางไปยังตำแหน่งที่วางไว้ได้อย่างแม่นยำ

4. Intelligent Outdoor Navigation of a Mobile Robot Platform Using a Low Cost High Precision RTK-GPS and Obstacle Avoidance System[4] ของ Prof. Dr. -Ing. Klaus-Dieter Kuhnert สร้างแผนที่ทางดาวเทียมและเส้นทางเดินให้กับหุ่นยนต์แบบออฟไลน์ใช้ RTK GPS โดยจะให้ผู้ใช้งานระบุจุดตำแหน่งเริ่มต้นและจุดตำแหน่งสุดท้ายเพื่อสร้างเส้นทางเดินให้กับหุ่นยนต์ ในขั้นตอนนี้ระบบจะใช้ข้อมูล IMUในการคำนวณ มุม ตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งที่มันจะไปโดยอัตโนมัติ และใช้ตัวเซ็นเซอร์สแกนที่ติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์เพื่อตรวจสอบสิ่งกีดขวางบนทางเดินเพื่อหลบหลีกและกลับเข้าสู่เส้นทางเดิม

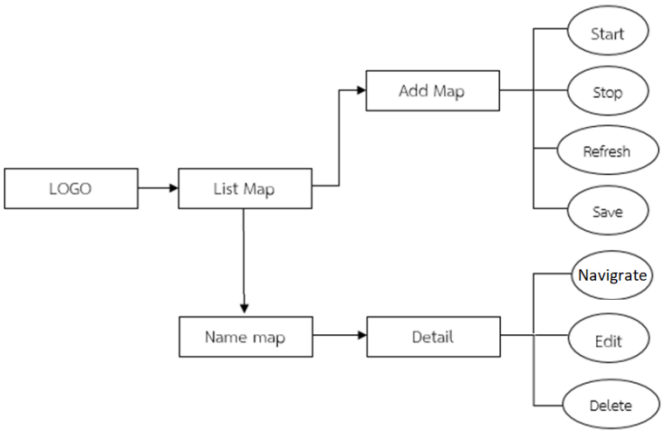
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.1 ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น Android Studio version 2.3.3

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ สมาร์ทโฟนบนระบบปฏิบัติการ Android 6.0

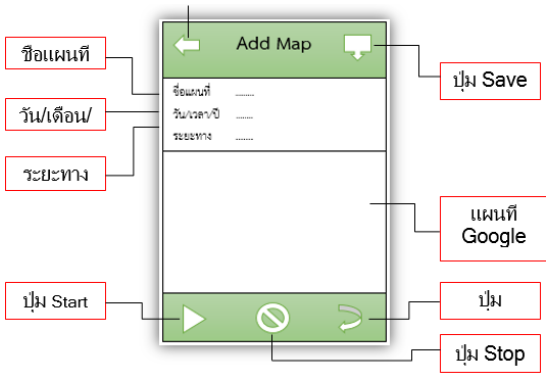
การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในการออกแบบการทำงานของแอพพลิเคชั่นนั้นการทำงานของแอพพลิเคชั่นเริ่มต้นจากหน้าแรกจะแสดงโลโก้ของแอพพลิเคชั่นประมาณ 3 วินาที หลังจากนั้นจะนำพาไปยังหน้า List Map ซึ่งจะประกอบไปด้วยรายชื่อของแผนที่ ๆ ได้ทำการบันทึกไว้และปุ่มเพิ่มแผนที่ ดังแสดงในภาพที่ 1



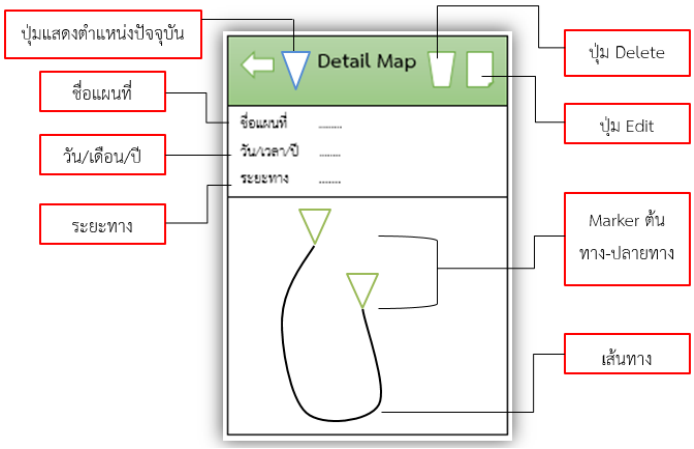
ภาพที่ 1 แผนภาพการออกแบบการทำงานของแอพพลิเคชัน

เมื่อคลิกปุ่มเพิ่มแผนที่ แอพพลิเคชั่นจะนำพาไปยังหน้า **Add Map** ในหน้า **Add Map** จะประกอบไปด้วย แถบแสดงชื่อของแผนที่ แถบแสดงเวลา(จะดึงเวลาปัจจุบันของโทรศัพท์มาแสดง) แถบแสดงระยะทาง **Fragment** ที่ทำหน้าที่แสดงแผนที่ ปุ่ม **Start**(เริ่ม) เมื่อคลิกปุ่ม **Start** ตัวแอพพลิเคชั่นจะทำการเพิ่ม **Marker** ณ ตำแหน่งปัจจุบันทุก ๆ **3** วินาที (**Mark** เมื่อมีการเคลื่อนไหวเท่านั้น จะไม่ **Mark** ในตำแหน่งเดิม) ปุ่ม **Stop** (หยุด) เมื่อกดระบบจะทำการหยุดใช้งาน **GPS** และทำการคำนวณหาระยะทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย ปุ่ม **Refresh** (หาตำแหน่งปัจจุบัน) จะย้ายหน้าจอไปยังตำแหน่งปัจจุบัน ปุ่ม **Save** (บันทึก) ระบบจะบันทึกพิกัดลงฐานข้อมูลและนำไปแสดงในหน้า **List Map** ดังแสดงในภาพที่ **2**



ภาพที่ 2 การออกแบบการหน้า Add Map

เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกแผนที่ในหน้า List Map ระบบจะแสดงแผนที่ พร้อมทั้งรายละเอียดที่ได้บันทึกไว้ ซึ่งในหน้านี้ผู้ใช้สามารถทำการลบและแก้ไขได้ พร้อมทั้งให้แอพพลิเคชั่นนำทางการเคลื่อนที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



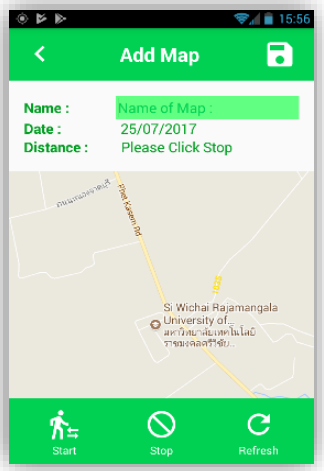
ภาพที่ 3 การออกแบบการหน้า Detail Map

ผลการทดลอง

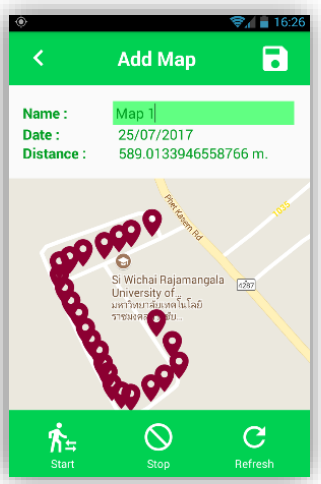
ผลการทดลองการสร้างแผนที่

การทดลองในหน้า Add Map ในหน้านี้จะเป็นส่วนของการสร้างแผนที่ซึ่งประกอบไปด้วย แถบแสดงชื่อของแผนที่ (ให้กรอกลงไป), วันเดือนปี (ดึงค่าปัจจุบันจากโทรศัพท์), ระยะทาง (จะคำนวณเมื่อคลิก Stop) เมื่อทำการกรอกชื่อของแผนที่แล้ว ให้คลิกปุ่ม Refresh หนึ่งครั้งเพื่อทำการย้ายหน้าจอมายังตำแหน่งปัจจุบันดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากนั้นให้คลิกปุ่ม Start เพื่อเริ่มสร้างแผนที่ระบบจะดึง Location ทุกสามวินาที หากมีการเคลื่อนไหว ระบบจะทำการ Marker ในตำแหน่ง

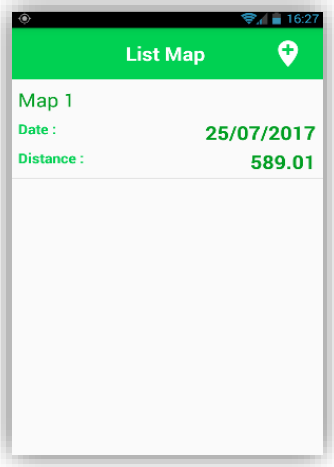
นั้น และระบบจะไม่ทำการ Marker ในตำแหน่งเดิม(เมื่อหยุดอยู่กับที่จะไม่มีการ Marker) เมื่อถึงจุดหมายปลายทางที่ต้องการแล้ว ให้คลิกปุ่ม Stop เพื่อหยุดการดึง Location และคำนวณระยะทางทั้งหมดดังแสดงในภาพที่ 4.2 หากต้องการเก็บแผนที่ไว้ ให้ กดปุ่ม Save ระบบจะบันทึกและนำไปแสดงรายชื่อแผนที่ทั้งหมดที่ได้ทำการบันทึกไว้ในหน้า List Map ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และเมื่อผู้ใช้ทำการคลิกเลือกแผนที่ ๆ ได้ทำการบันทึกไว้แล้ว ตัวแอพพลิเคชั่นก็จะทำการแสดงรายละเอียดของแผนที่นั้นขึ้นมาดังแสดงในภาพที่ 4.4 ซึ่งผู้ใช้สามารถเลือกให้ตัวแอพพลิเคชั่นทำการนำทางได้



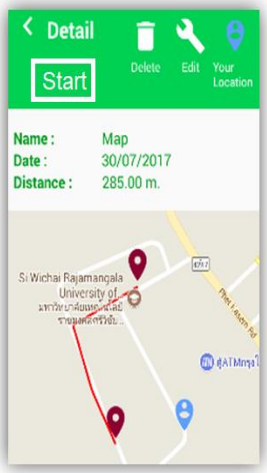
4.1 หน้า Add Map



4.2 การวาดเส้นทางด้วย Maker



4.3 รายชื่อแผนที่ ๆ ได้บันทึกไว้



4.4 รายละเอียดของแผนที่

ภาพที่ 4 ผลลัพธ์การทำงานแอพพลิเคชัน

ผลการทดลองระบบนำทาง

ในส่วนของการนำทางจะเริ่มต้นการการเลือกแผนที่ในหน้า List Map ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จากนั้นตัวระบบจะทำการดึงข้อมูลแผนที่ที่บันทึกไว้มาแสดงรายละเอียดของเส้นทาง พร้อมทั้งตำแหน่งปัจจุบันของหุ่นยนต์ดังแสดงในรูปที่ 4.4 เมื่อต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ ก็ทำการกดปุ่ม Start ระบบก็จะทำการคำนวณทิศทางในการเคลื่อนที่โดยการเทียบตำแหน่งปัจจุบันกับ Fragment เริ่มต้นในแผนที่ เมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ถึงจุด Fragment ใด ๆ ระบบก็จะทำการคำนวณทิศทางจากตำแหน่งปัจจุบันไปยังตำแหน่ง Fragment ถัดไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุดเส้นทาง โดยในแต่ละครั้งที่ทำการคำนวณเส้นทาง จะทำการส่งผลลัพธ์ที่ได้ไปควบคุมหุ่นยนต์อัตโนมัติผ่านทางสัญญาณบลูทูธ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าตัวแอพพลิเคชั่น สามารถสร้างแผ่นที่ได้อย่างถูกต้อง และแผนที่ ๆ สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานในด้านอื่นได้ เช่น การสร้างแผ่นที่สำหรับสถานที่หรือเส้นทางที่ยังไม่มีการระบุไว้ในGoogle map ซึ่งแอพพลิเคชันอันนี้สามารถใช้ในการนำทางไปได้ ในการวิจัยนี้ยังไม่ได้มีการทดลองนำไปใช้กับหุ่นยนต์จริง ซึ่งถ้าหากต้องการนำไปใช้กับหุ่นยนต์จริงผู้วิจัยเล็งเห็นว่าแอพพลิเคชันนี้ ยังคงมีปัญหาในเรื่องความแม่นยำของจีพีเอส ซึ่งจากการทดลองอ่านค่าจีพีเอสที่จุดเดียวกันในช่วงวันและเวลาที่แตกต่างกันพบว่า จีพีเอสยังคงมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ประมาณ 2- 5 เมตร ดังนั้นในการนำแอพพลิเคชั่นไปประยุกต์ใช้งานกับหุ่นยนต์อัตโนมัติจริงจำเป็นต้องมีระบบอย่างอื่นเข้าร่วมด้วยเช่น ระบบเซนเซอร์ตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Moharm Z. AI –Faiz, Ghufran E. Mahameda “GPS-based Navigated Autonomous Robot”, International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Volume3, No.4, April 2015.

Harald Loose, Marcin Zasepa, Przemyslaw Pierzchala, Robert Ritter “GPS Based Navigation of an Autonomous Mobile Vehicle” Solid State Phenomena, Trans Tech Publication, Switzerland, SSP.147 – 149.55.

Richard Willgoss, Vivian Rosenfeld “High Precision GPS Guidance of Mobile Robots” Intelligent Agents Research Group UNSW, Sydney 2052, NSW, Australia.

Prof. Dr. –Ing. Klaus-Dieter Kuhnert, Dipl.-Inform. Klaus Muller “Intelligent Outdoor Navigation of a Mobile Robot Platform Using a Low Cost High Precision RTK-GPS and Obstacle Avoidance System” Charan Ram Akupati, Matrikel Nr 1059977.

เครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดแบบอัตโนมัติ

Automatic Packing Machine for Seed Type of Agricultural Products

สราวุฒิ รักชู[1] และ คณิศร บุญรัตน์[1*]

Sarawut Rakchoo[1] and Kanitsorn Boonrat[1*]

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการออกแบบสร้างเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดแบบอัตโนมัติ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความเป็นมาตรฐานในการบรรจุผลิตผลทางการเกษตรและเพื่อให้ผู้จำหน่ายและผู้บริโภคได้ปริมาณสินค้าถูกต้องตามที่ต้องการ ทำการออกแบบโดยสร้างเป็นไซโลสำหรับบรรจุผลิตผล ใช้กลไกไฟฟ้าในการบรรจุผลิตผลลงบรรจุภัณฑ์ ใช้โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจในการตรวจจับน้ำหนักและควบคุมให้ทำงานแบบอัตโนมัติโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ การทดสอบใช้ผลิตผลทางการเกษตรที่มีลักษณะเป็นเมล็ด 4 ชนิด คือ ข้าวสาร ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลืองซีก ซึ่งกำหนดช่วงน้ำหนักทดสอบที่ 1,000 - 10,000 กรัม โดยเทียบกับเครื่องชั่งมาตรฐาน ผลที่ได้คือ เครื่องบรรจุผลผลิตทางการเกษตรชนิดเมล็ดแบบอัตโนมัติที่ออกแบบสร้างสามารถโปรแกรมกำหนดน้ำหนักสำหรับการบรรจุแต่ละครั้งได้ โดยน้ำหนักที่ได้จากการบรรจุของเครื่องมีค่าผิดพลาดสูงสุดเพียง 0.77% อีกทั้งยังสามารถโปรแกรมให้คำนวณราคาสุทธิของสินค้าได้ตามที่ผู้ใช้งานต้องการ

คำสำคัญ : เครื่องบรรจุ , ผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด , สเตรนเกจ

---

[1] สาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

[1] Department of Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya , Mai Fad Sub-district, Sikao District, Trang 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sorn.supit@hotmail.com

ABSTRACT

This paper presents the design of an automatic packing machine for seed type of agricultural products The objective is to create a standard for packaging of agricultural products and to provide the suppliers and consumers with the required quantity of goods. Silo was designed for packaging agricultural products. Electrical mechanism was used to release the product into the package. Strain gauge load cell was used to weight control and automatic control by a microcontroller board. Four types of agricultural products, rice seed, green beans, red beans and soybean meal were used to test. Weight ranges from 1,000 to 10,000g with standard scales were tested. The result showed that an automatic packing machine can be programmed to weigh each batch by weight, with a maximum error of 0.77%. The net price of the product was calculated as required by the user.

Keywords : automatic packing machine **,** seed type of agricultural products **,** strain gauge

บทนำ

รัฐบาลภายใต้การนำของ พลเอกประยุทธ์ จันทร์โอชา มีนโยบายส่งเสริมประเทศไทยสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ด้วยกัน 5 กลุ่มเทคโนโลยี โดยในที่นี้กลุ่มที่ 1 คือ เกษตรและอาหาร ใช้เทคโนโลยีชีวภาพ มีวิสัยทัศน์เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของผลิตผลการเกษตรและอาหารระดับพรีเมียม เป็นผู้ส่งออกเทคโนโลยีด้านการเกษตร เมล็ดพันธุ์ วัคซีน สร้างฐานเศรษฐกิจที่มั่นคงจากความหลากหลายทาง ชีวภาพและเทคโนโลยีชีวภาพที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยปัจจุบันคนไทยมักจะได้ยินคำว่าสมาร์ทฟาร์มเมอร์ (Smart Farmer) ซึ่งมีจุดเริ่มต้นมาจากแนวคิดที่ต้องการให้คนไทยมีความรอบรู้หรือทำอาชีพด้านเกษตรกรรม มีความภูมิใจในวิชาชีพ และเมื่อกาลเวลาผันเปลี่ยนเข้าสู่ยุคดิจิตอล การทำเกษตรกรรมจึงอาจดูเหมือนเป็นอาชีพที่หลายคนมองข้ามหรือขาดความภูมิใจ เพราะดูเก่าเกินยุคสมัย แต่จริงๆ แล้วเกษตรกรไทยสามารถปรับเปลี่ยนให้เป็นเกษตรกรแห่งยุคสมัยใหม่ได้ ด้วยการสนับสนุนของภาครัฐตามแนวคิดของสมาร์ทฟาร์มเมอร์ โดยครอบคลุมด้านความรู้ในการเกษตร สามารถบริหารจัดการ ทั้งการผลิต การตลาด รวมถึงวิเคราะห์ความเชื่อมโยงโดยคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค สังคม รวมถึงสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ในสมาร์ทฟาร์มเมอร์ส่วนใหญ่จะมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ ไปใช้งานร่วมกับภาคการเกษตร ไม่ว่าจะเป็นการนำอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ มาตรวจจับหรือควบคุมหรือมีการส่งค่าการแสดงผลต่างๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งล้วนแต่เป็น การนำความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์นั่นเอง

เทคโนโลยีดิจิตอลถือเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยและมีบทบาทสำคัญในกระบวนการผลิตของภาคอุตสาหกรรม เครื่องชั่งแบบดิจิตอลก็ถือเป็นเครื่องมือสำคัญเมื่อต้องการทราบน้ำหนักของวัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์นั้นๆ เนื่องจากเทคโนโลยีดิจิตอลนั้นมีความสะดวกต่อการใช้งานและมีความแม่นยำสูง [3] ซึ่งกรมการค้าภายในเองก็มียุทธศาสตร์ในการดำเนินการสำหรับยกระดับมาตรฐานการชั่งตวงวัดไทยสู่มาตรฐานสากล โดยยุทธศาสตร์ที่ 4 ในกลยุทธ์ที่ 4.1 เป็นการยกระดับและพัฒนามาตรฐานการชั่งตวงวัดของประเทศไทย ให้ทันสมัย สอดคล้องกับมาตรฐานชั่งตวงวัดในระดับสากล [4] ทำให้เครื่องมือชั่งตวงวัดในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงจากอนาล็อกไปสู่ดิจิตอลเกือบทั้งสิ้น ในเครื่องชั่งแบบดิจิตอลจะมีโหลดเซลล์เป็นองค์ประกอบหลักที่ทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ซึ่งมีหลักการทำงานโดยการอาศัยการ

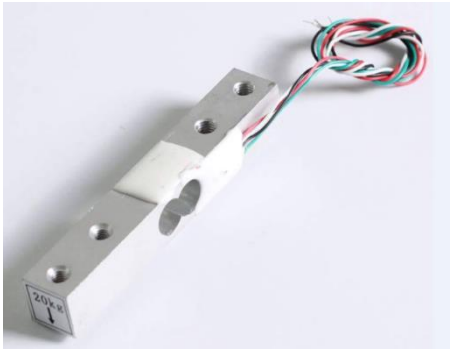
เปลี่ยนแปลงของความเครียดของโหลดเซลล์ที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักชั่ง สเตรนเกจ และวงจรวีตสโตนบริดจ์ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงความเครียดเป็นค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งโหลดเซลล์สามารถนำมาประยุกต์ ใช้ได้กับเครื่องชั่งสำหรับชั่งวัตถุที่มีน้ำหนักเบาไปจนถึงชั่งวัตถุที่มีน้ำหนักมากได้

ปัจจุบันการสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคหรือกลุ่มลูกค้าในธุรกิจหรือกิจการใดที่เกี่ยวข้องกับการชั่ง การตวง การวัด เช่น การบรรจุสินค้าใส่บรรจุภัณฑ์ต่างๆ ก็ต้องการความเที่ยงตรงและแม่นยำของปริมาณและน้ำหนักสินค้าเพื่อให้ผู้บริโภคหรือลูกค้ามีความเชื่อถือได้นั้นต้องได้มาจากเครื่องมือที่ได้มาตรฐาน มีการแสดงผลเป็นตัวเลขหรือดิจิตอล การชั่งสินค้าหรือผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด เช่น ข้าวสาร ข้าวเปลือก เมล็ดธัญพืชชนิดต่างๆ ปัจจุบันมีการชั่งโดยการประมาณหรือทำการชั่งบนเครื่องชั่งแบบอนาล็อก ซึ่งอาจมีความผิดพลาดจากของเครื่องชั่งในระดับเดียวกับสายตา หรือใช้เครื่องชั่งเก่าที่ไม่มีความถูกต้องจากการล้าของเครื่องชั่ง ซึ่งอาจทำให้กลุ่มลูกค้าหรือผู้บริโภคหรือแม้แต่ผู้ขายได้น้ำหนักสินค้าไม่ถูกต้อง จากปัญหาดังกล่าว บทความนี้จึงเสนอเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ มีความถูกต้องเชื่อถือได้เพื่อนำเทคโนโลยีมาปรับใช้กับภาคเกษตรกรรมในยุคไทยแลนด์ 4.0

ทฤษฎีเบื้องต้น

โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ คือ เซ็นเซอร์ (Sensor) สำหรับตรวจวัดน้ำหนัก แรงกระทำทางกล หรือปริมาณของ Load ที่ต้องการทราบค่า อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งถูกสร้างมาจาก Strain Gauge ที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวีทสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) โดยสามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โหลดเซลล์สามารถนำไปประยุกต์ในเครื่องชั่งตวงวัดในอุตสาหกรรมได้ เช่น วัดแรงกด หรือใช้ทดสอบวัสดุเช่นการทดสอบแรงดึง การทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน การทดสอบการเข้ารูปชิ้นงาน ใช้สำหรับงานทางด้านวัสดุ โลหะ ทดสอบโลหะ ชิ้นส่วนรถยนต์ วิศวกรรมโยธา ทดสอบคอนกรีต ทดสอบไม้ ฯลฯ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากงานภาคอุตสาหกรรมตัวอย่างโหลดเซลล์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โหลดเซลล์พิกัด 20 กิโลกรัม

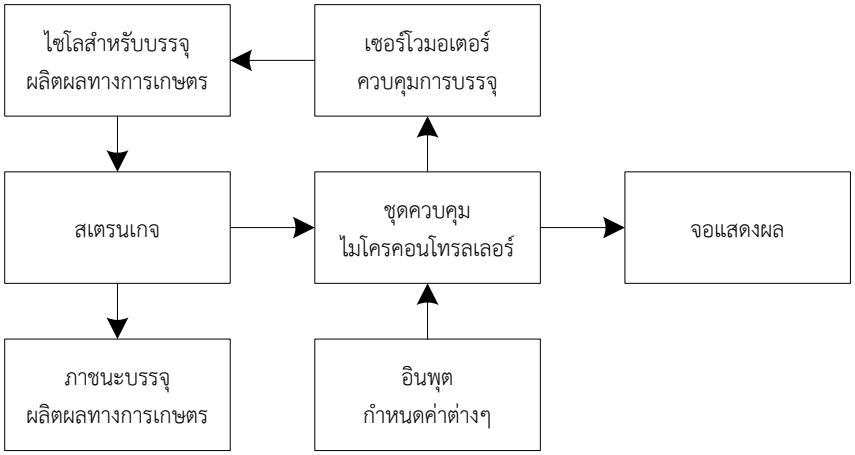
โหลดเซลล์มีหลากหลายประเภท แต่ละประเภทมีการออกแบบสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกประเภทของโหลดเซลล์จึงมีความสำคัญ เพราะหากเลือกใช้งานผิดประเภท อาจจะทำให้ทั้งงานและอุปกรณ์โหลดเซลล์เสียหายได้ วิธีการออกแบบที่ดีสำหรับเครื่องชั่งแบบดิจิตอลโดยใช้โหลดเซลล์ คือการเลือกขนาดพิกัดของโหลดเซลล์ให้ถูกต้อง ถ้าเลือกพิกัดน้อยเกินไปเมื่อมีน้ำหนักเกินจะสร้างความเสียหายแก่โหลดเซลล์ได้ และถ้าเลือกพิกัดมากเกินไปก็จะทำ

ให้ความละเอียดในการชั่งน้อยลง และค่าน้ำหนักมีผิดพลาดสูงขึ้น ดังนั้นในการออกแบบติดตั้งโหลดเซลล์จึงควรศึกษาข้อมูลของโหลดเซลล์อย่างละเอียดเพื่อที่จะได้เลือกใช้งานโหลดเซลล์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

หลักการทำงานเบื้องต้น

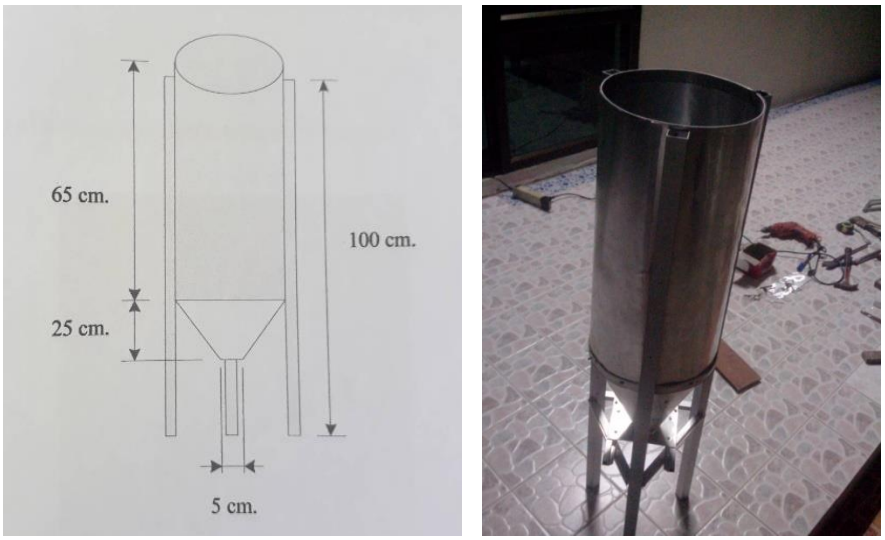
การออกแบบสร้างเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตร มุ่งเน้นให้ใช้กับผลิตผลทางการเกษตรที่เป็นเมล็ดเท่านั้น โดยมีองค์ประกอบโครงสร้างคือ 1) ไซโลสำหรับบรรจุผลิตผลทางการเกษตร 2) โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจ 3) ภาชนะสำหรับบรรจุผลิตผลทางการเกษตร 4) ชุดควบคุมไมโครคอลโทรลเลอร์ 5) เซอร์โวมอเตอร์สำหรับควบคุมการบรรจุ 7) ชุดป้อนอินพุตเพื่อกำหนดค่าต่างๆ 8) จอแสดงผล ออกแบบสร้างเป็นไซโล (Silo) สำหรับบรรจุผลผลิตทางการเกษตรชนิดเมล็ด ใช้โหลดเซลล์แบบสเตรนเกจเป็นเซ็นเซอร์ตรวจจับน้ำหนักของผลิตผลที่ปล่อยออกมาจากไซโลซึ่งถูกควบคุมการปล่อยผลิตผลโดยเซอร์โวมอเตอร์ ค่าแรงดันที่ได้จากสเตรนเกจจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักกดของผลิตผลที่ออกมาจากไซโล และถูกขยายสัญญาณโดยวงจรขยายแรงดันเพื่อป้อนเข้าสู่บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ บอร์ดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับสัญญาณจากโหลดเซลล์และชุดอินพุตกำหนดค่าต่างๆ เพื่อประมวลผลและสั่งงานเซอร์โวมอเตอร์ พร้อมทั้งแสดงผลในหน้าจอแสดงผล ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดแสดงในภาพที่ 2



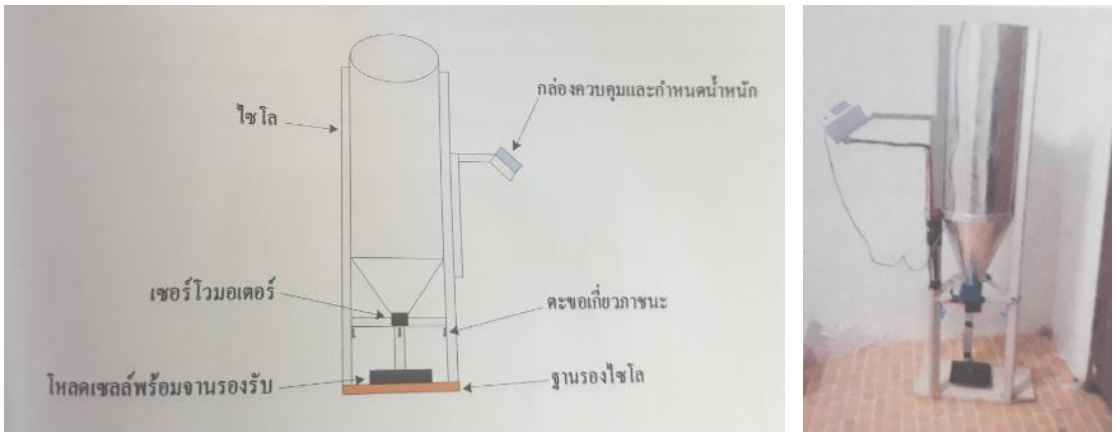
ภาพที่ 2 ไดอะแกรมการทำงานของเครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด

การออกแบบโครงสร้าง

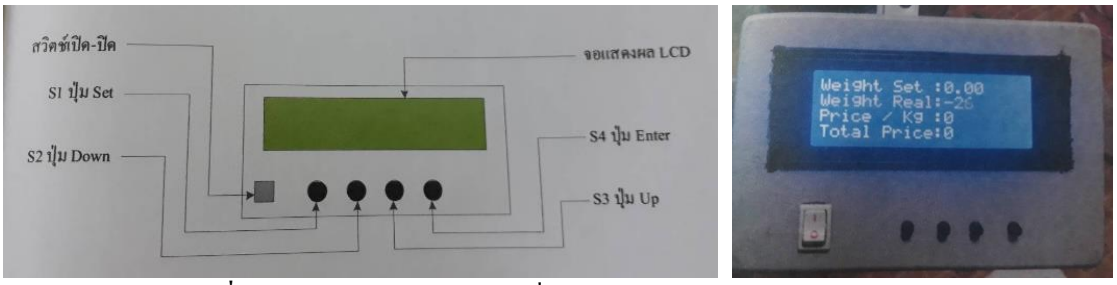
โครงสร้างของไซโล (Silo) บรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด ทำการออกแบบให้มีลักษณะทรงกระบอกกรวยที่ขนาดบรรจุไม่น้อยกว่า 15 กิโลกรัม โดยใช้วัสดุอลูมีเนียมและกำหนดให้มีมิติต่างๆ ของไซโลและองค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดแสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 มิติต่างๆ ของไซโลสำหรับบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด



ภาพที่ 4 องค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด



ภาพที่ 5 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด

เมื่อประกอบชิ้นส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันแล้ว ก็ติดตั้งชุดควบคุมดังแสดงในภาพที่ 5 และทำการปรับค่าต่างๆ ของเครื่องบรรจุอัตโนมัติ (Calibrate) ให้ได้น้ำหนักตามมาตรฐาน โดยการนำเครื่องชั่งมาตรฐานแบบดิจิตอลมาชั่งน้ำหนักเพื่อเปรียบเทียบน้ำหนักที่ชั่งได้ขนาด 1,000 กรัม เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องบรรจุที่ออกแบบสร้างกับเครื่องชั่งมาตรฐานมีความใกล้เคียงกันและให้สามารถมั่นใจได้ว่าน้ำหนักที่ได้มีมาตรฐานเดียวกัน

การทดสอบ

การทดสอบการทำงาน ของเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดจะทำการทดสอบโดยเลือกผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด 4 ชนิด เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ได้แก่ ข้าวสาร ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลืองซีก ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยกำหนดน้ำหนักในการทดสอบในช่วง 1,000-10,000 กรัม



ก) ข้าวสาร



ข) ถั่วเขียว



ค) ถั่วแดง



ง) ถั่วเหลืองซีก

ภาพที่ 6 ผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดสอบ

การทดสอบการทำงานของเครื่องบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด ทำการทดสอบโดยเลือกผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด 4 ชนิด มาทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่อง ได้แก่ ข้าวสาร ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลืองซีก โดยกำหนดน้ำหนักในการทดสอบในช่วง 1,000-10,000 กรัม ผลการทดสอบเป็นดังแสดงในตารางที่ 1 – ตารางที่ 4

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของข้าวสารโดยใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติ

ลำดับที่	น้ำหนัก (กรัม)	เครื่องชั่งมาตรฐาน (กรัม)	เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (กรัม)				ค่าความผิดพลาด (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	1,000	1,000	1001	1002	1002	1001.67	0.17
2	2,000	2,000	2003	2002	2001	2002.00	0.10
3	3,000	3,000	3002	3003	3002	3002.33	0.08
4	4,000	4,000	4003	4002	4002	4002.33	0.06
5	5,000	5,000	5003	5002	5003	5002.67	0.05
6	6,000	6,000	6002	6002	6003	6002.33	0.04
7	7,000	7,000	7003	7003	7002	7002.67	0.04
8	8,000	8,000	8002	8003	8003	8002.67	0.03
9	9,000	9,000	9002	9002	9003	9002.33	0.03
10	10,000	10,000	10004	10003	10003	10003.33	0.03

จากผลผลการทดสอบในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของข้าวสาร ทำการทดสอบโดยกำหนดน้ำหนักตั้งแต่ 1,000 – 10,000 กรัม จำนวน 3 ครั้ง พบว่าการบรรจุน้ำหนักของข้าวสารแต่ละครั้งมีค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 0.17% ที่น้ำหนัก 1,000 กรัม

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วเขียวโดยใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติ

ลำดับที่	น้ำหนัก (กรัม)	เครื่องชั่งมาตรฐาน (กรัม)	เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (กรัม)				ค่าความผิดพลาด (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	1,000	1,000	1,004	1,006	1,003	1,004.33	0.43
2	2,000	2,000	2,007	2,004	2,005	2,005.33	0.27
3	3,000	3,000	3,006	3,009	3,006	3,007.00	0.23
4	4,000	4,000	4,007	4,010	4,003	4,006.67	0.17
5	5,000	5,000	5,008	5,006	5,008	5,007.33	0.15

6	6,000	6,000	6,003	6,009	6,006	6,006.00	0.10
7	7,000	7,000	7,006	7,004	7,005	7,005.00	0.07
8	8,000	8,000	8,005	8,004	8,005	8,004.67	0.06
9	9,000	9,000	9,005	9,006	9,005	9,005.33	0.06
10	10,000	10,000	10,004	10,007	10,006	10,005.67	0.06

จากผลผลการทดสอบในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วเขียว ทำการทดสอบ โดยกำหนดน้ำหนักตั้งแต่ 1,000 – 10,000 กรัม จำนวน 3 ครั้ง พบว่าการบรรจุน้ำหนักของถั่วเขียวแต่ละครั้งมีค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 0.43% ที่น้ำหนัก 1,000 กรัม

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วแดงโดยใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติ

ลำดับที่	น้ำหนัก (กรัม)	เครื่องชั่งมาตรฐาน (กรัม)	เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (กรัม)				ค่าความผิดพลาด (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	1,000	1,000	1,009	1,008	1,006	1,007.67	0.77
2	2,000	2,000	2,008	2,007	2,008	2,007.67	0.38
3	3,000	3,000	3,010	3,009	3,008	3,009.00	0.30
4	4,000	4,000	4,008	4,007	4,010	4,008.33	0.21
5	5,000	5,000	5,009	5,007	5,008	5,008.00	0.16
6	6,000	6,000	6,007	6,006	6,009	6,007.33	0.12
7	7,000	7,000	7,008	7,009	7,009	7,008.67	0.12
8	8,000	8,000	8,010	8,007	8,009	8,008.67	0.11
9	9,000	9,000	9,009	9,011	9,008	9,009.33	0.10
10	10,000	10,000	10,008	10,009	10,008	10,008.33	0.08

จากผลผลการทดสอบในตารางที่ 3 ซึ่งเป็นผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วแดง ทำการทดสอบโดยกำหนดน้ำหนักตั้งแต่ 1,000 – 10,000 กรัม จำนวน 3 ครั้ง พบว่าการบรรจุน้ำหนักของถั่วแดงแต่ละครั้งมีค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 0.77% ที่น้ำหนัก 1,000 กรัม

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วเหลืองซีกโดยใช้เครื่องบรรจุอัตโนมัติ

ลำดับที่	น้ำหนัก (กรัม)	เครื่องชั่งมาตรฐาน (กรัม)	เครื่องบรรจุอัตโนมัติ (กรัม)				ค่าความผิดพลาด (%)
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
1	1,000	1,000	1,005	1,004	1,006	1,005.00	0.50
2	2,000	2,000	2,006	2,005	2,006	2,005.67	0.28
3	3,000	3,000	3,005	3,006	3,007	3,006.00	0.20
4	4,000	4,000	4,007	4,005	4,005	4,005.67	0.14
5	5,000	5,000	5,004	5,006	5,005	5,005.00	0.10
6	6,000	6,000	6,005	6,007	6,006	6,006.00	0.10
7	7,000	7,000	7,006	7,005	7,007	7,006.00	0.09
8	8,000	8,000	8,005	8,006	8,007	8,006.00	0.08
9	9,000	9,000	9,007	9,004	9,006	9,005.67	0.06
10	10,000	10,000	10,006	10,005	10,006	10,005.67	0.06

จากผลผลการทดสอบในตารางที่ 4 ซึ่งเป็นผลการทดสอบการบรรจุน้ำหนักของถั่วเหลืองซีก ทำการทดสอบโดยกำหนดน้ำหนักตั้งแต่ 1,000 – 10,000 กรัม จำนวน 3 ครั้ง พบว่าการบรรจุน้ำหนักของถั่วเหลืองซีกแต่ละครั้งมีค่าความผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 0.50% ที่น้ำหนัก 1,000 กรัม

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบการบรรจุผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดในตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 4 จะเห็นว่าปริมาณผลิตผลที่บรรจุโดยเครื่องบรรจุที่ออกแบบสร้างมีปริมาณที่เกินกว่าปริมาณจากเครื่องชั่งมาตรฐาน โดยข้าวสารมีปริมาณส่วนเกินเฉลี่ยเท่ากับ 2.43 กรัม ถั่วเขียวมีปริมาณส่วนเกินเฉลี่ยเท่ากับ 5.73 กรัม ถั่วแดงมีปริมาณส่วนเกินเฉลี่ยเท่ากับ 8.30 กรัม และถั่วเหลืองซีกมีปริมาณส่วนเกินเฉลี่ยเท่ากับ 5.67 กรัม เมื่อคิดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นพบว่าถั่วแดงจะมีความผิดพลาดเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 0.77% ส่วนข้าวสารจะมีความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 0.17% ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผิดพลาด ได้แก่ ความผิดพลาดจากความแม่นยำในการเปิด-ปิดลิ้นควบคุมการปล่อยผลิตผลของไซโลซึ่งเมื่อน้ำหนักของผลิตผลถึงระดับน้ำหนักที่ตั้งไว้ ชุดคอนโทรลเลอร์จะสั่งงานปิดลิ้นไซโลทันทีซึ่งขณะที่ลิ้นไซโลปิดนั้นจะยังมีผลิตผลบางส่วนตกลงมายังภาชนะบรรจุอีกทำให้ได้ปริมาณที่สูงกว่าที่ตั้งไว้เล็กน้อย ส่วนและขนาดของเม็ดผลิตผลที่นำมาทำการบรรจุ โดยผลิตผลที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ความผิดพลาดสูงกว่าผลิตผลที่มีขนาดเล็กโดยสังเกตยืนยันได้จากผลการทดลอบบรรจุผลิตผลทั้ง 4 ชนิด

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบสร้างเครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ด ที่สามารถใช้งานได้จริงมีความแม่นยำในการบรรจุผลิตผลทางการเกษตร โดยมีความแม่นยำในการกำหนดน้ำหนักบรรจุไม่น้อยกว่า 99% ซึ่งมีชุดควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ทำงานอัตโนมัติ พร้อมจอแสดงผลที่สามารถกำหนดน้ำหนักของการบรรจุได้ตามต้องการ อีกทั้งยังมีฟังก์ชั่นที่สามารถกำหนดราคาเพื่อคำนวณราคาและแสดงผลได้ด้วย แต่อย่างไรก็ตามเครื่องบรรจุอัตโนมัติสำหรับผลิตผลทางการเกษตรชนิดเมล็ดที่ออกแบบสร้างนี้ยังเป็นเพียงต้นแบบที่ยังต้องมีการพัฒนาให้มีโครงสร้างหรือฟังก์ชั่นการทำงานที่ดีขึ้นและให้สามารถผลิตใช้งานในเชิงพาณิชย์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับคำแนะนำและให้คำปรึกษาในการออกแบบ การสร้าง และการควบคุมการทำงาน รวมถึงข้อเสนอแนะดีๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสมบูรณ์ จากคณาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์. ยุทธศาสตร์ที่ 4 การยกระดับมาตรฐานการชั่งตวงวัดไทยสู่มาตรฐานสากล , แผนปฏิบัติ ราชการ วิสัยทัศน์ พันธกิจ และยุทธศาสตร์. ค้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560. จาก http://www.dit.go.th/Content. aspx?m=85&c=7131

กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน , พฤศจิกายน 2559.

เน็ตประชารัฐ. Smart Farmer เกษตรกรไทยยุคใหม่ 4.0 ค้นเมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2560. จาก http://netpracharat.com.

*บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. วิธีการใช้งาน **Load Cell** กับ **HX711 Amplifier Module.** ค้นเมื่อวันที่ **1** กุมภาพันธ์ **2560.** จาก* **https://thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/how-to-use-load-cell-and-hx711-amplifier-module. html.**

คเณศ ไวท์ยางกูร และ ธำรงค์ พุทธาพิทักษ์ผล. (2556). การศึกษาการออกแบบโหลดเซลล์แบบคาน ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ฉบับที่ 84 ปีที่ 26 เมษายน - มิถุนายน 2556, หน้า 69-78

Joo, J.W, K.S. Na and Kang D.I.. 2002. Design and evaluation of a six-component load cell. International Journal of measurement 2002 (32): 125-133.

Thailand factomart. ประเภทของ Load Cell แบบสเตรนเกจ. ค้นเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560. จากhttps://www. factomart.com/th/ factomartblog/type-of-load-cell/.

เครื่องทำเม็ดแป้งสาคู

Machine for Sago Starch Granule Production

พนม อินทฤทธิ์[1*] และ ประเสริฐ คงแก้ว[1]

Panom Intharit[1*] and Prasert Khongkeaw[1]

บทคัดย่อ

การทำเม็ดแป้งสาคูของเกษตรกรในปัจจุบัน ยังใช้วิธีการแบบดั้งเดิมคือการนำแป้งสาคูที่ชื้นพอหมาด ใส่ถาดและร่อนไปมา เพื่อให้แป้งจับตัวกันเป็นเม็ด ขนาดของเม็ดสาคูที่ได้ไม่สม่ำเสมอ จึงต้องนำมาคัดแยกขนาดเม็ดสาคูอีกครั้งหนึ่ง ส่งผลให้ใช้ระยะเวลานานและได้ปริมาณผลผลิตน้อย จึงมีแนวคิดที่จะประดิษฐ์เครื่องทำเม็ดแป้งสาคูที่เป็นนวัตกรรมและเทคโนโลยีของชุมชนที่สามารถใช้งานได้ง่ายและการดูแลรักษาเครื่องไม่ยุ่งยากซับซ้อน การทำงานของเครื่องใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังของชุดถังร่อนแป้งให้เป็นเม็ดและชุดคัดแยกขนาดอยู่ในเครื่องเดียวกัน ทำให้ได้ผลผลิตมากกว่าวิธีดั้งเดิมถึง 5 เท่า ขนาดของเม็ดมีความสม่ำเสมอเท่ากันและสะอาดถูกสุขอนามัย โดยมีกำลังการผลิต 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้นของแป้งที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 สามารถผลิตเม็ดสาคูได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 4, 5 และใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.55, 21.55, 68.88 และ 3.99 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความชื้นของแป้งให้สูงขึ้นจะได้เม็ดสาคูที่มีขนาดเล็กลง ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด 4.51

คำสำคัญ : แป้งสาคู, เม็ดสาคู, เครื่องทำเม็ดแป้งสาคู

---

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลถ้ำใหญ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

[1] Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Tamyai, Thungsong, Nakhon Si Thammarat, 80110, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : panom_in@hotmail.com

ABSTRACT

Nowadays, agriculturist uses traditional methods for making sago starch granule by feeding the high humidity sago starch into the tray and glide over to make the powder grains. Then, the size of the sago seeds was again separated. Because the size of the pellets is unstable, it takes a lot of time and gets less productivity. The idea is to create machine for sago starch granule production, an innovative and community technology which easy to use and maintainance. The operation of machine by using 2 motors which drive a set of sifters and size of sago granule separator. This machine produces up to 5 times higher productivity than traditional methods. The size of the granule is regular and hygienic. The capacity is 30 kilograms per hour. The appropriate humidity content is 30 percent. Sago starch granule is generated in a 3, 4, 5 and bigger than 5-mm-diameter which machine capacity percentage was 5.55, 21.55, 68.88 and 3.99 respectively. When increasing the moisture content of the starch, the size will be smaller. The result of users satisfaction is excellent 4.51

.

Keywords : sago starch, sago starch granule, machine for sago starch granule production

บทนำ

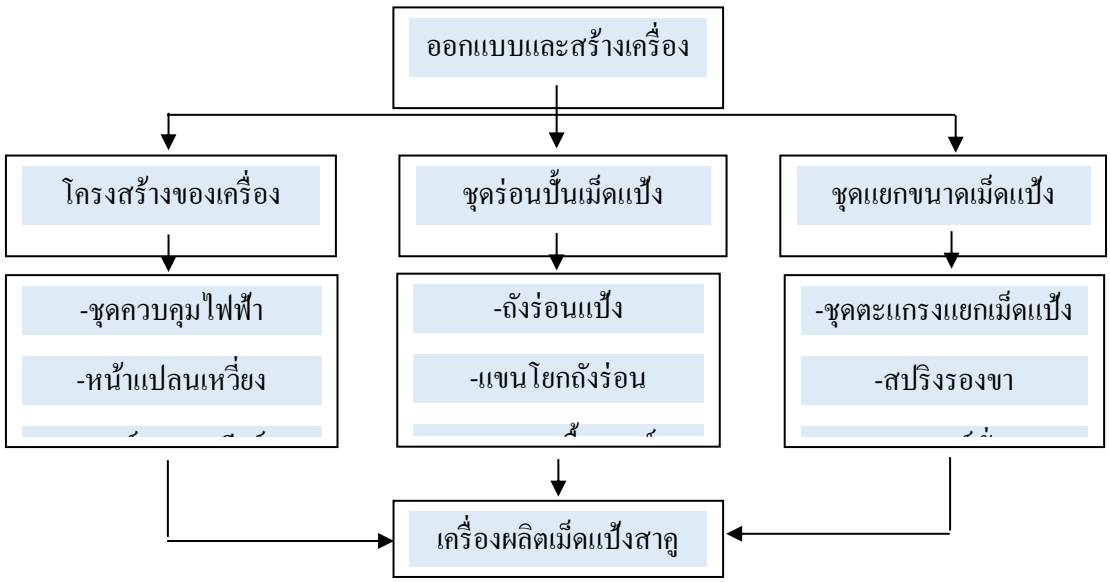
สาคู (Sago palm) เป็นพืชในตระกูลปาล์ม ชอบขึ้นในที่ลุ่ม ชื้นแฉะและมีน้ำขังตลอดปี หรือที่เรียกว่าป่าพรุพบได้มากในภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดนครศรีธรรมราชและตรัง (นิพนธ์, 2551) สาคูเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนชนบททางภาคใต้เป็นอย่างมาก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งต้น ต้นสาคูเป็นไม้ที่ขึ้นตามธรรมชาติ ไม่ต้องใส่ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช แป้งสาคูจึงเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญและปลอดภัยต่อผู้บริโภค แป้งสาคูใช้ประกอบอาหารหรือทำขนมได้หลายชนิด การศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพและเคมีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของเม็ดสาคูทั้งขนาดเล็กและใหญ่ โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความกลม ความเป็นทรงกลม และความหนาแน่น สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณเถ้าและปริมาณเจลาติไนซ์ และทดสอบความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพและเคมีที่มีต่อเนื้อสัมผัสและสีของเม็ดสาคู พบว่าสาคูเม็ดใหญ่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างจากสาคูเม็ดเล็กที่มาจากแหล่งเดียวกัน เม็ดสาคูที่มีปริมาณเจลาติไนซ์สูงจะให้สมบัติความหนืดต่ำ การศึกษาความสัมพันธ์ที่มีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสี พบว่าสาคูเม็ดใหญ่มีระดับความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าสาคูเม็ดเล็ก และปริมาณเจลาติไนซ์ที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ความยืดหยุ่น ความสามารถในการยึดเกาะและค่าความสว่างของเม็ดสาคูต่ำลง แต่ทำให้ค่าความแข็งของเม็ดสาคูสูงขึ้น (อัมพวัน, 2545) ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรผลิตแป้งสาคูชนิดผงแห้งจำหน่ายในราคากิโลกรัมละ 80 บาท แต่เมื่อทำให้เป็นเม็ดสาคูจะจำหน่ายได้กิโลกรัมละ 100 บาท จึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลผลิตให้กับชุมชน แต่ปริมาณการผลิตยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาด เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรยังใช้วิธีการผลิตเม็ดสาคูแบบดั้งเดิม โดยการใช้ถาดร่อนแป้งผงในขณะที่ยังชื้นเพื่อให้แป้งจับตัวกันเป็นเม็ด ได้เป็นเม็ดสาคูขนาดเล็กบ้างใหญ่บ้าง ขนาดที่ได้ไม่สม่ำเสมอ จึงต้องนำมาคัดแยกขนาดเม็ดสาคูอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ล่าช้าเสียเวลาและได้ผลผลิตน้อย วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์เครื่องทำเม็ดแป้งสาคูและคัดแยกขนาดได้ในเครื่องเดียวกัน เพื่อเป็นนวัตกรรมและเทคโนโลยีของชุมชน การใช้งานและการดูแลรักษาเครื่องได้ง่ายไม่ซับซ้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต และประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรในภาพรวมของการใช้งานเครื่องทำเม็ดแป้งสาคู

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการสร้างสิ่งประดิษฐ์เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู เพื่อสร้างเครื่องมือการผลิตที่มีประสิทธิภาพในการทำงานเหมาะสมกับผู้ใช้งาน กลุ่มเป้าหมายที่เป็นเกษตรกรผู้ผลิตแป้งสาคู กลุ่มอนุรักษ์และแปรรูปสาคูบ้านกะโสม หมู่ที่ 4 ตำบลกะปาง อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

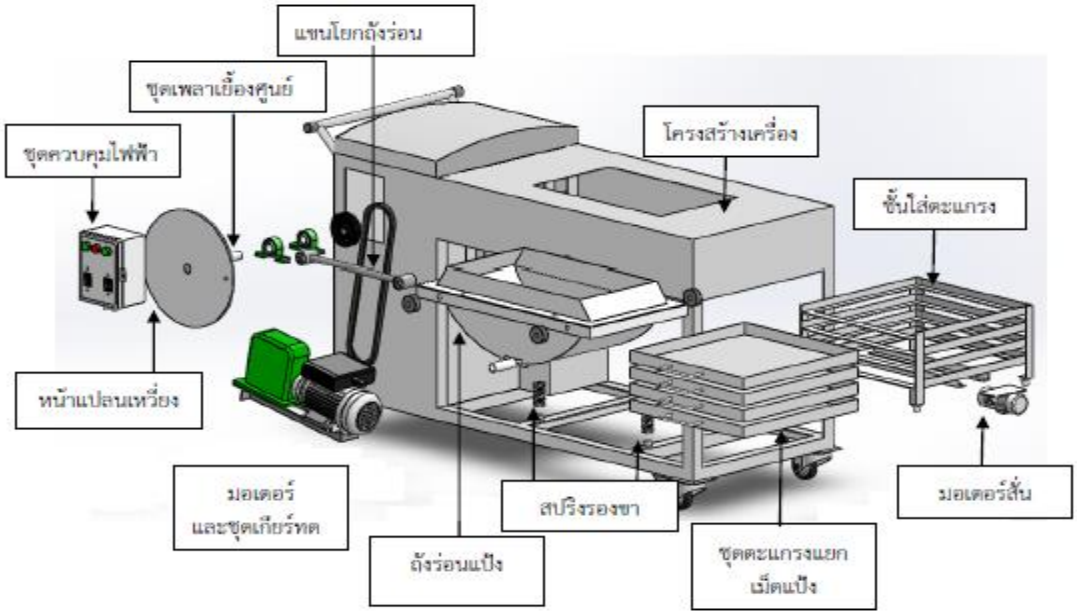
1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องของเครื่องและผู้ใช้
2. ออกแบบลักษณะโครงสร้างของเครื่อง
3. จัดหาวัสดุและอุปกรณ์ในการสร้าง
4. ดำเนินการสร้างและประกอบเครื่องมือ
5. ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ถ้าไม่ผ่านปรับปรุงแก้ไขใหม่
6. เก็บรวบรวมข้อมูลและสรุปผล

จากการศึกษาข้อมูลของกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตเม็ดแป้งสาคูโดยใช้เครื่องมือแบบดั้งเดิม เมื่อนำมาวิเคราะห์ความต้องการและออกแบบชิ้นส่วนและลักษณะโครงสร้างของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู โดยแยกออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนโครงสร้างของเครื่อง ชุดร่อนปั้นเม็ดแป้ง และชุดแยกขนาดเม็ดแป้ง โดยมีแนวคิดของการออกแบบและองค์ประกอบของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แนวคิดองค์ประกอบของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู

โครงสร้างของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูทำด้วยเหล็กปลอดสนิม มีมอเตอร์เป็นต้นกำลัง ชุดร่อนแป้งมีถังใส่ผงแป้งสาคู ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ โดยใช้สวิตซ์ 2 ตัว มีมอเตอร์ขับเคลื่อนถังร่อนแป้งให้ขยับไปมาตามแนวนอนจนแป้งจับตัวกันเป็นเม็ด จากนั้นปล่อยลงสู่ชุดแยกขนาดเม็ดแป้งที่มีตะแกรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3, 4, 5 มิลลิเมตร โดยมีมอเตอร์สั่นเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน จากนั้นปล่อยเม็ดแป้งลงสู่ภาชนะรองรับ จะได้เม็ดสาคูตามต้องการ แบบร่างเครื่องต้นแบบแสดงองค์ประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบร่างเครื่องต้นแบบแสดงองค์ประกอบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู

ผลและวิจารณ์ผล

1. รายละเอียดการพัฒนาประดิษฐกรรม โครงสร้างของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ โครงสร้างของเครื่อง ชุดถังร่อนแป้ง และชุดแยกขนาดเม็ดแป้ง โครงสร้างทุกชิ้นส่วนทำด้วยเหล็กสแตนเลส ขนาดของเครื่องมีความกว้าง 55 เซนติเมตร ยาว 140 เซนติเมตรและสูง 74 เซนติเมตร เพื่อให้รองรับชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้อย่างแข็งแรงและกะทัดรัด มีโครงฐานยึดมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังในการผลิต โดยใช้มอเตอร์ขนาด ½ แรงม้าที่ติดเกียร์ทดเพื่อลดความยุ่งยากในการส่งกำลังและการออกแบบโครงสร้างด้วย และมีหน้าแปลนเหวี่ยงควบคุมระยะชัก โดยมียอย (Coupling) ขนาดเกียร์ทดอัตรา 1 : 15 ส่งกำลังไปยังเครื่องชุดถังร่อนแป้ง 92 รอบต่อนาที ระยะชักในการโยกของถังรวม 30 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการโยกไปมาของถังร่อนแป้งให้จับตัวกันเป็นเม็ด ติดตั้งชุดประกอบแยกขนาดเม็ดแป้งที่ทำด้วยตะแกรงขนาดของรูต่างกัน 3 ขนาดคือ ตะแกรงตัวบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ตัวกลาง 4 มิลลิเมตร และตัวล่าง 3 มิลลิเมตร เพื่อแยกเม็ดแป้งสาคูที่ลงจากถังร่อนแป้งให้เป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค ในการคัดแยกเม็ดแป้งเป็นขนาดต่างๆ มีการติดตั้งมอเตอร์สั่นไว้ใต้ถาดรองรับเม็ดแป้งเป็นมอเตอร์สั่น แรงเขย่าสูงสุด 21 กิโลกรัม ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที โดยชั้นตั้งตะแกรงจะติดยึดกับโครงเครื่องที่มีสปริงเป็นฐานรองเพื่อให้เกิดการยืดหยุ่นในการสั่นสะเทือน โดยสริงมีค่า k เท่ากับ 1.2×10^5 N/m เมื่อติดตั้งโครงสร้างและอุปกรณ์สำคัญเสร็จแล้ว จึงใช้แผ่นสแตนเลสปิดหุ้มทุกส่วนของโครงสร้าง เพื่อปกป้องชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ ให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้งาน การติดตั้งชุดควบคุมระบบไฟฟ้าใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ มีระบบเบรกเกอร์เป็นตัวควบคุมการเปิดปิด มีสวิตซ์เปิดปิด แยกกัน 2 ตัว สำหรับชุดถังร่อนแป้งและชุดแยกขนาดเม็ดแป้ง เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูที่สร้างเสร็จแล้วมีรูปลักษณ์ ดังภาพที่ 3

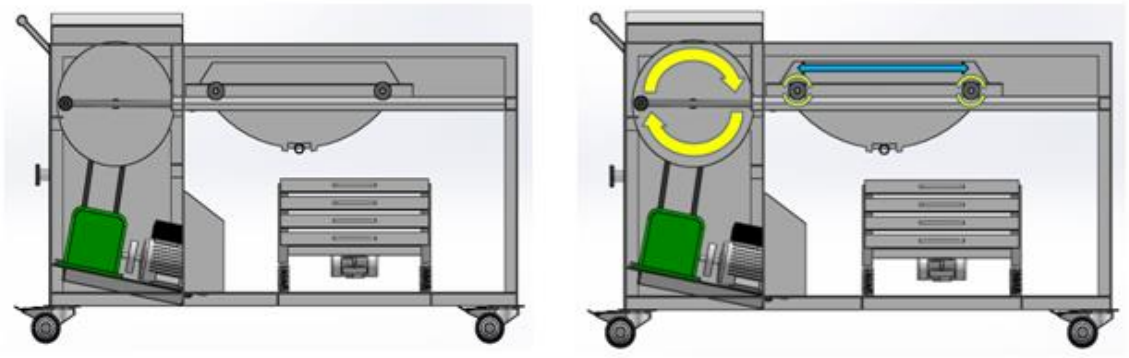


ภาพที่ 3 เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู

วิธีการใช้งานของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู โดยเตรียมแป้งสาคูให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 30 ใส่แป้งสาคูลงในถังร่อน แล้วเปิดสวิตซ์ชุดถังร่อน ให้เครื่องโยกไปมา ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาทีหรือจนแป้งจับตัวเป็นเม็ด ปิดสวิตซ์ถังร่อนแป้ง ดึงฝาล่างของถังร่อนออก เพื่อให้เม็ดแป้งสาคู ตกลงสู่ตะแกรงแยกขนาด เปิดสวิตซ์ชุดตะแกรงแยกขนาด ตะแกรงจะสั่น เม็ดสาคูหล่นลงสู่เบื้องล่าง เกิดการคัดขนาด นำเม็ดแป้งสาคูที่ได้ ไปตากให้แห้ง และบรรจุถุง พร้อมที่จะนำไปประกอบอาหารได้

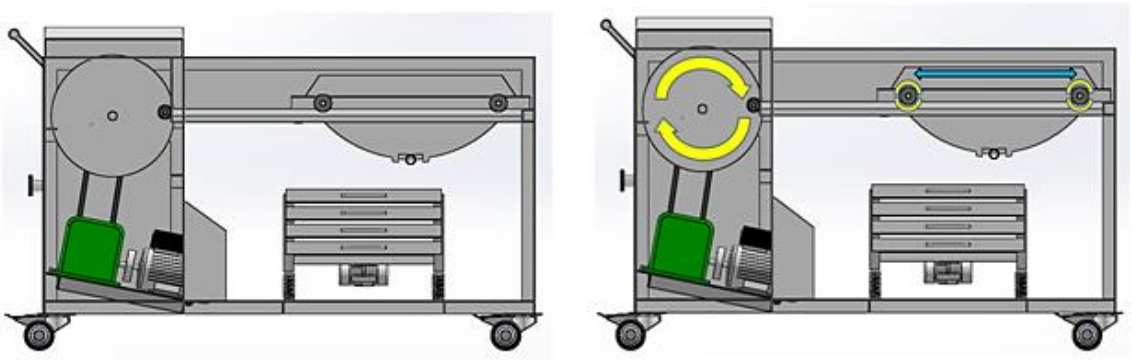
2. แบบชิ้นส่วนทางกลจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกหลัก เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู มีหลักการทำงานทางกล ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระยะเริ่มต้นทำงาน อุปกรณ์ทุกชิ้นส่วนพร้อมเริ่มทำงาน โดยมอเตอร์ส่งกำลังไปยังหน้าแปลนเหวี่ยงที่ต่ออยู่กับแขนโยกถังร่อนแป้งเพื่อให้เกิดการหมุน แบบจำลองการทำงานขั้นที่ 1 ดังภาพที่ 4



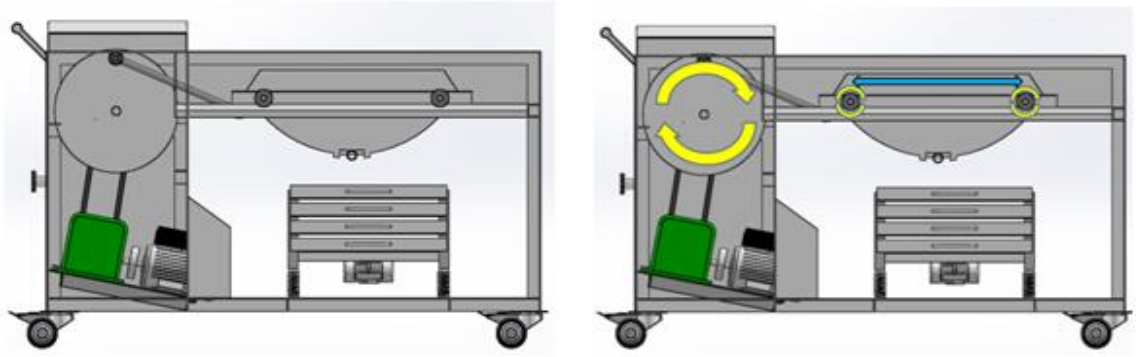
ภาพที่ 4 ขั้นที่ 1 ระยะเริ่มต้นทำงานของเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู

ขั้นที่ 2 ระยะส่งและดึง แขนโยกส่งดันถังร่อนแป้งให้ล้อหมุนเคลื่อนไปตามรางและดึงกลับมา ทำงานสัมพันธ์กันโดยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวระดับ แบบจำลองการทำงานขั้นที่ 2 ดังภาพที่ 5



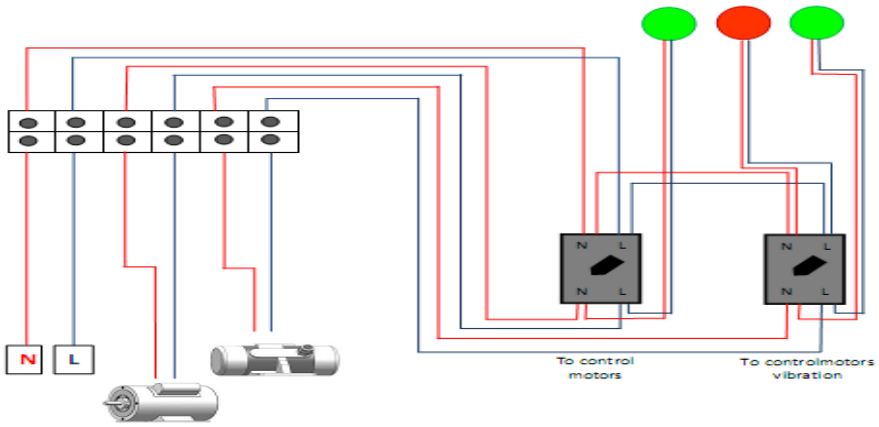
ภาพที่ 5 ขั้นที่ 2 ระยะส่งและดึง

ขั้นที่ 3 ระยะสิ้นสุด ปิดสวิตซ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ถังร่อนแป้งหยุดการเคลื่อนที่ เปิดประตูวาล์วถังร่อนแป้งให้เม็ดแป้งไหลลงสู่ตะแกรงที่มีมอเตอร์สั่นเพื่อคัดแยกขนาดต่อไป แบบจำลองการทำงานขั้นที่ 3 ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ขั้นที่ 3 ระยะสิ้นสุด

3. รายละเอียดระบบไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลต์ มีระบบเบรกเกอร์เป็นตัวควบคุมการเปิดปิด สวิตซ์แยกกัน 2 ตัว สำหรับชุดถังร่อนแป้งและชุดแยกขนาดเม็ดแป้ง ระบบวงจรไฟฟ้าเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ระบบวงจรไฟฟ้าเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู

4. การทดสอบการทำงานของเครื่อง

4.1 การทดลองผลิตเม็ดแป้งสาคู โดยใช้แป้งสาคูที่มีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน ใส่ในเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู จะได้เม็ดแป้งแต่ละขนาดในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใช้เวลาไม่เท่ากัน ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้ที่ปริมาณความชื้นของแป้งสาคูที่แตกต่างกัน

ปริมาณความชื้นของแป้งสาคู (ร้อยละโดยน้ำหนัก : %)	ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก : %)				เวลาที่ใช้ (นาที)
	ขนาดเล็ก 3 มิลลิเมตร	ขนาดกลาง 4 มิลลิเมตร	ขนาดใหญ่ 5 มิลลิเมตร	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร	
28	1.43	7.76	88.33	2.44	2.16
30	5.55	21.55	68.88	3.99	2.42
32	9.44	22.82	62.88	4.82	2.42
34	12.22	28.67	53.44	5.66	2.39

ผลการทดลองการใช้เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูโดยใช้แป้งสาคูน้ำหนัก 1,500 กรัม ที่มีปริมาณความชื้นแตกต่างกัน พบว่า ลักษณะของเม็ดสาคูที่ได้มีความสม่ำเสมอเท่ากันและสะอาดถูกสุขอนามัย โดยที่ทุกปริมาณความชื้นของแป้งสาคูจะผลิตได้เม็ดแป้งสาคูขนาดใหญ่ 5 มิลลิเมตร ในปริมาณสูงสุด ขนาดกลาง 4 มิลลิเมตรได้ปริมาณรองลงมา และขนาดเล็ก 3 มิลลิเมตร ได้ปริมาณน้อยที่สุด และมีเม็ดแป้งที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงขนาด 5 มิลลิเมตร ติดอยู่บนตะแกรงตัวบนสุดเล็กน้อย โดยแป้งสาคูที่มีความชื้นร้อยละ 28 จะผลิตได้เม็ดแป้งสาคูขนาดใหญ่ 5 มิลลิเมตร ในปริมาณสูงสุด รองลงมาคือ แป้งสาคูที่มีความชื้นร้อยละ 30, 32 และ 34 ตามลำดับ ปริมาณเม็ดแป้งสาคูขนาดใหญ่ที่ได้ คิดเป็นร้อยละ 88.33, 68.88, 62.88 และ 53.44 ตามลำดับ และใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 2-3 นาทีต่อครั้งการผลิต จะเห็นว่าที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 30 และ 32 จะให้ผลด้านขนาดและเวลาใกล้เคียงกัน แต่ถ้ามีความชื้นต่ำกว่า จะสามารถทำให้เม็ดสาคูแห้งได้เร็วกว่า ดังนั้นจึงแนะนำให้ใช้ความชื้นของแป้งที่ร้อยละ 30 เพื่อเป็นการประหยัดเวลาและพลังงานในการทำให้เม็ดสาคูแห้ง

4.2 การทดลองเปรียบเทียบการผลิต ระหว่างการผลิตด้วยเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูกับการผลิตแบบวิธีดั้งเดิมโดยใช้แป้งสาคูที่ความชื้นร้อยละ 30 ผลการทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้ระหว่างเครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูกับการผลิตแบบดั้งเดิม

วิธีการผลิต	น้ำหนักแป้งที่ผลิตได้ต่อครั้ง (กรัม)	ปริมาณความชื้นของแป้งสาคู (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		เวลาที่ใช้ (นาที)
			เม็ดแป้งที่ได้ขนาด	เม็ดแป้งที่ไม่ได้ขนาด	
เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู	1,500	32-34	94	6	2-3
วิธีดั้งเดิม	500	30	70	30	4-5

จากผลการทดลองผลิตเม็ดแป้งสาคูใน พบว่า การผลิตเม็ดแป้งสาคูโดยใช้เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูที่ความชื้นของแป้งสาคูร้อยละ 30 สามารถผลิตแป้งสาคูได้น้ำหนัก 1,500 กรัมต่อครั้งการผลิต ใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 2 – 3 นาที มีกำลังการผลิต 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้คัดแยกได้เป็น 3 ขนาด คิดเป็นร้อยละ 94 และเม็ดแป้งสาคูที่ไม่ได้ขนาดคิดเป็นร้อยละ 6 ส่วนการผลิตเม็ดแป้งสาคูโดยใช้วิธีดั้งเดิมโดยการใช้มือร่อนแป้งไปมา ใช้แป้งสาคูน้ำหนัก 500 กรัมต่อครั้งการผลิต ใช้เวลาเฉลี่ย 4–5 นาที มีกำลังการผลิตประมาณ 6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ได้ขนาดคิดเป็นร้อยละ 70 และ

ปริมาณเม็ดแป้งสาคูที่ไม่ได้ขนาดคิดเป็นร้อยละ 30 จะเห็นว่า ถ้าผลิตเม็ดแป้งสาคูในปริมาณที่เท่ากัน เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคูจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการผลิตแบบวิธีดั้งเดิมถึง 5 เท่า โดยปริมาณแป้งที่ไม่ได้ขนาดมีเพียงร้อยละ 6 เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าการผลิตแบบวิธีดั้งเดิมที่มีปริมาณแป้งที่ไม่ได้ขนาดถึงร้อยละ 30 สำหรับแป้งที่ไม่ได้ขนาดนั้น ยังสามารถนำกลับไปเริ่มต้นผลิตเป็นเม็ดได้อีก

4.3 ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ขนาด ½ แรงม้า หรือเท่ากับ 373 วัตต์ คิดเป็นชั่วโมงละ 0.373 หน่วย ถ้าค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4 บาท จะเสียค่าไฟฟ้าเพียง 1.50 บาทต่อชั่วโมงเท่านั้น

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคูให้กับกลุ่มเกษตรกร จำนวน 4 กลุ่ม ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรังและพัทลุง กลุ่มที่ 1 กลุ่มสมาชิกชมรมอนุรักษ์ป่าสาคูอำเภอนาโยง ต.โคกสะบ้า อ.นาโยง จ.ตรัง จำนวน 60 คน กลุ่มที่ 2 กลุ่มชุมชนท่าสำเภาเหนือและชุมชนบ้านพรุ ต.พนางตุง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง จำนวน 20 คน กลุ่มที่ 3 กลุ่มอนุรักษ์แปรรูปสาคูบ้านกะโสม ต.กะปาง อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 33 คน และกลุ่มที่4 กลุ่มส่งเสริมอาชีพผลิตแป้งสาคูองค์การบริหารส่วนตำบลนาโพธิ์ อ.ทุ่งสง จ.นครศรีธรรมราช จำนวน 27 คน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคู

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ความพึงพอใจในการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคู กลุ่มที่ 1	4.46	0.67	มาก
ความพึงพอใจในการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคู กลุ่มที่ 2	4.80	0.41	มากที่สุด
ความพึงพอใจในการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคู กลุ่มที่ 3	4.72	0.52	มากที่สุด
ความพึงพอใจในการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคู กลุ่มที่ 4	4.08	0.50	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.51		

โดยภาพรวมผู้เข้ารับการฝึกอบรมการใช้งานเครื่องผลิตเม็ดสาคูทั้ง 4 กลุ่ม เมื่อได้ทดสอบการใช้งานแล้วมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.51)

สรุปผลการวิจัย

สิ่งประดิษฐ์เครื่องผลิตเม็ดแป้งสาคู เป็นนวัตกรรมและเทคโนโลยีของชุมชนที่สามารถใช้งานได้ง่ายและการดูแลรักษาเครื่องไม่ยุ่งยากซับซ้อน การทำงานของเครื่องโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง สามารถทำให้เป็นเม็ดและคัดแยกขนาดได้ในเครื่องเดียวกัน ขนาดของเม็ดสาคูที่ได้มีความสม่ำเสมอเท่ากันและสะอาดถูกสุขอนามัย โดยมีกำลังการผลิต 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความชื้นของแป้งที่เหมาะสมคือร้อยละ30 ผลการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับงบประมาณการสนับสนุนด้านการพัฒนาเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2558 จากสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยความร่วมมือกับสถาบันไทย-เยอรมัน และได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ ใจปลื้ม. 2551. การจัดการป่าปาล์มสาคูโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน, น. 1-10. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 (สาขาศึกษาศาสตร์ สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ สาขาเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์)** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พนม อินทฤทธิ์ และประเสริฐ คงแก้ว. 2557. **รายงานฉบับสมบูรณ์เรื่องโครงการพัฒนาเครื่องผลิตแป้งสาคูสู่ชุมชน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย นครศรีธรรมราช.

สมบัติย์ มงคลชัยชนะ. 2556. การพัฒนาชุดเครื่องปั้นเม็ดปุ๋ยชีวภาพสำหรับครัวเรือน. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 41(2) น. 488-496.

อัมพวัน ตั้นสกุล. 2545. **ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพและทางเคมีต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและสีของเม็ดสาคู.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. กรุงเทพฯ. แหล่งที่มา: http://www1a.biotec.or.th/rdereport/prjbiotec.asp?Id=339, 2 เมษายน 2558.

การพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

Format Dev elopment of Photovoltaic Mower

สถาพร ขุนเพชร[1*], อริษา โสภาจารย์[1], มูฮำหมัด สะอะ[1]

Sathaporn Khunpetch[1*], Arrisa Sopajarn[1], Muhammad Sa-a[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบเดินตาม และเพื่อทดสอบหาสมรรถนะของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งจะช่วยทำให้ลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ในขณะใช้งาน ลดมลพิษทางอากาศจากการทำงานของเครื่องยนต์ของรถตัดหญ้าแบบเดิม เนื่องจากพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด

จากผลการทดลองการชาร์จแบตเตอร์รี่โดยใช้แบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ ต่ออนุกรมกันได้แรงดันขนาด 24 โวลต์ โดยเริ่มต้นที่แรงดันแบตเตอร์รี่ 16 โวลต์ เมื่อปรับแผ่นโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ ให้ทำมุม 30 องศากับพื้นดิน ทำการทดลองชาร์จแบตเตอร์รี่ในช่วงเวลา 08.00 - 17.00 น. จะพบว่าในช่วงเวลาที่มีการชาร์จที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของวันอยู่ในช่วงเวลา 13.30 น. การเพิ่มของกำลังไฟฟ้าสูงสุดคือ 5.35 วัตต์ และต่ำสุดเป็นช่วงเวลา 15.00 น. กำลังชาร์จไฟฟ้าคือ 1.73 วัตต์ สรุปได้ว่าในช่วงที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดคือช่วงเวลา 13.30 น.

การทดสอบการทำงานของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าลักษณะการขาดของหญ้าที่ตัดด้วยรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และที่ตัดด้วยรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซินไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตัด รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีสมรรถนะ 76.18 % ของรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า

คำสำคัญ : รถตัดหญ้า , แบตเตอรี่ , พลังงานแสงอาทิตย์

1สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

Department of Industrial , Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Tachamoung, Rattaphum, Songkhla 90180, Thailand.

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sathaporn.k2514@gmail.com

ABSTRACT

The study on the Format Development of Photovoltaic Mower was the project that the researchers have designed and developed a solar electric mower aimed to examine the performance of solar electric mowers that could help to reduce the noise and air pollution when compared with the operation of former engine mowers since the solar energy is regarded as clean energy.

From the results of trying out the 24-volt rechargeable battery starting the voltage at 16 volt , the 40 - watt solar panel of 30 degrees angle to the ground by charging it from 8:00 a.m. to 5:00 p.m. revealed that the maximum power of batteries charging during the day was around 1.30 p.m. The highest electric power was 5.35 watts. In contrast, the minimum power of charging was around 3.00 p.m. with the electric power of 1.73 watts. It was concluded that the proper time of effectively charging the battery was around 1.30 p.m.

Upon trying out the working capacity of this photovoltaic mower found that the shape of the mowed grass was not totally different when comparing with the Benzene mower and when comparing the time used, the photovoltaic mower had the capacity of 76.18% over the Benzene mower with the 6.5 horsepower engine.

Keyword: mower, battery, solar energy

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศอยู่ในเขตร้อนชื้น พื้นดินมีความอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม ขณะที่มีการเพาะปลูกพืชจะมีวัชพืชขึ้นมาปกคลุม เช่น หญ้าประเภทต่างๆ ซึ่งหญ้ามีส่วนทำให้พื้นดินมีความชุ่มชื้น ส่วนในสนามหญ้าต้องการให้มีหญ้าที่มีความอุดมสมบูรณ์ แต่ต้องมีการควบคุมให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะกับสนาม เช่น สนามฟุตบอล สนามเด็กเล่น ฯลฯ หรือสนามพักผ่อนบริเวณบ้านพักอาศัย ซึ่งเมื่อดูแล้วจะทำให้เกิดความเย็นตาสบายใจ ในส่วนของหญ้าถ้าปล่อยทิ้งไว้นานวันก็จะขึ้นมามีความยาว จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมให้หญ้านั้นมีความพอดีพอเหมาะกับสนาม คือต้องมีการตัดแต่งอาจจะใช้กรรไกร มีด หรือรถตัดหญ้า ในปัจจุบันการตัดหญ้าในสนามฟุตบอล สนามเด็กเล่น และบริเวณบ้านมักจะใช้รถตัดหญ้า

เครื่องยนต์เป็นเครื่องจักรกลหรือเครื่องมือกลหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนมาเป็นพลังงานกล เครื่องยนต์เป็นหนึ่งในเครื่องต้นกำลังที่สำคัญซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเกือบทุกวงการในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถจัดส่งกำลังให้กับส่วนประกอบและอุปกรณ์เครื่องทุ่นแรงต่างๆได้เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนหรือทำงานได้จึงถือได้ว่าเครื่องยนต์เป็นสิ่งที่สามารถทำประโยชน์ให้กับมนุษย์ได้อย่างมหาศาล (ประณต 2542)

ปัจจุบันการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมีปริมาณการใช้งานที่มากและมีแนวโน้มราคาของน้ำมันจะปรับตัวสูงขึ้นซึ่งหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนรวมถึงประชาคมโลกมีการรณรงค์ให้มีการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลงและหันไปใช้พลังงานทางเลือกอื่นๆทดแทนและอีกทั้งในปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศซึ่งเกิดจากการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ก็เริ่มมีความรุนแรงมากขึ้นจึงเป็นที่มาของการคิดที่จะใช้พลังงานอื่นๆมาทดแทนในเครื่องจักรกลเกษตรและเครื่องทุ่นแรง

ฟาร์ม ซึ่งรถตัดหญ้าแบบเดินตามปกติจะใช้เครื่องยนต์เบนซินขนาด 5 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการทำงานของชุดใบมีดตัดหญ้า

ดังนั้นคณะผู้ทำวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรโดยการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในรถตัดหญ้าแบบเดินตามเพื่อช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดจากการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรและช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ของรถตัดหญ้าและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับเครื่องจักรกลเกษตรที่มีการเคลื่อนที่ยังมีตัวแปรเรื่องการชาร์จในช่วงเวลาที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อสรรถนะการทำงานของเครื่องจักรกลเกษตรนั้นๆคณะผู้วิจัยจึงได้คิดที่จะพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขึ้นเพื่อช่วยให้เกษตรกรมีคุณภาพชีวิติที่ดีขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ

เพื่อออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

เพื่อทดสอบหาสมรรถนะของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ขอบเขตของงานวิจัย

ออกแบบและสร้างรถตัดหญ้าแบบเข็น 2 ล้อ โดยใช้กำลังขับจากมอเตอร์ไฟฟ้าแทนเครื่องยนต์เล็ก และใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ซึ่งมีระบบการชาร์จแบตเตอรี่โดยใช้แผงโซล่าเซลล์

รถตัดหญ้าสามารถตัดหญ้าในสนามและระหว่างแถวของแปลงปลูกพืชได้ โดยระดับความสูงของหญ้าเฉลี่ย 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องตัดหญ้า

เครื่องตัดหญ้าที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

เครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า

เป็นเครื่องตัดหญ้าที่ใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ขนาดเล็กโดยทั่วไปเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีนประเภทสูบเดียวส่วนใหญ่ลักษณะของการใช้งานของเครื่องตัดหญ้าแบบสะพายบ่า เป็นการทำงานลักษณะพื้นที่แคบๆสามารถตัดหญ้าได้สะดวก

เครื่องตัดหญ้าแบบเดินตาม

มีแบบใช้แรงคนและแบบใช้เครื่องยนต์ แบบใช้แรงคนในปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้กันเพราะต้องใช้แรงคนขับเคลื่อนเสียเวลามากคุณภาพงานไม่เรียบร้อย เพราะแรงคนไม่สามารควบคุมความสม่ำเสมอการหมุนของใบมีดได้

เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับ

เครื่องตัดหญ้าแบบนั่งขับที่ใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนโดยน้ำมัน จะมีขนาดใบมีดตัด 30 ถึง 48 นิ้ว เครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนเหวี่ยงนี้ จะมีใบจานกลมหมุน ด้วยความเร็วรอบสูงถึง 3,000 รอบต่อนาที จะต้องอาศัยกำลังจากเพลาส่งกำลังของรถแทรกเตอร์ ซึ่งจะต้องมีการทดรอบการหมุนของเพลาส่งกำลังผ่านชุดเฟืองเสียก่อน เพื่อเป็นการเปลี่ยนแปลงกำลังให้แก่ใบมีด การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของการหมุนของใบมีดนี้ สามารถทำการเพิ่มโดยการเปลี่ยนชุดเฟืองที่ห้องเกียร์ สามารถทำงานได้รวดเร็วกว่า และประสิทธิภาพในการทำงานสูง

ระบบโซล่าเซลล์

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือที่รู้จักกันในชื่อ Mono crystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก (สิริชัย , 2548)



ภาพที่ 1 Single Crystalline Silicon Solar Cell

ที่มา : http://www.leonics.co.th

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง 0.5 ไมครอน (0.0005 มิลลิเมตร) น้ำหนักเบามากและประสิทธิภาพเพียง 5-10 %



ภาพที่ 2 Amorphous Silicon Solar Cell

ที่มา : http://www.leonics.co.th

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆเช่น แกลเลี่ยมอาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว(Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline)เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 % (สิริชัย 2548)



ภาพที่ 3 Polycrystalline Silicon Solar Cell

ที่มา : http://www.leonics.co.th

หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์



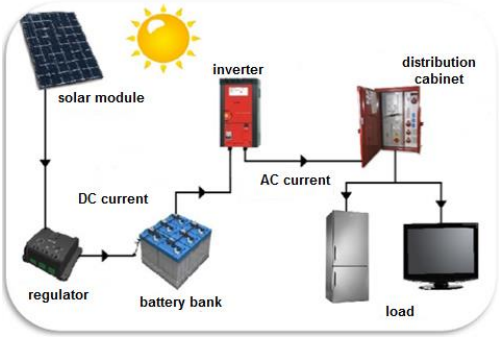
รูปที่ 4 การตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา : http://www.leonics.co.th

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้นได้แก่ อิเล็กตรอน และโฮลโครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบและพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวกส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหล

อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรงจึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้นหากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไปจะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีกโดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้



รูปที่ 5 อุปกรณ์ของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้า

ที่มา : http://www.spower.co.th

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module)

ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรมจะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนานจะเพิ่มพลังงานไฟฟ้าหากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller)

ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้วจะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย)ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการเช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์เวลากลางคืนหรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบ การสร้าง และติดตั้งอุปกรณ์รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบระบบและอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์

มอเตอร์ไฟฟ้า

โดยเลือกใช้มอเตอร์ ระบบ DC ขนาด 500 วัตต์ ความเร็วรอบอยู่ที่ 2500 รอบ/นาที

แบตเตอรี่

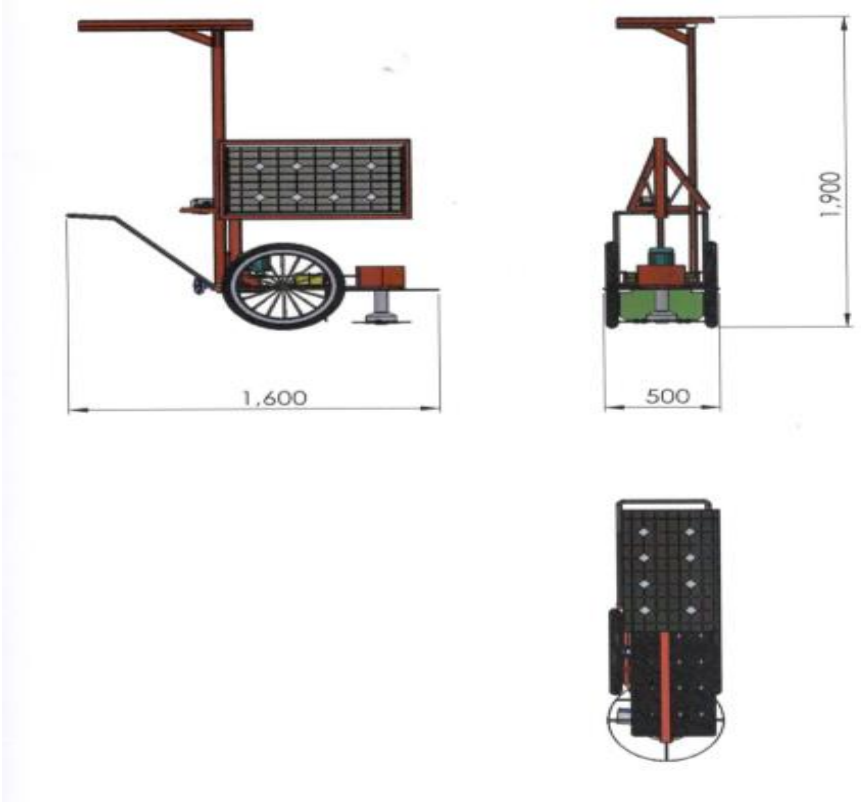
แบตเตอรี่โดยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 45 แอมแปร์ จำนวน 2 ลูก ต่อแบบอนุกรม เพื่อให้ได้โวลต์เพิ่มขึ้น ทำให้สามารถใช้งานติดต่อกันได้นานไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง

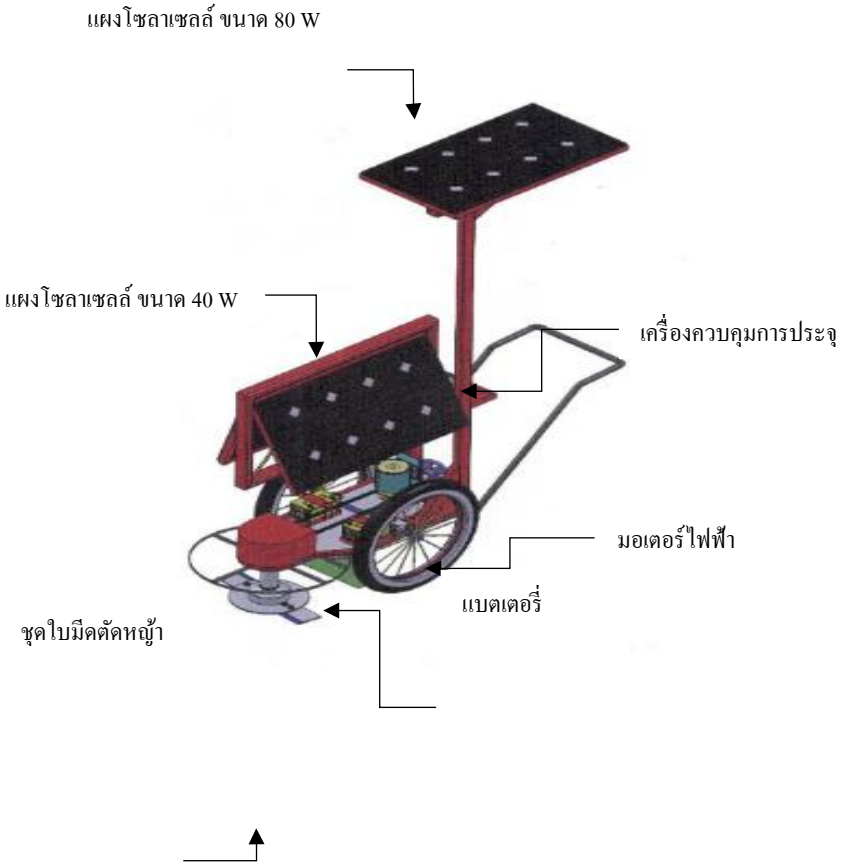
แผงโซล่าเซลล์

แผงโซล่าเซลล์เลือกใช้แผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 2 แผง และขนาด 80 วัตต์ จำนวน 1 แผง

การออกแบบตัวรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

โครงสร้างของตัวรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ออกแบบโดยตัวรถมีความกว้าง 500 mm. ความยาว 1,600 mm. และความสูง 1,900 mm. โดยมีล้อขับเคลื่อน 2 ล้อ โครงสร้างของตัวรถทำจากเหล็กฉาก เหล็กกล่อง และเหล็กแผ่น ดังแสดงรายละเอียดของแบบในภาพที่ 6





ภาพที่ 6 รายละเอียดแบบของตัวรถตัดหญ้า

โดยตัวรถตัดหญ้าออกแบบให้สามารถติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ขนาด 80 วัตต์ จำนวน 1 แผง ติดไว้ด้านบนเหนือศีรษะของผู้ใช้งาน โดยทำโครงขึ้นไปเพื่อติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ดังกล่าว และแผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ จำนวน 2 แผง ติดตั้งอยู่ที่โครงสร้างของตัวรถ ซึ่งแผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ สามารถปรับองศาของแผงดังกล่าวได้

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

หาสมรรถนะการชาร์จแบตเตอรี่ในแต่ละช่วงเวลาของวัน และการใช้พลังไฟฟ้าในการตัดหญ้า โดยใช้พื้นที่ในการทดสอบ 30 ตารางเมตร และความสูงของหญ้าเฉลี่ย 5 cm , 10 cm. และ 15 cm

หาสมรรถนะของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตัด รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า



ภาพที่ 7 เครื่องตัดหญ้าที่ใช้ในการทดสอบจริง

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการทดลอง

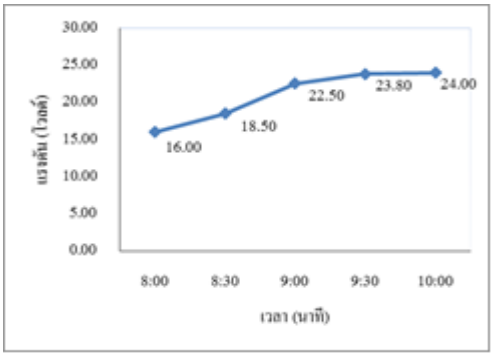
ผลการทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ เมื่อปรับแผงโซล่าเซลล์ทำมุม 30 องศา กับพื้นดินในแนวทิศตะวันออกทั้ง 2 แผง

ตารางที่ 1 ผลการชาร์จแบตเตอรี่ในช่วงเวลาต่างๆ

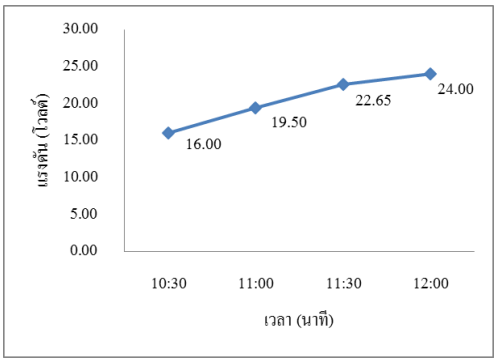
เวลาชาร์จ	อุณหภูมิ (°C)	ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)	การเพิ่มของกำลังไฟฟ้า (W)
8:00 น.	28.90	16.00	0.54	8.64	
8:30 น.	29.70	18.50	0.58	10.78	2.14
9:00 น.	31.50	22.50	0.60	13.50	2.72
9:30 น.	32.60	23.80	0.78	17.85	4.35
10:00 น.	33.70	24.00	0.85	20.40	2.55
10:30 น.	34.10	16.00	0.57	9.12	
11:00 น.	34.00	19.50	0.58	11.31	2.19
11:30 น.	35.10	22.65	0.72	16.30	4.99
12:00 น.	35.20	24.00	0.85	20.40	4.10

12:30 น.	35.10	16.00	0.54	8.64	
13:00 น.	34.20	19.50	0.60	11.70	3.06
13:30 น.	34.00	22.71	0.74	17.03	5.33
14:00 น.	34.10	24.00	0.85	20.16	3.13
14:30 น.	33.20	16.00	0.55	8.80	
15:00 น.	32.30	18.20	0.58	10.55	1.75
15:30 น.	30.20	20.20	0.62	12.52	1.97
16:00 น.	30.10	22.50	0.64	14.40	1.88
16:30 น.	29.00	23.40	0.74	17.31	2.91
17:00 น.	29.00	24.00	0.84	20.16	2.85

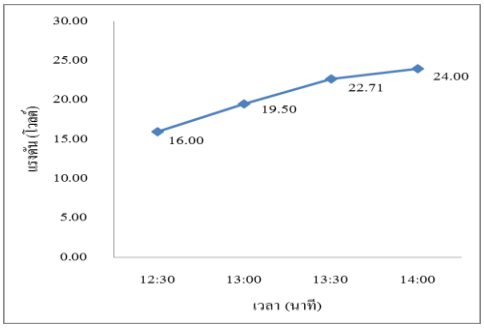
ผลการชาร์จแบตเตอรี่เริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 – 17.00 น. พบว่าช่วงเวลาที่มีกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่ในช่วงเวลา 13.30 น. การเพิ่มกำลังไฟฟ้าคือ 5.33 วัตต์ และต่ำสุดเป็นช่วงเวลา 15.00 น. กำลังไฟฟ้าที่ได้คือ 1.75 วัตต์ ซึ่งการเพิ่มกำลังไฟฟ้าสัมพันธ์กับเวลา



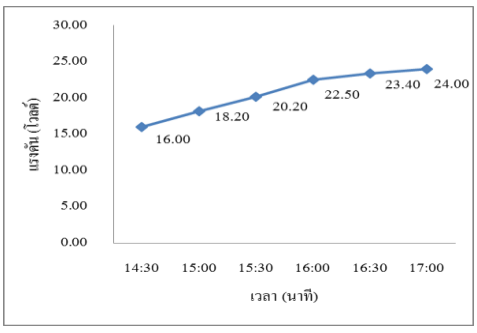
ภาพที่ 8 แสดงการชาร์จแบตเตอรี่ ช่วงเวลา 08.00 – 10.00 น.



ภาพที่ 9 แสดงการชาร์จแบตเตอรี่ ช่วงเวลา 10.30 – 12.00 น.



ภาพที่ 10 แสดงการชาร์จแบตเตอรี่



ภาพที่ 11 แสดงการชาร์จแบตเตอรี่

ช่วงเวลา 12.30 – 14.00 น. ช่วงเวลา 14.30 – 17.00 น.

ผลการทดลองการตัดหญ้าของตัวรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เทียบกับรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า โดยการทดลองตัดหญ้า 3 ระดับคือความสูงของหญ้าเฉลี่ย 5 เซนติเมตร , 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร โดยใช้พื้นที่ทดลองขนาด 30 ตารางเมตร

การทดลองตัดหญ้ากับรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ตารางที่ 2 ผลการทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 5 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	ก่อนตัด		หลังตัด		เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)	ความเร็วรอบใบมีดก่อนตัด (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบใบมีดหลังตัด (รอบต่อนาที)
		ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)	ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)			
<5 (cm)	1	24.50	0.86	23.10	0.67	4.30	452.80	233.10
	2	24.30	0.85	23.05	0.65	4.14	441.70	232.00
	3	24.20	0.84	23.00	0.62	4.12	435.70	231.90
	ค่าเฉลี่ย	24.33	0.85	23.05	0.65	4.18	443.40	232.30

ตารางที่ 3 ผลทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 10 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	ก่อนตัด		หลังตัด		เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)	ความเร็วรอบใบมีดก่อนตัด (รอบต่อนาที)	ความเร็วใบมีดรอบหลังตัด (รอบต่อนาที)
		ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)	ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)			
<10 (cm)	1	24.50	0.85	23.07	0.65	5.50	452.30	233.00
	2	24.30	0.84	23.04	0.63	5.30	441.50	231.20
	3	24.20	0.83	23.00	0.62	5.20	435.70	230.90
	ค่าเฉลี่ย	24.33	0.84	23.03	0.63	5.33	443.20	231.70

ตารางที่ 4 ผลทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 15 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	ก่อนตัด		หลังตัด		เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)	ความเร็วรอบใบมีดก่อนตัด (รอบต่อนาที)	ความเร็วใบมีดรอบหลังตัด (รอบต่อนาที)
		ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)	ความต่างศักย์ (V)	กระแส (A)			
>15 (cm)	1	24.50	0.85	22.15	0.62	6.55	452.20	222.50
	2	24.30	0.84	22.09	0.61	6.35	441.60	221.50
	3	24.20	0.83	22.07	0.60	6.20	435.60	221.40
	ค่าเฉลี่ย	24.33	0.84	22.10	0.61	6.36	443.10	221.60

การทดลองตัดหญ้ากับรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า

ตารางที่ 5 ผลทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 5 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)
<5 (cm)	1	3.55
	2	3.48
	3	3.42
	เฉลี่ย	3.48

ตารางที่ 6 ผลทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 10 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)
<10 (cm)	1	4.27
	2	4.31
	3	4.36
	เฉลี่ย	3.31

ตารางที่ 7 ผลทดลองความสูงของหญ้า เฉลี่ย 15 เซนติเมตร โดยใช้รถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน

ความยาวหญ้าเฉลี่ย	ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการตัดหญ้า (นาที)
<15 (cm)	1	5.21
	2	5.32
	3	5.41
	เฉลี่ย	5.31

วิจารณ์และสรุปผล

จากการทำงานของรถตัดหญ้าแบบเดิมที่ใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน จะประสบปัญหาเรื่องเสียงดังและมลพิษทางอากาศ และจากการพัฒนารถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์นี้ขึ้นมา ทำให้ลดเสียงดังลง และลดมลพิษทางอากาศลงด้วย

ผลการชาร์จของแบตเตอรี่

จากผลการชาร์จของแบตเตอรี่ 24 โวลต์ ที่มีแรงดันเริ่มต้น 16 โวลต์ เมื่อปรับแผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ ให้ทำมุม 30 องศากับพื้นดิน โดยทำงานทดลองการชาร์จแบตเตอรี่ ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. พบว่าในช่วงเวลาที่ชาร์จแบตเตอรี่ ที่ให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดของวันจะอยู่ในช่วงเวลา 13.30 น. การเพิ่มของกำลังไฟฟ้าสูงสุด คือ 5.53 วัตต์ และต่ำสุดเป็นช่วงเวลา 15.00 น. กำลังไฟฟ้าคือ 1.73 วัตต์ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลาที่ทำการชาร์จแบตเตอรี่ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดคือช่วงเวลา

13.30 น.

ผลการทดสอบสมรรถนะของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทดลองตัดหญ้า 3 ระดับได้แก่ระดับ 5 เซนติเมตร , 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตร ในพื้นที่ 30 ตารางเมตร พบว่าใช้เวลาในการตัดหญ้าที่แตกต่างกัน โดยหญ้าที่มีความสูงเฉลี่ย 15 เซนติเมตร จะใช้เวลาในการตัดมากกว่าหญ้าที่มีความสูงเฉลี่ย 5 เซนติเมตร และ 10 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบการตัดหญ้ากับรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง พบว่าลักษณะการขาดของหญ้าที่ตัดไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตัดหญ้าของรถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กับรถตัดหญ้าที่ใช้เครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 6.5 แรงม้า รถตัดหญ้าไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ มีสมรรถนะ 76.17 %

ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการเพิ่มชุดควบคุมแผงโซล่าเซลล์ให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามมุมต่างๆของดวงอาทิตย์เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าจากโซล่าเซลล์สูง และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2.ควรเพิ่มขนาดของแผงโซล่าเซลล์ให้เพียงพอต่อการชาร์จเพื่อให้ใช้เวลาในการชาร์จน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษา สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุน ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย และให้คำแนะนำช่วยเหลือให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณศูนย์สาธิตฝึกอาชีพเศรษฐกิจพอเพียง มูลนิธิสงเคราะห์เด็กของสภากาชาดไทย อ.รัตภูมิ จ.สงขลา ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สนามหญ้าในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า.(2558). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.kroo-suchat.com/
(วันที่สืบค้น: 12 กรกฎาคม 2558).

การผลิตไฟฟ้าโดยเซลล์แสงอาทิตย์ (2558). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th
(วันที่สืบค้น: 12 สิงหาคม 2558).

ความเข้มของแสงอาทิตย์.(2558). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.eppo.go.th/power/powerN/PICP/
(วันที่สืบค้น: 12 กรกฎาคม 2558).

จิรภัทร ขำญาติ (2545). โครงการนำร่องผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม . วิศวกรรมสาร55 (10).

บริษัท ส.พลังแสงอาทิตย์ จำกัด.(2560). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.spower.co.th
(วันที่สืบค้น : 19 มกราคม 2560).

ประณต กุลประสูติ (2542).ทฤษฎีเครื่องยนต์เล็ก .สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สมคิด วิริยประสิทธิ์ชัย , สมบูรณ์ มาลานนท์ (2548). แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบเชิงเส้น .สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ . กรุงเพทฯ

สิริชัย ปัญญาสมาธิ (2548). การปรับปรุงประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.

กรุงเทพฯ.มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี.

LEONICS (2560).ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์).[ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.leonics.co.th (วันที่สืบค้น : 12 กรกฎาคม 2560).

ระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

Automatic Germinated Brown Rice (GBR) Cultivation Systems

กฤษฎา พวงสุวรรณ[1*] สหพงศ์ สมวงค์[1] วิทวัส สกุลทอง[1] และ ศิริวัฒน์ เสนากัสป์[1]

Kritsada Puangsuwan[1*] Sahapong Somwong[1] Wittawat Sakunthong[1] Siriwat Sanakas[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติเพื่อลดกระบวนการเพาะข้าวกล้องงอกแบบวิสาหกิจชุมชนที่อาศัยมนุษย์ในการเฝ้าดูแลและเพิ่มคุณภาพผลผลิต ระบบแบบอัตโนมัตินี้มีการเติมน้ำ การแช่ การบ่ม การชะล้าง และควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะที่เหมาะสมกว่าแบบวิสาหกิจชุมชน โดยอากาศที่ไหลเวียนในระบบเพาะมีความสม่ำเสมอ และผ่านการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในสภาวะต่างๆ ที่เหมาะสมกับข้าวกล้องงอก ในงานวิจัยนี้ใช้ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ปริมาณ 3 กิโลกรัม ในการทดสอบเพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวจมูกข้าวกล้อง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสำหรับการเพาะข้าวกล้องงอก จากการทดลองควบคุมอุณหภูมิที่ 35 ºC และความชื้นสัมพัทธ์ช่วง 45 - 60%RH ช่วงเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง การเพาะด้วยระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีการงอก 80±7.07% และความยาวจมูกข้าวกล้อง 0.71±0.06 มิลลิเมตร ดีกว่าช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเบี่ยงเบนมาตราฐานไม่เกิน 0.79 ºC และ 3.01%RH ตามลำดับ นอกจากนี้ มีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของระบบต้นแบบ ระบบใช้ปริมาณไฟฟ้าประมาณ 1,413 บาทต่อเดือน มีกำไร 6,537 บาทต่อเดือน และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน จึงเหมาะสมแก่การลงทุน

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก, การงอก, ความยาวจมูกข้าว, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1] Department of electrical engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology, Bo Yang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Kritsada_enet05@hotmail.com

ABSTRACT

This research is the development of an automatic Germinated Brown Rice (GBR) cultivation systems to reduce the process and increase the quality of the GBR. This system is automatically filled with water, soaking, curing, rinsing, temperature (T) control and relative humidity (RH). It is a better condition than the community enterprise of GBR cultivation. The air circulation in the culture system is uniform through the measurement of temperature and relative humidity in various conditions by temperature sensor and humidity sensor. The Jasmine brown Rice105 about 3,000 grams is used to study the percentage of germination, the length of nose brown rice, and the T and RH control in the system. In addition, there is an economic analysis of the system. The experiment was temperature and the % RH controlled at 35 ºC and range of 45 to 60, respectively. The time periods for experiment are 24 and 48 hours. From the experiment, it found that the T and RH control in the system in the time period of 48 hours had a germination percentage and the length of nose brown rice are 80 and 0.71 mm., respectively. Which is better than time period of 24 hours. The system can control the T and RH with standard deviation of 0.79 and 3.09, respectively. Moreover, the electricity supply of system is 1,413 Baht per month, which has profit about 6,537 Baht per month. The payback period is about 3 month appropriate investments.

Keyword: germinated brown rice, germination, length of nose, relative humidity and temperature control

บทนำ

ประชากรโลกมากกว่าครึ่งบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักและการบริโภค 90 % เป็นชาวเอเชีย ปัจจุบันนวัตกรรมหนึ่งที่ได้รับความสนใจในกลุ่มผู้รักสุขภาพของไทยเป็นอย่างมากคือ ข้าวกล้องงอก (Germinated Brown Rice; GBR) กระบวนการเพาะข้าวกล้องงอกเริ่มจากนำข้าวกล้องแช่น้ำให้จมูกข้าว (Germ) มีการงอก ซึ่งบริเวณนี้อุดมด้วยปริมาณสารอาหารมากมาย อาทิ ใยอาหาร กรดไฟติก วิตามินซี วิตามินอี และสารกาบา (Gamma Amino Butyric Acid; GABA) ช่วยป้องกันโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง เบาหวาน และยังช่วยควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น (Komatsuzaki *et al*., 2003) ทั่วไปการเพาะข้าวกล้องแบบวิสาหกิจชุมชนต้องแช่น้ำและเปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 4 ชั่วโมง ให้เกิดการงอกของจมูกข้าวเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการบูดเน่า (สุนัน และจตุรงค์, 2556; กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการงอกของจมูกข้าวประกอบด้วยอุณหภูมิ (Temperature; T) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) ของข้าวกล้อง อย่างไรก็ดี การเพาะด้วยวิธีนี้อาจพบปัญหาคือ ผู้ที่ทำการเพาะต้องคอยเฝ้าเปลี่ยนถ่ายน้ำข้าวกล้องตลอดเวลาและขาดการควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสม จึงมีผลกระทบต่อการงอก การเน่าเสีย สี และกลิ่นของข้าวกล้องงอก มีนักวิจัยหลายท่านพัฒนาเครื่องเพาะข้าวกล้องงอกและข้าวเปลือกงอกที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม แต่มีข้อเสียเรื่องการชะล้างข้าวกล้องแบบอัตโนมัติและต้นทุนการผลิตสูง (ชาญวิทย์ และคณะ 2552; วรนุช 2552; ชัยวัฒน์ และ

เอกราช 2554) นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่พัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบวิสาหกิจชุมชนที่มีการถ่ายไหลเวียนอากาศที่ดี มีกระบวนการเติมน้ำ การแช่ การบ่ม และการชะล้างแบบอัตโนมัติ แต่ระบบดังกล่าวยังขาดการควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เพาะที่เหมาะสม (สุนัน และจตุรงค์, 2556)

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติที่มีกระบวนการเติมน้ำ การแช่ การบ่ม การชะล้าง และควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสมสำหรับทดแทนระบบการเพาะแบบวิสาหกิจชุมชน โดยวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก และความยาวของจมูกข้าวกล้องในสภาวะที่ควบคุมระบบเพาะ นอกจากนี้ มีการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์การเพาะของระบบ

การออกแบบและการทำงานระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

1.ระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

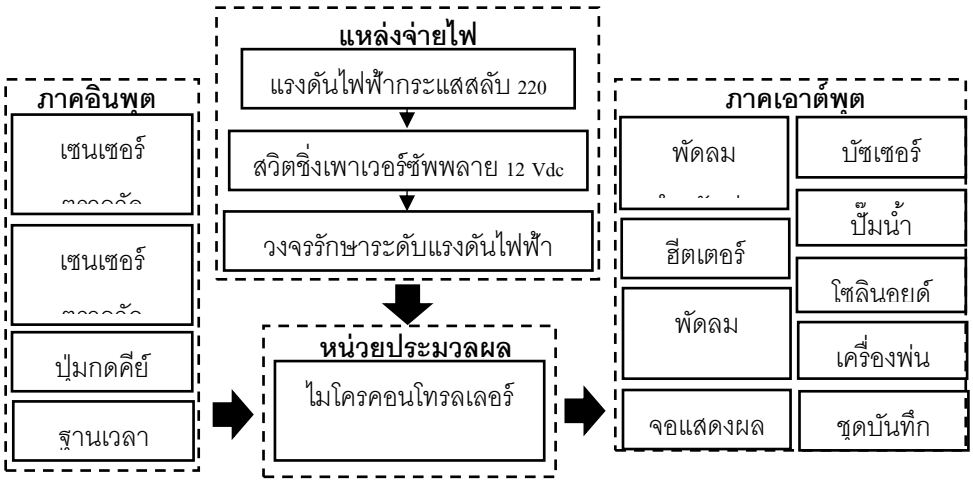
ตู้เพาะมีความกว้าง 50 เซนติเมตร ความยาว 80 เซนติเมตร และความสูง 137 เซนติเมตร ใช้แผ่นอะลูมิเนียมติดกับโครงสร้างทั้งด้านในและด้านนอกจะมีฉนวนกันความร้อนกั้นระหว่างกลางอะลูมิเนียมทั้งสองสำหรับรักษาระดับอุณหภูมิในตู้ มีถาดตะแกรงเพาะข้าวกล้องงอกร่วมกับถาดบรรจุน้ำใช้วัสดุสแตนเลสความกว้าง 32.5 เซนติเมตร ความยาว 45 เซนติเมตร และความสูง 6 เซนติเมตร สำหรับแช่น้ำ บ่ม และชะล้างข้าวกล้องจำนวน 3 ชั้น การพัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติดังภาพที่ 1 มีระบบควบคุมสภาวะภายในตู้เพาะข้าวกล้องงอกผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ 6 ส่วน คือ 1) ระบบควบคุมการถ่ายเทน้ำตลอดระยะเวลาการเพาะโดยเริ่มต้นเติมน้ำในปริมาณเหมาะสมท่วมสูงข้าวกล้อง 1 เซนติเมตร ผ่านโซลินอยด์วาล์วแช่ไว้ 4 ชั่วโมง และถ่ายน้ำออกด้วยปั๊มน้ำ หลังจากนั้นทุกๆ 4 ชั่วโมง จะฉีดสเปรย์น้ำสะอาดระยะเวลา 2 วินาที เพื่อเพิ่มปริมาณความชื้นให้เมล็ดข้าวกล้อง 2) ระบบดูดอากาศออกจากระบบเพาะจะเปิดพัดลมดูดเมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ในระบบเพาะ 3) ระบบควบคุมแหล่งผลิตความร้อนทำงานเมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิต่ำกว่ามาตรฐาน 4) ระบบควบคุมแหล่งผลิตความชื้นทำงานเมื่อเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่ามาตรฐาน 5) ระบบควบคุมการไหลเวียนอากาศในระบบทำงานตามระยะเวลาที่ระบุไว้เป็นช่วงๆ เพื่อให้อากาศทั่วถึงภายในระบบ และ 6) ระบบตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



ภาพที่ 1 ระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

2. การทำงานของระบบควบคุมเครื่องเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

การควบคุมระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติใช้การประมวลผลการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 สามารถระบุค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และระยะเวลาเพาะข้าวกล้องได้ตามต้องการผู้ใช้งาน มีการควบคุมอุณหภูมิผ่านเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS18B20 และความชื้นสัมพัทธ์ด้วยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ เบอร์ AM2301 ในระบบเพาะแบบอัตโนมัติและแสดงผลผ่านจอแสดงผล นำค่าวัดจริงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์กับค่าอ้างอิงไปประมวลผล



ภาพที่ 2 หลักการทำงานของระบบควบคุม

ภาพที่ 2 อธิบายหลักการทำงานระบบควบคุมมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ ส่วนแรกแหล่งจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ผ่านสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 10 แอมแปร์ แล้วนำมาผ่านวงจรรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 9 โวลต์ 2 แอมแปร์ เป็นแหล่งจ่ายให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อุปกรณ์อินพุตและอุปกรณ์เอาต์พุต ส่วนที่สองหน่วยประมวลผลใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 เป็นส่วนควบคุมการทำงานของระบบเพาะทั้งหมด ส่วนที่สามภาคอินพุตทำหน้าที่ส่งสัญญาณมายังไมโครคอนโทรลเลอร์และประมวลผลสัญญาณอินพุตไปควบคุมอุปกรณ์ภาคเอาต์พุต ส่วนสุดท้ายภาคเอาต์พุตอุปกรณ์จะทำงานเมื่อได้รับคำสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การทดสอบระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

1.1 การสอบเทียบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

การสอบเทียบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS18B20 เทียบเคียงเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ RTD: PT100 ผ่านเครื่องสอบเทียบอุณหภูมิ Fluke 6102 ช่วงอุณหภูมิ 30 ถึง 50 °C ครอบคลุมอุณหภูมิเพาะที่ 35 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของจมูกข้าวกล้อง (Patil and Khan, 2011;สุนัน และจตุรงค์, 2556) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพความแม่นยำระหว่างเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิทั้ง 2 แบบ

1.2 การทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เพาะ

การทดสอบสภาวะไร้น้ำและบรรจุน้ำในภาชนะเพาะข้าวกล้องสำหรับวิเคราะห์การทำงานของระบบเพาะแบบอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิเพาะ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในระบบ 45 - 60%RH มีการบันทึกค่าทุกๆ 10 นาที ตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2. การทดลองและเก็บข้อมูลของข้าวกล้องงอกที่ผ่านระบบเพาะต้นแบบ

การทดลองและเก็บข้อมูลลักษณะเชิงกายภาพของข้าวกล้องงอกที่ผ่านกระบวนการเพาะด้วยระบบแบบอัตโนมัติ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวของจมูกข้าวกล้อง และค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในตู้ ณ เวลาเพาะแตกต่างกัน ส่วนการใช้พลังงานของระบบเพาะนำไปวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ให้ทราบถึงความคุ้มทุนว่าเหมาะสมแก่การลงทุนจัดสร้างระบบเพาะแบบอัตโนมัติ

2.1 เตรียมตัวอย่าง

การทดลองใช้ตัวอย่างข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ปริมาณ 3 กิโลกรัม นำมาเพาะเป็นข้าวกล้องงอก โดยข้าวสายพันธุ์นี้ให้ปริมาณสาร GABA สูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่นๆ และเลือกข้าวกล้องที่กะเทาะเปลือกไม่เกิน 2 สัปดาห์ (สุนัน และจตุรงค์, 2556; พัชรี ,2560) กระบวนการเพาะนำตัวอย่างที่เตรียมตวงและชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบดิจิตอลถาดละ 1 กิโลกรัม จำนวน 3 ถาด ระบบเพาะต้นแบบมีการควบคุมการทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ ตั้งแต่การเติมน้ำ การแช่ การบ่ม การชะล้าง และควบคุมสภาวะอุณหภูมิระบบ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45 - 60 %RH จนกระทั้งสิ้นสุดกระบวนการ ขั้นตอนการเติมน้ำเข้าไปในภาชนะเพาะจนท่วมเมล็ดข้าวทุกเมล็ดและแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หลังจากนั้น ระบบมีการถ่ายเทน้ำออกแล้วทำการสเปรย์ละอองน้ำทุก 4 ชั่วโมง จนครบ 20 และ 44 ชั่วโมง หลังเสร็จสิ้นกระบวนการใช้เวลา 24 ชั่วโมง (การแช่น้ำ 4 ชั่วโมง รวมกับการบ่ม 20 ชั่วโมง) และช่วงเวลาเพาะ 48 ชั่วโมง (การแช่น้ำ 4 ชั่วโมง รวมกับการบ่ม 44 ชั่วโมง) มีการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกๆ 30 นาที แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ สำหรับหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D.)

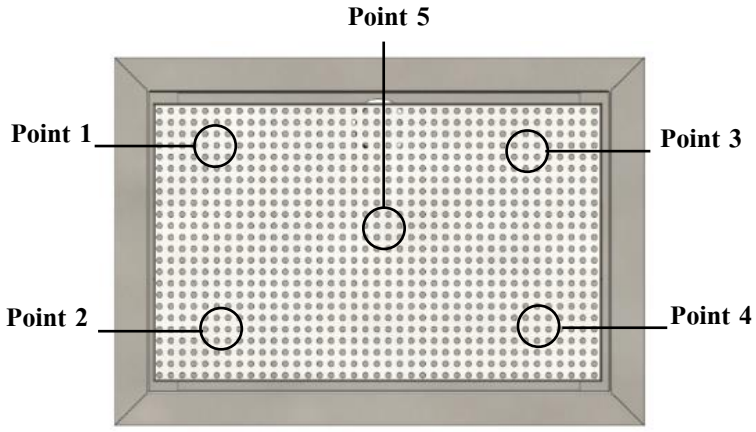
2.2 การวิเคราะห์ลักษณะเชิงกายภาพข้าวกล้องงอก

หลังเพาะข้าวกล้องงอกเสร็จสิ้นจะทำการสุ่มหยิบเมล็ดข้าวกล้องงอกในแต่ละถาด 5 ตำแหน่ง ดังภาพที่ 2 แต่ละตำแหน่งสุ่มหยิบจำนวน 20 เมล็ด ทำเช่นนี้ทุกถาดและเลือกจำนวนเมล็ดข้าวกล้องที่งอกเพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การงอก (Percentage of germination; G(%)) ดังสมการที่ (1) (ดวงเดือน และประสิทธิ์, 2553) หลังจากนั้น วัดปริมาณความยาวของจมูกข้าวกล้องโดยเลือกเมล็ดที่งอกจากการสุ่มหยิบ 20 เมล็ด จำนวน 5 เมล็ด ในถาดเพาะแต่ละตำแหน่งใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์แบบดิจิตอล รุ่น 101-2601 ที่สุ่มทั้งหมด

$$G(\%) = \frac{x}{n} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ x คือ จำนวนเมล็ดข้าวกล้องที่งอก

n คือ จำนวนเมล็ดข้าวกล้องที่สุ่มหยิบทั้งหมด



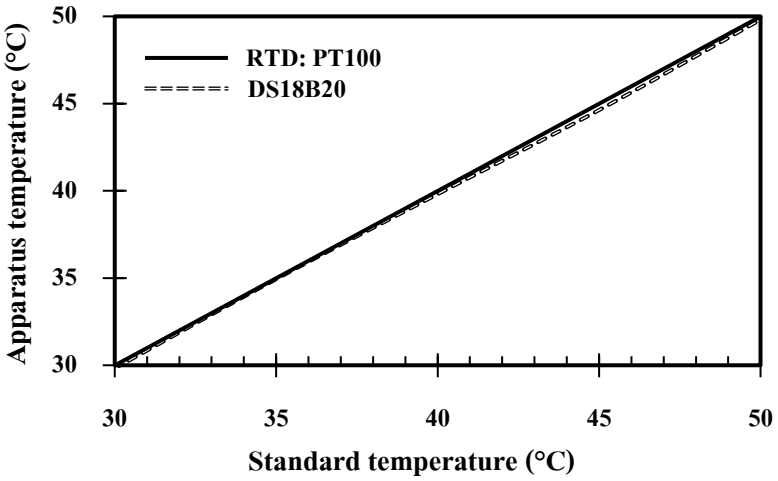
ภาพที่ 2 ตำแหน่งการสุ่มหยิบเมล็ดข้าวกล้อง

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลทดสอบระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

1.1 ผลสอบเทียบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ

ในการทดสอบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิช่วง 30 -50 °C ผ่านเครื่องสอบเทียบอุณหภูมิมาตรฐาน Fluke 6102 พบว่าเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS18B20 มีค่าความแม่นยำและค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%Error) ต่ำใกล้เคียงเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ RTD: PT100 ดังภาพที่ 3 โดยอุณหภูมิเพาะในระบบ 35 °C เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS18B20 สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ 34.94 °C มีค่า %Error เท่ากับ 0.17 ส่วนเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิแบบ RTD: PT100 สามารถตรวจวัดอุณหภูมิ 34.99 °C มีค่า %Error เท่ากับ 0.03 ดังตารางที่ 1 สรุปได้ว่าเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิเบอร์ DS18B20 จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานระบบต้นแบบเพาะข้าวกล้องงอกได้



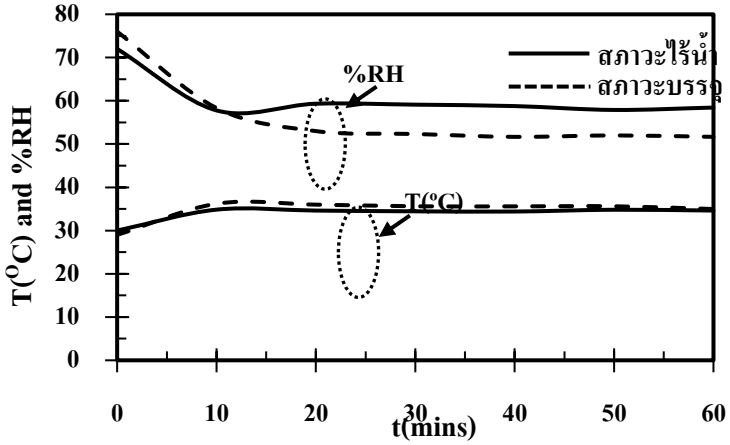
ภาพที่ 3 การสอบเทียบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เบอร์ DS18B20

ตารางที่ 1 ผลสอบเทียบเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ใช้ในระบบเพาะ

ผลสอบเทียบอุณหภูมิ (°C)				
เครื่อง Fluke 6102	**DS18B20**	**%Error**	**RTD: PT100**	**%Error**
30	29.82	0.60	29.99	0.03
35	34.94	0.17	34.99	0.03
40	39.81	0.48	39.99	0.03
45	44.63	0.82	44.99	0.02
50	49.81	0.380	49.99	0.020

1.2 ผลทดสอบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบเพาะต้นแบบ

ผลทดสอบมีการพิจารณาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ 2 สภาวะคือ สภาวะไร้น้ำในระบบเพาะ และบรรจุน้ำในระบบเพาะในระยะเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อควบคุมสภาวะอุณหภูมิระบบ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ช่วง 45 - 60%RH ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การควบคุมอุณหภูมิ 35°C ในระบบเพาะ ณ สภาวะต่างๆ

ภาพที่ 4 เริ่มต้นทดสอบสภาวะระบบทั้ง 2 กรณี สังเกตว่าสภาวะไร้น้ำในระบบใช้เวลา 10 นาที ควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้น 30 °C ไปสู่อุณหภูมิเป้าหมาย 35 °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต้นแบบระบบเพาะตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง ประมาณ 34.62±0.16 °C ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้น 72 %RH ใช้เวลา 7 นาที ในการให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์อยู่ช่วง 45 - 60%RH เป็นเวลา 53 นาที มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ระบบ 58.56±0.58 %RH อีกกรณีสภาวะบรรจุน้ำในระบบใช้เวลา 15 นาที ควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นไปสู่อุณหภูมิเป้าหมาย และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระบบเพาะตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง ประมาณ 35.67±0.38 °C ส่วนความชื้นสัมพัทธ์เริ่มต้น 76%RH ใช้เวลา 9 นาที เพื่อให้อยู่ช่วงความชื้นสัมพัทธ์เป้าหมาย และตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ระบบ 53.17±2.36 %RH สรุปได้ว่า ระบบเพาะต้นแบบสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบได้ตามเป้าหมาย และสภาวะบรรจุน้ำในระบบที่ใช้ในการแช่ การบ่ม และชะล้างข้าวกล้องงอกมีผลต่อการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป้าหมายนานกว่าสภาวะไร้น้ำในระบบ

2. ผลทดลองเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

การทดลองเพาะข้าวกล้องมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบตลอดช่วงเวลาเพาะ และวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวของจมูกข้าวกล้อง และค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบขณะทดลอง

2.1 เปอร์เซ็นต์การงอก

การทดลองหาเปอร์เซ็นต์การงอกของจมูกข้าวกล้องสามารถวิเคราะห์ดังสมการที่ (1) ระบบเพาะจะมีการควบคุมสภาวะอุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45 - 60%RH เทียบเคียงระยะเวลาเพาะ 24 และ 48 ชั่วโมง



ภาพที่ 5 เปอร์เซ็นต์การงอกของจมูกข้าวกล้อง ณ เวลาเพาะ 24 และ 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการงอกของจมูกข้าวกล้อง ณ เวลาเพาะต่างกัน

ตำแหน่งสุ่มหยิบ	24 ชั่วโมง		48 ชั่วโมง	
	เมล็ดสมบูรณ์	เปอร์เซ็นต์การงอก	เมล็ดสมบูรณ์	เปอร์เซ็นต์การงอก
1	13	65	14	70
2	13	65	15	75
3	14	70	17	85
4	15	75	17	85
5	14	70	17	85
Mean	13.80	69	16	80
S.D.	±0.84	±4.18	±1.41	±7.07

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะเชิงกายภาพของการงอกเมื่อผ่านระบบเพาะแบบอัตโนมัติที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยสุ่มหยิบเมล็ดข้าวกล้องแต่ละตำแหน่งในถาดเพาะปริมาณ 20 เมล็ด ด้านซ้ายแสดงถึงจำนวนเมล็ดข้าวกล้องที่งอกสมบูรณ์ และด้านขวาเป็นจำนวนเมล็ดที่ไม่มีคุณภาพ เช่น ไม่มีการงอก เมล็ดหัก และเมล็ดแตก เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการงอกที่ปริมาณข้าวกล้องงอกในแต่ละถาด ณ ช่วงเวลาเพาะแตกต่างกัน ผลพบว่าช่วงเวลาเพาะ 48 ชั่วโมง ให้เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการงอกของจมูกข้าวกล้อง 80±7.07% สูงกว่าช่วงเวลาเพาะ 24 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยการงอกของจมูกข้าวกล้อง 69±4.18% สามารถสรุปได้ว่าช่วงเวลาเพาะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของจมูกข้าวกล้องที่สูงขึ้น โดยมีงานวิจัยหลายฉบับได้ศึกษาปริมาณสาร GABA ที่เทียบเคียงกรณีไม่ผ่านการเพาะและผ่านการเพาะเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าข้าวกล้องที่ไม่ผ่านการเพาะให้ปริมาณสาร GABA ไม่เกิน 6.04 มิลลิกรัม แต่เมื่อผ่านกระบวนการเพาะในช่วงเวลาที่นานขึ้นจะให้ปริมาณสาร GABA สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Patil and Khan, 2011; ภนิดา และเสาวลักษณ์, 2550) แต่ข้อเสียของการเพาะที่นานขึ้นจะทำให้ปริมาณข้าวกล้องงอกมีกลิ่นเหม็นเน่าที่เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ หากไม่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในระบบเพาะที่ดี

2.2 ความยาวของจมูกข้าวกล้อง

การวิเคราะห์ความยาวของจมูกข้าวกล้องจะนำเมล็ดข้าวกล้องที่งอกสมบูรณ์แต่ละตำแหน่งในถาดเพาะจำนวน 5 เมล็ด มาวัดความยาวของจมูกข้าวกล้องด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ โดยความยาวการงอกของจมูกข้าวกล้องที่เหมาะสม 0.5 ถึง 1 มิลลิเมตร จะให้ปริมาณสาร GABA สูงสุด (สำนักงานมาตรฐานสินค้าและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555; Komatsuzaki *et al*., 2003; Patil and Khan, 2011)

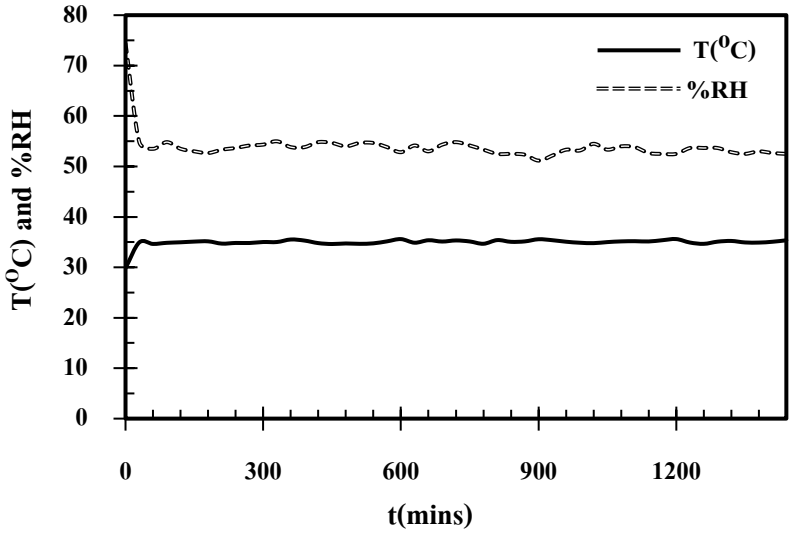
ตารางที่ 3 ความยาวเฉลี่ยจมูกข้าวกล้องจำนวน 5 เมล็ด แต่ละตำแหน่ง

ตำแหน่งสุ่มหยิบ	ความยาวของจมูกข้าวกล้อง (มิลลิเมตร)	
	24 ชั่วโมง	**48 ชั่วโมง**
1	0.60	0.77
2	0.58	0.68
3	0.63	0.64
4	0.50	0.79
5	0.53	0.67
Mean	0.57	0.71
S.D.	±0.05	±0.06

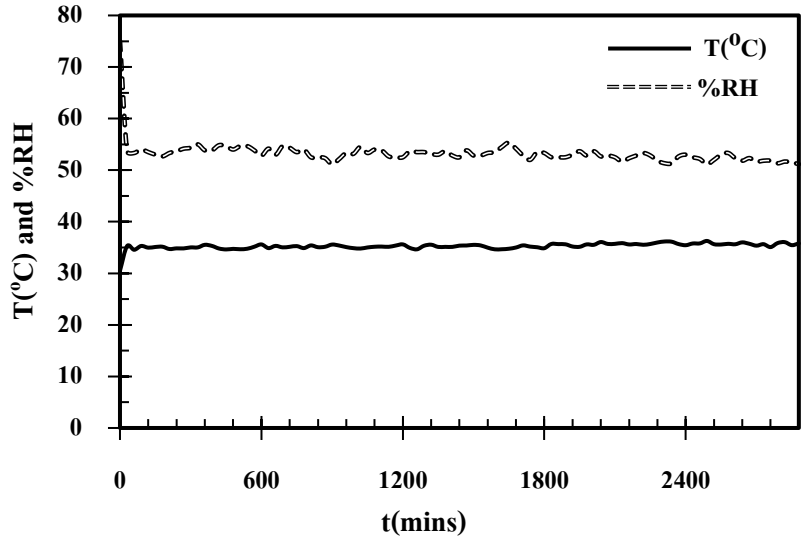
ตารางที่ 3 แสดงความยาวเฉลี่ยของจมูกข้าวกล้องทุกตำแหน่งที่ควบคุมสภาวะอุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45 - 60%RH ที่ช่วงเวลาเพาะต่างกัน ผลทดลองพบว่าช่วงเวลาเพาะ 48 ชั่วโมง มีปริมาณความยาวเฉลี่ยของจมูกข้าวกล้อง 0.71±0.06 มิลลิเมตร มีการงอกที่ยาวกว่าช่วงเวลาเพาะ 24 ชั่วโมง ที่ให้ปริมาณความยาวเฉลี่ยของจมูกข้าวกล้อง 0.57±0.05 มิลลิเมตร ซึ่งถือได้ว่าระบบเพาะแบบอัตโนมัติให้ขนาดความยาวของจมูกข้าวกล้องที่งอกเหมาะสม

2.3 การควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เพาะ

ในกระบวนการเพาะข้าวกล้องงอกแต่ละครั้งระบบเพาะต้นแบบจะมีการบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกครั้งและบันทึกค่าทุกๆ 30 นาที ตลอดช่วงเวลาเพาะที่ผู้ใช้ระบุบ ส่วนการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระบบเพาะ 3 ตำแหน่งในตู้เพาะนำมาเฉลี่ย เพื่อสังเกตเสถียรภาพในการควบคุมสภาวะของระบบเพาะแบบอัตโนมัติดังภาพที่ 7



(ก)



(ข)

ภาพที่ 7 การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในตู้เพาะ ณ ช่วงเวลา (ก) 24 ชั่วโมง และ (ข) 48 ชั่วโมง

ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ในการควบคุมสภาวะของระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ ณ ช่วงเวลาเพาะแตกต่างกัน โดยระบบควบคุมอุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 45 - 60%RH สังเกตพบว่าช่วงเวลาเพาะ 24 ชั่วโมง ระบบสามารถควบคุมค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 35.06±0.79 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 53.52±3.01%RH ส่วนช่วงเวลาเพาะ 48 ชั่วโมง ระบบสามารถควบคุมค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ 35.31±0.63 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 53.06±2.43%RH กล่าวได้ว่าระบบ

ต้นแบบมีการควบคุมสภาวะในการเพาะข้าวกล้องงอกที่ความแม่นยำและความคลาดเคลื่อนต่ำ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมในการเพาะอยู่ประมาณ 53%RH

2.4 ผลวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เป็นการศึกษาว่าระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติมีความคุ้มทุนในการลงทุนหรือไม่

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ

ต้นทุนระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ (บาท)	17,400
ค่าตอบแทน (บาทต่อเดือน)	9,000
ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)	1,413
รายได้ (บาทต่อเดือน)	7,587
ต้นทุนข้าวกล้อง (บาทต่อเดือน)	1,050
กำไรข้าวกล้องงอก (บาทต่อเดือน)	6,537
ระยะเวลาคืนทุนระบบเพาะ (เดือน)	2.66

ตารางที่ 4 กระบวนการเพาะผ่านระบบต้นแบบได้ปริมาณข้าวกล้องงอก 3 กิโลกรัม ถาดละ 1 กิโลกรัม ได้ค่าตอบแทน 9,000 บาทต่อเดือน โดยต้นทุนพัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติ 17,400 บาท และใช้กำลังไฟฟ้า 1,254 วัตต์ ระบบทำงาน 16 ชั่วโมงต่อวัน ค่าไฟฟ้า 2.348 บาท (อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง การไฟฟ้านครหลวง, WWW, 2559) ระบบใช้ปริมาณค่าไฟฟ้า 1,413 บาทต่อเดือน มีรายได้ 7,587 บาทต่อเดือน คิดกำไรเมื่อเพาะข้าวกล้องงอกที่ผ่านระบบเพาะแบบอัตโนมัติ 6,537 บาทต่อเดือน และระยะเวลาคืนทุนระบบประมาณ 3 เดือน จึงเป็นระบบที่เหมาะสมในการลงทุนมาก

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบเพาะข้าวกล้องงอกแบบอัตโนมัติที่มีขนาดกำลังการเพาะเหมาะสมสำหรับแบบวิสาหกิจชุมชนที่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของจมูกข้าวกล้อง ระบบประกอบด้วยระบบผลิตความร้อน ระบบผลิตความชื้น ถาดใส่น้ำ ถาดใส่ข้าวกล้อง และถังกักเก็บน้ำ สามารถดำเนินการเพาะต่อเนื่อง 3 กิโลกรัมต่อวัน มีการเติมน้ำ การแช่ การบ่ม การชะล้าง และควบคุมสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้เหมาะสม การทดลองมีการควบคุมอุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์ช่วง 45 ถึง 60%RH ที่ช่วงเวลาเพาะ 24 และ 48 ชั่วโมง

ผลการวิเคราะห์ข้าวกล้องที่ผ่านระบบเพาะต้นแบบที่ควบคุมสภาวะในระบบเพาะที่เวลา 48 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การงอกถึง 80±7.07% และความยาวของจมูกข้าวกล้อง 0.71±0.06 มิลลิเมตร สูงกว่ากรณีระยะเวลา 24 ชั่วโมง สรุปช่วงเวลาเพาะที่นานมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอกและความยาวของจมูกข้าวกล้องที่สูงขึ้น ระบบต้นแบบมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเพาะที่มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ ด้านเชิงเศรษฐศาสตร์ของการเพาะแบบอัตโนมัติใช้ปริมาณค่าไฟฟ้า 1,413 บาทต่อเดือน มีกำไร 6,537 บาทต่อเดือน และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน จึงเหมาะสมแก่การลงทุนและยกระดับกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทุนสนับสนุนข้อเสนอโครงงาน สิ่งประดิษฐ์คิดค้นและนวัตกรรมระดับอุดมศึกษา 2561 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้การสนับสนุนด้านการเดินทาง

เอกสารอ้างอิง

ชัยวัฒน์ ทองวันชัย และเอกราช ตากกระโทก. 2554. การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ผลิตข้าวเปลือกงอกที่ให้สาร GABA สูง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชาญวิทย์ ศรีเพ็ญชัย อภิชาต อาจนาเสียว และทินกร คำแสน. 2552. เครื่องผลิตข้าวเปลือกงอก, *ใน* **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23.** มหาวิทยาลัยขอนแก่น, เชียงใหม่.

ดวงเดือน สตีเฟน และประสิทธิ์. 2553. การกระตุ้นการงอกของเมล็ดไม้ต้นหายากบางชนิดเพื่อการฟื้นฟูป่าในภาคเหนือของประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.**

พัชรี. 2560. **การใช้ประโยชน์จากคัพภะข้าว และข้าวกล้องงอกเป็นอาหารสุขภาพเพื่อเพิ่มมูลค่า**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ภนิดา นาคเกลี้ยง และเสาวลักษณ์ หีมใบ. 2550. **ข้าวกล้องงอกและแนวทางการใช้ประโยชน์ (Properties and application of Germinated Brown Rice).** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, สนับสนุนโครงการโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการทำวิจัย (สกว.) สำนักงานภาค.

วรนุช ศรีเจษฎารักษ์. 2552. **เปิดความลับทำข้าวกล้องงอก อร่อย แถมได้ GABA สูงกับ มข.** แหล่งที่มา: http://onknow.blogspot.com/2009/04/gaba.html,1 มิถุนายน 2560.

สุนันท์ ปานสาคร และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์. 2556. **ข้าวกล้องงอกทำง่าย ได้ประโยชน์สูง**. สถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. **การปฏิบัติที่ดีสำหรับข้าวกล้องงอก.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

อัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่าง การไฟฟ้านครหลวง, แหล่งที่มา: http://www.mea.or.th/profile/index.php?tid=3&mid=111&pid=109,1 มิถุนายน 2560.

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., and Kimura, T. 2003. Effect of soaking and gaseous phase sprout processing on the GABA content of pre-germinated brown rice. **Retrieved from: The American Society of Agricultural and Biological Engineer.** Paper number: 036073.

Patil, SB and Khan, MK. 2011. Germinated brown rice as a value added rice product: A review. ***Journal of Food Science and Technology*** 48(6): 661-667.

แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน

The Smart Home Monitoring System Model

นุชจิเรศ แก้วสกุล[1] วีรวุฒิ ขันรัตน์[2] และกรภัทร เฉลิมวงค์[3]

Nutjired Kheowsakul[1] , Weerawut Khanrat[2] and Korrapat chaleamvongt[3]

บทคัดย่อ

บ้านอัจฉริยะได้เข้ามามีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมาก ในการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยการใช้เทคโนโลยีมาทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เช่น ระบบรักษาความปลอดภัยอัตโนมัติภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้อยู่อาศัย ระบบรักษาความปลอดภัยสามารถสรุปผลได้ว่า แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน ประกอบไปด้วย 2 ส่วน 1) ส่วนฮาร์ดแวร์ และ 2) ส่วนซอฟแวร์ โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ ได้มีการสร้างโมเดลบ้านขนาดขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร โดยใช้ชุดควบคุม ประกอบด้วยคีย์แพดสำหรับกดรหัส หน้าจอแอลซีดีแสดงสถานะการทำงานของระบบ รีเลย์ที่ควบคุมการทำงานของระบบ เซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและกล้องเว็บแคมจับภาพ ในส่วนของซอฟแวร์ ใช้โปรแกรมของกล้องเว็บแคม ในการควบคุมการจับภาพ โดยโปรแกรมของกล้องเว็บแคม จะรับคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบจากโปรแกรม Arduino และแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองการทำงานของระบบ ซึ่งมีการควบคุม 2 แบบ คือ 1) การควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง 2) ควบคุมระยะการตอบสนองของเซนเซอร์ในการจับการเคลื่อนไหว ซึ่งผลจากการทดลองสรุปได้ว่า การควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง คิดเป็นร้อยละ 50 และการควบคุมระยะการตอบสนองของเซนเซอร์ในการจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์ตอบสนองดีที่สุดอยู่ที่ 80-200 เซนติเมตรและรองลงมา คือ ระยะ 40-70 เซนติเมตร และสุดท้ายคือระยะ 10-30 เซนติเมตร

คำสำคัญ : ระบบตรวจสอบบ้านอัจฉริยะ,เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว

[1,3] หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 2/1 ถนนราชดำเนินนอก ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

[1,3] Program in Electronics and Telecommunication Engineering,Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya., 2/1 Ratchadamnoen Nok, Bo Yang, Muang, Songkhla 900000, Thailand

[2]ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา 128 ถ.ห้วยแก้ว ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[2] Faculty of Engineering : 128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : nut2222@hotmail.com

ABSTRACT

The Smart Home has an important role in the daily life of a man by the use of technology to take control of the devices in your home to facilitate the user is a management system wide variety of the system including security system automated home, the system model the security check in your home with 2 part 1), the hardware and 2) the software by in the section of the hardware is a model home size Width 60 centimeters long 60 centimeters up 20 centimeters by using the control unit consists of a key for the press LCD screen displays the status of the operation of the system to relay to control the operation of the system. The motion sensor and the webcam capture in the section of the software using the program of the webcam to control the image captured by the program of the webcam will receive the command controls the operation of the system from the program Arduino and display the computer screen.

The results of the test the operation of the system with the control of 2 is 1) to control the direction of rotation of the camera. 2) Remote control the response of the sensor in the handle the motion that results from the trial concluded that the control of the direction of rotation of the camera is 50 per cent and the remote control the response of the sensor in the handle to move the sensor to respond best in the Mr. Liu Yongxing centimeters and the second is the distance 40-70 centimeters and finally is the distance 10-30 centimeters

Keyword: The Smart Home, PIR Motion Sensor

บทนำ

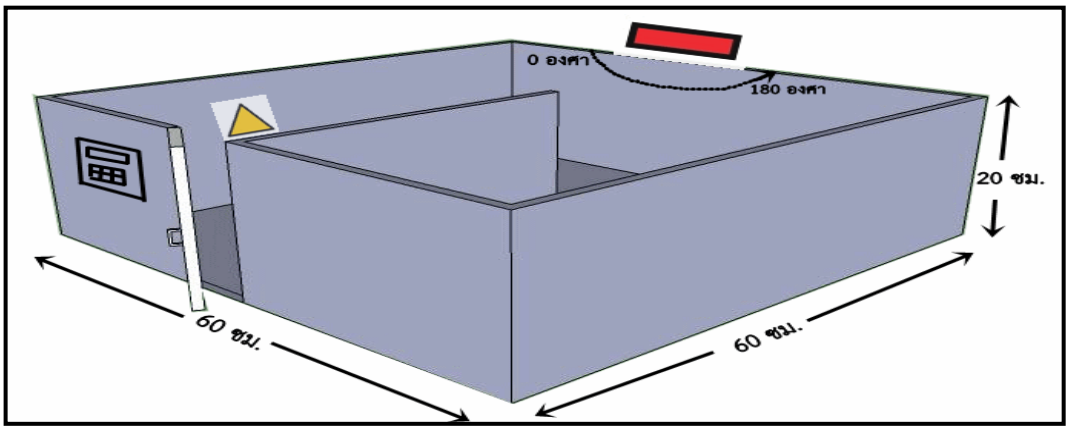
Smart home หรือบ้านอัจฉริยะได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ เป็นอย่างมากในการดำเนินชีวิตประจำวัน ของมนุษย์ โดยการใช้เทคโนโลยี มาทำการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้อยู่อาศัย มีระบบการจัดการต่างๆ มากมายหลายระบบ รวมทั้งระบบรักษาความปลอดภัยอัตโนมัติภายใน ซึ่งถือว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันโดยทั่วไประบบรักษาความปลอดภัย มีอยู่หลายรูปแบบ แต่มีจุดอ่อน ซึ่งไม่สามารถทำงานได้ครอบคลุม ต่อการรักษาความปลอดภัยในบ้าน ส่งผลให้เกิดการโจรกรรมโดยที่มิจฉาชีพ อาจใช้ข้อด้อยของระบบรักษาความปลอดภัย ใช้เป็นจุดที่จะเข้าไปโจรกรรม ที่ทำให้เกิดความเสียหาย

คณะผู้วิจัย จึงได้เห็นถึงความสำคัญและนำเสนอการพัฒนา การออกแบบและตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรักษาความปลอดภัย ให้มีความครอบคลุมสูงสุดให้ระบบการรักษาความปลอดภัยในบ้าน ซึ่งประกอบด้วย ชุดกล้อง ชุดเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ชุดArduino โดยมีลักษณะการทำงานคือ เมื่อเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิได้จะส่งสัญญาณไปยังกล้องให้จับภาพตามการเคลื่อนไหว จากนั้นจะส่งภาพเคลื่อนไหวไปแสดงผล

วิธีดำเนินการวิจัย

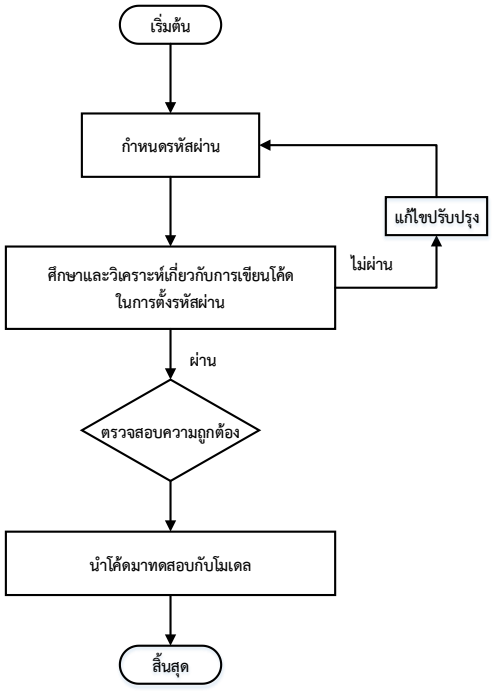
1.ส่วนโครงสร้างของโมเดล

ศึกษาการกำหนดปริมาตรของโมเดลพอได้ปริมาตรที่เหมาะสม แล้วก็ศึกษาวัสดุที่ใช้ในการสร้างโมเดลต่อไป

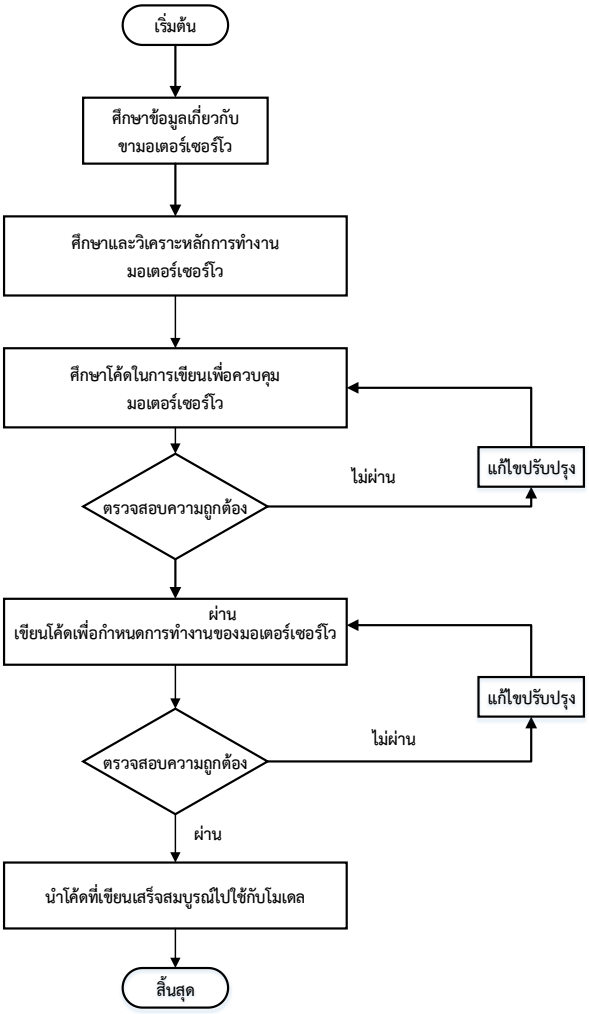


รูปที่ 1 โมเดลที่ออกแบบไว้

2. ส่วนควบคุม (โปรแกรม Arduino)



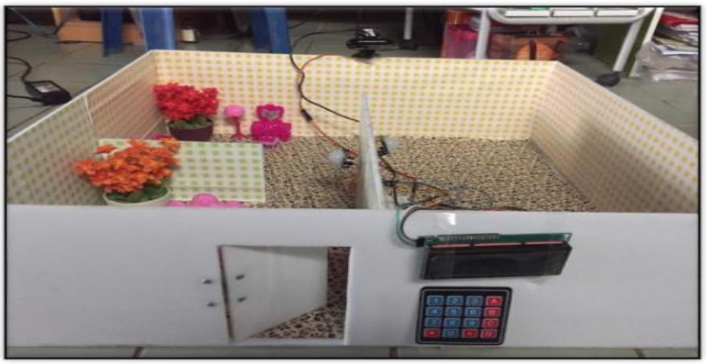
รูปที่ 2 ขั้นตอนการตั้งรหัสผ่านควบคุมโมเดล



รูปที่ 3 ขั้นตอนการศึกษาการเขียนโค้ดให้กับมอเตอร์เซอร์โว

ผลและวิจารณ์ผล

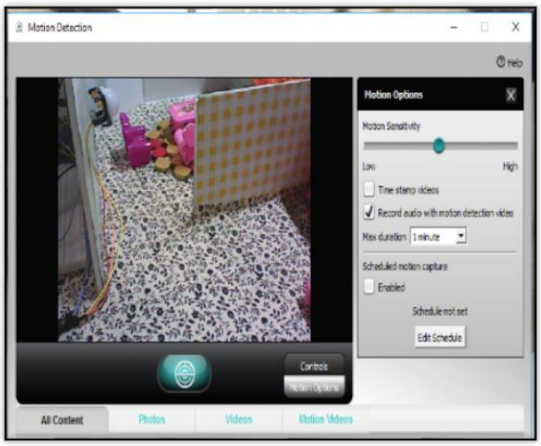
1. ด้านฮาร์ดแวร์ แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้านประกอบด้วย



รูปที่ 4 ฮาร์ดแวร์แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน

2. ด้านซอฟแวร์

แบบจำลองระบบการตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้าน ในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งโปรแกรมของกล้อง C170 ประกอบด้วย ส่วนแสดงผลที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยรับคำสั่งการทำงานมาจาก Arduino ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ส่วนแสดงผลที่ใช้เชื่อมต่อกับหน้าจอคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง

จำนวนครั้ง	หมุนขวา		หมุนซ้าย	
	หมุน	ไม่หมุน	หมุน	ไม่หมุน
1	✓		✓	
2		✓	✓	
3	✓		✓	
4	✓		✓	
5	✓		✓	
6		✓		✓
7	✓		✓	
8	✓		✓	
9		✓	✓	
10		✓	✓	

ตารางที่ 2 การคิดเทียบทิศทางการหมุนของกล้อง

การหมุนของกล้องทิศทางขวา	การหมุนของกล้องทิศทางซ้าย
10 ครั้ง เทียบ 100 เปอร์เซ็นต์	10 ครั้ง เทียบ 100 เปอร์เซ็นต์
5 ครั้ง เทียบ 50 เปอร์เซ็นต์	9 ครั้ง เทียบ 90 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 การควบคุมการตอบสนองของเซนเซอร์

ระยะทาง (เซนติเมตร)	การตอบสนอง				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ปรับปรุง
10 cm			✓		
30 cm			✓		
50 cm		✓			
70 cm		✓			
90 cm	✓				
200 cm	✓				

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองการทำงานของระบบ ซึ่งมีการควบคุม 2 แบบ คือ 1) การควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง 2) ควบคุมระยะการตอบสนองของเซนเซอร์ในการจับการเคลื่อนไหวซึ่งผลจากการทดลองสรุปได้ว่า การควบคุมทิศทางการหมุนของกล้อง คิดเป็นร้อยละ 50 และการควบคุมระยะการตอบสนองของเซนเซอร์ในการจับการเคลื่อนไหว เซนเซอร์ตอบสนองดีที่สุดอยู่ที่ระยะ 80-200 เซนติเมตร รองลงมา คือ ระยะ 40-70 เซนติเมตร และสุดท้าย คือ ระยะ 10-30 เซนติเมตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบิดามารดา น้องสเนล ผู้เป็นแรงใจในการทำงาน และเป็นตัวอย่างของการขยันต่อการทำงานเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

จอ LCD Character 20x4 (EDPM045). มปป. แหล่งที่มา : https://www.arduinoall.com/product/459/2004-lcd, 20 มีนาคม 2559.

Relay Module(EFDV237). มปป. แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article, 20 มีนาคม2559

Keypad 4x4 (EMSW025). มปป. แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article, 20 มีนาคม2559

Buzzer Module (EADN028). มปป. แหล่งที่มา https://www.arduinoall.com/product/536/active-buzzer-module-3-3-5v, 20 มีนาคม2559

LED Module (EADN023) . มปป. แหล่งที่มา http://www.alllightsshop.com/ไฟ-LED-Module- ,20 มีนาคม2559

PIR Motion Sensor Getting Started(ESEN071). มปป. แหล่งที่มา http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product, 20 มีนาคม 2559

Arduino Mega 2560 R3.มปป. แหล่งที่มา https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560, 20 มีนาคม2559

กล้องWebcam C170 . ออนไลน์] มปป. แหล่งที่มา https://www.logitech.com/th-th/product/webcam-c170, 20 มีนาคม 2559

การพัฒนาชุดการฝึกงานวัดละเอียด

The Developing An Instructional on Fine Measurement

ทวิชาติ เย็นวิเศษ[1*],จรัญ ธรรมใจ[2] และ กฤษฎา คงพูน[3]

Tawichart Yenwiset[1*] , Jaran Tamjai[2] and Kritsada Kongphoon[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาในการเรียนวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยา เนื่องจากสื่อที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ผู้เรียน มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนและเข้าใจหลักการปฏิบัติงานก่อนลงมือปฏิบัติงานจริง ดังนั้นการมีชุดการสอนที่จะเป็นสื่อช่วยในการเรียนการสอนจึงเป็นอีกปัจจัยที่จะทำให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาได้ดีและเร็วมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสื่อมีส่วนช่วยในการดึงดูดความสนใจจนนำไปสู่การเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน ซึ่งชุดการสอนประกอบไปด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใบเนื้อหา แบบฝึกหัดใบปฏิบัติการวัดและตรวจสอบ และชิ้นงานวัดละเอียด วิธีการดำเนินการจัดทำชุดการสอน วิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยา เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์ ได้มีการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและนำชิ้นงานไปใช้ในการประกอบ การเรียนการสอนกับผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือนักศึกษาที่กำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จำนวน 20 คน ใช้วิธีเลือกแบบเจาะจงเครื่องมือที่ใช้คือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินคุณภาพสื่อแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของชุดการสอน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนผลการประเมินคุณภาพสื่อโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่าโดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ความพึงพอใจที่มีต่อชุดการสอนพบว่าโดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ : ชุดการสอน ,งานวัดละเอียด ,เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์,ไมโครมิเตอร์ ,สื่อการสอน CAI

ABSTRACT

This research was from the problem of learning in 'Measurement Instrument and Metrology' subject. Because current instruction media was not proper and enough to make student understand the lessons and ready for working. To solve the problem, having a good instruction media set could be a great factor to help students understand better and progress faster. A good instruction set will attract students, keep them focus and lead to understanding lessons. The new instruction set including CAI, information sheet, problem and test, job sheet in the topic of measuring and inspection, and measuring specimen samples. The new instruction set was trialed using in the topic of vernier caliper and micrometer caliper. The trial samples were 2 0 students purposive chosen from the first year students who studying the bachelor program in industrial engineering. Research tools including CIA, learning achievement test forms, media quality assessment forms, and student satisfaction survey forms. The trial results showed that the sample student group who learned with the new media set make higher score on the test and perform better action in the laboratory. The overall media quality assessment was in good level and student satisfaction assessment were in good level.

Keyword: Instruction Package, Measurement, Vernier caliper, Micrometer, Computer-assisted instruction

---

[123]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1 23]Department of Industrial Engineering Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamagala University of Technology Srivijaya, 2/1 Rachadamnoennork Rd., Boryang, Muang, Songkhla 90000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) :Mr.KritsadaKongphoon,e-mail: kritsadabird@hotmail.com

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย

การศึกษาเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาประเทศและเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาในด้านอาชีวศึกษา ซึ่งเป็นรากฐานอันสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เพราะความเจริญของประเทศขึ้นอยู่กับทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณภาพ สามารถตอบสนองความต้องการของการขยายตัวด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม รวมทั้งรู้จักการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ การที่ประเทศไทยจะแข่งขันกับประเทศอื่นๆ ได้นั้น การให้การศึกษาในด้านการอาชีวศึกษา จึงถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาประเทศไทยเข้าสู่การแข่งขันในโลกยุคคลื่นแห่งความรู้ หรือยุคแห่งเทคโนโลยีสารสนเทศ

การจัดการเรียนการสอนในรายวิชาด้านอาชีวศึกษา เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตกำลังคนเข้าสู่การทำงานในสายอาชีพ ซึ่งเป็นผลโดยตรงต่อการพัฒนาประเทศ เพื่อให้การพัฒนาอุตสาหกรรมบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ ปัจจัยหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง ได้แก่การผลิตกำลังคนที่จะเป็นแรงงานสำคัญในการทำงานภาคอุตสาหกรรมให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และต้องมีจำนวนที่เพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรมในแต่ละสาขาวิชาชีพ ซึ่งผู้สำเร็จในการศึกษาสายวิชาชีพจำเป็นจะต้องมีความรู้ความสามารถในงานสายงานของตัวเองเป็นหลัก สามารถนำความรู้นั้นไปปฏิบัติในการทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นักศึกษาที่กำลังศึกษาในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ซึ่งภายหลังจากจบการศึกษาแล้ว จะต้องเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ทางด้านวิศวกรรม และทักษะทางด้านงานช่าง ให้แก่นักเรียนในสถาบันอาชีวศึกษาตลอดจนในโรงงานอุตสาหกรรม

ในอดีตการจัดการด้านการเรียนการสอนอาจารย์ผู้สอนจะใช้วิธีการบรรยาย ส่งผลให้ผู้เรียนขาดการมีส่วนร่วมหรือมีกิจกรรมร่วมในระหว่างการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาที่เป็นทักษะทางด้านวิชาชีพหรือทางเทคนิค ซึ่งผู้เรียนจะต้องได้เห็นจริงและลงมือปฏิบัติจริง เพื่อที่ผู้เรียนจะได้เข้าใจในหลักการและเหตุผลอย่างลึกซึ้ง จนสามารถนำไปใช้ในการประกอบอาชีพได้ อย่างไรก็ตาม ปัญหาอีกอย่างหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนในสาขาทางด้านวิชาชีพอุตสาหกรรม ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการผลิตแรงงานโดยเฉพาะช่างเทคนิคที่มีคุณภาพ คือการการขาดแคลนเครื่องมือเครื่องจักร และชุดฝึก ซึ่งมีราคาที่ค่อนข้างจะแพง ยุ่งยากต่อการจัดซื้อจัดจ้าง แต่อุปกรณ์ช่วยสอนก็เป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความเข้าใจจากการลงมือปฏิบัติและได้สัมผัสกับงานจริง เพราะการที่จะเป็นช่างเทคนิคที่มีคุณภาพได้นั้น จะต้องผ่านการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญ สามารถรวมองค์ความรู้ทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติมาประยุกต์ใช้ให้งานนั้นเกิดผลสัมฤทธิ์ได้

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของโครงการวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างพัฒนาชุดการสอนแบบฝึกหัด ไว้ใช้สำหรับกลุ่มวิชาด้านการผลิต และให้มีความหลากหลายของตัวอย่างชิ้นทดสอบ มากกว่าที่จะสั่งซื้อของสำเร็จรูปซึ่งมีราคาสูงอีกทั้งเป็นการบูรณาการเครื่องมือเครื่องจักรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจของนักศึกษา ที่มีต่อชุดการสอน

วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีงานวัดละเอียด

งานวัดละเอียด เป็นงานที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดชนิดต่างๆ ทำการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานที่ผลิตจากเครื่องมือกล โดยสามารถอ่านค่าที่ทำการวัดตรวจสอบจากขีดสเกลของเครื่องมือวัดซึ่งเป็นค่าของหน่วยมาตรฐานหรือการวัดชิ้นงาน ในบางครั้งเป็นการใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ช่วยในการวัดที่มีค่าความละเอียดเที่ยงตรงสูงทำการวัดตรวจสอบชิ้นงานเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

การวัดตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน สามารถที่จะใช้เครื่องมือตรวจสอบขนาดของชิ้นงานด้วยเครื่องมือวัดที่มีค่าความละเอียดเที่ยงตรงต่ำไปจนถึงเครื่องมือวัดที่มีค่าความละเอียดเที่ยงตรงสูง เครื่องมือวัดที่ไม่สามารถอ่านค่าได้ในตัวเอง (เครื่องมือวัดถ่ายทอดขนาด) เครื่องมือวัดขนาดด้วยการเปรียบเทียบ เช่น นาฬิกาวัด และเครื่องมือวัดที่สามารถอ่านค่าได้ในตัวเอง เช่น เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ไมโครมิเตอร์ และเครื่องมือวัดอื่นๆ เป็นต้น

2.1.2 แนวคิดหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความแตกต่างระหว่างบุคคล ชุดการสอนเป็นสื่อและกิจกรรมการเรียนที่จัดขึ้นเพื่อตอบสนองความสามารถ ความสนใจและความต้องการของผู้เรียนเป็นสำคัญทฤษฎีที่ว่าด้วยความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงนำมาใช้เป็นทฤษฎีพื้นฐานในการทำและการใช้ชุดการสอนหลักเกี่ยวกับสื่อผสม จากความหมายของชุดการสอนซึ่งหมายถึงการใช้สื่อหลาย ๆ อย่างที่เสริมซึ่งกันและกันอย่างมีระบบ มาใช้เป็นแนวทางการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสื่อ ซึ่งบทเรียนสำเร็จรูปเป็นสื่อการเรียนการสอนที่สร้างโดยอาศัยหลักแนวคิดทฤษฎีหลากหลาย อาทิ เช่น ทฤษฎีความสัมพันธ์เชื่อมโยงของ (S-R Bond Theory or Connectionism Theory) ของธอร์นไดค์ (Edward Lee Thormdike) ซึ่งกล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดจากปฏิกิริยา ตอบสนอง

กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ (Law of Learning) ธอร์นไดค์(Edward Lee Thorndike) ได้เสนอกฎการเรียนรู้ไว้ 3 ข้อ คือกฎแห่งผล (Law of Effect) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) และกฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กฎแห่งผล (Law of Effect) จากการจัดสิ่งเร้าให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง

2. กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) เมื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จะมีการเชื่อมโยงกันระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองนั้นคือยิ่งได้ทำแบบฝึกหัดมากเท่าใด การเรียนรู้ยิ่งจะมั่นคงยิ่งขึ้น

3. กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) เมื่อร่างกายพร้อมที่จะแสดงพฤติกรรมใดๆ ออกมา

4. ทฤษฎีการเสริมแรง (Reinforcement Theory) ของสกินเนอร์ (B.K.Skinner)ซึ่งอธิบายว่า การเสริมแรงทางบวกจะทำให้ผู้เรียนได้ตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างถูกต้อง

5. ทฤษฎีสิ่งเร้าและการตอบสนอง (S-R Theory) ของสกินเนอร์ซึ่งกล่าวไว้ว่ากระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ต่อเนื่องกันไป 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเสนอสิ่งเร้า ขั้นตอนการตอบสนอง และขั้นตอนการให้ข้อมูลย้อนกลับ ต่อเนื่องกันไป

6. กฎการเรียนรู้เพื่อรู้แจ้ง (Mastery Learning) ของบลูม (Benjamin S.Bloom) ซึ่งกล่าวว่า คนเราทุกคนสามารถเรียนรู้แจ้งได้ ก็จะแสดงพฤติกรรมออกมาได้ 80% ขึ้นไป

2.1.3 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction) หรือ ซีเอไอ (CAI) จัดเป็นสื่อการสอนที่สามารถสนองต่อความแตกต่างในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีนักวิจัยและนักการศึกษาที่มีความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้สรุปความหมายไว้ได้แก่ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึง สื่อการเรียน การสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำสื่อประสมอันได้แก่ ข้อความภาพนิ่ง กราฟฟิก แผนภูมิ เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องเรียนมากที่สุด เพื่อดึงดูดความสนใจและกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ ผู้เรียนเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ หรือการโต้ตอบพร้อมทั้งการได้รับข้อมูลย้อนกลับ และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหมายถึงวิถีทางการสอนรายบุคคล โดยอาศัยความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จะจัดหาประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์มีการแสดงเนื้อหาตามลำดับที่ต่างกันด้วยบทเรียนโปรแกรมที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ Stolurow (1976 : 930) ได้กล่าวถึงคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นวิธีการของการสอนรายบุคคลโดยอาศัยความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่จัดหาประสบการณ์ที่มีความสัมพันธ์กัน มีการแสดงเนื้อหาตามลำดับต่างกันด้วยบทเรียนโปรแกรมที่เตรียมไว้อย่างเหมาะสมมีการใช้สื่อต่างๆซึ่งเป็นการสอนรายบุคคลอย่างแท้จริง

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนมากขึ้น เพราะความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีต่างๆ ได้แก่เทคโนโลยีมัลติมีเดีย เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีการติดต่อสื่อสารข้อมูลทำให้สามารถผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและทำการเผยแพร่บทเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งแนวโน้มอนาคตต่อไปในอันใกล้นี้เราอาจพบเห็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนำเสนอผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตมากขึ้น ซึ่งเรียกว่า CAI on web

2.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 เลือกตัวอย่างประชากร

ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 ของสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 20 คน ใช้เป็นกลุ่มทดลอง 10 คน และกลุ่มควบคุม 10 คน

2.2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากร ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) ทดสอบนักศึกษาทั้งหมดด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน ภาคทฤษฎีแล้วหาค่าเฉลี่ยคะแนนนักศึกษา

2) ทดสอบหาค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาด้วยสถิติ F-Test ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

2.3 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ 2538:249) คือ การออกแบบและพัฒนาการเรียนการสอนโดยมีการทดสอบก่อนเรียน (Pre test) จากนั้นให้นักเรียนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แล้วทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post test) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการดำเนินงาน

กลุ่ม	ทดสอบก่อนเรียน	ทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	ทดสอบหลังเรียน	ความคงทนในการจำ	ความพึงพอใจ
E	T1	X	T2	XQ	XP

เมื่อ E แทนกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

T1 แทนการทดสอบก่อนเรียน เมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

X แทนการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

T2 แทนการทดสอบหลังเรียน เมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

XQ แทนความคงทนในการจำจากการเรียนด้วย เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

XP แทนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วย เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.4 เครื่องมือในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

2.4.1 แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

การสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อใช้ในการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ศึกษาและวิเคราะห์เอกสาร

2.4.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.4.3การสร้างชิ้นงานสำหรับการฝึกปฏิบัติงานวัดละเอียดสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.4.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.4.5 แบบประเมินคุณภาพสื่อ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.4.6 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1

2.5 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การสร้างและพัฒนาของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.5.1 การสร้างและพัฒนาแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างใช้สำหรับสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง เพื่อนำมาสร้างประเด็นสัมภาษณ์สอบถาม 2 ด้าน ได้แก่

1) ด้านเนื้อหาของรายวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยาเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1

2) ด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.วิเคราะห์โครงสร้างรูปแบบสาระสำคัญทั้งสองด้านแล้วนำผลการวิเคราะห์ไปสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างเพื่อสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

3.นำแบบสัมภาษณ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมและครอบคลุมเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความชัดเจนความถูกต้องเหมาะสมของภาษาที่ใช้และสอดคล้องด้วยดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency หรือ IOC) โดยกำหนดการเกณฑ์เอาพิจารณาคือ

เห็นว่าสอดคล้องเหมาะสม	ให้คะแนน +1
เห็นว่าไม่แน่ใจ	ให้คะแนน 0
เห็นว่าไม่สอดคล้องเหมาะสม	ให้คะแนน -1

การวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง IOC คำนวณค่าตามสูตรต่อไปนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \text{---------- (1)}$$

เมื่อ $\sum R$ แทนผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อบันทึกผลการพิจารณาความเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนในแต่ละข้อแล้วนำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดเมื่อเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปแล้วนำแบบทดสอบที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจพิจารณาแล้วนำไปแก้ไขและปรับปรุง

2.5.2 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการสอนเนื้อหามีลักษณะบทเรียนเป็นแบบเส้นตรงโดยวางแผนและกำหนดขั้นตอนการสร้างและพัฒนาดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาและด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2. เขียนสตอรี่บอร์ด (storyboard) เพื่อกำหนดรูปแบบและลำดับของการนำเสนอบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียนตามกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือการทดสอบก่อนเรียนการนำเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนการนำเสนอเนื้อหาสาระของบทเรียนการเสริมความเข้าใจในเนื้อหาการสรุปเนื้อหาและการทดสอบหลังเรียน

3. นำเนื้อหาที่ได้เขียนเป็น สตอรี่บอร์ด (storyboard) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน และด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องจากนั้นนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านแต่ละด้านมาดำเนินการปรับปรุงเพื่อสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่อไป4. เลือกซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเลือกซอฟต์แวร์หลักในการสร้างบทเรียนและใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการสร้างกราฟิกซอฟต์แวร์ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวและซอฟต์แวร์ด้านเสียงเพื่อสร้างและปรับเสียงประกอบ

5.จัดเตรียมทรัพยากรที่ต้องการใช้ได้แก่ข้อความภาพนิ่งภาพเคลื่อนไหวและเสียงประกอบต่างๆที่ต้องใช้ในบทเรียนให้พร้อมที่จะใช้ประกอบลงในโปรแกรม

6. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์และไมโครมิเตอร์ โดยสร้างตาม สตอรี่บอร์ด (storyboard) ที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว

7. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาที่สอนวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยา จำนวน 3 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวน 3 ท่าน รวมทั้งสิ้น 6 ท่าน ตรวจสอบและประเมินสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ โดยผู้วิจัยได้นำแบบประเมิน

คุณภาพสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของกรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการมาใช้เป็นแนวทางในการจัดทำแบบประเมินสื่อนี้เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งลักษณะของแบบประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5ระดับ โดยกำหนดค่าความคิดเห็นคือ ระดับดีมาก,ระดับดี,ระดับปานกลาง,ระดับพอใช้และระดับควรปรับปรุง

ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) วิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยา เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ โดยมีลักษณะของโปรแกรมดังภาพที่ 1-7



ภาพที่ 1 หน้าปกของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



ภาพที่ 2 หน้าลงชื่อเข้าสู่บทเรียน



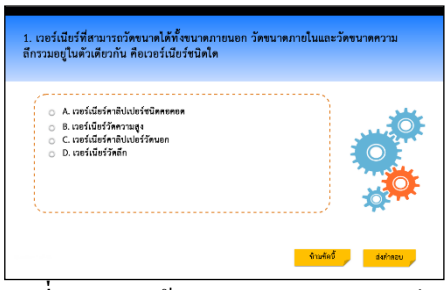
ภาพที่ 3 หน้าเมนูหลัก



ภาพที่ 4 หน้าเข้าสู่บทเรียน



ภาพที่ 5 หน้าแบบทดสอบก่อนเรียน



ภาพที่ 6 ตัวอย่างข้อสอบแบบทดสอบก่อนเรียน



ภาพที่ 7 หน้าผลทดสอบก่อนเรียน

2.4.3 การสร้างชิ้นงานสำหรับการฝึกปฏิบัติงานวัดละเอียดสำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาชิ้นงานเพื่อใช้ในการฝึกปฏิบัติงานวัดละเอียดและวัดผลจากการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและออกแบบชิ้นงานสำหรับฝึกปฏิบัติ ออกเป็น 2 แบบดังนี้

1. ชิ้นงานฝึกปฏิบัติ วัดความโตนอก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชิ้นงานสำหรับฝึกปฏิบัติงานวัดละเอียด โดยสำหรับการวัดขนาดความโตนอกของชิ้นงานโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ ซึ่งได้กลึงขึ้นรูปชิ้นงาน สำหรับฝึกปฏิบัติการวัดละเอียดทั้งหมด 2 แบบ แบบละ 5 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 8-9



ภาพที่ 8 แบบชิ้นงานวัดความโตนอก แบบที่ 1

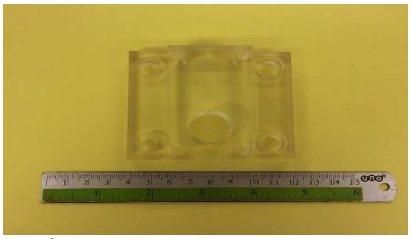


ภาพที่ 9 แบบชิ้นงานวัดความโตนอก แบบที่ 2

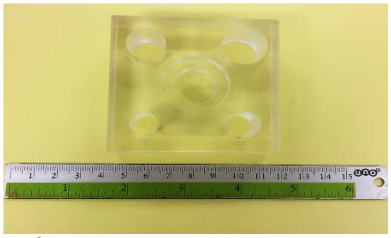
จากรูปร่างชิ้นงานทั้ง 2 แบบ ที่มีความแตกต่างกันเนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผู้ฝึกปฏิบัติมีชิ้นงานที่ใช้ในการฝึกที่หลากหลาย ซึ่งเมื่อผู้ฝึกปฏิบัติงานได้ฝึกปฏิบัติแล้ว จะทำให้สามารถมีความชำนาญเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เลือกเหล็กกล้าไร้สนิม มาใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานเนื่องจากเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นวัสดุที่สามารถป้องกันการกัดกร่อนได้และไม่เกิดสนิมได้ง่ายเมื่อเทียบกับเหล็กเหนียวซึ่งส่งผลต่อการวัดขนาดชิ้นงานโดยตรงและยากต่อการบำรุงรักษาชิ้นงาน

2. ชิ้นงานฝึกปฏิบัติ วัดความโตใน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชิ้นงานสำหรับฝึกปฏิบัติงานวัดละเอียด โดยสำหรับการวัดขนาดความโตในของชิ้นงานโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ ซึ่งได้กัดขึ้นรูปชิ้นงาน สำหรับฝึกปฏิบัติการวัดทั้งหมด 2 แบบ แบบละ 5 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 10-11



ภาพที่ 10 แบบชิ้นงานวัดความโตใน แบบที่ 1



ภาพที่ 11 แบบชิ้นงานวัดความโตใน แบบที่ 2

จากรูปร่างชิ้นงานทั้ง 2 ชิ้น เป็นชิ้นงานสำหรับการฝึกวัดความโตใน โดยที่ชิ้นงานมี 2 แบบ แบบละ 5 ชิ้น ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานได้แก่อะคริลิค เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดค่อนข้างที่จะใหญ่ หากใช้วัสดุที่เป็นเหล็กเหนียวหรือเหล็กกล้าไร้สนิมจะส่งผลให้ชิ้นงานมีน้ำหนักมากซึ่งยากแก่การเคลื่อนย้าย และจับชิ้นงานขณะทำการวัด

2.5.4 การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเครื่องมือ

วัดและมาตรวิทยา จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

1.ศึกษาเนื้อหาของรายวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยาเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จากหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และศึกษาแนวทางการประเมินผลจากคู่มือการวัดผลประเมินผล

2.ศึกษาแนวทางและเทคนิคการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีและจากหนังสือการวิจัยเบื้องต้นของ บุญชม ศรีสะอาด (2538 : 155-179) รวมทั้งศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนที่ใช้ในการทดสอบเพื่อสร้างตารางวิเคราะห์แบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ (สร้างข้อสอบเกินตามจำนวนที่ระบุไว้ คือ 30 ข้อ เพื่อที่จะนำไปตัดเลือก โดยทดสอบค่า IOC)

5. นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดและประเมินผล ด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน

6.นำแบบทดสอบที่สร้างไปวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยทดสอบกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 30 คน ที่เคยเรียนเรื่องเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์มาแล้ว ตรวจให้คะแนนโดยข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

7. นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (r) ทำการคัดเลือกข้อสอบ

8. นำข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยเพื่อนำไปเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.5.5การสร้างและพัฒนาแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป็นแนวทางการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2559มีลักษณะเป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคิร์ท (Likertอ้างถึงใน จรีพรรณ ปิยพักต์สุณทรา2545:59) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
ระดับ 3	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
ระดับ 1	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

สำหรับการแปรความหมายของค่าที่วัดได้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ความหมาย โดยการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นรายช่วงและรายข้อ ดังนี้

4.51 – 5.00	หมายความว่า	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายความว่า	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายความว่า	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายความว่า	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายความว่า	มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. นำแบบสอบถามความพึงพอใจไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสม เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) ตรวจสอบภาษาที่ใช้และการประเมินที่ถูกต้อง และนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือ (IOC) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณา คือ

+1	แน่ใจว่าสอดคล้อง/ตรงกับจุดประสงค์
0	ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง/ไม่สอดคล้องหรือตรงกับจุดประสงค์
-1	แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง/ไม่ตรงกับจุดประสงค์

นำข้อมูลที่ได้รวบรวมจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณเพื่อหาค่า IOC โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณ แล้เลือกค่าดัชนีมีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00

4.นำแบบสอบถามความพึงพอใจไปทดลองใช้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จำนวน 10 คน ที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมในด้านการใช้ภาษา

5. นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.6 สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างเป็นการเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนและหลังของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้วยวิธีทางสถิติ t-test แบบDependent(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 104-105)

สูตร $t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$ ---------- (2)

เมื่อ D คือค่าแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

n คือ จำนวนคู่

กำหนดให้ Df= n-1และα= .05

ผลและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการสร้างและการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)โดยผู้เชี่ยวชาญ

จากผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คนโดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.19 ,S.D = 0.92) และเมื่อพิจารณาคุณภาพแต่ละด้านปรากฏว่า ด้านส่วนนำ อยู่ในระดับคุณภาพดี ($\bar{X}$ = 4.33 S.D = 0.29),ด้านเนื้อหา อยู่ในคุณภาพระดับดี ($\bar{X}$ = 4.20 S.D = 0.26),ด้านส่วนสรุป อยู่ในคุณภาพระดับดี ($\bar{X}$ = 4.22 S.D = 0.00),ด้านกราฟิกและการออกแบบ อยู่ในคุณภาพระดับดี ($\bar{X}$ = 4.00 S.D = 0.26)และด้านเทคนิค อยู่ในคุณภาพระดับดี ($\bar{X}$ = 4.20 S.D = 0.33)

3.2 ผลการการประเมินและผลการนำชุดการสอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ผลการประเมินและนำข้อสอบไปใช้กับ นักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 20 คนพบว่าความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดการสอน โดยมีระดับคุณภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.45 ,S.D = 0.62)

3.3 ผลการนำข้อสอบไปใช้กับนักเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ จากการทำข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 คน พบว่าก่อนได้รับความรู้จากชุดการสอน ผู้เรียนมีความรู้ความความเข้าใจในบทเรียนนี้ คิดเป็นร้อยละ 38 และเมื่อผู้เรียนได้ทำการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนแล้ว พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนนี้ คิดเป็นร้อยละ 65.25 ดังนั้นพบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ใช้ทำแบบทดสอบเปรียบเทียบกับส่วนคะแนนหลังเรียนนั้นคิดเป็นค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.25

3.4 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบฝึกหัดใบปฏิบัติงานชิ้นงานวัดละเอียด พบว่าก่อนได้รับการเรียนรู้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์คิดเป็นร้อยละ 38 เมื่อผู้เรียนได้ทำการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว พบว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ คิดเป็นร้อยละ 65.25 แปลผลสูงขึ้น และเรื่องไมโครมิเตอร์คิดเป็นร้อยละ 39.57 เมื่อผู้เรียนได้ทำการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว พบว่าผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องไมโครมิเตอร์คิดเป็นร้อยละ 58.62 แปลผลสูงขึ้นดังนั้นจึงสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใบเนื้อหา และใบปฏิบัติงาน อยู่ในระดับคุณภาพดี สามารถนำไปใช้ไปการเรียนการสอนได้

สรุปผลการวิจัย

4.1 สรุปผลการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อสร้างและพัฒนาชุดการสอนวิชาเครื่องมือวัดละเอียดและมาตรวิทยาเรื่องเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper) ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เพื่อใช้ในการประกอบการสอนในรายวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยา โดยผลการศึกษาได้ดังนี้

จากการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่า ด้านส่วนนำอยู่ในระดับคุณภาพดี ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับคุณภาพดี ด้านส่วนสรุปอยู่ในระดับคุณภาพดี ด้านกราฟิกและการออกแบบอยู่ในระดับคุณภาพดี ด้านเทคนิคอยู่ในระดับคุณภาพดี จากการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้เรียนจำนวน 20 คน พบว่าชุดการ

สอนทำให้ผู้เรียนสนุกสนานในการเรียนรู้อยู่ในระดับคุณภาพดี ชุดการสอนส่งเสริมให้มีการปฏิบัติกิจกรรมอย่างเต็มทีอยู่ในระดับคุณภาพดี วัตถุประสงค์ของชุดการสอนมีความชัดเจนอยู่ในระดับคุณภาพดี สาระสำคัญของเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก การนำเสนอเนื้อหามีลำดับขั้นตอนอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ความเหมาะสมของชุดการสอนกับเวลาที่กำหนดอยู่ในระดับคุณภาพดี การเรียนด้วยชุดการสอน ทำให้มีความรู้ ความเข้าใจ ในเนื้อหา มากยิ่งขึ้นอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ชุดการสอน ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนทักษะในรายวิชาเครื่องมือวัดและมาตรวิทยาอยู่ในระดับคุณภาพดี นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ผู้เรียนได้รับความรู้และประโยชน์จากการเรียนด้วยชุดการสอนอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก ส่วนผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจำนวน 20 คน โดยการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์นั้น สามารถแปลผลได้คือ ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์อยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง 11 คน ระดับคุณภาพดี 8 คนและดีมาก 1 คน เรื่องไมโครมิเตอร์อยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง 15 คน อยู่ในระดับคุณภาพดี 5 คน และการประเมินเกี่ยวกับใบเนื้อหาและใบปฏิบัติงานโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่า ใบเนื้อหาอยู่ในระดับคุณภาพดี และใบปฏิบัติงานอยู่ในระดับคุณภาพดี

4.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีครบทุกหน่วยการเรียน และควรใช้โปรแกรม adobe flash player แทนโปรแกรม adobe captivate ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื่องจากโปรแกรม adobe captivate เป็นโปรแกรมที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เมื่อนำเข้าเสียงหรือวิดีโอที่มีความยาวมากกว่าความยาวของslide ต้องตรวจสอบตำแหน่งวัตถุก่อนนำเข้า และปรับให้เหมาะสมก่อนเสมอ ถ้าไฟล์งานใหญ่เกินไปอาจทำให้โปรแกรมเปิดใช้งานไม่ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ประจำปีงบประมาณ 2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาการทำวิจัย และขอขอบคุณรองศาสตราจารย์สุชาติ เย็นวิเศษ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยวิทย์ สุวรรณ ที่ให้ข้อเสนอแนะแนวทางการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

การวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์. 2559. แหล่งที่มา: www.tl.ac.th/document/ narong/unit4.pdf, 13 ธันวาคม 2559.

กัลยา แม้นมิ้น: การจัดการศึกษารูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ศึกษา (2550 : 76).คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ไชยันต์ วัลไชย. 2548. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อฝึกทักษะการวัดและอ่านค่าเรื่องเครื่องมือวัดละเอียดสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ทิศนา แขมมณี. 2556. ศาสตร์การสอน. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

ปิยวิทย์ สุวรรณ. 2544. งานวัดละเอียด, น. 1-10. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้.

วารินทร์ รัศมีพรหม. 2559. ทฤษฎีการเรียนรู้:ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ ตัวอย่างแบบประเมิน. (ม.ป.ป.) แหล่งที่มา: https://www.slideshare.net/NaphacholAon/ss-29054789, 1 มีนาคม 2559.

วิรัตน์ รื่นเริง. 2556. วิจัยการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องหลักการทำงานเบื้องต้นของคอมพิวเตอร์ กลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

ศิริพร แกมขุนทด. 2552. วิจัยพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสะกดคำของนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อำพัน เมธนาวิน. 2553. วัดละเอียด. ซีเอ็ดยูเคชั่น. กรุงเทพฯ

การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก

Development of Cleaner and Separator Rice Seeds Gravimetric

ปรีชาศาสตร์ มีเกาะ[1] ศรศักดิ์ ฤทธิ์มนตรี[1] ศรลักษณ์ พวงใบดี[1] สุวิพงษ์ เหมะธุลิน[1] ธฎษธรรมช์ ลาโสภา[1]
และ สาคร อินทะชัย[1*]

Preechasart Meekor[1] Sornsak Ritmontree[1] Sornluck Puangbaidee[1] Suwipong Hemathulin[1] Thitsatham Lasopa[1]
and Sakorn Intachai[1*]

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักสร้างขึ้นเพื่อลดต้นทุนการผลิตข้าว และแก้ไขปัญหาขั้นตอนการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ในระดับชุมชน เครื่องประกอบด้วย โครงสร้างเครื่องถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าว ตะแกรง 2 ชั้น ห้องคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักและชุดส่งกำลังด้วยมอเตอร์ หลักการทำงานของเครื่องเริ่มจากนำข้าวที่มีความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวอยู่ในช่วง 12 % w.b. ใส่ในถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าว แล้วปล่อยลงสู่ตะแกรง 2 ชั้น จะใช้ตะแกรงที่มีขนาดรูตะแกรงเหมาะสมกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ และการคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าว จะใช้พัดลมกำเนิดกระแสอากาศที่เหมาะสมสำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ จากการทดสอบความเร็วอากาศ 3 ระดับคือ 6 m/s 8 m/s และ10 m/s พบว่า ความเร็วอากาศ 8 m/s และ 10 m/s มีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว 98 % และ 99% ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กรมการข้าวกำหนดในมาตรฐานเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ 98 %

คำสำคัญ : ความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว, คัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก, เมล็ดพันธุ์ข้าว

---

[1] สาขาวิชาเครื่องกลและอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ต. ธาตุเชิงชุม อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร 47000

[1]Department of Mechanical and Industrial, Faculty of Industrial Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University ., That Choeng Chum Sub-District, Muang District, Sakon Nakhon Province 47000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sakorn@snru.ac.th

ABSTRACT

The Gravimetric Rice Seeds Cleaner and Separator was purposively developed to reduce the rice production cost and to terminate the problems in the rice seed cleaning and separating process for local communities. The machine was designed with rice seed hopper with a 2 layer strainer, the gravimetric rice-seed separating room, and a set of transmission motor. This machine basically started working by bringing in the rice seeds with 12 % w.b. of moisture content into the draining bucket and the seeds later flew through the strainer properly designed to keep only the fully grown seeds. Meanwhile, there was the fan to blow away the incomplete seeds at 3 levels of wind including 6 m/s, 8 m/s, and 10 m/s. It was found that at 8 m/s and 10 m/s of wind level, the purity of the rice seeds met the expected standard or 98%.

Keyword : Rice Seed Cleaner, Gravimetric Rice Seed Separator, Rice Seed

บทนำ

ปัญหาที่สำคัญของชาวนาไทยในปัจจุบัน คือการมีต้นทุนการผลิตที่ค่อนข้างสูง ทั้งค่าเช่าที่ดิน ค่าจ้างแรงงาน ดอกเบี้ย และปัจจัยการผลิต อันได้แก่ ปุ๋ยเคมี ยาปราบศัตรูพืช และเมล็ดพันธุ์ ขณะที่ผลผลิตไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนราคาผลผลิตไม่แน่นอน ทำให้ชาวนาส่วนใหญ่มีกำไรจากการผลิตน้อย บางครั้งขาดทุน ส่งผลให้ชาวนาส่วนใหญ่มีหนี้สินจำนวนมาก ต้นทุนการผลิตที่สำคัญของชาวนา คือปัจจัยการผลิตทางการเกษตร หากชาวนาไทยสามารถลดต้นทุนการผลิตส่วนนี้ได้ ก็จะส่งผลให้ชาวนามีกำไรเพิ่มขึ้น แต่ปัจจุบันชาวนาไทยส่วนใหญ่ไม่สามารถพึ่งพาตนเองทางด้านการจัดหาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรได้ เนื่องจากการพัฒนาวิถีการทำนาไทยที่ผ่านมาตั้งแต่ยุคปฏิวัติเขียว มุ่งให้ชาวนาผลิตเพื่อขาย ผลิตตามความต้องการของตลาด พึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอกเพื่อเพิ่มผลผลิต และเร่งระยะเวลาในการผลิต ทำให้ภูมิปัญญาในการผลิตแบบพึ่งตนเองได้นั้นลดความสำคัญลงไป

เมล็ดพันธุ์ข้าวถือว่าเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญมากของชาวนา เนื่องจากสามารถกำหนดปริมาณผลผลิต และวิธีการผลิต ซึ่งแปรผันไปตามระบบนิเวศเกษตรได้ในระดับหนึ่ง แต่ปัจจุบัน เมล็ดพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่อยู่ในมือของภาคธุรกิจเอกชน ชาวนาส่วนใหญ่ไม่นิยมพัฒนาและเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ใช้เอง จึงทำให้ชาวนาไทย ส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาเมล็ดพันธุ์ข้าวจากผู้อื่น เป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต การแก้ไขปัญหาเพื่อลดต้นทุนการผลิตของชาวนาไทย โดยเฉพาะต้นทุนด้านเมล็ดพันธุ์ นอกจากจะลดต้นทุนการผลิตลงได้ส่วนหนึ่งแล้วยังสามารถสร้างความมั่นคงทางด้านเมล็ดพันธุ์ข้าวให้สังคมเกษตรไทยในระยะยาวได้ต่อไป การแก้ไขปัญหาดังกล่าวชาวนาต้องตระหนักในการพึ่งพาตนเองและพึ่งพากันและกัน จึงมีความสำคัญ เนื่องจากจะทำให้ชาวนาลดการพึ่งพาเมล็ดพันธุ์ข้าวจากธุรกิจภาคเอกชน มีเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพมาตรฐาน ราคายุติธรรม ซึ่งจะส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิต และมีกำไรเพิ่มขึ้นจากการทำนา

การใช้เมล็ดพันธุ์ดีมีคุณภาพจะลดต้นทุนของเกษตรกรไทยโดยตรง เนื่องจากการใช้เมล็ดพันธุ์ดีจะลดปริมาณการใช้เมล็ดพันธุ์ต่อไร่ลง ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น และจากข้อมูลของ(สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2553) พบว่า หากเกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ดี อัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวต่อไร่ลดลงถึงร้อยละ 50 จากที่เคยใช้แต่เดิม ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จะเห็นว่าการส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ดีและมีคุณภาพได้มาตรฐานจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรโดยตรงและเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติ ในการเพิ่มผลผลิตต่อไร่และลดต้นทุนให้กับเกษตรกร เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของเกษตรกรและลดผลกระทบจากประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน ให้สามารถแข่งขันได้ในการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในปี 2558 รวมทั้งเพิ่มความมั่นคงด้านอาหารของประเทศ

ปัจจุบันการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับชุมชนทั่วไปจะทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยการใช้คนปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ไหลตั้งฉากกับทิศทางการไหลของกระแสอากาศที่กำเนิดมาจากพัดลม ซึ่งกระแสอากาศจะสามารถแยกสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวให้ลอยไปตามทิศทางการไหลของกระแสอากาศ ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีน้ำหนักมากกว่าสิ่งเจือปนจะไหลตั้งฉากผ่านกระแสอากาศไปได้ แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับชุมชนทั่วไปก็ยังพบปัญหาว่า สามารถทำความสะอาดและคัดแยกได้เฉพาะสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบา เช่น ฟางข้าว ข้าวลีบ และฝุ่นละอองเท่านั้น ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ เช่น เมล็ดที่ไม่ได้ขนาด เมล็ดแตกหัก เมล็ดไม่สมบูรณ์ และเมล็ดที่ถูกแมลงทำลายจนมีน้ำหนักเบา ไม่สามารถทำความสะอาดและคัดแยกได้ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ผสมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ และส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่จำหน่ายให้กับชาวนานำไปเพาะปลูกมีคุณภาพต่ำ เช่น ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

จากปัญหาขั้นตอนการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวของการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับชุมชนไม่สามารถทำความสะอาดและคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ได้ สาเหตุจะมาจากพัดลมกำเนิดกระแสอากาศที่ไม่เหมาะสมสำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ ส่งผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ผสมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ และเมื่อนำไปเพาะปลูกจะทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าว

การแก้ไขปัญหาของชุมชนที่เกิดขึ้นโดยการซื้อเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมาใช้ เนื่องจากเครื่องดังกล่าวสามารถปรับกระแสอากาศให้เหมาะสมสำหรับคัดแยกเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ได้ แต่เครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจะมีราคาแพง และมีกำลังการผลิตที่สูงกว่าความต้องการของการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับชุมชน ผู้วิจัยจึงมีความต้องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักให้ใหม่โดยการออกแบบให้มีกำลังการผลิตและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในระดับชุมชนทั่วไปเพื่อแก้ไขปัญหาขั้นตอนการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ได้ระดับชุมชน และทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผลิตออกมาจากชุมชนต่างๆ มีคุณภาพสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

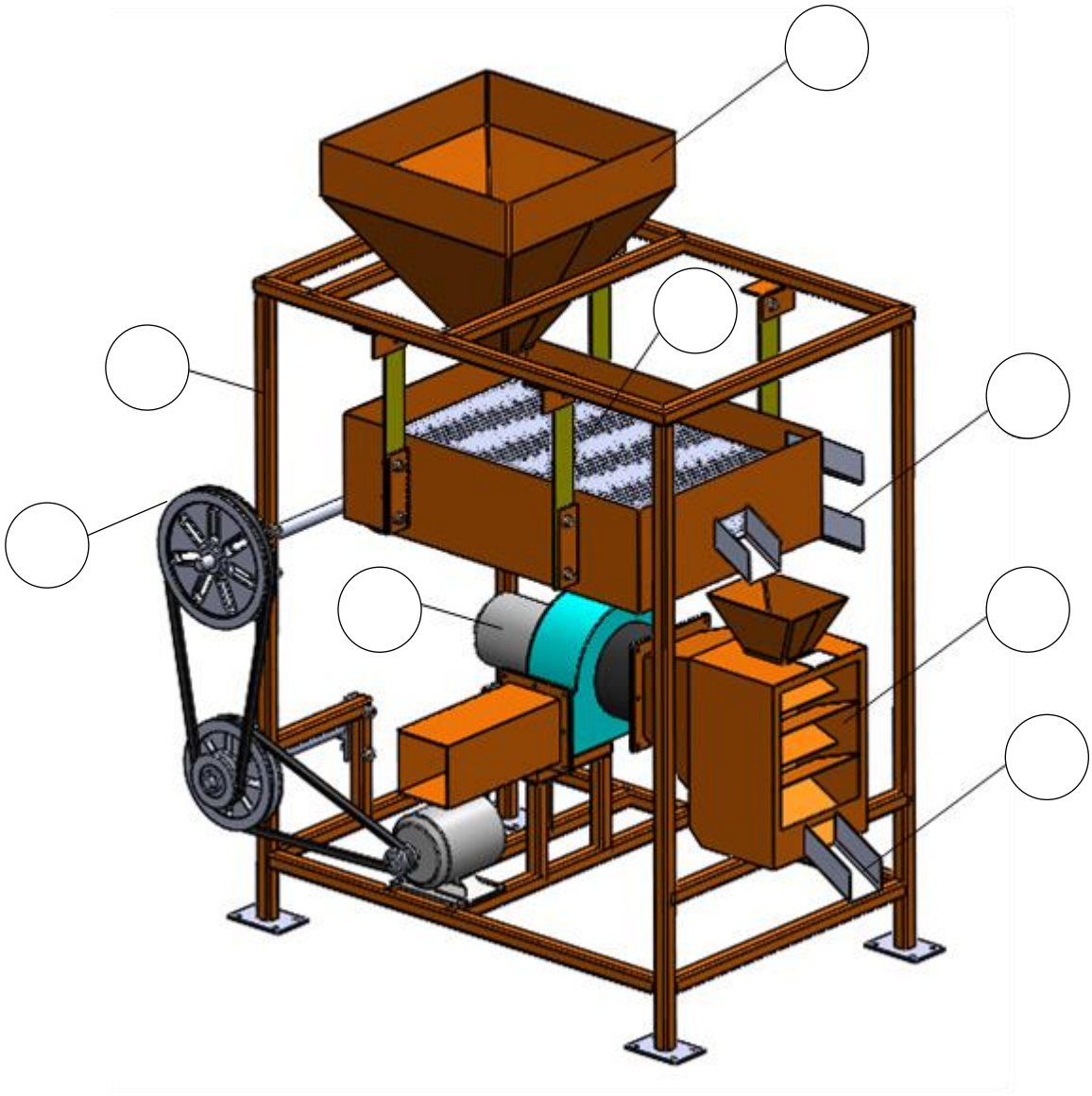
1. การออกแบบเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก

1.1 ลักษณะของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักในระดับชุมชน จะประกอบด้วย ชุดทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว และชุดคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.1.1 ชุดทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ โครงภายนอก ถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผสมกับสิ่งเจือปน ใบเปิดปิด ตะแกรง 2 ชั้น และชุดขับ

1.1.2 ชุดคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ โครงภายนอก ห้องคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก ถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ที่ผสมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์และใบเปิดปิด แผ่นกระจายอากาศ ท่อลำเลียงเมล็ดพันธุ์ข้าว ท่ออากาศ และพัดลม

1.2 เครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักที่พัฒนาขึ้น จะใช้งานในระดับชุมชนดังแสดงในภาพที่ 1



1. ถังพักข้าวเปลือก 2. ตะแกรงบนและล่าง 3. ทางออกสิ่งเจือปน 4. กล่องคัดแยกข้าวเปลือกโดยน้ำหนัก

5. ทางออกข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาด 6. พัดลมดูดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์

7. ชุดส่งกำลัง 8. โครงสร้าง

ภาพที่ 1 ลักษณะของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักที่ออกแบบ



ภาพที่ 2 เครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักที่สร้าง

หลักการของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักถูกออกแบบให้มีขั้นตอนสำคัญสองขั้นตอน คือ การทำความสะอาด และการคัดแยกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ โดยใช้เครื่องมือขนาดเล็กและมีความสามารถในการผลิตไม่สูงนักเพื่อให้เกษตรกรสามารถเป็นเจ้าของได้ และสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์เพื่อใช้เอง และจำหน่ายให้กับเกษตรกรเพื่อนบ้านในชุมชนเพื่อเพิ่มรายได้และเพิ่มความคุ้มค่าในการใช้เครื่องจักร การทำความสะอาดเป็นการคัดแยกเอาสิ่งเจือปนที่มีขนาด และน้ำหนักที่แตกต่างกันออกจากกัน เช่น เศษใบ ฟางท่อน เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืช ฝุ่นละออง ก้อนดิน และเศษกรวด ที่ปนอยู่ในเมล็ดข้าวเปลือกออกไป ดังนั้นเครื่องมือทำความสะอาดที่เลือกใช้จึงต้องประกอบด้วยตะแกรง 2 ชั้น เพื่อแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดเล็ก และใหญ่ เช่น เศษใบ ฟางท่อน เมล็ดวัชพืช ก้อนดิน และเศษกรวด ออกจากเมล็ดข้าวเปลือก และพัดลม เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าวเช่น ฝุ่นละออง และเมล็ดลีบ ออกไป ได้ข้าวเปลือกที่มีความบริสุทธิ์สูงปราศจากสิ่งเจือปน โดยเฉพาะเมล็ดวัชพืช แต่เมล็ดข้าวเปลือกที่ได้ยังคงมีเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ที่มีขนาดใกล้เคียงกับเมล็ดข้าวเปลือกที่สมบูรณ์แล้วแต่มีน้ำหนักแตกต่างกับเมล็ดที่สมบูรณ์และยังปนอยู่กับเมล็ดที่สมบูรณ์แล้ว ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพไม่สม่ำเสมอจึงต้องคัดแยกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ออกจากเมล็ดที่สมบูรณ์โดยใช้การคัดแยกโดยน้ำหนักจำเพาะที่แตกต่างกัน เครื่องคัดแยกเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ได้โดยใช้กล่องคัดแยกข้าวเปลือกโดยน้ำหนักเคลื่อนที่ในแนวราบตั้งฉากกับความเอียงของชุดแยก เมล็ดข้าวเปลือกสมบูรณ์ซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะมากกว่าจะไหลลงตามความเอียงแยกออกทางด้านล่าง ส่วนเมล็ดข้าวเปลือกที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งมีน้ำหนักจำเพาะน้อยกว่าจะถูกพัดลมดูดออกขึ้นแยกออกทางด้านข้างเมล็ดสมบูรณ์ที่แยกได้จึงเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ปราศจากสิ่งเจือปนมีความบริสุทธิ์

2. เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 อยู่ระหว่าง 12 -14 % มาตรฐานเปียก

2.2 เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ใช้ในการทดลอง นำมาจากพื้นที่จังหวัดสกลนคร และจังหวัดกาฬสินธุ์

3. ขั้นตอนการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ทำการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีเงื่อนไขการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ 1. ขนาดกำลังการผลิตของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. ระดับแรงลมของชุดดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว คือ 6 8 และ 10 เมตรต่อวินาที (จากการศึกษาการทำงานที่เหมาะสมของเครื่อง)

3.2 นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการทำความสะอาด มาตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์

3.3 การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว(สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2553)

3.3.1 น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบจะต้อง ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ 100 กรัม แต่อาจมีน้ำหนักมากกว่าที่กำหนดไว้เล็กน้อย โดยทำการตรวจสอบ 1 ซ้ำ หรืออาจตรวจสอบ 2 ซ้ำ และรายงานผลจากค่าเฉลี่ย ทั้ง 2 ซ้ำ

3.3.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนเป็นกรัม โดยมีตัวเลขทั้งสิ้น รวมจุดทศนิยม 4 หลัก เพื่อใช้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ ให้มีจุดทศนิยม 1 ตำแหน่ง

น้อยกว่า 1 กรัม	ชั่งให้มีจุดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
1-9.999 กรัม	ชั่งให้มีจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง
10-99.999 กรัม	ชั่งให้มีจุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง
100 หรือ มากกว่า	ชั่งให้มีจุดทศนิยม 1 ตำแหน่ง

3.3.3 คัดแยกตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ตรวจสอบออกเป็นองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์ หมายถึง เมล็ดพันธุ์ใดๆที่ทำการตรวจสอบ

2. เมล็ดพืชอื่น หมายถึง เมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่เมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์

3.สิ่งเจือปน คือ สิ่งที่พบในตัวอย่างที่ตรวจสอบที่ไม่ใช่เมล็ดพืชรวมถึงเมล็ดพืชที่แตกหักและมีขนาดเล็กกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดเมล็ดเดิม

4. ชั่งน้ำหนักแต่ละส่วน โดยมีจุดทศนิยมตามที่กำหนดไว้ข้างต้น แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักรวมขององค์ประกอบที่ตรวจพบ และน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ

5. เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน รวมกันต้องเท่ากับ 100 องค์ประกอบใดที่น้อยกว่า 0.05 เปอร์เซ็นต์ ให้รายงานว่า เล็กน้อย และแสดงว่าในองค์ประกอบนั้นเป็น 0.0 และเมื่อผลรวมของทั้ง 3 องค์ประกอบไม่เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้นำส่วนที่เกินหรือขาดไปบวกเพิ่มหรือหักออกจากองค์ประกอบที่มีค่าสูงสุดซึ่งก็คือส่วนของเมล็ดพันธุ์บริสุทธิ์(สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2552)

$$P = (1 - q) / W \qquad (1)$$

P = ความบริสุทธิ์ของข้าวเปลือก(เปอร์เซ็นต์)
q = น้ำหนักของสิ่งเจือปน(กรัม)
W = น้ำหนักของข้าวเปลือก(กรัม)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลของแรงลมดูดต่อกำลังการผลิตและความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว

ผลของแรงลมดูดต่อกำลังการผลิตและความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ในการทดลองโดยการทำความสะอาดและคัดขนาดพันธุ์เมล็ดข้าว พันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว 12-14 % มาตรฐานเปียก จะศึกษากำลังการผลิต ตามระดับแรงลมของชุดดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว ในการทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าว จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก

ระดับที่	ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว (m/s)	อัตราการทำงาน (kg/ hr)	ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว (%)
1.	6.0	60	97
2.	8.0	59.7	98
3.	10.0	59.5	99

จากตารางพบว่า ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว มีผลต่อกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเพียงเล็กน้อย แต่จะส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าว ที่ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว 6 m/s ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ต่ำกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ คือ 98 % ที่ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว 8 m/s และ 10 m/s มีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าว 98 % และ 99 % ตามลำดับ อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ คือ 98 %

2. วิจารณ์ผล

2.1 ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าวมีผลต่อกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเล็กน้อย แต่จะส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าว คือ แรงลมดูดเบา ข้าวลีบและสิ่งเจือปนจะคัดแยกออกได้น้อย แต่ถ้าปรับแรงลมดูดแรงขึ้นข้าวลีบและสิ่งเจือปนจะคัดแยกออกได้เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ข้าวจะสูงไปด้วย

2.2 แรงลมดูดมีผลต่อความบริสุทธิ์ของเมล็ดข้าว คือ ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าวต่ำ ข้าวลีบและสิ่งเจือปนจะคัดแยกออกได้น้อย และมีเมล็ดข้าวดีปนออกมาน้อย ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าวสูง ข้าวลีบและสิ่งเจือปนจะคัดแยกออกได้มากขึ้น และมีเมล็ดข้าวดีปนออกมามากด้วยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียของเมล็ดพันธุ์ข้าวจะสูงไปด้วยเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

เครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนักที่พัฒนาในครั้งนี้ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ ได้แก่ ชุดทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งมีส่วนประกอบ ได้แก่ โครงภายนอกถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผสมกับสิ่งเจือปนและใบชัก ตะแกรง 2 ชั้น และชุดขับ ส่วนชุดคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก มีส่วนประกอบ ได้แก่ โครงภายนอก ห้องคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก ถังปล่อยเมล็ดพันธุ์ข้าวที่สมบูรณ์ที่ผสมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ไม่สมบูรณ์และใบชัก แผ่นกระจายอากาศ ท่อลำเลียงเมล็ดพันธุ์ข้าว ท่ออากาศ และพัดลม เมื่อทำการศึกษาพบว่า ความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลทำให้ความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และกำลังการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่แตกต่างกัน สำหรับเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดและคัดขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยน้ำหนัก ประกอบด้วย ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวอยู่ในช่วง 12-14 %w.b. และความเร็วของการดูดเมล็ดพันธุ์ข้าว 8 และ 10 m/s จะทำให้มีความบริสุทธิ์ของเมล็ดพันธุ์ข้าวอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้ (98 % โดยน้ำหนัก) ของกรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประเทศไทย (วิไล ปาละวิสุทธิ์, 2549)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยสำหรับบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 และ ขอขอบคุณสาขาเครื่องกลและอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการจัดดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิไล ปาละวิสุทธิ์. 2541. เทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเชิงพานิชย์. พิมพ์ครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 117 หน้า

สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว. 2554. หลักการปฏิบัติการเกษตรที่ดีสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2553. การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2552. คู่มือการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

การพัฒนาเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามเพื่องานจักสาน

Development of Pandanus Leave Cutting Machine for Basketry

ธนะวิทย์ ทองวิเชียร[1*] ภาณุมาศ สุขบางดำ[1] อาริษา โสภาจารย์[1]

Tanawit Thongwichean[1*], Panumas suybangdum[1] and Arrisa Sopajarn[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเครื่องตัดแบ่งใบเตยหนามเพื่องานจักสาน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดขั้นตอน เวลา และแรงงานคนในการเตรียมเส้นใบเตยหนามโดยการออกแบบชุดใบมีดใหม่ ซึ่งชุดใบมีดที่มีใช้อยู่เดิมจะต้องตัดแยกหนามด้านข้างและสันตรงกลางของใบเตยออกก่อนเข้าเครื่องตัดแบ่งโดยใช้แรงงานคน จากการทดลองตัดแบ่งใบเตยหนามโดยไม่แยกหนามด้านข้างและด้านบนออกที่ขนาดความยาว 150 เซนติเมตร และใบเตยหนามที่นำมาทดลองนั้นจะต้องตัดเตรียมไว้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง พบว่า ที่ความเร็วรอบของชุดใบมีด 50, 66.5 และ 106 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการตัดแบ่งเส้นใบเตยหนาม 1.11, 0.49 และ 0.33 นาที ได้จำนวนเส้นที่สมบูรณ์สามารถนำมาจักสานได้ 88.33, 91.67 และ 98.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเครื่องเดิม ที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที พบว่าใช้เวลาในการตัดน้อยกว่า 0.23 นาที และมีเส้นใบเตยหนามที่สมบูรณ์นำมาจักสานได้มากกว่า 5.91 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องตัด, ใบเตยหนาม, งานจักสาน

ABSTRACT

This research was to develop of Pandanus Leave Cutting Machine for Basketry. The aims were reduced the steps, labor and time in preparing the pandanus leaves by designing a new set of blades. Which the primitive set of blades must cut the thorns side and the middle of the pandanus leaves before the cutter divided by human labor. The experiment has cut pandanus leaves without separating the thorns on the sides and top out at a length of 150 cm. Pandanus leaves has used that experiment must be cut for up to 24 hours. The result showed that machine was at speed of 50, 66.5 and 106 rpm. The time of experiments at 1.11, 0.49 and 0.33 minutes. There were complete lines of Pandanus leaves resulted from 88.33, 91.67 and 98.33 % respectively. When compared to traditional machines at speed of 50 rpm. It was found that time less than 0.23 minutes and Pandanus leaves complete more than 5.91 %.

Keyword : Cutting Machine, Pandanus Leave, Basketry

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร สาขาอุตสาหกรรม วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เลขที่ 414 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา 90180

[1] Agricultural Machinery Engineering, Department of Industrial, Rattaphum College, Rajamangala University of Technology Srivijaya, 414 Tachamuang Subdistrict, Rattaphum District, Songkhla 90180, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): tanawit.t@rmutsv.ac.th

บทนำ

การทำเครื่องจักรสานของมนุษย์สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในประเทศไทยใช้วัตถุดิบที่แปรรูปด้วยเครื่องโลหะ เช่น มีดพร้า จักหรือเหลาวัตถุดิบให้เป็นเส้นตอก มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ทำเครื่องจักสานแต่ละชนิด อาจนำหวายหรือไม้ไผ่มาจักให้เป็นเส้นก่อนนำมาจักสานเป็นภาชนะแทนที่จะใช้ใบไม้ เถาวัลย์ มาสานเป็นภาชนะโดยตรง เพราะร่องรอยที่ปรากฏบนภาชนะดินเผานั้นแสดงว่าเป็นภาชนะจักสานที่สานด้วยตอกที่จักเป็นเส้นอย่างที่ใช้สานเครื่องจักรสานในปัจจุบัน (วิบูลย์ ลี้สุวรรณ,2540)

ต้นเตยถือว่าเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในแถบภาคใต้ ทำให้คนสมัยก่อนคิดค้นนำใบเตยมาสานเป็นเสื่อสำหรับปูนอนในบ้าน บางครั้งมีการนำเสื่อที่ใช้สานกันนี้เป็นสินสอดอีกด้วย การสานเสื่อใบเตยนั้นเป็นอาชีพที่นิยมกันมากในหมู่สตรีทางภาคใต้ ไม่ว่าเด็กหรือผู้ใหญ่ก็สามารถสานได้กันแทบทุกครัวเรือน แต่เดิมนั้นมักสานเสื่อไว้สำหรับรองนั่งหรือปูนอนเท่านั้น ชาวบ้านเรียกกันว่า “สาดอ่อนหรือสาดปาหนัน” สาดปาหนันหรือเสื่อใบเตยในอดีตมีความประณีตงดงามมากคือ “ยอดสาด” ซึ่งเป็นเสื่อผืนสุดท้ายหรือผืนบนสุดที่สานพิเศษสำหรับใช้ในงานพิธีแต่งงานโดยคู่บ่าวสาวช่วยกันสานเสื่อไว้ใช้ปูนอนอย่างน้อย 12 ผืน จำนวนของเสื่อขึ้นอยู่กับฐานะของคู่บ่าวสาว เมื่อสานเสื่อเสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะนำมาวางซ้อนกันแทนที่นอน เสื่อผืนบนสุดหรือสาดยอดนั้นจะสานให้ประณีตสวยงามเป็นพิเศษและประดับด้วยกระจก ทำให้สาดยอดเป็นเสื่อที่สวยงามเป็นพิเศษ ต่อมามีคนนิยมทำการจักสานในรูปแบบต่าง ๆ หลากหลายชนิด เช่น หมวก เสื่อ ปลอกหมอน และกระเป๋า เป็นต้น (ภูมิปัญญาท้องถิ่น,2555)

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะเห็นได้ว่าในกระบวนการจักสานขั้นตอนที่สำคัญคือการคัดสรรและจัดเตรียมวัสดุเพื่อให้ได้วัสดุที่เหนียว และคงทนมากที่สุด ในการจักสานในเตยนั้นการเตรียมเส้นตอก คือการกรีดใบเตยให้เป็นเส้น ๆ ซึ่งเกษตรกรต้องใช้เวลานานมากในการกรีดเส้นเตยหนามให้ได้ขนาดความกว้างประมาณ 1 เซนติเมตรเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในงานจักสานขึ้นแบบผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เครื่องมือที่เกษตรกรนำมาใช้เตรียมวัตถุดิบในการทำงานจะเป็นมีดที่มีใช้อยู่ในครัวเรือน จึงทำให้การเตรียมวัตถุดิบล่าช้า หากมีเครื่องมือที่สามารถตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามได้คราวละมาก ๆ ก็จะช่วยแบ่งเบาภาระในการจัดเตรียมเส้นตอกช่วยให้เกษตรกรมีเวลาในการคิดประดิษฐ์ชิ้นงานได้มากขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญ เกี่ยวกับการตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามเพื่อแก้ไขปัญหาให้กับเกษตรกรและกลุ่มอาชีพจักสาน (ธงชัย หนูดวง และคณะ,2558) จึงมีแนวคิดพัฒนาเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามออกเป็นเส้น ๆ แต่ละเส้นมีขนาดกว้าง 1 เซนติเมตรได้ภายในขั้นตอนเดียว

ทฤษฎี

ลักษณะของคมมีดตัดที่ใช้ในการตัดเฉือน โดยทั่วไปแล้วจะมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับประเภท หรือลักษณะการใช้งานจะตัดเฉือนวัสดุที่มีความแข็งมากหรือน้อยเพียงใด เป็นโลหะหรือไม่ใช่โลหะ ซึ่งวัสดุที่จะนำมาทำใบมีดตัดเฉือนควรเป็นวัสดุบางและมีคม มีความแข็งแรง สึกหรอได้อย่างไม่เป็นสนิม ซึ่งทนต่อการกัดกร่อนได้ดีความจริงแล้วเหล็กกล้าไร้สนิม มีมากมายหลายประเภท โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับปริมาณโครเมียมและขึ้นอยู่กับโครงสร้างในซึ่งสามารถแยกประเภทเหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิม โดยอาศัยลักษณะแตกต่างของโครงสร้าง

1. เหล็กเฟอร์ริติก สแตนเลสเป็นเหล็กที่มีโครงสร้างแบบเฟอร์ไรท์ สามารถทนต่อการเป็นสนิมได้ดีในบรรยากาศทั่วไป ยกเว้นในทะเลและในบรรยากาศอุตสาหกรรมบางประเภทโดยเฉพาะที่เป็นกรด การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวกอ่างน้ำในห้องครัว ทำมีด ช้อนส้อมและชิ้นงานประเภทตกแต่ง

2. เหล็กมาร์เทนซิติค สแตนเลส มีโครงสร้างแบบมาร์เทนไซท์ ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งทนต่อการกัดกร่อน การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวกอุปกรณ์ผ่าตัดในโรงพยาบาลและมีดตัดทั่ว ๆ ไปในอุตสาหกรรมทั่ว ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

3. เหล็กออสเทนซิติค สแตนเลส เป็นเหล็กผสมชนิดเดียวที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนในบรรยากาศทั่ว ๆ ไปได้ดี แม้บรรยากาศอยู่ใกล้ทะเล การใช้งานโดยทั่วไปจะใช้ทำพวกอ่างและภาชนะต่าง ๆ (ศราวุธ จันทร์กลาง,2556)

ความเร็วตัดเป็นมาตรฐานที่กำหนดมาให้ตามลักษณะของมีดตัดชนิดของวัสดุ ความลึกในการป้อนกินวัสดุทำมีดตัด ความเร็วตัด หมายถึง ความเร็วที่คมมีดตัดปาดผิวงานออก เมื่อชิ้นงานหรือมีดตัดหมุนไปครบ 1 รอบ มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อนาที (เมตร/นาที : m/min) หรือ ฟุตต่อนาที (ฟุต/นาที : f/min) ความเร็วตัดที่มีใบมีดตัดอยู่ในแนวเส้นรอบวงของตัวตัด จะขึ้นอยู่กับขนาดของความยาวเส้นรอบวงและความเร็วในการหมุน ความเร็วตัดหาได้จากสมการที่ (1)

$$V_{cut} = \frac{\pi dn}{1,000} \quad (1)$$

เมื่อ V_{cut} คือ ความเร็วตัด (เมตร/นาที : m/min)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีด (มิลลิเมตร : mm)

n คือ ความเร็วรอบในการหมุนตัด (ต่อนาที : /min)

ความเร็วรอบ หมายถึง ความเร็วที่ชิ้น งานหรือใบมีดตัดหมุนรอบต่อหนึ่งหน่วยเวลามีหน่วยวัดเป็นรอบต่อนาที (RPM = Revolutions Per Minute) ความเร็วรอบหาได้จากสมการที่ (2)

$$N_2 = \frac{D_1}{D_2 \times N_1} \quad (1)$$

เมื่อ N_1 คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ (รอบ/นาที : RPM)

N_2 คือ ความเร็วรอบใบมีด (รอบ/นาที : RPM)

D_1 คือ พูลเล่ย์ขับ (มิลลิเมตร : mm)

D_2 คือ พูลเล่ย์ตาม (มิลลิเมตร : mm)

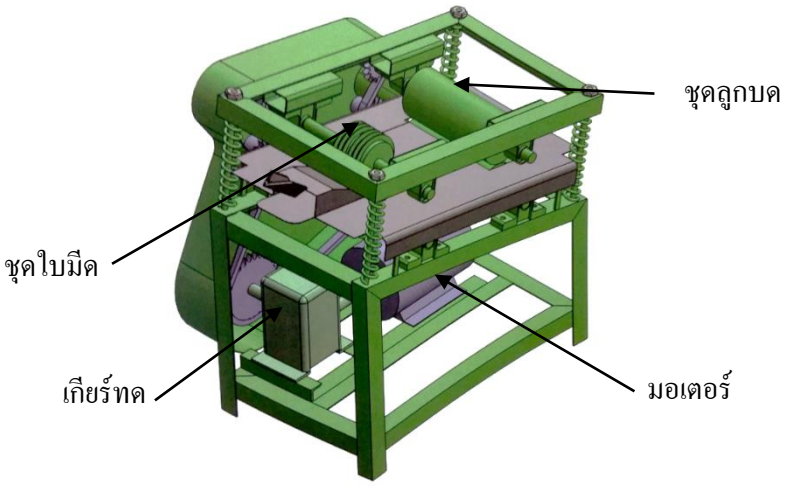
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เตย (Pandanas)

เตยหรือใบเตย (Pandanas) หมายถึง ชื่อไม้พุ่มหรือไม้ต้นหลายชนิดในวงศ์ Pandanaceae ขึ้นเป็นกอหรือโดดเดี่ยว ใบแคบยาวเรียงสลับเวียนเป็นเกลียวขึ้นไปจนถึงยอด ดอกแยกเพศอยู่ต่างต้น เช่น เตยสานเสื่อ (Pandanas kaidus Kurz)เตยหอม (Pandanas amaryllifolius Roxb.) ซึ่งใบเตย คือใบส่วนที่นำมาลนไฟหรือต้ม กรีดกระดูกแกนกลางออก ใช้ไม้ไผ่ครูดหรือรีด กรีดหรือเลียดเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ นำไปแช่น้ำทำให้แห้ง แล้วใช้ไม้ไผ่ครูดเส้นให้มีผิวมันและนุ่ม อาจมีการป้องกันเชื้อรา ฟอกสีหรือยอมสีเพื่อความสวยงาม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน,2559)

เครื่องตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตย

เครื่องตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตยสำหรับงานวิจัยนี้มีขนาดความกว้าง 350 เซนติเมตร ยาว 550 เซนติเมตรและสูง 610 เซนติเมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ไฟฟ้า 1 เฟส 220 โวลต์ เป็นต้นกำลังในการทำงาน มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ชุดลูกกลิ้งบด 1 ชุดและชุใบมีดตัด 1 ชุด ดังภาพที่ 1 ชุดใบมีดจะทำหน้าที่ตัดและดึงใบเตยหนามเข้าสู่กระบวนการบด โดยการตัดนั้นจะแยกหนามของใบเตยออกด้วย ซึ่งเส้นใบเตยหนามที่ตัดออกมานั้นจะกำหนดให้มีขนาดความกว้าง 1 เซนติเมตร



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตย

ขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตยหนามเพื่องานจักสาน โดยนำใบเตยหนามที่เตรียมไว้ไม่เกิน 1 วันมาตัดตรงปลายยอดใบออกให้เหลือใบเตยที่มีขนาดความยาว 150 เซนติเมตร จากนั้นป้อนเข้าสู่เครื่องซึ่งเครื่องก็จะทำการกรีดใบเตยหนามออกมาเป็นเส้นๆ โดยแต่ละเส้นจะมีขนาดความกว้างไม่เกิน 1 เซนติเมตร สำหรับเงื่อนไขในการทดลองนั้นจะใช้ความเร็วรอบในการกรีดใบเตยหนาม 3 ความเร็วรอบ คือ 50, 66.5 และ 106 รอบต่อนาที ตามลำดับ ใช้ใบเตยหนามในแต่ละครั้งจำนวน 5 ชิ้น กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร โดยการทดลองแต่ละเงื่อนไขจะทำซ้ำกัน 3 ครั้ง

อภิปรายผลการทดลอง

ในการทดลองหาความสามารถในการทำงานของเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามเพื่องานจักสานตามจะทำการควบคุมความเร็วรอบของใบมีดกรีดใบเตยหนาม ที่ความเร็วรอบ 50, 66.5 และ 106 รอบต่อนาที ผลการทดลองที่ความเร็วรอบต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที

ครั้งที่	จำนวนเส้นใบเตยหนาม (ชิ้น)	เวลา (นาที)	เส้นใบเตยหนามที่ดี (เส้น)	เส้นใบเตยหนามที่ไม่ดี (เส้น)	เปอร์เซ็นต์ (ดี)	เปอร์เซ็นต์ (เสีย)
1	5	1.02	16	4	80	20
2	5	1.11	18	2	90	10
3	5	1.19	19	1	95	5
ค่าเฉลี่ย		1.11	17.67	2.33	88.33	11.67

ตารางที่ 2 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 66.5 รอบต่อนาที

ครั้งที่	จำนวนเส้นใบเตยหนาม (ชิ้น)	เวลา (นาที)	เส้นใบเตยหนามที่ดี (เส้น)	เส้นใบเตยหนามที่ไม่ดี (เส้น)	เปอร์เซ็นต์ (ดี)	เปอร์เซ็นต์ (เสีย)
1	5	0.47	17	3	85	15
2	5	0.49	18	2	90	10
3	5	0.52	20	0	100	0
ค่าเฉลี่ย		0.49	18.33	1.67	91.67	8.33

ตารางที่ 3 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 106 รอบต่อนาที

ครั้งที่	จำนวนเส้นใบเตยหนาม (ชิ้น)	เวลา (นาที)	เส้นใบเตยหนามที่ดี (เส้น)	เส้นใบเตยหนามที่ไม่ดี (เส้น)	เปอร์เซ็นต์ (ดี)	เปอร์เซ็นต์ (เสีย)
1	5	0.31	19	1	95	5
2	5	0.34	20	0	100	0
3	5	0.35	20	0	100	0
ค่าเฉลี่ย		0.33	19.67	0.33	98.33	1.67

จากข้อมูลผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าการตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตยหนามจำนวน 5 ชิ้นใช้เวลาในการตัดแบ่งเฉลี่ย 1.11 นาทีจำนวนเส้นใบเตยหนามที่ดัดแบ่งได้ขนาดตามที่ต้องการเฉลี่ย 17.67

เส้น คิดเป็น 88.33 % ในส่วนเส้นที่ไม่ได้ขนาดมีจำนวนเฉลี่ย 2.33 เส้น คิดเป็น 11.67 % ในขณะที่เครื่องกำลังทำงานนั้นจากการสังเกตพบว่าเครื่องมีการติดขัดเล็กน้อยและเครื่องทำงานได้ไม่สม่ำเสมอ ที่ความเร็วรอบ 66.5 รอบต่อนาที ผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าการตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตยหนามจำนวน 5 ชิ้นใช้เวลาในการตัดแบ่งเฉลี่ย 0.49 นาที จำนวนเส้นใบเตยหนามที่ดัดแบ่งได้ขนาดตามที่ต้องการเฉลี่ย 18.33 เส้น คิดเป็น 91.67 % ในส่วนเส้นที่ไม่ได้ขนาดมีจำนวนเฉลี่ย 1.67 เส้น คิดเป็น 8.33 % ซึ่งเครื่องมีอาการติดขัดบ้างเล็กน้อยและใช้เวลาในการกรีดที่น้อยกว่าความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาที ผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 3 พบว่าการตัดแบ่งเส้นขนาดใบเตยหนามจำนวน 5 ชิ้นใช้เวลาในการตัดแบ่งเฉลี่ย 0.33 นาทีจำนวนเส้นใบเตยหนามที่ดัดแบ่งได้ขนาดตามที่ต้องการเฉลี่ย 19.67 เส้น คิดเป็น 98.33 % ในส่วนเส้นที่ไม่ได้ขนาดมีจำนวนเฉลี่ย 0.33 เส้น คิดเป็น 1.67 % ซึ่งเครื่องแทบจะไม่มีอาการติดขัดและใช้เวลาในการกรีดที่น้อยกว่าความเร็วรอบที่ผ่านมาทั้งหมด

ในการทดลองที่ความเร็วความเร็วรอบของใบมีดกรีดใบเตยหนามทั้ง 3 ความเร็วรอบ ที่ 50, 66.5 และ 106 รอบต่อนาที จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วรอบ 106 รอบต่อนาทีเป็นความเร็วรอบที่ดีที่สุดที่เครื่องนี้สามารถกรีดใบเตยหนามได้ ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5 เป็นการเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมที่มีอยู่

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลการทดลองค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุดของเครื่องที่พัฒนากับเครื่องเดิม

แบบเครื่อง	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เส้นใบเตยที่ผ่านการกรีดเฉลี่ย		เวลา (นาที)
		เส้นใบเตยหนามที่ดี (เปอร์เซ็นต์)	เส้นใบเตยหนามที่ไม่ดี (เปอร์เซ็นต์)	
เครื่องเดิม	63.88	82.42	17.58	1.34
เครื่องที่พัฒนา	106	98.33	1.67	0.33
ผลต่าง	42.12	15.91	15.91	1.01

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบผลการทดลองค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันของเครื่องที่พัฒนากับเครื่องเดิม

แบบเครื่อง	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	เส้นใบเตยที่ผ่านการกรีดเฉลี่ย		เวลา (นาที)
		เส้นใบเตยหนามที่ดี (เปอร์เซ็นต์)	เส้นใบเตยหนามที่ไม่ดี (เปอร์เซ็นต์)	
เครื่องเดิม	63.88	82.42	17.58	1.34
เครื่องที่พัฒนา	50	88.33	11.67	1.11
ผลต่าง	18.88	5.91	5.91	0.23

เมื่อนำผลการทดลองที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองของเครื่องแบบเดิมดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นมีความสามารถที่ดีกว่าแบบเดิมโดยที่จำนวนเส้นในเตยหนามที่ผ่านการกรีดมีจำนวนเส้นที่สมบูรณ์

สามารถนำมาจักสานได้มากกว่า 15.91 % และใช้เวลาในการกรีดที่น้อยกว่า 1.01 นาที และเมื่อนำผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 50 รอบต่อนาทีมาเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมที่มีค่าที่ดีที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียง โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถกรีดใบเตยหนามได้สมบูรณ์ 88.33 % ใช้เวลาในการกรีด 1.11 นาที เครื่องเดิมสามารถกรีดใบเตยหนามได้สมบูรณ์ 82.42 % ใช้เวลาในการกรีด 1.34 นาที ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นนั้นมีความสามารถที่ดีกว่าโดยมีเส้นใบเตยหนามที่สมบูรณ์มากกว่า 5.91 %

สรุปผลการทดลอง

ในการพัฒนาเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามออกเป็นเส้น ๆ ให้แต่ละเส้นมีขนาดกว้าง 1 เซนติเมตรได้ภายในขั้นตอนเดียวนั้น จากการทดลองความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดในการกรีดใบหนามเตย คือ 106 รอบต่อนาที สามารถกรีดใบเตยหนาม 5 ชิ้นใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 นาที ได้เส้นใบเตยหนามที่สมบูรณ์เฉลี่ย 98.33 % ส่วนเส้นที่ไม่ได้ขนาดเฉลี่ย 1.67 % เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมที่มีค่าที่ดีที่สุดกรีดใบเตยหนาม 5 ชิ้น ใช้เวลาเฉลี่ย 1.34 นาที ได้จำนวนเส้นใบเตยหนามที่สมบูรณ์เฉลี่ย 82.42 % และใบเตยหนามที่ไม่สมบูรณ์เฉลี่ย 17.58 % จะเห็นได้ว่าเครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามที่พัฒนาขึ้นมานี้ใช้เวลาในการตัดน้อยกว่าเฉลี่ย 0.23 นาที และมีเส้นใบเตยหนามที่สมบูรณ์สามารถนำมาจักสานได้มากกว่าถึง 5.91 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยรัตภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องต่าง ๆ สนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา และนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร ได้แก่ นายอุหมาด หีมโป๊ะหมอ นายอัลวาซาดัด ขุนแผน และนายผดุงเกียรติ สังข์แก้ว ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. 2540. **เรื่องที่ 3 เครื่องจักสาน**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ . เล่ม ๒๒. แหล่งที่มา http:// http://www.kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/book.php?book=22&chap=3&page=t22-3-infodetail07.html, 9 สิงหาคม 2560

ภูมิปัญญาท้องถิ่น. 2555. **กรณีศึกษาการผลิตเครื่องจักสานใบเตย บ้านโต๊ะบัน อ.สิเกา จ.ตรัง**. แหล่งที่มา http:// www.gotoknow.org/posts/168649, 24 สิงหาคม 2560.

ธงชัย หนูดวง, วินัย ทุ้ยอ้น, อำนาจ นวลทอง. 2558. เครื่องตัดแบ่งขนาดเส้นใบเตยหนามเพื่องานจักสาน. ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ศราวุธ จันทร์กลาง. 2556. การออกแบบและทดสอบเครื่องย่อยขวดพลาสติกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะภายในชุมชนเทศบาลเมืองขลุง จังหวัดจันทบุรี.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย ราชภัฏรำไพพรรณ.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน . 2559. ผลิตภัณฑ์จากใบเตย. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.

เครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ

The Semi-automatic Charcoal Powder Extruder Machine

จตุพร ใจดำรงค์[1*] ธนาวัฒน์ ทับนิล[2] สมเกียรติ สุทธิชาติ[3] สุทธิชัย หนูสุข[4] ปิยวิทย์ สุวรรณ[5] และ บรรเลง คำเกตุ[6]

Jatuporn Jaidumrong[1*] Thanawat Thabnin[2] Somkiat Suttichard[3] Suttichai Nusook[4] Piyavit Suwan[5] and Bunleng Kumket[6]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้แรงงานคนและเวลาในการผลิต การทำงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนสำคัญหลักๆ คือ ชุดบดเศษผงถ่านทำการบดเศษผงถ่านให้ละเอียดโดยผงถ่านที่ได้จะถูกลำเลียงมายังชุดถังผสมผงถ่าน ทำการผสมโดยใช้ใบกวนเป็นตัวผสมระหว่างผงถ่าน แป้งมันสำปะหลังและน้ำเข้าด้วยกัน ส่วนผสมที่ได้จะถูกลำเลียงไปยังชุดอัดผงถ่านโดยใช้ชุดเกลียวอัดเป็นตัวอัดถ่านแท่ง การทดลองอัดถ่านแท่งโดยการนำเอาเศษผงถ่าน แป้งมันสำปะหลังและน้ำเปล่าสะอาดมาผสมตามอัตราส่วนที่กำหนด พบว่าชุดเกลียวอัดของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถอัดถ่านแท่งที่มีรูปทรงและขนาดตามบล็อกเป็นแท่งยาวทรงกระบอกหรือหกเหลี่ยม มีผิวเรียบ การทดสอบความแข็งโดยการปล่อยจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำพบว่าการแตกของถ่านอัดแท่งจะแตกต่างกันตามส่วนผสม

คำสำคัญ: เครื่องอัดถ่าน ชุดบด ชุดผสม ชุดเกลียวอัด

ABSTRACT

This research aims to design and create a semi-automatic charcoal powder extruder. To reduce manpower and labor time. The work is divided into 3 main areas, namely, the pulverized charcoal grinding set, the pulverized charcoal powder, the charcoal powder is conveyed to the charcoal powder mixer. Mix with a stirring paddle. Tapioca and the water together. The mixture is conveyed to the charcoal powder packer using a compression strand of charcoal. Compaction of charcoal bars by removing charcoal debris. Tapioca and clean water are mixed in the prescribed ratio. The semi-automatic charcoal compression machine can be compacted with a cylindrical shape and size in blocks, cylindrical, or hexagonal with the smooth surface. It was found that the cracking of the charcoal was different according to the mixture.

Keywords: packer machine, powder, Grinding set, powder mixer, compression strand

---

[1,2,3,4,5] สาขาวิศวกรรมอุตสหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[1,2,3,4,5] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Sivijaya, Songkhla, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : jatuporn1974@gmail.com

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันมีการตระหนักถึงการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยมีการนำเอาทรัพยากรที่เหลือใช้กลับมาแปรสภาพเพื่อให้เกิดประโยชน์สูดสุด ประกอบกับประเทศไทยมีการผลิตสินค้าที่มีส่วนประกอบจากวัตถุดิบไม้เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดเศษขี้เลื่อยจากเศษไม้ที่เกิดจากการผลิตเป็นจำนวนมากและเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษขี้เลื่อยไม้ดังกล่าว จึงมีการนำเอาเศษขี้เลื่อยไม้ชนิดต่าง ๆ นั้นมาแปรสภาพโดยเข้ากระบวนการอัดแท่งเพื่อเป็นถ่านอัดแท่งใช้ประโยชน์ต่างๆ ตามลักษณะการใช้งาน เช่น การใช้เป็นเชื้อเพลิงตามร้านอาหารต่าง ๆ หรือนำมาใช้ภายในบ้านพักอาศัยและตามโรงงานต่าง ๆ

ถ่านอัดแท่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทดแทนถ่านจากป่าไม้ธรรมชาติที่กำลังจะหมดไปได้อย่างสมบูรณ์ เพื่อเป็นการตอบสนองนโยบายรัฐบาลในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้อย่างคุ้มค่า แต่ปัญหาเชื้อเพลิงในปัจจุบันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เศรษฐกิจของประเทศตกต่ำลง จึงมีความจำเป็นที่ต้องการหาวัสดุที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะการใช้เชื้อเพลิงในการหุงต้ม ปิ้ง ย่าง ของครัวเรือนและร้านอาหารต่าง ๆ ในอดีตจะใช้ไม้เป็นเชื้อเพลิงอาจจะอยู่ในรูปของไม้ฟืนหรือถ่านไม้ แต่ในปัจจุบันปริมาณไม้มีปริมาณไม่มากนัก จึงทำให้มีความสนใจในการนำวัตถุดิบหรือวัสดุทางการเกษตร ได้แก่ เศษผงถ่านกะลามะพร้าว เศษผงถ่านไม้ยางพารา เศษผงถ่านกะลาปาล์ม และเศษผงถ่านไม้ต่าง ๆ เพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงเป็นการเผาแล้วนำมาอัดเพื่อให้อยู่ในรูปแบบของถ่านอัดแท่งหรือถ่านอัดเป็นก้อน เนื่องจากใช้สะดวก เผาไหม้ได้นานและราคาไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น ๆ เป็นต้น [1]

รุ่งโรจน์ พุทธิสกุล (2553) [3] การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาการผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการทดสอบสมรรถนะทางความร้อนตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช.238/2547) มลภาวะ ต้นทุนต่อหน่วยและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตถ่านอัดแท่ง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำวัสดุทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวมาผสมกัน 5 อัตราส่วน ลักษณะถ่านอัดแท่งเป็นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มีครีบโดยรอบจำนวน 5 ครีบและมีรูกลวงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ความยาว 10 เซนติเมตร แรงอัด 33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก ทำการทดสอบโดยการเผาไหม้เพื่อวัดผลในห้องปฏิบัติการทดสอบ เพื่อส่งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของสมรรถนะทางความร้อนและมลภาวะ

ผลทางด้านสมรรถนะทางความร้อนสรุปได้ว่า ถ่านอัดแท่งที่มีส่วนผสมระหว่างถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลังในอัตราส่วน 9 : 1 โดยมีค่าอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนสูงสุดเท่ากับ 6,518.10 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม และอัตราส่วน 1 : 9 เป็นอัตราส่วนที่ให้ค่าความร้อนต่ำสุดเท่ากับ 4,514.13 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม ผลการทดสอบมลภาวะจากการเผาไหม้ถ่านอัดแท่ง พบว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปริมาณเท่ากับ 195 ppm ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เท่ากับ 26 ppm คาร์บอนไดออกไซด์ 9.11 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณมากกว่า 4,000 ppm มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลง สัมพันธ์กับปริมาณคงเหลือของวัสดุหลังการเผาไหม้ ซึ่งในด้านสมรรถนะเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 238/2547)

ศราวุฒิ อินทฤทธิ์ และสินีนาถ ศรีสำราญ (2553) [4] ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาถ่านอัดแท่งชีวมวลจากเปลือกทุเรียน โดยใช้น้ำแป้งเป็นตัวประสานและปรับปรุงอุปกรณ์อัดถ่านแท่งชีวมวลโดยใช้เทคนิคการอัดสกรูแบบอัดเย็น ได้ถ่านอัดแท่งที่มีทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในและนอกเท่ากับ 12 และ 52 มิลลิเมตรตามลำดับ และมีความยาวแท่งถ่านประมาณ 60 มิลลิเมตร ทดลองทำการอัดถ่านอัดแท่งจากเปลือกทุเรียนโดยมีอัตราส่วนผสมระหว่างผงถ่านกับตัวประสานที่อัตราส่วน 70 : 30, 72.5 : 27.5 และ 75 : 25 พบว่าที่อัตราส่วน 75 : 25 ให้ค่าความร้อนสูงสุด คือประมาณ 5,832.95 แคลอรีต่อกรัมและลดลงเมื่อมีปริมาณตัวประสานเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 0.251 ถึง 0.277 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ลักษณะการติดไฟของถ่านอัดแท่งเปลือกทุเรียนติดไฟได้ประมาณ 2 ชั่วโมง และมีความคล้ายคลึงกับถ่านทางการค้าอีกทั้งยังมีปริมาณขี้เถ้าที่น้อยกว่าจึงเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นพลังงานความร้อนทางเลือกสำหรับภาคครัวเรือน

เครื่องอัดผงถ่าน

เครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติจะมีลักษณะเป็นแนวตั้ง มีความกว้างประมาณ 1.50 เมตร ความยาวประมาณ 1.50 เมตร และความสูงประมาณ 1.50 เมตร ประกอบด้วย ชุดบดเศษผงถ่าน ชุดถังผสมผงถ่าน ชุดอัดผงถ่าน ถังผสมน้ำตัวประสาน และชุดใบตัดผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตถ่านอัดแท่ง ดังแสดงรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ

ชุดบดเศษผงถ่านเป็นขั้นตอนแรกของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบไปด้วย ชุดแกนเพลาบดเศษผงถ่านตะแกรงเหล็ก และชุดฝาครอบแกนเพลาบดเศษผงถ่าน ดังแสดงรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดบดเศษผงถ่าน

ชุดผสมเศษผงถ่านเป็นขั้นตอนที่สองของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติผลิตขึ้นจากสเตนเลสเพื่อป้องกันการเกิดสนิมและเพิ่มความแข็งแรงของถังผสม ประกอบไปด้วยตัวถังผสมและใบกวนผสมผงถ่าน ใช้มอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์เป็นต้นกำลังในการผสมผงถ่าน โดยมีชุดเกียร์ทดขนาด 1 : 50 เป็นตัวส่งกำลังในการผสมผงถ่าน ดังแสดงรูปที่ 3



รูปที่ 3 ชุดถังผสมและใบกวนผงถ่าน

ชุดอัดผงถ่าน ดังแสดงรูปที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบไปด้วย มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์เป็นต้นกำลัง โดยส่งไปยังเกียร์ทดขนาด 1 : 40 เป็นตัวส่งกำลังในการอัดผงถ่านด้วยชุดเกลียวอัด ดังแสดงรูปที่ 5 ที่อยู่ภายในชุดอัดโดยจะเป็นตัวลำเลียงผงถ่านที่ผ่านการผสมมาแล้วจะถูกส่งไปยังบล็อกอัด ผงถ่านที่ผ่านการอัดจะมีลักษณะหน้าตัดเป็นหกเหลี่ยมหรือทรงกลมซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ตามความต้องการ บล็อกจะยึดติดอยู่กับหน้าแปลนของชุดอัดผงถ่านโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 × 150 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 ชุดอัดผงถ่าน



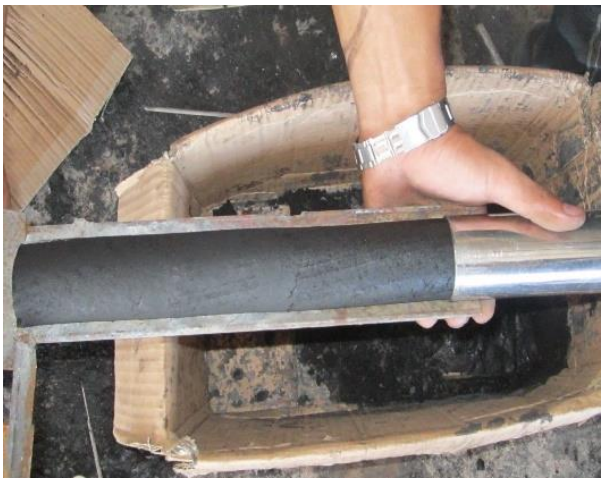
รูปที่ 5 ชุดเกลียวอัด

ถังน้ำตัวประสานของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ จะออกแบบตัวถังที่มีฝาปิดมีลักษณะเป็นสเกลบอกจำนวนระดับน้ำตัวประสาน มีหน่วยเป็นลิตร ท่อลำเลียงน้ำตัวประสารของเครื่องอัดผงถ่านแบบต่อเนื่อง จะออกแบบลักษณะเป็นท่อตรงและมีเจาะรูขนาด 4.00 มิลลิเมตร จำนวน 10 รู ซึ่งท่อลำเลียงน้ำตัวประสานจะติดตั้งร่วมกับถังน้ำตัวประสาน โดยที่น้ำตัวประสานจะไหลลงมากักเก็บไว้ยังท่อลำเลียงเพื่อที่จะทำการปล่อยไปยังถังผสมผงถ่านอีกทอดหนึ่ง ดังแสดงรูปที่ 6



รูปที่ 6 ท่อลำเลียงน้ำ

ลักษณะถ่านที่ออกมาจากบล็อกจะมีรูปทรงตามแบบของบล็อกที่ใช้ ดังแสดงรูปที่ 7 โดยผงถ่านที่ออกมาจากบล็อกจะมีความร้อนเล็กน้อยที่เกิดขึ้นจากการเสียดสีในกระบวนการอัดผงถ่าน



รูปที่ 7 ลักษณะถ่านที่ผ่านการอัด

ผลิตภัณฑ์ถ่านที่ได้จากกระบวนการอัดของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ จะมีลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นทรงกลมและหกเหลี่ยม หรือรูปทรงต่าง ๆ ตามความต้องการของผู้ผลิตถ่านอัดแท่ง ดังแสดงรูปที่ 8 ขั้นตอนสุดท้ายนำชิ้นผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่งไปผึ่งแดด เพื่อลดความชื้นของถ่านและให้ถ่านมีความแข็งตัวลดการแตกหักเหมาะแก่การบรรจุภัณฑ์



รูปที่ 8 ผลิตภัณฑ์ถ่านที่ได้จากขบวนการอัดของเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทดลองผลิตผงถ่านอัดแท่ง

ขั้นตอนการผลิตถ่านอัดแท่งโดยใช้วิธีการผลิตดังต่อไปนี้

1. บดเศษถ่านให้ละเอียด
2. นำแป้งมันสำปะหลังกับน้ำสะอาดมาผสมให้เข้ากันลงในถังน้ำประสาน
3. ทำการผสมให้เข้ากันระหว่างผงถ่านที่ผ่านกระบวนการบดมาแล้วกับน้ำตัวประสาน
4. ลำเลียงผงถ่านที่ผ่านกระบวนการผสมมาแล้วลงในชุดอัด
5. ทำการอัดถ่านแท่ง
6. นำถ่านอัดแท่งไปผึ่งแดดประมาณ 1 – 2 วัน
7. บรรจุถ่านอัดแท่งลงในกระสอบ

การทดลองและผล

เครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติเป็นการนำเศษผงถ่านมาอัดเป็นถ่านอัดแท่ง ด้วยกระบวนการบดเศษถ่าน ต่อจากนั้นเป็นการผสมผงถ่านและทำการอัดแน่นผงถ่าน โดยเป็นการนำกระบวนการทำงานทั้งสามให้มาอยู่ในสายการผลิตเดียวกัน ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองการอัดถ่านแท่งโดยการนำเอาเศษผงถ่าน (กิโลกรัม) แป้งมันสำปะหลัง (กิโลกรัม) และน้ำเปล่าสะอาด (ลิตร) มาผสมตามอัตราส่วน 10 : 05 : 3.5, 10 : 1 : 3.5, 10 : 1.5 : 3.5 แล้วทำการบดเศษถ่าน การผสมผงถ่านและการอัดผงถ่าน 3 ครั้ง สังเกตลักษณะถ่านอัดแท่งว่าลักษณะทางกายภาพของถ่านอัดแท่งสมบูรณ์หรือไม่ และทำการทดสอบความแข็งโดยการปล่อยจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำแล้วทำการบันทึกผล ดังตารางแสดงผลที่ 1-4

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเวลาในการผลิต 25 นาทีต่อรอบจำนวนถ่าน 55 ก้อน

ครั้งที่	อัตราส่วนผสมถ่านอัดแท่ง (ก.ก.) (ผงถ่าน : แป้งมัน : น้ำ)	ลักษณะถ่านอัดแท่ง	
1	10 : 0.5 : 3.5	มีรูพรุน	
2	10 : 1 : 3.5	มีรูพรุนเล็กน้อย	
3	10 : 1.5 : 3.5	ไม่มีรูพรุน	

ตารางที่ 2 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งส่วนผสม 10 : 0.5 : 3.5

ครั้งที่	ความสูง (เมตร)	ความยาวถ่านอัดแท่ง (เซนติเมตร)	ลักษณะถ่านอัดแท่งทดสอบการตกกระแทก	
1	1.00	10	แตกเล็กน้อย	
2	1.50	10	แตก	
3	2.00	10	แตก	

ตารางที่ 3 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งส่วนผสม 10 : 1 : 3.5

ครั้งที่	ความสูง (เมตร)	ความยาวถ่านอัดแท่ง (เซนติเมตร)	ลักษณะถ่านอัดแท่งทดสอบการตกกระแทก	
1	1.00	10	ไม่แตก	
2	1.50	10	แตกเล็กน้อย	
3	2.00	10	แตกเล็กน้อย	

ตารางที่ 4 ผลการทดลองถ่านอัดแท่งส่วนผสม 10 : 1.5 : 3.5

ครั้งที่	ความสูง (เมตร)	ความยาวถ่านอัดแท่ง (เซนติเมตร)	ลักษณะถ่านอัดแท่งทดสอบการตกกระแทก	
1	1.00	10	ไม่แตก	
2	1.50	10	ไม่แตก	
3	2.00	10	ไม่แตก	

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาและการสร้างเครื่องอัดผงถ่านแบบกึ่งอัตโนมัติ มีลักษณะการทำงานอยู่ 3 ส่วนหลักๆ คือ การบดเศษผงถ่าน การผสมเศษผงถ่านและการอัดเศษผงถ่าน ซึ่งกระบวนการทั้ง 3 อย่างนี้จะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

ขั้นตอนการบดเศษผงถ่านเป็นการบดเศษผงถ่านโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลัง 1 แรงม้า ด้วยความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที โดยที่กำลังของมอเตอร์จะถูกส่งไปยังพูลเลย์และสายพานเพื่อใช้ในการขับชุดเพลาแกนบด ในการบดแต่ละครั้งสามารถบดเศษผงถ่านได้ไม่จำกัดเพราะชุดเพลาแกนบดได้ทำการออกแบบลักษณะรูปทรงที่แข็งแรงทนต่อแรงกระแทกและการเสียดสีของเศษผงถ่านได้ดี ความเร็วรอบที่ใช้ในกระบวนการบดเศษผงถ่าน คือ 410 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้ในกระบวนการบดเศษผงถ่านประมาณ 3 – 5 นาที ต่อการบดเศษผงถ่าน 10 – 15 กิโลกรัม

ขั้นตอนการผสมผงถ่านเป็นการผสมผงถ่านโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลัง 1/2 แรงม้า ด้วยความเร็วรอบ 1,430 รอบต่อนาที โดยที่กำลังของมอเตอร์จะถูกส่งไปยังเกียร์ทดที่มีการปรับเปลี่ยนรอบ 1 : 50 รอบต่อนาที ใช้ขับเพลากวนในการผสมผงถ่านกับน้ำตัวประสาน การผสมแต่ละครั้งสามารถผสมได้ 10 – 15 กิโลกรัม ความเร็วรอบที่ใช้ในกระบวนการผสมระหว่างผงถ่านกับน้ำตัวตัวประสาน คือ 29 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้ในการผสมประมาณ 5 นาที ต่อเศษผงถ่าน 10 กิโลกรัม แป้งมันสำปะหลัง 1.5 กิโลกรัม และน้ำสะอาด 3.5 ลิตร

ขั้นตอนการอัดผงถ่านเป็นกระบวนการอัดผงถ่านโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกำลัง 1 แรงม้า ด้วยความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที โดยที่กำลังของมอเตอร์จะถูกส่งไปยังเกียร์ทดที่มีการปรับเปลี่ยนรอบ 1 : 40 รอบต่อนาที ใช้ในการขับชุดเพลาเกลียวอัด ซึ่งค่อยทำหน้าที่ลำเลียงผงถ่านที่ผ่านกระบวนการผสมมาแล้วเข้าสู่บล็อกอัดแบบอัตโนมัติ ความเร็วรอบที่ใช้ในกระบวนการอัดเศษผงถ่าน คือ 36 รอบต่อนาที เวลาที่ใช้ในกระบวนการอัดผงถ่านประมาณ 25 นาที

ผลการดำเนินงานข้างต้นจึงเปรียบเทียบการอัดผงถ่านหนึ่งรอบการผลิตที่ส่วนผสม 15 กิโลกรัม ใช้เวลาผสม 5 นาที สามารถอัดผงถ่านได้ 55 ก้อน โดยใช้เวลาในการอัดเฉลี่ยต่อครั้ง 25 นาที ซึ่งจะได้ถ่านอัดแท่ง 55 ก้อน ซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.2 กิโลกรัมต่อก้อน ใช้เวลาเฉลี่ย 25 นาทีต่อรอบการผลิต ดังนั้นการอัดผงถ่าน 110 ก้อนต่อชั่วโมงคิดเป็นการทำงานต่อวันเมื่อกำหนดให้การทำงานหนึ่งวันเท่ากับ 8 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ผลการดำเนินงานข้างต้นจึงสรุปได้ว่าการอัดผงถ่าน 1 ชั่วโมงสามารถอัดผงถ่านได้ 110 ก้อนต่อชั่วโมงดังนั้นการอัด 1 วันจะได้ถ่านอัดแท่ง 880 ก้อนต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของบล็อกและความยาวของผลิตภัณฑ์ถ่านอัดแท่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา สำหรับสถานที่ในการดำเนินงาน ตลอดจนบุคคลที่แนะนำและช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลการอัดแท่งเชื้อเพลิง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://siweb.dss.go.th/bct/fulltext/report/otop13.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 9 กันยายน 2554).

ข้อมูลฟืนและถ่าน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://guru.sanook.com/search/ฟืน-ถ่าน (วันที่ค้นข้อมูล 7 ตุลาคม 2554).

รุ่งโรจน์ พุทธีสกุล. (2553) **การผลิตถ่านอัดแท่งจากถ่านกะลามะพร้าวและถ่านเหง้ามันสำปะหลัง.** ปริญญานิพนธ์ กศ.ม (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศราวุฒิ อินทฤทธิ์ และสินีนาถ ศรีสำราญ. (2553) **การพัฒนาถ่านอัดแท่งชีวมวลจากเปลือกทุเรียน : การประดิษฐ์อุปกรณ์และการศึกษาสมบัติการเผาไหม้.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

รถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์

Robot Car Kit for Detection Environment to Cloud

ไพฑูรย์ รักเหลือ[1] และ วันเฉลิม ชั้นวัฒเนพงศ์[1]

Paitoon Rakluea[1] and Wanchalerm Chanwattanapong[1]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนารถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์ ซึ่งได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง รถหุ่นยนต์ใช้ระบบอัจฉริยะเพื่อตอบสนองเพื่อให้ตอบสนองต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ได้อย่างรวดเร็ว เซ็นเซอร์แบบดิจิตอลรุ่น AM2302/DHT22 ถูกใช้สำหรับเซ็นเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื่นสัมพัทธ์ +- 5%. ย่านอุณหภูมิตรวจวัดได้อยู่ที่ -40 C to 80 C. และเซ็นเซอร์วัดแสงแวดล้อมสามารถตรวจจับความส่องคว่างได้ย่านกว้าง รถหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ภายในระยะทาง 45 เมตร ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนกับโมดูลบลูทูธ ซึ่งสัญญาณวิทยุของโมดูลบลูทูธจะหลีกเลี่ยงการแทรกสอดของสัญญาณจากความถี่อื่นได้โดยวิธีการเปลี่ยนความถี่หลังจากที่ส่งหรือรับแพ็คเก็จข้อมูล ระบบแอนดรอยด์ถูกจัดเตรียมไว้สำหรับเป็นซอฟต์แวร์ในการควบคุมรถหุ่นยนต์ และมีอาดุยโน่ถูกเชื่อมต่อเพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์ของรถหุ่นยนต์ NodeMCU/ESP8266 ถูกใช้สำหรับการอัพโหลดข้อมูลสภาพแวดล้อมไปยังกูเกิลชีทในคลาวด์ผ่านระบบไวไฟ และแสดงผลเป็นกราฟที่ Thingspeak.co

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineer, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : paitoon_r@rmutt.ac.th

ABSTRACT

The paper proposed development the robot car kit for detection environment to cloud. The article investigates the application Internet of Thing (IoT) technology. The robot car used machine intelligence to provide immediate response from sensors. Digital sensors AM2302/DHT22 was used for detection relative humidity and temperature. Accuracy of relative humidity is +- 5%. Range of temperature is -40 ^{o}C to 80 ^{0}C. Ambient light sensor detects the wide range of illumination. Robot car can control within range 45 m through smartphone with Bluetooth module. Bluetooth radio modules avoid interference from other signals by hopping to a new frequency after transmitting or receiving a data packet. Android provides to be the software for controlling a robot car, with Arduino being an interface to connect to the hardware for controlling its. The NodeMCU/ESP8266 was used for uploads environment data to Google Sheets in the cloud via WiFi and Thingspeak.com for graphical charting.

Keywords : robot car kit, cloud**,** sensor**,** Android**,** Arduino

บทนำ

ในปัจจุบันโลกของเราได้มีเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นได้ในทุกๆ วัน เช่น ภัยพิบัติ อุบัติเหตุ และเหตุการณ์ไม่คาดคิดอีกมากมาย เมื่อมีการทำงานในบริเวณที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าปฏิบัติการได้ หรืออาจมีเหตุการณ์อันตรายในกรณีที่มีการสำรวจในบริเวณที่ประสบภัย (Khushwant *et al.*, 2013) ดังนั้นรถสำรวจจึงมีความสำคัญและมีบทบาทในการทำงาน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานลดความเสี่ยงในด้านต่างๆ ในกรณีที่ต้องเข้าไปสำรวจในพื้นที่เสี่ยงภัย หุ่นยนต์นั้นมีความสามารถในการทำงานที่สูงและมีประสิทธิภาพ การออกแบบและการพัฒนาหุ่นยนต์ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่มนุษย์ไม่สามารถเข้าไปถึงหรือพื้นที่เสียงอันตราย โดยประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing; IOT) และเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ การนำเอาเทคโนโลยี IOTและคลาวด์มาใช้งานทำให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณที่เยอะจากเซ็นเซอร์ และข้อมูลอื่น ๆ เข้าสู่ศูนย์ข้อมูล (Data Center) บนระบบคลาวด์ ซึ่งจะมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เข้ามาแบบเรียลไทม์โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสตรีม (Stream Analytics) แน่นอนว่าการใช้งานบนคลาวด์ จะต้องมีระบบป้องกันข้อมูลที่มีความเสถียรภาพและสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การผนวกเอาเทคโนโลยี IOT และคลาวด์เพื่อเพิ่มความสามารถของหุ่นยนต์และเป็นการยกระดับความสามารถของหุ่นยนต์ในอีกระดับหนึ่ง และในปัจจุบันการพัฒนาหุ่นยนต์จะประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ (Android) มาควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งระบบแอนดรอยด์นี้จะเป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส มีข้อดีคือต้นทุนต่ำ สามารถปรับปรุงโปรแกรมได้ด้วยตนเองโดยไม่ติดลิขสิทธิ์ และซอฟต์แวร์สามารถทำงานร่วมกับการบอร์ดไมโครคอลโทรลเลอร์แบบต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนารถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านระบบคลาวด์ ซึ่งได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งประยุกต์ร่วมกับเซ็นเซอร์แบบดิจิตอลรุ่น AM2302/DHT22

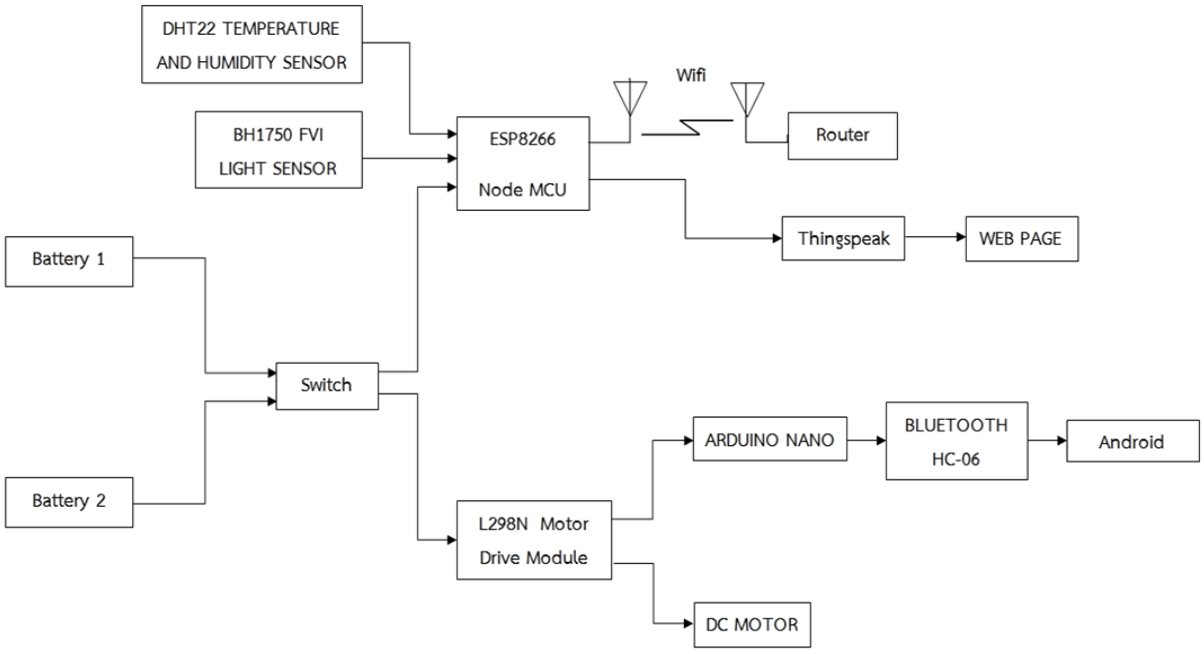
สำหรับตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ เซ็นเซอร์ BH1750 สำหรับตรวจจับความเข้มของแสง โดยทำการควบคุมรถหุ่นยนต์ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ (Android) (Nolan *et al*., 2012)รวมทั้งประยุกต์ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์แบบอาดุยโน่นาโน(Arduino Nano) และ NodeMCU/ESP8266 เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์และจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมไปยังกูเกิลชีทผ่านระบบคลาวด์ พร้อมทั้งแสดงผลเป็นกราฟที่ Thingspeak.com

หลักการออกแบบรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์

1. บล๊อกไดอะแกรมการทำงานรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

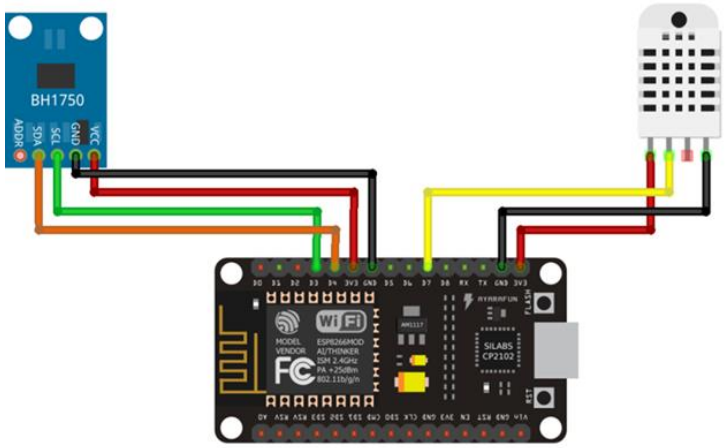
บล็อกไดแกรมการทำงานของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์ ประกอบประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้น และเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง ทำหน้าที่เป็นอินพุตเพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อม ค่าที่เซนเซอร์ทำการตรวจจับได้จะถูกประมวลผลด้วยบอร์ด ESP8266 NodeMCU และส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมจัดเก็บไปยังกูเกิลชีทในคลาวด์ผ่านระบบไวไฟ และแสดงผลเป็นกราฟที่ Thingspeak.com

สำหรับการควบคุมรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก จะใช้แอพพลิเคชั่นของอุปกรณ์สมาร์ทโฟนควบคุมรถหุ่นยนต์ผ่านระบบแอนดรอยด์ โดยมีโมดูลบลูทูธ HC-06 ต่อเข้าที่พอร์ตอินพุต TX1 และ พอร์ตอินพุต RX0 ของบอร์ด อาดูโน่นาโน ในส่วนของการขับเคลื่อนจะใช้โมดูล Driver Motor L298N



ภาพที่ 1 บล๊อกไดอะแกรมการทำงานรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

2. การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

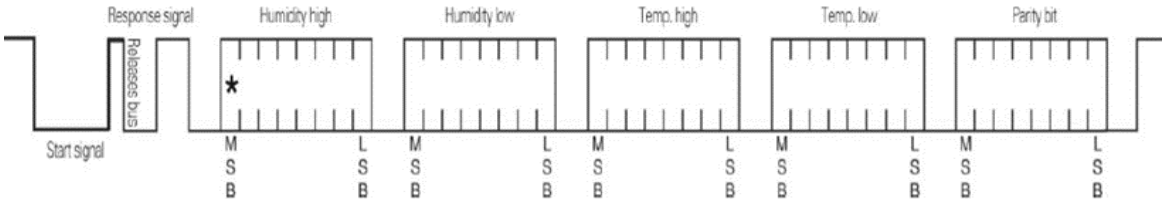


ภาพที่ 2 การต่อเซ็นเซอร์กับบอร์ด ESP8266 NodeMCU

จากภาพที่ 2 แสดงการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสภาพแวดล้อม ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ เซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้น และเซ็นเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง ทำหน้าที่เป็นอินพุตเพื่อตรวจวัดสภาพแวดล้อม ค่าที่เซนเซอร์ทำการตรวจจับได้จะถูกประมวลผลด้วยบอร์ด ESP8266 NodeMCU

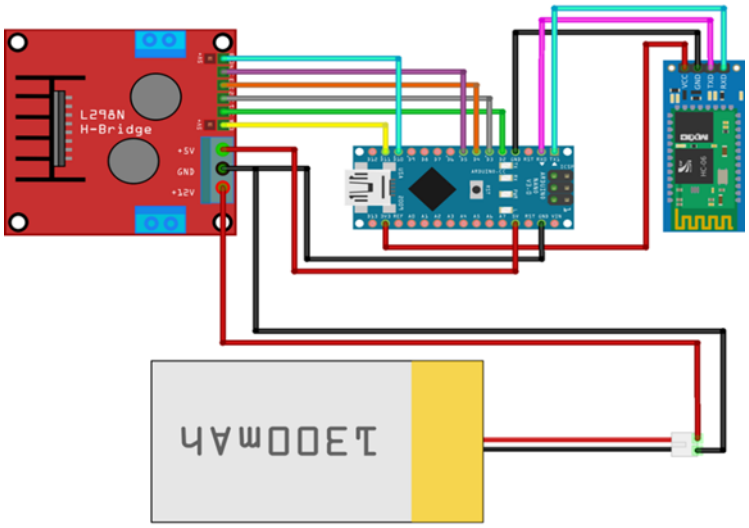
เซนเซอร์ตรวจวัดความเข้มแสง BH1750 คืออุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสง สามารถตรวจจับความส่องคว่างได้ย่านกว้าง ให้ค่าเป็นดิจิทัล ความละเอียดสูงถึง 16 บิต เชื่อมต่อแบบ I2C bus ความเร็วสำหรับบัสข้อมูล 400 KHz ทำให้ประหยัดจำนวนสัญญาณเชื่อมต่อ ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 2.4 – 3.6 โวลท์ ให้ค่าในการวัดเป็นหน่วย Lux ("ลักซ์") ซึ่งเป็นหน่วยการวัดแบบ SI สำหรับความสว่าง (illuminance) = 1 lumen per square meter ระยะเวลาในการวัดแต่ละครั้ง: ประมาณ 120 msec (สำหรับ 0.5 Lux หรือ 1 Lux), 16 msec (สำหรับ 4 Lux) ขึ้นอยู่กับโหมดการวัดที่เลือก

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ DHT22 เป็นเซ็นเซอร์ซึ่งมีราคาถูก ให้ค่าเป็นแบบดิจิทัล ใช้ขาสัญญาณดิจิทัลเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อแบบบิตอนุกรมสองทิศทาง (serial data, bi-directional) โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื่นสัมพัทธ์ +- 5%. ย่านอุณหภูมิตรวจวัดได้อยู่ที่ -40 C to 80 C. โดยจะใช้ขาสัญญาณเพียงเส้นเดียวคือ DATA (หรือ SDA) แบบสองทิศทาง และในสถานะปรกติสัญญาณ DATA จะเป็น HIGH ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้งไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องกำหนดให้ขา DATA เป็นเอาต์พุต และสร้างบิต START ซึ่งจะต้องเป็น LOW อย่างน้อย 800 µsec จากนั้นจึงให้เป็น HIGH อย่างน้อย 20 µsec หลังจากนั้นเป็นการรอการตอบกลับ (response) และจากไอซี ขา DATA จะต้องถูกเปลี่ยนเป็นอินพุตเริ่มต้นของการตอบกลับไอซี จะดึงสัญญาณลงเป็น LOW และปล่อยให้เป็น HIGH ช่วงละ 80 µsec โดยประมาณ (เรียกว่า Response Bit) จากนั้นจึงจะเป็นการส่งข้อมูลทีละบิต รวม 40 บิต (ช่วง LOW ตามด้วยช่วง HIGH) ช่วง LOW ของแต่ละบิต จะกว้างเท่ากัน แต่จะต่างกันในช่วง HIGH สำหรับบิตที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 (ใช้ความกว้างช่วง HIGH ในการจำแนกค่าของบิต) โดยแสดงลักษณะสัญญาณแบบบิตข้อมูลดังภาพที่ 3 ซึ่งแสดงว่าสองไบต์แรกสำหรับความชื้น สองไบต์ต่อมาสำหรับอุณหภูมิ และไบต์สุดท้ายเป็น checksum หรือ parity bits



ภาพที่ 3 สัญญาณบิตข้อมูลของเซ็นเซอร์ DHT 22

ESP8266 NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างนวัตกรรมอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (ซอฟต์แวร์บนบอร์ด) ที่เป็นโอเพ่นซอร์ส สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lau ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูลไวไฟ(ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูลESP8266นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่น ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไปจนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino*ตรงที่มีพอร์ต Input Output buil in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้สามารถใช้งานได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆ อีกมากมาย



ภาพที่ 4 การเชื่อมต่อภาคจ่ายไฟ ภาคควบคุมรถ และโมดูลบลูทูธ กับบอร์ดอาดูโน่นาโน

จากภาพที่ 4 แสดงการเชื่อต่อภาคจ่ายไฟ ภาคควบคุมรถ และโมดูลบลูทูธ กับบอร์ดอาดูโน่นาโน โดย การควบคุมรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์จะควบคุมผ่านระบบ Android โดยใช้แอพพลิเคชั่นจากสมาร์ทโฟนในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์ โดยมีโมดูลบลูทูธ HC-06 ต่อเข้าที่พอร์ตอินพุต TX1 และ RX0 ของบอร์ดอาดูโน่นาโน ซึ่งสัญญาณวิทยุของโมดูลบลูทูธจะหลีกเลี่ยงการแทรกสอดของสัญญาณจากความถี่อื่นได้โดยวิธีการเปลี่ยนความถี่หลังจากที่ส่งหรือรับแพ็คเก็จข้อมูล (Mohammed *et al*., 2014) ในส่วนของการเชื่อมต่อกับ Driver Motor

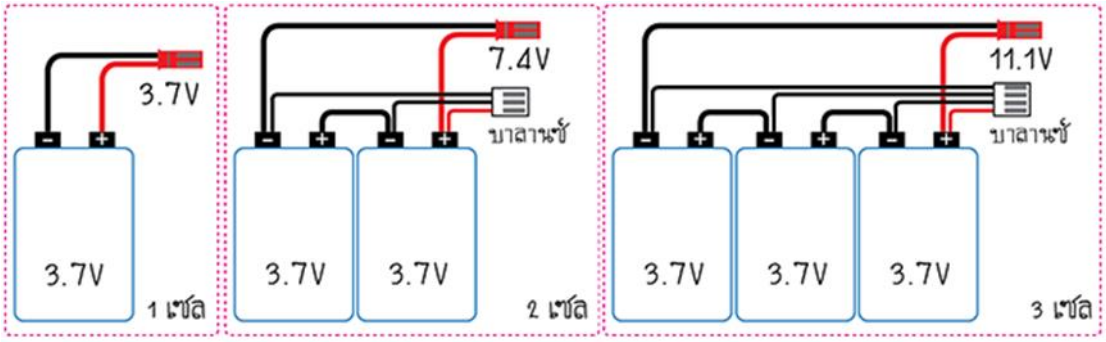
L298N ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงาน โดยต่อพอร์ต 2-5 และ พอร์ต 10-11 ของบอร์ดอาดูโน่เข้ากับบอร์ดขับมอเตอร์ L298N โดยพอร์ต 2 ต่อเข้า IN 1 และพอร์ต3 ต่อเข้า IN 2 ของสำหรับการเคลื่อนที่เลี้ยวซ้าย ส่วนพอร์ต 4 ต่อเข้า IN 3 และพอร์ต 5 ต่อเข้า IN 4 สำหรับการเคลื่อนที่ให้เลี้ยวขวาโดยที่พอร์ต 10 จะเป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้านซ้าย (PWM SPEED LEFT) และพอร์ต 11 จะเป็นการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้านขวา (PWM SPEED RIGHT) โดยมีองค์ประกอบของวัสดุที่ใช้ในการเชื่อมต่อรถหุ่นยนต์ ดังนี้

อาดูโน่นาโน คือ เครื่องมือสำหรับใช้พัฒนาระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มีภาษามาตรฐานสำหรับการเขียนโปรแกรม โดยจะใช้ตัวควบคุมหรือชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีขนาดเล็กเพื่อให้มีความเหมาะสมกับงานขนาดเล็กอย่าง Atmega328 ซึ่งอาดูโน่มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งาน เนื่องจากมีการออกแบบคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่าย ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมลงบนบอร์ดอาดูโน่ นั้นจะใช้ภาษา C++ ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษาซีประยุกต์แบบหนึ่งที่มีโครงสร้างของตัวภาษาโดยรวมใกล้เคียงกันกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) อื่นๆ เพียงแต่ได้มีการปรับปรุงรูปแบบในการเขียนโปรแกรมบางส่วนที่ผิดเพี้ยนไปจาก ANSI-C*เล็กน้อยเพื่อช่วยลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากขึ้นกว่าการเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANSI-C โดยตรง ซึ่งอาดูโน่จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับ Text Editor โดยจะเลือกใช้ C- Compiler ของ “GNU AVR-GCC Toolchain” ร่วมกับ Library Function ของ “avr-libc” ส่วน Utility ที่ใช้ในการ Upload Code ให้กับ AVR นั้นก็จะใช้ของ “AVRDude” ซึ่งคุณสมบัติของอาดูโน่นาโนจะประกอบไปด้วยชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmel ATmega328 แรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน 5 โวลท์ หน่วยความจำ 32 KB และความเร็วสัญญาณนาฬิกา 16 MHz

ชุดขับมอเตอร์ L298N (Motor Driver L298N) เป็นบอร์ดขับเคลื่อนหลักให้กับหุ่นยนต์เพื่อควบคุมชุดไดรฟ์มอเตอร์ (Motor Driver) เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในการควบคุมทิศทาง และความเร็วของมอเตอร์ (Aruna *et al*., 2017) โดยสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ชุดสัญญาณ คือวงจร H-Bridge ของ L298N*จะขับกระแสเข้ามอเตอร์ตามขั้วที่กำหนดด้วยลอจิกเพื่อควบคุมทิศทาง ส่วนความเร็วของมอเตอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ (PWM Pulse Width Modulation)

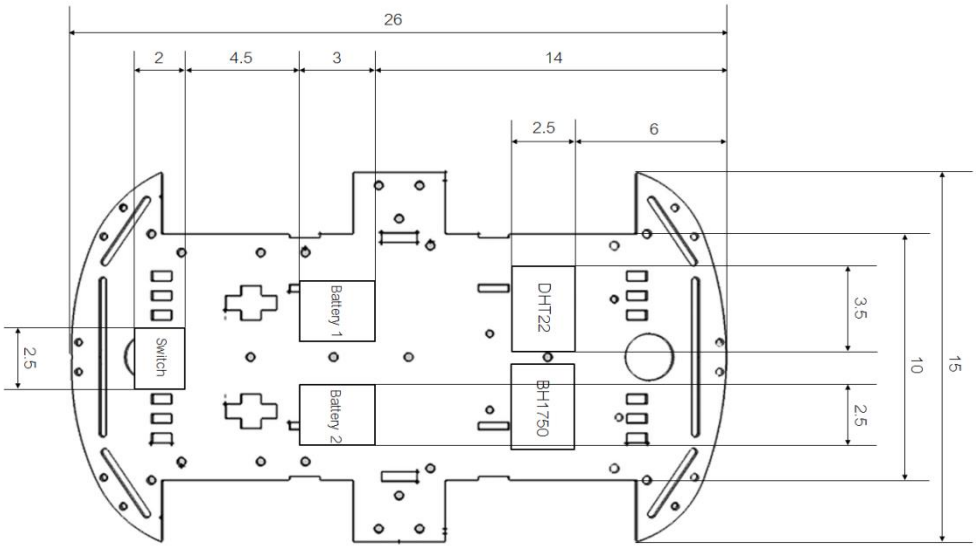
โมดูลบลูทูธ HC-06 (Bluetooth HC-06) เป็นแบบ 4 ขา ใช้แรงดันไฟเลี้ยง 3.3 VDC และระยะการรับส่งประมาณ 30 ฟุต มี LED แสดงสถานะการทำงานใช้กระแสประมาณ 150 mA

แบตเตอรี่ลิเธียม - โพลิเมอร์ (Lithium – Polymer Battery) ในส่วนของแรงดันที่เหมาะสมสำหรับหุ่นยนต์ คือขนาด 2 เซลล์ หรือ 7.4 V โดยต่อดังภาพที่ 5 เนื่องจากสามารถใช้ได้ทั้งมอเตอร์ไฟตรงและเซอร์โวมอเตอร์ ไม่ควรใช้งานแบตเตอรี่ที่แรงดันมากกว่านี้ เนื่องจากถ้าจ่ายไฟไปยังวงจรขับมอเตอร์เป็นเวลานาน วงจรขับมอเตอร์จะเสียหายได้

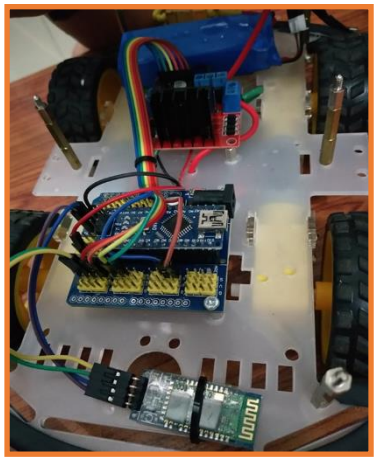


ภาพที่ 5 การเชื่อมต่อเซลล์แบตเตอรี่สำหรับนำไปใช้กับรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

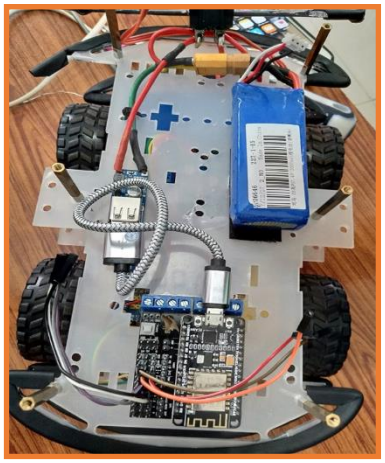
2.1 การประกอบรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับการตรวจสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์



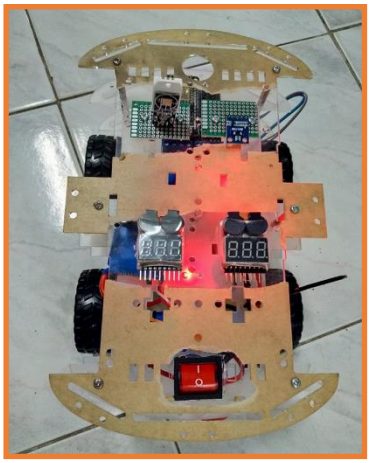
ภาพที่ 6 สัดส่วนในมุมบนของรถหุ่นยนต์ในด้านกว้างกับยาวและตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์



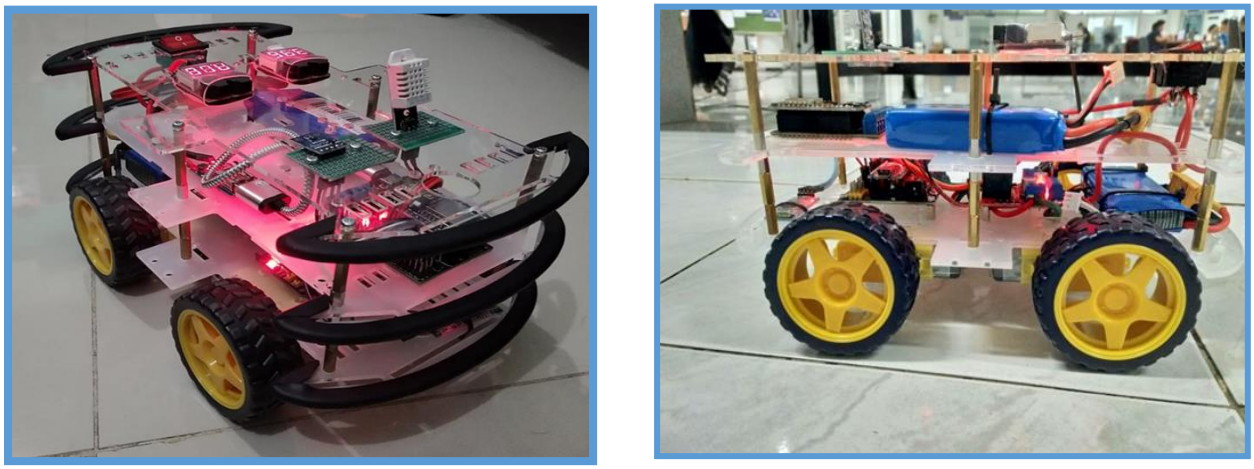
(ก) ชั้นล่าง



(ข) ชั้นกลาง



(ค) ชั้นบน



(ง) รถหุ่นยนต์ขนาดเล็กที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์

ภาพที่ 7 วิธีการประกอบรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับการตรวจสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์

หลักในการออกแบบและการประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กถูกแสดงดังภาพที่ 6-7 โดยการประกอบนั้นจะแบ่งเป็นทั้งหมด 3 ชั้น คือ

ชั้นล่าง จะนำมอเตอร์กระแสตรงทั้งสี่ตัวต่อเข้ากับชุดขับมอเตอร์ L298N เข้ากับบอร์ดอาดูโน่ นาโน เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ พร้อมทั้งเชื่อมต่อกับโมดูลบลูทูธ HC-06 เพื่อการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์สมาร์ทโฟนในการควบคุมการเคลื่อนที่ของรถ สำหรับชั้นกลางจะประกอบโมดูลเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 และโมดูลเซนเซอร์ตรวจจับแสง BH1750 ต่อเข้ากับบอร์ด ESP8266 NodeMCU เพื่อใช้ในการส่งค่าผ่านสภาพแวดล้อมไปยังระบบคลาวด์ และชั้นบนสุดนั้น จะเป็นโมดูลวัดไฟแจ้งเตือนแบตเตอร์รี่ และสวิตซ์เปิดปิดการทำงานของรถ (Saurav *et al*., 2015)

3. การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

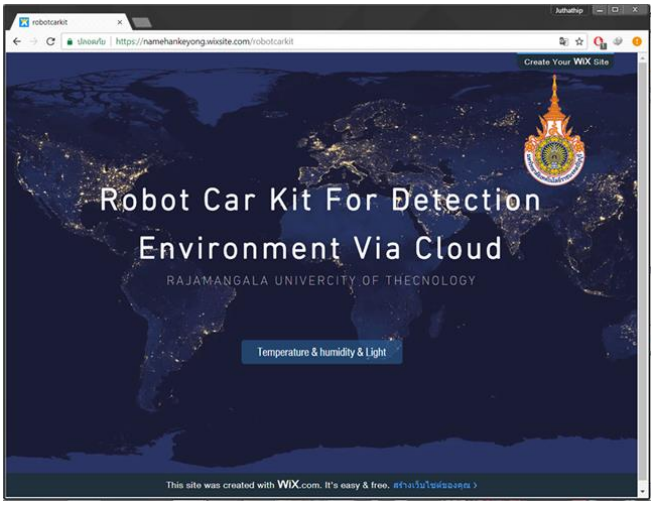
ในบทความนี้จะนำเสนออัลกอริทึมการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE โดยจะแบ่งอัลกอริทึมใน 3 ส่วนหลัก ๆ (Sudhakar *et al*., 2016) คือ โปรแกรมควบคุมรถหุ่นยนต์ และโปรแกรมตรวจจับสภาพแวดล้อม และโปรแกรมสำหรับการเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างโค้ดอัลกอริทึมของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

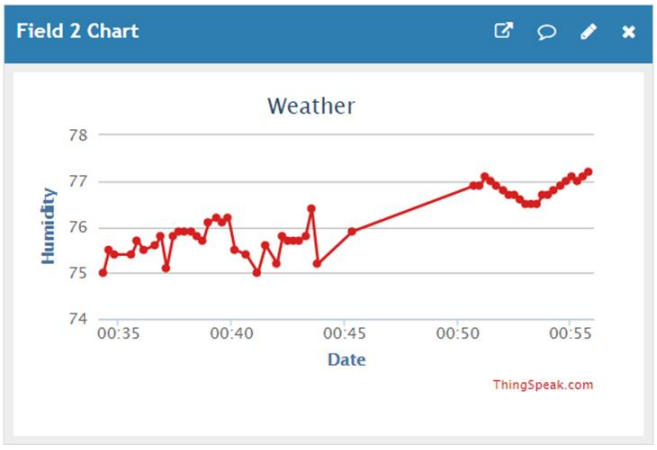
ตัวอย่างโค้ดอัลกอริทึม การควบคุมรถหุ่นยนต์	ตัวอย่างโค้ดอัลกอริทึม การตรวจจับสภาพแวดล้อม	ตัวอย่างโค้ดอัลกอริทึม การเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์
void loop() { String input=""; while(Serial.available()){ input+=(char)Serial.read(); delay(5); } if(input=="n") { stp(); } else if(input=="F") { fwd(); } else if(input=="R") { rev(); } else if(input.indexOf("TL")>-1){ lft(); } else if(input.indexOf("TR")>-1){ rght(); } else if(input!="") { motorSpeed=input.toInt(); } }	void loop() { float h = dht.readHumidity(); float t = dht.readTemperature(); uint16_t lux = lightMeter.readLightLevel(); Serial.print("hum : "); Serial.println(h); Serial.print("temp : "); Serial.println(t); Serial.print("Light: "); Serial.print(lux); Serial.println(" lx"); String hum = (String)h; String temp = (String)t; String Light = (String)lux; String data = "field1=" + temp + "&field2=" + hum+"&field3=" + Light;	if (client.connect(thingSpeakAddress, 80)) { Serial.println(data); client.print("POST /update HTTP/1.1\n"); client.print("Host: api.thingspeak.com\n"); client.print("Connection: close\n"); client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: " + writeAPIKey + "\n"); client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n"); client.print("Content-Length: "); client.print(data.length()); client.print("\n\n"); client.print(data); }}

4. ผลการทดสอบรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านระบบคลาวด์

ในการทดสอบรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมในระยะทาง 45 เมตร จะทดสอบโดยการตรวจจับอุณหภูมิความชื้น และความเข้มแสง และนำข้อมูลไปจัดเก็บในกูเกิลชีทในเว็บไซต์ของระบบคลาวด์ ดังภาพที่ 8-9 รวมทั้งสามารถแสดงผลเป็นกราฟที่ Thingspeak.com และข้อมูลที่ถูกจัดเก็บสามารถดาวน์โหลดข้อมูลย้อนหลังได้



ภาพที่ 8 เว็บไซต์ที่ทำการเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมผ่านระบบคลาวด์



ภาพที่ 9 ตัวอย่างกราฟการแสดงผลการวัดความชื้นที่ Thingspeak.com ของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก

การทดสอบความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของการตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง จากรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์ จะทำการทดสอบทั้งหมดอยู่ 3 สถานที่ คือ

1) จุดทดสอบในพื้นที่โล่ง กลางแจ้ง ณ สนามกีฬากลางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทดสอบวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 เวลา 16.00 น. ดังภาพที่ 10 (ก)

2) จุดทดสอบพื้นที่มีสิ่งกีดขวาง กลางแจ้ง บริเวณลานอนันต์รังสรรค์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทดสอบวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 เวลา 17.00 น. ดังภาพที่ 10 (ข)

3) จุดทดสอบพื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ในที่ร่ม ภายในโรงยิมเนเซียมราชมงคลธัญบุรี ทดสอบวันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 เวลา 16.30 น. ดังภาพที่ 10 (ค)





(ก) ที่โล่ง กลางแจ้ง (ข) พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง กลางแจ้ง (ค) พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ในที่ร่ม

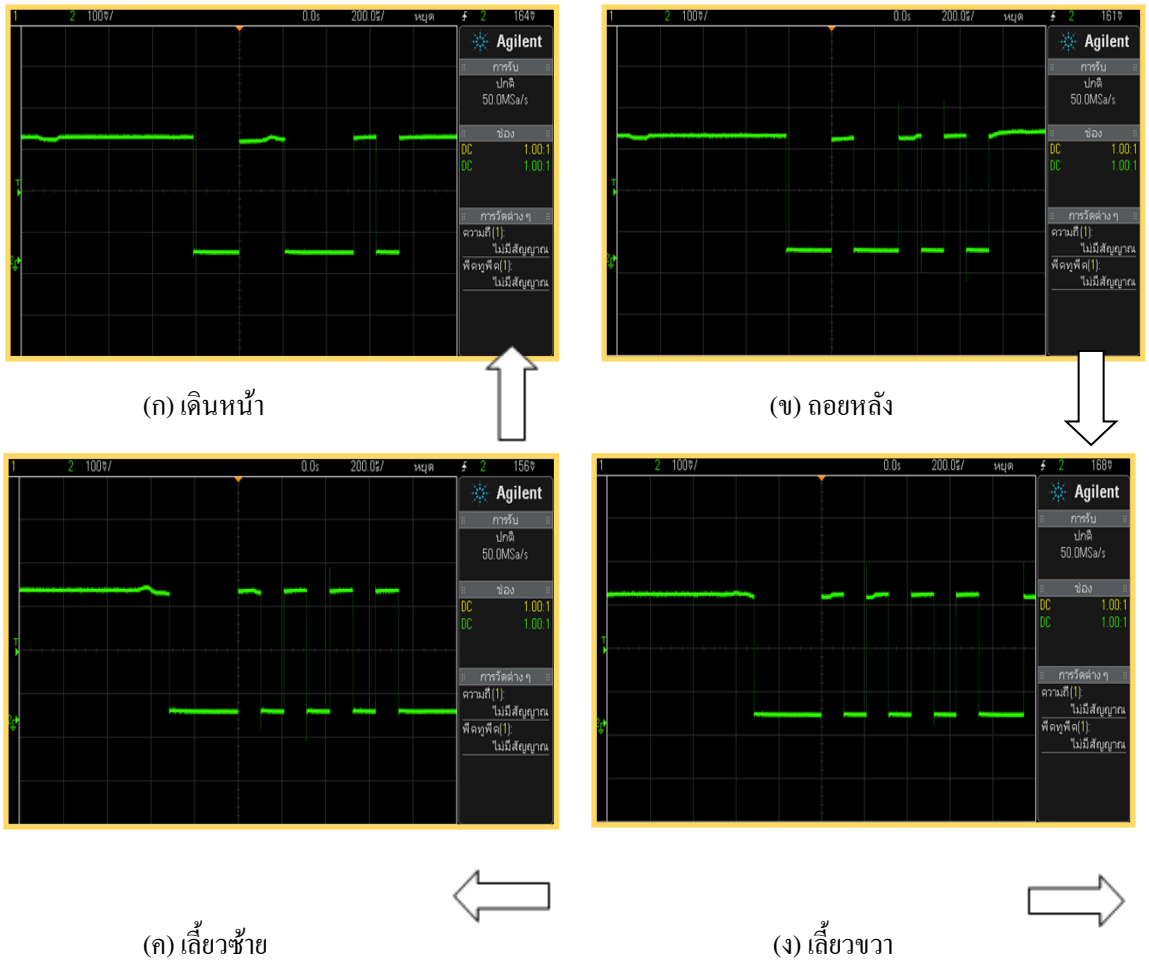
ภาพที่ 10 การทดสอบความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของการตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มแสง จากรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของการตรวจจับสภาพแวดล้อม

ระยะทาง (เมตร)	DHT22 SENSOR						BH1750 SENSOR		
	TEMPERATURE (°C)			HUMIDITY (%)			LIGHT (lux)		
	ที่โล่ง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ในที่ร่ม	ที่โล่ง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ในที่ร่ม	ที่โล่ง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง กลางแจ้ง	พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง ในที่ร่ม
0	35.90	33.90	33.10	55.60	54.70	57.40	28556	7256	24
5	36.20	33.80	33.10	55.00	55.40	57.60	28823	3866	25
10	36.60	33.80	33.10	55.00	54.70	57.20	38550	4531	54
15	36.90	33.90	33.00	54.40	54.90	57.60	37460	3820	65
20	37.30	33.90	32.90	50.80	54.60	58.10	18866	4619	27
25	37.30	34.00	32.90	54.80	54.80	58.30	19028	4747	29
30	36.90	34.00	32.90	48.60	54.80	58.80	38660	5440	55
35	37.30	34.10	32.90	50.40	53.60	58.40	38194	5337	54

40	38.60	33.90	32.90	49.30	54.40	58.40	48849	3163	24
45	39.10	33.70	32.90	46.70	54.60	58.50	41125	2812	27

จากตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบความเที่ยงตรงและเสถียรภาพของการตรวจจับสภาพแวดล้อมของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านคลาวด์ จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความไวในการตรวจจับที่ดีและมีเสถียรภาพในการทำงาน โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ +- 5%. ย่านอุณหภูมิตรวจวัดได้อยู่ที่ -40 C to 80 C. และเซ็นเซอร์วัดแสงแวดล้อมสามารถตรวจจับความส่องว่างได้ย่านกว้าง รถหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ภายในระยะทาง 45 เมตร และสามารถจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ได้แบบเรียลไทม์ (real time)



(ก) เดินหน้า (ข) ถอยหลัง

(ค) เลี้ยวซ้าย (ง) เลี้ยวขวา

ภาพที่ 11 สัญญาณ PWM จากออสซิลโลสโคปที่พอร์ตต่าง ๆ ของบอร์ดอาดูโน่นาโน

ภาพที่ 11 แสดงผลการวัดทดสอบสัญญาณ PWM ที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป เมื่อให้มีการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์ขนาดเล็ก ที่ 4 สถานะ คือ เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา โดยให้ความเร็วของมอเตอร์อยู่ที่ 50 เปอร์เซ็นของความความเร็วสูงสูด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการควบคุมรถผ่านสมาร์ทโฟนและบอร์ดอาดูโน่ทำการร่วมกับบอร์ดการขับเคลื่อนมอเตอร์ L980N ในการขับเคลื่อนรถหุ่นยนต์ ทำให้การขับเคลื่อนมีเสถียรภาพและสัญญาณวิทยุของโมดูลบลูทูธจะไม่มีการแทรกสอดของสัญญาณจากความถี่ข้างเคียง (Annu *et al*., 2017)

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนารถหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับตรวจสอบสภาพแวดล้อมผ่านระบบคลาวด์ ซึ่งได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่งประยุกต์ร่วมกับเซ็นเซอร์แบบดิจิตอลรุ่น AM2302/DHT22 สำหรับตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และ เซ็นเซอร์ BH1750 สำหรับตรวจจับความเข้มของแสง โดยทำการควบคุมรถหุ่นยนต์ผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟนระบบแอนดรอยด์ (Android) รวมทั้งประยุกต์ใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์แบบอาดุยโน่นาโน(Arduino Nano) และ NodeMCU/ESP8266 เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของรถหุ่นยนต์และจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมไปยังกูเกิลชีทผ่านระบบคลาวด์ พร้อมทั้งแสดงผลเป็นกราฟที่ Thingspeak.com จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์เซ็นเซอร์มีความไวในการตรวจจับที่ดีและมีเสถียรภาพในการทำงาน โดยมีความเที่ยงตรงในการว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ +-5%. และมีย่านอุณหภูมิที่สามารถตรวจจับได้อยู่ที่ -40 C to 80 C. และเซ็นเซอร์วัดแสงแวดล้อมสามารถตรวจจับความส่องคว่างได้ย่านกว้าง รถหุ่นยนต์สามารถควบคุมได้ภายในระยะทาง 45 เมตร และสามารถจัดเก็บข้อมูลผ่านระบบคลาวด์ได้แบบเรียลไทม์ (real time)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนเครื่องมือที่ใช้สำหรับทดสอบในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Mohammed, S. M., Sabrina, T., Tuton, C. and Ariful, I.B. 2014. Dual Mode (Android OS) Autonomous Robotic Car. 1st National Conference on Electrical & Communication Engineering and Renewable Energy, Chittagong, Bangladesh. November 27, 2014, pp.61-65

Khushwant, J. and Vemu, S. 2013. Design and Development of Smart Robot Car for Border Security. International Journal of Computer Applications. Vol 76. pp. 23-29

Sudhakar, E., Praveen, E. K. and Thiyagarajan, S. 2016. Border Security and Multi Access Robot using Embedded System. Indian Journal of Science and Technology. Vol 9. pp. 1-5

Annu, M. A., Merin, E. J., Rinsily, K.S., Sinsee, B. and Sony, S. 2017. Android Based Intelligent Robot for Border Security. International Research Journal of Engineering and Technology. Vol 4. pp. 2041-2043

Saurav, B., Umaima, R. and Asoke, N. 2015. A New Approach to Control a Robot using Android Phone and Colour Detection Technique. International Journal of Computer Science and Information Technology. Vol 6. pp. 2985-2989

Aruna, Y. V., Vidya, S. and Sahaja, R. 2017. DTMF Controlled Enemy Detecting Robot for Border Security with Live Video Transmission. International Journal of Engineering Science and Computer. Vol 7. pp.12955 - 12959

ตู้รับจดหมายอัจฉริยะ

Intelligent Mailboxes

ธีรโชติ โมทอง สิริลักษณ์ เกื้อวงค์[1] และ กฤษณ์ ทองขุนดำ[2]

Teerachot Motong Sirilak Kuawong[1] Grit Tongkhundam[2]

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและทันสมัย เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนส่วนใหญ่มากขึ้น ทั้งการนำเอานวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันทางด้านต่าง ๆ เช่น การเปิด-ปิดไฟด้วยโทรศัพท์ ดังนั้นผู้พัฒนาเห็นว่าการพัฒนาตู้รับจดหมายอัจฉริยะก็เป็นการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยและนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบของ Internet of thing ซึ่งเข้ามามีบทบาทในปัจจุบัน โดยการรับจดหมายในอดีตนั้น ถ้าหากที่อยู่ปลายทางไม่มีผู้รับ แล้วมีจดหมายมาส่งอาจจะทำให้จดหมายของผู้รับหายได้ หรือบางทีผู้รับ ก็ไม่สามารถทราบได้ว่ามีจดหมายมาส่ง ดังนั้นผู้พัฒนาจึงพัฒนาตู้รับจดหมายอัจฉริยะ ที่สามารถรู้ได้ว่ามีจดหมายมาส่งหรือไม่ แม้ว่าปลายทางจะไม่มีผู้รับก็จะมีข้อความแจ้งเตือนทางไลน์ว่ามีจดหมายมาส่งจำนวนกี่ฉบับ เป็นการสร้างความสะดวก สบายให้แก่ผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก เหมาะสำหรับผู้ที่ทำงานนอกบ้านหรือผู้ที่ต้องเดินทางออกนอกบ้านบ่อย ๆ ทำให้สามารถรับรู้ได้ตลอดเวลา และเมื่อมีการเปิดตู้รับจดหมายเพื่อทำการเอาจดหมายออก จะมีข้อความแจ้งเตือนว่าได้เอาจดหมายออกแล้ว หลังจากนั้นตู้รับจดหมายจะเริ่มนับจดหมายใหม่อีกครั้งหลังจากปิดตู้ ผลการวิจัยพบว่าตู้รับจดหมายอัจฉริยะมีการแจ้งเตือนเมื่อมีจดหมายใส่เข้าตู้ จำนวนกี่ฉบับโดยจะแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ และจะมีการแจ้งเตือนอีกครั้งเมื่อมีการเปิดตู้ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของผู้พัฒนา

---

[1] นิสิตสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

[1] Department of Information Technology, Faculty of Science, University Thaksin, Baan Prao Sub-district, Papayom District, Province Phatthalung, 93210, Thailand

[2] อาจารย์สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

[2] Department of Information Technology, Faculty of Science, University Thaksin, Baan Prao Sub-district, Papayom District, Province Phatthalung, 93210, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kittisak23.m@gmail.com

ABSTRACT

Today Scientific progress and technology It's very fast evolution and modern now It's have many the character for life people to applied innovation in The other side of life such as turn on-off Led by smartphone so that developer is think develop for Smart Mailbox is a new modern technology and think bring is a new innovation for applied in Internet of thing So is very have character Because receiving in the pass is not found receive already have letter Was sent may make letter 'receive is lost or sometime receive is can't know have letter to your So that Developer is Develop a Smart Mailbox is can acknowledge Have letter or Not have letter although destination not have receive will have massage alert to Line application that has a letter to your or for people not at home It's can makes acknowledge every time and when the Smart Mailbox is open for export letter will have massage alert It's say export Letter complete later the Smart Mailbox is start New count letter again after close It. Research result is found Smart Mailbox is has Notifications when have letter send to

Smart Mailbox so how many it by Notifications line and have Notifications again when have open it which is objective of develop

Keyword: Mailbox, Line, WIFI, Internet of Thin

บทนำ

ในปัจจุบันการบริการรับส่งจดหมายหรือพัสดุภายในประเทศไทยนั้นโดยผู้คนส่วนใหญ่มักจะใช้บริการของไปรษณีย์ไทยซึ่งเป็นหน่วยงานราชการ หรือ Kerry Express หน่วยงานของเอกชน ในบางกรณีที่การส่งจดหมายนั้น ผู้รับปลายทางไม่ได้อยู่บ้านหรือติดธุระข้างนอกบ้านทำให้ผู้รับไม่สามารถทราบได้ว่ามีจดหมายมาส่งหรือไม่ หรือจดหมายที่กำลังรออยู่นั้นได้มีการจัดส่งแล้วหรือยัง ทำให้เป็นปัญหาของผู้รับที่ต้องการจะทราบว่าจดหมายที่ตนเองรอนั้นมาถึงแล้วหรือไม่ในขณะที่ตนเองนั้นติดธุระหรือทำธุระอยู่นอกบ้าน ซึ่งยังเป็นข้อเสียและปัญหาใหญ่สำหรับการรับส่งจดหมายในยุคปัจจุบัน และจากโครงงานตู้รับจดหมายอัจฉริยะ ได้จัดทำโครงงานที่เกี่ยวกับตู้รับจดหมายโดยการสร้างตู้รับจดหมายที่สามารถจัดเก็บและพัสดุได้มากขึ้นและยังมีสีสันสวยงาม งานวิจัยตู้รับจดหมายแจ้งเตือนอัตโนมัติ ได้สร้างตู้รับจดหมายสำหรับการแจ้งเตือนผ่านข้อความ SMS ทำให้สามารถทราบได้ว่ามีจดหมายมาส่งในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่อยู่บ้าน แต่มีข้อจำกัดในด้านของการเสียค่าบริการ SMS ตู้รับจดหมายไฮเทค ได้ทำการสร้างตู้รับจดหมายโดยมีการแจ้งเตือนด้วยการส่งเสียงและมีการจับความเคลื่อนไหวบริเวณหน้าตู้รับจดหมายแต่ไม่สามารถแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบได้ในกรณีที่มีจดหมายมาส่งแล้วผู้ใช้งานอยู่ข้างนอกบ้าน

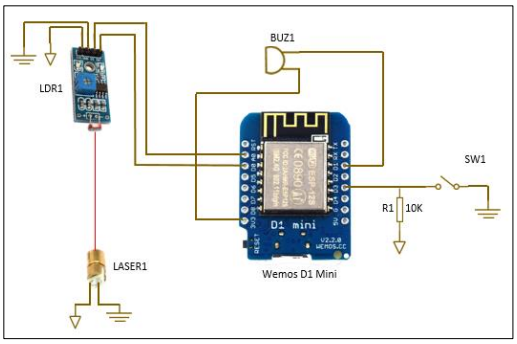
นอกจากนั้นยังมี Mr. Postman ตู้จดหมายที่สามารถเตือนให้เจ้าของบ้านรู้ได้ทันทีที่เมื่อมีจดหมายหรือพัสดุมาส่งโดยจะมีแผนแผงโซล่าร์เซลล์เอาไว้รับแสงอาทิตย์มาสร้างเป็นพลังงานไฟฟ้า, ระบบล็อคอัตโนมัติ ระบบ Wi-Fi ซึ่งทั้งหมดนี้ควบคุมโดย Rasberry Pi ในตัวที่เป็นต้นแบบ และสามรถเช็คสถานะของตู้จดหมายได้ทันที สามารถสั่งล็อคตู้จากระยะไกลในกรณีที่มีพัสดุสำคัญมา นอกจากนี้มันยังฉลาดเรียนรู้เวลาส่งของบุรุษไปรษณีย์ว่าปกติจะมาส่งช่วงไหน โดยมันจะปลดล็อคตู้ก่อนไปรษณีย์มา 30 นาที พอของเข้าตู้ปั๊บก็จะล็อคให้ทันที แต่มีข้อเสียในเรื่องพลังงานในกรณีที่มีฝนตกทุกวัน ตู้ไม่สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ทำให้พลังงานในการใช้งานเหลือน้อยหรือหมดได้ โปรเจ็ค Postifier แอพพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ซึ่งแอพฯตัวนี้สามารถทำการแจ้งเตือนได้ว่าเมื่อไหร่ที่มีคนมาใส่จดหมาย แอพฯก็สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนคุณผ่านสมาร์ทโฟนด้วยอุปกรณ์ Bluetooth และสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยระยะห่าง 100 ฟุต และ มีแบตเตอรี่ซึ่งเก็บพลังงานใช้ยาวนาน 6-9 เดือน (low-energy Bluetooth) อีกทั้งแอพพลิเคชัน Postifier สามารถรองรับการทำงานได้ทั้ง iOS และ Android แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะทางการส่งสัญญาณของ Bluetooth ที่ค่อนข้างจะสั้น และ iot mailbox จะเป็นการส่งอีเมลแจ้งเตือนว่ามีจดหมายใหม่และเวลาที่จัดส่งจดหมายจะมีไฟติดที่หน้าด้านมุมบนของตู้รับจดหมายเพื่อเป็นการแจ้งเตือนว่ามีจกหมาย มีข้อจำกัดในเรื่องของอีเมล ผู้ใช้งานจะสามารถเห็นอีเมลแจ้งเตือนก็ต่อเมื่อเข้าระบบอีเมลเท่านั้น ในกรณีไม่ได้เข้าระบบอีเมลไว้ผู้ใช้งานไม่สามารถรับรู้ได้

ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้พัฒนาตู้รับจดหมายอัจฉริยะที่มีการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ทุกครั้งที่มีจดหมายมาส่ง ทำให้ผู้ใช้งานรับสามารถทราบได้ว่ามีจดหมายมาส่งในกรณีที่ไม่อยู่บ้านหรือติดธุระข้างนอกบ้าน โดยจะมีการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ว่าจดหมายมาส่งจำนวนกี่ฉบับ และทุกครั้งที่ทำการเปิดตู้รับจดหมายจะมีข้อความแจ้งเตือนทางไลน์ทุกครั้งที่มีการเปิดตู้รับจดหมาย และหลังจากรับตู้รับจดหมายจะเริ่มนับจดหมายฉบับใหม่ทุกครั้งหลังจากเปิดตู้ ซึ่งเป็นการสร้างความสะดวกให้แก่ผู้ที่ติดธุระนอกบ้านหรือต้องเดินทางออกนอกบ้านบ่อย ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

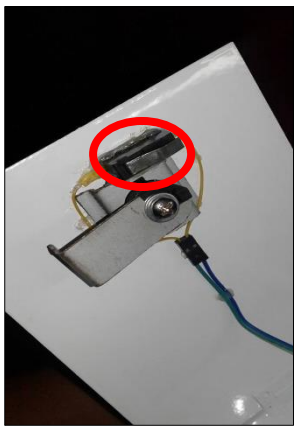
1. ออกแบบฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์จะใช้บอร์ด Wemos D1 Mini ในการควบคุม โมดูล LDR สำหรับวัดความเข้มของแสง โดยจะใช้เลเซอร์ 5 โวลต์สำหรับ Arduino ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ในรูปเลเซอร์แบบจุด ซึ่งจะใช้เลเซอร์สำหรับส่องแสงไปที่โมดูล LDR โดยที่ Buzzer ไว้ส่งเสียงเวลามีการใส่ซองจดหมายและใช้ Limit Switch ในการบอกถึงสถานะของการเปิดประตู ดังภาพที่ 1

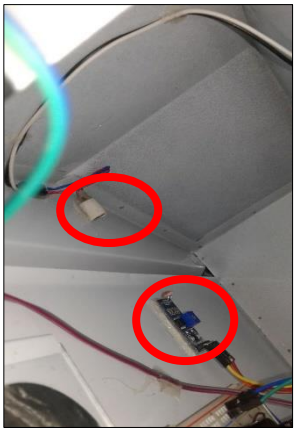


ภาพที่ 1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

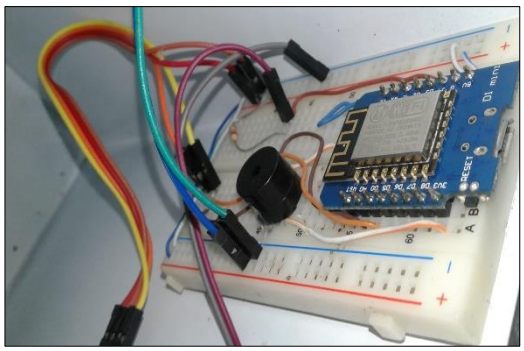
หลังจากที่ได้ทำการออกแบบฮาร์ดแวร์ภายในคอมพิวเตอร์เสร็จเรียบร้อยแล้วต่อมาจะเป็นการติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้รับจดหมาย ดังภาพที่ 2 – 4



ภาพที่ 2 ติดตั้ง Limit Switch ที่ประตูของตู้รับจดหมาย

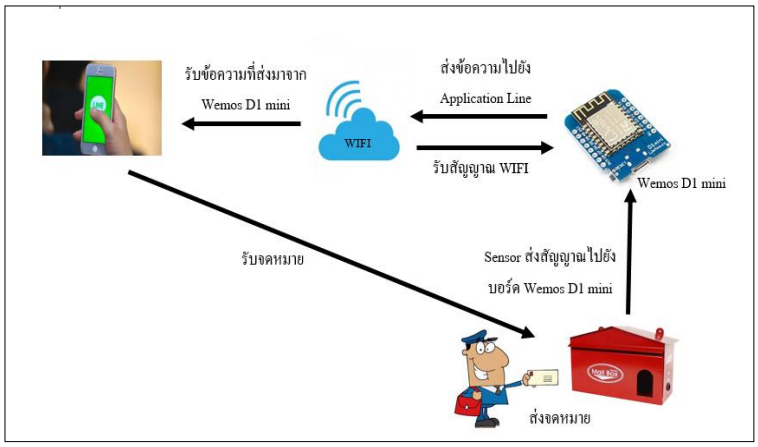


ภาพที่ 3 ติดตั้งให้แสงของเลเซอร์ตรงกับ LDR



ภาพที่ 4 ติดตั้งบอร์ด Wemos D1 Mini กับ Buzzer เข้าไว้ด้วยกัน พร้อมกับต่อวงจรทั้งหมด

2.การทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์



ภาพที่ 5 การทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

จากภาพที่ 5 สามารถอธิบายการทำงานได้ว่า เมื่อบุรุษไปรษณีย์มาส่งเอกสารหรือจดหมายที่ตู้รับจดหมาย เมื่อมีเอกสารเข้ามาตัดระหว่างแสงเลเซอร์กับ LDR ที่อยู่ภายในตู้รับจดหมาย LDR จะส่งข้อมูลเป็นอนาล็อกไปยังบอร์ด Wemos D1 Mini แล้วทำการประมวลผล เพื่อส่งข้อความผ่านทางไลน์ว่ามี “ คุณมีจดหมายเข้ากี่ฉบับ ”ไปยังระบบอินเตอร์เน็ตจนถึงผู้รับ เมื่อผู้รับได้รับข้อความที่ส่งไปทางไลน์แล้ว ผู้รับก็มารับเอกสารจากตู้รับจดหมายในกรณีผู้รับได้ทำการไขหรือเปิดประตูตู้รับจดหมายทำให้ Limit Switch ทำงานหรือถูกกดลงไป Limit Switch ก็จะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Wemos D1 Mini เพื่อที่จะส่งข้อความแจ้งเตือนว่า “ รับจดหมายแล้วครับ ” และทุกครั้งที่มีการเปิดตู้รับจดหมายจะมีการนับใหม่ทุกครั้งเสมอ

ผลและวิจารณ์ผล

ส่วนของตู้รับจดหมายอัจฉริยะ เมื่อทำการอัพโหลดโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะมีการทำงานดังนี้

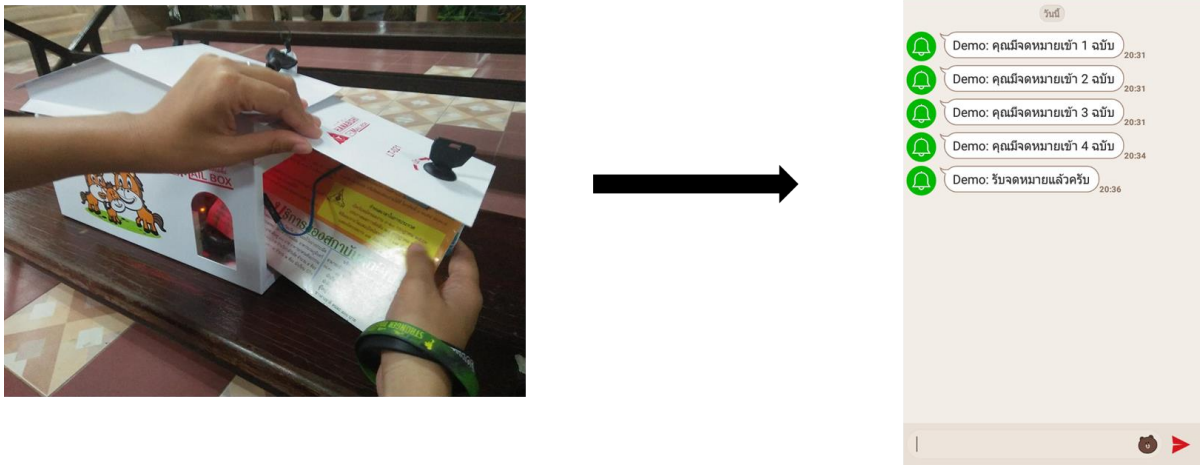
1. เมื่อมีจดหมายการหย่อยจดหมายที่ตู้รับจดหมาย จะมีข้อความการแจ้งเตือนไปยังผู้รับ จะทำการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์ โดยจะแสดงข้อความ “ คุณมีจดหมายเข้า (จำนวนจดหมาย) ฉบับ ” ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แจ้งเตือนมีการหย่อนจดหมายที่ตู้รับจดหมาย

2. เมื่อผู้รับได้รับการแจ้งเตือนทางไลน์เสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อผู้รับทำการเปิดตู้รับจดหมายเพื่อเอาจดหมายออกก็จะมีข้อความแจ้งเตือนทางไลน์อีกครั้ง โดยจะแสดงข้อความ “รับจดหมายแล้วครับ” หลังจากนั้นก็จะทำการเริ่มนับจดหมายใหม่อีกครั้ง ดังภาพที่ 7

กรณีที่มีการใส่จดหมายครั้งละหลายฉบับแบบวางซ้อนกัน ระบบไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ามีการใส่จดหมายจำนวนกี่ฉบับ และระบบจะนับเป็นแค่หนึ่งฉบับเท่านั้น



ภาพที่ 7 แจ้งเตือนมีการหย่อนจดหมายที่ตู้รับจดหมาย

และกรณีที่สองค่าที่ได้จากเลเซอร์ในขณะที่มีการใส่จดหมายจะอ่านค่าเป็น 1 และในขณะที่ไม่ได้มีการใส่จดหมายจะอ่านค่าเป็น 0 เพราะเมื่อมีการตัดของแสงเลเซอร์จะอ่านค่าเป็น 1 ทันที

สรุปผลการวิจัย

ในยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีมีความทันสมัยและมีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ไปอย่างรวดเร็ว และมีเทคโนโลยีใหม่ ๆที่สามารถสร้างความสะดวกสบายให้การใช้ชีวิตประจำวันของผู้คน ดังนั้นเพื่อความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นผู้พัฒนาจึงได้ทำการพัฒนาตู้รับจดหมายอัจฉริยะ ที่มีการแจ้งเตือนผ่านทางไลน์มีจดหมายมาส่งในกรณีที่ผู้รับไม่อยู่บ้านหรือทำธุระข้างนอกบ้าน และจะมีการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปิดตู้จดหมายเพื่อเอาจดหมายออกทุกครั้งเสมอ หลังจากนั้นตู้จดหมายก็จะทำการเริ่มนับจดหมายใหม่อีกครั้ง เป็นการสร้างความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งานและเหมาะสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องเดินทางออกนอกบ้านบ่อยเป็นอย่างยิ่ง ทำให้ผู้ใช้งานทราบได้ว่ามีจดหมายมาส่งไม่ว่าผู้ใช้งานจะที่อยู่ที่ไหนก็ตาม

จากการประเมินพบว่าตู้รับจดหมายอัจฉริยะสามารถทำงานได้ดีตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ มีการแจ้งเตือนเมื่อมีจดหมายมาส่ง และจะมีการแจ้งเตือนอีกครั้งเมื่อทำการเปิดรับจดหมาย หลังจากนั้นจะเริ่มนับจดใหม่อีกครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องตู้รับจดหมายอัจฉริยะจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีไม่ได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความกรุณาจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคคลดังต่อไปนี้ที่ข้าพเจ้าจะเอ่อนาม เป็นอย่างยิ่งในการช่วยเหลือให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาและถึงตลอดการช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆที่สามารถทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งได้แก่ บิดามารดาที่ให้การสนับสนุนในด้านของค่าใช้จ่ายต่าง ๆมาโดยตลอด อาจารย์กฤษณ์ ทองขุนดำ อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำในการทำตู้รับจดหมายอัจฉริยะครั้งนี้ และยังรวมถึงเพื่อน ๆที่ให้ความช่วยเหลือ

เอกสารอ้างอิง

ชัยณรงค์ อุ่งเกษ, ณัฐพล บุญมาสร้อย, ยุทธพงค์ นนท์โคตร, พีรวิชญ์ คำฟู และ ศิวะ ไชยวรรณ์. 2553. **โครงงานตู้รับจดหมายอัจฉริยะ**. แหล่งที่มา:http// jackchinmai.blogspot.com, 13 กันยายน 2553

ดาววิตรี บุญแสน, วิชชากร โฆษิตพันธวงศ์ และ กฤษณ์ ทองขุนดำ. 2558. ตู้รับจดหมายแจ้งเตือนอัตโนมัติ, น. 1-4. ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยทักษิณ, พัทลุง.

ธนัช เทพแสง, เกียรติศักดิ์ มะโนปลื้ม และ วุฒิพร อรุณสวัสดิ์. 2558. ตู้รับจดหมายไฮเทค, น. 2-6. *ใน* **แบบรายงานการวิจัยสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ประเภทที่ 1 สิ่งประดิษฐ์ด้านพัฒนาคุณภาพชีวิต.**วิทยาลัยเทคนิคปัตตานี, อาชีวศึกษาจังหวัดปัตตานี, สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ. จังหวัดปัตตานี.

Manuel Masri, Pablo Masri, Christy Masri, Alicia Guzman. 2014. **Mr. Postman**. Available Source: https://www.kickstarter.com/projects/1033096239/mr-postman-the-smart-secure-wi-fi-enabled-mailbox, Aug, 2014.

Matt Luba. 2013. **POSTIFIER - Bluetooth POSTbox notIFIER**. Available Source: https://www.indiegogo.com/projects/postifier-bluetooth-postbox-notifier, December, 2013.

Sam. 2016. **IOT MAILBOX**. Available Source: https://core-electronics.com.au/projects/iot-mailbox, 28 July, 2016.

การศึกษามุมเอียงผิวหน้าดายที่มีอิทธิพลในการลากขึ้นรูปลึกถ้วยอลูมิเนียม

The Study of Die Surfaces Angle the Influential in Deep Drawing Aluminum Cup

เชษฐ อุทธิยัง[1*] สุวิช มาเทศน์[1] ไกรวิชญ์ ใจบุญเรือง[1] จตุพร ใจดำรงค์[2] และ บรรเลง คำเกตุ[2]

Chet Utthiyoung[1*], Suwich Mated[1], Kraiwit Jaibunruang[1] Jatuporn Jaidumrong[2] and Bunleng Kumket[2]

บทคัดย่อ

การศึกษามุมเอียงผิวหน้าดายที่มีอิทธิพลในการลากขึ้นรูปลึกถ้วยอลูมิเนียม โดยใช้รัศมีพันช์ 8 มิลลิเมตร รัศมีดาย 3 มิลลิเมตร และมุมเอียงผิวหน้าดาย 0°, 2.5°, 5°, 10° และ15° มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแรงในการลากขึ้นรูป ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป และขนาดความหนาของชิ้นงานที่ผ่านการลากขึ้นรูปลึก โดยใช้สารหล่อลื่น 7 ชนิด DRAW359H, DRAW756A, TDN81, MZA30, น้ำมันตัดกลึง, น้ำมันมะพร้าว และถุงดำ รวมถึงไม่ใช้สารหล่อลื่นในการทดลอง ใช้วัสดุอลูมิเนียม เกรด AA1100H14 ขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร ผลการทดลองพบว่า มุมเอียงผิวหน้าดาย 0° ใช้แรง 0.72 กิโลนิวตัน ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 เมื่อใช้สารหล่อลื่น MZA30 ที่มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° ใช้แรง 0.88 กิโลนิวตัน ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 เมื่อทำการวัดความหนาชิ้นงาน ส่วนที่บางที่สุด คือ ส่วนผนังก่อนถึงรัศมีก้นถ้วย เกิดจากความเค้นแรงดึงสูงที่บริเวณนี้ เมื่อพิจารณาโดยทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าสารหล่อลื่นและมุมเอียงผิวหน้าดายมีอิทธิพลต่อการลากขึ้นรูป

คำสำคัญ : การลากขึ้นรูปลึก, สารหล่อลื่น, มุมเอียงผิวหน้าดาย, แรงในการลากขึ้นรูป, ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป

---

[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Changpuek, Muang, Chiangmai, 50300, Thailand

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Sivijaya, Songkhla, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): chet_tde@hotmail.com

ABSTRACT

The study the influences of the angle of die surface in deep drawing process. That use a punch radius 8 millimeter , die radius 3 millimeter , and die surfaces angle 0˚, 2.5˚, 5˚, 10˚ and 15˚. This study has objective for to find deep drawing force, limits drawing ratio, and thickness of workpiece passed deep drawing. That use lubricants 7 type DRAW359H, DRAW756A, TDN81, MZA30, coolant, coconut oil and a black plastic bag. This includes do not use lubricants in the experiment. That used aluminum grade AA1100H14 size 1 millimeter thickness. The results of the study were as follows : the die surfaces angle 0˚ average force required was 0.72 kN. The limit drawing ratio is 1.8 when use lubricant MZA30 at die surfaces angle 2.5˚ average force required was 0.88 kN. The limit of the ratio deep drawing is 2.0. When measuring the workpiece thickness. The thinnest part is the wall before the bottom radius of the cup. This is due to the high tensile stresses in this area. Considered by all, this shows that the lubricant and die surfaces angle has influences of deep drawing.

Keyword: Deep drawing, lubricants, die surfaces angle, deep drawing force, limit drawing ratio.

บทนำ

แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปโลหะ มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต โดยเฉพาะอุตสาหกรรมในการผลิตขึ้นรูปชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ภาชนะในครัวเรือน ได้มีผู้วิจัยจำนวนมากได้ทำการวิจัยในหัวข้อต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับการขึ้นรูปงานโลหะ เช่นการหาค่าความสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนในการลากขึ้นรูป เป็นต้น ในการลากขึ้นรูป มีตัวแปรที่มีผลต่อการได้ชิ้นงานสำเร็จ หลายตัวแปร เช่น มุมเอียงของผิวหน้าดาย รัศมีดายและพันช์ แรงกดบนแผ่นจับยึดงาน ขนาดของแผ่นเปล่า วัสดุแผ่นงาน การงอและการทำให้ตรง ความเสียดทาน การอัด เป็นต้น

ในการลากขึ้นรูปถ้วยกลมจะใช้แรงกดจากพันช์ ทำให้เกิดการดัดตามรัศมีของพันช์และรัศมีของดาย เมื่อพันช์เคลื่อนที่ลงลึกทำให้เกิดผนังของถ้วยกลม จึงเกิดความเค้นดึงในแนวแกนมีโอกาสที่จะทำให้แผ่นโลหะมีความหนาลดลง ที่ปีกถ้วยจะเกิดความเค้นอัดตามเส้นรอบวง มีโอกาสทำให้แผ่นโลหะบริเวณนี้มีความหนามากขึ้น ในการลากขึ้นรูปลึกตัวแปรหนึ่งที่มีผล คือการดัดงอซึ่งเกิดขึ้นที่มุมเอียงผิวหน้าดายค่ามุมเอียงของผิวหน้าดายซึ่งมันจะส่งผลต่อบริเวณขอบมุมโดยตรง ค่ามุมเอียงมีค่าองศาที่มากหรือน้อยเกินไปก็ส่งผลต่อการลากขึ้นรูปชิ้นงาน เพื่อให้ได้ชิ้นงานสำเร็จ จึงมีแนวคิดที่จะสร้างแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป เพื่อจะศึกษามุมเอียงผิวหน้าดายในชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูป และทดสอบความสามารถในการลากขึ้นรูปของชิ้นงาน และเปลี่ยนขนาดขององศาผิวหน้าดาย เพื่อทำการลากขึ้นรูปโดยที่ขนาดองศาผิวหน้าดาย ที่แตกต่างกันว่าจะสามารถขึ้นรูปได้หรือไม่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **วัสดุชิ้นงาน**

การศึกษาจะใช้อะลูมิเนียม เกรด A1100H14 ความหนา 1 มิลลิเมตร ความแข็งแรงดึง (Ultimate strength) 120 นิวตัน/ม.ม. โดยเตรียมชิ้นงานเป็นแผ่นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45, 47.5, 50, 52.5 และ 55 มิลลิเมตร ด้วยกระบวนการปั๊มตัดแผ่นโลหะ แผ่นชิ้นงานที่ได้ดังรูปภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผ่นเปล่าอะลูมิเนียม

2. สารหล่อลื่น

สารหล่อลื่นที่ใช้ในการทดลองมี 7 ชนิดคือ MZA30, Draw 756A, TDN 81, Draw 359H, น้ำมันมะพร้าว น้ำมันตัดกลึง, ถุงดำพลาสติก และไม่ใช้สารหล่อลื่น รวมเป็น 8 การทดลอง ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สารหล่อลื่นที่ใช้ในการทดลอง

ชนิดสารหล่อลื่น	ลักษณะ	การใช้งาน
TDN 81	สีเหลืองอ่อน	เหมาะสำหรับลากขึ้นรูปเหล็กกล้าเมื่อใช้งานขึ้นรูปไม่มีรอยขีดข่วน
Draw359H	สีน้ำตาลเหลือง	เหมาะสำหรับงานลากขึ้นรูปประเภทเหล็กกล้า
Draw756A	สีขาวข้น	เหมาะสำหรับงานลากขึ้นรูปเหล็กกล้าไร้สนิมและอะลูมิเนียม
MZA30	สีเหลืองใส	เหมาะสำหรับงานดึงท่องานขึ้นรูปโลหะงานลากขึ้นรูปอย่างง่าย
Coolant	สีเหลืองใส	เหมาะสำหรับระบายความร้อนลกแรงเสียดทานขณะตัดเฉือนโลหะ
Coconut oil	สีใส	เหมาะสำหรับงานลากขึ้นรูปอย่างง่ายและหล่อลื่นชิ้นส่วน
Plastic black bag	ถุงดำพลาสติก	ผิวของถุงดำมีความมันและยืดหยุ่นในขณะดึง สำหรับการลากขึ้นรูป

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสารหล่อลื่นที่ใช้ในการทดลอง

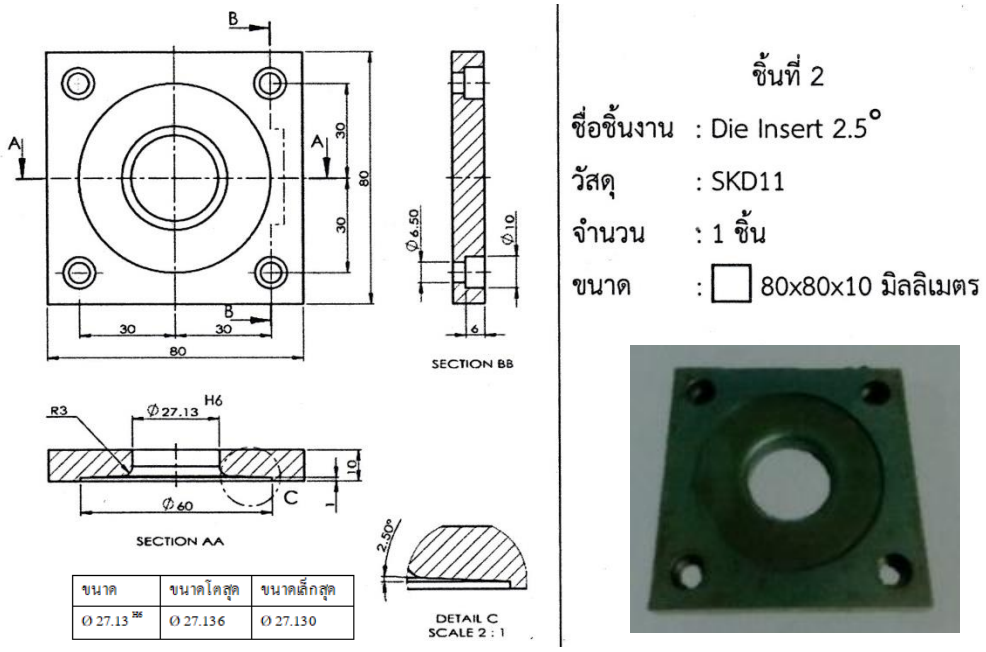
สารหล่อลื่น	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
TDN 81	0.130
Draw359H	0.131
Draw756A	0.182
MZA30	0.133
Coolant	0.139
Coconut oil	0.175
Plastic black bag	0.116

ตารางที่ 3 สมบัติสารหล่อลื่น

	TDN 81	Draw359H	Draw756A	MZA30	Coolant	Coconut oil
ความหนืดที่40 ° C (cSt)	164.35	598.64	-	141.15	-	40.61
ความหนืดที่100 ° C (cSt)	10.80	30.62	-	12.63	-	8.20
ดัชนีความหนืด	6	74	-	76	-	182
จุดวาบไฟ (°F)	-	204	-	240	-	-
สี	เหลืองอ่อน	น้ำตาลเหลือง	ขาวข้น	เหลืองใส	เหลืองใส	ใส
ตัวเลขความเป็นกลาง	0.1699	5.2865	-	0.1373	-	10.1172

3. ชุดแม่พิมพ์

วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ในส่วนของพันช์และดายเป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ SKD11 ทำการชุบแข็ง 60-62 HRC และ ส่วนประกอบอื่นๆ ใช้เหล็กชนิดต่างๆ ตามความเหมาะสม รัศมีพันช์ ขนาด 8 มิลลิเมตร และรัศมีดาย ขนาด 3 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างพันช์กับดาย 1.063 มิลลิเมตรมุมเอียงผิวหน้าดาย มีค่าเท่ากับ 0°, 2.5°, 5°, 10° และ15° ลักษณะของดาย ดังรูปภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะของดาย

4. เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการทดลอง

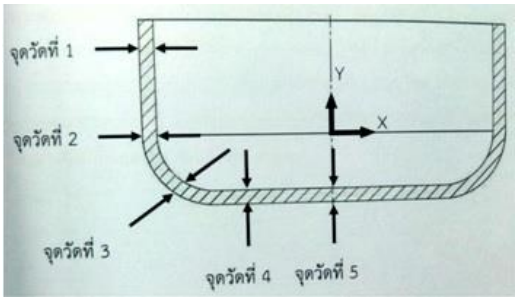
ทำการลากขึ้นรูปลึกชิ้นงานโดยใช้สารหล่อลื่นแต่ละชนิด มุมเอียงผิวหน้าดายแต่ละขนาด และวัสดุชิ้นงานทำการทดลองซ้ำ 7 ครั้ง และเก็บผลการทดลองจนครบ โดยติดตั้งชุดแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับระยะทาง เข้ากับเครื่องเพรสไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน ดังภาพที่ 4 ทำการลากขึ้นรูปถ้วยกลมให้ได้ชิ้นงานสำเร็จไม่มีรอยย่นหรือฉีกขาด บันทึกผลของแรงในการลากขึ้นรูป ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป ตรวจสอบขนาดความหนาชิ้นงานด้วยเวอร์เนียร์ดิจิตอล ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร โดยทำการวัดความหนาที่ตำแหน่งต่างๆ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 3 แม่พิมพ์ลากขึ้นรูปลึก



ภาพที่ 4 ติดตั้งแม่พิมพ์ลากขึ้นรูปและอุปกรณ์วัดแรงกับระยะทางบนเครื่องเพรส



ภาพที่ 5 จุดวัดความหนา

การกำหนดจุดวัดชิ้นงาน โดยจุดที่ 1 วัดจากขอบปากถ้วยลงมาไม่เกิน 3 มิลลิเมตร จุดวัดที่ 2 วัดจากขอบเหนือรัศมีขึ้นไปไม่เกิน 3 มิลลิเมตร จุดวัดที่ 3 วัดจากจุดกึ่งกลางรัศมีถ้วย จุดวัดที่ 4 วัดจากขอบรัศมีก้นถ้วยไปไม่เกิน 3 มิลลิเมตร จุดที่ 5 วัดที่เส้นผ่านศูนย์กลางถ้วยกลม

ผลและวิจารณ์ผล

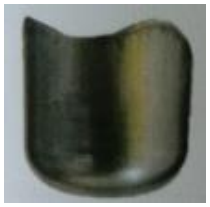
1. ผลการทดลองขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูป

การทดลองลากขึ้นรูปถ้วยกลมซึ่งใช้วัสดุอะลูมิเนียม โดยใช้มุมเอียงผิวหน้าดายทั้ง 5 ระดับ และใช้สารหล่อลื่นทั้ง 7 ชนิด กับไม่ใช้สารหล่อลื่น ชิ้นงานที่ได้ไม่เกิดรอยแตกและรอยย่น จะได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่แตกต่างกัน ในกรณีไม่ใช้สารหล่อลื่นมุมเอียงผิวหน้าดาย 0°, 2.5° และ 5° สามารถลากขึ้นรูปได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 เมื่อมุมเอียงผิวหน้าดาย 10° และ15° จะไม่สามารถลากขึ้นรูปได้ โดยตัวอย่างชิ้นงานจากการทดลองลากขึ้นรูป ดังตารางที่ 4 เมื่อใช้สารหล่อลื่นจะได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 ที่มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5°, 5° และ10° ส่วนมุมเอียงผิวหน้าดาย 0° จะได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.9 เมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 15° จะได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 โดยตัวอย่างชิ้นงานจากการทดลองลากขึ้นรูป เมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดายและสารหล่อลื่นที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5 ตารางที่ 6 และตารางที่ 7

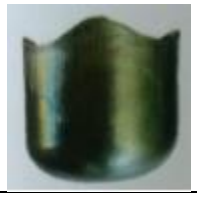
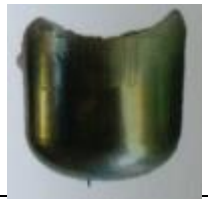
ตารางที่ 4 ตัวอย่างชิ้นงานในการลากขึ้นรูปลึกถ้วยกลมอะลูมิเนียม

ลักษณะชิ้นงาน	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (Drawing Ratio)
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 มุมเอียงผิวหน้าดาย 0°
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5°
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 1.8 มุมเอียงผิวหน้าดาย 5°

ตารางที่ 5 ตัวอย่างชิ้นงานในการลากขึ้นรูปโดยใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° และสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ

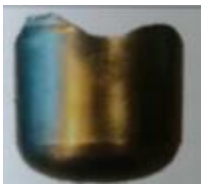
ลักษณะชิ้นงาน	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (Drawing Ratio)
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น TDN81
 	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น MZA30 อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Draw756A
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Coconut oil

ตารางที่ 6 ตัวอย่างชิ้นงานในการลากขึ้นรูปโดยใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 5° และสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ

ลักษณะชิ้นงาน	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (Drawing Ratio)
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น MZA30
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Draw756A
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Draw359H

	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Coconut oil
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น ถุงดำพลาสติก

ตารางที่ 7 ตัวอย่างชิ้นงานในการลากขึ้นรูปโดยใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 10° และสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ

ลักษณะชิ้นงาน	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป (Drawing Ratio)
	อัตราส่วนการลากขึ้นรูป 2.0 สารหล่อลื่น Draw756A

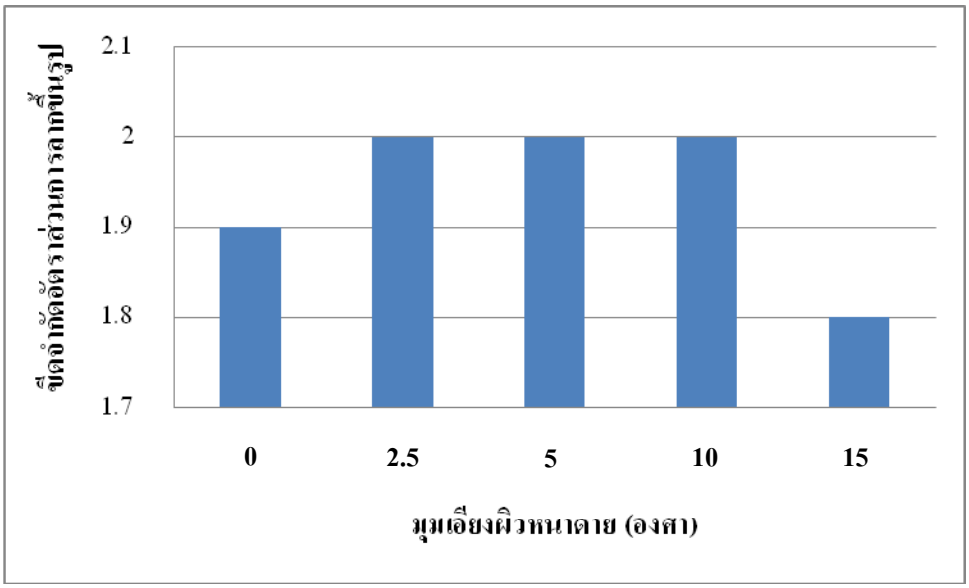
ตารางที่ 8 ผลการทดลองอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดายกับสารหล่อลื่น

	มุมเอียงผิวหน้าดาย 0°				มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5°				มุมเอียงผิวหน้าดาย 5°			
	1.8	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9	2.0	2.1
TDN 81	/	/	x	x	/	/	/	x	/	/	x	x
Draw359H	/	x	x	x	/	/	x	x	/	/	/	x
Draw756A	/	/	x	x	/	/	/	x	/	/	/	x
MZA30	/	/	x	x	/	/	/	x	/	/	/	x
Coolant	/	x	x	x	/	x	x	x	/	x	x	x
Coconut oil	/	/	x	x	/	/	/	x	/	/	/	x
Plastic black bag	/	/	x	x	/	/	x	x	/	/	/	x
Non lubricant	/	x	x	x	/	x	x	x	/	x	x	x

	มุมเอียงผิวหน้าดาย 10°				มุมเอียงผิวหน้าดาย 15°			
	1.8	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9	2.0	2.1
TDN 81	/	/	x	x	x	x	x	x
Draw359H	/	/	x	x	/	x	x	x
Draw756A	/	/	/	x	x	x	x	x
MZA30	/	/	x	x	/	x	x	x
Coolant	x	x	x	x	x	x	x	x
Coconut oil	/	/	x	x	x	x	x	x
Plastic black bag	/	/	x	x	/	x	x	x
Non lubricant	x	x	x	x	x	x	x	x

หมายเหตุ: x คือไม่สามารถขึ้นรูป / คือ ขึ้นรูปได้

เมื่อทำการทดลองมุมเอียงผิวหน้าดายที่มีค่าต่างกันกับสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ จะได้อัตราส่วนการลากขึ้นรูป ดังตารางที่ 8 เมื่อพิจารณาขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดายที่มีค่าต่างกัน ดังภาพที่ 6 จะพบว่า มุมเอียงผิวหน้าดาย 0° ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.9 มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° 5° และ10° ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 และมุมเอียงผิวหน้าดาย 15° ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8

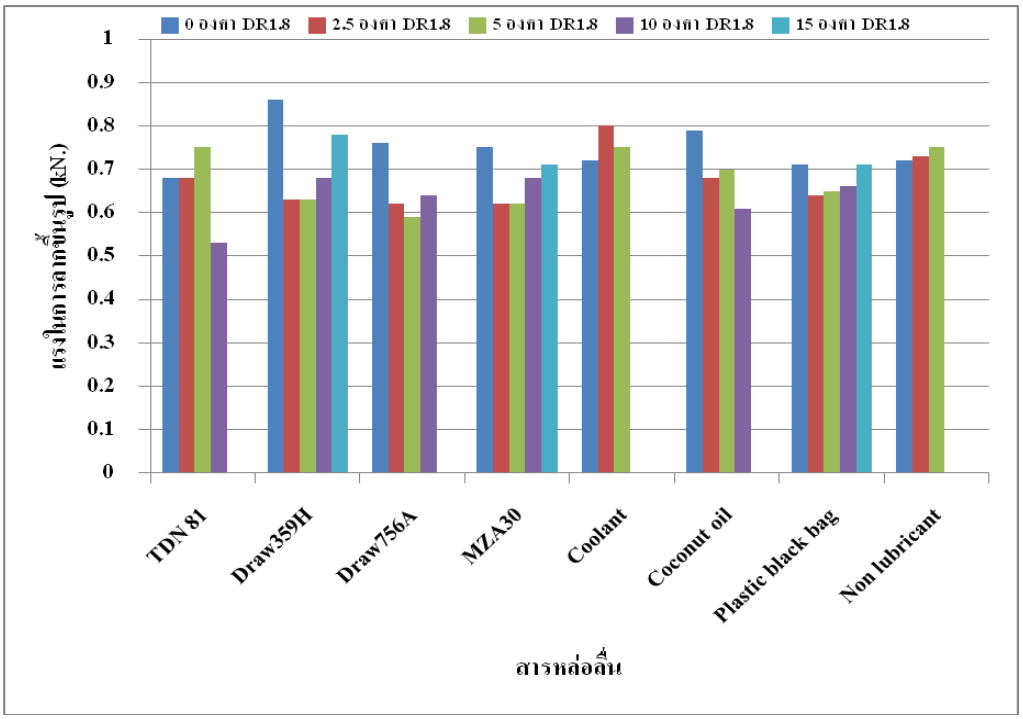


ภาพที่ 6 ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปที่มุมเอียงผิวหน้าดายแตกต่างกัน

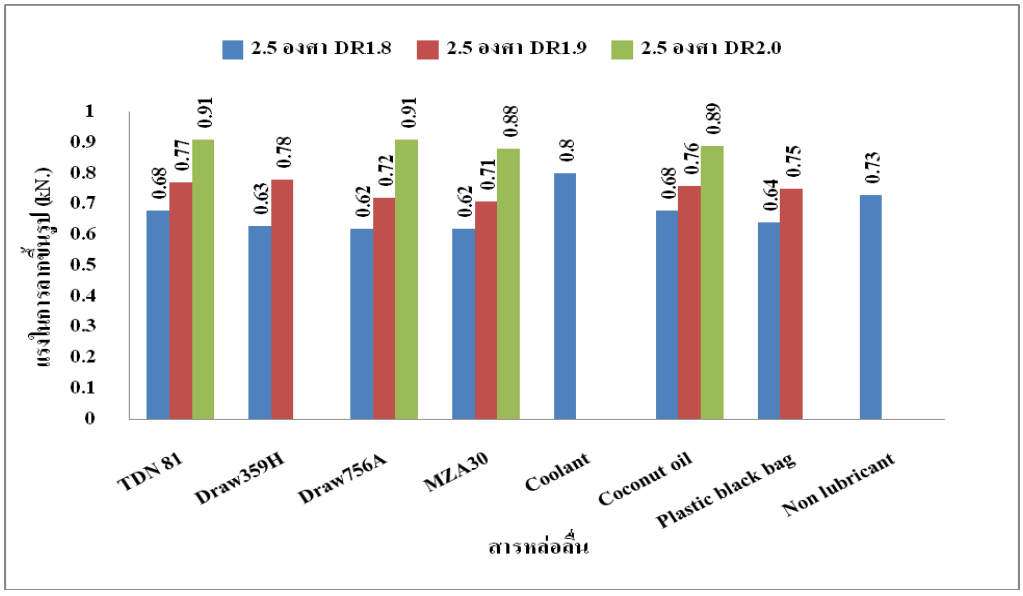
มุมเอียงผิวหน้าดายที่เกิดขึ้นจะลดการสัมผัสของผิวหน้าดาย ผิวหน้าแผ่นจับยึดชิ้นงานและผิวแผ่นเปล่าทำให้ลดการเกาะติดของผิวหน้าขณะทำการลากขึ้นรูป ความลาดเอียงไปสู่รัศมีดายขณะทำการลากขึ้นรูปสารหล่อลื่นจะไหลตามการเคลื่อนที่ของปีกถ้วยทำให้สารหล่อลื่นไหลไปยังรัศมีดายช่วยลดความเสียดทาน มีโอกาสลากขึ้นรูปสำเร็จได้มาก จากการทดลองเมื่อมุมเอียงผิวหน้าดายเพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงขึ้น จนได้ถึงขีดจัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 ที่มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° 5° และ10° เมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 15° จะได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปลดลงมีค่าเท่ากับ 1.8 เนื่องจากว่าการดัดและดัดงอของแผ่นเปล่าที่มีขนาดความโตขึ้นจะเกิดรอยย่นที่ปากทางเข้ารัศมีดาย ส่วนมุมเอียงผิวหน้าดายที่ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุดเนื่องจากความเค้นดึงในแนวรัศมีลดลงแต่ความเค้นอัดตามแนวเส้นรอบวงเพิ่มขึ้นและการลากขึ้นรูปผ่านแรงเสียดทานทำให้แผ่นชิ้นงานถูกลากไปในดายง่ายขึ้น

2. มุมเอียงผิวหน้าดายและสารหล่อลื่นที่มีอิทธิพลต่อแรงในการลากขึ้นรูป

ในการทดลองจะได้ชิ้นงานที่ให้อัตราส่วนการลากขึ้นรูปแตกต่างกัน แรงในการลากขึ้นรูปเป็นผลรวมจาก แรงในการเอาชนะวัสดุในการเปลี่ยนรูป แรงจากการดัดบริเวณรัศมีดาย แรงเสียดทานที่ดายกับปีกถ้วยกับแผ่นจับยึดชิ้นงาน และแรงเสียดทานที่ผิวรัศมีดาย ดังนั้นแรงสูงสุดในการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดายที่แตกต่างกัน กับสารหล่อลื่นต่างๆ ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 ดังภาพที่ 7 ซึ่งจะใช้แรงในการลากขึ้นรูปแตกต่างกันไม่มากมีค่าอยู่ในระหว่าง 0.53 ถึง 0.86 กิโลนิวตัน ซึ่งขณะทำการลากขึ้นรูปแรงที่ทำให้วัสดุเปลี่ยนรูปและแรงแรงจากการดัดบริเวณรัศมีดายจะมีค่าคงที่เนื่องจากขนาดแผ่นเปล่าคงที่และใช้วัสดุชนิดเดียวกันคืออะลูมิเนียมกับสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ แต่ถ้ามีมุมเอียงผิวหน้าดายที่มากเกินไปและใช้แผ่นเปล่าที่โตขึ้นทำให้เกิดการพับของปีกถ้วยกลายเป็นรอยย่นที่ปีกถ้วย จะไม่สามารถลากขึ้นรูปได้

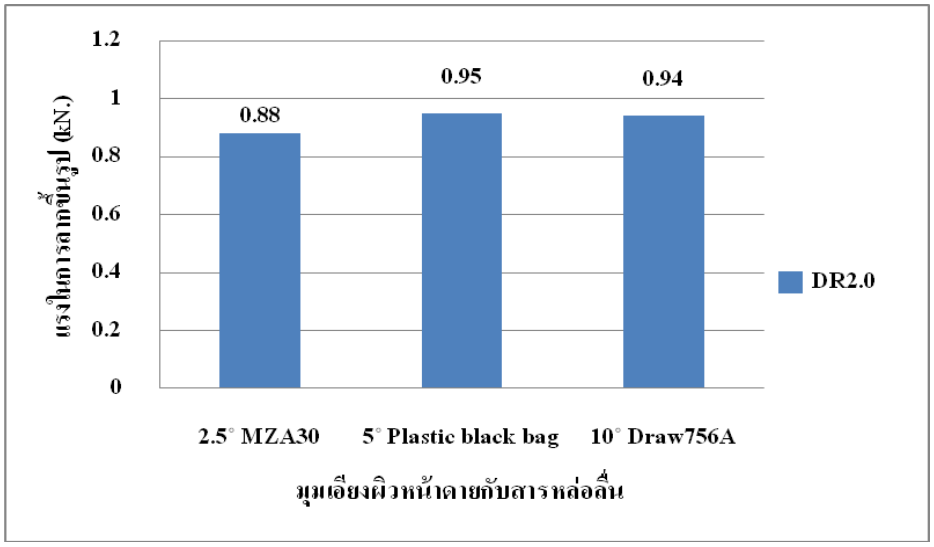


ภาพที่ 7 แรงในการลากขึ้นรูปสูงสุดเมื่อทำการลากขึ้นรูปมุมเอียงผิวหน้าดายแตกต่างกันกับสารหล่อลื่นต่างๆ



ภาพที่ 8 แรงในการลากขึ้นรูปสูงสุดเมื่อทำการลากขึ้นรูปมุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5 องศากับสารหล่อลื่นต่างๆ

เมื่อพิจารณาแรงในการลากขึ้นรูปมุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° กับสารหล่อลื่นต่างๆ ดังภาพที่ 8 เมื่ออัตราส่วนการลากขึ้นรูปมีค่าสูงขึ้นจะใช้ แรงในการลากขึ้นรูปมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้แผ่นเปล่ามีขนาดเพิ่มมากขึ้น

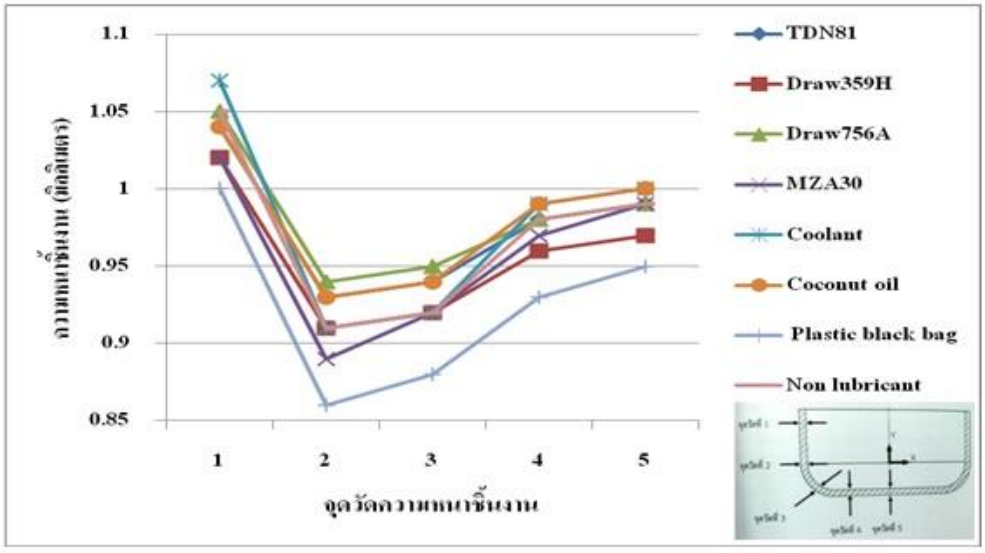


ภาพที่ 9 แรงในการลากขึ้นรูปเมื่อมุมเอียงผิวหน้าดายกับสารหล่อลื่นที่ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0

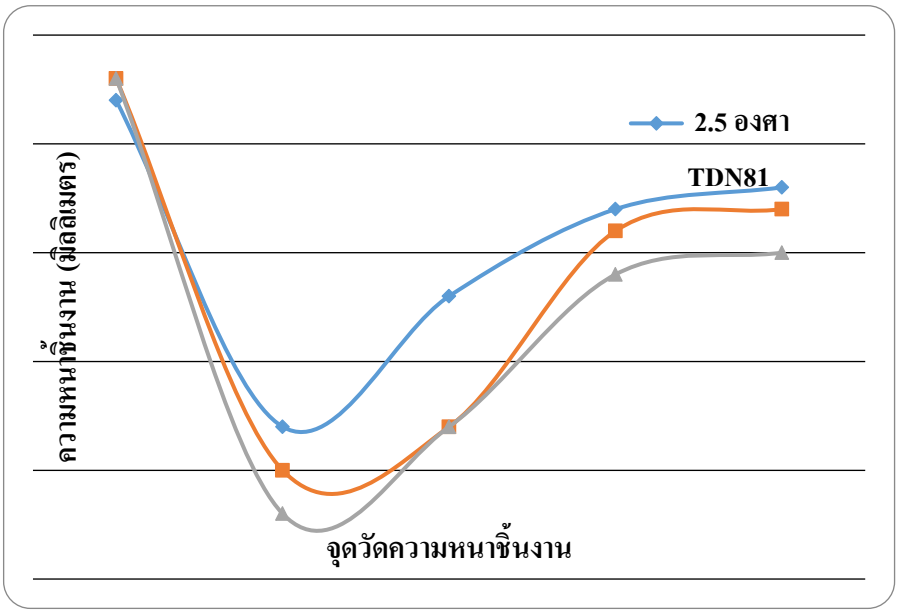
จากภาพที่ 9 แรงในการลากขึ้นรูปเมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° 5° และ 10° ที่ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 จะพบว่าสารหล่อลื่น MZA30 ที่มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° สามารถใช้แรงในการลากขึ้นรูปน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.88 กิโลนิวตัน

3. มุมเอียงผิวหน้าดายและสารหล่อลื่นที่มีอิทธิพลต่อความหนาของชิ้นงาน

การตรวจวัดขนาดความหนาชิ้นงานถ้วยกลมอะลูมิเนียมโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ดิจิตอล ทำการวัดตามจุดที่กำหนดดังภาพที่ 5 มุมเอียงผิวหน้าดายทั้งห้าค่า จะได้ความหนาในแต่ละจุดไปในทิศทางเดียวกัน



จากภาพที่ 10 เมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° กับสารหล่อลื่นชนิดต่างๆ ที่อัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 ความหนาชิ้นงานที่ทำการวัดขนาดในแต่ละจุดที่กำหนด พบว่า จุดที่สอง ซึ่งเป็นส่วนที่บางที่สุด คือ ส่วนผนังก่อนถึงรัศมีก้นถ้วย เกิดจากความเค้นแรงดึงสูงที่บริเวณนี้ จุดที่หนึ่งผนังขอบปากถ้วยชิ้นงานจะหนากว่าความหนาแผ่นเปล่าเริ่มต้น เกิดจากบริเวณนี้มีความเค้นกดที่เส้นรอบวงที่ปีกถ้วย



ภาพที่ 11 ความหนาชิ้นงานของขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงสุด

จากภาพที่ 11 ค่าความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานที่ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่ได้จากการทดลอง เมื่อใช้มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° 5° และ 10° กับสารหล่อลื่น ที่จะสามารถคงขนาดความหนาใกล้เคียงกับความหนาของแผ่นเปล่าก่อนการลากขึ้นรูป ซึ่งก็คือสารหล่อลื่น TDN81 มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5°

สรุปผลการวิจัย

1. มุมเอียงผิวหน้าดาย 0°, 2.5° และ 5° สามารถลากขึ้นรูปได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8 มุม 10° และ 15° ไม่สามารถลากขึ้นรูปได้ ในกรณีไม่ใช้สารหล่อลื่น
2. มุมเอียงผิวหน้าดาย 15° เมื่อใช้สารหล่อลื่นได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.8
3. มุมเอียงผิวหน้าดาย 10° ใช้สารหล่อลื่น Draw756A ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0
4. มุมเอียงผิวหน้าดาย 5° ใช้สารหล่อลื่น ถุงดำพลาสติก น้ำมันมะพร้าว Draw359H Draw756A และMZA30ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0
5. มุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° ใช้สารหล่อลื่น น้ำมันมะพร้าว Draw756A MZA30 และTDN 81 ได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 2.0
6. มุมเอียงผิวหน้าดาย 0° เมื่อใช้สารหล่อลื่นได้ขีดจำกัดอัตราส่วนการลากขึ้นรูปเท่ากับ 1.9
7. มุมเอียงผิวหน้าดาย ที่ใช้จนถึงมุม 10° อัตราส่วนการลากขึ้นรูปสูงขึ้นจะใช้แรงในการขึ้นรูปมากขึ้น แต่แรงในการขึ้นรูปมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย
8. ความหนาของชิ้นงานส่วนที่บางที่สุด คือส่วนผนังก่อนถึงรัศมีถ้วย ซึ่งเกิดจากการดึงในบริเวณนี้ โดยมุมเอียงผิวหน้าดาย 2.5° กับสารหล่อลื่น TDN81จะรักษาขนาดความหนาที่ใกล้เคียงกับความหนาของแผ่นเปล่า

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับความร่วมมือจาก นายไกรวิชญ์ ใจบุญเรือง และนายณัฏฐ์ ปวงจักรทา นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ช่วยทำการทดลองและบันทึกผล และขอขอบคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมวิศวกรรมแม่พิมพ์ที่ช่วยให้คำแนะนำการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จุลศิริ ศรีงามผ่อง. 2526. **วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น.** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชาญชัย ทรัพยากร และคณะ. 2534. **การออกแบบแม่พิมพ์.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

ชนะชัย วลิตวรางค์กรู และชัยวัฒน์ ทองหลี. 2540. **การศึกษาตัวแปรในการลากขึ้นรูปโลหะแผ่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เชษฐ อุทธิยัง. 2546. **การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการลากขึ้นรูปลึกโดยใช้สารหล่อลื่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วารุณี เปรมานนท์ และพงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์. 2551. **แม่พิมพ์โลหะแผ่น.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

Chandorkar, K. 1997. Deep Drawing of Rectangular Pans from Aluminum Alloy. **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 63, pp. 27-34.

Karem M, Y. 2014. Effect of Blank Holder Inclination Angle on Deep Drawing Round Mild Steel Cup WITH Flange. **Eng. & Tech. Journal,**Vol32,Part(A),No.7,

Vedat, T. 2016. **Experimental study on effects of die geometry and temperature on limit drawing ratio**. International Conference on Engineering Natural Sciences.

การวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลและการหากฎความสัมพันธ์

Analysis of Mobile User Characteristics Using Data Classification and Association Rule Techniques.

ชฎารัตน์ พิพัฒนนันท์ และ สิริธร เจริญรัตน์[2]

Chadarat PhiPathananunth and Sirithorn Jalearnrat[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ ใช้ข้อมูลของนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยการทำเหมืองข้อมูลใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลและการหากฎความสัมพันธ์ด้วยกระบวนการ Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) มีขั้นตอนหลักคือ เริ่มตั้งแต่การกำหนดและเข้าใจวัตถุประสงค์ การศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งข้อมูลที่ จากนั้นทำการเตรียมข้อมูลโดยแปลงให้เป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ หลังจากนั้นทำการสร้างแบบจำลอง การตรวจสอบแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้งาน โดยในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองนั้นได้ทำการจำแนกข้อมูลใช้เทคนิคต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) พิจารณาจากค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ ค่าความระลึก และใช้เทคนิคในการหากฎความสัมพันธ์ด้วยอัลกอริทึม Apriori โดยพิจารณาจากค่าสนับสนุนต่ำสุด (Minimum support) ค่าความมั่นใจต่ำสุด (Minimum Confidence) และค่าลิฟท์ (Lift) ในการจำแนกข้อมูล และหากฎความสัมพันธ์ของแอตทริบิวต์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ในการเลือกใช้โทรศัพท์มือถือ ผลสรุปที่ได้คือ ผู้ใช้โทรศัพท์ iPhone มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำ มีความชอบระบบปฏิบัติการ iOS ผู้ใช้โทรศัพท์ทั้งเพศชายและเพศหญิง มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้ ด้วยค่าสนับสนุนขั้นต่ำคือ 30% และความเชื่อมั่นขั้นต่ำคือ 50% สาเหตุการใช้โทรศัพท์มือถือจำแนกตามยี่ห้อคือผู้ใช้เลือกใช้ iPhone จากสาเหตุหลักคือต้องการกล้องที่มีความละเอียด วัสดุโครงสร้างของโทรศัพท์ การใช้งานในออฟฟิศ ส่วนผู้ใช้ที่เลือกใช้ Samsung เนื่องจากสาเหตุหลักคือความกว้างของหน้าจอ และความจุของแบตเตอรี่ ด้วยค่าความถูกต้องคือ 47.50 %

คำสำคัญ : เหมืองข้อมูล, ต้นไม้การตัดสินใจ, กฎความสัมพันธ์

ABSTRACT

This research aims to study the characteristics of mobile users. Using the information of students of the Faculty of Business Administration at University of the Thai Chamber of Commerce adopting data mining techniques to classify data and finding the association rules. Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP -DM) concept was applied for the data analysis. Start from the clarifying the objectives, gathering data, data preparation, by converting it into a data that can be analyzed, modeling, evaluation and deployment. In the modeling phase, the data is classified by the decision tree, based on the Accuracy , Precision, Recall and using the Apriori algorithm for finding the association rules, which is determined by the Minimum Support, Minimum Confidence, and Lift to identify the classification attributes and association rules are relevant to the user to choose a mobile phone. The results of research have shown that iPhone users have a need for phones that can boost memory, a liking for the iOS. Both male and female users of the iPhone have a need for a memory-enhanced phone with a minimum support charge of 30% and a minimum confidence of 50%. The causes of mobile phone use are classified by the brand. On the part of the user who chooses iPhone, the main reason is the need for a camera with a resolution, material of the phone structure and can be used in the office. For those who choose Samsung because of the main reason is the width of the screen and battery capacity, which the accuracy is 47.50%

Keywords : Data Mining, Decision Tree, Association Rule

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย แขวงรัชดาภิเษก เขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพ 10400

[1] Department of Information and Communication Technology, Faculty of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Ratchadapisek, Din Daeng, Bangkok, 10400, Thailand

[2] สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย แขวงรัชดาภิเษก เขตดินแดง จังหวัดกรุงเทพ 10400

[2] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, University of the Thai Chamber of Commerce, Ratchadapisek, Din Daeng, Bangkok, 10400, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : chadarat_phi @utcc.ac.t

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีการเจริญก้าวหน้าและมีบทบาทในการชีวิตประจำวันอย่างมาก เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงาน ใช้อินเทอร์เน็ตสืบค้นข้อมูล หรือการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างกัน โดยอุปกรณ์ที่นิยมแพร่หลายและเข้าถึงได้ง่ายคือโทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือซึ่งอาจกล่าวได้ว่าโทรศัพท์มือถือเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของทุกคน เนื่องจากเป็นเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถพกพาได้ รวมถึงสามารถลงแอปพลิเคชันเพิ่มเติมทำให้มีความสามารถหลากหลาย จากข่าวรายงานของสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (ข่าว กสทช., 2560) เปิดเผยว่าจากการใช้งานโทรศัพท์มือถือในปี พ.ศ. 2560 มีโทรศัพท์มือถือใช้งานอยู่จำนวนทั้งสิ้น 121.53 ล้านเลขหมาย และจากข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, 2560) ได้เปิดเผยผลการสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ. 2560 พบว่า ในจำนวนประชากรกลุ่มวัยรุ่นประมาณ 62.8 ล้านคน มีผู้ใช้โทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ทโฟนมากถึง 31.7 ล้านคน โดยมีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2555 ที่มีเพียง 5 ล้านคน

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือของกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มวัยรุ่นนั่นคือนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย โดยการทำเหมืองข้อมูลใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลและการหากฎความสัมพันธ์ ด้วยกระบวนการ Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในกลุ่มของนักศึกษาซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มวัยรุ่น โดยมีขั้นตอนหลักคือ เริ่มตั้งแต่การกำหนดและเข้าใจวัตถุประสงค์ การศึกษารวบรวมข้อมูลการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งข้อมูล และทำการจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ประมวลผลได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ในที่นี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการหากฎความสัมพันธ์ (Association Rules) และใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) จากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่าน่าเชื่อถือเพียงใด ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจย้อนกลับไปก่อนหน้าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการได้ จากนั้นคือการเขียนสรุปผลในรูปแบบที่ให้เข้าใจได้ง่าย เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยทำการดำเนินการวิจัยโดยใช้ กระบวนการ CRISP-DM เพื่อสกัดเอาองค์ความรู้ที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล นี้จะประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ (1) การทำความเข้าใจในเรื่องธุรกิจ (Business Understanding) (2) การทำความเข้าใจในข้อมูล (Data Understanding) (3) การเตรียมข้อมูล (Data Preparation) (4) การสร้างโมเดล (Modeling) (5) การประเมินผล (Evaluation) (6) การนำไปใช้งาน (Deployment) (เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดา (2557) และ Tan P, et al. (2015)) โดยแต่ละขั้นตอนอาจจะย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้ โดยขั้นตอนในกระบวนการ CRISP-DM มีดังนี้

(1) การทำความเข้าใจในเรื่องธุรกิจ

เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการ CRISP-DM ซึ่งเน้นไปที่การเข้าใจปัญหา วัตถุประสงค์การดำเนินการ และแปลงปัญหาที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบของการวิเคราะห์ข้อมูลทางการทำเหมืองข้อมูล พร้อมทั้งวางแผนในการดำเนินการคร่าวๆ เนื่องด้วยปัจจุบันโทรศัพท์มือถือมีระบบปฏิบัติการหลัก 2 แบบ คือระบบปฏิบัติการ iOS และ Android และมียี่ห้อที่เป็นที่รู้จักกันทางตลาด ได้แก่ iPhone, Samsung จากปัญหาในการต้องการทราบว่าสาเหตุใดผู้ซื้อจึงเลือกใช้โทรศัพท์ยี่ห้อนั้นๆ เนื่องด้วย

ระบบปฏิบัติการ ไลฟ์สไตล์ หรือคุณลักษณะต่างๆ ของโทรศัพท์มือถือ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล และได้ทำการวางแผนการดำเนินการคร่าวๆ ตามกระบวนการ CRISP-DM ได้แก่ การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การจัดทำแบบสอบถาม การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลและการหากฎความสัมพันธ์ ใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการวิเคราะห์คือ Rapid Miner Studio 7.0 จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการวิจัยที่ได้ว่าตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ และการทำสรุปผลการวิจัยในรูปแบบเพื่อให้ผู้บริหารหรือนักการตลาดเข้าใจได้ง่าย โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

เสาวนีย์ ขจรเทวาวงศ์ (2558) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสมาร์ทโฟนตราสินค้าของผู้บริโภคคนไทย ซึ่งกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนอยู่ในช่วง 15,000 – 30,000 บาทต่อเดือน กิจกรรมใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนตราสินค้าจีนมากที่สุดใน 3 อันดับแรก ได้แก่ เล่นโซเชียลมีเดีย รับสายโทรเข้าและโทรออก และลำดับสุดท้ายคือถ่ายรูปโดยสมาร์ทโฟน ตราสินค้าจีนที่กลุ่มตัวอย่างเลือกซื้อมากที่สุดคือตราสินค้า Oppo รองลงมาได้แก่ Xiaomi และลำดับสุดท้ายคือ Huawei

สมพงษ์ งามธรณกิจ และ นิตยา เจรียงประเสริฐ (2558) ได้ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ทโฟนยี่ห้อแอปเปิลและซัมซุงที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในอำเภอเมืองเชียงใหม่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงซึ่งมีอายุระหว่าง 15 – 24 ปี โดยส่วนใหญ่มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี มีอาชีพเป็นนักศึกษา ผลการศึกษาพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามตัดสินใจเลือกซื้อโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ทโฟนยี่ห้อแอปเปิลหรือซัมซุง โดยใช้ปัจจัยในการตัดสินใจเลือกซื้อที่แตกต่างกัน 4 ปัจจัยซึ่งเป็นปัจจัยด้านคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ คือ ปัจจัยด้านคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ ปัจจัยด้านการออกแบบ และปัจจัยด้านตราสินค้า ส่วนที่เหลืออีก 4 ปัจจัย คือปัจจัยด้านการบรรจุภัณฑ์ ปัจจัยการรับรู้ว่ามี ประโยชน์ ปัจจัยการรับรู้ถึงความง่ายต่อการใช้งาน และปัจจัยการรับรู้ถึงความเพลิดเพลินในการใช้งาน ไม่มีความ แตกต่างกัน ผลการค้นหาความสัมพันธ์ของตัวแปรกับแนวโน้มในการตัดสินใจซื้อ พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อแนวโน้ม ในการตัดสินใจซื้อมีเพียงปัจจัยเดียวคือปัจจัยด้านระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์

(2) การทำความเข้าใจในข้อมูล

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรคือนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย ด้วยการแจกแบบสอบถามใช้การสุ่มตัวอย่างวิธี Random Sampling จำนวนตัวอย่าง 400 คน และทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวมมาได้เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูล และพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลทั้งหมดหรือจำเป็นต้องเลือกข้อมูลบางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยประเด็นที่สอบถามในแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

1. ข้อมูลส่วนตัว เช่น เพศ ชั้นปี สาขา รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ข้อมูลการใช้กิจกรรมยามว่างของนักศึกษา
2. ข้อมูลเกี่ยวกับโทรศัพท์มือถือ เช่น สาเหตุการเลือกของโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลแอปพลิเคชันการที่ใช้ในโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลยี่ห้อโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในปัจจุบัน ราคาโทรศัพท์มือถือที่ยอมรับได้ ระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์มือถือที่ชื่นชอบ ราคาโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

จากนั้นผู้วิจัยทำการพิจารณาว่าข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวมมาได้มาดูความถูกต้องของข้อมูล และพิจารณาว่าข้อมูลดังกล่าวมีความจำเป็นที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมดหรือแค่บางส่วน โดยทำการคัดกรองและเลือกข้อมูลมาบางส่วนมาทำการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

ID	เพศ	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน	กิจกรรมยามว่างในชีวิตประจำวัน	ยี่ห้อโทรศัพท์ที่ใช้	สาเหตุการเลือกใช้โทรศัพท์มือถือ	ต้องการเพิ่มหน่วยความจำได้	แอปพลิเคชันการที่ใช้	…	ระบบปฏิบัติการของโทรศัพท์มือถือที่ชื่นชอบ
1	ชาย	10,000 - 15,000	เดินห้างเลือกซื้อของ	iPhone	ความกว้างของหน้าจอ	ต้องการ	twitter		IOS
2	ชาย	10,000 - 15,000	ออกกำลังกายเล่นกีฬา	Huawei	วัสดุโครงสร้างของโทรศัพท์	ต้องการ	facebook		Android
3	หญิง	5,000- 10,000	เล่นเกมผ่านการออนไลน์ทั่วไป	Samsung	ความจุของแบตเตอรี่	ไม่ต้องการ	twitter		Android
4	…	…	…	…	…	…	…	…	…

(3) การเตรียมข้อมูล

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำการแปลงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมา (raw data) ให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นถัดไปได้ โดยการแปลงข้อมูลนี้อาจจะต้องมีการทำข้อมูลให้ถูกต้อง (data cleaning) เช่น การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ การเติมข้อมูลที่ขาดหายไป และการขจัด Outlierซึ่งหมายถึงการขจัดค่าที่มีความแปลกแยกออกไป การทำข้อมูลให้ถูกต้อง (data cleaning) ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลที่ขาดหายไปรวบถึงแปลงข้อมูลที่ผิดพลาดจากการจัดเก็บ เช่น การแปลงค่าที่ผิดพลาดจากการป้อนข้อมูล จาก ค่า Sumsang เป็น Samsung เป็นต้น

สำหรับการแปลงข้อมูลในรูปแบบที่สามารถนำไปวิเคราะห์ได้ ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลจากอักขระ (character data) เป็นรูปแบบของตัวเลข (numerical) และทำการแปลงข้อมูลจากตัวเลขแบบแจกแจงแบบทวินาม (binomial distribution) ได้แก่ เช่น เพศชายคือ 1 เพศหญิงคือ 0 การเลือกใช้ระบบปฏิบัติการ iOS เป็น 1 และไม่เลือกใช้ระบบปฏิบัติการ iOS เป็น 0 เป็นต้น เพื่อให้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ในเทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (unsupervised learning) ด้วยวิธีการหากฎความสัมพันธ์ โดยมีการกำหนดรหัสในการแทนค่าในการเลือก Item นั้นใช้ค่าแทนด้วย 1 และการไม่เลือก Item ดังกล่าวใช้แทนด้วย 0 ซึ่งมีรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ภายในงานวิจัย

ชื่อ Item	ความหมาย
Male	เพศชาย
Female	เพศหญิง
Memory need	ความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้
Phone_iPhone	การใช้ยี่ห้อโทรศัพท์ iPhone
Phone_Samsung	การใช้ยี่ห้อโทรศัพท์ Samsung
Phone_Other	การใช้ยี่ห้อโทรศัพท์ยี่ห้ออื่นๆ ได้แก่ Acer, Oppo, Huawei, Nokia, Vivo, Asus
OS_Like_iOS	ชื่นชอบระบบปฏิบัติการ iOS
OS_Like_ Android	ชื่นชอบระบบปฏิบัติการ Android

(4) การสร้างโมเดล

ในขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางการทำเหมืองข้อมูลโดยผู้วิจัยใช้การ 2 เทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

1. เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (unsupervised learning) โดยผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการหากฎความสัมพันธ์
2. เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) โดยผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล ด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหากฎความสัมพันธ์ โดยใช้เทคนิคการหากฎความสัมพันธ์

ผู้วิจัยใช้เทคนิค Apriori เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง item ต่างๆ ได้แก่ เพศ ยี่ห้อโทรศัพท์มือถือ ระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบ ความต้องการโทรศัพท์มือถือที่สามารถเพิ่มหน่วยความจำได้ โดยมีส่วนที่อยู่ด้านซ้าย LHS (Left Hand Side) ซึ่งเรียกว่าข้ออ้าง (premise) และส่วนที่อยู่ด้านขวา RHS (Right Hand Side) ซึ่งเรียกว่าข้อสรุป (conclusion) โดยการเขียนกฎความสัมพันธ์สามารถเขียนได้ลักษณะ LHS => RHS ความหมายคือถ้าเกิด LHS แล้วจะเกิด RHS ร่วมไปด้วย โดยผู้วิจัยทำการกำหนดตัววัดประสิทธิภาพคือ

1. ค่าสนับสนุน (support) หมายถึงค่า frequent itemset หรือการหารูปแบบของข้อมูลที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อยๆในคลาสของข้อมูล

2. ค่าความเชื่อมั่น (Confidence) แสดงความเชื่อมั่นของกฎความสัมพันธ์ว่าเกิดขึ้นด้วยจำนวนกี่เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$\text{Confidence (LHS => RHS)} = \frac{\text{support(LHS,RHS)}}{\text{support(LHS)}} \qquad (1)$$

3. ค่าลิฟท์ (Lift) คือค่าที่บ่งบอกว่าการเกิดรูปแบบ LHS และ RHS มีความสัมพันธ์กันแค่ไหน โดยถ้าค่า lift เป็น 1 แสดงว่ารูปแบบ LHS และ RHS ไม่ขึ้นต่อกัน แต่ถ้ามีค่าเกิน 1 มากๆ แสดงว่า รูปแบบทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยไม่ได้เกิดจากการสุ่ม ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\text{Lift (LHS => RHS)} = \frac{\text{support(LHS,RHS)}}{\text{support(LHS)}*\text{support(RHS)}} \qquad (2)$$

ผู้วิจัยทำการหารูปแบบ item ที่เกิดขึ้นร่วมกันบ่อย โดยการกำหนดค่าสนับสนุนขั้นต่ำ (minimum support) และค่าความมั่นใจขั้นต่ำ (minimum confidence) จากนั้นทำการปรับค่าที่ได้เพื่อหาค่าที่ทำให้เกิดกฎความสัมพันธ์ และทำการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ที่ได้ ที่เกิดขึ้นจากค่าสนับสนุน ค่าความเชื่อมั่น และค่าลิฟท์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีต้นไม้การตัดสินใจเนื่องจาก มีหลักการที่เข้าใจง่าย ตัวแบบถูกสร้างและเรียนรู้ได้เร็ว เหมาะกับข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (structured data) และเลือกใช้วิธี Split Test เพื่อทำการทดสอบโมเดล เนื่องจากลุ่มตัวอย่างมีจำนวนไม่มากคือ 400 ตัวอย่าง ในกรณีที่ใช้วิธีอื่น เช่น Cross-validation-Test จะทำให้ข้อมูลในแต่ละส่วนมีจำนวนน้อยเกินไปในการทดสอบโมเดลได้ เมื่อทำการเลือกวิธีการทดสอบโมเดลด้วย วิธี Split Test แล้วผู้วิจัยทำการแบ่งข้อมูลเพื่อทำการทดสอบ โดยแบ่งข้อมูลจำนวน 70% ใช้ในการสร้างโมเดล และข้อมูลจำนวน 30% เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดลที่สร้างขึ้น โดยขั้นตอนการสร้างโมเดลต้นไม้การตัดสินใจใช้วิธีการคำนวณค่าสารสนเทศที่ได้เพิ่ม (information gain) ของแต่ละโหนดเทียบกับคลาสเพื่อหาโหนดที่ให้ค่าสารสนเทศที่ได้เพิ่มมากที่สุดมาเป็น root ของต้นไม้การตัดสินใจ และใช้ค่าอัตราส่วนที่ได้เพิ่ม (Gain Ratio) เพื่อแก้ไขปัญหาเรื่องความไม่ยุติธรรมในการเปรียบเทียบตัวแปรเพื่อการแบ่งโหนดของค่าสารสนเทศที่ได้เพิ่มโดยการปรับค่าสารสนเทศที่ได้เพิ่มด้วยการหารค่าสารสนเทศสำหรับการแบ่งโหนด (SplitINFO) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3) ซึ่งเมื่อนำค่าสารสนเทศสำหรับการแบ่งโหนดมาหารออกจากค่าสารสนเทศที่ได้เพิ่มก็สามารถคำนวณค่าอัตราส่วนที่ได้เพิ่มดังแสดงในสมการที่ (4) สำหรับตัววัดประสิทธิภาพของโมเดล ผู้วิจัยใช้ค่าในการวัดค่าความถูกต้องในการวัดความถูกต้องของโมเดลโดยพิจารณารวมทุกคลาส และใช้ค่าความแม่นยำของโมเดลรวมถึงค่าความระลึกวัดความถูกต้องของโมเดลโดยพิจารณาแยกทีละคลาส

$$\text{SplitINFO} = -\sum_{i=1}^{k} \frac{n_i}{n} \log \frac{n_i}{n} \qquad (3)$$

เมื่อ n_i คือจำนวนตัวอย่างที่โหนดลูกที่ i

และ n คือจำนวนตัวอย่างที่โหนดแม่ (parent node)

$$\text{GainRATIO}_{\text{split}} = \frac{\text{GAIN}_{\text{split}}}{\text{SplitINFO}} \qquad (4)$$

(5) การประเมินผล

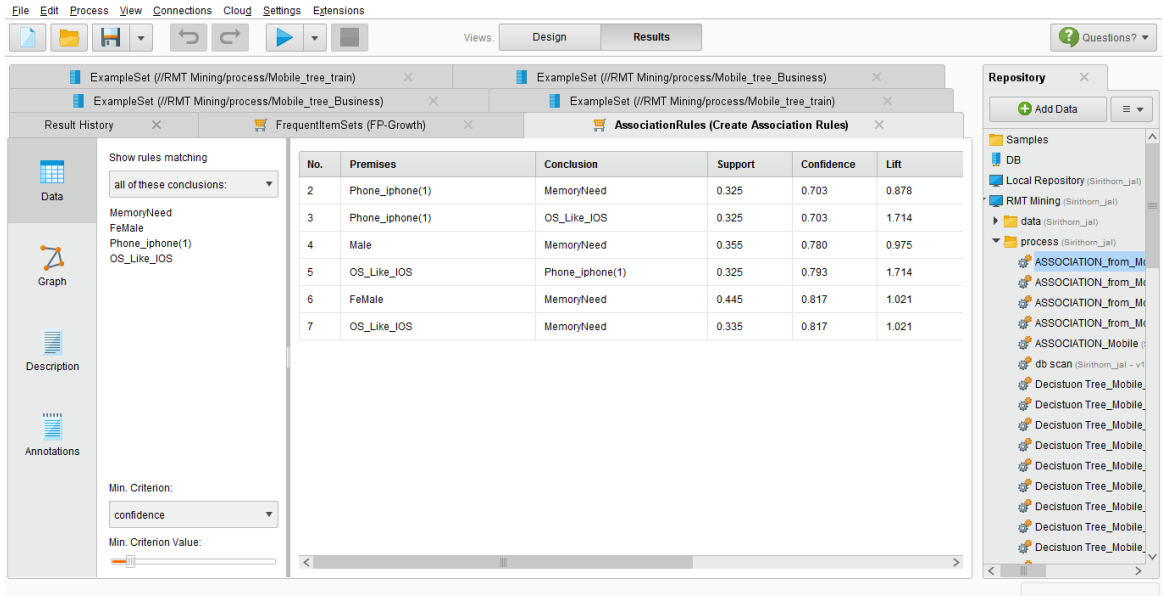
ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางการทำเหมืองข้อมูลแล้วแต่ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานต่อไปจะต้องมีการวัดประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้ว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด โดยผู้วิจัยพิจารณาจากค่าความเชื่อมั่น ค่าความถูกต้อง และค่าสนับสนุน ซึ่งอาจจะย้อนกลับไปยังขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการได้ สำหรับกฎความสัมพันธ์ค่าความมั่นใจขั้นต่ำที่ได้คือ 50% และค่าสนับสนุนขั้นต่ำคือ 30% และสำหรับการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูล ได้ค่าความถูกต้องของโมเดลในการทำนายระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบเท่ากับ 76.67 % และได้ค่าความถูกต้องคือ 90% ในการทำนายยี่ห้อโทรศัพท์ที่ใช้

(6) การนำไปใช้งาน

ผลลัพธ์ที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้แสดงถึงองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ต่อนักวิจัย ผู้บริหาร หรือนักการตลาดเข้าใจได้ง่ายและสามารถนำไปออกโปรโมชัน เกี่ยวกับโทรศัพท์มือถือได้

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางการทำเหมืองข้อมูลสำหรับการหากฎความสัมพันธ์ ผู้วิจัยวัดผลกฎความสัมพันธ์ที่สร้างจากค่าความเชื่อมั่น ค่าสนับสนุน และค่าลิฟท์ โดยผู้วิจัยทำการคัดกรองกฎความสัมพันธ์ที่เกิดจากความมั่นใจขั้นต่ำในทุกโมเดล เท่ากับ 50% และค่าสนับสนุนขั้นต่ำคือ 30% แสดงได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หน้าจอแสดงผลค่าสนับสนุน ค่าความเชื่อมั่น และค่าลิฟท์

จากผลกฎความสัมพันธ์ (Association Rules) ที่ได้ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ผู้ใช้โทรศัพท์ iPhone => มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้

ผู้ใช้โทรศัพท์ iPhone => ความชอบระบบปฏิบัติการ iOS

ผู้ใช้เพศชาย => มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้

เมื่อมีความชอบระบบปฏิบัติการ iOS => การเลือกยี่ห้อโทรศัพท์ iPhone

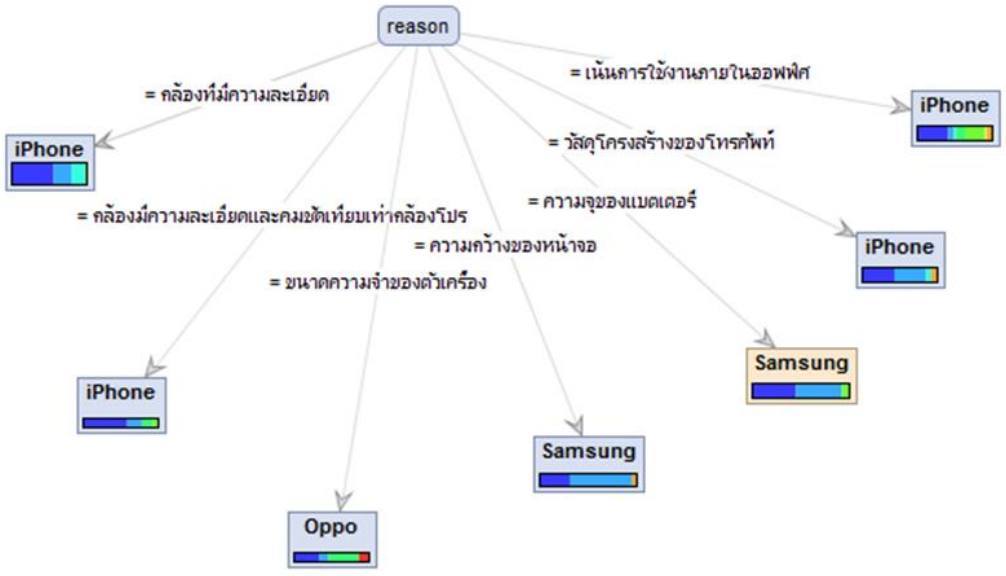
ผู้ใช้เพศหญิง => มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้

เมื่อมีความชอบระบบปฏิบัติการ IOS=> มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางการทำเหมืองข้อมูลสำหรับการสร้างต้นไม้การตัดสินใจ ผู้วิจัยใช้การคำนวณค่าน้ำหนักด้วยอัตราส่วนที่ได้เพิ่ม (Gain Ratio) และใช้ค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 50% โดยมีชื่อของ Node ที่นำมาสร้างต้นไม้การตัดสินใจสามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 3 และตัวอย่างของต้นไม้ตัดสินใจที่ได้แสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 3 ชื่อและความหมายของโหนดที่ใช้ในการสร้างต้นไม้การตัดสินใจ

ชื่อ Node	ความหมาย
sex	เพศ
income	รายได้เฉลี่ยต่อเดือน
reason	เหตุผลในการเลือกใช้งานโทรศัพท์
LifeStyle	กิจกรรมยามว่าง
Phone_Like	ระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบ
Social	ข้อมูลแอปพลิเคชันการที่ใช้บ่อยที่สุด



ภาพที่ 2 ต้นไม้การตัดสินใจของสาเหตุการใช้โทรศัพท์มือถือ

จากภาพที่ 2 สามารถสรุปเป็นชุดของกฎ if-then ได้ดังนี้

if reason = กล้องที่มีความละเอียด then iPhone

if reason = กล้องมีความละเอียดและคมชัดเทียบเท่ากล้องโปร then iPhone

if reason = ขนาดความจำของตัวเครื่อง then Oppo

if reason = ความกว้างของหน้าจอ then Samsung

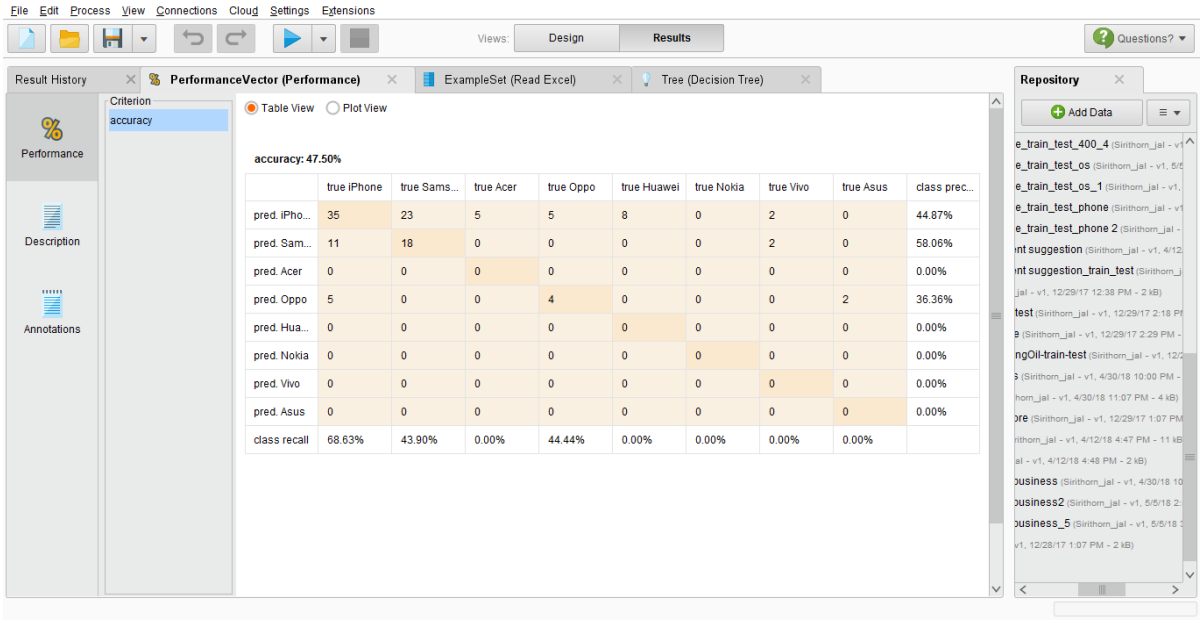
if reason = ความจุของแบตเตอรี่ then Samsung

if reason = วัสดุโครงสร้างของโทรศัพท์ then iPhone

if reason = เน้นการใช้งานภายในออฟฟิศ then iPhone

สำหรับการสรุปประสิทธิผลของโมเดลต้นไม้การตัดสินใจในภาพที่ 2 ได้ค่าความถูกต้องคือ 47.50 %

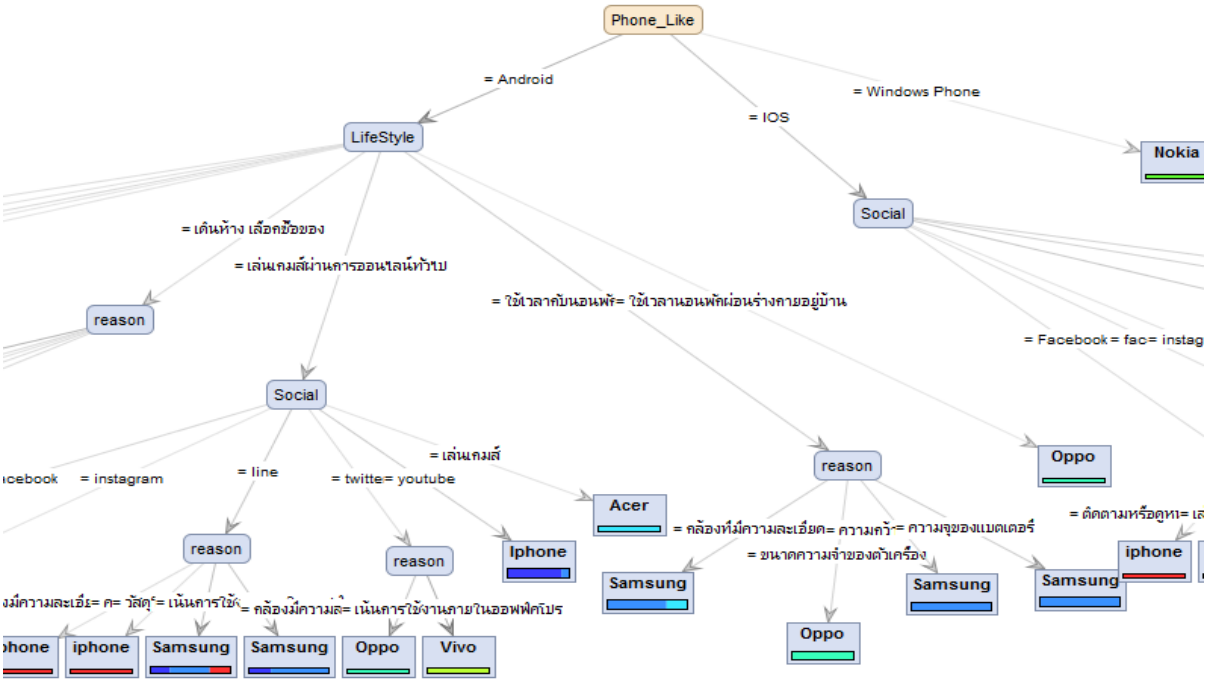
ผู้วิจัยเลือกที่ยอมรับค่าดังกล่าวเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คือ iPhone และ Samsung และค่าความแม่นยำ และ ค่าความระลึกของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวอยู่ในอัตราที่ยอมรับได้ โดยค่าความแม่นยำของแต่ละโมเดลโดยพิจารณาแยกทีละคลาสได้ค่ามากที่สุดคือ Samsung คิดเป็น 58.06% iPhone คิดเป็น 44.87% Oppo คิดเป็น 33.36 % ตามลำดับ และค่าความระลึกวัดความถูกต้องของแต่ละโมเดลโดยพิจารณาแยกทีละคลาส ได้ค่ามากที่สุดคือ iPhone คิดเป็น 68.63% Oppo คิดเป็น 44.44% และ Samsung คิดเป็น 43.90% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 การวัดประสิทธิผลของโมเดล



	true iPhone	true Sams...	true Acer	true Oppo	true Huawei	true Nokia	true Vivo	true Asus	class prec...
pred. iPho...	35	23	5	5	8	0	2	0	44.87%
pred. Sam...	11	18	0	0	0	0	2	0	58.06%
pred. Acer	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
pred. Oppo	5	0	0	4	0	0	0	2	36.36%
pred. Hua...	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
pred. Nokia	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
pred. Vivo	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
pred. Asus	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
class recall	68.63%	43.90%	0.00%	44.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงการวัดประสิทธิผลของโมเดลต้นไม้การตัดสินใจด้วยค่าความถูกต้อง ค่าความแม่นยำ และค่าความระลึก

ผู้วิจัยทำการสร้างต้นไม้การตัดสินใจเพิ่มเติมโดยใช้ node อื่นๆ ได้แก่ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน เหตุผลในการเลือกใช้งานโทรศัพท์ กิจกรรมยามว่าง ระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบ ข้อมูลแอปพลิเคชันการที่ใช้บ่อยที่สุด เพื่อหาผลสรุปที่ได้เพิ่มเติม ดัง



แสดงในภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างของต้นไม้การตัดสินใจ

ภาพที่ 4 แสดงส่วนหนึ่งของต้นไม้การตัดสินใจ

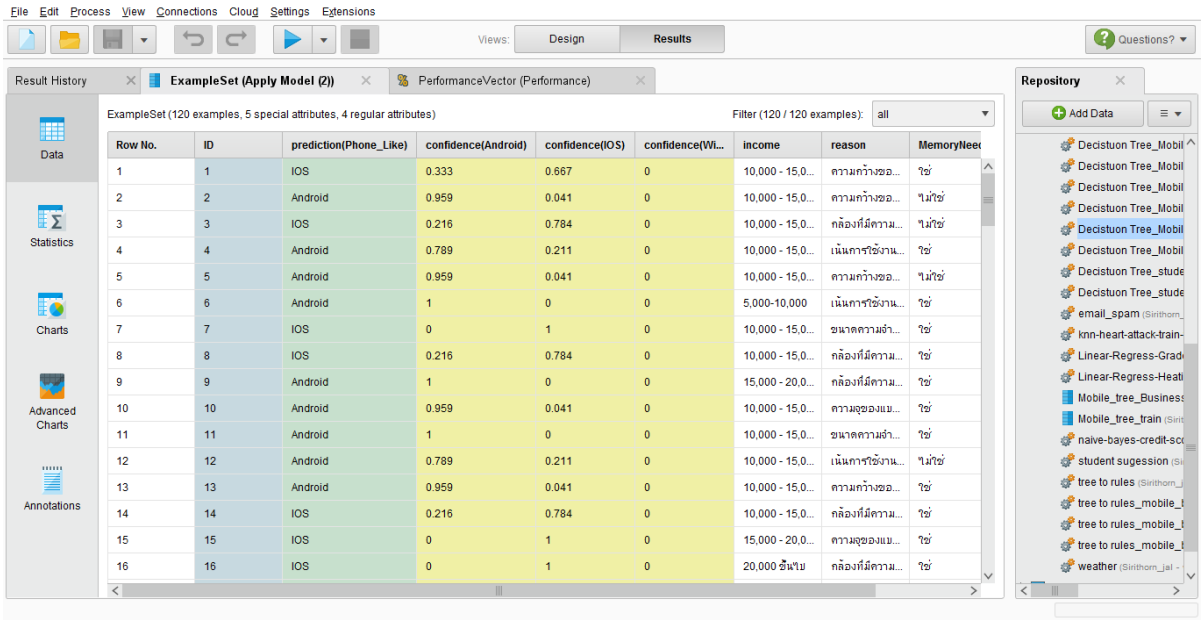
เมื่อผู้วิจัยพิจารณากฎที่เกิดขึ้นจากการสร้างต้นไม้การตัดสินใจ โดยเลือกกฎที่มีกลุ่มตัวอย่างในกฎนั้นมากกว่ากฎอื่นๆ จากนั้นทำการจำแนกกฎที่ได้ตามยี่ห้อของโทรศัพท์มือถือสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างกฎ if-then และเมื่อพิจารณากฎจำแนกตามยี่ห้อของโทรศัพท์มือถือ

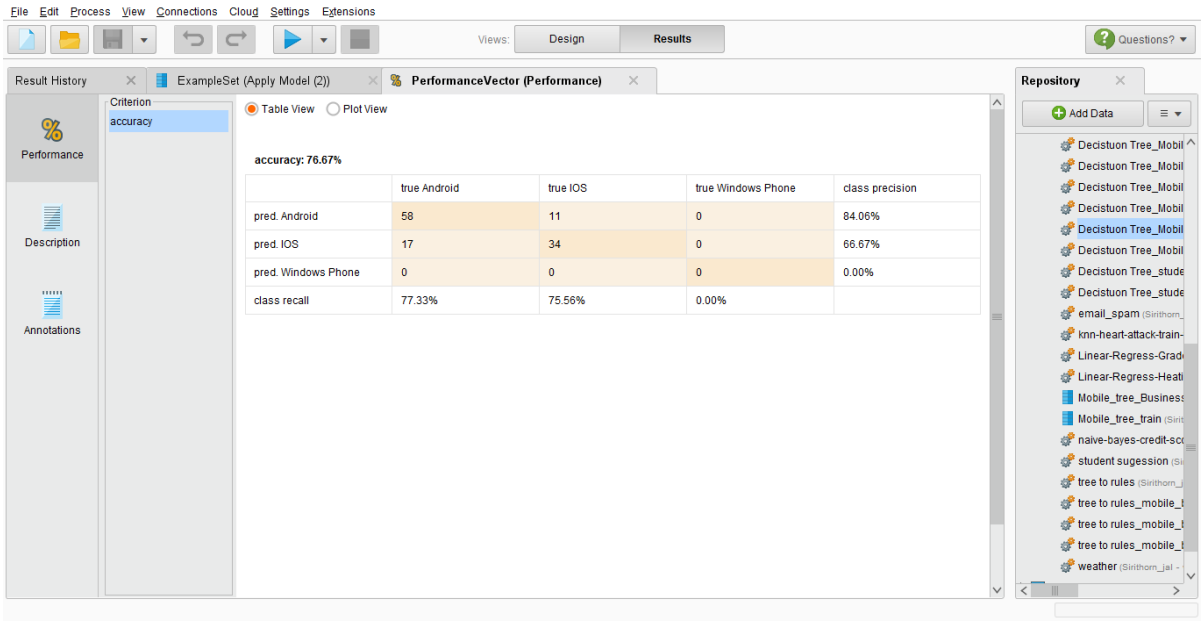
ยี่ห้อของโทรศัพท์มือถือ	กฎ if-then
iPhone	if LifeStyle = หาข้อมูลหรือข่าวสาร and reason = กล้องที่มีความละเอียด then iPhone if income = 20,000 ขึ้นไป and reason = กล้องที่มีความละเอียด then iPhone if LifeStyle = ออกกำลังกายเล่นกีฬา and Social = twitter then iPhone if income = 10,000 - 15,000 and reason = เน้นการใช้งานภายในออฟฟิศ and sex = ชาย and LifeStyle = เล่นเกมผ่านการออนไลน์ทั่วไป then iPhone
Samsung	if LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน and reason = ความจุของแบตเตอรี่ then Samsung if LifeStyle = เล่นเกมผ่านการออนไลน์ทั่วไป and Social = Facebook then Samsung

	if income = 10,000 - 15,000 and reason = ความกว้างของหน้าจอ and LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน then Samsung if LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน and reason = ความกว้างของหน้าจอ then Samsung
Oppo	if LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน and reason = ขนาดความจำของตัวเครื่อง then Oppo if income = 10,000 - 15,000 and reason = ขนาดความจำของตัวเครื่อง and Social = facebook then Oppo
Acer	if LifeStyle = เดินห้าง เลือกซื้อของ and reason = กล้องที่มีความละเอียด and Social = twitter then Acer if income = 15,000 - 20,000 and LifeStyle = เดินห้าง เลือกซื้อของ and sex = หญิง and reason = กล้องที่มีความละเอียด then Acer
Huawei	if income = 20,000 ขึ้นไป and reason = เน้นการใช้งานภายในออฟฟิศ and LifeStyle = ติดตามหรือดูหนังที่เข้าใหม่ then Huawei

สำหรับการแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูล โดยทำการทดสอบโมเดลโดยใช้วิธี Split Test โดยแบ่งข้อมูลจำนวน 70% ใช้ในการสร้างโมเดลและข้อมูลจำนวน 30% เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดลที่สร้างขึ้น เพื่อทำนายระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบของโทรศัพท์มือถือ ดังแสดงได้ในภาพที่ 5 ซึ่งแสดงข้อมูลของ Test Set จำนวน 120 เรคอร์ด ดังแสดงในภาพที่ 5 และผลสรุปของประสิทธิผลของโมเดลได้ค่าความถูกต้องคือ 76.67% มีค่าความแม่นยำและค่าความระลึกดังแสดงในภาพที่ 6 โดยผู้ใช้โทรศัพท์มือถือที่มีคุณลักษณะต่างๆ คือ เพศ รายได้ ยี่ห้อโทรศัพท์เหตุผลที่เลือกใช้โทรศัพท์กิจกรรมยามว่าง ข้อมูลแอปพลิเคชันที่ใช้ ผลการทำนายได้คือระบบปฏิบัติการที่ชื่นชอบทำนายว่าเป็นระบบปฏิบัติการ Android ด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 84.06% และค่าความระลึกเท่ากับ 77.33% รองลงมาคือทำนายว่าชื่นชอบระบบปฏิบัติการ iOS ด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 66.67 % และค่าความระลึกเท่ากับ 75.56 %

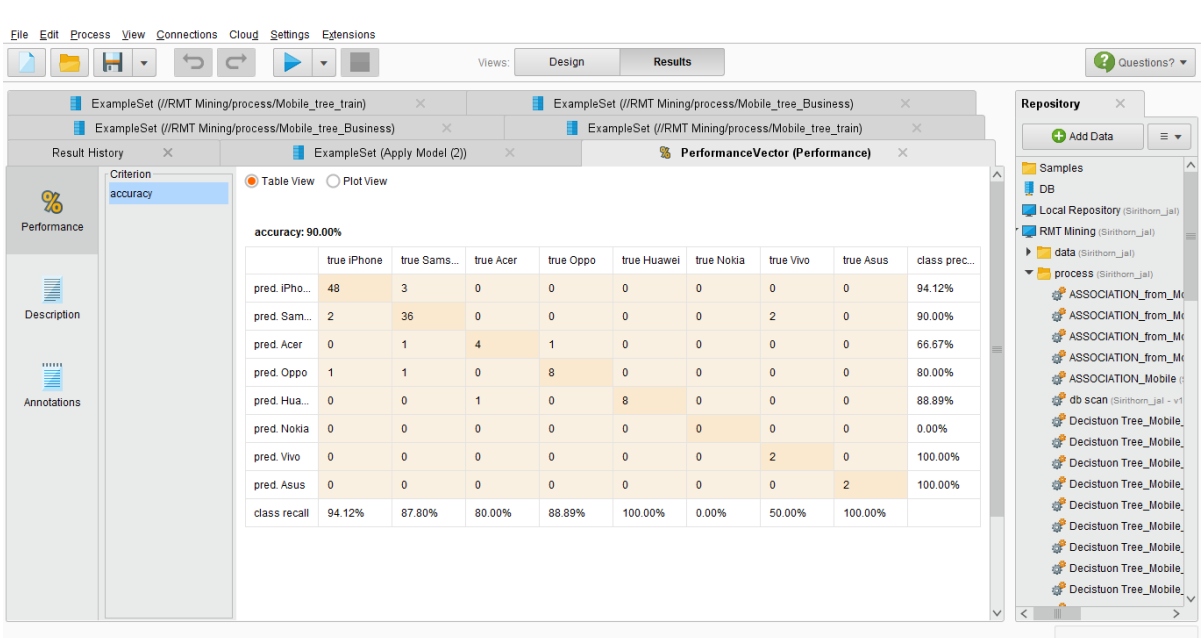


ภาพที่ 5 ข้อมูลของ Test Set จำนวน และผลสรุปของประสิทธิผลของโมเดล



ภาพที่ 6 ผลสรุปการวิเคราะห์ประสิทธิผลของโมเดล ในการทำนายความชื่นชอบระบบปฏิบัติการ

สำหรับการทำนายยี่ห้อโทรศัพท์มือถือที่ใช้จากผู้ใช้โทรศัพท์มือถือที่มีคุณลักษณะต่างๆ คือ เพศ รายได้ เหตุผลที่เลือกใช้โทรศัพท์ กิจกรรมยามว่าง ข้อมูลแอปพลิเคชันที่ใช้ โดยใช้ข้อมูลของ Test Set จำนวน 120 เรคอร์ด ผลสรุปของประสิทธิผลของโมเดลโดยได้ค่าความถูกต้องคือ 90% ผลที่ทำนายได้คือยี่ห้อโทรศัพท์ที่ใช้ว่าเป็น iPhone มากที่สุดด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 94.12 % และค่าความระลึกเท่ากับ 94.12 % รองลงมาคือทายว่าเป็น Samsung ด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 90% และค่าความระลึกเท่ากับ 87.80 % ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลสรุปการวิเคราะห์ประสิทธิผลของโมเดล ในการทำนายยี่ห้อโทรศัพท์

สำหรับการวิจารณ์ผลในการวิจัยครั้งนี้ผลการวิจัยการหากฎความสัมพันธ์ยังไม่เกิดองค์ความรู้เท่าที่ควร เนื่องจากแบบสอบถามที่เก็บข้อมูลไม่สอดคล้องกับโมเดลการวิเคราะห์ โดยควรปรับปรุงข้อคำถามให้อยู่ในรูปแบบเดียวกับ transaction ในการซื้อขายสินค้า เช่น การเก็บข้อมูลจากรายการสินค้าในการซื้อขายจากร้านขายโทรศัพท์มือถือ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ผลได้มากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหากฎความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคการหากฎความสัมพันธ์สามารถสรุปได้ คือ ผู้ใช้โทรศัพท์ iPhone มีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้ ผู้ใช้โทรศัพท์ iPhone มีความชอบระบบปฏิบัติการ iOS ซึ่งผู้ใช้โทรศัพท์ทั้งเพศชายและเพศหญิงมีความต้องการโทรศัพท์ที่เพิ่มหน่วยความจำได้ ด้วยค่าสนับสนุนขั้นต่ำคือ 30% และความเชื่อมั่นขั้นต่ำคือ 50%

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ ผู้ใช้โทรศัพท์ส่วนใหญ่เลือกใช้โทรศัพท์ยี่ห้อ iPhone และ Samsung สาเหตุการใช้โทรศัพท์มือถือจำแนกตามยี่ห้อผลสรุปด้วยค่าความถูกต้องคือ 47.50% ผู้ใช้เลือกใช้ iPhone จากสาเหตุหลักคือต้องการกล้องที่มีความละเอียด วัสดุโครงสร้างของโทรศัพท์ การใช้งานในออฟฟิศ ส่วนผู้ใช้ที่เลือก Samsung เนื่องจากสาเหตุหลักคือความกว้างของหน้าจอ และความจุของแบตเตอรี่

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากต้นไม้ตัดสินใจ จากกฎ If –Then มีลักษณะที่สอดคล้องกับผลสรุปขั้นต้น ได้แก่ if LifeStyle = หาข้อมูลหรือข่าวสาร and reason = กล้องที่มีความละเอียด then iPhone และกฎ if income = 10,000 - 15,000 and reason = เน้นการใช้งานภายในออฟฟิศ and sex = ชาย and LifeStyle = เล่นเกมผ่านการออนไลน์ทั่วไป then Iphone และ if LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน and reason = ความจุของแบตเตอรี่ then Samsung และกฎ if LifeStyle = ใช้เวลากับนอนพักผ่อนร่างกายอยู่บ้าน and reason = ความกว้างของหน้าจอ then Samsung เป็นต้น

สำหรับการแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูล โดยทำการทดสอบโมเดลโดยใช้วิธี Split Test โดยแบ่งข้อมูลจำนวน 70% ใช้ในการสร้างโมเดลและข้อมูลจำนวน 30% เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบโมเดลที่สร้างขึ้น สำหรับการทำนายยี่ห้อโทรศัพท์มือถือที่ใช้จากผู้ใช้โทรศัพท์มือถือที่มีคุณลักษณะต่างๆ คือ เพศ รายได้ เหตุผลที่เลือกใช้โทรศัพท์ กิจกรรมยามว่าง ข้อมูลแอปพลิเคชันที่ใช้ ได้ค่าความถูกต้องคือ 76.67% ผลที่ทำนายได้คือยี่ห้อโทรศัพท์ที่ใช้ว่าเป็น iPhone มากที่สุด ด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 94.12% และค่าความระลึกเท่ากับ 94.12% รองลงมาคือทายว่าเป็น Samsung ด้วยค่าความแม่นยำเท่ากับ 90% และค่าความระลึกเท่ากับ 87.80%

เอกสารอ้างอิง

กสทช. เผยสถิติการใช้มือถือไทย ปี 2560 ใช้เน็ตมือถือกระหน่ำ 3 ล้านเทราไบต์. 2561. แหล่งที่มา https://www.it24hrs.com/2018/smartphone-thailand-3g-4g-static-data, 27 เมษายน 2561.

สมพงษ์ งามธรณกิจ และนิตยา เจรียงประเสริฐ. 2558. การเปรียบเทียบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์โทรศัพท์เคลื่อนที่แบบสมาร์ทโฟนยี่ห้อแอปเปิลและซัมซุงที่มีผลต่อ การตัดสินใจซื้อของผู้บริโภคในอำเภอเมืองเชียงใหม่. Veridian E-Journal, Slipakorn University 8(3): 848-863.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. 2560. การสำรวจการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน พ.ศ.2560. แหล่งที่มา http://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านICT/เทคโนโลยีในครัวเรือน/2560/FullReportICT_60.pdf, 27 เมษายน 2561.

เสาวนีย์ ขจรเทวาวงศ์. 2558. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อสมาร์ทโฟนตราสินค้าจีนของผู้บริโภคคนไทย. การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เอกสิทธิ์ พัชรวงศ์ศักดา. 2557 Data Mining Trend. แหล่งที่มา: http://dataminingtrend.com/2014/data-mining-techniques/crisp-dm-example, 27 เมษายน 2561.

Pang-Ning Tan, Michael Steinbach, Vipin Kumar. 2015. Introduction to Data Mining, Pearson Addison Wesley.

การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัย ตามมาตรฐาน ISO13287:2012

Design and Construct of Slip resistance tester of safety footwear according to ISO 13287:2012

วรพจน์ หมีงาม[1*]และ เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา[2]

Worapoch Hme-Ngam[1*]and Chalearmkiet Srisila[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและสร้างเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยตามมาตรฐาน ISO13287:2012 สำหรับเป็นเครื่องทดสอบประจำศูนย์ทดสอบของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา การดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาข้อกำหนดของการทดสอบ เครื่องทดสอบที่มีในปัจจุบันและปัญหา จากนั้นทำการสังเคราะห์แนวความคิดและออกแบบเครื่อง สุดท้ายจึงทำการสร้างเครื่อง เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยที่ออกแบบและสร้างนี้จะควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้าขนาด 220 โวลท์ 50 เฮิร์ทซ์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือ ส่วนที่หนึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนสร้างแรงกดแนวตั้งขนาด 500 ± 50 นิวตัน ประกอบด้วยก้อนน้ำหนักรวม 50 กิโลกรัมวางบนฐานที่สวมอยู่กับแกนเพลาแนวตั้ง 3 แกน เคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยแรงจากมอเตอร์กระแสตรงขนาด 150 วัตต์และมีหัววัดแรงติดกับฐาน ส่วนที่สองทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของพื้นทดสอบในแนวนอน ประกอบด้วยฐานวางพื้นทดสอบตั้งอยู่บนรางเลื่อนซึ่งตั้งอยู่บนฐานของโครงเครื่อง ด้านล่างของฐานจะมีล้อลูกปืน 4 ชุดต่อโดยตรงกับมอเตอร์และชุดเฟืองเพื่อเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนพื้นทดสอบแนวนอน และส่วนสุดท้ายเป็นชุดติดตั้งรองเท้าหรือยางทดสอบที่ประกอบด้วย ตัวยึดหุ่นรองเท้าติดตั้งกับหัววัดแรงแนวนอนที่เคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งอย่างอิสระและต่อเชื่อมกับชุดสร้างแรงกดที่อยู่ด้านบนเครื่องที่สร้างจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของระบบวัดรวมไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์เป็นดรรชนีชี้วัด ผลการทดสอบของเครื่องพบว่าเมื่อใช้ตัวอย่างยางทดสอบมาตรฐาน Slider 96 มาทดสอบบนพื้นสแตนเลส และใช้สารละลายกลีเซอรอลเป็นสารปนเปื้อนจำนวน 30 รอบได้ค่าเฉลี่ย CTV (Calibration Test Value) เท่ากับ 0.129 และเมื่อทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนของระบบเครื่องรวมได้ค่าเท่ากับ 1.55 เปอเซ็นต์

คำสำคัญ : ค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัย , ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, การสะดุด ลื่น และหกล้ม

[1*] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1*] Department of Industrial Engineering , Faculty of Engineering and Agritechture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] Department of Industrial Engineering , Faculty of Engineering and Agritechture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : worapoch1@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop and construct a standard anti-slip shoe testing machine. ISO13287: 2012 This is a testing machine for the test center of Rajamangala University of Technology Northeastern Nakhon Ratchasima. Current testers and problems Then synthesize concepts and design the machine. Finally, the machine. The design of this shoe is controlled by a 220 volt power supply 50 Hz consists of three main parts: the first part acts as a vertical force component 500 ± 50 Newton consists of a 50 kilogram weight on a base mounted on a 3-axis vertical shaft, moving up and down with a 150-watt dc-motor attached to the base. The second part is controls the movement of the test surface horizontally. The test stand is mounted on a sliding rail located on the base of the chassis. The bottom of the base will have 4 sets of guide bush directly connected to the motor and the gear set to the power to the ground. And the last part is a set of shoes or test boots consisting of. The shoe holder is mounted to the horizontal force sensor, which vertically moves up vertically and connects to the pressure set at the top. The total error is less than 2 percent. The test results showed that when using a standard test specimen, the Slider 96 was tested on stainless steel. Glycerol solution was used as a contaminant for 30 cycles. The average CTV (Calibration Test Value) was 0.129. When calculating the tolerance of the machine, the value was 1.55 percent.

Keywords : Slip resistance of safety footwear, Coefficient of friction, Trip slip and fall

บทนำ

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการทำงานก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิต และทรัพย์สินต่อผู้ประสบเหตุผู้ประกอบการ และประเทศชาติอย่างมากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม อุบัติเหตุที่เกิดจากการลื่นล้ม หกล้ม และตกจากที่สูงจากการทำงานเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นและพบเห็นได้เสมอ จากสถิติของสำนักงานประกันสังคม (กองทุนเงินทดแทน, 2559) พบว่าตลอดปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานที่

มีสาเหตุมาจากการหกล้ม ลื่นล้ม และตกจากที่สูง ทั้งหมด 11,058 ราย ในจำนวนนี้เป็นผู้เสียชีวิต 114 ราย ทุพพลภาพ 2 ราย สูญเสียอวัยวะบางส่วน 42 ราย และหยุดงานเกินกว่า 3 วัน 4,377 ราย สูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากอุบัติเหตุจากยานพาหนะ สถิติจากสำนักงานสถิติผู้ใช้แรงงาน (Bureau of Labor Statistics,2016) รายงานว่าในปี 2016สหรัฐอเมริกามีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุการหกล้ม ลื่นล้ม และตกจากที่สูงขณะปฏิบัติงาน 849 ราย มากเป็นอันดับ ของสาเหตุการตายจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทั้งหมด องค์กรด้านความปลอดภัยในการทำงานของออสเตรเลีย(Safe work Australia,2015) รายงานว่ามีผู้เสียชีวิตจากสาเหตุหกล้ม ลื่นล้ม และตกจากที่สูง 26 ราย จากสถิติของการบาดเจ็บ ที่มาจากการลื่นและสะดุด พบว่า 86 เปอร์เซ็นต์มาจากการลื่นและสะดุด (Slip and Trip,1996) การลื่นและสะดุดมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เกิดการลื่นล้ม (Fall) ดังนั้น

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นจากการทำงานที่นำไปสู่ความเสียหายจะมาจากการลื่น การลื่นจึงเป็นปัญหาใหญ่และสำคัญ ควรนำมาพิจารณาเพื่อหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไข

เมื่อศึกษาสาเหตุของการลื่นล้มจะพบว่า การลื่นล้มมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลัก 4 ประการ(ยุทธชัย,2003) ได้แก่ ลักษณะของพื้นเดิน (Walking Surface) สภาวะของพื้นเดิน (Condition) พื้นรองเท้าที่ใส่ (Shoe Soles) และพฤติกรรมการเดิน (Walking Behavior) ค่าที่สำคัญในการวัดการลื่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ค่านี้จะได้มาจากการวัดของเครื่องที่มีต่อพื้นเดินและพื้นรองเท้า หากค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงการลื่นจะไม่เกิดในทำนองกลับกันหากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำจะทำให้เกิดการลื่นขึ้น ที่ผ่านมามีความพยามยามที่พัฒนาสร้างเครื่องมือค่าวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ที่มีความถูกต้องน่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับของสากล ตังอย่างเช่น เครื่องทดสอบความต้านทานการลื่นแบบลูกตุ้มนาพิกา (Sigler, P.A., Geib, M.N. and Boone, T.H, 1948) เครื่องบิ๊กฟุต (Andres และ Chaffin, 1985) เครื่องสลิปโปมิเตอร์ เครื่องฟิโด และเครื่องทอร์ทัส (Andres และ Chaffin, 1985) เครื่องซาตร้า (Wilson and George, 1988) เครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานควบคุมด้วยระบบไฮดรอลิค (Gronqvist et al., 1989) เครื่องพีอาร์เอสที (Redfern and Bidanda, 1994) เครื่องทดสอบของ James (Wfk-Cleaning Technology Research Institute, 2000) สำหรับประเทศไทย ได้แก่ เครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานแบบควบคุมด้วยระบบลม (เธียรศักดิ์, 2543) เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานตามมาตรฐาน ISO 13287:2007 (เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา, 2555) จะพบว่าเครื่องวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่สร้างจะมีความหลากหลายของรูปแบบและวิธีการวัด เพราะหลายประเทศ เช่น อเมริการ อังกฤษ เยอรมัน ฯลฯ มีการกำหนดมาตรฐานและวิธีการวัดค่าที่แตกต่างกัน ทำให้สำนักงานมาตรฐานนานาชาติต้องเข้ามามีบทบาทตั้งเป็นวิธีการและการวัดกลางสำหรับการวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นรองเท้านิรภัยคือ ISO 13287:2004 ปัจจุบันได้ปรับปรุงพัฒนาเพื่อให้ถูกต้องเป็นที่ยอมรับ คือมาตรฐาน ISO 13287:2012 ผู้วิจัยได้เคยเป็นผู้ช่วยวิจัยของเฉลิมเกียรติ ศรีศิลา และได้เคยทดลองใช้เครื่องที่สร้างขึ้นตามมาตรฐาน ISO 13287:2007 ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดของเครื่องหากนำมาใช้ ประกอบด้วย 1.เครื่องมีเสียงดังขณะใช้งาน 2.มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายลำบาก 3.ใช้ระบบลมร่วมกับไฟฟ้า ทำให้อุปกรณ์มีราคาแพงและไม่สะดวกในการใช้งานนอกสถานที่ 4.ระบบการวัดมีน้อยจุดทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนได้ง่าย และ5. มีการเปลี่ยนมาตรฐาน จาก ISO 13287:2007 เป็น ISO13287:2012 ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนเงื่อนไขในการทดสอบ

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวและเกิดการกระตุ้นหน่วยงานผู้รับผิดชอบให้เล็งเห็นประโยชน์ของผู้บริโภคในการกำหนดค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยกับผู้ผลิตซึ่งปัจจุบันประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานของค่าต้านการลื่นไว้ ดังนั้นผู้วิจัย จึงเสนอโครงงานวิจัยออกแบบ พัฒนา และสร้างเครื่องทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานหรือค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัย ตามมาตรฐานISO13287:2012 โดยมีขอบเขตดำเนินงานคือ เครื่องทดสอบต้องสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานหรือค่าต้านการลื่นของพื้นรองเท้านิรภัยได้ตรงตามมาตรฐานการทดสอบ ISO13287:2012 โดยมีค่าของความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดไม่เกิน 2 เปอร์เซนต์ เป็นดรรชนีชี้วัด

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การลื่นระหว่างการเดิน

การลื่น หมายถึง การเสียการทรงตัวของเท้าในทันทีเป็นผลมาจากสิ่งที่ไม่ได้คาดหวังและไม่สามารถควบคุมการไถลของเท้าได้ การลื่นมักจะทำให้เกิดอุบัติเหตุและผลร้ายอื่นๆ ตามมาหากผู้ลื่นไม่สามารถทำการทรงตัวได้ (Manning,1983)

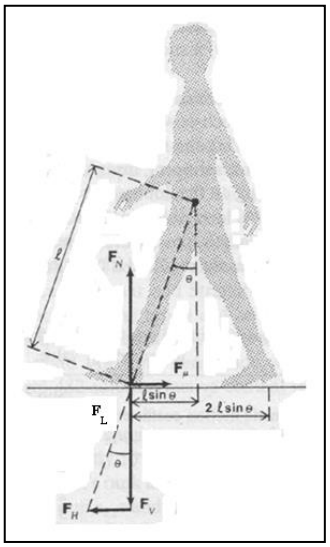
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction)

ในทางกลศาสตร์แล้วแรงจะมีความสัมพันธ์กับการลื่น จะเห็นว่าในขณะที่เท้าสัมผัสกับพื้นเดินจะทำให้เกิดกระทำ 3 แนวแรงด้วยกัน (Perkins, 1978) คือ แรงในแนวดิ่ง (F_V) แรงในแนวราบ (F_H) และ แรงกดของเท้าที่กระทำต่อพื้น (F_L)

2.2.1 การหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในขณะที่เดิน Meglan et al., (1994) สรุปว่าขณะที่มนุษย์มีการเคลื่อนไหว แรงที่ควบคุมโดยระบบกล้ามเนื้อจะกระทำต่อพื้นเดินจากเท้าในขณะเดียวกันย่อมมีแรงปฏิกิริยากระทำต่อเท้าเช่นกัน การเดินเป็นการสัมผัสพื้นเพียงเท้าเดียว ดังนั้นแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อเท้าเดียวมีผลต่อการเคลื่อนไหวของจุดศูนย์กลางมวลของร่างกาย แรงปฏิกิริยาจากพื้นแบ่งเป็นแรงปฏิกิริยาแนวดิ่ง (Vertical Force-F_V) ในทิศขึ้น และแรงเฉือนแนวระนาบ 2 แรง (ระนาบหน้า/หลัง และระนาบซ้าย/ขวา) Perkins (1978) ได้ทำการวัดแรงกระทำที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นเดินกับเท้าช่วงเวลาการเดินปกติ พบว่าแรงจะมีความสัมพันธ์กับมุมระหว่างขาและเส้นในแนวดิ่ง (θ) ดังแสดงในภาพที่ 1

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นเส้นแนวแรง (F_H, F_V, F_L) เมื่อมีการปรับเท้าระหว่างส้นเท้าสัมผัสในการเดินปกติ โดยที่ F_L คือแรงที่เมื่อเท้าลงสู่พื้นสามารถแตกออกเป็น 2 แนวแรงตามมุมที่แสดงในภาพที่ 1 จะสามารถหาแรงที่เกิดขึ้นในแนวดิ่ง (F_V) และแรงที่เกิดขึ้นในแนวระนาบ (F_H) ได้ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction, COF) คือ แรงในแนวระนาบที่มีการเคลื่อนไหวหารด้วยแรงในแนวดิ่ง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน สามารถหาได้จากสมการที่ (3)



ภาพที่ 1 แสดงเวคเตอร์ของแรงที่กระทำระหว่างพื้นเมื่อส้นเท้าสัมผัสกับพื้นเดิน (Perkins,1978)

$$F_V = F_L \cos\theta \quad (1)$$

$$F_H = F_L \sin\theta \quad (2)$$

เมื่อ

F_L คือ แรงกดของเท้าที่กระทำต่อพื้น (นิวตัน)

F_V คือ แรงในแนวดิ่งของเท้าที่กระทำต่อพื้น (นิวตัน)

F_H คือ แรงในแนวระนาบของเท้าที่กระทำต่อพื้น (นิวตัน)

$$\text{Coefficient of Friction (COF)} = F_H / F_V$$
$$= F_L \sin\theta / F_L \cos\theta$$
$$= \tan\theta \quad (3)$$

หากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่เดินมีค่ามากกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างพื้นเดินกับพื้นรองเท้าจะเกิดการลื่นล้ม

2.2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ทำให้เกิดความปลอดภัย งานวิจัยหลายชิ้นได้สรุปความเกี่ยวข้องของการลื่นล้มกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ได้แก่ Strandberg & Lanshammar (1981) กล่าวว่า ในระหว่างที่เดินถ้าจะให้ปลอดภัยจากการลื่นล้ม ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานควรจะมีค่ามากกว่า 0.3 หน่วยงานด้านความปลอดภัยและสุขภาพในการทำงาน (Occupational Safety and Health Administration,2008) ได้สรุปและแนะนำว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในระหว่างการเดิน ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.5 นอกจากนี้คณะกรรมการดูแลสิ่งอำนวยความสะดวกและปัญหาด้านสถาปัตยกรรมและการขนส่งของสหราชอาณาจักร (The Architectural and Transportation Barriers Compliance Board,2008) ได้วิจัยและสรุปว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเดินกับพื้นรองเท้า ควรมีค่าไม่น้อยกว่า 0.6 สำหรับทางเดินทั่วไป และมีค่าอย่างน้อย 0.8 สำหรับทางเดินที่เป็นบันไดหรือทางลาดชัน

2.3 มาตรฐาน ISO 13287:2012 สำหรับทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรองเท้านิรภัย

ในมาตรฐาน ISO13287:2007 และ มาตรฐาน ISO 13287:2012 ได้กำหนดคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นไว้ดังนี้

2.3.1 ค่าแรงกดทดสอบของรองเท้านิรภัยคือ 500 ± 25 นิวตัน

2.3.2 ความเร็วในการลื่นไถลของพื้นรองเท้าหรือยางทดสอบ 0.3 ± 0.03 เมตรต่อวินาที

2.3.3 พื้นเดินทดสอบเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมมีค่าความหยาบเฉลี่ย (R_Z) อยู่ระหว่าง 1.6 - 2.5 ไมโครเมตร

2.3.4 การทดสอบแบบส้นรองเท้าลื่นไถลไปข้างหน้า (Forward Heel Slip) กำหนดให้มีมุมระหว่างส้นของรองเท้านิรภัยหรือยางทดสอบกับพื้นเดินทดสอบมีค่า 7 ± 0.5 องศา

2.3.5 เวลาในการเพิ่มของแรงกดจากแรงเริ่มต้น 50 นิวตัน ไปจนถึงแรงกดทดสอบ 500 นิวตันต้องมีค่าเวลาไม่เกิน 1 วินาที และพื้นเดินทดสอบต้องเคลื่อนที่ในเวลาไม่เกิน 0.3 วินาที หลังจากได้รับแรงกดทดสอบที่กำหนด ซึ่งใน ISO13287:2007 ไม่ได้กำหนดไว้

2.3.6 ค่าแรงเสียดทานหรือค่าต้านการลื่นเฉลี่ยจะถูกวัดและคำนวนระหว่างช่วงเวลา 0.3 - 0.6 วินาที หลังจากที่มีแรงเสียดทานหรือมีการลื่นไถล โดยกำหนดให้แสดงผลเฉลี่ยของค่าต้านการลื่นด้วยทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2.3.7 สารที่ใช้เป็นสิ่งสกปรกที่พื้นเดินต้องมีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร

2.3.8 ระบบวัดค่าแรงของเครื่องทดสอบจะต้องมีค่าผิดพลาดไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์

2.3.9 มาตรฐาน ISO 13287:2012 จะใช้การทดสอบความถูกต้องของเครื่องทดสอบด้วยยางทดสอบมาตรฐาน Slider 96 แทนการคำนวณค่าความไม่แน่นอนในการวัด ที่เคยใช้ในมาตรฐาน ISO13287:2007 โดยกำหนดให้ค่าที่ได้จากการทดสอบมีค่าตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าต้านการลื่นมาตรฐานของของรองเท้านิรภัยในการทดสอบด้วยลักษณะต่างๆ

แบบ	ลักษณะทดสอบ	พื้นทดสอบ	สานปนเปื้อน	ค่าต้านการลื่น
A	Forward Heel Slip	เซอรามิค	สารละลายผงฟอง	$\geq$ 0.28
B	Forward Flat Slip			$\geq$ 0.32
C	Forward Heel Slip	สแตนเลส	สารละลายกลีเซอรอล	$\geq$ 0.13
D	Forward Flat Slip			$\geq$ 0.18

2.4 กำลังมอเตอร์

กำลังของมอเตอร์โดยทั่วไปจะใช้การหาจากสมการที่ (4) และสมการที่ (5)

$$\tau = F \times r \tag{4}$$

$$P = \frac{\tau \times 2 \times \pi \times n}{60} \tag{5}$$

เมื่อ

τ คือ ค่าแรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตัน-เมตร

F คือ ค่าแรงหรือภาระที่มอเตอร์ต้องกระทำ มีหน่วยเป็น นิวตัน

r คือ ค่ารัศมีของเพลามอเตอร์หรือขนาดเฟือง มีหน่วยเป็นเมตร

P คือ ค่ากำลังของมอเตอร์ มีหน่วยเป็น วัตต์

n คือ ค่าความเร็วรอบ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาท

π คือ ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 3.1416

2.4 การหาค่าผิดพลาดในระบบวัดและค่าคลาดเคลื่อนของเครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบที่สร้างเสร็จจะถูกต้องหาค่าความผิดพลาดของระบบวัดตามสมการที่ (6)

$$\text{ค่าผิดพลาดของระบบวัด} = \sqrt{F_V^2+F_{H1}^2+F_{H2}^2} \quad (6)$$

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 Perkins (1978) ได้ทำการศึกษาแรง และแสดงให้ทราบถึงจุดที่เกิดของแรง เขาอธิบายว่าแรงในแนวนอนหารด้วยแรงในแนวดิ่งในขณะที่ส้นของเท้าหรือรองเท้าสัมผัสพื้นเดินนั้นจะมีค่าเท่ากับ 0.28 สำหรับการก้าวเดินปกติ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction) ที่ต้องการเพื่อความปลอดภัยจากการลื่นได้มีการแนะนำค่าไว้ที่ 0.28 เป็นอย่างต่ำที่สุด

2.6.2 เธียรศักดิ์ (2543) ได้ทำการทดลองวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยให้ผู้ทดสอบทดลองเดินบนพื้นเดิน 3 อย่าง คือ พื้นสแตนเลส พื้นหินอ่อน และพื้นซีเมนต์ ในสภาพพื้นเดิน 4 สภาพ คือ แห้ง เปียกน้ำ เปียกน้ำสบู่ และชโลมน้ำมันเครื่อง ใช้รองเท้าทดสอบ 2 ชนิด คือพีวีซีและยาง ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนชี้ให้เห็นว่าปัจจัยทั้งหมด ได้แก่ ค่าที่ตั้งของเครื่องทดสอบ รองเท้า พื้น และสภาพพื้นเดิน มีผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์ความเสียดทานอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.05$) และได้สรุปว่า ในกรณีที่สภาพพื้นแห้ง ทั้งรองเท้าพื้นพีวีซีและพื้นยางให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูง โดยรองเท้าพื้นยางจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงกว่าสำหรับทุกๆ พื้นเดิน และกรณีสภาพพื้นเปียกน้ำรองเท้าพีวีซีให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ต่ำแต่รองเท้าพื้นยางยังคงให้ค่าที่สูง และในสภาพพื้นเดินที่ชโลมน้ำมัน จะไม่มีรองเท้าชนิดใดที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ปลอดภัยในการเดิน

2.6.3 นิธิพงศ์ (2549) ได้วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเดินและพื้นรองเท้าในสภาวะของพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบสำรวจจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า พื้นรองเท้าที่นิยมใช้มากที่สุด 3 ประเภท คือ พื้นยางอ่อน พื้นยางแข็งและพื้นพีวีซี และพื้นเดินที่นิยมใช้มากที่สุด 3 ประเภท คือ พื้นปูนขัด พื้นหินขัด และ พื้นกระเบื้อง ผลการทดลองสรุปได้ว่า พื้นเดินปูนขัด ถ้าสภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางแข็งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด หากสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นยางอ่อนให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และสภาวะเปื้อนน้ำมัน รองเท้าพื้นพีวีซีจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด ถ้าพื้นเดินหินขัด ถ้าสภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางแข็งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด แต่ถ้าสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นพีวีซีให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และในสภาวะเปื้อนน้ำมันรองเท้าพื้นพีวีซี

จะให้ค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และพื้นเดินกระเบื้อง กรณีที่สภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางอ่อนจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด แต่ถ้าสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นยางอ่อนให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และถ้าสภาวะเปื้อนน้ำมันรองเท้าพื้นพีวีซีจะให้ค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด

2.6.4 Kurt et al., (2007) ได้ศึกษาพารามิเตอร์ของการลื่นได้แก่ ความเร็ว แรง และมุมเท้าโดยใช้กลีเซรอลเป็นสภาวะพื้น พบว่า ความเร็ว แรง และมุมเท้า มีผลทำให้ COF ลดลง เมื่อทั้งสามอย่างเพิ่มขึ้น การทดรองใช้รองเท้าที่ผลิตจากพอลิไวนิลคลอไรด์ และการทดสอบจะใช้หุ่นยนต์ทางด้านอุตสาหกรรมที่ให้น้ำหนักที่แนวดิ่งที่สูงและมีความเร็วค่อนข้างสูงแรงปฏิกิริยาถูกวัดด้วย Load

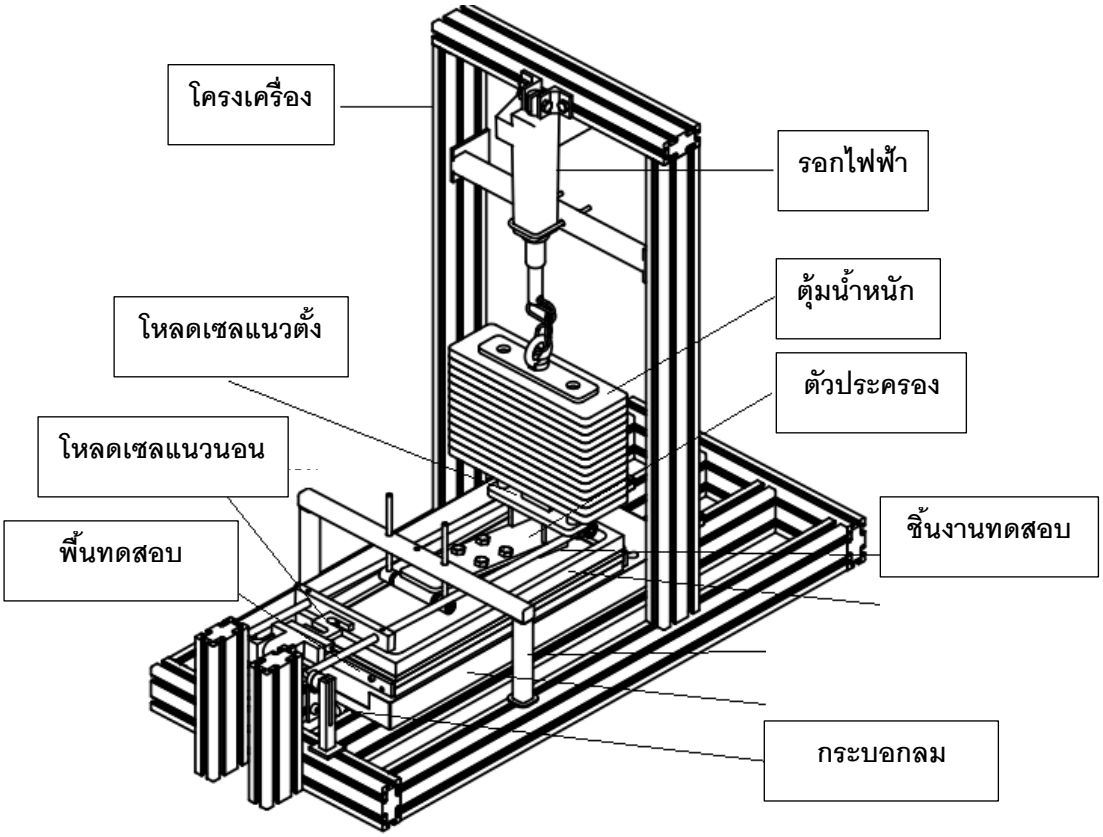
2.6.5 Finnish institute of Occupational Health (2008) ได้เผยแพร่ข้อมูลการทดสอบของรองเท้าของลูกค้าโดยมาตรฐานนานาชาติ ISO 13287:2007 ผลการทดสอบได้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเท่ากับ 0.21 เมื่อใช้วิธีการทดสอบแบบ SRA และเมื่อใช้วิธีการทดสอบแบบ SRB ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเท่ากับ 0.17

2.6.6 Daniel et al., (2008) ได้ทำการศึกษาการลื่นระหว่างการเดินในสภาวะพื้นต่างกัน พบว่า หัวรองเท้าที่ใหญ่และการลงส้นที่เบาคือกลยุทธ์ที่เหมาะสมสำหรับพื้นผิวที่ลื่น

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหา

ประเทศไทยมีงานค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรองเท้านิรภัยและมีการสร้างเครื่องทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรองเท้านิรภัยหรือวัสดุที่ใช้ทำพื้นรองเท้านิรภัย โดยมีการพัฒนาอย่างจริงจัง คือครั้งแรกในปี 2543 โดยเธียรศักดิ์(เธียรศักดิ์,2543) เมื่อมีมาตรฐาน ISO 13287 สำหรับทดสอบรองเท้านิรภัย ได้มีการพัฒนาเครื่องโดยนิธิพงศ์ (นิธิพงศ์,2549) และล่าสุดได้มีการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้กับ มาตรฐาน ISO 13287:2007 (เฉลิมเกียรติ,2555) แต่ปัจจุบันมาตรฐานได้พัฒนาไปจนถึง มาตรฐานISO 13287:2012 ผู้วิจัยได้เข้าศึกษาเครื่องที่มีอยู่เดิมของเฉลิมเกียรติ ศรีศิลา ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือดังภาพที่ 2 พบปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานประกอบด้วย



ภาพที่ 2 เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของเฉลิมเกียรติ

3.1.1 เครื่องทดสอบนี้ไม่สามารถใช้ทดสอบรองเท้านิรภัยได้ใช้ทดสอบได้เฉพาะชิ้นงานทดสอบเท่านั้น

3.1.2 ขณะทดสอบชุดน้ำหนักกด 500 นิวตันจะกดลงบนชิ้นงานทดสอบผ่าน loadcell แนวตั้งโดยไม่มีอุปกรณ์ยึดจึงมีการโยกไปมาของชุดน้ำหนัก ค่าแรงกดจึงไม่คงที่

3.1.3 เครื่องทดสอบใช้กระบอกลมในการดันพื้นทดสอบให้เคลื่อนที่จึงมีเสียงดังเมื่อกระบอกลมเคลื่อนที่จนสุดหรือขณะกระบอกลมถูกดึงกลับบางครั้งทำให้ตัวเครื่องมีการขยับจากจุดวางเครื่องเดิม และเมื่อทดสอบไปสักระยะ ปั๊มลมจะทำงานเสียงจะดังเพิ่มขึ้น

3.1.4 ขณะพื้นเดินเคลื่อนที่ สังเกตเห็นว่า ชุดยึดชิ้นงานทดสอบมีการขยับไปทางซ้ายหรือขวาได้ ดังนั้นแรงแนวนอนที่วัดด้วย Loadcell แนวนอน จึงมีค่าคลาดเคลื่อน

3.1.5 เมื่อใช้เครื่องทดสอบเป็นเวลานานๆ จะต้องตรวจสอบจุดต่อต่างๆของอลูมิเนียมโปรไฟล์เนื่องจากมีการหลวมของอุปกรณ์ยึด

3.1.6 ระบบมีทั้งไฟฟ้าและลม ผู้ใช้ต้องมีการตรวจสอบหลายขั้นตอน ทำให้เกิดความสับสนได้

3.1.7 ระบบการวัดไม่เสถียร จำเป็นต้องปรับค่าเมื่อวัดเสร็จ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัด

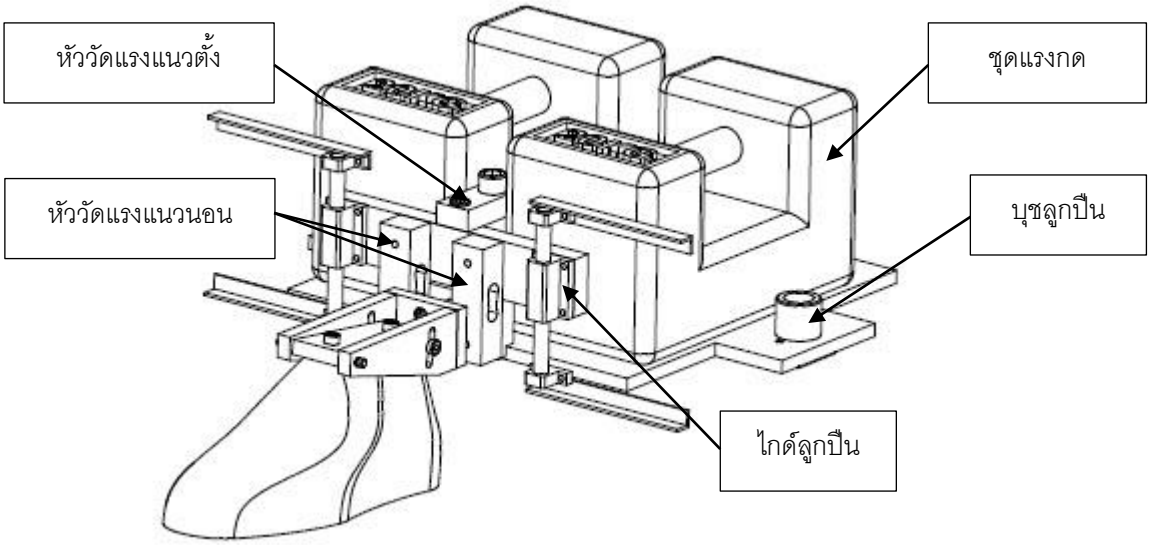
3.2 ศึกษาทฤษฎีและเงื่อนไขการออกแบบ และสร้างเครื่องทดสอบตามมาตรฐาน ISO 13287:2012การศึกษาประกอบด้วยเงื่อนไขการออกแบบ ทฤษฎีการออกแบบ และการทดสอบประเมินความผิดพลาดของเครื่อง

3.3 การออกแบบและสร้างเครื่อง

จากปัญหาที่พบในเครื่องของเฉลิมเกียรติ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องให้เป็นระบบที่ใช้ไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว และกำหนดให้มีรายละเอียด คือ

3.3.1 ส่วนโครงสร้างของเครื่องเลือกใช้อลูมิเนียมโปไฟล์ ขนาด 45×90 มิลลิเมตร จากเดิมที่มีขนาด40×80 มิลลิเมตร เพื่อให้โครงสร้างเครื่องมีความแข็งแรงขึ้น

3.3.2 ส่วนสร้างแรงกดแนวตั้ง โดยใช้ก้อนน้ำหนักวางบนฐานเหล็กที่มีบุชลูกปืน 3 ชุดบังคับให้เคลื่อนที่ขึ้นลงเฉพาะแนวตั้งเท่านั้น ชุดน้ำหนักนี้จะสร้างแรงกดผ่านหัววัดแรงแนวตั้งที่ติดอยู่ที่ฐานเป็นแรงไปกดชุดยึดรองเท้าทดสอบที่อยู่ด้านหน้า ซึ่งติดอยู่หัววัดแรงแนวนอน 2 ตัวเพื่อป้องกันการขยับไปซ้ายหรือขวาของรองเท้าทดสอบ น้ำหนักรวมทั้งหมดจะถูกสอบเทียบและะปรับค่าเพื่อให้ได้แรงกด 500 นิวตัน ชุดรองเท้าทดสอบนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างอิสระด้วยไกด์ลูกปืนที่ติดอยู่ทั้ง 2 ด้านตามรูปที่ 3



ภาพที่ 3 ชุดแรงกด กับชุดยึดรองเท้า พร้อมหัววัดแรงแนวตั้งและแนวนอน

ชุดแรงกดแนวตั้งและชุดรองเท้าจะถูกยกและวางด้วยมอเตอร์ดีซีและสกรูลูกปืน โดยมอเตอร์มีการคำนวนตามสมการที่ 4 หาค่าแรงบิด (τ)

$$\tau = F \times r$$

เมื่อ F คือ แรงที่กระทำมีค่าเท่ากับ 500 นิวตัน

r คือ รัศมีของเพลามอเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.005 เมตร

แทนค่าในสมการที่ 4 $\tau = 500 \text{ X } .005$

$= 2.5 \text{ N-m}$

และจากสมการที่ 5 หาค่ากำลังของมอเตอร์ (P)

$$P = \frac{\tau \text{ x } 2 \text{ x } \pi \text{ x } n}{60}$$

เมื่อ τ คือค่าแรงบิดที่คำนวณได้จากสมการที่ 4

n คือความเร็วมอเตอร์ที่จะใช้งาน มีค่าเท่ากับ 130 รอบต่อนาที

แทนค่าในสมการที่ 5 $P = \frac{2.5 \text{ x } 2 \text{ x } 3.1416 \text{ x } 130}{60}$

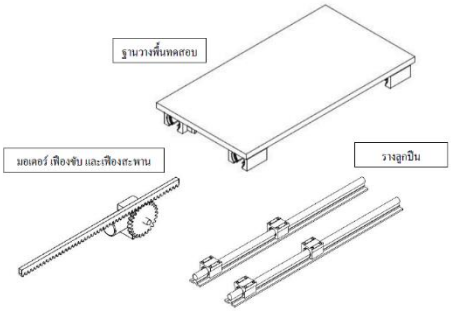
$= 34.034$ วัตต์

ดังนันจากสมการที่ (4) และ (5) จะต้องใช้มอเตอร์ที่มีกำลังขับอย่างน้อย 34.034 วัตต์ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้มอเตอร์ดีซีขนาด 120 วัตต์ที่มีขายทั่วไป

3.3.3 ระบบการเคลื่อนที่พื้นทดสอบแนวนอน ความเร็ว 0.3 ± 0.03 เมตรต่อวินาที ประกอบด้วย

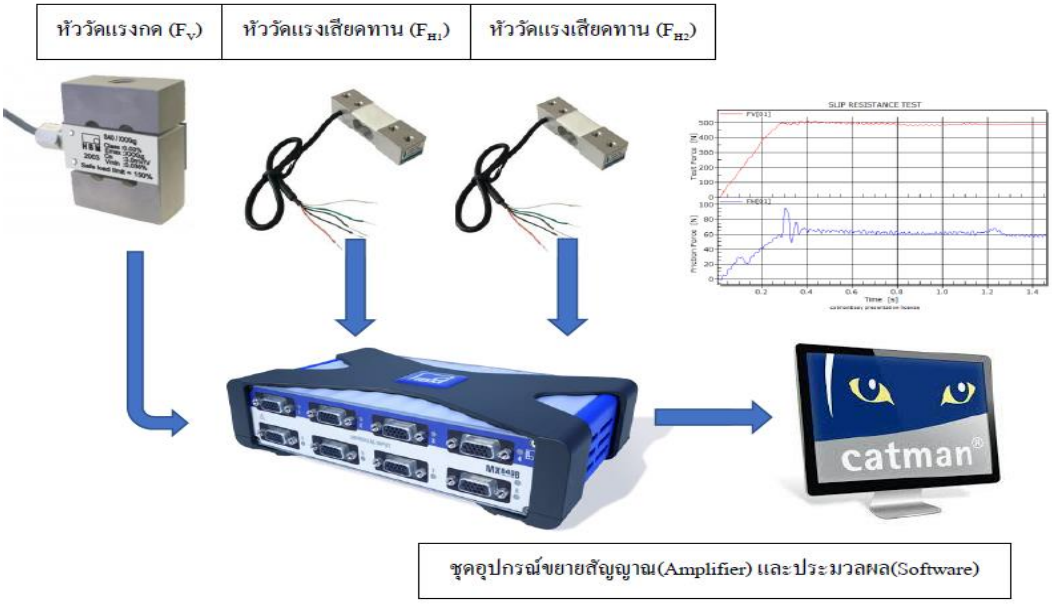
1. มอเตอร์ดีซีที่คำนวนค่าแบบเดียวกับมอเตอร์ของชุดยกแรงกดทดสอบ แต่ให้มีแกนมอเตอร์อยู่ในแนวตั้งฉาก และมีความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที

2. เฟืองขับและเฟืองสะพานส่งกำลังของพื้นทดสอบทำหน้าที่เปลี่ยนความเร็วเชิงมุมจากมอเตอร์เป็นความเร็วเชิงเส้น โดยเฟืองสะพานจะติดอยู่ใต้พื้นทดสอบ ที่วางอยู่บนบล็อกลูกปืนและรางลื่อนตามภาพที่ 4 และมีวงจรควบคุมความเร็วปรับความเร็วของมอเตอร์ให้พื้นทดสอบได้ความเร็วเชิงเส้น 0.3 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ 4 ส่วนขับเคลื่อนพื้นทดสอบความเร็ว 300 ± 30 มิลลิเมตรต่อวินาที

3.3.4 ส่วนวัดค่าแรง และประมวลผล จะประกอบด้วย หัววัดแรงกดทดสอบแนวตั้ง จำนวน 1 หัววัด และหัววัดแรงเสียดทานแนวนอน จำนวน 2 หัววัด ต่อกับเครื่องขยายสัญญาณของหัววัดแรงทั้ง 3 หัววัด โดยระบบวัดค่าแรงและเครื่องขยายสัญญานดังภาพที่ 5 จะทำหน้าที่วัดค่าแรงกดและแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะทดสอบและส่งต่อให้ชุดประมวลผลคำนวนค่าต้านการลื่นจากสมการที่ 3



ภาพที่ 5 ส่วนวัดและประมวลผลค่าแรงของเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่น

3.3.5 ส่วนควบคุมเครื่องทดสอบ จะประกอบด้วยวงจร 2 ส่วน คือส่วนควบคุม (Control side) และส่วนไฟฟ้ากำลัง (Power side) บรรจุภายในกล่องควบคุมซึ่งกำหนดขั้นตอนการทำงานของส่วนควบคุมเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นดังนี้

- เปิดสวิทช์จ่ายไฟเข้าเครื่อง
- บิดสวิทช์โหมดมาที่ตำแหน่ง TEST สังเกตุไฟสีเขียวจะติด
- กดปุ่มสีเขียวมอเตอร์จะเริ่มหมุน ชุดแรงกดทดสอบจะเคลื่อนที่มากดรองเท้า

- เมื่อส้นรองเท้าแตะพื้นทดสอบ พื้นทดสอบจะเคลื่อนที่จนสุดพร้อมกับน้ำหนักกดทดสอบจะหยุด

- บิดสวิทช์โหมดมาที่ตำแหน่ง SET สังเกตุไฟสีแดงจะติด

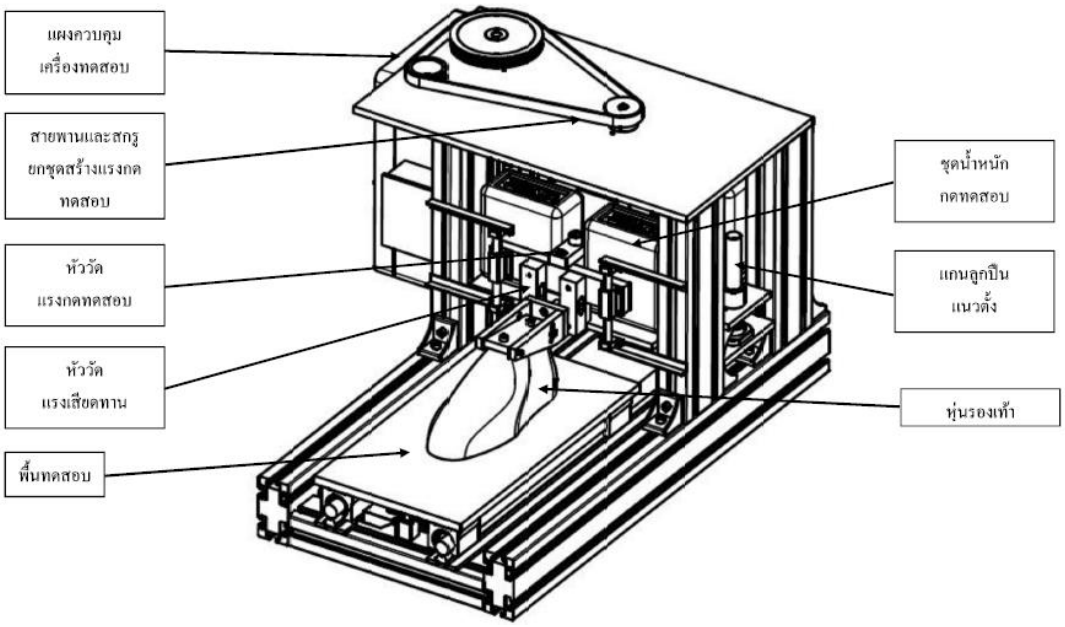
- กดปุ่มสีแดงมอเตอร์จะเริ่มหมุน ชุดน้ำหนักกดทดสอบจะเคลื่อนที่ขึ้นจนสุด

- เมื่อน้ำหนักกดทดสอบเคลื่อนที่ขึ้นจนสุดพื้นทดสอบจะเคลื่อนที่กลับที่เดิม

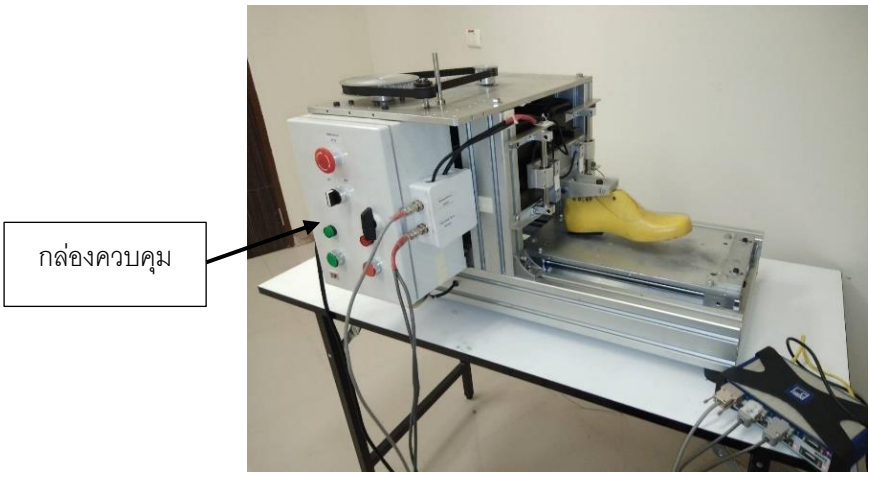
- เมื่อพื้นทดสอบเคลื่อนที่กลับที่เดิมจนสุด พื้นทดสอบจะหยุดเคลื่อนที่

- บิดสวิทช์โหมดมาที่จุดกึ่งกลางจบการทำงาน

เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นที่ออกแบบเรียบร้อยจะมีลักษณะตามภาพที่ 6 และเครื่องที่สร้างเสร็จจะมีลักษณะตามภาพที่ 7



ภาพที่ 6 เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นที่ออกแบบเรียบร้อย



ภาพที่ 7 เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นที่สร้างเสร็จ

วิธีการทดลอง

เมื่อสร้างเครื่องเสร็จ ผู้วิจัยกำหนดให้ทำการทดลอง ดังนี้

4.1 ทำการสอบเทียบหัววัดแรงพร้อมชุดขยายสัญญาณทั้ง 3 ตัว คือแนวตั้ง 1 ตัว และแนวนอน 2 ตัว โดยห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ที่ได้รับการรับรองได้ผลการสอบเทียบตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบหัววัดแรงพร้อมอุปกรณ์ขยายสัญญาณ

หัววัดแรง	F_V	F_{H1}	F_{H2}
ค่าผิดพลาด (%)	0.17	0.22	0.22

นำค่าผิดพลาดที่ได้จากการสอบเทียบในตารางที่ 2 ไปคำนวณหาค่าความผิดพลาดรวมของระบบวัดแรงตามสมการที่ (6)

$$\text{ค่าผิดพลาดของระบบวัด} = \sqrt{F_V^2+F_{H1}^2+F_{H2}^2}$$

เมื่อ F_V ค่าผิดพลาดของหัววัดแรงแนวตั้ง

F_{H1} ค่าผิดพลาดของหัววัดแรงแนวนอนตัวที่ 1

F_{H2} ค่าผิดพลาดของหัววัดแรงแนวนอนตัวที่ 2

$$\text{ค่าผิดพลาดของระบบวัด} = \sqrt{0.17^2+0.22^2+0.22^2}$$

$$= 0.35 \text{ เปอร์เซนต์}$$

4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องด้วยยางมาตรฐาน Slider 96 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพของเครื่อง โดยกำหนดเงื่อนไขการทดสอบตามวิธี Forward Heel Slip พื้นเดินสแตนเลส สารปนเปื้อน สารละลายกลีเซอรอล วิธีการทดสอบตามหัวข้อที่ 3.3.5 ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 30 รอบ บันทึกค่าในตารางที่ 3

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

5.1 ผลการทดสอบเครื่องด้วยยางมาตรฐาน Slider 96 ปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าต้านการลื่นของยางมาตรฐาน Slider 96

X(i)	CoF	X(i)	CoF	X(i)	CoF	X(i)	CoF	X(i)	CoF	X(i)	CoF
1	0.130	6	0.132	11	0.130	16	0.127	21	0.129	26	0.129
2	0.130	7	0.128	12	0.128	17	0.130	22	0.131	27	0.130
3	0.130	8	0.129	13	0.130	18	0.130	23	0.127	28	0.127
4	0.132	9	0.130	14	0.131	19	0.127	24	0.130	29	0.130
5	0.131	10	0.128	15	0.129	20	0.128	25	0.128	30	0.128
ค่าเฉลี่ยของการวัด ($\bar{X}$)				0.130		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)				0.001	

จากตารางที่ 3 พบว่าค่าต้านการลื่นของยางมาตรฐาน Slider 96 ที่นำมาทดสอบ 30 รอบตามตารางที่ 2 เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยจะได้ผลของค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.130

เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยที่สร้างขึ้นนี้มีต้นทุนในการสร้างทั้งสิ้น 172,600 บาทตามข้อมูลในตารางที่ 4 ขณะที่เครื่องที่มีวางจำหน่ายทั่วไปจะมีมูลค่าประมาณ 45,000 – 50,000 ดอลล่าสหรัฐ (ประมาณ 1,600,000 บาท)

ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องทดสอบ

รายการ	จำนวน	ราคา
อลูมิเนียมโปรไฟล์ 45X 90 มิลลิเมตร ยาว 4 เมตรพร้อมอุปกรณ์ประกอบ	1 ชุด	7,500
อุปกรณ์วัดและควบคุมทางไฟฟ้า	1 ชุด	128,000
อุปกรณ์ควบคุมทางกล	1 ชุด	16,600
ยางทดสอบมาตรฐาน Slider 96	1 ชุด	10,500
ค่าดำเนินการประกอบเครื่อง	1 ชุด	20,000
มูลค่ารวม (บาท)		**172,600**

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบได้ตรงตามมาตรฐาน ISO 13287:2012

2. ค่าผิดพลาดของระบบวัดแรงที่คำนวณได้คือ 0.35 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ที่เป็นดรรชนีชี้วัด

3. ในการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องด้วยยาง slider 96 จำนวน30 ครั้งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.13 ตรงตามมาตรฐานและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .001

4. เครื่องทดสอบนี้สามารถนำไปใช้ทดสอบหาค่าต้านการลื่นของรองเท้าประเภทอื่นๆได้เช่น รองเท้ากีฬา รองเท้าสำหรับผู้ป่วย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ ศรีศิลาที่ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ บริษัทอินโทรเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัดที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของห้องปฏิบัติการด้านแรง บริษัท อินโทร ที เอส ซี จำกัด ที่ได้สนับสนุนด้านการสอบเทียบอุปกรณ์วัดค่าแรงของเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่น

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา การออกแบบและสร้างเครื่องวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานตามมาตรฐาน ISO 13287:2007 และการวิเคราะห์หาวัสดุพื้นรองเท้าที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงขึ้น วิทยานิพนธ์ ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2554

เธียรศักดิ์ ชูชีพ. การพัฒนาและประยุกต์ใช้เครื่องวัดสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2543.

นิธิพงศ์ วิลัยพันธ์ 2549 การศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเดินและพื้นรองเท้า ภายใต้สภาวะพื้นผิวที่แตกต่างกัน วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

รายงานผลการดำเนินงานกองทุนเงินทดแทน. 2559 กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ

Andres, R.O. and Chaffin, D.B. 1985 “Ergonomic analysis of slip-resistance measurement devices.”Journal of Ergonomics.

Fong,D.T,Mao, D.W, Li, J.X, Hong, Y “Workplace Injury and Illness Summary”.Bureau of Labor Statistics, 2016

Gronvist, R., et al.1989 “An apparatus and a method for determining the slip resistance of shoes and floors by simulation of human foot motions.” Journal of Ergonomics. : 32

ISO 13287:2012 Personal protective equipment footwear–Test method for slip resistance.

Lex hoy, Safe work australia annual report 2015

Occupational Safety and Health Administration. Report Annual. 2008

Redfern, M.S. and Bidanda, B. 1994 “Slip Resistance of the Shoe Floor Interface under Biomechanically Relevant Conditions.” Journal of Ergonomics. : 37

Sigler, P.A., Geib, M.N. and Boone, T.H. 1948 “Measurement of the slipperiness of walkway surfaces.”Journal of Research of the National Bureau of Standards. : 40

Slip and Trips: Summary guidance for the catering industry **“ Catering Information Sheet No. 6”** . Health and safety indication, 1996

Strandberg L.and Lanshammar H.1981“The Dynamics of Slipping Accidents.” Journal of Occupational Accidents

Strandberg, L.1983 “Ergonomics applied to slipping accidents.” Ergonomics of Workstation Design Butter-worth, London

The Architectural and Transportation Barriers Compliance Board, Annual Report–Statistics. 2008

Wfk-Cleaning Technology Research Institute 2000

Wilson, M.P. and George, M.1988 “Slip resistance footwear.”Journal of Satra Bulletin.

ค่าต้านการลื่นเฉลี่ยสำหรับรองเท้านิรภัยในประเทศไทย โดยเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นตามมาตรฐาน ISO13287:2012

Average of Slip Resistance Value for Safety footwear in Thailand By Slip Resistance Tester According to ISO13287:2012

วรพจน์ หมีงาม[1]และ เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา[2]

Worapoch Hme-Ngam[1]and Chalearmkiet Srisila[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าต้านการลื่นเฉลี่ยของรองเท้านิรภัยที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยด้วยเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นตามมาตรฐาน ISO13287:2012 ที่ได้สร้างขึ้น เพื่อใช้เป็นค่ามาตรฐานของรองเท้านิรภัยเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหา การเลือกรองเท้านิรภัยที่จะนำมาทดสอบ และทดสอบหาค่าต้านการลื่น จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีโรงงานผลิตรองเท้า หรือชิ้นส่วนของรองเท้าทั้งสิ้น 430 โรง แต่เป็นโรงงานที่ผลิตเฉพาะรองเท้านิรภัยเพียงอย่างเดียว 12 โรงงาน และจากการทำแบบสอบถามไปยังโรงงานที่มีการซื้อรองเท้านิรภัยให้ผู้ปฏิบัติงานใช้พบว่าระดับราคาของรองเท้านิรภัยที่โรงงานจะซื้ออยู่ที่ไม่เกิน 900 บาท และเมื่อสืบค้นข้อมูลจาก websiteในหมวดรองเท้านิรภัยที่มีราคาไม่เกิน 900 บาททั้งที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจะมีทั้งหมด 35 รุ่นแต่เมื่อดูลักษณะของพื้นรองเท้าจะมีความแตกต่างกันอยู่ 18 รูปแบบเนื่องจากรองเท้านิรภัยที่ผลิตจากโรงงานเดียวกันในระดับราคาใกล้เคียงกันจะพบว่ามีการใช้พื้นรองเท้าเหมือนกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกรองเท้าในระดับราคาที่กำหนดคือไม่เกิน 900 บาท ซึ่งสามารถหาได้ทั้งหมด 13 แบบมาทดสอบด้วยวิธี Forward heel slip ตามมาตรฐาน ISO 13287:2012 คือทดสอบส้นรองเท้าบนพื้นเหล็กสแตนเลส และใช้สารละลายกลีเซอรอลเป็นสารปนเปื้อน และเปรียบเทียบผลกับค่าทดสอบมาตรฐานของรองเท้านิรภัยที่ทดสอบในประเทศแถบยุโรปคือต้องมีค่าต้านการลื่น $\geq$0.13 เป็นดรรชนีชี้วัด ผลการทดสอบพบว่า ค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยนั้นมีค่าต้านการลื่นที่เท่ากับหรือสูงกว่าพิกัดมาตรฐาน 7 คู่ หรือคิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ และต่ำกว่าพิกัดอยู่ 6 คู่หรือคิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ โดยรองเท้าทดสอบมีค่าต้านการลื่นต่ำสุดคือ 0.08 และรองเท้าทดสอบมีค่าต้านการลื่นสูงสุดคือ 0.17

คำสำคัญ : ค่าต้านการลื่น, ISO 13287:2012, ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน, รองเท้านิรภัย

ABSTRACT

This research aims to find the average of slip resistance value of safety footwear available in Thailand by slip resistance tester with test standard ISO13287: 2012 that construct to serve as a safety standard for work safety. The operating procedure begins with studying current conditions and problems. The selection of safety footwear to be tested. The data from the Department of Industrial Works,shoe factory. There are 430 shoe factories, but only 12 shoe factories produce safety footwear. And from the questionnaire the price level that many factories has accepted is below 900 Baht. There are a total of 35 different types of safety footwear but 18 different types of shoe sole. The researcher could be found in 13 types to shoe sole of safety footwear to be test in condition forward heel slip according to ISO 13287: 2012,test the heel shoes on stainless steel and pour contaminant with glycerol solution. Test result will compared with the standard test values of safety footwear tested abroad, the slip resistance value $\geq$ 0.13.The slip resistance value of safety footwear in Thailand have a slip resistance equal to or higher than the standard 7 samples or 54 percent and less than the standard 6 samples or 46 percent of the test shoes. The minimum slip resistance was 0.08 and the slippery shoes had the highest slip resistance of 0.17

Keywords : Slip resistance, ISO13287:2012, Coefficience of Friction**,** Safety shoes

---

[1*] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

[1*] Department of Industrial Engineering , Faculty of Engineering and Agritechture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัด นครราชสีมา 30000

[2] Department of Industrial Engineering , Faculty of Engineering and Agritechture, Rajamangala University of Technology Isan, Muang, Nakhonratchasima, 30000

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : worapoch1@gmail.com

บทนำ

ในแต่ละปีจะมีประชากรเสียชีวิตจากอุบัติเหตุหกล้ม ลื่นล้มและตกจากที่สูงกว่า 424,000 ราย (WHO, 2016) หรือใน 1 วันจะมีผู้เสียชีวิตจากการลื่นล้มและตกจากที่สูง 1,162 ราย จำนวนผู้บาดเจ็บจากสาเหตุดังกล่าว 37.3ล้านรายต่อปี หรือวันละ 102,191ราย สูงเป็นอันดับสองรองจากอุบัติเหตุจากยานพาหนะ และจากข้อมูลสถิติเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปีของอุบัติเหตุจากการลื่นล้ม หกล้ม และตกจากที่สูงในสถานที่ทำงาน สำนักงานสถิติผู้ใช้แรงงานสหรัฐอเมริกา (BLS,2016) รายงานว่ามีผู้บาดเจ็บ 232,410 ราย เสียชีวิต 715 ราย องค์กรกำกับดูแลด้านความปลอดภัยในการทำงาน (Safe Work Australia,2016) ของออสเตรเลียรายงานว่ามีผู้เสียชีวิต 26 ราย จากผู้บาดเจ็บทั้งหมด 213 ราย หน่วยงานด้านสุขภาพและความปลอดภัยสหราชอาณาจักร (RIDDOR,2016) รายงานว่ามีอุบัติเหตุเฉลี่ย 32,578 ราย เสียชีวิต 23 ราย สำหรับประเทศไทย (กองทุนเงินทดแทน,2559) สำนักงานกองทุนเงินทดแทน กระทรวงแรงงาน รายงานว่ามีอุบัติเหตุของการตกจากที่สูง หกล้ม ลื่นล้มเฉลี่ย 12,106 ราย เสียชีวิต 99 ราย ทุพพลภาพ 3 ราย สูญเสียอวัยวะบางส่วน 54 ราย หยุดงานเกินกว่า 3 วัน 4,676 ราย และหยุดงานไม่เกิน 3 วัน 7,275 ราย และเมื่อมองจากสถิติที่รายงานชี้ให้เห็นว่าการลื่นล้ม หกล้ม และการตกจากที่สูง เป็นปัญหาใหญ่เกิดขึ้นทั่วโลกก่อให้เกิดความสูญเสียที่ประเมินค่าไม่ได้ควรหาวิธีป้องกัน Perkin (1978) ได้สร้างสมการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Coefficient of Friction, CoF) โดยนำค่าของแรงที่เกิดขึ้นในแนวนอนหารด้วยค่าของแรงที่เกิดขึ้นในแนวตั้ง และอธิบายต่อ ว่าหากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่เดินมีค่าใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นรองเท้ากับพื้นเดิน จะเกิดการลื่นล้ม จากงานวิจัยได้สรุปสาเหตุของอุบัติเหตุลื่นล้ม หกล้ม และตกจากที่สูงมาจากค่าต้านการลื่น (Slip resistance) หรือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่าง พื้นเดินกับพื้นรองเท้าไม่เหมาะสมหรือมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำเกินไป นักวิจัยหลายท่านในอดีตพยายามหาข้อสรุปว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ปลอดภัยควรจะมีค่าเท่าใด เช่น Leamon (1992), Gronqvist et al.,(1995), ยุทธชัย บันเทิงจิตร (2002) วิธีการและมาตรฐานในการทดสอบมีความแตกต่างกันทำให้ยากต่อการนำไปใช้งานและอ้างอิง จากการพิจารณาในเชิงปฏิบัติงานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันการลื่น คือรองเท้านิรภัย ดังนั้นองค์กรมาตรฐานนานาชาติ (International Organization of Standardization, ISO) ได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้กำหนดให้มีมาตรฐานการทดสอบรองเท้านิรภัยที่เป็นมาตรฐาน คือ ISO 13287:2006 ปัจจุบันพัฒนาเป็น ISO 13287:2012 สำหรับประเทศไทยมีข้อกำหนดเกี่ยวกับมาตรฐานของรองเท้านิรภัยที่ใช้ในสถานประกอบการคือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.523 ที่ประกาศใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 (ค.ศ.1985) และมาเปลี่ยนเป็น มอก.523:2554 (ค.ศ. 2011) เพื่อควบคุมคุณภาพของรองเท้านิรภัย แต่มาตรฐานนี้ยังไม่กำหนดการทดสอบค่าต้านการลื่นหรือค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของพื้นรองเท้า ทำให้สูญเสียประโยชน์ขอต่อผู้บริโภคไม่เป็นที่ยอมรับจากนานาชาติ ผู้วิจัยเห็นว่า เครื่องทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานตามมาตรฐาน ISO13287:2012 ได้ถูกสร้างไว้แล้วที่ศูนย์ทดสอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา และเพื่อให้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสำหรับรองเท้านิรภัยในอนาคต ดังนั้นจึงนำเสนองานวิจัยการศึกษาค่าต้านทานการลื่นของรองเท้านิรภัยในประเทศไทย

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลื่นระหว่างการเดิน

การลื่น หมายถึง การเสียการทรงตัวของเท้าในทันทีเป็นผลมาจากสิ่งที่ไม่ได้คาดหวังและไม่สามารถควบคุมการไถลของเท้าได้ การลื่นมักจะทำให้เกิดอุบัติเหตุและผลร้ายอื่นๆ ตามมาหากผู้ลื่นไม่สามารถรักการทรงตัวได้ (Manning, 1983)

มาตรฐาน ISO 13287:2012 สำหรับทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของรองเท้านิรภัย

ในมาตรฐาน ISO13287:2007 และ มาตรฐาน ISO 13287:2012 ได้กำหนดคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นไว้ดังนี้

1 ค่าแรงกดทดสอบของรองเท้านิรภัยคือ 500 ± 25 นิวตัน

2 ความเร็วในการลื่นไถลของพื้นรองเท้าหรือยางทดสอบ 0.3 ± 0.03 เมตรต่อวินาที

3 พื้นเดินทดสอบเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมมีค่าความหยาบเฉลี่ย (R_Z) อยู่ระหว่าง 1.6 - 2.5 ไมโครเมตร

4 การทดสอบแบบส้นรองเท้าลื่นไถลไปข้างหน้า (Forward Heel Slip) กำหนดให้มีมุมระหว่างส้นของรองเท้านิรภัยหรือยางทดสอบกับพื้นเดินทดสอบมีค่า 7 ± 0.5 องศา

5 เวลาในการเพิ่มของแรงกดจากแรงเริ่มต้น 50 นิวตัน ไปจนถึงแรงกดทดสอบ 500 นิวตันต้องมีค่าเวลาไม่เกิน 1 วินาที และพื้นเดินทดสอบต้องเคลื่อนที่ในเวลาไม่เกิน 0.3 วินาที หลังจากได้รับแรงกดทดสอบที่กำหนด ซึ่งใน ISO13287:2007 ไม่ได้กำหนดไว้

6 ค่าแรงเสียดทานหรือค่าต้านการลื่นเฉลี่ยจะถูกวัดและคำนวนระหว่างช่วงเวลา 0.3 - 0.6 วินาที หลังจากที่มีแรงเสียดทานหรือมีการลื่นไถล โดยกำหนดให้แสดงผลเฉลี่ยของค่าต้านการลื่นด้วยทศนิยม 2 ตำแหน่ง

7 สารที่ใช้เป็นสิ่งสกปรกที่พื้นเดินต้องมีความหนาอย่างน้อย 1 มิลลิเมตร

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรองเท้าหนังนิรภัย (Leather Safety Footwear)

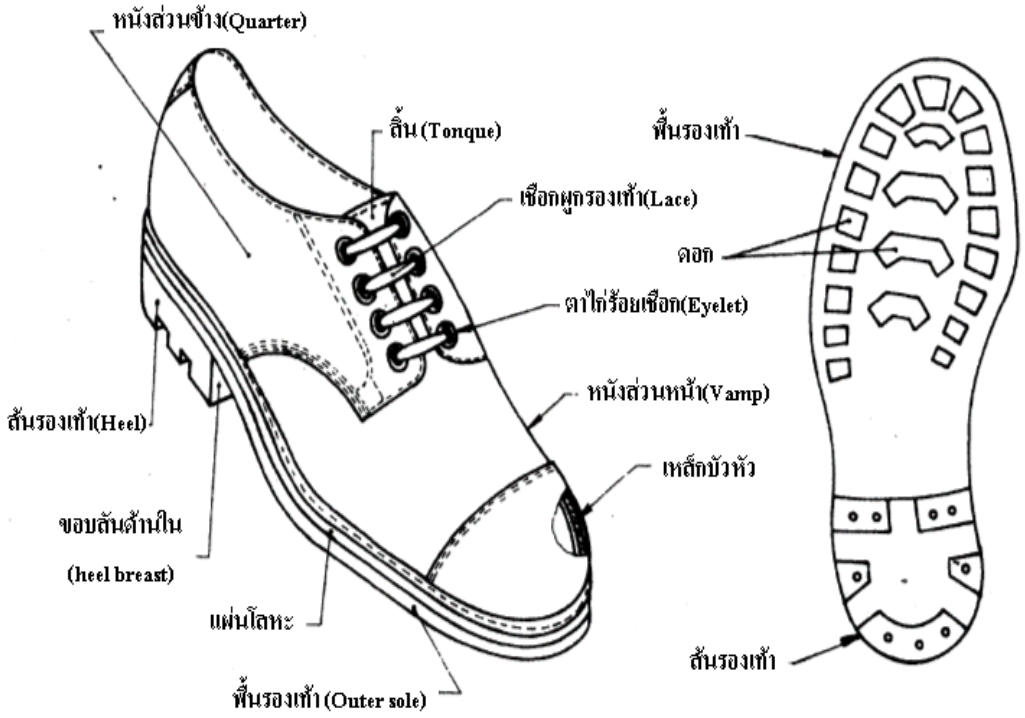
1 ความหมายของรองเท้าหนังนิรภัย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2549) ได้ให้คำจำกัดความของรองเท้านิรภัยหมายถึง รองเท้าหนังที่มีเหล็กบัวหัว (Steel Toecap) สำหรับป้องกันอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับนิ้วเท้าของผู้สวม อาจมีแผ่นโลหะรองพื้นสำหรับกันการแทงทะลุของของแหลมหรือของมีคมด้วยก็ได้

2 รูปร่างและชนิดของรองเท้าหนังนิรภัย รองเท้าหนังนิรภัย สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะคือ รองเท้าหนังนิรภัยแบบหุ้มส้น (Shoes) และรองเท้าหนังนิรภัยแบบทรงสูง (Boots) ดังแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2

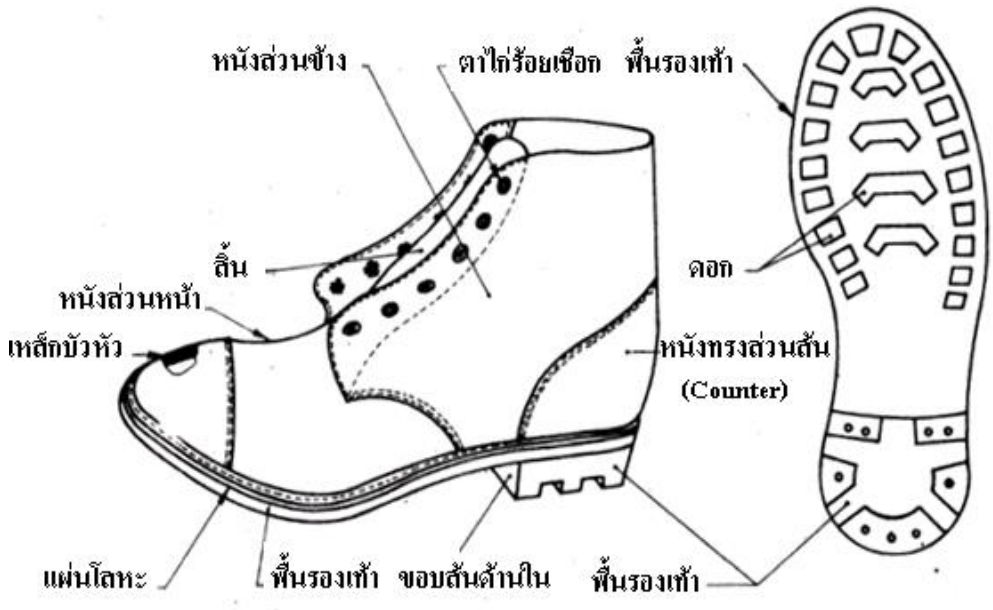
รองเท้าหนังนิรภัยแบบหุ้มส้น จะมีความสูงของส่วนหนังหุ้มส้นน้อยกว่า 90 มิลลิเมตรเมื่อวัดจากพื้นชั้นใน (Insole) สุดส้นและแบบทรงสูง มีความสูงของส่วนหนังหุ้มส้นตั้งแต่ 90 มิลลิเมตรขึ้นไปเมื่อวัดจากพื้นชั้นในสุดส้น

3 ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของรองเท้าหนังนิรภัย

ขนาดของรองเท้าหนังนิรภัยแบ่งได้เป็น 3 ระบบ ได้แก่ ระบบอังกฤษ ระบบอเมริกา และระบบฝรั่งเศส โดยเทียบจากความยาวของหุ่นที่ใช้สวมรองเท้าวัดจากปลายนิ้วถึงส้นเท้า



ภาพที่ 1 ลักษณะของรองเท้านิรภัยแบบหุ้มส้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)



ภาพที่ 2 ลักษณะของรองเท้านิรภัยแบบทรงสูง (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิธิพงศ์ (2549) ได้วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเดินและพื้นรองเท้าในสภาวะของพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบสำรวจจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่า พื้นรองเท้าที่นิยมใช้มากที่สุด 3 ประเภท คือ พื้นยางอ่อน พื้นยางแข็งและพื้นพีวีซี และพื้นเดินที่นิยมใช้มากที่สุด 3 ประเภท คือ พื้นปูนขัด พื้นหินขัด และ พื้นกระเบื้อง ผลการทดลองสรุปได้ว่า พื้นเดินปูนขัด ถ้าสภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางแข็งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด หากสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นยางอ่อนให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และสภาวะเปื้อนน้ำมัน รองเท้าพื้นพีวีซีจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด ถ้าพื้นเดินหินขัด ถ้าสภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางแข็งให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด แต่ถ้าสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นพีวีซีให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และในสภาวะเปื้อนน้ำมันรองเท้าพื้นพีวีซีจะให้ค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และพื้นเดินกระเบื้อง กรณีที่สภาวะแห้ง รองเท้าพื้นยางอ่อนจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด แต่ถ้าสภาวะเปียกน้ำ รองเท้าพื้นยางอ่อนให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด และถ้าสภาวะเปื้อนน้ำมันรองเท้าพื้นพีวีซีจะให้ค่าของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสูงสุด

Kurt et al., (2007) ได้ศึกษาพารามิเตอร์ของการลื่นได้แก่ ความเร็ว แรง และมุมเท้าโดยใช้กลีเซรอลเป็นสภาวะพื้น พบว่า ความเร็ว แรง และมุมเท้า มีผลทำให้ COF ลดลง เมื่อทั้งสามอย่างเพิ่มขึ้น การทดลองใช้รองเท้าที่ผลิตจากพอลิไวนิลคลอไรด์ และการทดสอบจะใช้หุ่นยนต์ทางด้านอุตสาหกรรมที่ให้น้ำหนักที่แนวดิ่งที่สูงและมีความเร็วค่อนข้างสูงแรงปฏิกิริยาถูกวัดด้วย Load

Finnish institute of Occupational Health (2008) ได้เผยแพร่ข้อมูลการทดสอบของรองเท้าของลูกค้าโดยมาตรฐานนานาชาติ ISO 13287:2007 ผลการทดสอบได้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเท่ากับ 0.21 เมื่อใช้วิธีการทดสอบแบบ SRA และเมื่อใช้วิธีการทดสอบแบบ SRB ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเท่ากับ 0.17

วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครอบคลุมถึงการออกแบบสอบถาม และรูปแบบของรองเท้านิรภัยแบบต่างๆ

2. ศึกษามาตรฐานการทดสอบรองเท้านิรภัยตามมาตรฐาน ISO 13287:2012

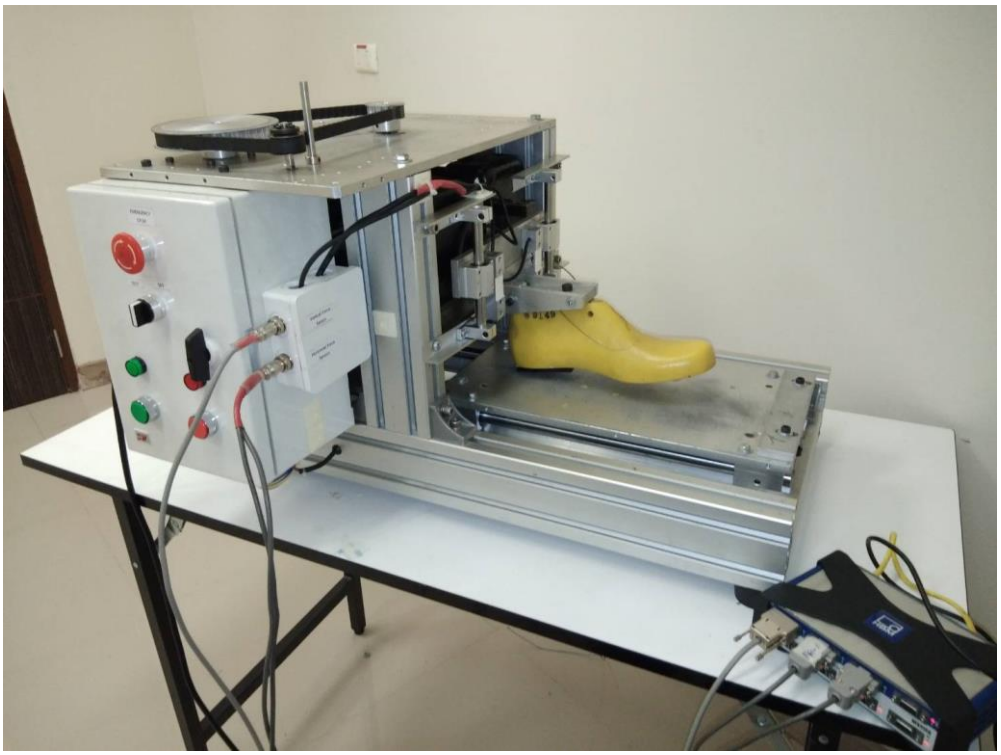
เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นเป็นเครื่องมือที่ใช้หาค่าต้านการลื่นของรองเท้าที่ใช้ในการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัย ซึ่งมาตรฐานนี้จะใช้ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 20344:2011 ข้อ 5.11 ที่ได้กำหนดค่าการทดสอบมาตรฐานดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าต้านการลื่นมาตรฐานของของรองเท้านิรภัยในการทดสอบด้วยลักษณะต่างๆ

แบบ	ลักษณะทดสอบ	พื้นทดสอบ	สานปนเปื้อน	ค่าต้านการลื่น
A	Forward Heel Slip	เซอรามิค	สารละลายผงฟอง	≥ 0.28
B	Forward Flat Slip			≥ 0.32
C	Forward Heel Slip	สแตนเลส	สารละลายกลีเซอรอล	≥ 0.13
D	Forward Flat Slip			≥ 0.18

3. ศึกษาการใช้เครื่องทดสอบ

เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นดังภาพที่ 3 มีวิธีการใช้งานเพื่อการทดสอบดังนี้



ภาพที่ 3 เครื่องทดสอบค่าต้านการลื่นที่ใช้ทดสอบรองเท้านิรภัย

วิธีใช้งานเครื่องทดสอบ

- เปิดสวิทช์จ่ายไฟเข้าเครื่อง
- บิดสวิทช์โหมดมาที่ตำแหน่ง TEST สังเกตุไฟสีเขียวจะติด
- กดปุ่มสีเขียวมอเตอร์จะเริ่มหมุน ชุดแรงกดทดสอบจะเคลื่อนที่มากดรองเท้า

- เมื่อรองเท้าแตะพื้นทดสอบจนได้ค่าแรงที่กำหนด พื้นทดสอบจะเคลื่อนที่จนสุดพร้อมกับน้ำหนักกดทดสอบจะหยุด
- บิดสวิทช์โหมดมาที่ตำแหน่ง SET สังเกตุไฟสีแดงจะติด
- กดปุ่มสีแดงมอเตอร์จะเริ่มหมุน ชุดน้ำหนักกดทดสอบจะเคลื่อนที่ขึ้นจนสุด
- เมื่อน้ำหนักกดทดสอบเคลื่อนที่ขึ้นจนสุดพื้นทดสอบจะเคลื่อนที่กลับที่เดิม
- เมื่อพื้นทดสอบเคลื่อนที่กลับที่เดิมจนสุด พื้นทดสอบจะหยุดเคลื่อนที่
- บิดสวิทช์โหมดมาที่จุดกึ่งกลางจบการทำงาน

4. การเลือกรองเท้านิรภัยในตลาดประเทศไทยเพื่อทดสอบ

ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมพบว่ามีโรงงานที่ลงทะเบียนประกอบการผลิตรองเท้านิรภัยทั้งสิ้น 12 โรงงาน และประเทศไทยมีการนำเข้าและจัดจำหน่ายรองเท้านิรภัยจากต่างประเทศอีกบางส่วน จากการออกแบบสอบถามสำรวจข้อมูลบริษัทที่มีการแจกจ่ายรองเท้านิรภัยให้กับผู้ปฏิบัติงานในโรงงานและได้ผลสรุปดังนี้

- จำนวนโรงงานที่ตอบแบบสอบถาม 190 โรงงาน
- ชนิดของรองเท้านิรภัยที่ใช้ 20 ชนิด
- ปริมาณรองเท้าที่ใช้ทั้งปีรวม 105,205 คู่
- รองเท้านิรภัยที่นิยมใช้มากที่สุด Pangolin
- ช่วงราคาของรองเท้านิรภัยที่ใช้ 400 – 900 บาท

ผู้วิจัยได้ทำการจัดซื้อรองเท้าที่มีในท้องตลาดตามเงื่อนไขจากแบบสอบถามและสามารถจัดหารองเท้ามาได้ทั้งหมด 13 คู่คิดเป็น 65 เปอร์เซ็นต์ โดยรองเท้าทั้ง 13 คู่มีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะรองเท้าที่ทำการทดสอบ

คู่ที่	ยี่ห้อ	รุ่น
1	PANGOLIN	PG951
2	BESTSAFE	New Sport Black
3	TAKUMI	TSH-115
4	BESTSAFE	H-01-TPU-ST
5	PANGOLIN	PG811
6	PREU	R-X1-PU
7	A-TAP	V-01
8	SAFE SAVE	MG81
9	HERO	R007
10	HAMMER	R009S
11	MR.D.I.Y.	LB-6
12	SUPER SAFETY	Sport
13	PRO-TX	PW106

5. ทำการทดสอบรองเท้านิรภัยเพื่อหาค่าต้านการลื่น

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบรองเท้านิรภัยตามขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมเครื่องทดสอบ พื้นทดสอบ สารปนเปื้อน

2. กำหนดหมายเลขที่รองเท้าเพื่อสุ่มทดสอบแบบไม่เรียงลำดับ

3.ติดยึดรองเท้าทดสอบเข้ากับเครื่องตามรูปที่ 4



ภาพที่ 4 การยึดรองเท้านิรภัยเพื่อทดสอบตามวิธีแบบ C

4. เลือกวิธีทดสอบแบบ C คือ ทดสอบค่าต้านการลื่นแบบส้นรองเท้าเคลื่อนไปด้านหน้า (Forward Heel Slip Test) เนื่องจากมีค่าต้านการลื่นน้อยที่สุดคือ 0.13

5. ทดสอบรองเท้านิรภัยคู่ละ 5 รอบ

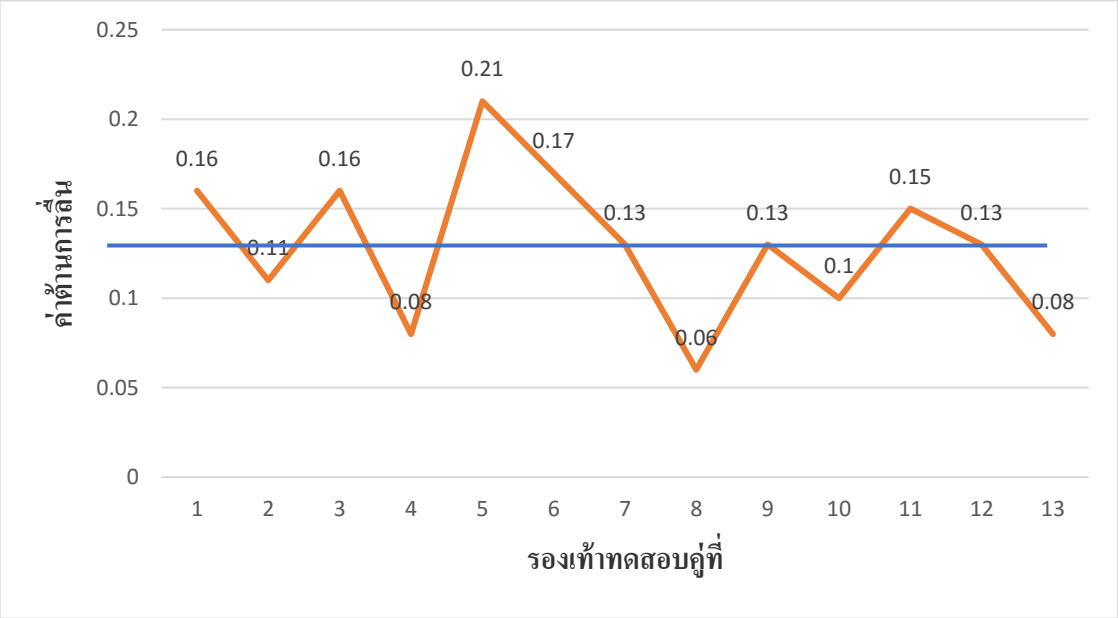
6. คำนวณค่าต้านการลื่นและบันทึกผลลงในตารางที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ข้อมูลการทดสอบในหัวข้อที่ 3 ได้ค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยทั้ง 13 คู่ตามลำดับหมายเลขที่ได้สุ่มไว้ ได้ผลตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัย

รองเท้าคู่ที่	ค่าต้านการลื่น	รองเท้าคู่ที่	ค่าต้านการลื่น
1	0.16	**8**	0.06
2	0.11	**9**	0.13
3	0.16	**10**	0.10
4	0.08	**11**	0.15
5	0.21	**12**	0.13
6	0.17	**13**	0.08
7	0.13		



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าต้านการลื่นของการทดสอบรองเท้านิรภัย

จากผลการทดสอบหาค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยที่มีจำหน่ายอยู่ในปัจจุบันพบว่ามีรองเท้าอยู่ 5 คู่ที่มีค่าต้านการลื่นต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคือ ต้องมีค่า ≥ 0.13

สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดสอบพบว่า ค่าต้านการลื่นของรองเท้านิรภัยที่มีจำหน่ายอยู่ในประเทศไทยนั้นมีค่าต้านการลื่นที่เท่ากับหรือสูงกว่าพิกัดมาตรฐาน 7 คู่ หรือคิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ และต่ำกว่าพิกัดอยู่ 6 คู่หรือคิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ โดยรองเท้าทดสอบมีค่าต้านการลื่นต่ำสุดคือ 0.08 และรองเท้าทดสอบมีค่าต้านการลื่นสูงสุดคือ 0.17

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ ศรีศิลาที่ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ บริษัทอินโทรเอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัดที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยให้สำเร็จไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

2559 รายงานประจำปี 2559 สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน. กรุงเทพฯ

มอก.523:2554 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม รองเท้านิรภัย

เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา, 2556 ข้อมูลสรุปผลการสำรวจการใช้รองเท้านิรภัยในโรงงานอุตสาหกรรม

นิธิพงศ์ วิลัยพันธ์ 2549 การศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นเดินและพื้นรองเท้า ภายใต้สภาวะพื้นผิว ที่แตกต่างกัน วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Bunterngchit, Y. “Occupational Slipping Accidents in Thailand: Main Causes and Prevention.”In Proceeding of the XVI Annual International Occupational Ergonomics and safety Conference. Bangkok, 2002 : 20-24.

Fong, D.T, Mao, D.W, Li,J.X, Hong,Y, 2016“Workplace Injury and Illness Summary”.Bureau of Labor Statistics, for the guide. International journal of industrial ergonomics,10, 29-34.

Grönqvist, R. (1995). Mechanisms of friction and assessment of slip resistance of new and used footwear soles on contaminated floors. *Ergonomics*, *38*(2), 224–241.

ISO 20344:2011 Personal protective equipment - Test methods for footwear Clause 5.11

ISO 13287:2006(E): Personal protective equipment footwear–Test method for slip resistance.

Leamon,T.B. (1992) The reduction of slip and fall injuries: Part-II – The scientific basis

Michelle Baxter, Safe Work Australia ,2016 Annual Report

Perkins, P.J.“Measurement of slip between the shoe and ground during walking, walkway surfaces.”Measurement of slip resistance ASTM STP 649.Edited by Carl Anderson and John Senne.American society of testing and materials, 1978.

RIDDOR 2016 - Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations

World Health Organization-WHO, Reviewed September 2016, Fact sheet of Falls

การวิเคราะห์โดยใช้เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นในการตัดสินใจการเปลี่ยนและคัดเลือกเครื่องปรับอากาศกรณีศึกษาโรงแรมระดับ 3 ดาวแห่งหนึ่งในอำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่

Analyzing by using Engineering Economics and Analysis Hierarchy Process Technical in order to Decide on the replacement and selection of suitable air conditioners.Case study of a 3 star hotel in Koh Lanta. Krabi

อนันต์ สันติอมรทัต[1*] จิรวัฒน์ ทองเฝือ[2] *และ*รังสรรค์พลสมัคร [2]

Anan Suntiamontut[1*] , Jirawat Tongfeur [2] and Rangsan Ponsamak [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินใจในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า10 ปี และคัดเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในห้องพักของโรงแรมจำนวน 54ห้อง โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process) จากการศึกษาโดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศเดิม(A) กับเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ 2 ยี่ห้อคือ B และ C พบว่า อัตราค่าไฟต่อปีต่อห้อง เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ A (12,264.48 บาท) มีค่าสูงกว่ายี่ห้อ B (11,196 บาท) และ C (10,829.53บาท) ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ERR เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ C มีค่าสูงกว่า B และ A คือ 12.22 , 11.83 และ10.77 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาทางเลือกในการคัดเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในห้องพักจำนวน 54ห้อง ทางเลือกที่ 1 เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ B ลงทุน 1,344,000 บาท อัตราประหยัดไฟต่อปี 692,375 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 23.29 เดือนอัตราค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปี (A/P,7%,10) 191,358.72 บาท อัตรา b/c มีค่าเท่ากับ 3.61 ทางเลือกที่ 2 เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ C ลงทุน 1,400,000 บาท อัตราประหยัดไฟต่อปี 929,847.6 บาท ระยะเวลาคืนทุน 18.06 เดือน อัตราค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปี (A/P,7%,10) 199,332 บาทอัตรา b/c มีค่าเท่ากับ 4.65 จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค AHP พบว่า ค่าน้ำหนักทางเลือกเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ C มีค่าสูงกว่า B และเครื่องปรับอากาศเดิม (A) เท่ากับ 1.328, 0.869 และ0.299 ตามลำดับ ดังนั้นควรตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ 2 เนื่องด้วยอัตรา b/c ที่สูงกว่าทางเลือกที่ 1 และสอดคล้องกับการคำนวณด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process)

คำสำคัญ : เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น, เครื่องปรับอากาศ

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the replacement of air conditioners with more than 10 years of service life and to select the appropriate new air conditioners to be installed in 54 hotel rooms using Economics Engineering and Analysis Hierarchy Process techniques (AHP) from the study by analyzing comparative data between the old air conditioner (A) with brand new air conditioner brands B and C, it is found that the annual rate per room of A air conditioner (12,264.48 baht) is higher than B (11,196 baht) and C (10,829.53 baht) respectively. In the ERR energy saving, the C brand air conditioners were 12.22, 11.83 and 10.77, respectively, higher than B and A, respectively.

When considering the choice of new air conditioners suitable for installation in the room. Option 1 Air conditioner Brand B Investment 1,344,000 Baht Annual saving rate 692,375 Baht / year Payback period 23.29 months Cost of cost per year (A / P, 7%, 10) 191,358.72 Baht Rate b / c is 3.61. Option 2 Air conditioner Brand C Investment 1,400,000 Baht Annual saving rate 929,847.6 Baht Payback period 18.06 months Cost of annual cost (A / P, 7% , 10) 199,332 Baht Rate b / c Was 4.65. Based on the analysis by the AHP technique, the alternative weights The brand new C is higher than B and the original air conditioner (A) is 1.328, 0.869 and 0.299, respectively. Therefore, it should be decided that option 2 is higher than option 1 and corresponds to the calculation. By analyzing the process hierarchy (Analysis Hierarchy Process)

Keyword: Economics Engineering , Analysis Hierarchy Process Techniques , Air Conditioner

---

[1] สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.มหาวิทยาลัยราชภักภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง. จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Industrial Technology Faculty of Science and Technology, Rajabhat Phuket University, Rasada, Muang District, Phuket 83000, Thailand

[1]สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.มหาวิทยาลัยราชภักภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง. จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Industrial Technology Faculty of Science and Technology, Rajabhat Phuket University, Rasada, Muang District, Phuket 83000, Thailand

[1]สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.มหาวิทยาลัยราชภักภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง. จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Industrial Technology Faculty of Science and Technology, Rajabhat Phuket University, Rasada, Muang District, Phuket 83000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : anansunti@yahoo.com , anan.s@pkru.ac.th

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันโรงแรม NKLB Resort@lanta Krabi มีจำนวนเครื่องปรับอากาศจำนวนมากใช้งานเกิน 10 ปีขึ้นไปจำนวน 54 เครื่องจากจำนวนห้องพักทั้งหมด 80 ห้อง ส่งผลให้ทางโรงแรมมีค่าใช้จ่ายภาระในการบำรุงรักษาและค่าไฟที่เพิ่มขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาสลดลงเนื่องจากมีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปีทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ขึ้นส่งผลให้ทางโรงแรมมีภาระต้นทุนที่สูงขึ้น สูญเสียงบประมาณค่าใช้จ่ายในส่วนนี้เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาสในการที่จะนำงบประมาณส่วนนี้ไปใช้เพื่อพัฒนาปรับปรุงโรงแรมในส่วนอื่นๆ เช่น ห้องพัก สระว่ายน้ำ หรือส่วนอำนวยความสะดวกอื่นแก่ลูกค้าที่เข้ามาพักผ่อนในบริเวณโรงแรม รวมถึงอาจสร้างความไม่พอพึงใจแก่ลูกค้าที่เข้าพักในกรณีที่เครื่องปรับอากาศเสียหรือชำรุดหรือมีเสียงดังอันเนื่องมาจากอายุการใช้งาน อันจะส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์การบริการและการแข่งขันของโรงแรมเองซึ่งอยู่ในสภาวการณ์แข่งขันสูง ณ ปัจจุบันในเกาะลันตาซึ่งมีโรงแรมเป็นจำนวนมาก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำหลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process) มาใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการเปลี่ยนและเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่มาติดตั้งในห้องพักของโรงแรม NKLB Resort@lanta Krabi ทั้งนี้โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศเดิม (A) กับเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ 2 ยี่ห้อคือยี่ห้อ B และ C ถึงความคุมค่าของการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเดิมที่มีอายุเกิน 10 ปี และใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมนำการนำมาวิเคราะห์ต้นทุน จุดคุ้มทุน ระยะคืนทุน ผลประโยชน์ของโครงการ รวมถึงการใช้ เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process) ในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักทางเลือก เครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ C , B และเครื่องปรับอากาศเดิม(A)มาใช้ประกอบเป็นข้อมูลในการตัดสินใจที่ดีและเหมาะสมที่สุดในการเลือกเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่เทียบกับยี่ห้อเดิมต่อโรงแรม NKLB Resort@lanta Krabi เพื่อให้เกิดประโยชน์และคุ้มค่ารวมถึงได้ประโยชน์เชิงต้นทุนในการแข่งขันของโรงแรม

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์โดยใช้เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้นในการตัดสินใจในการเปลี่ยนและคัดเลือกเครื่องปรับอากาศกรณีศึกษาโรงแรมระดับ 3 ดาวแห่งหนึ่งในอำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยรายละเอียดดังนี้

1.ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การศึกษาวิจัยเรื่องนี้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขั้นตอน การดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1) สำรวจเก็บข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า เพาเวอร์เฟคเตอร์ ของเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานเกิน 10 ปีที่ติดตั้งตามห้องพักจำนวน 54 ห้อง แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปดำเนินการวิเคราะห์อัตราค่าไฟประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

2) ศึกษาและเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ระหว่างเครื่องปรับอากาศเก่าและใหม่ รวมถึงทำการวิเคราะห์ต้นทุน ความคุ้มค่าของระยะคืนทุน อัตราการประหยัดพลังงาน วิเคราะห์ความคุ้มค่าผลประโยชน์ต่อเงินลงทุนในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่สองยี่ห้อ

$$ERR = \frac{Btu/hr}{WATT}$$

3) เก็บข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมาติดตั้งในห้องพักโดยใช้แบบสอบถาม ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(Purposive Sampling) คือผู้ที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจระดับผู้บริหารในตำแหน่งหัวหน้าช่างหรือตำแหน่งที่เกี่ยวข้อง จำนวน 5 คน โดยรายละเอียดปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น ประกอบด้วยปัจจัยหลัก ได้แก่ คุณภาพ เวลา ต้นทุน และปัจจัยรอง ได้แก่ ในด้านคุณภาพ คือ ด้านประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ในด้านเวลา คือ ด้านการบริการหลังการขาย ด้านอายุการใช้งาน และในด้านต้นทุน คือ ราคา ค่าใช้จ่าย

4) เสนอแนวทางต่อผู้บริหารในการตัดสินใจในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า10 ปี และคัดเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในห้องพักของโรงแรม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

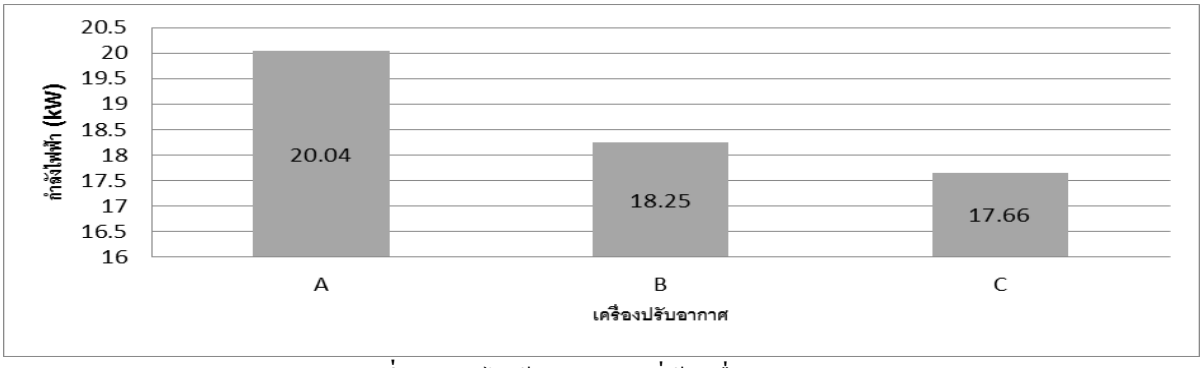
1*)* เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) โดยใช้แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) ในการเก็บข้อมูล แผนภาพพาเรโต ใช้ในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยการที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมาติดตั้งในห้องพัก

2*)* เทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process , AHP)

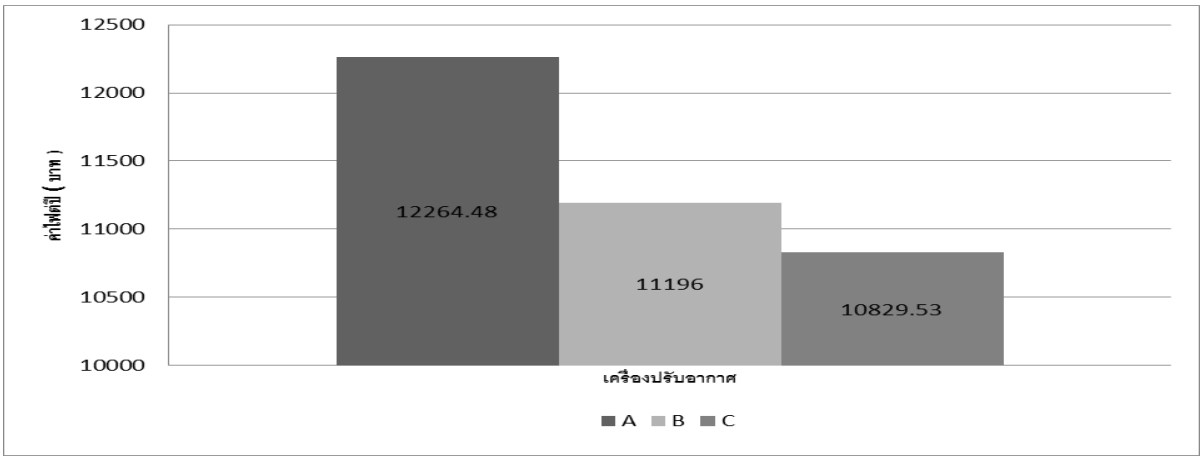
3) เครื่องมือวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ได้แก่ การวิเคราะห์ผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน(B/C) ระยะเวลาคืนทุน

$$B/C = \frac{Benefit}{cost}$$

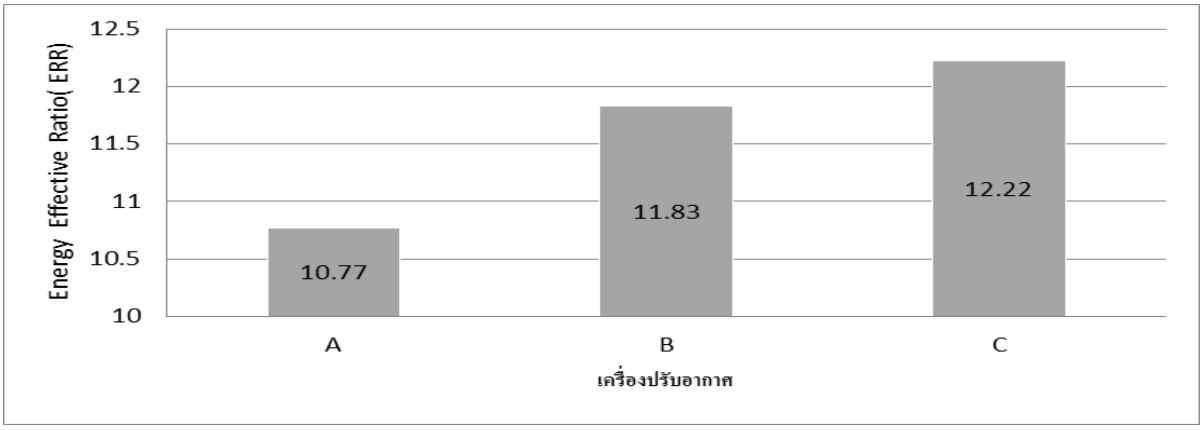
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล



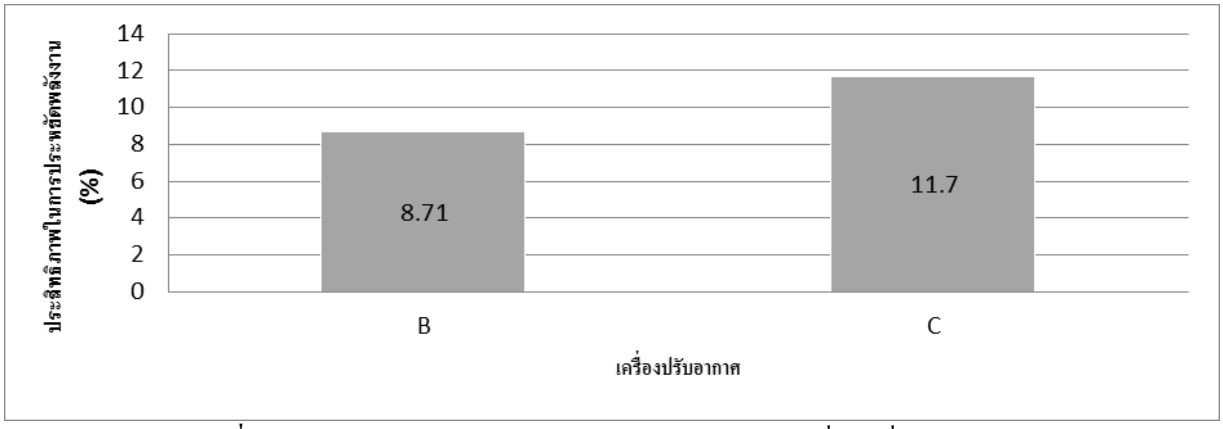
ภาพที่ 1 กำลังไฟฟ้าจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



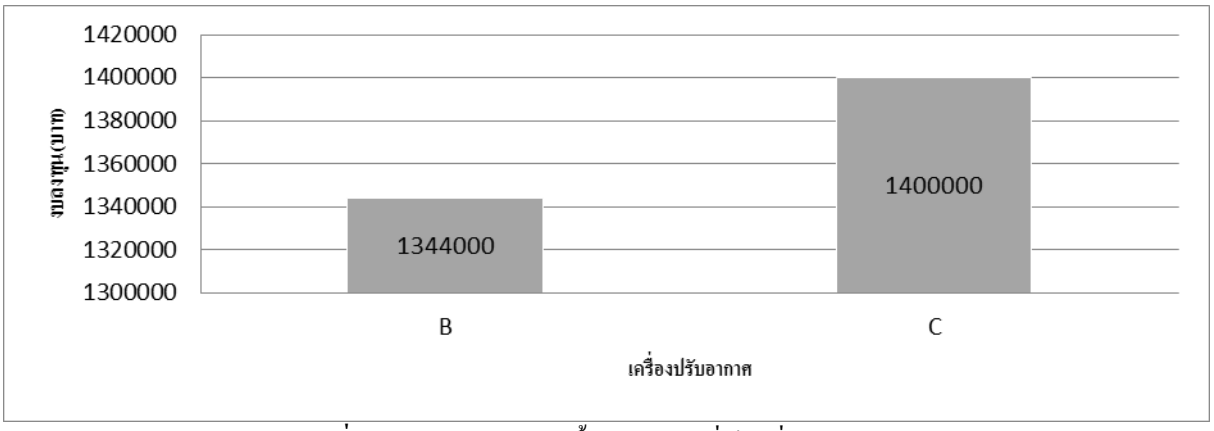
ภาพที่ 2 ค่าไฟฟ้าต่อปีจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



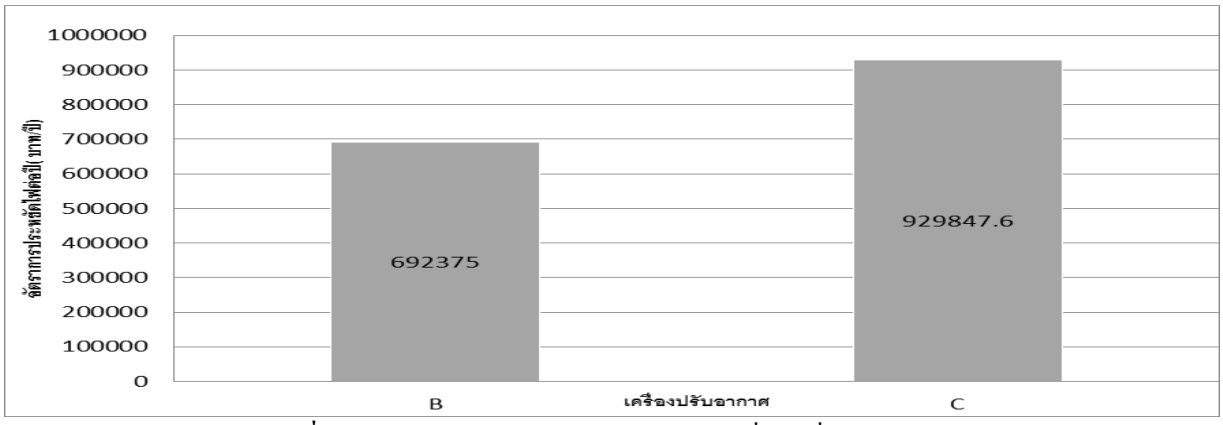
ภาพที่ 3 Energy Effective Ration (ERR) จำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



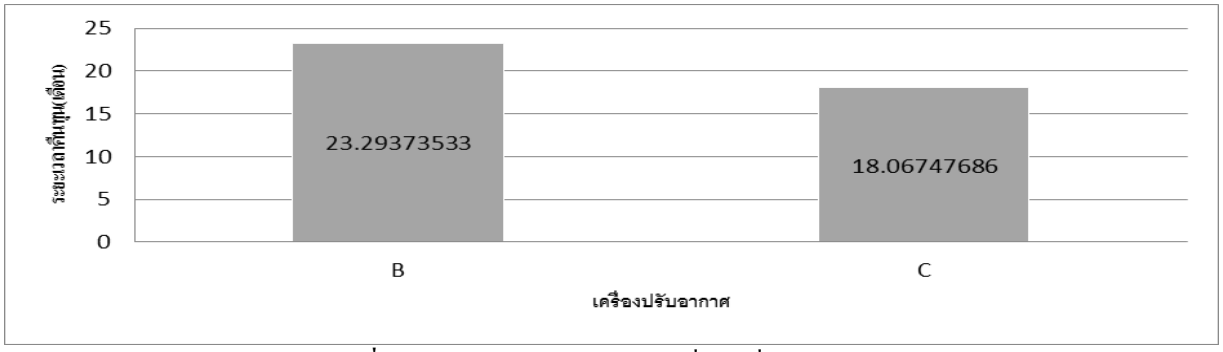
ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



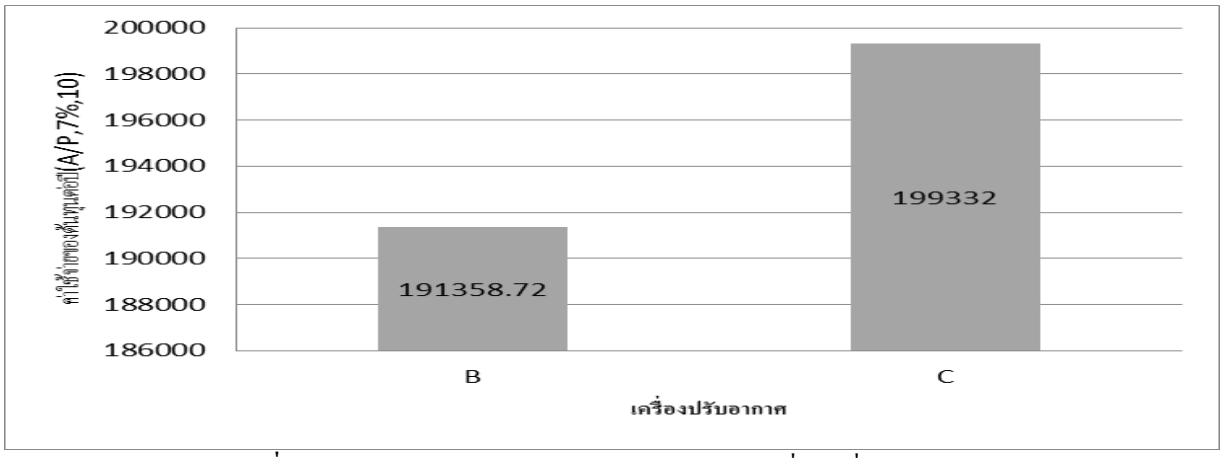
ภาพที่ 5 งบลงทุนในการติดตั้งจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



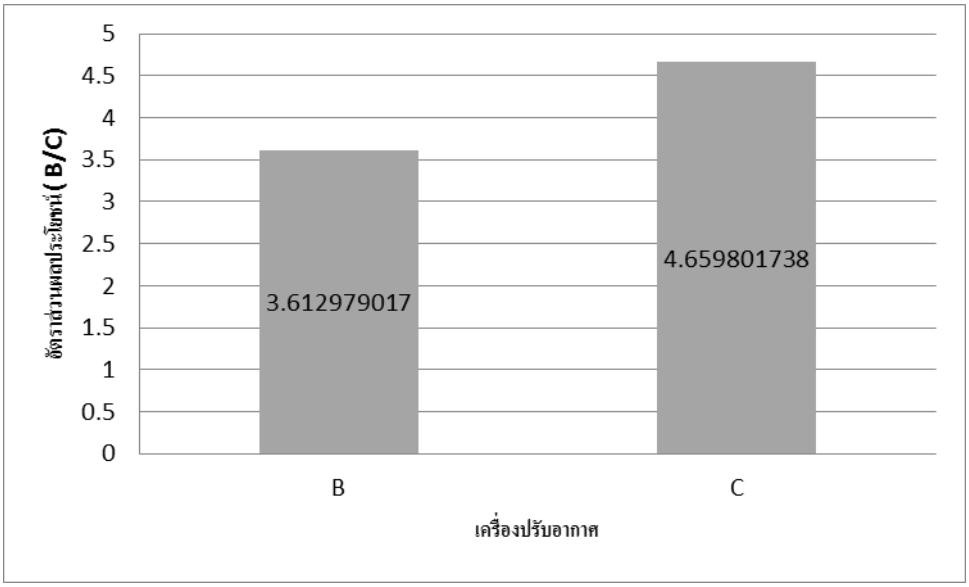
ภาพที่ 6 อัตราการประหยัดไฟฟ้าต่อปีจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 7 ระยะเวลาคืนทุนจำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 8 ค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปี(A/P,7%,10)จำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ



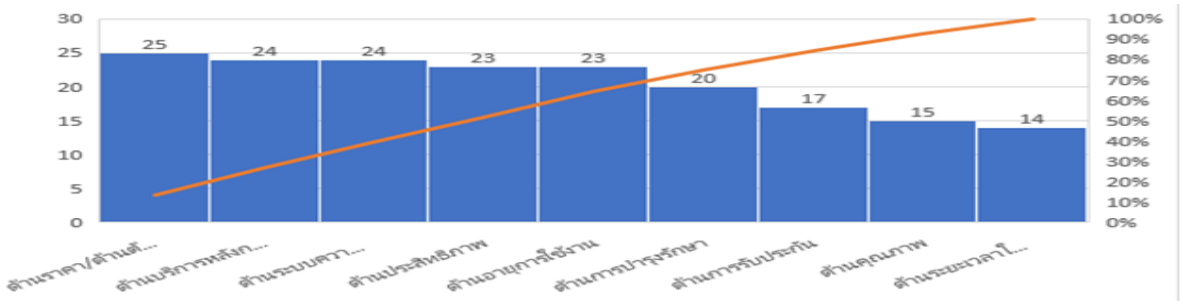
ภาพที่ 9 อัตราส่วนผลประโยชน์ (B/C) จำแนกตามยี่ห้อเครื่องปรับอากาศ

ในการส่วนของการประเมินปัจจัยที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมาดำเนินการติดตั้งในห้องพัก โดยใช้แบบสอบถามสอบถามกลุ่มตัวอย่าง 5 คน แสดงผลการประเมินตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินปัจจัยหลัก

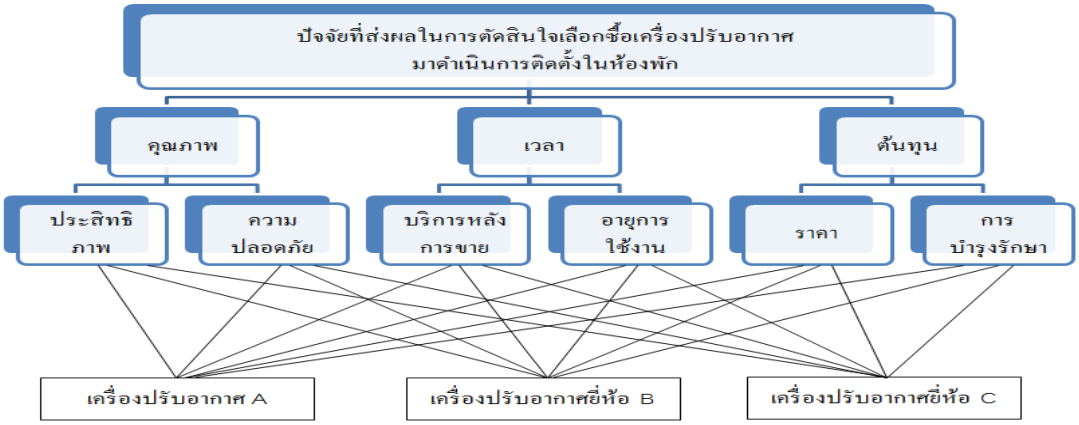
ปัจจัยที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมาดำเนินการติดตั้งในห้องพัก	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	ผลรวม
ด้านราคา/ด้านต้นทุน/ด้านค่าใช้จ่าย	5	5	5	5	5	25
ด้านคุณภาพ	3	3	3	3	3	15
ด้านระยะเวลาในการติดตั้ง	3	3	3	3	2	14
ด้านประสิทธิภาพ	5	5	5	4	4	23
ด้านบริการหลังการขาย	5	5	5	3	5	24
ปัจจัยที่ส่งผลในการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศมาดำเนินการติดตั้งในห้องพัก	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5	ผลรวม
ด้านการรับประกัน	4	3	3	4	3	17
ด้านอายุการใช้งาน	5	5	4	4	5	23
ด้านการบำรุงรักษา	3	5	5	4	4	21
ด้านระบบความปลอดภัย	5	5	5	4	5	24

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราห์ด้วยแบบแผนภูมิพาเรโตได้ผลดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ปัจจัยที่ส่งผลการเลือกซื้อระบบน้ำร้อน

จากแผนภาพพาเรโตจะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศเพื่อมาติดตั้งในห้องพักมีปัจจัยต้องนำมาพิจารณา 6 ปัจจัยดังนี้ 1.ด้านราคา/ต้นทุน/ราคา 2.ด้านบริการหลังการขาย 3.ด้านระบบความปลอดภัย 4.ด้านประสิทธิภาพ 5.ด้านอายุการใช้งาน 6.ด้านการบำรุงรักษา



ภาพที่ 11 การตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศเพื่อมาติดตั้งในห้องพัก

ตารางที่ 2 ตารางเมตริกซ์แสดงการเปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเป็นรายคู่

เกณฑ์	การบำรุงรักษา	ประสิทธิภาพ	อายุการใช้งาน	ความปลอดภัย	ราคา	บริการหลังการขาย
การบำรุงรักษา	1.000	1.000	5.000	8.000	9.000	9.000
ประสิทธิภาพ		1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
อายุการใช้งาน			1.000	2.000	5.000	8.000
ความปลอดภัย				1.000	2.000	3.000
ราคา					1.000	2.000
บริการหลังการขาย						1.000

การเปรียบเทียบเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเป็นรายคู่ แสดงดังตารางที่ 2ในพื้นที่สีขาวเป็นค่าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง สำหรับพื้นที่สีเทาผู้วิจัยจะทำการคำนวณค่าเอง โดยค่าจะเป็นส่วนกลับของเกณฑ์ที่จับคู่เหมือนกัน โดยค่าตัวเลขต่างจะประกอบด้วย 1. ในเส้นทแยงมุมประกอบด้วยตัวเลข 1 เท่านั้น เนื่องจากเป็นจุดที่เกณฑ์เปรียบเทียบกับตัวเอง และ 2.พื้นที่ที่อยู่เหนือและล่างเส้นทแยงมุมจะเป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ 2 เกณฑ์

ตารางที่ 2 ผลรวมแต่ละคอลัมน์ของตารางเมตริกซ์

เกณฑ์	การบำรุงรักษา	ประสิทธิภาพ	อายุการใช้งาน	ความปลอดภัย	ราคา	บริการหลังการขาย
การบำรุงรักษา	1.000	1.000	5.000	8.000	9.000	9.000
ประสิทธิภาพ	1.000	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
อายุการใช้งาน	1/5	1/3	1.000	2.000	5.000	8.000
ความปลอดภัย	1/8	1/5	1/2	1.000	2.000	3.000
ราคา	1/9	1/7	1/7	1/2	1.000	2.000
บริการหลังการขาย	1/9	1/9	1/9	1/3	1/2	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	2.547	2.787	9.825	16.833	24.500	32.000

การตรวจสอบความสอดคล้องกับเหตุผล(Consistency Ratio : C.R.)

1. นำ [A] x [B] = [C]

$$[A] \qquad\qquad [B] \qquad [C]$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 5 & 8 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 2 & 5 & 8 \\ 1/8 & 1/5 & 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/9 & 1/7 & 1/7 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.954 \\ 0.768 \\ 0.349 \\ 0.163 \\ 0.099 \\ 0.067 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.891 \\ 0.526 \\ 0.357 \\ 0.074 \\ 0.021 \\ 0.007 \end{bmatrix}$$

2. หารตัวเลขแต่ละตัวในเวคเตอร์ [C] ด้วยเวคเตอร์ [B] จะได้เวคเตอร์ [D] จะได้

$$[D] = \left[\frac{0.891}{0.954} \; \frac{0.526}{0.768} \; \frac{0.357}{0.349} \; \frac{0.074}{0.163} \; \frac{0.021}{0.099} \; \frac{0.007}{0.067} \right]$$

$$= \begin{bmatrix} 0.93 & 0.68 & 0.45 & 0.45 & 0.21 & 0.10 \end{bmatrix}$$

3. หาค่าเฉลี่ยในเวคเตอร์ [D] จะได้ λ_{max}

$$\lambda_{max} = 0.569$$

4. หาค่า C..I. จะได้

C..I. = 0.114

5. หาค่า R.I เมื่อ N = 6 จะได้ R.I. = 1.24

6. หาค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง C.R. จะได้

C.R. = 0.092

สรุปค่า C.R. = 0.092 ซึ่ง < 0.1 ดังนั้นความสอดคล้องของการเปรียบเทียบอยู่ในค่าที่ยอมรับได้

ตารางที่ 4 เมตริกซ์การเปรียบเทียบทางเลือก

ทางเลือก	B	C	A
B	1.000	1/2	3.000
C	2.000	1.000	5.000
A	1/3	1/5	1.000
ผลรวมแนวตั้ง	3.333	1.700	9.000

การตรวจสอบความสอดคล้องกับเหตุผล(Consistency Ratio : C.R.)

1). นำ [A] x [B] = [C]

[A] [B] [C]

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 3 \\ 2 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.309 \\ 0.581 \\ 0.110 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.925 \\ 1.747 \\ 0.329 \end{bmatrix}$$

[D] = 9.011

λ_{max} = 3.004

C.I. = 0.002

C.R. = 0.003

สรุปค่า C.R. = 0.003 ซึ่ง < 0.1 ดังนั้นความสอดคล้องของการเปรียบเทียบอยู่ในค่าที่ยอมรับได้

การให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ทางเลือกเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ C เครื่องปรับอากาศยี่ห้อB และเครื่องปรับอากาศ A ภายใต้เกณฑ์การบำรงรักษา,ประสิทธิภาพ,อายุการใช้งาน,ความปลอดภัย, ราคา และบริการหลังการขาย

ตารางที่ 3 การให้ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์ทางเลือก

ทางเลือก	การบำรุงรักษา	ประสิทธิภาพ	อายุการใช้งาน	ความปลอดภัย	ราคา	บริการหลังการขาย
น้ำหนักเกณฑ์	0.954	0.768	0.349	0.163	0.099	0.067
B	0.300	0.294	0.333	0.927	0.309	0.875
C	0.600	0.588	0.556	0.313	0.581	0.014
A	0.100	0.118	0.111	0.329	0.110	0.143

จะได้ค่าน้ำหนักสำคัญทางเลือก

เครื่องปรับอากาศยี่ห้อB	0.869
เครื่องปรับอากาศยี่ห้อC	1.328
เครื่องปรับอากาศ A	0.299

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาโดยโดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมและเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process)เพื่อตัดสินใจในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีอายุการใช้งานมากกว่า10 ปี และคัดเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในห้องพักของโรงแรมจำนวน 54ห้อง โดยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปรับอากาศเดิม(A) กับเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ 2 ยี่ห้อคือ B และ C พบว่า อัตราค่าไฟต่อปีต่อห้องเครื่องปรับอากาศยี่ห้อ A (12,264.48 บาท) มีค่าสูงกว่ายี่ห้อ B (11,196 บาท) และ C (10,829.53บาท) ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ERR เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ C มีค่าสูงกว่า B และ A คือ 12.22 , 11.83 และ10.77 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาทางเลือกในการคัดเลือกเครื่องปรับอากาศใหม่ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในห้องพักจำนวน 54ห้อง ทางเลือกที่ 1 เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ B ลงทุน 1,344,000 บาท อัตราประหยัดไฟต่อปี 692,375 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 23.29 เดือนอัตราค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปี (A/P,7%,10) 191,358.72 บาท อัตรา b/c มีค่าเท่ากับ 3.61 ทางเลือกที่ 2 เครื่องปรับอากาศยี่ห้อ C ลงทุน 1,400,000 บาท อัตราประหยัดไฟต่อปี 929,847.6 บาท ระยะเวลาคืนทุน 18.06 เดือน อัตราค่าใช้จ่ายของต้นทุนต่อปี (A/P,7%,10) 199,332 บาทอัตรา b/c มีค่าเท่ากับ 4.65 จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค AHP พบว่า ค่าน้ำหนักทางเลือกเครื่องปรับอากาศยี่ห้อใหม่ C มีค่าสูงกว่า B และเครื่องปรับอากาศเดิม(A)เท่ากับ 1.328, 0.869 และ0.299 ตามลำดับ ดังนั้นควรตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ 2 เนื่องด้วยอัตรา b/c ที่สูงกว่าทางเลือกที่ 1 และสอดคล้องกับการคำนวณด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับขั้น (Analysis Hierarchy Process)

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากคณะผู้บริหารโรงแรม NKLB Resort@lanta Krabi ผู้จัดการแผนกการจัดการทรัพยากรบุคคล และขอขอบคุณผู้บริหารงานวิศวกรรม ผู้ช่วยผู้บริหารงานวิศวกรรม และผู้ที่เกี่ยวข้องในแผนกวิศวกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้ ซึ่งมีส่วนทำให้วิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ รวมถึงหลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ในการสนับสนุนเวลาและงบประมาณในการลงทำวิจัยในพื้นทีในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ .2550. เครื่องมือคุณภาพ 7 ประการค้นเมื่อ มกราคม 15,2561จาก http://www.research-system.siam.edu/images/IE/Thachanon/57-3-Wiladda/07_ch2.pdf

จิระวัฒน์ เอมโก**ษา. การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์สำหรับการตัดสินใจเลือกผู้ผลิตชิ้นส่วน กรณีศึกษาโรงงานประกอบรถยนต์.** วิทยา**นิพนธ์**ปริญญาโท สาขา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2544.

จุฑาภรณ์ เชื้อทอง. **การประยุกต์ใช้กระบวนการ AHP เพื่อเลือกผู้แทนจำหน่ายคอมพิวเตอร์** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2548.

ประจวบ อินระวงศ์ และคณะ. **วิเคราะห์ความคุ้มค่าการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานเกิน 10 ปี**, น. 391-396. *ใน* **รายงานการประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 .** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, นครปฐม.2533

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน . 2548. **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. ซีเอ็ดยูเคชัน, กรุงเทพฯ.

สุรกฤษฎ์ นาทธราดล**. การประยุกต์ใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ความคลุมเครือในการคัดเลือกผู้ส่งมอบของอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2551.

สุริยา สนทรารชุน. **การศึกษาเกณฑ์การตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการจ้างงานเทคโนโลยีสารสนเทศภายนอกโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น กรณีศึกษาบริษัท ฟูจิตสึ ซีส เต็ม บีสซีเนส (ประเทศไทย) จำกัด** วิทยา**นิพนธ์**ปริญญาโท สาขาวิทยาการจัดการ **คณะ** บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2552.

ศศินา จันทร์เชย. **การเลือกทำเลที่ตั้งคลังสินค้าโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ กรณีศึกษาบริษัทจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์หล่อลื่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาการจัดการ โลจิสติกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.

อธิยุต จงใจ. **การศึกษาทางเลือกเพื่อใช้เครื่องปรับอากาศของใหม่และของเดิมโดยใช้วิธีคำนวณต้นทุนวงจร**

อายุ(Life Cycle Cost,LCC). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์, 2555.

Damjan Malettic**, "An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) and SensitivityAnalysis for Maintenance Policy Selection" University of Maribor**, Faculty of Organizational Sciences, 2014, Vol 47, pp.177-181.

F.T.S.Chan , H.K.Chan, M.H.Chan and P.K.Humphreys**. An integrated fuzzy approachFor The selection of manufacturing technologies**. Master's Thesis. Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, University of Hong Kong, 2005.

Victor B.Kreng. **strategic justification of advanced manufacturing technology using anextended AHP model. Master's Thesis**. Graduate School of Information Management, National Chen-kung, University of Taiwan Republic of China, 2005.

การลดอุบัติเหตุทางจราจรในสถาบันการศึกษา ด้วยป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก

Reducing Traffic Accidents in Academic Institute Using Dynamic Speed Display Sign

พุทธพล ทองอินทร์ดำ[1*]

Puttapon Thongindam[1*]

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนถนนเป็นอันดับสองของโลกตามสถิติขององค์กรอนามัยโลก โดยมีสาเหตุหลักคือการใช้ความเร็วเกินกำหนด และยังพบว่าสถานที่ของการเกิดอุบัติเหตุครอบคลุมถึงสถาบันการศึกษา ซึ่งนักศึกษาและบุคคลากรจำนวนมากนิยมใช้จักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทาง งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้ป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก (DSDS) แบบแสดงตัวเลขความเร็วจริงของการขับขี่ที่พัฒนาขึ้น เพื่อลดจำนวนอุบัติเหตุบนถนนโดยรอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ผลจากการวิจัยพบว่ากรณีไม่ติดตั้งป้าย DSDS ผู้ใช้ทางจำนวนมากฝ่าฝืนความเร็วเกิน 30 กิโลเมตร/ชั่วโมง ที่กำหนดไว้ ในขณะที่การติดตั้งป้าย DSDS ช่วยลดความเร็วเฉลี่ย ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ และลดอัตราร้อยละของผู้ฝ่าฝืนความเร็วก่อนถึงจุดเสี่ยงได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก, การลดการชน, อุบัติเหตุในสถาบันการศึกษา

ABSTRACT

Thailand has the second highest road traffic fatality rate in the world according to the statistic reported by World Health Organization. One of the main causes of accidents in Thailand is speed violation. The accident locations cover all type of area including in the academic institutes where motorcycle are the predominant mode of transport. This research is focused on reducing the crash number in Rajamangala University of Technology Thanyaburi road network using Dynamic Speed Display Sign (DSDS) with numeric values corresponding to the driver's actual speed. It has been found that without DSDS number of drivers violated the speed limit of 30 km/hr. In contrast, Installation of DSDS before the hazardous spot significantly reduce average speed, 85th percentage speed, and the percentage of vehicles exceeding the speed limit.

Keywords: Dynamic Speed Display Sign, Crash reduction, Accidents in academic institutes

---

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Klong Hok, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : puttapon.t@en.rmutt.ac.th

บทนำ

รายงาน Global Status Report on Road Safety ขององค์การอนามัยโลกประจำปี ค.ศ. 2015 ได้มีการรายงานว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอัตราการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนนสูงเป็นอันดับสองของโลก [WHO, 2015] เป็นรองประเทศมาลาวีเท่านั้น โดยมีอัตราการเสียชีวิต 36.2 คนต่อประชาการหนึ่งแสนคน และเมื่อพิจารณาจากตัวเลขจำนวนผู้บาดเจ็บและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุทางถนน ระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2558 ที่เก็บรวบรวมโดยสำนักงานตำรวจแห่งชาติ พบว่ายอด ดังกล่าว ยังไม่ได้ตามเป้าหมายที่รัฐบาลไทยได้ประกาศให้ช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2563 เป็น “ทศวรรษแห่งความปลอดภัยทางถนน” (Decade of Action for Road Safety 2011 – 2020) โดยที่จำนวนผู้เสียชีวิตและผู้ได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุการจราจรทางถนนจะต้องลดลงร้อยละ 50 ภายในปี ค.ศ. 2020 [องค์การอนามัยโลก, 2558]

ทั้งนี้พบว่าในสถาบันการศึกษา เช่น โรงเรียน หรือมหาวิทยาลัย ก็มีจำนวนอุบัติเหตุเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากมีความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างมากและมีจำนวนเที่ยวการเดินทาง (trip) ต่อวันค่อนข้างสูง เช่น การเดินทางระหว่างอาคาร โดยเฉพาะชั่วโมงเร่งด่วนในช่วงเช้า และช่วงพักกลางวัน จะมีความสุ่มเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบริเวณทางร่วมทางแยกมากเป็นพิเศษ และสาเหตุที่สำคัญอีกประการของการเกิดอุบัติเหตุในสถาบันการศึกษาที่แตกต่างจากการจราจรบนถนนหลวงทั่วไป คือ ขาดเจ้าหน้าที่ ที่มีอำนาจเด็ดขาดในการควบคุมการใช้ทางให้เป็นไปตามกฎจราจรอย่างเคร่งครัด

เครื่องแจ้งเตือนความเร็วแบบไดนามิก (DSDS) เป็นที่นิยมมากขึ้น และแสดงให้เห็นชัดว่ามีอิทธิพลต่อความเร็วของยานพาหนะ เครื่อง DSDS เป็นป้ายสัญญาณแจ้งเตือนแบบโต้ตอบ ที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับความเร็วของยานพาหนะ เพื่อวัตถุประสงค์ให้ผู้ขับขี่ตระหนักถึงความเร็วปัจจุบันของพวกเขา [T. Gehlert et al., 2012] การนำ DSDS มาใช้งาน ส่วนใหญ่ติดตั้งบริเวณพื้นที่ ที่มีความสำคัญหรือเสี่ยงเกิดอุบัติเหตุ เช่น โรงเรียน [Lee, Lee, Choi and Oh, 2006] เขตอุตสาหกรรม [Ullman and Rose, 2005] ทางแยก หรือบริเวณที่ผู้ขับขี่ไม่สามารถปรับความเร็วได้อย่างเหมาะสม [Cruzado & Donnell, 2009] ซึ่งผลการทดสอบในสถานการณ์ต่างๆ จากงานวิจัยต่างประเทศ ผลปรากฏว่าผู้ใช้ทาง มีความตระหนักถึงความเร็วในการขับขี่มากขึ้นในบริเวณที่มีการติดตั้งเครื่อง DSDS

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น จึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่มุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้ป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิกดังแสดงในภาพที่ 1 เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้ความเร็วในมหาวิทยาลัยและพื้นที่โดยรอบ รวมทั้งวิเคราะห์หาแนวทางที่เหมาะสมในการใช้เครื่องมือดังกล่าว เพื่อลดจำนวนอุบัติเหตุในสถาบันการศึกษา โดยเลือกใช้พื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีเป็นกรณีศึกษาในระยะเริ่มต้นนี้



ภาพที่ 1 ป้ายแจ้งเตือนความเร็วแบบไดนามิก

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีปัจจุบันช่วยให้แสดงสัญญาณความเร็วแบบไดนามิกที่ทันสมัย โดยสามารถปรับแต่งเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะลักษณะถนนและสถานการณ์ [Conrad L. Dudek, 2004] เครื่องแจ้งเตือนความเร็วหรือ DSDS เป็นเครื่องมือสำหรับเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ใช้ทาง ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศในแถบยุโรป เครื่อง DSDS จะทำหน้าที่โน้มน้าวให้ผู้ขับขี่ใช้ความเร็วต่ำลงซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญ [A. Ardeshiri, M. Jeihani, 2014; E. Schechtman et al.,2016; V. Truelove et al., 2017] ทั้งนี้มีผลการศึกษาที่ระบุว่า ว่าผู้ที่ใช้ความเร็วในการขับขี่ต่ำจะช่วยลดความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุทางถนนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในทุกๆความเร็วเฉลี่ย 1.6 กม./ชม. ที่ลดลงจะทำให้ลดการเกิดอุบัติเหตุทางถนนได้มากถึงร้อยละ 7 [Taylor et al., 2000] โดยลักษณะการทำงานของเครื่อง DSDS จะทำการแจ้งความเร็วต่อผู้ขับขี่ที่กำลังเคลื่อนที่เข้าหาป้ายแบบทันที โดยใช้คลื่นเรดาร์คอปเลอร์แบบต่อเนื่อง (Continuous Wave Doppler Radar) ในบางรุ่นสามารถแสดงผลในรูปแบบอื่นๆเพิ่มเติมในลักษณะแตกต่างกันไป เช่น การแสดงสีหน้าและอารมณ์ หรือการแสดงตัวเลขสีแดงเมื่อขับเร็วเกินไป และสีเขียวเมื่อความเร็วอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

โดยต่อมาได้มีการนำเครื่อง DSDS มาใช้ศึกษาลดความเร็วของผู้ขับขี่ในสายทางที่ลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน [Rose and Ullmann, 2003] ได้แก่ เขตโรงเรียน บริเวณก่อนถึงทางแยก และทางโค้ง โดยที่มีการติดตั้งป้ายแสดงขีดจำกัดความเร็ว และป้ายเตือนอื่นๆร่วมด้วย ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าเครื่อง DSDS มีประสิทธิภาพในการลดความเร็วเฉลี่ยและความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ได้แตกต่างกันออกไปในแต่ละตำแหน่งทดสอบ สามารถช่วยลดสัดส่วนผู้ใช้ความเร็วเกินค่าขีดจำกัดความเร็วได้มากถึงร้อยละ 60 และยังพบว่าในบางตำแหน่งทดสอบส่งอิทธิพลต่อผู้ขับขี่ทั้งช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน

ในขณะที่ต่อมามีการศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาประสิทธิภาพของเครื่อง DSDS ได้มีการเลือกพิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งเครื่อง DSDS [Walter and Knowles, 2008] โดยพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความเร็วได้แก่

- ช่วงทางตรงของถนนที่เอื้อต่อการใช้ความเร็วสูง
- ห่างจากทางแยก
- ห่างจากทางข้าม
- บริเวณจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงขีดจำกัดความเร็ว
- บริเวณที่มีหลักฐานหรือปัญหาจากการใช้ความเร็ว
- บริเวณที่มีประวัติการเกิดอุบัติเหตุทางถนนสูง
- ก่อนถึงโรงเรียน / โรงพยาบาล

ดังนั้นแนวทางในการเลือกพื้นที่เสี่ยงภัยทางจราจรควรในสถาบันการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกเก็บข้อมูลทดสอบจากบริเวณที่มีความสอดคล้องกับงานศึกษาเดิม [Walter and Knowles, 2008] เป็นหลัก และการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ความเร็ว สามารถแสดงในรูปแบบของตัวแปรทางด้านวิศวกรรมการจราจร เช่น ค่าความเร็วเฉลี่ยเลขคณิต (arithmetic mean speed) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่าความเร็วฐานนิยม (mode or modal speed) และความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ เป็นต้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

ป้ายแจ้งเตือนความเร็วที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ คือ ป้ายแจ้งเตือนความเร็วรุ่น TEMPODIS 350 ซึ่งทีมวิจัยได้มีการพัฒนาให้เป็นแบบติดตั้งบนหลังคาของรถยนต์ส่วนบุคคลทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อให้สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายจุดเก็บข้อมูล โดยเครื่องมือดังกล่าวสามารถแจ้งเตือนความเร็วได้ทั้ง 2 ทิศทาง คือ ยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าหาป้าย และรถยนต์ในทิศทางตรงกันข้ามที่เคลื่อนที่ออกจากป้าย และสามารถตรวจวัดยานพาหนะที่มีความเร็วตั้งแต่ 5-199 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีหน่วยความจำ 2 กิกะไบต์ (gigabyte) ซึ่งเก็บบันทึกข้อมูลยานพาหนะได้มากถึง 40 ล้านคัน โดยเครื่องแจ้งเตือนความเร็วจะแสดงผลเป็นตัวเลขสีเขียวแบบนิ่งเมื่อความเร็วของยานพาหนะต่ำกว่าค่าสูงสุดที่กำหนด และจะแสดงผลเป็นตัวเลขสีแดงแบบกระพริบเมื่อความเร็วของยานพาหนะสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ โดยขั้นตอนในการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้โดยสังเขปดังนี้

1. ทำการเลือกพื้นที่วิจัยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยจราจร โดยได้เลือกถนนชัยคุณา ซึ่งมีลักษณะเป็นทางตรงยาวเชื่อมต่อกับสี่แยกหลัก ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นถนนภายในมหาวิทยาลัยที่มีประวัติการเกิดอุบัติเหตุทางจราจรจากการใช้ความเร็วสูง
2. เลือกตำแหน่งพิกัดของ DSDS ที่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า [Walter and Knowles, 2008]
3. ทำการทดสอบความน่าเชื่อถือผลข้อมูลการวัดความเร็วและปริมาณจราจรของ DSDS เทียบกับยานพาหนะที่วิ่งด้วยความเร็วตามกำหนด และผลการนับปริมาณจราจรโดยใช้แรงงานคน
4. เก็บข้อมูลการใช้ความเร็วของพื้นที่เป้าหมาย ตลอดช่วงเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่แสดงการทำงานผ่านจอของ DSDS เพื่อให้ได้พฤติกรรมการใช้ความเร็วที่แท้จริงของผู้ใช้ทาง
5. วิเคราะห์ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องพฤติกรรมการใช้ความเร็วของผู้ใช้ทาง
6. เก็บข้อมูลการใช้ความเร็วของพื้นที่เป้าหมาย โดยแสดงการทำงานผ่านจอของ DSDS เพื่อศึกษาอิทธิพลของ DSDS ต่อพฤติกรรมการใช้ความเร็วของผู้ใช้ทาง
7. วิเคราะห์ผลทดสอบและสรุปผล



ภาพที่ 2 ป้ายแจ้งเตือนความเร็วแบบไดนามิกแบบเคลื่อนที่ของศูนย์ความเป็นเลิศด้านโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีท่าอากาศยาน (CEIA) ของ มทร.ธัญบุรี

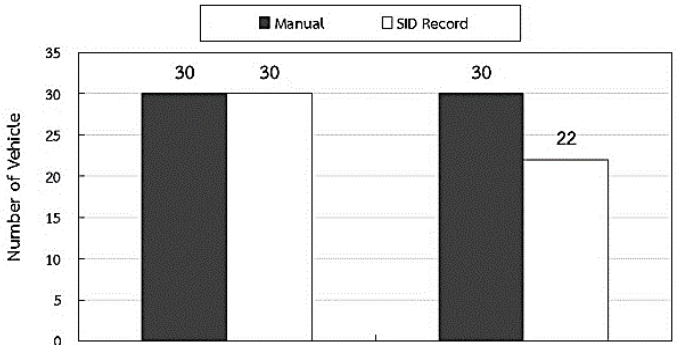


ภาพที่ 3 ตำแหน่งพื้นที่ทำการทดสอบตรวจวัดการใช้ความเร็วในมหาวิทยาลัย

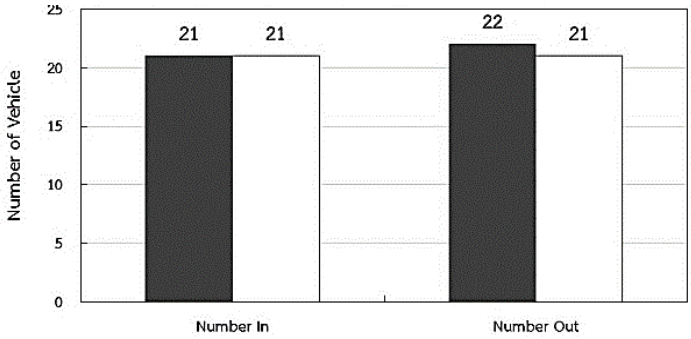
ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแจ้งเตือนความเร็ว

จากการทดสอบการทำงานของเครื่อง DSDS ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ใน 2 รูปแบบ พบว่าจากการทดสอบแบบปิดพื้นที่จราจร เครื่อง DSDS สามารถนับจำนวนยานพาหนะในทิศทางขาเข้าได้อย่างถูกต้อง ในขณะที่ทิศทางขาออกมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 27 เมื่อเปรียบเทียบกับการนับด้วยแรงงานคน และกรณีการทดสอบแบบเปิดพื้นที่การจราจร เครื่อง DSDS ยังคงนับจำนวนยานพาหนะในทิศทางขาเข้าได้แม่นยำ แต่มีความคลาดเคลื่อนด้านขาออกน้อยกว่าการนับด้วยคน 1 คัน ดังแสดงในภาพที่ 4 เพราะฉะนั้นการนำเครื่อง DSDS ไปใช้ในการทดสอบในสายทางควรเลือกพิจารณาเฉพาะในทิศทางจราจรพุ่งเข้าหาจอแสดงผลของเครื่อง DSDS เพื่อความถูกต้องแม่นยำในการนับจำนวนยานพาหนะ



(ก) รูปแบบปิดพื้นที่จราจร

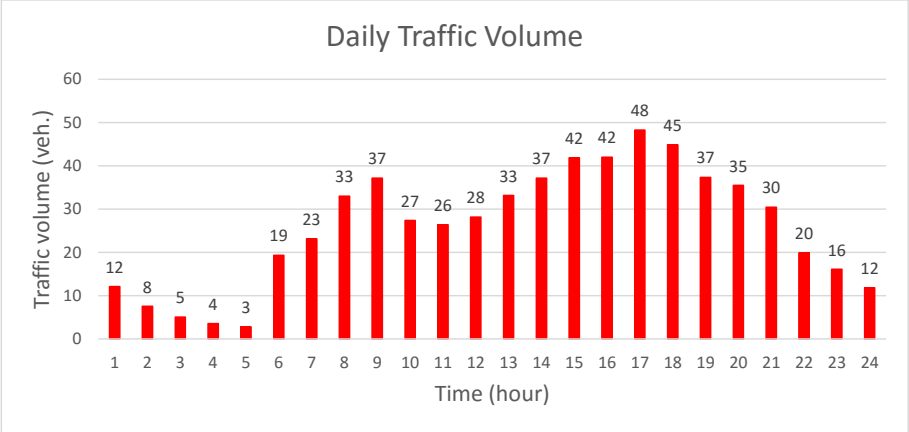


(ข) รูปแบบเปิดพื้นที่จราจร

ภาพที่ 4 ผลเปรียบเทียบข้อมูลจำนวนของยานพาหนะจากการนับด้วยเครื่อง DSDS และนับด้วยแรงงานคน

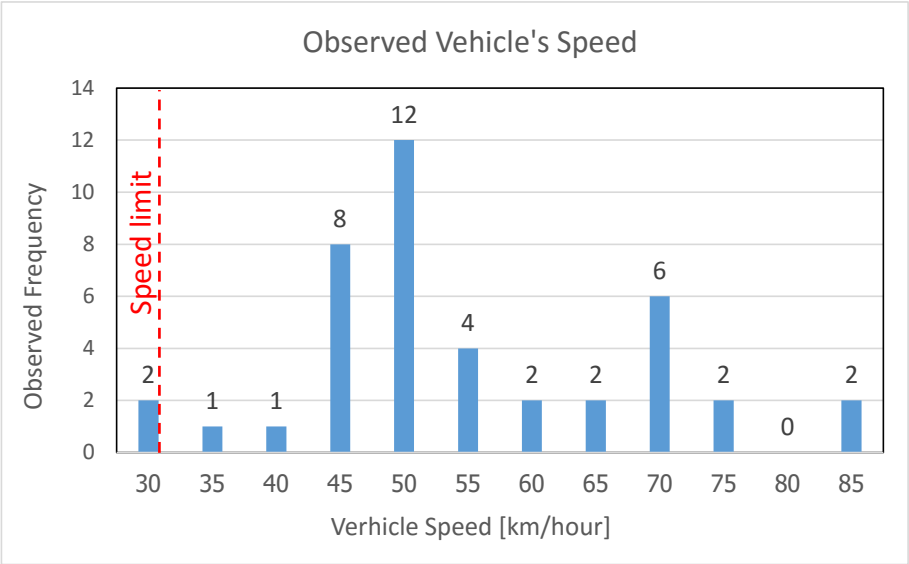
2 ผลทดสอบพฤติกรรมการใช้ความเร็วจากเครื่อง DSDS กรณีไม่แสดงผลผ่านจอแสดงผล

การเก็บข้อมูลปริมาณจราจรของพื้นที่เป้าหมายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก ได้ผลทดสอบดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งพบว่ามีรูปแบบที่ชัดเจน คือ มีช่วงเวลาปริมาณจราจรสูงสุดช่วงเช้าระหว่างเวลา 8.00-9.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนเริ่มคาบเรียนแรกส่วนใหญ่ของทุกคณะฯ ในมหาวิทยาลัย และปริมาณจราจรจะพุ่งสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเย็นระหว่างเวลา 17.00-18.00 น. ซึ่งเป็นเวลาเลิกงานและเดินทางกลับบ้านของนักศึกษาและบุคคลากรในมหาวิทยาลัย โดยพบว่าช่วงของเส้นทางที่ศึกษามีปริมาณจราจรโดยประมาณ 624 คัน/วัน

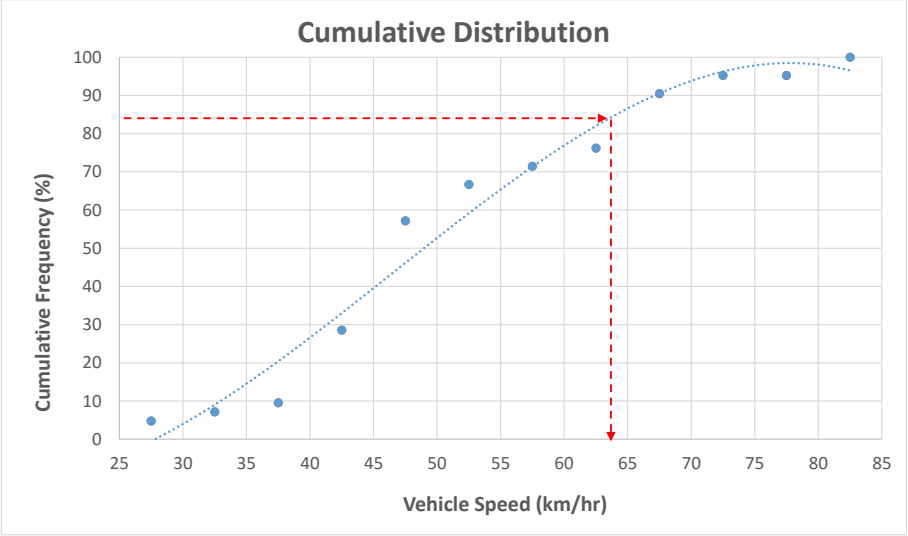


ภาพที่ 5 ข้อมูลปริมาณจราจรในพื้นที่เป้าหมายในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลด้วย DSDS ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง คือ ตั้งแต่เวลา 15.00-16.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีสภาพการจราจรน้อย เอื้อให้ผู้ใช้ทางใช้ความเร็วได้มาก และการเก็บข้อมูลแบบไม่แสดงผลผ่านจอทำให้พฤติกรรมการใช้ความเร็วเป็นไปตามปกติ ทำให้ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งเป็นการแยกระดับความเร็วของผู้ใช้ทาง เมื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดการใช้ความเร็วไม่เกิน 30 กม./ชม. (Speed limit zone) ในเขตมหาวิทยาลัย พบว่าผู้ใช้ทางมากกว่าร้อยละ 95 ใช้ความเร็วเกินกว่าที่กำหนด และมีการใช้ความเร็วที่ระดับ 85 เปอร์เซ็นไทล์สูงถึง 64 กม./ชม. ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 6 การแบ่งแยกช่วงการใช้ความเร็วในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. เทียบกับการจำกัดความเร็ว 30 กม./ชม.



ภาพที่ 7 พฤติกรรมการใช้ความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ในช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

ทั้งนี้เมื่อทำการทดสอบเก็บข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกัน แต่ปรับรูปแบบให้เครื่อง DSDS แสดงผลการแจ้งความเร็วให้กับรถทุกคันที่พุ่งเข้าหาป้าย และแสดงด้วยตัวเลขสีเขียวแบบนิ่งเมื่อความเร็วต่ำกว่า 30 กม./ชม. ในทางกลับกันจะแสดงตัวเลขสีแดงกระพริบแจ้งเตือน เมื่อมีการใช้ความเร็วเกินกว่า 30 กม./ชม. พบว่าป้าย DSDS มีอิทธิพลกับผู้ใช้ทางอย่างเห็นได้ชัดดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าค่าความเร็วเฉลี่ยลดลงมากกว่า 15 กม./ชม. ในขณะที่ค่าความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นไทล์ลดลงเหลือแค่เพียง 43.6 กม./ชม. ซึ่งการเปิดใช้งานป้าย DSDS แบบแสดงผล (active screen) นั้นสามารถทำให้ผู้ใช้ทางลดความเร็วลงก่อนถึงทางแยกได้อย่างมีนัยสำคัญนั้น ย่อมแสดงถึงการเพิ่มความตระหนัก และระมัดระวัง และทำให้ความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุทางจราจรนั้นลดลงได้ในลักษณะแปรผันตามกัน

ตารางที่ 1 อิทธิพลของป้าย DSDS ต่อการใช้ความเร็วของผู้ใช้ทางในช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

Traffic characteristics	Inactive screen	Active screen	unit
Traffic volume	42	56	veh./hr.
Arithmetic mean speed	52.38	36.52	km/hr.
Modal speed	45 – 50	35 – 40	km/hr.
85th-percentile speed	64.0	43.6	km/hr.

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาหาแนวทางการประยุกต์ใช้ป้ายแจ้งความเร็วแบบไดนามิก หรือป้าย DSDS เพื่อลดแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่สถาบันการศึกษาครั้งนี้ สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

- ป้าย DSDS มีความแม่นยำและถูกต้องในการเก็บข้อมูลกับยานพาหนะที่พุ่งเข้าป้าย แต่มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างสำหรับการเก็บข้อมูลยานพาหนะในทิศทางตรงกันข้าม
- ลักษณะปริมาณการจราจรในสถาบันการศึกษามีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับกิจกรรมของนักศึกษาและบุคคลากร เช่น การจัดตารางการเรียนการสอน และช่วงเวลาพักระหว่างวัน เป็นต้น
- ในช่วงเวลาที่การจราจรไม่คับคั่ง และลักษณะทางเอื้อต่อการใช้ความเร็ว ในกรณีศึกษานี้พบว่าผู้ใช้ทางไม่มีความตระหนักถึงการจำกัดความเร็ว 30 กม./ชม. โดยผู้ใช้ทางมากกว่าร้อยละ 95 ใช้ความเร็วสูงกว่ากำหนด
- การติดตั้งให้ป้าย DSDS แจ้งความเร็วผ่านจอแสดงผล มีอิทธิพลกับการลดความเร็วของผู้ใช้ทางอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความตระหนักรู้ และลดปริมาณและความรุนแรงของอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้บริเวณทางร่วมหรือทางแยกในสถาบันการศึกษา

โดยประเด็นต่างๆ ข้างต้นนี้เป็นเพียงข้อสรุปจากผลการเก็บและศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น การศึกษาอิทธิพลของป้าย DSDS ต่อพฤติกรรมการใช้ความเร็วของผู้ใช้ทางในสถาบันการศึกษา ยังจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมของสถานการณ์และช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปให้ครบสมบูรณ์ เช่น ช่วงระยะเวลาเปิดหรือปิดภาคการศึกษา ช่วงระยะเวลามีเหตุการณ์สำคัญของสถาบัน เช่น กีฬาสถาบัน เป็นต้น รวมทั้งการศึกษาถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการสลับสถานีติดตั้งป้าย DSDS เพื่อให้ผู้ใช้ทางไม่เกิดความเคยชิน และกลับไปใช้ความเร็วที่เกินกำหนดเหมือนเดิม โดยประเด็นต่างๆ เหล่านี้คณะผู้วิจัยจะดำเนินการศึกษาต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2560 ในการดำเนินโครงการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณทีมนักวิจัยและนักศึกษาในศูนย์ความเป็นเลิศด้านโครงสร้างพื้นฐานและเทคโนโลยีท่าอากาศยาน (Center of Excellence of Infrastructure & Airport Technology, CEIA) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ธัญบุรี ทุกท่านที่ร่วมแรงร่วมใจดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

World Health Organization (WHO). 2015. **Global Status Report on Road Safety 2015**, Italy,

องค์การอนามัยโลก, “รายงานสถานการณ์โลกด้านความปลอดภัยทางถนน พ.ศ. 2558,” WHO/NMH/NVI/15.6, 2558.

A. Ardeshiri and M. Jeihani. 2014. **A speed limit compliance model for dynamic speed display sign.** Journal Safety Research, vol. 51, pp. 33-40.

Cruzado, I., & Donnell, E. T. 2009. **Evaluating effectiveness of dynamic speed display signs in transition zones of two-lane**. rural highways in Pennsylvania, Transportation Research Record, 1–8.

Dudek, C. L. 2004. **Changeable message sign operation and messaging handbook.** report: FHWA-OP-03-070. FHWA, U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

E. Schechtman, H. Bar-Gera, and O. Musicant. 2016. **Driver views on speed and enforcement**. Accident Analysis and Prevention, vol. 89, pp. 9-21.

Lee, C., Lee, S., Choi, B., & Oh, Y. 2006. **Effectiveness of speed-monitoring displays in speed reduction in school zones.** Transportation Research Record, 27–35

Rose, E. R. and Ullman, G. L. 2003. **Evaluation of Dynamic Speed Display Signs (DSDS).** Report No. FHWA/TX-04/0-4475-1, Federal Highway Administration.

Taylor, M.C., Lynam, D.A. and Baruya, A. 2000. **the Effects of Drivers' Speed on the Frequency of Road Accidents.** TRL Report 421, Transport Research Laboratory.

T. Gehlert, C. Schulze, and B. Schlag. 2012. **Evaluation of different types of dynamic speed display signs**. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 15, pp. 667-675.

Ullman, G. L., & Rose, E. R. 2005. **Evaluation of dynamic speed display signs.** Transportation Research Record, 92–97.

V. Truelove, J. Freeman, E. Szogi, S. Kaye, J. Davey, and K. Armstrong. 2017. **Beyond the threat of legal sanctions: What deters speeding behaviours?**. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, vol. 50, pp. 128-136.

Walter, L.K. and Knowles, J. 2008. **Effectiveness of Speed Indicator Devices on Reducing Vehicle Speeds in London**. PPR 314, Transport Research Laboratory.

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10

“ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

Session 3

สาขาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี

ภาคโปสเตอร์

การประยุกต์ใช้ตัวแบบเกรย์เพื่อการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้า : กรณีศึกษาพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดตาก

Application of Grey Model to Forecast Electricity Consumption : A Case Study of West of Tak Province

จักรกฤษณ์ เคลือบวัง[1*]

Jukkrit Kluabwang[1*]

บทคัดย่อ

รัฐบาลไทยได้กำหนดแผนแม่บทพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษทั้งประเทศ ระยะที่ 1 จำนวน 5 พื้นที่ เพื่อรองรับการจัดตั้งประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนที่มีกำหนดเสร็จสิ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2558 เขตเศรษฐกิจพิเศษแม่สอดจังหวัดตากเป็นหนึ่งในแผนแม่บทดังกล่าว พลังงานไฟฟ้ามีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนแผนพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษให้สำเร็จ บทความวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอผลการศึกษาเรื่องการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับพื้นที่เขตเศรษฐกิจแม่สอดและพื้นที่ใกล้เคียงหรือฝั่งตะวันตกของจังหวัดตาก ด้วยตัวแบบถดถอยเชิงเส้น (LR) จำนวน 2 ชนิด คือ ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นผ่านจุดกำเนิด (LRo) กับ ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นไม่ผ่านจุดกำเนิด (LRn) และตัวแบบพยากรณ์เกรย์ GM(1,1) ที่ได้รับความนิยมในการประยุกต์ใช้งานเพื่อการพยากรณ์สำหรับกรณีที่มีข้อมูลตัวอย่างจำนวนจำกัด งานวิจัยนี้อาศัยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ารายปีจากรายงานของสถานีไฟฟ้าแม่สอดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2558 สำหรับการทำตัวแบบและข้อมูลระหว่างปี พ.ศ.2559 ถึง พ.ศ.2560 สำหรับการทดสอบตัวแบบ หลังจากสร้างเสร็จจะถูกใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกห้าปีข้างหน้า การประเมินคุณภาพตัวแบบ 2 ตัวชี้วัด คือ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน (Percentage Error, PE) และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ร้อยละความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ผลการคำนวณเพื่อสร้างตัวแบบ พบว่าค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสูงสุดของ LRo LRn และ GM(1,1) เป็น -7.29 -6.29 และ -2.76 ตามลำดับ ส่วนค่า MAPE เป็น 2.9 2.84 และ 1.65 ตามลำดับ เมื่อทดสอบตัวแบบพบว่าค่า MAPE ของ LRo LRn และของ GM(1,1) เป็น 12.9 10.96 และ 6.92 ตามลำดับ แสดงว่าตัวแบบพยากรณ์เกรย์มีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากมีค่า MAPE ต่ำที่สุด เมื่อนำมาใช้เพื่อการพยากรณ์ในปี พ.ศ.2565 จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 524 กิกะวัตต์ชั่วโมง

คำสำคัญ : การใช้พลังงานไฟฟ้า, การถดถอยเชิงเส้น, ตัวแบบพยากรณ์เกรย์

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลไม้งาม อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000

[1] Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Mai-Ngarm Sub-district, Muang District, Tak Province 63000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : jukkrit_k@rmut

ABSTRACT

Thai government had issued a master plan to develop five special economic zones (SEZs) in first phase around country in order to support ASEAN Economic Community activity in 2015. Special Economic zone Maesot, namely SEZ-Maesot, is one of the SEZs. Electricity Energy plays an important role to drive these SEZs to their goals. The research article proposes a study of forecasting electricity consumption of the SEZ-Maesot and surrounding district or all the study area can be defined as the west of Tak province. Two forecasting techniques, linear regression (LR) and original grey prediction model or GM(1,1), have been applied here. LR were divided into two models, LR passed the origin (LRo) and LR unpassed the origin (LRn). Recently, GM(1,1) is widely used to predict a trend of interested system with limited sample number. This research used annually electricity consumption data provided by EGAT's substation Maesot which is responsible to support electricity to the west of Tak province. Data between year 2010 and 2015 were computed for modelling both models, LR and GM(1,1). To validate the obtained models, data between year 2016 and 2017 were elaborated. After that, both completed models will be used to forecast electricity consumption of this area for next five years. There are two main evaluation indexes, percentage error (PE) and mean absolute percentage error (MAPE), used in this work. Computational results from modelling showed that the maximum PE of LRo LRn and GM(1,1) are -7.29 % -6.29 % and -2.76 %, respectively. In addition to their MAPE are 2.9 % 2.84 % and 1.65 % as well. Models in testing returned MAPEs of LRs and of GM(1,1) at 12.9 % 10.96 % at 6.92 %, respectively. These obvious results indicate that GM(1,1) model is most suitable for this problem. It forecasts that electricity consumption in west of Tak province will reach 524 GWh in 2022.

Keyword: electricity consumption, linear regression, grey prediction model

บทนำ

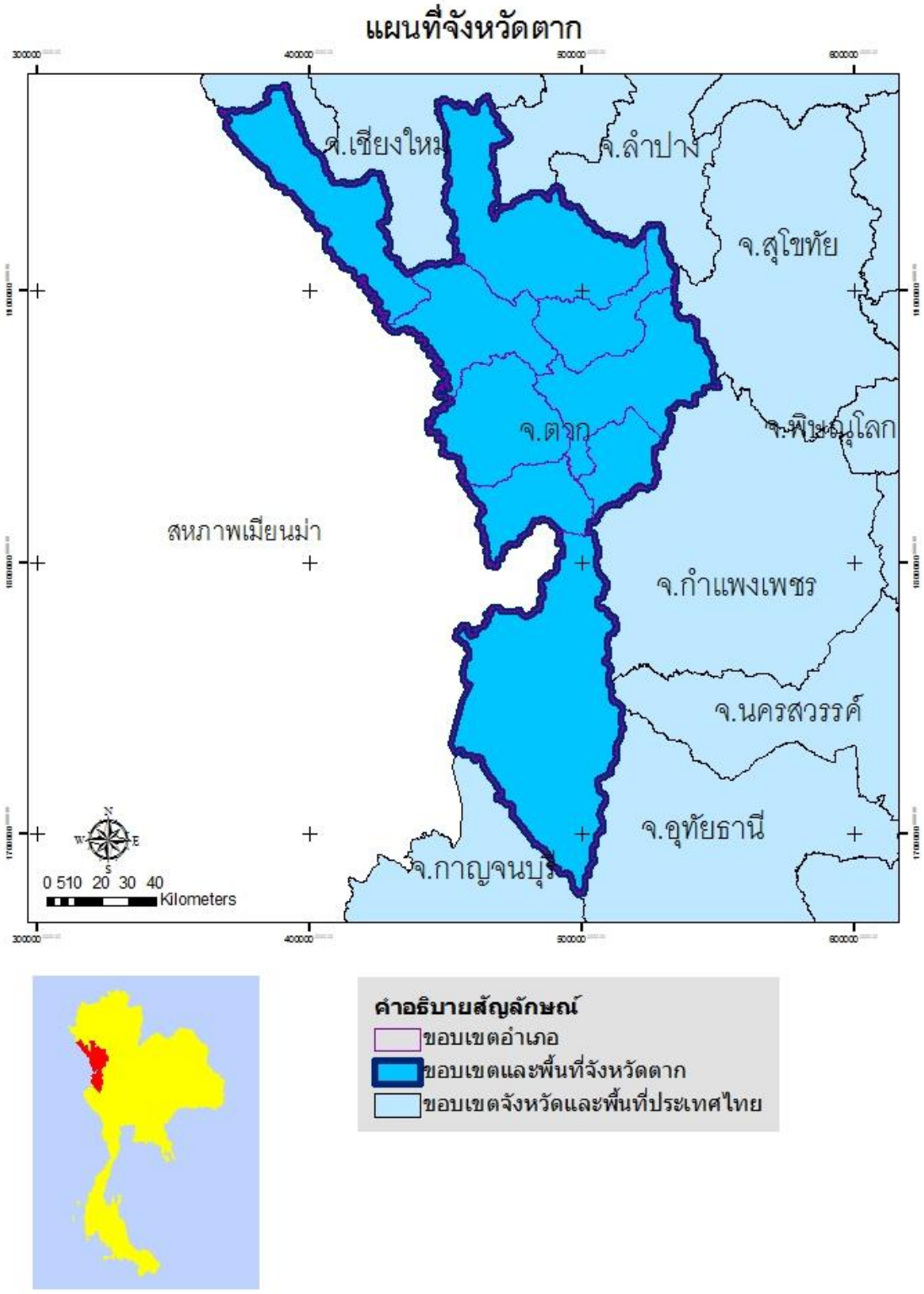
พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญต่อการขับเคลื่อนและการเติบโตของระบบเศรษฐกิจของชาติ เช่นพลังงานเชื้อเพลิงถูกใช้มากสำหรับระบบขนส่งสินค้าทั้งทางน้ำ ทางบก และทางอากาศ ส่วนพลังงานไฟฟ้าถูกใช้สำหรับภาคการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมตลอดจนภาคการท่องเที่ยวและภาคที่พักอาศัยของเมืองใหญ่ในประเทศ รัฐบาลไทยตระหนักถึงความสำคัญของการพัฒนาเขตประเทศบนฐานการพัฒนาเศรษฐกิจที่ยั่งยืนและความมั่นคงด้านพลังงานของชาติ (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560) นอกจากนี้ยังได้วางยุทธศาสตร์เพื่อรองรับความร่วมมือกลุ่มประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือ อาเซียน (Association of Southeast Asia Nations) โดยมีนโยบายให้กำหนดเขตเศรษฐกิจพิเศษระยะที่ ๑ ที่มีชายแดนติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน จำนวน ๕ พื้นที่ (การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2558) ได้แก่เขตพัฒนาเศรษฐกิจสงขลาติดกับประเทศมาเลเซีย เขตพัฒนาเศรษฐกิจสระแก้วติดกับประเทศกัมพูชา เขตพัฒนาเศรษฐกิจมุกดาหารติดกับประเทศลาว เขตพัฒนาเศรษฐกิจสระแก้วติดกับประเทศกัมพูชา เขตพัฒนาเศรษฐกิจตราดติดกับประเทศกัมพูชา และเขตพัฒนาเศรษฐกิจตากติดกับประเทศพม่า (สำนักงานจังหวัดตาก, 2561) ดังนั้นเพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดตากซึ่งถูกเลือกใช้จัดตั้งเขตเศรษฐกิจตากหรือเขตเศรษฐกิจแม่สอด ทั้งนี้เพื่อให้เห็นแนวโน้มหรือทิศทางการเติบโตด้านความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนที่จะมีการจัดตั้งเขตเศรษฐกิจพิเศษแม่สอด ผู้วิจัยเสนอวิธีการพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยตัวแบบเกรย์ (grey prediction model) (Chen and Wang, 1982; Deng, 1982, 1989; Ziren and Quanxin, 2016; Hsu and Chen, 2003; Huiru, et al.,2016; Yi-Shian and Lee-Ing, 2011; Kluabwang, 2018) ด้วยเหตุผลของจำนวนข้อมูลที่มีอยู่จำกัด คือ 6 ชุด (พ.ศ.2553-2558) สำหรับการสร้างตัวแบบ (modelling) และ อีก 2 ชุด (พ.ศ.2559-2560) สำหรับการทดสอบตัวแบบ (testing) เพื่อเปรียบเทียสมรรถนะของการพยากรณ์ งานวิจัยนี้ยังได้สร้างตัวแบบอีก 2 ชนิด ได้แก่ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นชนิดผ่านจุดกำเนิด (LRo) กับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นชนิดไม่ผ่านจุดกำเนิด (LRn) สำหรับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นเป็นตัวแบบดั้งเดิมที่มีลักษณะการใช้งานง่าย โครงสร้างไม่ซับซ้อน นักวิจัยบางแห่งยังคงใช้พยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศอิตาลีเมื่อ ปี ค.ศ.2013 (Bianco, Manca and Nardini, 2013)

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้คือพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดตากหรือด้านซ้ายมือของภาพที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่ตามพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษตาก สายส่งกำลังไฟฟ้าหลักที่เชื่อมต่อกับโครงข่ายกำลังไฟฟ้าประเทศ ส่งผ่านกำลังไฟฟ้าด้วยระดับแรงดัน 22 กิโลโวลต์ และ ระดับแรงดัน 115 กิโลโวลต์ เริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าระบบเมื่อเดือนกันยายน พ.ศ.2558 แนวสายส่งกำลังไฟฟ้ามาตามทางหลวงหมายเลข 12 ตาก-แม่สอด

ตัวแบบพยากรณ์เกรย์ (grey prediction model)

ตัวแบบพยากรณ์เกรย์ สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวแบบเกรย์ดั้งเดิม (Deng, 1982, 1989) หรือ GM(1,1) ซึ่งหมายเลข 1 ซ้ายมือแสดงถึงตัวแบบเป็นสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ส่วนหมายเลข 1 ขวามือ คือจำนวนตัวแปรหนึ่งตัว



ภาพที่ 1 พื้นที่อาณาเขตของจังหวัดตาก (สำนักแรงงานจังหวัดตาก, 2561)

ตัวชี้วัดสมรรถนะของตัวแบบ (performance index)

ตัวชี้วัดสมรรถนะของตัวแบบการพยากรณ์สำหรับงานวิจัยนี้ เลือกใช้ 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ ร้อยละของความคลาดเคลื่อน (Percentage Error หรือ PE) กับ ค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์ร้อยละของความคลาดเคลื่อน (Mean Average Percentage Error หรือ MAPE) (Lewis, 1982) แสดงดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$PE = (y - y') \times 100/y \quad (1)$$

$$MAPE = \sum_{k=1}^{n} |PE|_k \quad (2)$$

เมื่อตัวแปร *y* คือพลังงานไฟฟ้าจริงที่ใช้ มีหน่วยเป็น ล้านหน่วย หรือ จิกกะวัตต์ชั่วโมง (GWh) ส่วน *y'* คือพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากตัวแบบ หรือจากการพยากรณ์ มีหน่วยเป็น ล้านหน่วย เช่นเดียวกัน *n* คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผล

การสร้างตัวแบบถดถอยเชิงเส้นแบบผ่านจุดกำเนิด (Linear Regression model หรือ LRo) กับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นแบบไม่ผ่านจุดกำเนิด (Linear Regression model หรือ LRn) โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเขตฝั่งตะวันตกของจังหวัดตากระหว่างปี พ.ศ.2553 ถึง 2558 แทนลงในสมการเชิงเส้น ดังสมการที่ (3)

$$y = ax + b \quad (3)$$

เมื่อตัวแปร *y* คือพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ล้านหน่วย ปกติ หนึ่งหน่วย มีค่า หนึ่งกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) ตัวแปร *x* คือ เวลา มีหน่วยเป็นปี ส่วนพารามิเตอร์ *a* และ *b* ที่ได้จากการสร้างตัวแบบ LR แบบผ่านจุดกำเนิด คือ 14.7530 และ 0 ตามลำดับ ส่วนกรณีตัวแบบ LR แบบไม่ผ่านจุดกำเนิด ได้ค่าพารามิเตอร์ *a* = 16.1611 และ *b* = -26.2711 ตามลำดับ เมื่อแทนตัวแปร *x* ตั้งแต่ 16 ถึง 28 เทียบได้กับช่วงเวลา พ.ศ.2553 ถึง 2565

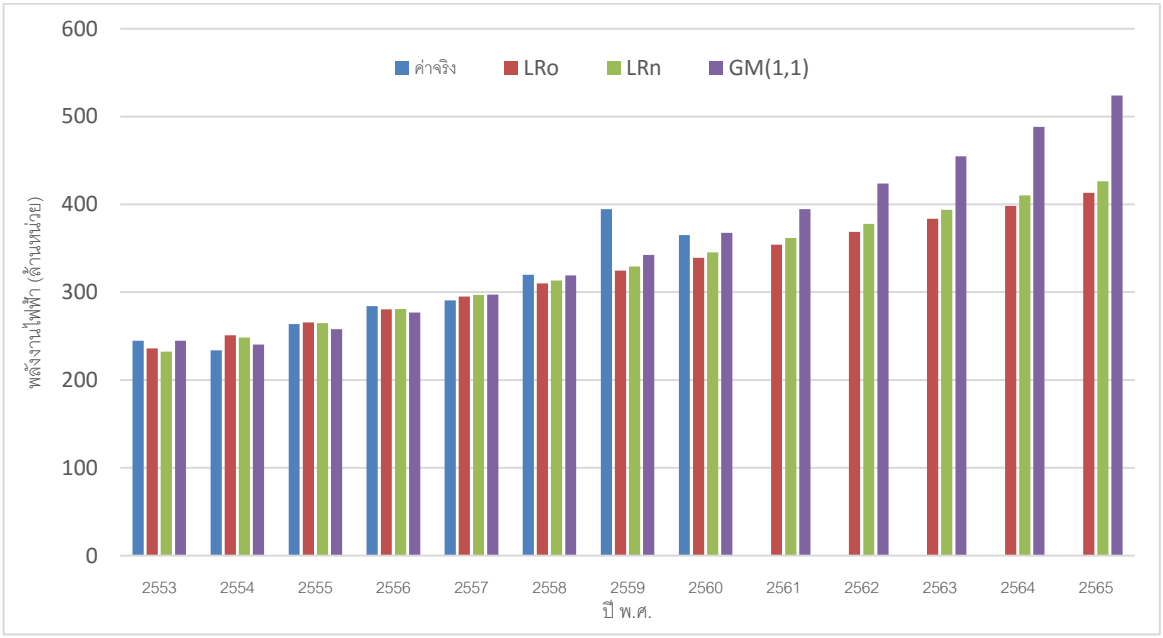
ตัวแบบ GM(1,1) ที่ได้แสดงดังสมการที่ (4) เมื่อตัวแปร *w* คือพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น ล้านหน่วย ตัวแปร *k* คือเวลา มีหน่วยเป็นปี โดยเริ่มจาก *k* = 1 จนถึง 12 ส่วนพารามิเตอร์ *c* และ *d* ที่ได้จากการสร้างตัวแบบ GM(1,1) คือ -0.0709 และ 214.4601 ตามลำดับ ค่า *w*(1) เป็นค่าแรกกำหนดให้เป็นค่า 244.673 ล้านหน่วย

$$w(k+1) = \left[w(1) - \frac{d}{c}\right]\left[(e)^{|c*(k+1)|} - (e)^{|c*(k)|}\right] \quad (4)$$

เมื่อแทนค่าเวลาและพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบลงในสมการที่ (3) และ (4) จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยคอลัมน์ที่ 3, 5 และ 6 เป็นของตัวแบบ LRo แบบผ่านจุดกำเนิด, ตัวแบบ LRn แบบไม่ผ่านจุดกำเนิด และ ตัวแบบ GM(1,1) ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินทั้ง 3 ตัวแบบ ด้วยค่า PE และ MAPE

ปี พ.ศ.	พลังงานไฟฟ้า (ล้านหน่วย)	ตัวแบบ LRo ผ่านจุดกำเนิด	PE	ตัวแบบ LRn ไม่ผ่านจุดกำเนิด	PE	ตัวแบบ GM(1,1)	PE
2553	244.673	236.049	3.52	232.307	5.05	244.673	0
2554	233.763	250.802	-7.29	248.468	-6.29	240.223	-2.76
2555	263.675	265.555	-0.71	264.629	-0.36	257.873	2.20
2556	283.943	280.308	1.28	280.790	1.11	276.820	2.51
2557	290.555	295.061	-1.55	296.951	-2.20	297.159	-2.27
2558	319.676	309.814	3.08	313.112	2.05	318.993	0.21
MAPE			2.90		2.84		1.65
2559	394.443	324.567	17.72	329.274	16.52	342.431	13.19
2560	365.191	339.320	7.08	345.435	5.41	367.591	-0.66
MAPE			12.4		10.96		6.92
2561		354.074		361.596		394.599	
2562		368.827		377.757		423.592	
2563		383.580		393.918		454.715	
2564		398.333		410.079		488.125	
2565		413.086		426.240		523.990	



ภาพที่ 2 กราฟการพยากรณ์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาฝั่งตะวันตกของจังหวัดตาก

กราฟเปรียบเทียบการพยากรณ์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของพื้นที่ฝั่งตะวันตกจังหวัดตาก ของทั้ง 3 ตัวแบบ คือ LRo (สีส้ม) LRn (สีเทา) และ GM(1,1) (สีเหลือง) ส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงแทนด้วยสีน้ำเงิน ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องจากการวิเคราะห์สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ยังไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยด้านอื่นนอกจากเวลา ประกอบกับจำนวนข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์มีอยู่ไม่มาก สังเกตว่าระหว่างช่วงเวลาที่ใช้ทำตัวแบบ คือ พ.ศ.2553 ถึง พ.ศ.2558 ทั้ง 3 ตัวแบบ ค่อนข้างจะพยากรณ์ได้ใกล้เคียงกับค่าจริง แต่พอช่วงทดสอบ คือ พ.ศ.2559 ถึง พ.ศ.2560 ค่าจริงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันอาจเกิดจากปัจจัยด้านเศรษฐกิจหรือนโยบายรัฐบาลทำให้ตัวแบบถดถอยทั้งสองคือ LRo และ LRn ตอบสนองไม่ทันส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนค่อนข้างมาก ส่วนตัวแบบ GM(1,1) สามารถตอบสนองได้อย่างน่าพอใจ โดยเฉพาะปี พ.ศ.2560 ให้ร้อยละค่าคลาดเคลื่อนเพียง -0.66% เมื่อเทียบกับค่าจริง นับถึงปัจจุบันก็ยังไม่มีความชัดเจนเรื่องการก่อสร้างนิคมอุตสาหกรรมในเขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษตาก ดังนั้นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริโภคพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จึง ยังคงอยู่ในส่วนของกลุ่มผู้บริโภคเดิมและส่วนเพิ่มเติมจากผลการเติบโตทางเศรษฐกิจปกติ ด้วยความเที่ยงตรงที่ปรากฏ จึงใช้ตัวแบบ GM(1,1) พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจะพบว่า อีก 5 ปี คือ พ.ศ.2565 จะสูงถึง 524 ล้านหน่วย

อ้างถึงข้อเสนอแนะการตีความค่า MAPE ของ Lewis [14] กล่าวว่า หากค่า MAPE ไม่เกิน 10% ถือว่าความเที่ยงตรงสูงมาก ค่า MAPE อยู่ระหว่าง 10% ถึง 20% ถือว่าความเที่ยงตรงดี ค่า MAPE อยู่ระหว่าง 20% ถึง 50% ถือว่าความเที่ยงตรงพอยอมรับได้ นอกเหนือจากนี้ ถือว่าตัวแบบไม่ดี จากตารางที่ 1 พิจารณาค่า MAPE ของการทำตัวแบบทั้งสาม พบว่า ค่าของตัวแบบ GM(1,1) น้อยที่สุด คือ 1.65% ถัดไปมีค่าใกล้เคียงกัน คือของตัวแบบ LRn 2.85% และ LRo 2.90% ตามลำดับ หากพิจารณาค่า MAPE ของการทดสอบตัวแบบทั้งสาม พบว่า ค่าของตัวแบบ GM(1,1) ยังคงน้อยที่สุดและมีความเที่ยงตรงสูงสุด คือ 6.92% ถัดไปมีค่าความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์ดี คือของตัวแบบ LRn 10.96% และ LRo 12.40% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า MAPE เฉลี่ยของทั้งของการทำตัวแบบและการทดสอบ พบว่า ของตัวแบบ GM(1,1) ยังคงให้ความเที่ยงตรงสูงสุด คือ 4.28% ถัดไป เป็นของตัวแบบ LRn 6.9% และ LRo 7.65% ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัยและงานวิจัยในอนาคต

บทความนี้นำเสนอผลการประยุกต์ใช้ตัวแบบพยากรณ์เกรย์ดั้งเดิม หรือ GM(1,1) และ ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นอีก 2 ชนิด ได้แก่ ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นชนิดผ่านจุดกำเนิด หรือ LRo และ ตัวแบบถดถอยเชิงเส้นชนิดไม่ผ่านจุดกำเนิด หรือ LRn เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอีกห้าปีข้างหน้าของเขตพื้นที่ฝั่งตะวันตกของจังหวัดตากซึ่งครอบคลุมเขตพัฒนาเศรษฐกิจตาก อาศัยข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งปี ตั้งแต่ ปี พ.ศ.2553 ถึง ปี พ.ศ. 2560 เพื่อสร้างตัวแบบและทดสอบตัวแบบ โดยประเมินสมรรถนะตัวแบบด้วย 2 ตัวชี้วัด คือ ค่าร้อยละของความคลาดเคลื่อน หรือ PE กับ ค่าเฉลี่ยค่าสัมบูรณ์ร้อยละของความคลาดเคลื่อน หรือ MAPE ผลการคำนวณพบว่า ค่า PE สูงสุด ของตัวแบบ GM(1,1) ต่ำกว่าของตัวแบบถดถอยทั้งคู่ นอกจากนี้ ค่า MAPE ของตัวแบบ GM(1,1) ยังน้อยที่สุด ดังนั้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า ตัวแบบพยากรณ์เกรย์ GM(1,1) เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานี้ เมื่อเทียบกับตัวแบบถดถอยเชิงเส้นทั้งสองแบบ

ข้อเสนอแนะ ถ้าสามารถเพิ่มเติมจำนวนข้อมูลที่ใช้เพื่อการวิจัยให้มากขึ้นกว่าเดิมที่มีเพียง 8 ชุด ก็น่าจะให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นตรงยิ่งขึ้น นอกจากนี้การลองทดสอบด้วยตัวแบบใหม่ที่ได้รับการปรับปรุงและเพิ่มเติมกลไกให้ตัวแบบพยากรณ์เกรย์ ในชื่อตัวแบบพยากรณ์เกรย์แบบหมุน หรือ Rolling Grey Prediction Model หรือ RGM(1,1) [15] ที่มีหลักการที่สำคัญ คือ การนำค่าที่จากการพยากรณ์ล่าสุดมาร่วมเป็นข้อมูลสำหรับสร้างตัวแบบ GM(1,1) ถัดไป ทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนดูเป็นลักษณะการหมุนหรือ rolling ข้อมูลจึงดูมีปฏิสัมพันธ์กับค่าจริงอยู่เสมอ ดังนั้นปัญหาบางชนิด ตัวแบบ RGM(1,1) จึงเหมาะสมกว่าตัวแบบ GM(1,1) ทั้งนี้ทั้งนั้นควรได้รับการทดสอบกับข้อมูลชุดเดียวกันเสียก่อน สำหรับงานวิจัยในอนาคตเนื่องด้วยตัวแบบพยากรณ์แบบเกรย์มีจุดเด่นเรื่องของความสมรรถนะภายใต้ข้อจำกัดของจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

จึงได้ความนิยมในการประยุกต์ใช้ในหลายศาสตร์ แต่ถึงกระนั้นตัวแบบเกรย์ยังคงต้องได้รับการพัฒนาให้มีขีดความสามารถให้สูงยิ่งขึ้นไป นักวิจัยหลายแห่งพยายามปรับปรุงสมรรถนะของตัวแบบเกรย์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคเชิงสำนึก (heuristic technique) เช่น การโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ (evolution programming) จิเนติกอัลกอริธึม (genetic algorithm) และ การหาค่าเหมาะที่สุดแบบฝูงอนุภาค (particle swarm optimization) เป็นต้น เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบเกรย์ที่เหมาะสมกับแต่ละปัญหา ดังนั้นผู้เขียนจึงมีแนวคิดจะประยุกต์ใช้เทคนิคการค้นหาแบบท้องถิ่น (local search) (Dholvitayakhun and Kluabwang, 2016) ซึ่งเป็นเทคนิคการค้นหาเชิงสำนึกอีกชนิดหนึ่ง เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของตัวแบบพยากรณ์เกรย์สำหรับการแก้ปัญหาการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับปัจจัยภายนอกอย่างเช่นนโยบายของภาครัฐและผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก สำหรับสถานที่ทำวิจัยที่พร้อมด้วยการเข้าถึงแหล่งสืบค้นข้อมูลระดับนานาชาติได้อย่างสมบูรณ์ และขอขอบคุณ คุณธนากรณ์ พุ่มแตง ตลอดจนสถานีไฟฟ้าแรงสูงแม่สอด จังหวัดตาก ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยสำหรับการเอื้อเฟื้อข้อมูลที่มีค่าอย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2560. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. เข้าถึงเมื่อ (19 เมษายน 2561). เข้าถึงได้จาก (http://www.nesdb.go.th/download/plan12/สรุปสาระ สำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่12.pdf)

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. 2558. โครงการจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรมในพื้นที่เขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ. เข้าถึงเมื่อ (19 เมษายน 2561). เข้าถึงได้จาก (http://ieat.go.th/sez)

สำนักแรงงานจังหวัดตาก. 2561. ข้อมูลภาพรวมจังหวัด. เข้าถึงเมื่อ (25 มิถุนายน 2561). เข้าถึงได้จาก (http://tak.mol.go.th/node/69)

Chen, Z. and Wang, X. 1982. Applying the Grey Forecasting Model to the Energy Supply Management Engineering. In Proceedings of the International Symposium on Emergency Management. Desheng Dash Wu, eds. pp.179-184. Beijing:Procedia Systems Engineering.

Deng, J. 1982. Control Problems of Grey Systems. Systems and Control Letters, Vol. 1. No.5.pp.288-294.

Deng, J. 1989. Introduction to grey system theory. The Journal of Grey System, Vol. 1. No. 1 pp.1-24.

Ziren, N. and Quanxin, S. 2016. Study of Railway Passenger Volume Forecast based on Grey Forecasting Model. The 2016 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS). Sydney Australia, 24-27 July 2016.

Hsu, C.C. and Chen, C.Y. 2003. Application of improved grey prediction model for power demand forecasting. Energy Conversion and Management. Vol. 44. No. 14. pp.2241-2249.

Huiru, Z., Haoran, Z. and Sen, G. 2016. Using GM(1,1) optimized by MFO with rolling mechanism to forecast the electricity consumption of Inner Mongolia. Applied Science. Vol. 6. No. 20. 20 pages.

Yi-Shian, L. and Lee-Ing, T. 2011. Forecasting energy consumption using a grey model improved by incorporating genetic programming. Energy Conversion and Management. Vol. 52. pp.147-152.

Kluabwang, J. 2018. A Rolling Grey Model for Railway Passenger Volume Forecast. In Proceedings of the 1st IEEJ International Workshop in Transportation and Electric Railway. Desheng Dash Wu, eds. pp. 179-184. Bangkok:IEEJ publisher.

Bianco, V., Manca, O. and Nardini, S. 2013. Linear Regression Models to Forecast Electricity Consumption in Italy. Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy. Vol.8. No.1. pp.86-93.

สำนักงานจังหวัดตาก. 2561. ที่ตั้งและอาณาเขต. เข้าถึงเมื่อ (14 เมษายน 2561). เข้าถึงได้จาก (http://www. tak.go.th/general .htm#top)

Lewis, C.D. (1982). Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting. Butterworth Scientific. London.

Liu, L., Wang, Q., Liu, M. and Li, L. 2014. An Intelligence Optimized Rolling Grey Forecasting Model Fitting to Small Economic Dataset. Abstract and Applied Analysis. Vol.2014. Article ID 641514. 10 pages.

Dholvitayakhun, A and Kluabwang, J. 2016. Design of Food Exchange List for Obesity using Modified Local Search. In Proceedings of the 13th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON). Chiang Mai: IEEE xplore.

การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ

Design and Development of Semi-Automatic Brick Block Machine

วรกฤช ดอนคำเพ็ง[1*]

Worakrit Doncomephang[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยเป็นการศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน ซึ่งประสบกับปัญหาในขั้นตอนการผลิตอิฐบล็อกประสานที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากยังใช้วิธีการผลิตด้วยแรงงานคน

ผู้จัดทำจึงออกแบบและสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกที่มีขนาดของเครื่องดังนี้ ความกว้าง 75 เซนติเมตร ความยาวยาว 81 เซนติเมตร ความสูง 175 เซนติเมตร และใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยได้กำลังแรงอัดสูงสุดอยู่ที่ 80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งตามมาตรฐานสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) มาตรฐานแรงอัดต้องไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ผลการทดลองจากการนำดินแดง (วังทอง) และดินลูกรังมาทำการทดลอง โดยใช้อัตราส่วนผสม 1:2:4 ดังปริมาตรต่อไปนี้ คือ ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน ต่อ ดินแดง (วังทอง) หรือดินลูกรัง 2 ส่วนและทรายละเอียดอีก 4 ส่วน ผลการทดสอบความแข็ง มีค่าทนแรงอัดดังนี้ อิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินวังทอง) มีค่าเฉลี่ยที่ 12.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินลูกรัง) มีค่าเฉลี่ยที่ 16.27 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และอิฐบล็อกประสานจากสถานประกอบการในจังหวัดพิษณุโลก นำมาทดสอบด้วยมีค่าเฉลี่ยที่ 19.65 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

คำสำคัญ : อิฐบล็อกประสาน , เครื่องอัด , ดินแดง(วังทอง) , ดินลูกรัง

---

[1] สาขา เครื่องจักรกลเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65130

[1] Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Science and Technology, University Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Sub-district Ban- Krang, District Amphoe Mueang Phitsanulok, Province Phitsanulok 65000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : sdoncome@hotmail.com

ABSTRACT

The research is design and develop semi-automatic brick block machine for creating brick block which having problem about insufficient customer's demand due to use the labor.

So we design semi-automatic brick block machine size width 15 cm. long 81 cm. high 175 cm. and use motor size 2 unit of horsepower for start energy which high pressure is 80 kg/cm^2 it standard Ministry of Scientific and Technology of Thailand (MOST) standard pressure is not less than 70 kg/cm².

The research result from using laterite from Wang-Thong and laterite for mixing ratio 1:2:4 that is cement 1 portion per laterite (Wang-Thong) or laterite 2 portion and sand 4 portion. The result of hardening bear as brick from this research are: laterite from Wang-Thong has average 12.4 kg/cm², brick block from laterite has average 16.27 kg/cm², and brick block from establishment in Phitsanulok has average 19.65 kg/cm².

Keywords: brick block, milling machine, laterite (Wang-Thong), laterite

บทนำ

ในสภาพปัจจุบัน อุตสาหกรรมก่อสร้างมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการใช้วัตถุดิบในกระบวนการผลิตมากขึ้นตามมาเพื่อเป็นวัสดุหลักในงานก่อสร้าง เช่น ปูนซีเมนต์ อิฐมอญ อิฐบล็อก อิฐบล็อกประสาน โดยเฉพาะอิฐประสานเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเน้นการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น ที่นำมาผลิต เช่น ดินลูกรัง หินฝุ่น ทรายละเอียด หรือวัสดุเหลือทิ้งต่างๆ ที่มีความเหมาะสม ผสมกับปูนซีเมนต์ในสัดส่วนที่เหมาะสม เช่น ปูนซีเมนต์ 1 ส่วน และดินลูกรัง ทราย 6 ส่วน น้ำสะอาด แล้วนำมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดแห้งบ่มด้วยความชื้นไม่น้อยกว่า 7 วัน ให้บล็อกแข็งตัว จะได้บล็อกประสานที่มีความแข็งแรงสามารถนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารในระบบผนังรับน้ำหนักหรือไม่รับน้ำหนัก ข้อดีของอาคารที่สร้างด้วยอิฐบล็อกประสานใช้วัสดุจากธรรมชาติ มีความแข็งแรง ทนทาน ก่อสร้างง่าย รวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ทั้งเสา ไม้แบบและการฉาบปูน เพราะเนื่องจากเป็นโครงสร้างผนังรับแรงประหยัดราคาในการก่อสร้างเนื่องจากใช้เหล็กเสริมน้อย และยังสามารถใช้แรงงานช่างในท้องถิ่นทั่วไปมีความสวยงามตามธรรมชาติ ไม่ต้องทาสีมีคุณสมบัติในการฉาบปูนหรือติดกระเบื้องได้เช่นเดียวกับผนังก่ออิฐทั่วไป อิฐประสานดินซีเมนต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มี การวิจัยและพัฒนา โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาเป็นระยะเวลาอันยาวนานและได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงในปัจจุบันที่รู้จักและยอมรับกันอย่างแพร่หลายจากหน่วยงานต่าง ๆ อิฐประสานดินซีเมนต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างอาคารได้หลากหลาย เช่น บ้านที่อยู่ อาศัย โรงเรียน วัด โบสถ์ มัสยิด โรงงาน บ้านจัดสรร อาคารที่ทำการ รีสอร์ท รวมทั้งการก่อสร้างถังเก็บน้ำที่สามารถจุน้ำได้เป็นจำนวนมากในราคาประหยัดนอกจากนี้ ระบบการก่อสร้างผนังรับแรงด้วยบล็อกประสานมีต้นทุนของบ้านทั้งหลังต่ำกว่าระบบเสาและคานที่ใช้อิฐมอญเป็นผนัง กระบวนการผลิตอิฐประสานนำดินลูกรังทรายปูนซีเมนต์ ผสมตามสัดส่วนพรมน้ำให้ทั่วนำมาอัดด้วย **เครื่องอัดด้วยแรงคน** นำมาตากในที่ร่ม พรมน้ำให้ชื้นตลอด 3 วัน จนอิฐมีอายุครบ 7 วัน แล้วเก็บผลิตภัณฑ์ได้ บล็อกมีความแข็งแกร่งจึงนำมาก่อสร้างหรือจำหน่ายได้ อิฐประสาน กับอิฐมอญและอิฐคอนกรีตบล็อก ลักษณะการใช้งานจะต่างกัน อิฐมอญและคอนกรีตบล็อกจะใช้งานเป็นวัสดุกั้นห้อง แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในงานโครงสร้างได้ครับ แต่บล็อกประสาน มีความแข็งแรงที่มากกว่า สามารถนำมาก่อสร้างแล้วใช้เป็นโครงสร้างได้ด้วย ในระบบผนังรับน้ำหนักคือเมื่อสร้างบ้านด้วยอิฐประสาน เมื่อก่อผนังเสร็จก็เท่ากับตัวบ้านทั้งหมดเสร็จแล้วก็เหลือส่วนประดับตกแต่ง หลังคา แต่ถ้าอิฐทั่วๆ ไปต้องมีงาน โครงสร้างมาก่อน เช่น เสา คาน พื้น แล้วก็อิฐกั้นผนังเป็นห้อง ๆ เรื่องความทนทานของอิฐบล็อกประสาน เนื่องจากในก้อนอิฐประสานมีปูนซีเมนต์เป็นส่วนผสม ดังนั้นอายุการใช้งานจริงก็คงไม่น้อยกว่าบ้านก่ออิฐฉาบปูนทั่ว ๆ ไป เรื่องราคาถ้าก่อสร้างตามระบบของอิฐประสานทั้งหมด ราคาจะถูกกว่าบ้านเสาคาน ก่ออิฐฉาบปูนทั่วๆ ไป แต่ถ้าเรานำไปก่อผนังอย่างเดียว แต่เป็นบ้านที่ยังใช้เสาคานอยู่ราคาจะไม่ประหยัด หรืออาจจะมีราคาที่แพงกว่าอิฐบล็อกธรรมดา ปัจจุบันเครื่องจักรที่นำมาผลิตอิฐประสานเป็นเครื่องอัดขึ้นรูปแบบมือโยกกำลังการผลิตต่ำ 450-500 ก้อนต่อวัน แต่อาจต้องใช้แรงงานในการผลิตอิฐประสาน จำนวนคนงาน ถึง 6 คน ทำให้สิ้นเปลืองในอัตราการว่าจ้างแรงงานในการผลิตอิฐประสานและปัจจุบันอาจมีเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานด้วยระบบไฮดรอลิก แต่ก็ยังผลิตได้ช้า

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถอัดอิฐบล็อกประสานให้ได้ขนาดตามที่ต้องการมีกลไกที่เหมาะสมสะดวกต่อการใช้งาน ปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดค่าต้นทุนในการจ้างแรงงานไม่ต้องใช้แรงงานจำนานมาก สามารถเพิ่มอัตราการผลิตให้ได้เพียงพอต่อความต้องการมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพัฒนาเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ
2. เพื่อสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ
3. เพื่อทดสอบหาสมรรถนะเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ

ขอบเขตของงานวิจัย

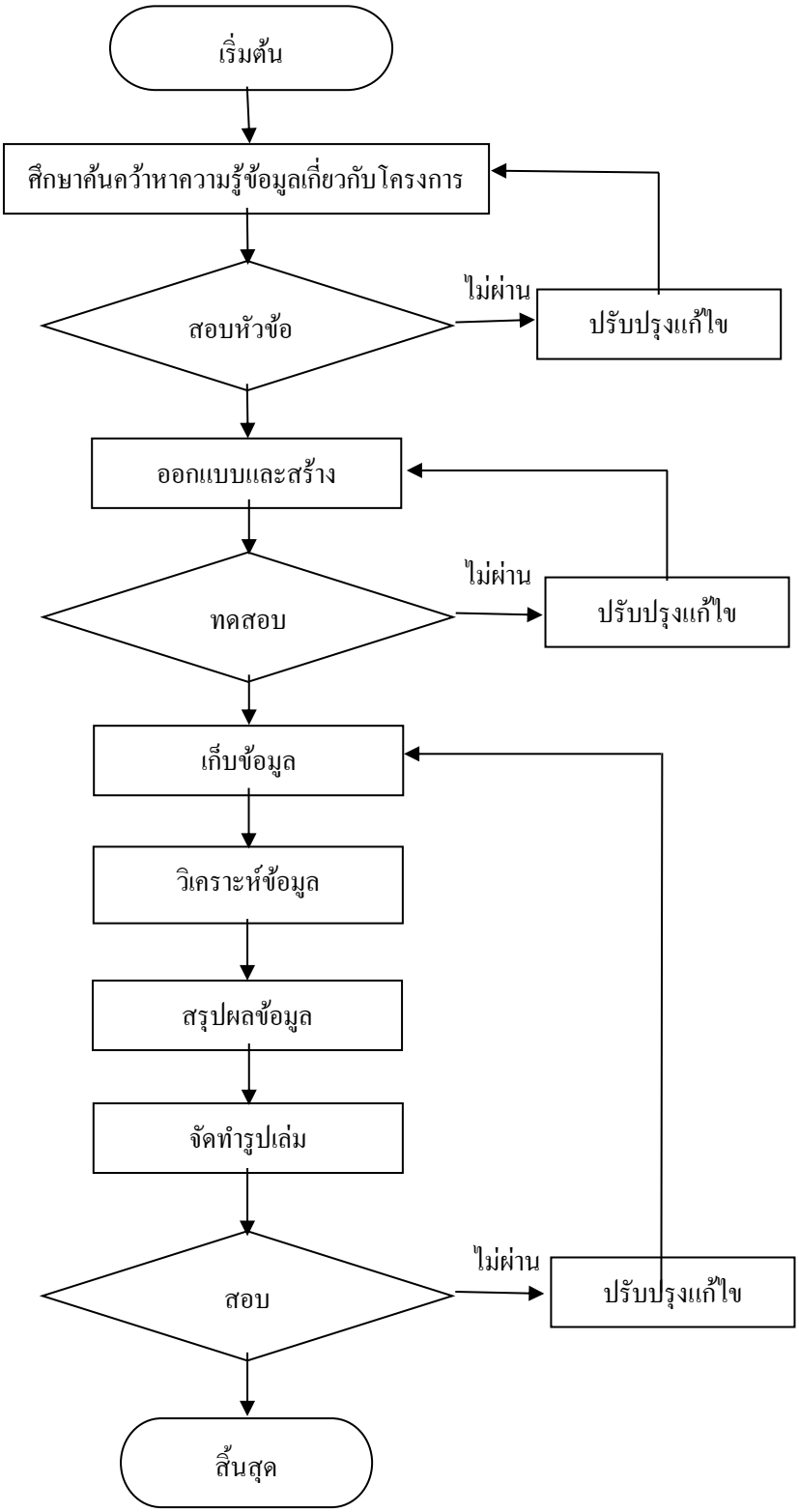
1. เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติใช้มอเตอร์ 2 แรงม้าใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 380 โวลท์ ปรับขนาดเพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการอัดขึ้นรูปอิฐประสาน
2. เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้วัตถุดิบมีส่วนผสม ดินลูกรังแดง ซีเมนต์ ทราย น้ำสะอาด
3. เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติสร้างขึ้นสามารถอัดก้อนอิฐประสานได้ขนาดความกว้าง 12.5 เซนติเมตร ความยาว 25 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร
4. เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติมีค่าแรงอัดไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร
5. เพื่อทดลองดินแดง(วังทอง)กับดินลูกรัง
6. เพื่อทดสอบความแข็งของอิฐบล็อกจากการทดลองอัด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ลำดับขั้นตอนงานวิจัย
2. การออกแบบและจัดทำโครงสร้าง
3. วิธีการทดลอง และเก็บข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สรุปผลการวิจัย

1. ลำดับขั้นตอนงานวิจัย

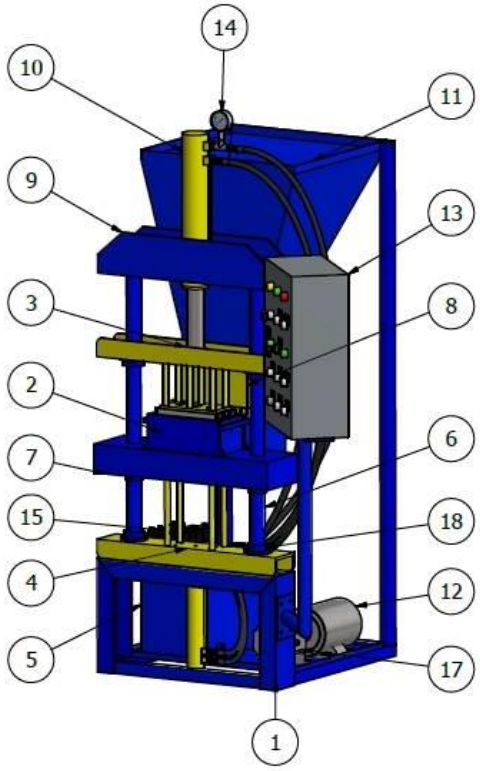
การจัดทำโครงการนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการการออกแบบและจัดสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบอัตโนมัติ มีลำดับขั้นตอนการดำเนินโครงการสามารถเขียนอธิบายเป็นผังงาน โปรแกรม (Program Flowchart) การเขียนผังโปรแกรมจะประกอบไปด้วยการใช้สัญลักษณ์มาตรฐานต่าง ๆ ที่เรียกว่าสัญลักษณ์ ANSI (American National Standards Institute) ในการสร้างแผนผังเพื่อเป็นไปตามขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบ ก่อนการเริ่มปฏิบัติงานจะมีการดำเนินงานดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 ลำดับขั้นตอนการจัดทำโครงการ

2. การออกแบบ และจัดทำโครงสร้าง

2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบอัตโนมัติ การออกแบบโครงสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติได้ทำการออกแบบ เครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ มีขนาดกว้าง 700 มิลลิเมตร ความยาว 848 มิลลิเมตร ความสูง 1,930 มิลลิเมตร ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรง ไฟ 3 เฟส เป็นตัวส่งถ่ายกำลังไปยังปั๊มไฮดรอลิก ทำให้กระบอกไฮดรอลิกและส่งกำลังอัดไปยังแม่พิมพ์อัดอิฐบล็อกประสาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ

1) โครงเครื่อง
2) เสาเครื่อง
3) ชุดเลื่อนพิมพ์บน
4) ชุดเลื่อนพิมพ์ล่าง
5) ถังน้ำมันไฮดรอลิก
6) กล่องปั่นดิน
7) แท่นรองรับบล็อค
8) กล่องเลื่อนดิน
9) กระบอกไฮดรอลิก
10) ชุดอัดชิ้นงาน
11) ถังใส่ดิน
12) มอเตอร์
13) ตู้คอบคุมไฟ
14) นาฬิกาวัดแรงดัน
15) โซลินอยวาล์ว
16) ลิมิตสวิตซ์
17) ปั๊มไฮดรอลิก
18) บูช

2.2 ขั้นตอนการสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ

- เตรียมวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน
- เริ่มทำการสร้างโครงสร้างของเครื่องโดยการใช้เลื่อยสายพานตัดเหล็กเหล็กกล่องขนาดกว้าง 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 2.3 มิลลิเมตร ยาว 700 มิลลิเมตร จำนวน 2 เส้น และ ยาว 800 มิลลิเมตร จำนวน 2 เส้น และตัดเหล็กราง

ขนาด ว้าง 125 มิลลิเมตร สูง 65 มิลลิเมตร หนา 8 มิลลิเมตร ยาว 720 มิลลิเมตร จำนวน 1 เส้น และยาว 400 มิลลิเมตร จำนวน 2 เส้น ใช้สำหรับทำโครงเครื่อง จากนั้นนำชิ้นงานมาเชื่อมขึ้นโครงสร้างของฐานเครื่อง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ประกอบโครงสร้างเครื่อง

- ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าเปิดปิดควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์กระแสสลับเข้ากับเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้า

3 วิธีการทดสอบและเก็บข้อมูล

การทดสอบและเก็บข้อมูลของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องอัดอิฐประสาน ทำการทดสอบโดยใช้ส่วนผสมวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของก้อนอิฐประสาน 4 ชนิดซึ่งประกอบด้วย ดินแดงปูนซีเมนต์ ทรายละเอียด และน้ำสะอาด ทดสอบผลิตที่อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ต่อมวลรวมประมาณ 1:6 โดยอ้างอิงสูตรผสมจากสถาบันวิจัย น้ำหนักทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลรวมเป็นหลักแต่อาจปรับส่วนด้วยตนเอง

1. วิธีการอัดอิฐบล็อกประสาน

- การเตรียมวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสานนำดินแดง ปูนซีเมนต์ น้ำสะอาดทรายละเอียด โดยนำวัตถุดิบที่เตรียมมาทำการทดลอง และเก็บข้อมูลนั้นดังภาพที่5



ภาพที่ 5 การเตรียมวัตถุดิบปูนซีเมนต์กับดินแดง ทรายละเอียดและน้ำ

- การผสมวัตถุดิบในการผลิตอิฐบล็อกประสาน อัตราส่วนที่ใช้ 1:6 ทำการชั่งน้ำหนักโดยใช้ส่วนผสมดังนี้ ปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อ ดินแดง 2 กิโลกรัม และทรายละเอียด 4 กิโลกรัมและน้ำ ต่อการทดลองหนึ่งครั้งดังภาพที่6



ก) ปูนซีเมนต์ ข) ดินแดง ค) ทราย

ภาพที่ 6 การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

- นำวัตถุดิบที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้วโดยทำการเทปูนซีเมนต์ และทรายละเอียดทำการผสมคุกเคล้าให้เข้ากัน และทำการเทดินแดง ลงไปอีกครั้งทำการผสมจนได้และใช้น้ำสะอาดหัวฉีดเป็นฝอยจะมีข้อดีคือสะดวกรวดเร็วความชื้นกระจายทั่วถึง น้ำที่ใช้ผสมมีหน้าที่หลักคือเป็นตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีกับปูนซีเมนต์นอกจากนั้นหน้าที่หลักที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือน้ำจะเป็นเสมือนสารหล่อลื่นทำให้แรงเสียดทานระหว่างเม็ดดินลดลงทำให้การบดอัดดินลงในเครื่องอัดทำได้ง่ายขึ้นหลังจากนั้นจึงทำการผสมให้เข้ากัน ดังภาพที่ 7



ก) ก่อนผสม ข) ผสมเสร็จแล้ว

ภาพที่ 7 การผสมวัตถุดิบ

- นำส่วนผสมของอิฐประสานที่ทำการประสมเสร็จแล้วไปทำการอัดกับเครื่องอัดอิฐประสานโดยเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานจะมี ลิมิตสวิทช์เป็นตัวกำหนดระยะความหนาของก้อนอิฐ ให้อิฐบล็อกประสานได้ขนาดความกว้าง 125 มิลลิเมตร ขนาดความยาว 250 มิลลิเมตร ขนาดความสูง 10 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ก้อนอิฐที่อัดกับเครื่องอัดอิฐบล็อกประสาน

2. วิธีการทดสอบความแข็งของอิฐบล็อกประสาน โดยหาค่าทนแรงอัดจากเครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต (ดังภาพที่9) ด้วยการเปรียบเทียบระหว่างอิฐบล็อกประสานจากสถานประกอบการและอิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย



ก) เครื่องทดสอบแรงอัด ข) การอัดทดสอบ ค) หน้าจอแสดงผล

ภาพที่ 9 เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต

4 การทดสอบการทำงานของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ

4.1 ค่าแรงอัดสูงสุดของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานแบบกึ่งอัตโนมัติ คือ 80 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผ่านมาตรฐานแรงอัดที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วว.) ได้กำหนดไว้ต้องไม่น้อยกว่า 70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

4.2 เวลาที่เสียไปในการอัดอิฐบล็อกประสาน 1 ก้อน โดยสรุปดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางผลการจับเวลาการทำงานของเครื่องอัดอิฐบล็อกแบบกึ่งอัตโนมัติ

ขั้นตอนการทำงานของไฮดรอลิก	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	รวม
เวลาที่ใช้ (วินาที)	2	3	2	8	7	3	25

จากตารางผลการจับเวลาการทำงานของเครื่องอัดอิฐบล็อกประสานดังนี้ ลำดับที่ 1 (ST1) การเลื่อนลงของพิมพ์ตัวล่างใช้เวลาไป 2 วินาที ลำดับที่ 2 (ST2) กล่องดินเลื่อนมาข้างใช้เวลาไป 3 วินาที ลำดับที่ 3 (ST3) กล่องดินเลื่อนกลับหลังใช้เวลาไป 2 วินาที ลำดับที่ 4 (ST4) พิมพ์ตัวบนหรือตัวอัดเลื่อนลงมาข้างล่างใช้เวลาไป 8 วินาที ลำดับที่ 5 (ST5) พิมพ์ตัวบนเลื่อนที่ขึ้นใช้เวลาไป 7 วินาทีและลำดับที่ 6 (ST6) พิมพ์ตัวล่างเลื่อนดันปลดชิ้นงานใช้เวลาไป 3 วินาที

4.2 ผลการทดลองอัดอิฐบล็อกประสาน

4.2.1 ผลการอัดอิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินลูกรัง) อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อดินลูกรัง 2 กิโลกรัมและทรายละเอียด 4 กิโลกรัม มองด้วยตาปล่าวผิวเนียนสวยแต่ผิวสีไม่แดง



ภาพที่ 10 อิฐบล็อกประสาน (ดินลูกรัง)

4.2.2 ผลการอัดอิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินแดงวังทอง) อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อดินแดงวังทอง 2 กิโลกรัมและทรายละเอียด 4 กิโลกรัม มองด้วยตาปล่าวผิวเนียนสวยและผิวสีแดง



ภาพที่ 11 อิฐบล็อกประสาน (ดินแดงวังทอง)

4.2.3 ผลการทดสอบความแข็งของอิฐบล็อกประสาน โดยใช้เครื่องทดสอบแรงอัดคอนกรีต โดยได้ทนแรงอัดคอนกรีตดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดสอบค่าทนแรงอัดของอิฐจากสถานประกอบการกับอิฐจากงานวิจัย

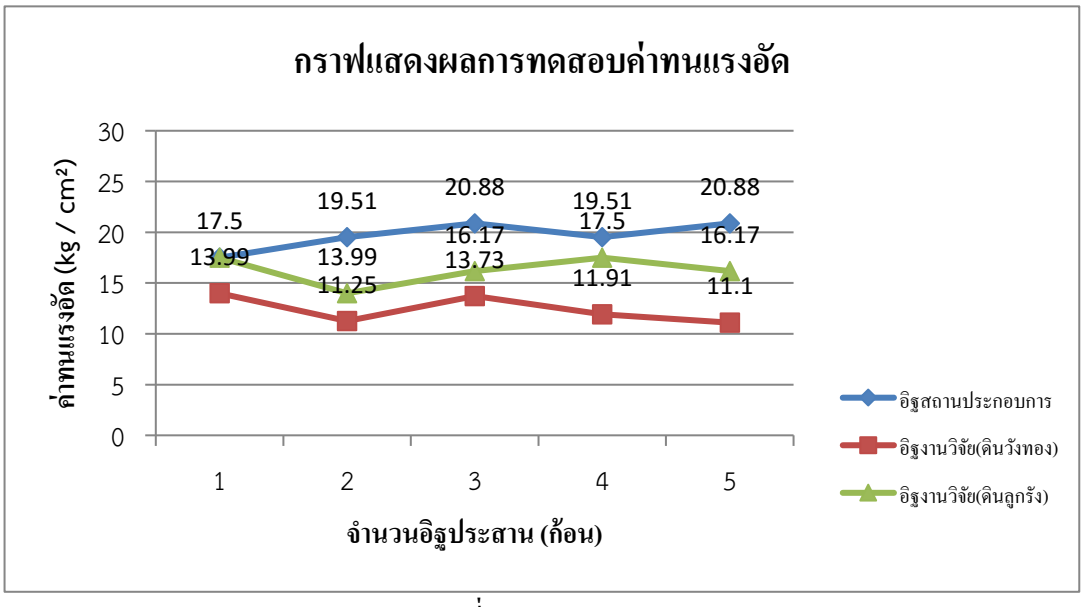
ก้อนที่	ค่าทนแรงอัด (kg/cm²) กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร		
	อิฐสถานประกอบการ	อิฐงานวิจัย(ดินวังทอง)	อิฐงานวิจัย(ดินลูกรัง)
1	17.50	13.99	17.50
2	19.51	11.25	13.99
3	20.88	13.73	16.17
4	19.51	11.91	17.50
5	20.88	11.10	16..17
ค่าเฉลี่ย	19.65	12.40	16.27

จากตารางผลการทดสอบค่าทนแรงอัดของอิฐบล็อกประสานจากแหล่งต่างๆ โดยสุ่มมาอย่างละ 5 ก้อน โดยสรุปจากอิฐบล็อกประสานที่มีค่าทนแรงอัดน้อยที่สุดไปหาอิฐบล็อกประสานที่มีค่าทนแรงอัดมากที่สุด ดังต่อไปนี้

1) อิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินแดงวังทอง) ค่าทนแรงอัดน้อยที่สุดคือ 11.10 kg/cm² มากที่สุดคือ 13.99 kg/cm² และมีค่าเฉลี่ยคือ 12.40 kg/cm²

2) อิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินลูกรัง) ค่าทนแรงอัดน้อยที่สุดคือ 13.99 kg/cm² มากที่สุดคือ 17.50 kg/cm² และมีค่าเฉลี่ยคือ 16.27 kg/cm²

3) อิฐบล็อกประสานจากสถานประกอบการในจังหวัดพิษณุโลก ค่าทนแรงอัดน้อยที่สุดคือ 17.50 kg/cm² มากที่สุดคือ 20.88 kg/cm² และมีค่าเฉลี่ยคือ 19.65 kg/cm²



กราฟที่ 1 ค่าผลการทดสอบ

สรุปผลการวิจัย

ผลการอัดอิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินลูกรัง) อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อดินลูกรัง 2 กิโลกรัมและทรายละเอียด 4 กิโลกรัม ผลการอัดอิฐบล็อกประสานจากงานวิจัย (ดินแดงวังทอง) อัตราส่วนผสมระหว่างปูนซีเมนต์ 1 กิโลกรัม ต่อดินแดงวังทอง2 กิโลกรัมและทรายละเอียด 4 กิโลกรัม ผลการทดสอบค่าทนแรงอัดจะเห็นได้ว่าอิฐงานวิจัย(ดินวังทอง) เส้นกราฟสีแดง ลักษณะของดินเป็นสีแดงเข้มข้นมากแต่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว จึงทำให้ได้ค่าทนแรงอัดน้อยที่สุดค่าเฉลี่ยคือ 12.40 kg/cm² อิฐงานวิจัย(ดินลูกรัง) เส้นกราฟสีเขียว ลักษณะของดินเป็นสีส้มแต่เป็นดินปนกรวดหรือเศษหิน จึงทำให้มีค่าทนแรงอัดมากกว่าดินจากวังทองค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 16.27 kg/cm² และอิฐจากสถานประกอบการเส้นกราฟสีฟ้ามีค่าทนแรงอัดมากที่สุดอยู่ที่ 19.65 kg/cm²

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คณะผู้บริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก อาจารย์สาขาวิชา ครุศาสตร์อุตสาหการ และอาจารย์สาขาวิชา เครื่องจักรกลเกษตร ที่สนับสนุนงบประมาณการดำเนินงานครั้งนี้ และสนับสนุนให้บุคลากรให้การดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

จเร สว่างวงค์ และคณะ การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดอิฐประสานด้วยระบบไฮดรอลิกมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพิษณุโลก :2554

เดชฤทธิ์ มณีธรรม คัมภีร์ระบบนิวแมติกส์ (PNEUMATICS SYSTEM) กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, 2548.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2541.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, 2548.

สมยศ จันเกษมและคิโยคัตสึ ซึงะ. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ดวงกมล, 2546.

ภาณุพงษ์ ปัตติสิงห์. Autodesk Inventor Professional 2016. พิมพ์ครั้งที่ 1. ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพมหานคร: 2558.

นครศรีโฮมการ์เด้นท์ดีไซด์ (2552) รายงานว่าความเป็นมาของอิฐประสานที่ได้พัฒนาขึ้น http://www.gotoknow.org/blogs/posts/300377 (สืบค้นวันที่ 20 มกราคม 2556)

อลิสรา คูประสิทธิ์ การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ (2554) http://www.tistr.or.th/tistrblog/?p=1042 (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2556)

วุฒิชัย กกกำแหง และ พิชิต เจนบรรจง. ม.ป.ป. เอกสารประกอบการอบรมการผลิตบล็อกประสาน วว. การผลิตบล็อกประสานให้ได้คุณภาพ ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชนบท สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่ง ประเทศไทย (วว.), กรุงเทพฯ.

การสร้างและออกแบบหุ่นยนต์ ABU 2017 “ยุทธการจานร่อน”

Create and design Robot ABU 2017 “The Landing Disc”

สุประวิทย์ เมืองเจริญ[1*]และ ภูสิทฐ บวรวัฒนดิลก[1]

Supavit Muangjaroen[1*] and Pusit Bovornwatanadilog[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างหุ่นยนต์ให้สามารถทำภาระกิจ “ยุทธการจานร่อน” โดยการประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในควบคุมระบบกลไกของหุ่นยนต์โดยการรับสัญญาณอินพุตจาก Joy Stick play station PS2 wireless for Arduino เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และชุดควบคุมระบบนิวเมติก ภาระกิจที่หุ่นยนต์ต้องปฏิบัติคือเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นโดยโหลดจานร่อน (Disc) จำนวน 50 ลูกแล้วโยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาและโยนจานร่อนไปวางบนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 3 ระดับคือ 0.5, 1 และ 1.5 เมตร ให้ได้ครบทั้ง 7 บนแท่นกลม (Spot) ภายในเวลา 3 นาที

คำสำคัญ: ไมโครคอนโทรลเลอร์ ,หุ่นยนต์, ควบคุม

ABSTRACT

This research aims to create robots that can do the job.Application of Arduino in robotic system control by input signal from Joy Stick play station PS2 wireless for Arduino to send signals to control the motor drive and the pneumatic control system.The mission of the robot is to move from the beginning by loading 50 discs.Then throw a plate of Disc on the Beach Ball on the Spot to drop, then throw the plate to the Spot It is located on the top of the ground from three levels: 0.5, 1 and 1.5 meters to complete the 7 podium with in the 3 minutes

Keywords: microcontroller, robot, control

---

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 450 หมู่ที่ 6 ต. ย่านยาว อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี 72130

[1]Department of Electronic Engineering and communication, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi 450 Moo 6 , Yan Yao sud-district, Samchuk District, Suphanburi Province 72130, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author.E-mail): Supavitjack@gmail.com

บทนำ

การแข่งขันหุ่นยนต์เอบียูโรบอตคอนเทสต์ มีพื้นฐานมาจากการแข่งขันหุ่นยนต์ เอ็นเอชเค โรโบคอน (NHK Robocon) ของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งในตอนแรกได้จัดให้มีการแข่งขันเฉพาะนักเรียน นักศึกษาในระดับอาชีวศึกษา และอุดมศึกษาในประเทศญี่ปุ่นเท่านั้น ต่อมาได้ขยายขอบเขตให้เป็นการแข่งขันในระดับนานาชาติ ทำให้สมาชิกของเอบียูเริ่มเล็งเห็นความสำคัญ และมีแนวคิดที่จะขยายขอบเขตของการแข่งขันให้เป็นที่รู้จักของคนทั่วไป จึงได้เริ่มจัดการแข่งขันเอบียูโรบอตคอนเทสต์ ครั้งแรกขึ้นในปี พ.ศ. 2545 โดยให้ประเทศญี่ปุ่นเป็นเจ้าภาพ และมีการกำหนดว่า สมาชิกของเอบียูจะหมุนเวียนผลัดเปลี่ยนกันเป็นเจ้าภาพทุกๆ ปี[6-7]

การแข่งขันหุ่นยนต์ในประเทศไทย เริ่มขึ้นโดยบริษัท อสมท. จำกัด (มหาชน)เป็นผู้ดำเนินการจัดการแข่งขัน และใช้ชื่อการแข่งขันว่า "การแข่งขันหุ่นยนต์เอบียูชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย (ABU Robot Contest Thailand Championship)" ซึ่งก็ยังคงใช้กติกาการแข่งขันแบบเดียวกันกับ เอบียูโรบอตคอนเทสต์ ทุกประการ จนถึงปัจจุบัน การแข่งขันของประเทศไทยมีการดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง[8-11]เพื่อรองรับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยแลนด์ 4.0 (โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน)ให้เกิดผลจริงต้องมีการพัฒนาวิทยาการ ความคิดสร้างสรรค์ แล้วต่อยอดในกลุ่มเครื่องมือ อุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเช่น เทคโนโลยีหุ่นยนต์ ซึ่งในปีนี้เป็นการแข่งขันครั้งที่ 16 (ABU 2017) ชื่อ “ยุทธการ จานร่อน” หรือ “Landing Disc” โดยทางประเทศญี่ปุ่นเป็นผู้ออกแบบเกมการแข่งขันในฐานะเจ้าภาพ

ซึ่งประเทศไทยไม่ใช่เป็นต้นกำเนิดทางด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์ แต่ด้วยการศึกษาหาความรู้ของเยาวชนไทยที่ไม่ด้อยกว่าเยาวชนชาติอื่นใดทำให้เยาวชนไทยสามารถชนะการแข่งขันระดับการแข่งขันหลายรายการสามารถชนะทีมจากประเทศผู้คิดค้นเทคโนโลยีและครองแชมป์หลายปีอย่างต่อเนื่อง ความสำเร็จนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการสนับสนุนอย่างดียิ่งทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนและต้องพัฒนาตัวเองภูมิปัญญาไทยให้ก้าวสู่การเป็นผู้คิดค้นทางด้านเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตอุตสาหกรรม ดังนั้นการพัฒนาหุนยนต์ในประเทศก็มีหลายสถาบันที่ให้ความสนใจในการอกแบบสร้างหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างเช่น สหพล และคณะ2559 . การพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ,กฤษดา และยศวัฒน์ 2559. การพัฒนาหุ่นยนต์สารวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม, ธนพงศ์ ทองโชติ 2557.การควบคุมระดับความลึกของหุ่นยนตีดำน้ำแบบอัตโนมัติ และสถาศึกษาอุดมศึกษาร่วมกับอาชีวะศึกษา จัดการแข่งขันในประเภทต่างๆเพื่อหาตัวแทนประเทศไทย

จากอดีตที่ผ่านมาทางสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมได้เข้าร่วมแข่งขันในปี พ.ศ. 2556 สร้างหุ่นยนต์เข้าแข่งขัน ABU 2013 ชื่อ “หุ่นยนต์พิทักษ์ รักโลกสีเขียว”ประเทศเวียมนามเป็นผู้ออกแบบเกมการแข่งขันในฐานะเจ้าภาพ ,ในปี พ.ศ. 2557 สร้างหุ่นยนต์เข้าแข่งขัน ABU 2014 ชื่อ “อุ่นไอรัก” โดยประเทศอินเดียเป็นผู้ออกแบบเกมการแข่งขันในฐานะเจ้าภาพ, ในปี พ.ศ. 2558 สร้างหุ่นยนต์เข้าแข่งขัน ABU 2015 ชื่อ “หุ่นยนต์แบตมินตัน” โดยประเทศอินโดนีเซียเป็นผู้ออกแบบเกมการแข่งขันในฐานะเจ้าภาพและในปี พ.ศ. 2559 สร้างหุ่นยนต์เข้าแข่งขัน ABU 2016 ชื่อ “พลังงานบริสุทธิจุดประกายโลก”ประเทศไทยเป็นผู้ออกแบบเกมการแข่งขันในฐานะเจ้าภาพ จึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจรวมถึงความ
เหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไข

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยและทีมงาน(นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมชั้นปีที่ 3 รุ่น TET57) จึงมีความสนใจที่ออกแบบวงจรควบคุมและสร้างหุ่นยนต์โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ

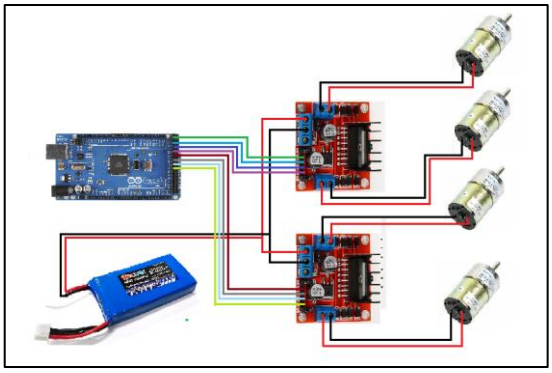
1.เพื่อศึกษาการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ABU 2017 2.ศึกษาการเชื่อมต่อวงจรบอร์ดต่างๆกับบอร์ด Arduino 3.เพื่อศึกษาการเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมคอนโทรลการทำงานในส่วนต่างๆ ดังนั้นเป็นการพัฒนาองค์ความรู้และศักยภาพของผู้วิจัย ให้มีความชำนาญและสามารถสร้างหุ่นยนต์ “ยุทธการจานร่อน”

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำงานของหุ่นยนต์โดยทั่วไป จะใช้อุปกรณ์พื้นฐานในการควบคุมกลไกการทำงาน ซึ่งจะประกอบไปด้วย ส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมและการประมวลผล ดังนั้นบอร์ด Arduino MEGA จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการ นำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการ โดยให้ภาพแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่าง ๆ ตามความถนัด จึงต้องอาศัยความรู้ต่างๆ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 การควบคุมของมอเตอร์กระแสตรงและความเร็ว

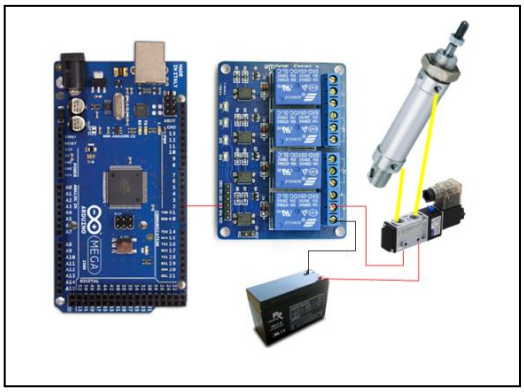
การใช้บอร์ดสั่งงานให้เป็นตัวควบคุมการหมุน และทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น เราจะต้องมีส่วนของวงจรที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์ และเพื่อกลับทิศทางของมอเตอร์ได้หรืออาจใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับเช่น ทรานซิสเตอร์มอสเฟตแล้วแต่วิธีที่เราจะเลือกใช้งานการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงมีหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งอาจจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐานทั่วไปเช่นการควบคุมด้วยวิธีการใช้ตัวต้านทานปรับค่าโดยต่ออนุกรมกับมอเตอร์หรือใช้วิธีการการควบคุมโดยการเปลี่ยนค่าของระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ แต่การควบคุมในวิธีดังกล่าวถึงแม้ว่าจะควบคุมความเร็วมอเตอร์ให้คงที่ได้แต่ที่ความเร็วต่ำจะส่งผลให้แรงบิดต่ำไปด้วย ดังนั้นเราจึงเลือกใช้วิธีการควบคุมโดยการจ่ายกระแสไฟให้กับมอเตอร์เป็นช่วงๆ โดยอาศัยกระแสไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ต่อกับบอร์ด ไดรฟ์มอเตอร์และ DC มอเตอร์

2.2 การควบคุมโซลินอยด์วาล์วลม

การใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมโซลินอยด์วาล์วเพราะอุปกรณ์นี้เป็นแบบสวิตช์โดยอาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าทำงานโดยใช้การป้อนไฟเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการทำงานควบคุมให้ลิ้นกลไกปิดหรือเปิด ดังนั้นเราจึงเลือกใช้อุปกรณ์นี้ในการใช้โซลินอยด์วาล์วควบคุมกระบอกลมในการยิง Disc ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การใช้งานโดยการสั่งให้โซลินอยด์วาล์วทำงาน

2.3 ภาษาและโปรแกรมที่ใช้

ภาษาเครื่อง (Machine Language) เป็นภาษาที่อยู่ในภาพแบบของรหัสเลขฐานสองไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจภาษานี้ได้ทันที[1-3] โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการแปล แต่เป็นภาษาที่ยากต่อการเรียนรู้ เพราะอยู่ในภาพแบบของเลขฐานสอง และผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับฮาร์ดแวร์เป็นอย่างดี แต่ข้อดีของภาษานี้ คือ มีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็วและสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้โดยตรงภาษา Assembly สร้างขึ้นมาเพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น ภาษา assembly ใช้คำสั่งเป็นภาษาอังกฤษแทนรหัสเลขฐานสอง ในการสั่งเครื่องให้ทำงาน ดังนั้นในการใช้งาน จะต้องผ่านการแปลจากภาษา Assembly เป็นภาษาเครื่องก่อน ตัวแปลภาษา เรียกว่า Assemblerโปรแกรมที่เขียนโดยภาษา assembly จะทำงานเร็วและมีขนาดเล็ก เพราะว่ามันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรงเช่นเดียวกับภาษาเครื่อง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย และCompiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาทั้งหมดให้เป็นภาษาเครื่อง จากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำหลังจากนั้นจึงสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ทำให้การทำงานได้เร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาษา C [5] เป็นต้นดังภาพที่ 3

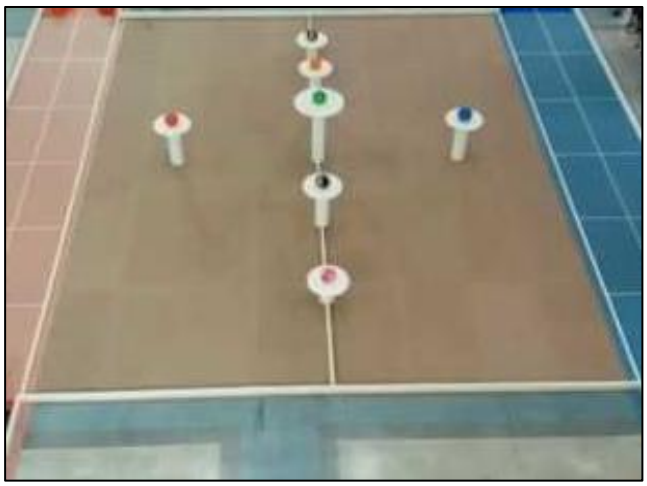


ภาพที่ 3 การเขียนคำสั่งโปรแกรม

2.4 ภาระกิจของหุ่นยนต์

การทำภาระกิจประกอบด้วย เริ่มจากการควบคุมระบบหุ่นยนต์โดยเริ่มต้นจากจุดสตาร์ทแล้วควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปถึงจุดโหลดจานร่อน(Disc) จำนวน10 ลูกแล้วเคลื่อนที่ต่อไปยังจุด แท่นกลม Spotที่ 1 ให้หุ่นยนต์โยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาก่อนแล้วจากนั้นโยนจานร่อนไปวางแทนที่บนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 1 เมตร จากนั้นปรับระดับการยิงแท่นกลม Spotที่ 2 ให้หุ่นยนต์โยนจานร่อน

(Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาก่อนแล้วจากนั้นโยนจานร่อนไปวางแทนที่บนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 1.5 เมตรจากนั้นปรับระดับการยิงแท่นกลม Spotที่ 3และ4 ให้หุ่นยนต์โยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาก่อนแล้วจากนั้นโยนจานร่อนไปวางแทนที่บนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 1 เมตรจากนั้นปรับระดับการยิงแท่นกลม Spotที่ 5และ6 ให้หุ่นยนต์โยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาก่อนแล้วจากนั้นโยนจานร่อนไปวางแทนที่บนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 0.5 เมตรจากนั้นปรับระดับการยิงแท่นกลมสุดท้าย Spotที่ 7 ให้หุ่นยนต์โยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาก่อนแล้วจากนั้นโยนจานร่อนไปวางแทนที่บนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 1 เมตร การควบคุมหุ่นยนต์และโยนจานร่อนไปวางบนแท่นกลมทั้ง 7 Spot

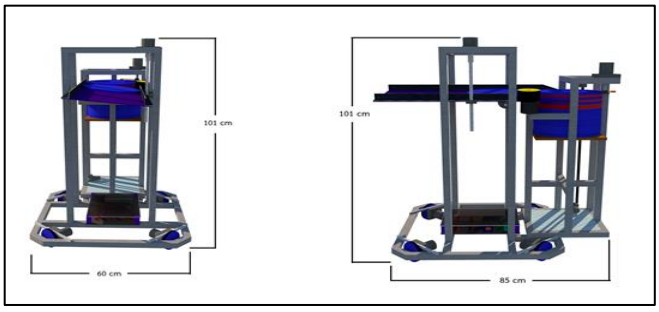


ภาพที่ 4 สนามปฏิบัติภาระกิจ ABU 2017

วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบสำหรับหุ่นยนต์ ABU 2017 โดยการทำโครงสร้างเพื่อทำการเคลื่อนที่และการออกแบบวงจรเพื่อใช้ในส่วนของการควบคุมการทำงานด้านต่างๆ ของตัวหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานตามขอบเขตและเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์



ภาพที่ 5 จำลองโครงสร้างของหุ่นยนต์ ABU 2017

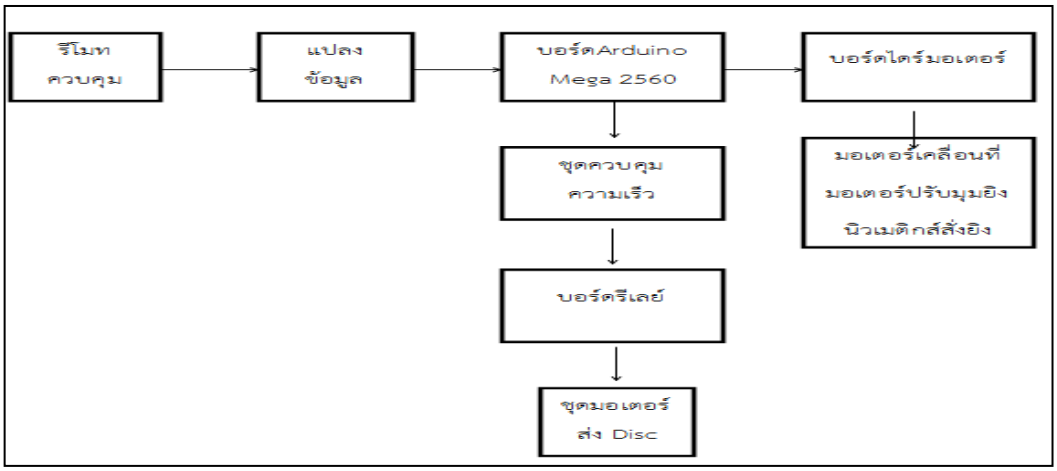


ภาพที่ 6 หุ่นยนต์ ABU 2017

3.2 การออกแบบวงจรและชุดควบคุม

การออกแบบวงจรเพื่อให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้ด้วยการบังคับด้วยรีโมทก็จะต้องมีการสั่งงานโดยใช้วงจรต่างๆ เพื่อเป็นชุดควบคุมโดยในตัวหุ่นยนต์มีชุดวงจรหลักๆ อยู่ดังนี้

3.2.1. บล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนต์

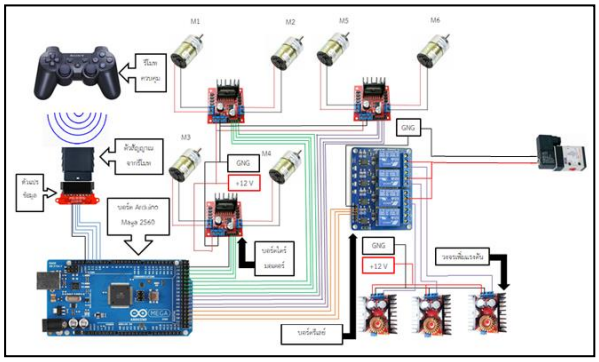


จากบล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนต์รีโมทควบคุมรับคำสั่งการกดปุ่มและส่งข้อมูลไปที่ตัวรับ ที่ตัวรับจะมีหัวต่อแปลงข้อมูลของจอย PS2 ให้เป็นข้อมูลของ Arduino ต่อไปยังบอร์ด Arduino เพื่อประมวลผลตามคำสั่งที่ได้เขียนไว้ส่งออกเอาต์พุต ในส่วนเอาต์พุตของ Arduino จะมี 2 ส่วนคือ

3.2.1.1. ส่วนที่เข้าอินพุตของบอร์ดไดร์มอเตอร์ บอร์ไดร์มอเตอร์จะทำการควบคุมการหมุนของมอเตอร์จำนวน 2 ชุด คือมอเตอร์เคลื่อนที่ มอเตอร์ปรับมุมยิง

3.2.1.2. ส่วนที่เข้าชุดควบคุมควบคุมโซลินอยด์วาล์วการยิงของDiscด้วยการใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้จ่ายไปที่โซลินอยด์วาล์ว

3.3 การโปรแกรมเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างการต่อวงจรทั้งหมดของหุ่นยนต์

จากภาพที่ 7 แสดงการเชื่อมต่อวงจรของหุ่นยนต์ โดยให้ส่งสัญญาณ Joy Stick play station PS2 wireless for Arduino เป็นรีโมทควบคุมส่งสัญญาณไปที่ตัวรับสัญญาณจากรีโมทแล้วแปลงของมูลส่งผ่านไปยังพอร์ตของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ซึ่งเป็นหน่วยประมวลผลหลัก จากนั้นส่งสัญญาณไปยังระบบกลไกของหุ่นยนต์โดยสัญญาณนั้นจะไปควบคุมชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และชุดควบคุมระบบนิวเมติก

ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ 1 ตัว คือ สามารถบังคับด้วยมือ สนามทดสอบเป็นภาพสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 14.15x15.05 เมตร หุ่นยนต์จะต้องโยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาและโยนจานร่อนไปวางบนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 3 ระดับคือ 0.5, 1, 1.5 เมตร ให้ได้ครบทั้ง7 จุด เวลาต้องไม่เกิน 3 นาที ทำเหมือนกันทุกครั้งจำนวน 5 ครั้งดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบโยน Disc ของหุ่นยนต์

จำนวนครั้งทดสอบ	จำนวนจานร่อน)Discที่ทำการ(โหลด	จำนวนจานร่อนที่ อยู่บนแทน Spot	คะแนนที่ได้	จำนวนบนแท่ง Spotที่จานร่อนวางได้	เวลาในการทำภาระกิจต้องไม่) (3นาที เกิน
1	ลูก 20	ลูก 8	8	2 Spot	นาที 3.00
2	ลูก 30	11 ลูก	11	4 Spot	นาที 3.00
3	ลูก 40	19 ลูก	20	5 Spot	.259 นาที
4	ลูก 50	20 ลูก	20	6 Spot	นาที 2.58
5	ลูก 50	21 ลูก	หรือ 25Appare	7 Spot	2.57นาที

จากการทดสอบทั้ง 5 ครั้งการโหลดจานร่อน(Disc) จำนวน50 ลูก การทดสอบครั้งที่ 5 ดีที่สุดใช้เวลา 2.57 นาที สามารถโยนจานร่อนว่างแทนลูกบอลที่อยู่บนแท่นได้ 21 ลูกได้คะแนน 25คะแนน หรือ Appare ครบทั้ง 7 แท่น (Spot)โดยไม่เกินเวลา 3 นาทีส่วนการทดสอบครั้งแรกจำนวน 20 ลูกเวลาที่ใช้เกินเวลา 3.00 นาที สามารถโยนจานร่อนว่างแทนลูกบอลที่อยู่บนแท่นได้ 8 ลูกได้คะแนน 8 คะแนน(อาจจะเกิดจากการปรับระยะโยนจานร่อน)จากตารางมีการพัฒนาการควบคุมหุ่นยนต์มากขึ้นตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบและจัดสร้างหุ่นยนต์ ABU 2017 ในครั้งนี้ มีการใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA เข้ามาเป็นหน่วยประมวลผลควบคุมการทำงานตามคำสั่งรีโมทที่มีการส่งข้อมูลมาที่ไมโคคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA เข้ามาประมวลผลตามคำสั่งในการ การควบคุมระบบหุ่นยนต์ แบบบังคับด้วยมือ แข่งขันกันในสนามการแข่งขันในเวลา 3 นาที หุ่นยนต์จะต้องโยนจานร่อน (Disc) ไปชนลูกบอลชายหาด (Beach Ball) บนแท่นกลม (Spot) ให้หล่นลงมาและโยนจานร่อนไปวางบนแท่นกลม (Spot) ที่ตั้งอยู่บนเสาสูงจากพื้น 3 ระดับคือ 0.5เมตร, 1 เมตรและ 1.5 เมตร ให้ได้ครบทั้ง7 จุด ซึ่งวิธีการควบคุมจะควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมในภาษาภาษาซี (C) และรันโปรแกรมลงใน บอร์ด Arduino MEGA ผลการทดสอบครั้งที่ 5 ดีที่สุดใช้เวลา 2.57 นาที สามารถโยนจานร่อนว่างแทนลูกบอลที่อยู่บนแท่นได้ 21 ลูกได้คะแนน 25 คะแนน หรือ Appare ครบทั้ง 7 แท่น (Spot)โดยไม่เกินเวลา 3 นาที

กิตติกรรมประกาศ

การสร้างหุ่นยนต์เข้าร่วมแข่งขัน ABU 2017 สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากนักศึกษาธีรพงศ์ แซ่ลี้,คีรีรัตน์ ศรีวัฒน์,ภาคภูมิ แก้วทอง,สรวิทย์ น้ำทิพย์,สมัชชา พลเสนและพรตชนะ อยู่นอน ซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 3 (TET57) สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมศูนย์สุพรรณบุรีในการสร้างหุ่นยนต์และเข้าร่วมแข่งขันจนสำเร็จเป็นไปด้วยดีและขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมทุกท่านอย่างยิ่งที่ได้ให้คำปรึกษาการสร้างหุ่นยนต์และทดสอบที่ได้ให้คำแนะนำข้อคิดต่างๆโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเรียบร้อยจึงขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ดอนสัน ปงผาบ. 2550.**ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน.**กรุงเทพฯ,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2552. **การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C (Programming with C)**.กรุงเทพฯ. ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

โอภาส ศิริครรชิตถาวร. 2552. **เปิดโลก 32 บิต กับ STM32-Discovery.** กรุงเทพฯ .วี เจ พริ้นติ้ง.

นครและชัยวัฒน์.2552.**ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับSTM32.** กรุงเทพฯ.อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

บุญสืบ โพธิ์ศรี และคณะ. 2555. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร .วี พริ้นท์

Wikipedia. **หุ่นยนต์.** แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/หุ่นยนต์. [2016, May 6].

Wikipedia. **เอบียูโรบอตคอนเทสต์.**แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/เอบียูโรบอตคอนเทสต์. [2016,July 10].

สหพล และคณะ.2559. **การพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.** วารสารคณิตศาสตร์ MJ-MATh 61(688) Jan–Apr, 2016 .

กฤษดา และยศวัฒน์. 2559. **การพัฒนาหุ่นยนต์สารวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม.** วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 8 มกราคม 2559-ธันวาคม 2559.

ธนพงศ์ ทองโชติ. 2557.**การควบคุมระดับความลึกของหุ่นยนตีดำน้ำแบบอัตโนมัติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ต่อสู้

Design and Create a Fight Robot

สุประวิทย์ เมืองเจริญ[1*] และ ภูสิทฐ บวรวัฒนดิลก[1]

Supavit Muangjaroen[1*] and Pusit Bovornwatanadilog[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สร้างและออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต่อสู้ ซึ่งทำการออกแบบการควบคุมกลไกหุ่นยนต์ 2 แบบคือ 1.การออกแบบโดยใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์ 2.การออกแบบโดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ สำหรับข้อมูลการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะทำการส่งผ่านอุปกรณ์ Joy Stick play station PS2 wireless for Arduino ไปยังภาครับสัญญาณที่เชื่อมต่อบอร์ด Arduinoจากนั้น บอร์ด Arduinoจะทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับแล้วทำการส่งสัญญาณไปยังบอร์ดควบคุมมอเตอร์เพื่อให้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ผลการทดลองการทำงานของระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ต่อสู้ ทั้ง 2 แบบ การควบคุมแบบแรกมีการตอบสนองจากการรับคำสั่งข้อมูลช้ากว่าการควบคุมแบบสองเนื่องจากบอร์ดรีเลย์มีอาการทำงานผิดจังหวะถ้ามีการเปลี่ยนคำสั่งเร็วเกินไปแต่ก็สามารถควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่ได้เหมือนกันส่วนการทดลองระยะทางการควบคุมของหุ่นยนต์ได้ไกลสุดที่ระยะ 20 เมตรแต่ในกรณีมีสิ่งกีดขวางในการส่งสัญญาณการควบคุมแบบแรกอยู่ที่ระยะ 5 เมตรส่วนการควบคุมแบบสองอยู่ที่ระยะ 10 เมตรดังนั้นการออกแบบโดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์เหมาะสมในการควบคุมหุ่นยนต์ต่อสู้

คำสำคัญ : หุ่นยนต์, มอเตอร์,ไมโครคอนโทรลเลอร์

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 450 หมู่ที่ 6 ต. ย่านยาว อ.สามชุก จ.สุพรรณบุรี 72130

[1]Department of Electronic Engineering and communication, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi 450 Moo 6 , Yan Yao sud-district, Samchuk District, Suphanburi Province 72130, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author.E-mail): Supavitjack@gmail.com[*]

ABSTRACT

This research establishes and designs the control system of the robot fighting.The design of robot control mechanism is 2 types.First, the design using the relay board to control the motor.Second, the design using the Motor drive circuit board to control the motor for robot movement data will pass the device Joy Stick Play PS2 wireless for Arduino to the receiver.This is a connect the Arduino board .The data will be Signal processed to motor control board to control the direction of movement of the robot.Test results of the control system of the robot fight two types. First control responds more slowly than the second control, because the relay board is abnormal if the command is changed too much, but the mobile robot can control the same. The control distance of the robot is as far as possible at a distance of 20 meters, but in the event of an obstacle, the first control signal is at 5 meters. At 10 meters, so designed by the DC motor drive board, suitable to control the fighting robot.

Keywords : Robot, motor, microcontroller

บทนำ

หุ่นยนต์ คือ หุ่นที่มีเครื่องกลไกอยู่ภายใน สามารถเคลื่อนไหวและทำงานหลายอย่างแทนมนุษย์ได้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ คือ 1.หุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่ และ 2.หุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้ ซึ่งหุ่นยนต์ชนิดติดตั้งอยู่กับที่นิยมใช้ในโรงงาน ส่วนหุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนได้ อาจเคลื่อนที่ไปด้วยตัวเองหรือมีการควบคุมด้วยมนุษย์นิยมสร้างกันมาก ในปัจจุบันทั้งนี้การพัฒนาหุ่นยนต์ของประเทศไทยมีการดำเนินไปอย่างต่อเนื่องโดยมีทั้งการออกแบบ สร้างและการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ทำให้การแข่งขันหุ่นยนต์ภายในประเทศพัฒนาได้เท่าเทียมกับการแข่งขันในระดับโลก เพื่อรองรับนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยแลนด์ 4.0 (โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน) ให้เกิดผลจริงต้องมีการพัฒนาวิทยาการ ความคิดสร้างสรรค์ แล้วต่อยอดในกลุ่มเครื่องมือ อุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์ และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมเช่น เทคโนโลยีหุ่นยนต์

การออกแบบสร้างหุ่นยนต์ชนิดเคลื่อนที่ได้นั้นต้องขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานนั้นๆ เช่นงานที่อันตรายสูง งานพื้นที่สกปรก และงานสำรวจ จึงมีการออกแบบโครงสร้างและการควบคุมหุ่นยนต์ให้ตอบโจทย์ภาระกิจที่ต้องดำเนินการซึ่งในหุ่นยนต์ 1 ตัวประกอบด้วยอุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างมากมาย อุปกรณ์แต่ละชนิดมีหน้าที่แตกต่างกันตามลักษณะและวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกใช้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆจึงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจรวมถึงความเหมาะสม เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการศึกษาหาความรู้ด้านหุนยนต์หลายๆประเภทซึ่งเยาวชนไทยก็ไม่ด้อยกว่าเยาวชนชาติอื่นใดและสามารถเข้าร่วมการแข่งขันในหลายระดับในหลายรายการก็สามารถชนะทีมจากประเทศผู้คิดค้นเทคโนโลยีและครองแชมป์หลายปี ซึ่งความสำเร็จนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการสนับสนุนอย่างดียิ่งทั้งจากภาครัฐและภาคเอกชนและก้าวสู่การเป็นผู้คิดค้นทางด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์ ดังนั้นการพัฒนาหุนยนต์ในประเทศก็มีหลายสถาบันที่ให้ความสนใจในการอกแบบสร้างหุ่นยนต์ในรูปแบบต่างเช่น สหพล และคณะ2559 . การพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ,กฤษดา และยศวัฒน์ 2559. การพัฒนาหุ่นยนต์สารวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม, ธนพงศ์ ทองโชติ 2557.การควบคุมระดับ

ความลึกของหุ่นยนต์ดำน้ำแบบอัตโนมัติ และสถาศึกษาอุดมศึกษาร่วมกับอาชีวะศึกษา จัดการแข่งขันในประเภทต่างๆเพื่อหาตัวแทนประเทศไทย

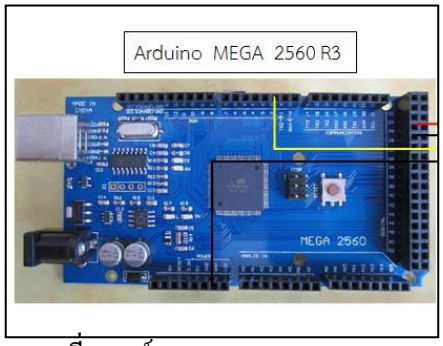
จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยและทีมงาน(นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคมชั้นปีที่ 1 รุ่น ITT59) จึงมีความสนใจที่สร้างหุ่นยนต์ต่อสู้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ 1.เพื่อศึกษาการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ต่อสู้ 2.ศึกษาการเชื่อมต่อวงจรบอร์ดต่างๆกับบอร์ด Arduino MEGA 2560 R3 3.เพื่อศึกษาการเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมคอนโทรลการทำงานในส่วนต่างๆ ดังนั้นเป็นการพัฒนาความรู้ความเข้าใจการเลือกใช้อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ รวมถึงความเหมาะสมและให้มีความชำนาญสามารถสร้างหุ่นยนต์ได้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำงานของหุ่นยนต์โดยทั่วไป จะใช้อุปกรณ์พื้นฐานในการควบคุมกลไกการทำงาน ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมและการประมวลผลดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อรองรับกับความต้องการ นำไปควบคุมระบบที่ความสามารถที่เราต้องการโดยให้มีขนาดเล็กที่สุด แต่มิใช่เพียงแต่ขนาดเล็กเท่านั้น มันยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยภาพแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัดจึงต้องอาศัยความรู้ต่าง ๆ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

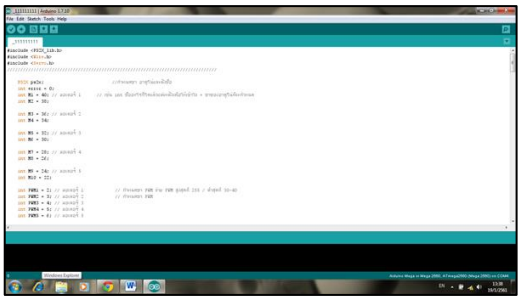
Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันในการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งข้อแตกต่างสำหรับบอร์ด Arduino กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วๆไปในเรื่องของ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลการเชื่อมต่อวงจรบอร์ดต่างๆทั้งในส่วนของ Hardware และในส่วน Soflware ที่เป็นเครื่องมือที่จะใช้ในการเขียนคำสั่งต่างๆลงบนบอร์ดภายในด้วยฟังก์ชั่นภาษาซีสำหรับติดต่อกับ Hardware ให้เป็นจำนวนมากซึ่งทำให้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ง่าย



ภาพที่ 1 บอร์ด Arduino MEGA 2560 R3

2.2 ภาษา C

ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป เป็นภาษาที่มีความจำเป็นมาก มันสนับสนุนการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้าง การกำหนดขอบเขตของตัวแปร และการเรียกใช้ตัวเอง (recusion) และมันเป็นภาษาที่อยู่ในระดับ low level นั่นคือ มันเป็นภาษาที่สามารถทำงานได้ดีในระดับของฮาร์ดแวร์ ภาษา C เป็นสามารถที่ออกแบบมาให้สามารถที่จะทำงานกับคำสั่งพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นมันจึงถูกพบบ่อยในการใช้สร้างแอพพลิเคชันในสมัยก่อนที่เขียนโดยภาษาแอสเซมบลี รวมถึงระบบประฏิบัติการ เช่นเดียวกันกับซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับคอมพิวเตอร์ ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ และระบบฝังตัวประวัติของภาษา C



ภาพที่ 2 การเขียนคำสั่งโปรแกรม

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor)

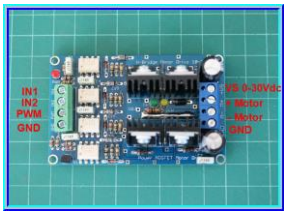
หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Dc Motor) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้นและกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็กสร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็กจะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกันและทิศทางเดียวจะเสริมแรงกันทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกันทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์หรือ โรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง



ภาพที่ 3 DC Motor

2.4 **บอร์ดขับดีซีมอเตอร์**

บอร์ดขับดีซีมอเตอร์ TLP250 IRF3205 IRF4905 H-Bridge 10-30Vdc โดยใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์ IRF3205, IRF4905 เป็นบอร์ดขับดีซีมอเตอร์แบบเฮชบริดจ์สามารถควบคุมมอเตอร์หมุนกลับทางได้รองรับแรงดันทางเอาต์พุต 10-30Vdc อินพุต 3.3-5Vdc สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งแบบ 3.3V, 5V กระแสสูงสุด 40A มีออปโต้คัปเปลอร์ สำหรับแยกกราวด์ทางด้านอินพุต ออกจากทางด้านเอาต์พุต ใช้เพาเวอร์มอสเฟตเบอร์จำนวน 4 ตัว ที่มีสเปคแรงดันสูงสุดถึง 55V 110A พร้อมติดตั้งแผ่นระบายความร้อนคุณภาพสูงทุกตัว เหมาะสำหรับนำไปใช้งานในการควบคุมระบบขับเคลื่อนหุ่นยนต์ หรือควบคุมสายพานต่างๆ การควบคุมและใช้งาน จุดต่อควบคุมทางด้านอินพุต (3.3-12Vdc)



ภาพที่ 4 บอร์ดขับดีซีมอเตอร์ TLP250 IRF3205 IRF4905 H-Bridge 10-30Vdc

2.5 Joy Stick play station PS2 wireless for Arduino แบบไร้สาย

เป็นคอนโทรเลอร์สำหรับเครื่อง PS2 ซึ่งจับเอาระบบสั่นมารวมกับเทคโนโลยี SIXAXIS ตัวจอย PS2 นี้จะมีน้ำหนักมากกว่าจอย SIXAXIS เล็กน้อย ส่วนระบบสั่นของ PS2 นี้ได้ถูกปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ที่จริงแล้วเอาไว้ใช้เล่นเกมส์กับเครื่องเล่นเกมส์ playstation 2 แต่จอยสามารถส่งข้อมูลหรือควบคุมผ่านสัญญาณไร้สาย ได้เช่นกัน จึงเลือกใช้ควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หุ่นยนต์ รถบังคับ แบบไร้สาย มี library ให้ใช้งาน สามารถสั่งให้ joystick สั่นได้ ใช้คลื่นความถี่ 2.4GHz



ภาพที่ 5 JoyStick playstation PS2 wireless for Arduino แบบไร้สาย

2.6 รีเลย์ (Relay)

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีภาพร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป แต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งานจะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายภาพแบบ

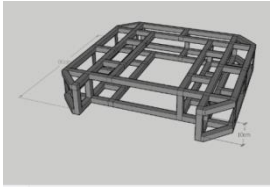


ภาพที่ 6 บอร์ดรีเลย์ (Relay)

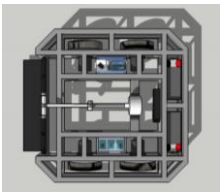
วิธีการดำเนินงาน

การออกแบบสำหรับหุ่นยนต์ต่อสู้ โดยการทำโครงสร้างเพื่อทำป้องกันการโจมตีและอุปกรณ์ภายในการออกแบบวงจรเพื่อใช้ในส่วนของการควบคุมการทำงานด้านต่างๆ ของตัวหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้ ซึ่งจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ และการกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ภายในหุ่นยนต์

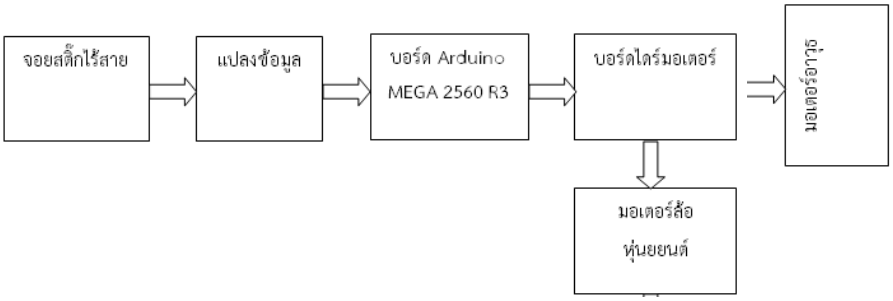


ภาพที่ 6 การออกแบบโครงสร้าง



ภาพที่ 7 กำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ภายใน

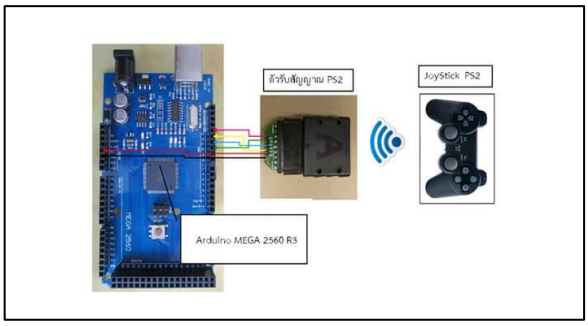
3.2 บล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนต์



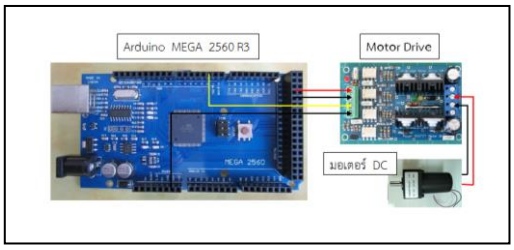
ภาพที่ 8 บล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนต์

จากบล็อกไดอะแกรมของหุ่นยนตรีโมทควบคุมรับคำสั่งการกดปุ่มและส่งข้อมูลไปที่ตัวรับ ที่ตัวรับจะมีหัวต่อแปลงข้อมูลของจอย PS2 ให้เป็นข้อมูลของ Arduino ต่อไปยังบอร์ด Arduino เพื่อประมวลผลตามคำสั่งที่ได้เขียนไว้ส่งออกเอาต์พุต ในส่วนเอาต์พุตของ Arduino ส่วนที่เข้าอินพุตของบอร์ดไดร์มอเตอร์ บอร์ไดร์มอเตอร์จะทำการควบคุมการหมุนของมอเตอร์จำนวน 4 ชุด มอเตอร์เคลื่อนที่และมอเตอร์อาวุธโจมตี 1 ชุด

3.3 การทดลองเชื่อมต่อรีโมทบังคับหุ่นยนต์และการทดลองเชื่อมต่อบอร์ดขับดีซีมอเตอร์



ภาพที่ 9 การเชื่อมต่อรีโมท

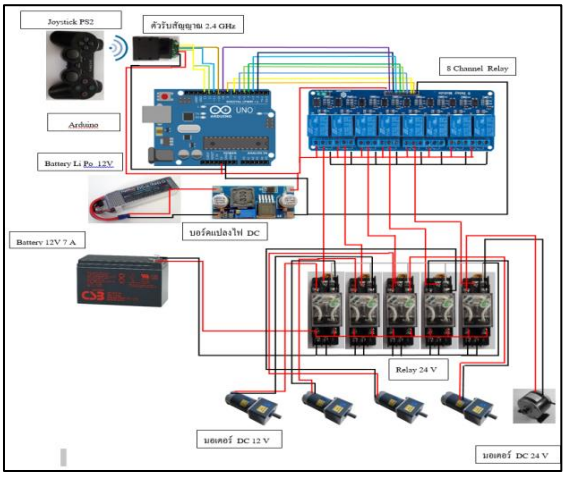


ภาพที่10 การเชื่อมต่อกับบอร์ด Drive Motor

3.4 การโปรแกรมเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานวงจรของหุ่นยนต์

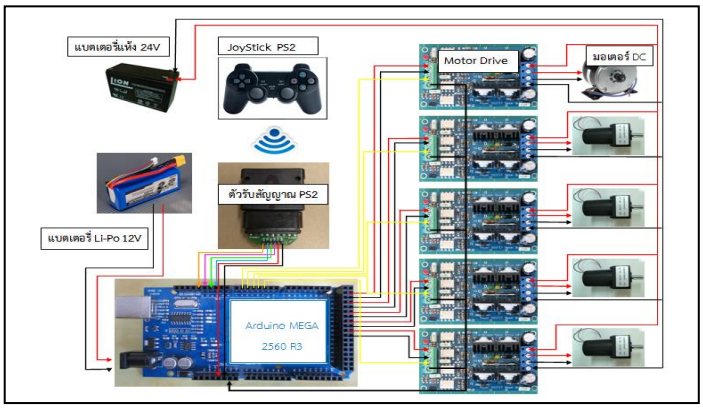
ในการออกแบบการควบคุมของหุ่นยนต์ทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

3.4.1 การออกแบบโดยใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์ทั้งหมด การทำงานวงจรควบคุมหุ่นยนต์โดยใช้บอร์ด รีเลย์ (Relay)เป็นการใช้รีเลย์ต่อวงจร สวิตซ์เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรง ในการควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้น



ภาพที่ 11 การต่อวงจรทั้งหมดของหุ่นยนต์โดยใช้บอร์ดรีเลย์

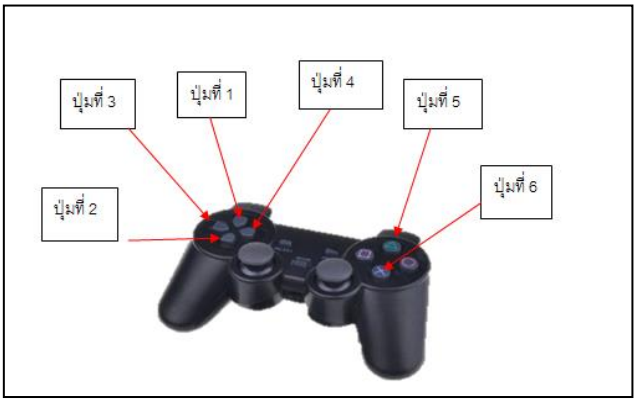
3.4.2 การออกแบบโดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ทั้งหมด ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัวที่ทำหน้าที่ขับ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) ทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากเราทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) ซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย



ภาพที่ 12 การต่อวงจรทั้งหมดของหุ่นยนต์โดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์

ผลการทดลอง

การบังคับหุ่นยนต์ จะใช้จอยสติ๊กไร้สายสั่งงานผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA 2560 เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ที่จะคำสั่งให้มอเตอร์สามารถเดินหน้า-ถอยหลัง,เลี้ยวซ้าย-ขวา,ยกแขนขึ้น-ลง ตามปุ่มที่กด ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตำแหน่งปุ่มควบคุมการทำงานต่างๆ

ตารางที่ 1 ผลการทดลองปุ่มควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์

ปุ่มที่	การทำงาน	ควบคุมด้วย บอร์ดรีเลย์	ควบคุมด้วยบอร์ดขับ Motor
1	เดินหน้า	✓	✓
2	ถอยหลัง	✓	✓
3	เลี้ยวซ้าย	✓	✓
4	เลี้ยวขวา	✓	✓
5	ยกแขนกลขึ้น	✓	✓
6	กดแขนกลลง	✓	✓

ตารางที่ 2 ผลการทดลองระยะทางการควบคุมของหุ่นยนต์ทั้งแบบมีสัญญาณรบกวนและไม่มีสัญญาณรบกวน

ระยะการควบคุมไม่มีสัญญาณรบกวน	ควบคุมMotor ด้วย บอร์ดรีเลย์	ควบคุม Motor ด้วยบอร์ดขับ Motor	ระยะการควบคุมมีสัญญาณรบกวน	ควบคุมMotor ด้วย บอร์ดรีเลย์	ควบคุม Motor ด้วยบอร์ดขับ Motor
5 เมตร	✓	✓	5 เมตร	✓	✓
10 เมตร	✓	✓	10 เมตร	การส่งสัญญาณไม่เสถียร	✓
15 เมตร	✓	✓	15 เมตร	สัญญาณขาด	การส่งสัญญาณไม่เสถียร
20 เมตร	✓	✓	20 เมตร	สัญญาณขาด	สัญญาณขาด
25 เมตร	การส่งสัญญาณไม่เสถียร	การส่งสัญญาณไม่เสถียร	25 เมตร	สัญญาณขาด	สัญญาณขาด
30 เมตร	สัญญาณขาด	สัญญาณขาด	30 เมตร	สัญญาณขาด	สัญญาณขาด

จากการออกแบบการควบคุมของหุ่นยนต์ทั้ง 2 แบบ โดยทดลองระบบขับเคลื่อนการทำงานของตัวหุ่นยนต์โดยการทดลองการเคลื่อนที่ในทิศทางต่างๆรวมทั้งการทดลองชุดอาวุธโจมตี ผลการทดลองปุ่มควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ทั้ง2แบบสามารถควบคุมทิศทางได้แต่ในการใช้บอร์ดรีเลย์มีการรับคำสั่งข้อมูลช้ากว่าการใช้บอร์ดขับมอเตอร์แต่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้เหมือนกันส่วนการทดลองระยะทางการควบคุมของหุ่นยนต์ทั้ง 2 แบบได้ไกลสุดที่ระยะ20 เมตรแต่ถ้ามีสิ่งกีดขวางในการส่งสัญญาณการใช้บอร์ดรีเลย์ได้ระยะทางน้อยกว่าอยู่ที่ระยะ 5 เมตรส่วนการใช้บอร์ดขับมอเตอร์อยู่ที่ระยะ 10 เมตร

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ต่อสู้และกลไกเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มีภาพแบบต่างๆเช่นการเดินหน้า การถอยหลัง การเลี้ยวขวา การเลี้ยวซ้าย และการโจมตี จากนั้นได้เขียนคำสั่งเพื่อควบคุมคอนโทรลการทำงานในส่วนต่างๆด้วยการออกแบบการควบคุมของหุ่นยนต์ทั้งหมดแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ 1.การออกแบบโดยใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์ 2.การออกแบบโดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์ในการควบคุมมอเตอร์ ผลการทดลองการทำงานทั้งหมดสามารถควบคุมทิศทางทั้ง 2 แบบได้แต่ในการใช้บอร์ดรีเลย์มีการรับคำสั่งข้อมูลช้ากว่าการใช้บอร์ดขับมอเตอร์เล็กน้อยแต่ก็สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้เหมือนกันส่วนการทดลองระยะทางการควบคุมของหุ่นยนต์ได้ไกลสุดที่ระยะ 20 เมตรแต่ถ้ามีสิ่งกีดขวางในการส่งสัญญาณการใช้บอร์ดรีเลย์อยู่ที่ระยะ 5 เมตรส่วนการใช้บอร์ดขับมอเตอร์อยู่ที่ระยะ 10 เมตรดังนั้นการออกแบบโดยใช้บอร์ดขับดีซีมอเตอร์เหมาะสมกว่าโดยใช้บอร์ดรีเลย์ในการควบคุมมอเตอร์

กิตติกรรมประกาศ

การสร้างหุ่นยนต์ต่อสู้ สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากนักศึกษาวันชัย ศรีวงศ์,รัฐเขต อำไพ, หัฏฐากิจ นวลบริบูรณ์,ธนากร แก้งประชาและศรัณญู เรือนรื่นซึ่งเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 (ITT59) สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศูนย์สุพรรณบุรี ในการสร้างหุ่นยนต์และขอบคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมทุกท่านอย่างยิ่งที่ได้ให้คำปรึกษาการสร้างหุ่นยนต์และการทดลองที่ได้ให้คำแนะนำข้อคิดต่างๆโดยตลอดตั้งแต่ต้นจนสำเร็จเรียบร้อยจึงขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

ดอนสัน ปงผาบ.2550.**ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC และการประยุกต์ใช้งาน.**กรุงเทพฯ.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2552. **การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C (Programming with C)**.กรุงเทพฯ.ซีเอ็ด ยูเคชั่น.

โอภาส ศิริครรชิตถาวร. 2552. **เปิดโลก 32 บิต กับ STM32-Discovery.** กรุงเทพฯ.วี เจ พริ้นติ้ง.

นครและชัยวัฒน์.2552.**ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ ARM Cortex-M3 กับSTM32.** กรุงเทพฯ .อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์.

บุญสืบ โพธิ์ศรี และคณะ. 2555. **งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพมหานคร . วี พริ้นท์ .

Wikipedia. **หุ่นยนต์.** แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/หุ่นยนต์.[2016, May 6].

Wikipedia. **บอร์ดอาดูโน่.** แหล่งที่มา: https://www.arduitronics.com. [2016, May 8].

สหพลและคณะ.2559 . **การพัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์.**วารสารคณิตศาสตร์ MJ-MATh 61(688) Jan–Apr, 2016 .

กฤษดา และยศวัฒน์. 2559. **การพัฒนาหุ่นยนต์สารวจแบบกึ่งอัตโนมัติบนโยโยแพลทฟอร์ม.** วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ 8 ฉบับที่ 8 มกราคม -ธันวาคม2559.

สุประวิทย์ เมืองเจริญ.(2560). **การศึกษาและประยุกต์ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arduino MEGA ในการควบคุมหุ่นยนต์ ABU 2016.**การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 2 ,วันที่ 31 มีนาคม 2560,หน้า (322 – 329).

Supavit Muangjaroen.(2017).**A Study of using Arduino for ABU 2015 Robot Control.** The 6th International Symposium on the Fusion of Science and Technologies (ISFT2017),Jeju,S.KOREA17 - 21July, 2017.pp.(25).

ธนพงศ์ ทองโชติ .2557.**การควบคุมระดับความลึกของหุ่นยนตีดำน้ำแบบอัตโนมัติ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

The Development of Full-Text Research Database for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

เมทิกา พ่วงแสง[1*] ปิยวัฒน์ เจริญทรัพย์[1] วิสุตา วรรณห้วย[1] และ หญิง มัทนัง[1]

Maythika Puangsang[1*] Piyawat Jaroensup[1] Wisuta Wannahuay[1] and Ying Muttanang[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครและศึกษาความพึงพอใจประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ บุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 35 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบและพัฒนาระบบ การทดลองใช้งานระบบ และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ สำหรับความพึงพอใจศึกษาโดยใช้แบบประเมิน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครโดยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) และภาษาพีเอชพี (PHP) โดยฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการบันทึก แก้ไข ลบข้อมูล การเพิ่มเติม และการสืบค้นข้อมูลได้

2. ระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21

คำสำคัญ : การพัฒนาระบบฐานข้อมูล , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

---

[1] กลุ่มวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[1] Department of research, Institute of Research and Development, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Sub-district Vachira Phayaban, District Dusit, Bangkok 10300, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author.E-mail): maythika.p@rmutp.ac.th

ABSTRACT

The purposes of this research were to development of full-text research database for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon and Satisfaction study of the database system of full-text research database for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The sample was academic staffs of RMUTP 35 academic staffs. Research design was a research and development follow these steps: study and analyze problems, system design, development system trial and evaluation of user satisfaction. For the study satisfaction, using the evaluation form. The statistics used for data analysis were mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D) The results demonstrated that :

1. Development of Full-Text Research Database for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon by using database management software MySQL (MySQL) and PHP (PHP). The database developed has the ability to save, edit, delete and query.

2. Database System of Full-Text Research Database for Rajamangala University of Technology Phra Nakhon performance was good and the mean was 4.32 and the standard deviation was 0.21.

Keywords: Database Development, RMUTP

บทนำ

ในปัจจุบันโลกเปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคของดิจิทัล (Digital Transformation) การเข้าถึงสื่อสารสนเทศสามารถเข้าถึงได้อย่างง่าย ข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการสามารถค้นหาได้ง่ายกว่าในอดีต การเปลี่ยนผ่านประเทศไทยจากเวอร์ชั่น 3.0 เป็นเวอร์ชั่น 4.0 หรือจากประเทศที่ขับเคลื่อนด้วยการผลิต "เชิงอุตสาหกรรมหนัก" ไปสู่การขับเคลื่อนด้วย "เทคโนโลยีและนวัตกรรม" เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว และเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของทุกคน จนอาจกล่าวได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทอย่างมาก ที่จะให้ข้อมูลที่ทันต่อเหตุการณ์ และมีความสามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นเครื่องมือ ประเภทหนึ่งที่สามารถคำนวณ เก็บและประมวลผล ข้อมูลด้วยความถูกต้องรวดเร็ว ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพ การทำงานของมนุษย์สูงขึ้น (ครรชิต มาลัยวงศ์,2541) ในแวดวงธุรกิจ รวมถึงองค์กรทั่วไปในยุคปัจจุบัน ล้วนมีความใกล้ชิดกับระบบสารสนเทศโดยทั้งสิ้น เนื่องจากระบบสารสนเทศ สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการธุรกิจขององค์กรในทุกระดับ ทุกภาคส่วน เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพให้แก่องค์กร ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มความคล่องตัวในการดำเนินงาน การเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน ช่วยตัดสินใจให้กับผู้บริหาร และสร้างความได้เปรียบในเชิงแข่งขันในระดับภูมิภาคและระดับโลก(โอภาส เอี่ยวสิริวงศ์,2554) สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้อย่างแพร่หลาย และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งในหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชน

จากความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงที่เข้ามามีอิทธิพลของเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานด้านต่าง ๆ และมุ่งสร้างสรรค์สร้างองค์ความรู้และพัฒนาสู่การเป็นมหาวิทยาลัยแห่งโลกดิจิทัล โดยเฉพาะการบริหารจัดการข้อมูลในด้านการวิจัยของมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นภารกิจสำคัญของสถาบันการศึกษามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำระบบเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการบริหารงาน ปัจจุบันงานวิจัยของมหาวิทยาลัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มีข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มขึ้นมากมาย การจัดการข้อมูลในรูปแบบเอกสารจึงทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณ พื้นที่ในการจัดเก็บเอกสาร และการเรียกใช้ข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบเอกสารสามารถทำได้ช้า ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา “การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร” โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยมีการดำเนินการ 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1. การพัฒนาระบบฐานข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวางแผนงาน เป็นขั้นตอนแรกในการพัฒนาระบบงาน โดยเริ่มจากการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลซึ่งจะต้องสนับสนุนและรองรับการบริหารจัดการข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และสามารถลดภัยคุกคามจากภายนอกได้ โดยต้องคำนึงถึงในการศึกษาความเป็นไปได้ คือ ระบบที่จะพัฒนาขึ้นรองรับกระบวนการปฏิบัติงานของหน่วยงานได้อย่างไร มีบุคลากรสนับสนุนให้เกิดผลสำเร็จได้หรือไม่ ระบบมีประโยชน์ในการบริหารจัดการอย่างไร

2. ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบ กำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา การพัฒนาระบบฐานข้อมูลเพื่อเป็นแหล่งจัดเก็บข้อมูลรายงานวิจัยฉบบสมบูรณ์ของหน่วยงาน และศึกษาระบบสารสนเทศจัดการฐานข้อมูลงานวิจัยจากที่ต่าง ๆ ที่จะนำมาสนับสนุนในการทำงาน เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3. การพิจารณารายละเอียดของการออกแบบและการประยุกต์ใช้งาน ในทางปฏิบัติ การออกแบบฐานข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบงาน ซึ่งมีผลกระทบต่อการออกแบบฐานข้อมูล ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลและความสัมพันธ์ (Relationships) ของข้อมูลที่จะต้องมีในระบบ หรือตามความต้องการใช้งานด้านต่าง ๆ

4. การเลือกระบบจัดการฐานข้อมูล ขั้นตอนนี้มีความสำคัญซึ่งจะต้องทำการประเมินข้อดี ข้อเสียของระบบด้วย สำหรับการออกแบบพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ดำเนินการออกแบบโครงร่างหน้าจอที่เหมาะสม ออกแบบระบบการนำเข้าและจัดเก็บข้อมูล ด้วยโปแกรมจัดการระบบฐานข้อมูล MySQL โดยใช้ภาษา PHP

5. การทดสอบระบบและการนำไปใช้ ขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบระบบและการนำระบบฐานข้อมูลไปใช้หลังการพัฒนาระบบและติดตั้งระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์บนเซิร์ฟเวอร์ ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของระบบในด้านต่าง ๆ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง พร้อมติดตั้งระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ผ่านเว็บไซต์ ระบบบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร หรือ “ระบบ RPM”

6. การบำรุงรักษา ขั้นตอนนี้มีความสำคัญเช่นกัน เป็นขั้นตอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบสารสนเทศ เนื่องจากเป็นการดำเนินการเมื่อมีการนำระบบไปใช้งานจริงแล้ว เมื่อระบบได้เริ่มดำเนินการ จะต้องมีการเตรียมการบำรุงรักษาฐานข้อมูล โดยการสำรองข้อมูล (Data Backup) และการกู้คืนระบบ (Data Recovery) ในกรณีเกิดเหตุการณ์ที่ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้นอกจากนี้ ต้องมีการปรับปรุงระบบ เพื่อแก้ไขระบบให้ถูกต้อง สามารถคืนสู่สภาวะ ปกติได้โดยเร็ว ฯลฯ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานระบบฐานข้อมูลจริง เพื่อบำรุงรักษาให้ระบบฐานข้อมูลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็น ขั้นตอนของการแก้ไข และปรับปรุงระบบฐานข้อมูล ในกรณีที่มีการเพิ่ม หรือเปลี่ยนแปลงความต้องการของผู้ใช้ที่ส่งผลกระทบต่อระบบฐานข้อมูล

ระยะที่ 2 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- เจ้าหน้ากลุ่มวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 10 คน
- บุคลากรมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เข้าใช้งานระบบระหว่างเดือนตุลาคม – ธันวาคม 2560

กลุ่มตัวอย่าง สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- เจ้าหน้ากลุ่มวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา จำนวน 5 คน คัดเลือกจากเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบ จำนวน 2 คน และนักวิจัย จำนวน 3 คน
- ผู้ใช้ระบบฐานข้อมูล จำนวน 30 คน เดือนตุลาคม – ธันวาคม 2560 โดยเป็นบุคลากรสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยดำเนินการส่งลิงก์แบบประเมินผ่านอีเมล์ของบุคลากร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูล โดยสร้างข้อคำถามให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัดแต่ละด้าน หาคุณภาพแบบประเมินและวิเคราะห์ความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach มีค่าเท่ากับ .857 โดยแบบประเมินแบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1แบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ (Check list)

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจในการทำงานของระบบฐานข้อมูล จำนวน 4 ด้าน โดยข้อคำถามมีลักษณะเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ประกอบด้วย

1) ด้านประสิทธิภาพ	จำนวน 6 ข้อ
2) ด้านการออกแบบ	จำนวน 4 ข้อ
3) ด้านการใช้งาน	จำนวน 4 ข้อ
4) ด้านประโยชน์ของระบบ	จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 3 เป็นความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่ต้องการให้พัฒนาปรับปรุงระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เป็นลักษณะคำถามปลายเปิด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เข้าใช้งานระบบ ระหว่างเดือนตุลาคม–ธันวาคม 2560 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น และนำแบบประเมินที่ได้รับคืนมาตรวจสอบความสมบูรณ์ และเตรียมการวิเคราะห์ข้อมูล

4. สถิติการใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ ประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.) โดยมีการแปลผล ดังนี้

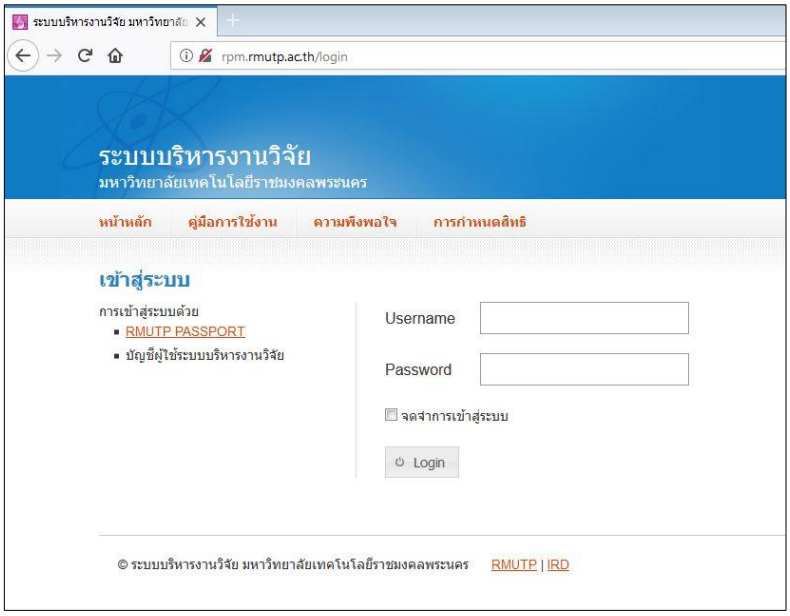
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	4.51 – 5.00	หมายความว่า	ระดับดีมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	3.51 – 4.50	หมายความว่า	ระดับดี
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	2.51 – 3.50	หมายความว่า	ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.51 – 2.50	หมายความว่า	ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ	1.00 – 1.50	หมายความว่า	ระดับน้อยมาก

2. ข้อมูลเสนอแนะซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดใช้การวิเคราะห์เนื้อหาสังเคราะห์สรุปเขียนพรรณนาเป็นความเรียงเกี่ยวกับผลการพัฒนา ประสิทธิภาพของระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประกอบการอภิปรายผล

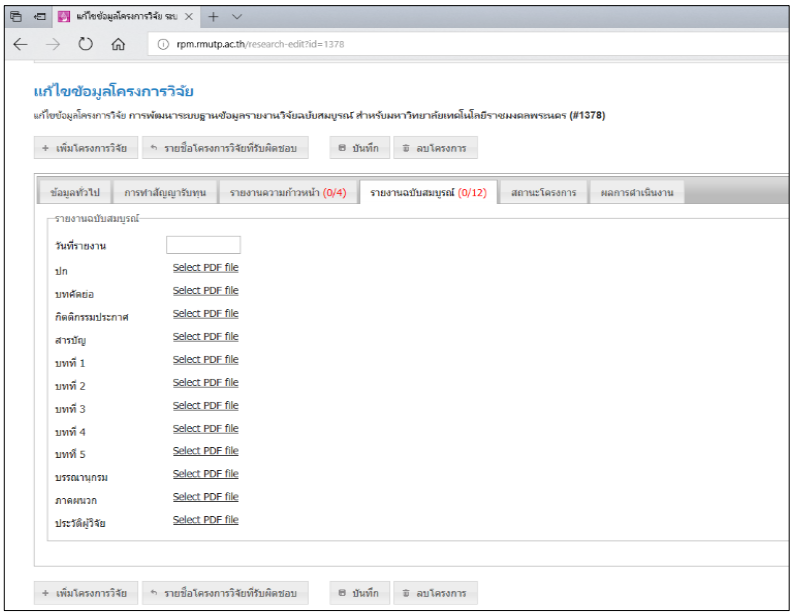
ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษา

1.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) และภาษาพีเอชพี (PHP) ในการจัดทำฐานข้อมูล หลังจากนั้นออกแบบหน้าจอโดย ใช้โปรแกรมสร้างเว็บเพจ Macromedia Dreamweaver ซึ่งใช้งานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถเข้าถึงได้จากตำแหน่ง https://rpm.rmutp.ac.th ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ RPM



ภาพที่ 2 ตัวอย่างหน้าอัพโหลดรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

1.2 การศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาความพึงพอใจระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

รายงาน	($\bar{X}$)	S.D.	แปลผล
1.ด้านประสิทธิภาพของระบบ	4.42	0.37	ดี
2. ด้านการออกแบบระบบ	3.94	0.48	ดี
3. ด้านการใช้งานระบบ	4.27	0.34	ดี
4. ด้านประโยชน์ของระบบ	4.65	0.23	ดีมาก
รวม	4.32	0.21	ดี

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจต่อระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.21) และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านประโยชน์ของระบบ ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.23) รองลงมา คือ ด้าน ประสิทธิภาพของระบบ ($\bar{X}$ = 4.42, S.D. = 0.37) และ ด้านการใช้งานระบบ ($\bar{X}$ = 4.27, S.D. = 0.34) สำหรับด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านการออกแบบระบบ ($\bar{X}$ = 3.94, S.D. = 0.48)

อภิปรายผล

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยผู้วิจัยโดยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) และภาษาพีเอชพี (PHP) ในการจัดทำฐานข้อมูล หลังจากนั้นออกแบบหน้าจอโดย ใช้โปรแกรมสร้างเว็บเพจ Macromedia Dreamweaver ซึ่งใช้งานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นสามารถเข้าถึงได้จากตำแหน่ง http://rmutp.ac.th และ ผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อนำเข้าข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โดยฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการบันทึก แก้ไข ลบข้อมูล การเพิ่มเติมและการสืบค้นข้อมูลได้ สำหรับการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อประสิทธิภาพระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.32 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21 โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านประโยชน์ของระบบ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในปัจจุบันหากสามารถนำประโยชน์ของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้งานจะทำให้เกิดประโยชน์แก่นักวิจัย เช่น สามารถลดการใช้กระดาษในการทำเล่มรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ลดระยะเวลาและขั้นตอนในการจัดส่ง เพราะนักวิจัยสามารถอัพโหลดข้อมูลจากที่ไหนก็ได้ เป็นต้น สำหรับด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ด้านการออกแบบระบบ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากยังไม่ได้มีการพัฒนาปรับปรุงหน้าเว็บไซต์ระบบ RPM ให้มีสีสันและทันสมัย ซึ่ง กิตติวรรธน์ กิตติวรรธนา (2558) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลวิจัยโรงเรียนนายสิบทหารบก ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาฐานข้อมูลวิจัยโรงเรียนนายสิบทหารบกมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 4.56 มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.33 และ รัตนาภรณ์ กาศโอสถ และ ปรัชญนันท์ นิลสุข (2552) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับเต็ม สำหรับห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยรังสิตผลการวิจัยพบว่าความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับเต็มสำหรับห้องสมุด อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยรังสิต โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 รวมถึง ภานุวัฒน์ ขันจา (2555) ได้พัฒนาระบบฐานข้อมูลงานวิจัยแบบสร้างเครือข่ายงานวิจัยมีชีวิต สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จัดเก็บข้อมูลโดยใช้ระบบสารสนเทศ เป็นสื่อกลางรวบรวมข้อมูลร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนา

พัฒนาระบบด้วยโปรแกรมภาษา PHP และฐานข้อมูล MySQL สร้างระบบเชื่อมโยงข้อมูลนักวิจัย งานวิจัย แหล่งทุน และข่าวสาร เพื่อสร้างศูนย์กลางข้อมูลงานวิจัยแบบสร้างเครือข่ายงานวิจัยมีชีวิต ผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูลงานวิจัยแบบสร้างเครือข่ายงานวิจัยมีชีวิต สามารถจำแนกได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย ระบบฐานข้อมูลนักวิจัย และระบบสารสนเทศงานวิจัย มีผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูลโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.80

สรุปผลการวิจัย

1. สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นรูปแบบการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย การศึกษา วิเคราะห์ปัญหา การออกแบบและพัฒนาระบบ การทดลองใช้งานระบบ และการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. พัฒนาระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำหรับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยใช้โปรแกรมการจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล (MySQL) และภาษาพีเอชพี (PHP) โดยฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการบันทึก แก้ไข ลบข้อมูล การเพิ่มเติม และการสืบค้นข้อมูลได้

2. ผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69

2. ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาระบบฐานข้อมูลที่หลากหลายหรือครอบคลุมทุกกระบวนการของการวิจัย และควรปรับปรุง ข้อมูลในระบบให้สมบูรณ์ ครบถ้วน และเป็นปัจจุบัน อยู่เสมอ เพื่อประโยชน์สูงสุดในการใช้งานด้านสถิติและการบริหารงานวิจัยของหน่วยงาน

2. ควรพัฒนารูปแบบหน้าเว็บไซต์ให้มีความทันสมัย เข้ากับสถานการณ์และนโยบายของหน่วยงานที่จะเป็น Digital University

3. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่นำเข้าระบบควรเป็นรูปแบบเดียวกัน จึงควรมีพัฒนารูปแบบการจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ให้เป็นมาตรฐานและรูปแบบเดียวกันทั้งหน่วยงาน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และความร่วมมือในการพัฒนาระบบฐานข้อมูลจากสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติวรรธน์ กิตติวรรธนา. 2557. **การพัฒนาระบบฐานข้อมูลวิจัยโรงเรียนนายสิบทหารบก.** ประจวบคีรีขันธ์, โรงเรียนนายสิบทหารบก.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2541. ข้าราชการกับไอที: **เส้นทางที่จะต้องเลือกเดิน.** ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ภานุวัฒน์ ขันจา และคณะ. 2555. **การพัฒนาระบบฐานข้อมูลงานวิจัยแบบสร้างเครือข่ายงานวิจัยมีชีวิตสำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.** อุตรดิตถ์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

รัตนาภรณ์ กาศโอสถ และ ปรัชญนันท์ นิลสุข. 2552. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับเต็ม สำหรับห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยรังสิต. **วารสารรังสิตสารสนเทศ** 15(1) : 1-30.

โอภาส เอี่ยวสิริวงศ์. 2554. **ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

การพัฒนาฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน เพื่อการแสดงผลข้อมูลด้วยระบบคิวอาร์โค้ด

Development of Indigenous Medicinal Plants Nan Biodiversity Database and Display With The QR Code.

พัชราภรณ์ หงส์สิบสอง[1] ศศิวิมล วงค์ทา[1] และ ทศพล เต๋จะกาศ[1]

Patcharaporn Hongsibsong[1] Sasiwimon Wongta[1] and Thodsapon Taojagaat[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน เพื่อการแสดงผลข้อมูลด้วยระบบคิวอาร์โค้ด มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1)พัฒนาฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน 2)เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน ให้เป็นที่รู้จักผ่านระบบคิวอาร์โค้ด จัดเก็บข้อมูลที่ผ่านการสำรวจ รวบรวมองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านต่างๆ ดังเช่น นายอินปั๋น ทาคำสม ปราชญ์ชาวบ้านด้านการเกษตรกรรมและการแพทย์แผนไทยจากบ้านดู่ใต้ อำเภอเมืองน่าน นายอาหล่ำ มูลหล้า ปราชญ์ชาวบ้านด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญจากบ้านม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง และนายสังเวียน โนเสน ปราชญ์ชาวบ้านด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญจากบ้านนาเหลือง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน สรุปผลการพัฒนาระบบ พบว่าผู้ใช้มีประสิทธิภาพในการใช้งานระบบมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$) สามารถมองเห็นรายละเอียดตามหลักพฤกษศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและรอบด้าน โดยมีจำนวนข้อมูลมากกว่า 100 ชนิด ทั้งนี้ระบบมีส่วนในการค้นหาข้อมูลพืชสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพ ใช้งานง่าย สามารถเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลฯ อย่างมีคุณภาพในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$)

คำสำคัญ : ฐานข้อมูลสมุนไพร, สมุนไพรพื้นเมืองน่าน, พืชสมุนไพรน่าน

---

[1]มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

[1]Rajamangala University of Technology Lanna Nan, Faikaew Sub-district, Pupiang District, Nan Province 55000, Thailand

ABSTRACT

The objective of the research "Development Biodiversity Database Of Nan Herbs For Display With QR Code" are:1) Development of the Nan ative herbal database. 2) To publish and promote the database of local herbs. It is widely known through the QR-Code system. Providing Information on local herbs. Uses of the system are : Mr.Inpan Takamsom, Experts agriculture and medicine Thailand. Mr.Arlah Moonlah and Mr.Sunwean Nosan, Experts traditional healers and Folk doctors. Summary of system development results: It was found that the users were most efficient in using the system ($\overline{X}$ = 4.60). It has more than 100 data types. And the system is involved in finding effective herbal information. Easy to find can connect to the database. The highest level of use ($\overline{X}$ = 4.61).

Keyword: Herbal Database, Indigenous herbs, Nan Herb

บทนำ

จังหวัดน่านเป็นจังหวัดที่มีความหลากหลายทางชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่สูง มีความร่ำรวย อุดมสมบูรณ์ด้วยความหลากหลายทางชีวภาพมาแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน ปรากฏในหลากหลายรูปแบบหนึ่งในนั้นคือเรื่องพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่านทั้งที่ใช้รักษาโรคภัยไข้เจ็บและใช้บำรุงรักษาสุขภาพอนามัย อย่างไรก็ดีการใช้ประโยชน์และพึ่งพาทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติเป็นการบริโภคทรัพยากรอย่างฟุ่มเฟือย โดยไม่คำนึงถึงขีดจำกัดและศักยภาพในการฟื้นตัวของทรัพยากรดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อเอกลักษณ์และความสำคัญของพืชสมุนไพรพื้นเมืองในจังหวัดน่าน จึงเป็นปัญหาเร่งด่วนที่จะต้องวางแนวทางที่ชัดเจนอย่างเป็นรูปธรรม ในการดำเนินงาน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ความหลากหลายทางชีวภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิจัย พัฒนาองค์ความรู้ และเผยแพร่ประชาสัมพันธ์โดยนำเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะช่วยให้ท้องถิ่นสามารถธำรงรักษาขุมทรัพย์อันทรงคุณค่ามหาศาลจากความหลากหลายทางชีวภาพได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน
2. เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างผ่านระบบคิวอาร์โค้ด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ภราดร สุรีย์พงษ์ และคณะ (2554) ได้จัดทำโครงการวิจัยรวบรวมองค์ความรู้และพัฒนาผลิตภัณฑ์จากความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง : โครงการย่อยที่ 11 การพัฒนาฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง (Highland E-Herbarium) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา เผยแพร่ และประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง ให้มีความน่าสนใจและเป็นที่รู้จักในวงกว้าง รวมทั้งเป็นแหล่งข้อมูลและศูนย์กลางการแลกเปลี่ยนข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง โดยให้บริการข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูง ซึ่งเป็นผลจากการสำรวจและรวบรวมองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยจัดเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำระบบข้อมูล MySQL เพื่อพัฒนาเป็น E-herbarium ซึ่งเป็นระบบที่ผู้ใช้สามารถสามารถมองเห็นรายละเอียดตามหลักพฤกษศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและรอบด้าน (360 องศา) ให้มีจำนวน

ฐานข้อมูลเพิ่มขึ้นจากเดิม 30 ชนิด เป็น 100 ชนิด โดยการใช้งานระบบ Highland e-herbarium จะมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลและสามารถได้รับผลลัพธ์ตรงตามความต้องการและสามารถนำไปใช้ได้มากกว่าเดิม

พันธวัฒน์ จตุพร (2557) ได้ทำการศึกษาเรื่องพืชสมุนไพรไทยสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐานบนเว็บไซต์ผล การศึกษาผู้ใช้ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรไทยสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐานบนเว็บไซต์ พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ด้านคือ 1) การออกแบบและการจัดรูปแบบหน้าโฮมเพจ 2) การจัดเตรียมเนื้อหา 3)ประโยชน์ของฐานข้อมูล และ 4) การเข้าถึงฐานข้อมูล จึงสรุปได้ว่าการพัฒนาระบบฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ในครั้งนี้ มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อผู้ใช้ในการเข้าถึงและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะเข้ามาทำการสืบค้นพืชสมุนไพรไทยสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน

ประวัติชีวิตและผลงานนายอินปั๋น ทาคำสม ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรกรรมและการแพทย์แผนไทย เกิดวันที่25 ธันวาคม พ.ศ. 2477 เชื้อชาติไทย สัญชาติไทย ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 170/3 ตำบลดู่ใต้ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน โทรศัพท์ 054-741119, 089-2650359 ประธานชมรมแพทย์พื้นบ้าน จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านน้ำลัดสบแก่น หมู่ที่ 5 ตำบลนาปัง อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน และศึกษาต่อนักธรรมตรีที่วัดนาปัง จบการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2493 ชีวิตวัยเด็ก เมื่อข้าพเจ้ายังเป็นเด็กก็ได้ช่วยพ่อหาพืชสมุนไพรมาทำยา และติดตามพ่อไปดูคนป่วยตามหมู่บ้านและตำบลใกล้เคียงเสมอ และรู้จักต้นพืชสมุนไพรเป็นอย่างดี หลังจากที่พ่อเสียชีวิต ข้าพเจ้าได้สืบสานเจตนารมณ์ของพ่อโดยการเป็นหมอพื้นบ้านที่ดี ผลงานที่ริเริ่มสร้างสรรค์ข้าพเจ้าเป็นหมอที่ไม่เห็นแก่ตัวและไม่เคยเรียกร้องเงินทองจากคนป่วย จนได้รับเลือกให้เป็นประธานชมรมแพทย์พื้นบ้าน และช่วยเหลือค่าอาหาร ค่ารถ แก่เพื่อนสมาชิกในวงการเดียวกันเสมอมา ผลงานซึ่งเป็นที่ยอมรับในสังคม ข้าพเจ้าเป็นหมอพื้นบ้านได้รับการยอมรับจากชาวบ้าน ทำให้ได้รับโล่ดีเด่นจากทางกระทรวงศึกษาธิการจังหวัด ได้เกียรติบัตรจากผู้ว่าราชการจังหวัดน่าน และได้เกียรติบัตรจากอธิการบดีกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก เนื่องในการร่วมจัดกิจกรรมลานวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น ในงานมหกรรมสมุนไพรแห่งชาติครั้งที่ 6 ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุม อิมแพคเมืองทองธานี

ประวัติชีวิตและผลงานนายอาหล่ำ มูลหล้า ผู้เชี่ยวชาญด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญ เชื้อชาติไทย สัญชาติไทย ภูมิลำเนาบ้านเลขที่ 135 ตำบลม่วงตึ๊ด อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน โทรศัพท์ 084-3655761จบการศึกษาปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย ห้องเรียน วัดพระธาตุแช่แห้ง

ประวัติชีวิตและผลงานนายสังเวียน โนเสน ผู้เชี่ยวชาญด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญเชื้อชาติ ไทย สัญชาติไทย ภูมิลำเนา บ้านเลขที่ 39 ตำบลนาเหลือง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบ้านนาเหลืองไชยราม หมู่ที่ 4 ตำบลนาเหลือง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตการสร้างฐานข้อมูล จัดเก็บรายละเอียดผู้ใช้งานดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลผู้ดูแลระบบ
2. ข้อมูลผู้ใช้ทั่วไป

ขอบเขตการพัฒนาฐานข้อมูล

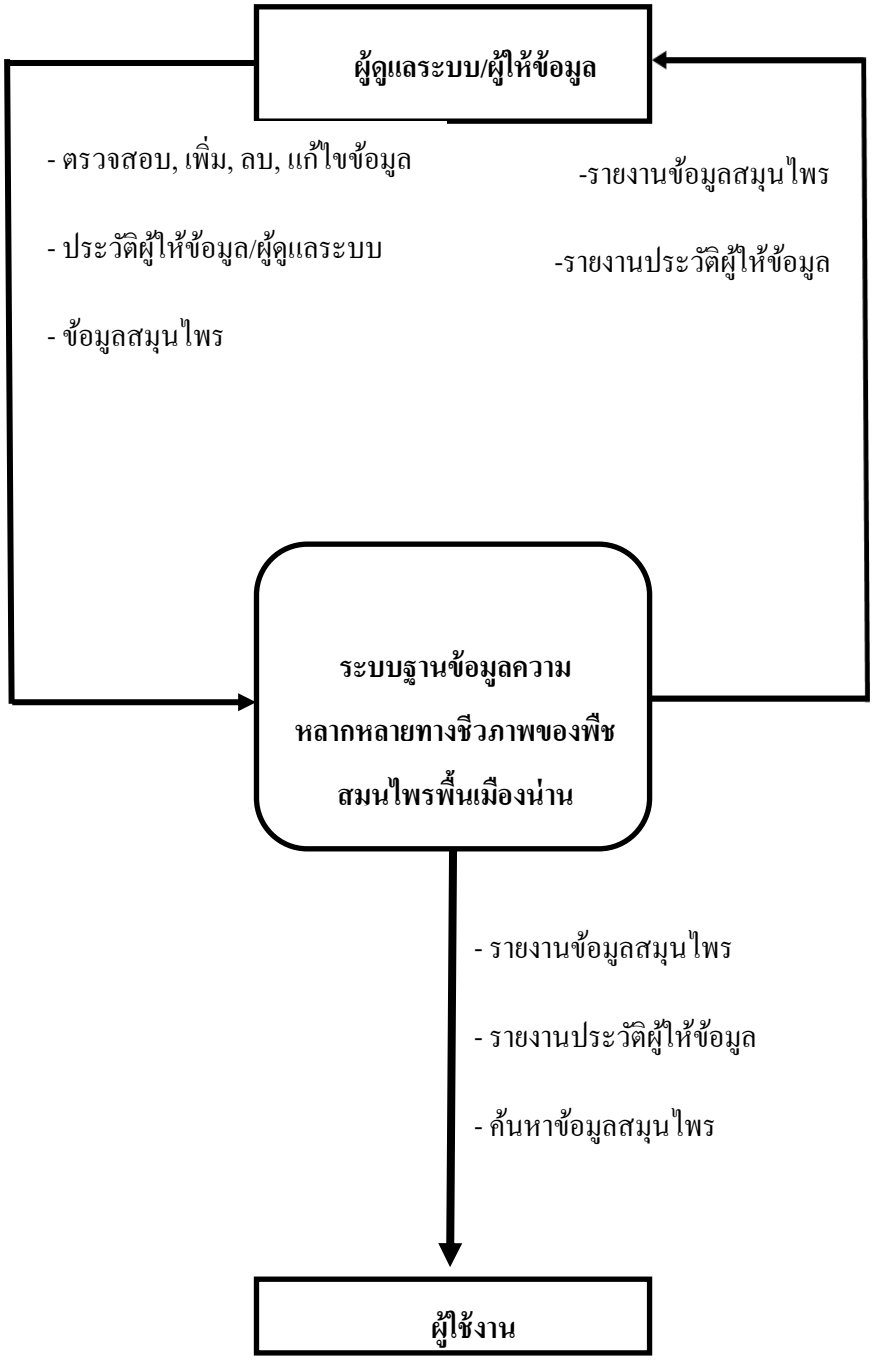
1. สร้างฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่านและสร้างเว็บไซต์ที่สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหาข้อมูลที่แสดงรายละเอียดตามหลักพฤกษศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและรอบด้าน โดยมีจำนวนข้อมูลมากกว่า 100 ชนิด

2. เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างผ่านระบบคิวอาร์โค้ด โดยให้บริการข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

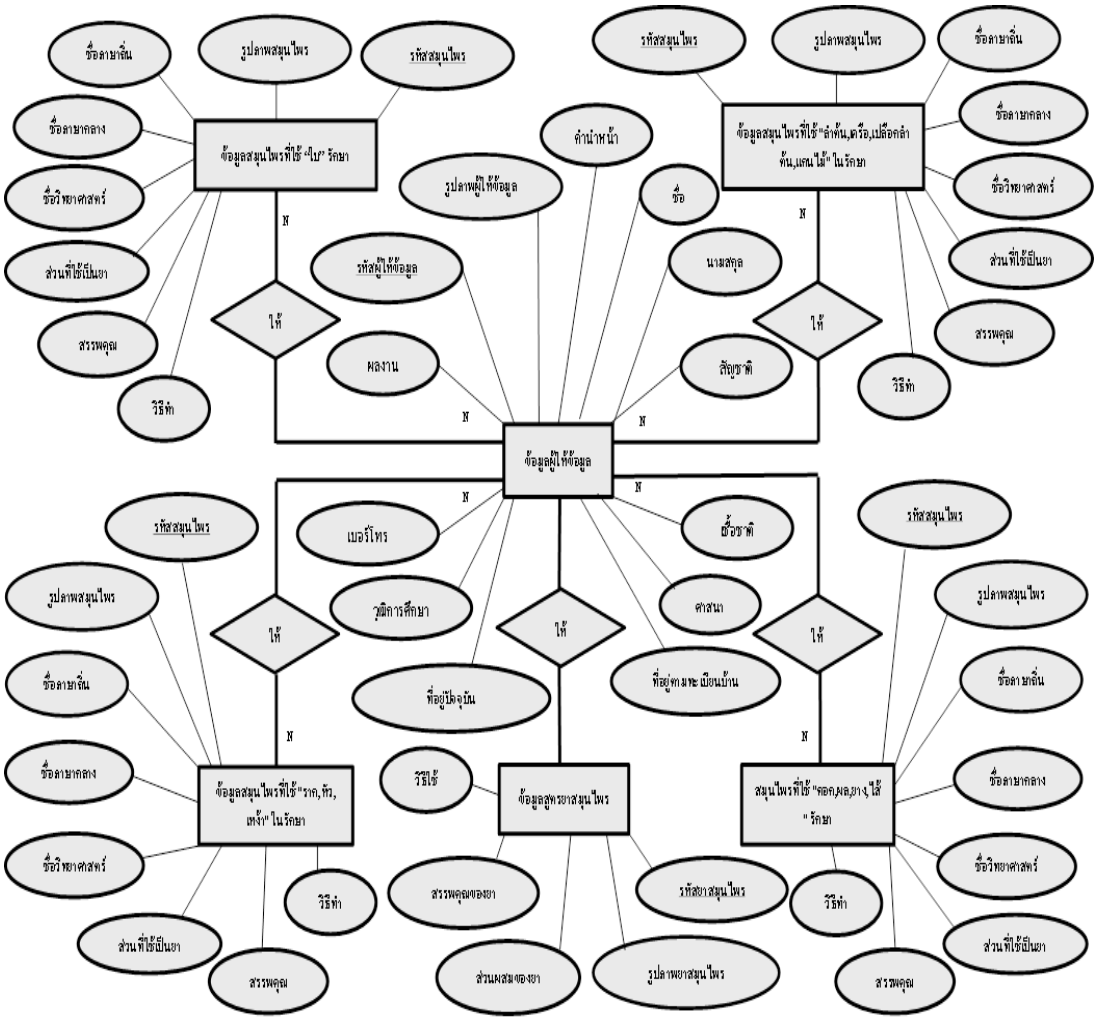
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าและเก็บข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน คณะผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่เพื่อหาข้อมูลจากปราชญ์ชาวบ้าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการแพทย์แผนไทย และหมอพื้นบ้านหรือหมอสู่ขวัญซึ่งบุคคลเหล่านี้เป็นผู้ที่อุดมไปด้วย ภูมิความรู้เป็นอย่างดี ดังเช่นนายอินปั๋น ทาคำสม ปราชญ์ชาวบ้านด้านการเกษตรกรรมและการแพทย์แผนไทยจากบ้านดู่ใต้ อำเภอเมืองน่าน นายอาหล่ำ มูลหล้า ปราชญ์ชาวบ้านด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญจากบ้านม่วงติ๊ด อำเภอภูเพียง และนายสังเวียน โนเสน ปราชญ์ชาวบ้านด้านหมอพื้นบ้านและหมอสู่ขวัญจากบ้านนาเหลือง อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน โดยได้กำหนดระยะเวลาในการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 3 เดือน

2. วิเคราะห์ออกแบบระบบข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน



ภาพที่ 1 Context Diagram ระบบฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของระบบฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมือง

3. พัฒนาระบบฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้มีตารางเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรม MySQL ในการสร้างฐานข้อมูลชื่อว่า E-Herb แบ่งออกเป็น 4 ตาราง ซึ่งมีชื่อตารางและหน้าที่ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อและหน้าที่ของตารางในฐานข้อมูล

ลำดับที่	ชื่อตาราง	รายละเอียด
1	Herb	เก็บข้อมูลพืชสมุนไพร
2	TypeHerb	เก็บข้อมูลประเภทหรือส่วนที่ใช้เป็นยาของสมุนไพร
3	User_list	เก็บข้อมูล Username และ Password
4	PrintCard	เก็บข้อมูลการพิมพ์บัตรสมุนไพร

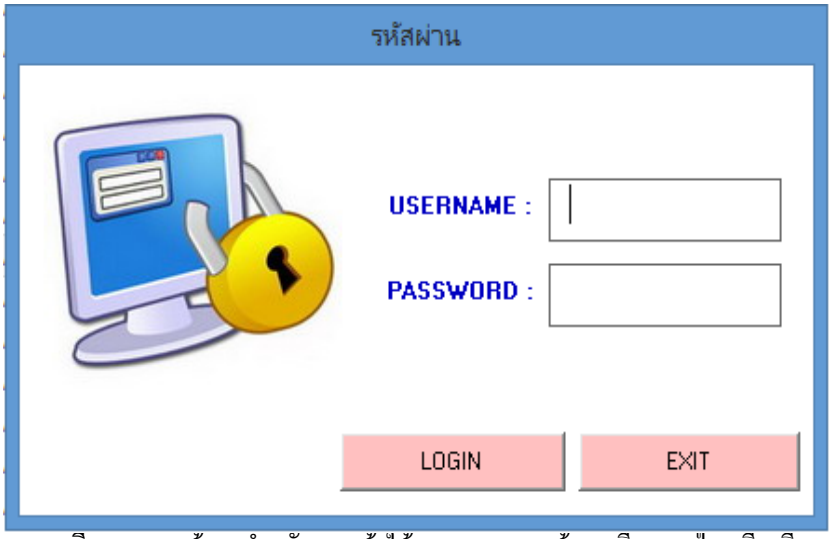
4. ติดตั้งและทดลองใช้งาน โดยนำระบบให้แก่ปราชญ์ชาวบ้านทั้ง 3 ท่านได้ทำการทดลองใช้งาน และนำระบบไปติดตั้งให้แก่ผู้ใช้งานระบบ

5. สร้างเว็บไซต์และระบบคิวอาร์โค้ด เพื่อเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

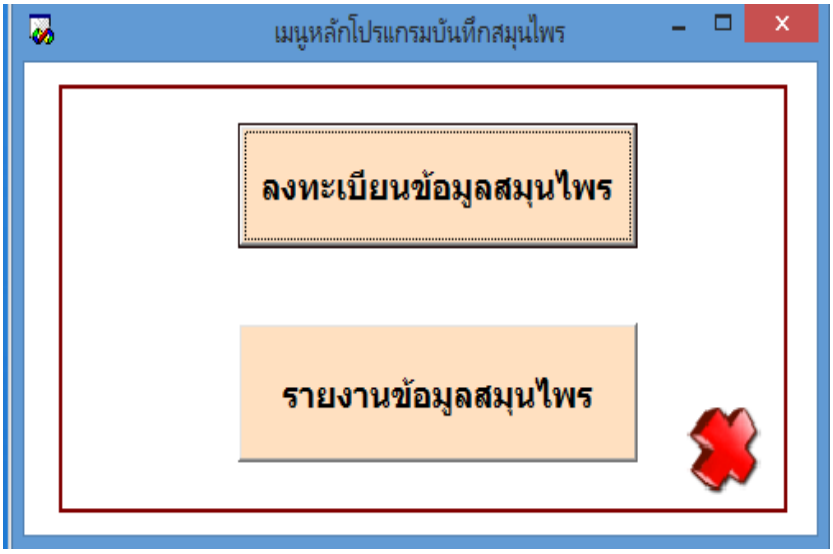
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การออกแบบหน้าจอหลัก คือ การกำหนดสิทธิการใช้งาน มีอยู่ 2 ระดับ

1. ผู้ดูแลระบบ
2. ผู้ใช้งานทั่วไป

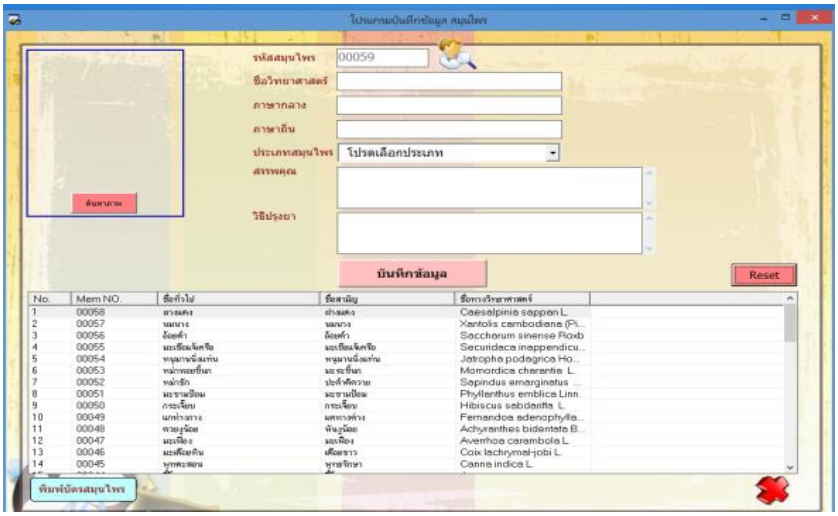


ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอสำหรับการเข้าใช้งานระบบฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

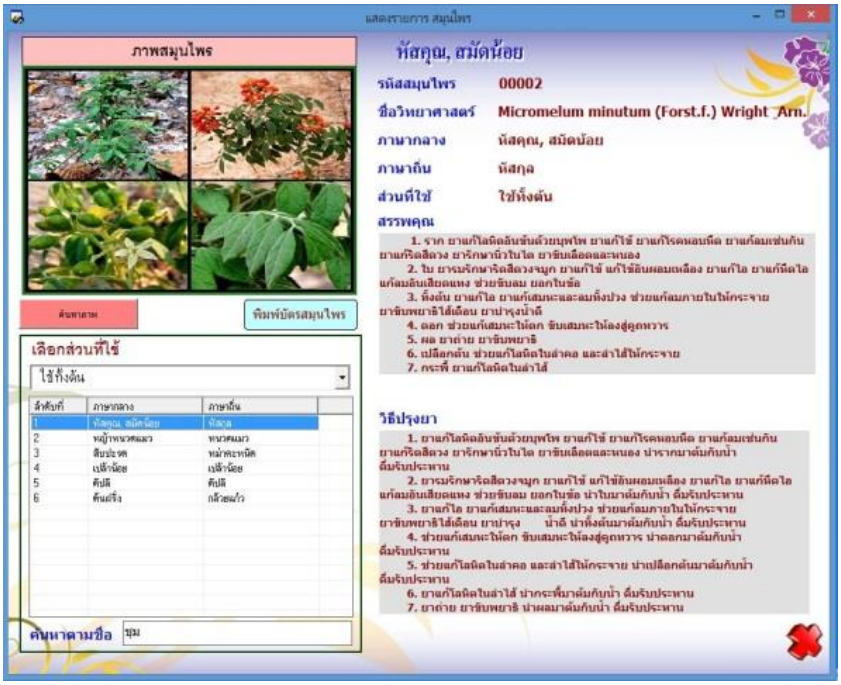


ภาพที่ 4 แสดงหน้าจอเมนูหลักการเข้าใช้งานระบบฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

เมื่อเข้าสู่ระบบลงทะเบียนจะสามารถลงรายการ บันทึก แก้ไข และลบข้อมูลต่างๆ ได้ดังภาพ



ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอลงทะเบียนระบบฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอรายงานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

ระบบสามารถค้นหาข้อมูลตามรหัสสมุนไพร ภาษาถิ่น ภาษากลาง ชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ และสรรพคุณ



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอการสืบค้นข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

สร้างเว็บไซต์และระบบสืบค้นข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่านผ่านเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ด



ภาพที่ 8 แสดงผลข้อมูลด้วยระบบคิวอาร์โค้ด

วิจารณ์ผล

การพัฒนาฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน ผ่านการแสดงผลข้อมูลด้วยระบบคิวอาร์โค้ด ผลการวิจัยพบว่าระบบสามารถอำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลสมุนไพรได้จริง ระบบใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก สามารถจัดการข้อมูลสมุนไพร สามารถจัดเก็บสมุนไพร ระบบมีความสามารถค้นหาข้อมูลตามรหัสสมุนไพร ภาษาถิ่น ภาษากลาง ชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ และสรรพคุณของสมุนไพร มีระบบรักษาความปลอดภัยก่อนเข้าใช้งาน และระบบสามารถกำหนดสิทธิของผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจน โดยนำโปรแกรม MySQL ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลที่ผู้ใช้สามารถมองเห็นรายละเอียดตามหลักพฤกษศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและรอบด้าน โดยมีจำนวนข้อมูลมากกว่า 100 ชนิด ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลและได้รับผลลัพธ์ตรงตามความต้องการ และสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้ และผลการประเมินจากผู้ใช้งานซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพันธวัฒน์ จตุพร (2557) ที่ได้กล่าวสรุปไว้ว่าการพัฒนาระบบฐานข้อมูลบนเว็บไซต์ในครั้งนี้ มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อผู้ใช้ในการเข้าถึงและเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่จะเข้ามาทำการสืบค้นพืชสมุนไพรไทยสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐาน ส่วนปัญหาที่พบในการใช้งานระบบ คือ กลุ่มผู้ใช้งานระบบมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้งานคอมพิวเตอร์น้อย ทำให้เมื่อทดลองใช้งานระบบแล้วจะมีปัญหาบ้าง ดังนั้นควรมีการฝึกอบรมการใช้งานให้แก่ผู้ใช้งานระบบก่อนจะนำระบบไปใช้งานจริง ด้านการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน ให้เป็นที่รู้จักในวงกว้างผ่านระบบคิวอาร์โค้ด พบว่ากลุ่มผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อการนำเทคโนโลยีคิวอาร์โค้ดมาให้บริการด้านข้อมูลข่าวสารในระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของภราดร สุรีย์พงษ์ และคณะ (2554) ที่ได้สรุปไว้ว่าจากการทดสอบระบบ E-Herbarium ที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ตามที่ได้ออกแบบไว้ในแผนการวิจัย และให้ผลเป็นที่น่าพอใจ อย่างไรก็ตามการประเมินผลโดยรวมของระบบควรจะมีการจัดทำขึ้นเมื่อระบบได้ถูกนำไปใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้ได้มีความคุ้นเคยกับการเปลี่ยนแปลง (Change) จากระบบเดิมซึ่งเป็นรูปแบบของฐานข้อมูล (Database) มาสู่ห้องสมุดพืชเสมือนจริงระบบอิเล็คทรอนิคส์ (E-Herbarium Virtual Library)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการดำเนินการผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า เก็บข้อมูล วิเคราะห์ออกแบบ พัฒนาระบบฐานข้อมูล ทดลองใช้งานระบบ และสร้างเว็บไซต์อย่างเป็นขั้นตอน ตามวงจรการพัฒนาระบบ ซึ่งผลจากการพัฒนาระบบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลทางกายภาพของพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน โดยมีรายละเอียดแต่ละส่วนของพืช เช่น ดอก ใบ ลำต้น ราก ผล และนิเวศ ของพืชจำนวน 100 ชนิด และยังสามารถถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับประโยชน์และวิธีการใช้งานได้อย่างเหมาะสม

2. ระบบมีส่วนค้นหาข้อมูลพืชสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการค้นหา สามารถเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูลฯ อย่างมีประสิทธิภาพต่อการใช้งาน โดยแบ่งวิธีการค้นหาออกเป็น 4 ประเภทคือ การค้นหาจากรหัสสมุนไพร ชื่อภาษาถิ่น ชื่อภาษากลาง ชื่อวิทยาศาสตร์ ชื่อวงศ์ และสรรพคุณของพืช ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยและผู้ใช้โดยตรง

3. สร้างเว็บไซต์และใช้ระบบคิวอาร์โค้ด มีการจัดวางรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งานเพื่อเผยแพร่ ประชาสัมพันธ์ฐานข้อมูลพืชสมุนไพรพื้นเมืองน่าน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน โดยสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

กานดา แสนมณี. ม.ป.ป. **ขิงสมุนไพรอาหารเป็นยาได้ทั้งต้น**. แหล่งที่มา: https://www.gotoknow.org/posts/511971, 10 พฤษภาคม 2561.

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ม.ป.ป. **ค้นหาสมุนไพร.** แหล่งที่มา : http://www.phargarden.com/main.php?action=search-advance, 1 มีนาคม 2561.

พันธวัฒน์ จตุพร. 2557. **พืชสมุนไพรไทยสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐานบนเว็บไซต์**. สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศทางการเกษตร. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะเกษตรกำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภราดร สุรีย์พงษ์ และคณะ. 2554. **โครงการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นบนพื้นที่สูงผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์**. แหล่งที่มา: https://mis.hrdi.or.th/highlandi/Source/ProResearch/viewresearchGen.aspx?ResearchId=0000000203, 11 พฤษภาคม 2561.

รุ้งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2540. **พืชเครื่องเทศและสมุนไพร**. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

ล้วนสมุนไพร (ดอยฮาง ลำปาง). ม.ป.ป. **วัตถุดิบสมุนไพร**. แหล่งที่มา : http://www.luansamunpri.com/catalog, 11 พฤษภาคม 2561.

วรุตทิ มาปิงและปิยะพงษ์ เชียงจันทร์. 2554. **ระบบจัดการฐานข้อมูลนักเรียนกรณีศึกษาโรงเรียนสามัคคีวิทยาคาร (เทศบาลบ้านพระเนตร)**. น่าน : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน.

เว็บเพื่อพืชเกษตรไทย. 2557. **พืชผัก/สมุนไพร**. แหล่งที่มา : http://puechkaset.com/vegetable/, 1 พฤษภาคม 2561.

อุทยานธรรมชาติวิทยาสิรีรุกขชาติ. 2561. **สำนักงานข้อมูลสมุนไพร**. แหล่งที่มา : http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/siri/=searchdetail&medicinal_id=90, 1 พฤษภาคม 2561.

SUWIT MANASTHAISONG. 2558. **มหัศจรรย์แห่งสมุนไพรไทย.** แหล่งที่มา : http://thaiherb-tip108.blogspot.com/, 1 พฤษภาคม 2561.

Thaiherbal.org. 2557. **สมุนไพร**. แหล่งที่มา : http://thaiherbal.org/, 1 พฤษภาคม 2561.

ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะ

Automatic Solar Curtain Systems for Smart Farm

บุญญฤทธิ์ วังงอน[1*]

Bunyarit Wangngon[1*]

บทคัดย่อ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเข้าสู่เกษตรยุคใหม่ไทยแลนด์ 4.0 การนำเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาททางด้านการเกษตร ส่งผลให้เกษตรกรสามารถลดแรงงาน ลดต้นทุนและสามารถเพิ่มผลผลิตได้ ประเทศไทยตั้งอยู่บนพื้นที่เขตร้อนชื้นตอนกลางวันสภาพอากาศร้อนอุณหภูมิสูง ทำให้พืชผักบางชนิดเสียหาย ปัญหาที่พบในโรงเรือนเพาะปลูกพืชผักไม่สามารถทนต่อแสงแดดร้อนจัดและอุณหภูมิสูงทำให้พืชผักใบและยอดไหม้เสียหาย งานวิจัยนี้ออกแบบระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะ เพื่อเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น เมล่อน สลัด และต้นอ่อนของพืชผักต่างๆ พื้นที่โรงเรือนที่ใช้ในการทดสอบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติขนาด 6 x 12 เมตร โรงเรือนเป็นระบบกึ่งปิดหลังคามุงด้วยพลาสติกด้านข้างใช้มุ้งกันแมลงอากาศสามารถถ่ายเทได้ ใช้มอเตอร์ขนาด 350 วัตต์ เป็นต้นกำลังในการดึงลวดสลิงเพื่อเปิด-ปิดม่านพรางแสง การทำงานของระบบม่านพรางแสงอาทิตย์มี 2 ระบบ คือ กึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติ การทำงานแบบอัตโนมัติมีเซนเซอร์วัดค่าแสงแดดและอุณหภูมิส่งข้อมูลประมวลผลยังชุดควบคุมเพื่อสั่งการทำงานของมอเตอร์ เมื่อแสงแดดหรืออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นระบบควบคุมจะสั่งมอเตอร์ปิดม่านพรางแสง เมื่อแสงแดดหรืออุณหภูมิลดลงระบบควบคุมก็จะสั่งมอเตอร์เปิดม่านพรางแสงอาทิตย์ออก ผลจากการทดสอบม่านพรางแสงพบว่าสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ในโปรแกรมและสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 1-3 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ : ม่านพรางแสง, โรงเรือนอัจฉริยะ, เซนเซอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanuloke , Bankrang, Mueang, Phitsanuloke 65000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : maxaee_@hotmail.com

ABSTRACT

Thailand is now entering the new agricultural Thailand 4.0. The innovation and technology to play a role in agriculture. As a result, farmers can reduce labor, reduce costs and increase productivity. Thailand is located in the daytime hot and humid weather some vegetables are damaged. Problems found in greenhouse crops can't withstand hot sun and high temperatures so vegetable leaves and shoots fire damage. This research design automatic solar curtain systems for smart farm to plant economic crops such as melons, salads and seedlings of vegetables. The area where the smart farm used to test solar curtain while automatic size 6 x 12 meters. The semi-closed smart farm with a plastic roof beside the insect screen air can flow. Use motor 350 watt the power to pull the wire to open - closed the solar curtain. There are 2 systems of solar curtain is semi - automatic and automatic. Automatic operation with sun sensor and temperature sensor. Data transmission is also processed to control the operation of the motor. When the sun or temperature rises, the control system directs the motor to close the solar curtain. When the sun or the temperature drops, the control system will direct the motor to open the solar curtain. The results of the light curtain test found that it can work according to the conditions set in the program and can reduce the temperature to 1-3 degrees Celsius.

Keyword: Solar Curtain, Smart Farm, Sensor, Microcontroller

บทนำ

เกษตรกรรมเป็นอาชีพหนึ่งที่มีมาตั้งแต่แรกเริ่มของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่บนภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช เกษตรกรส่วนใหญ่ยังต้องพึ่งพาอาศัยธรรมชาติเป็นหลัก เช่น ปริมาณฝน แสงแดดและฤดูกาลซึ่งมักจะแปรปรวนไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดได้ พืชเศรษฐกิจบางชนิดตลาดมีความต้องการสูง มีความต้องการสภาวะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่แตกต่างกันไป ดังนั้น เกษตรกรจึงประสบปัญหาทางด้านคุณภาพและปริมาณอยู่เสมอ แนวทางการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเกษตรกรจะสามารถควบคุมทั้งคุณภาพและปริมาณได้ต้องทำให้สภาวะที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชสามารถควบคุมได้โดยต่างประเทศได้แก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยใช้โรงเรือนเพาะปลูกพืช

โรงเรือนเพาะปลูกในยุคแรกเริ่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องพืชจากสภาพอากาศและสภาแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในบางช่วงเวลาสำหับการเพาะปลูก จึงทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับการปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกมากขึ้น ทำให้มีการออกแบบและใช้ประโยชน์โรงเรือนอีกหลายด้าน ได้แก่ การปกป้องรักษาพืชจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม การควบคุมการเจริญเติบโตของพืช การควบคุมการดัดแปลงพันธุกรรมของพืช และการขยายช่วงเวลาการเพาะปลูกได้ยาวนานขึ้น

โรงเรือนเพาะปลูกมีแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่มีสภาพภูมิอากาศร้อนจัดและหนาวจัดซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ปัจจุบันประเทศไทยนิยมการปลูกพืชในโรงเรือนเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาเรื่องคุณภาพและปริมาณผลผลิตดังกล่าว อาทิเช่น ปริมาณน้ำ แสงแดด อุณหภูมิความชื้น สามารถควบคุมและเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างเหมาะสม ผลจากการวิจัยของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หลังคาพลาสติกสำหรับโรงเรือนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านคุณภาพและผลผลิตของพืช พลาสติกที่มีส่วนผสมของโพลีเอธิลีนที่ผสมสีต่างๆ เช่น สีขาว เหลือง แดง เขียว ส่งผลให้ความยาวคลื่นแสงที่ส่องผ่านหลังคามายังพืชมีคุณสมบัติแตกต่างกัน

ยกตัวอย่างเช่น สีขาวทำให้เมล่อนหรือพืชตระกูลแตงมีผลที่แก่เร็ว มีน้ำหนักดีและความหวานเพิ่มขึ้น สีเหลืองและสีแดงส่งผลให้มะเขือเทศมีผลที่โตกว่าสีอื่นเป็นต้น



ภาพที่ 1 แสงแดดและอุณหภูมิที่ร้อนจัดส่งผลให้พืชในโรงเรือนเกิดใบไหม้ทำให้ผลผลิตเสียหาย ณ โรงเรือนต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

การติดตั้งชุดควบคุมอัตโนมัติรักษาความชื้นในดิน สำหรับการปลูกผักกาดหอมในโรงเรือน สามารถรักษาความชื้นและอุณหภูมิได้ดีกว่าการปลูกแบบกลางแจ้ง ทั้งจำนวนใบ ความสูงและน้ำหนัก [6] สุทธิจิตต์ และคณะฯ ได้ศึกษาการผลิตผักปลอดสารพิษ พบว่าผักสลัด (Green Wave) ที่ปลูกภายในโรงเรือน มีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มมากกว่าการปลูกแบบภายนอกโรงเรือน และมีอัตราการรอดสูงถึง 80 – 90 เปอร์เซ็นต์

บทความวิจัยนี้เล็งเห็นความสำคัญกับการออกแบบและทดสอบเกี่ยวกับม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะที่สามารถปิด-เปิดม่าน ตามปริมาณแสงแดดที่ส่งผลต่อพืชบางชนิด โดยเฉพาะเมล่อนที่กำลังประสบปัญหาใบและยอดไหม้ต้นพืชหยุดการเจริญเติบโตส่งผลเสียต่อคุณภาพและผลผลิต การเลือกพลาสติกซึ่งมีคุณสมบัติควบคุมสัดส่วนช่วงแสงที่ส่องผ่านเข้าไปในโรงเรือน ช่วยตัดช่วงแสงที่เป็นอันตรายต่อพืช เช่น รังสีอัลตราไวโอเลตและอินฟราเรด เพิ่มการกระจายแสงให้ครอบคลุมในโรงเรือน และใช้ระยะเวลาปลูกสั้นลง แต่ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทฤษฎีการการกระจายอุณหภูมิของอากาศ

การไหลเวียนของอากาศและพฤติกรรมการไหลของอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นในปริเวณที่ถูกปิดกั้นหรือในโรงเรือนเพาะปลูกสามารถทำนายพฤติกรรมของการไหลเวียนของอุณหภูมิได้โดยอาศัยทฤษฎีสมการ **นาเวียร์ – สโตกส์** ได้ดังนี้

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \qquad (1)$$

เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่น (Mass Density)

t คือ ค่าเวลา

u และ v คือ ค่าความเร็วของไหลในแกน x และ y

และสมการการอนุรักษ์พลังงานได้ดังนี้

$$\rho\left\{u\frac{\partial e}{\partial t} + v\frac{\partial e}{\partial x}\right\} = \rho q + \frac{\partial}{\partial x}\left\{k\frac{\partial T}{\partial x}\right\} + \frac{\partial}{\partial y}\left\{k\frac{\partial T}{\partial y}\right\} \qquad (2)$$

เมื่อ ρ คือ ค่าความหนาแน่น (Mass Density)

e คือ ค่าพลังงานภายในต่อมวลหนึ่งหน่วย

k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

q คือ ค่าปริมาณความร้อน

สมการนาเวียร์และสมการการอนุรักษ์พลังงานมีความเกี่ยวเนื่องกับค่าอุณหภูมิในโรงเรือนเนื่องจาก หากค่าปริมาณความร้อน และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในโรงเรือนเพิ่มขึ้น หากลดค่าปริมาณความร้อนลงได้จากการพรางแสงก็จะส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนลดลง

2. **การออกแบบและสร้างโรงเรือน**

การออกแบบโรงเรือนปลูกพืชเบื้องต้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับชนิดพืชและพื้นที่ปลูก ปัญหาที่เกิดจากการเพาะปลูกพืชในโรงเรือนประเทศไทย คือ การนำเทคโนโลยีจากต่างประเทศเข้ามาใช้ในประเทศไทย โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นภายในโรงเรือน หากมีการจำลองการไหลเวียนของอากาศก็สามารถจะออกแบบและสร้างโรงเรือนเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม

การสร้างโรงเรือนแบบกึ่งปิดสร้างบนพื้นที่กลางแจ้งที่ไม่มีน้ำท่วมขังสามารถระบายน้ำได้ดี พื้นที่ในโรงเรือนมีขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 6 x 12 x 2.5 เมตร โครงสร้างทำจากเหล็กท่อขนาด 2 นิ้ว หลังคาแบบหน้าจั่ว ทำมุมเอียง 20 องศา ผนังด้านข้างของโรงเรือนใช้มุ้งลวดกันแมลงเบอร์ 32 สามารถกันแมลงได้และถ่ายเทอากาศได้ดีกว่าพลาสติกแบบปิด หลังคาใช้โพลิเอทิลีนหน้า 70 ไมโครเมตร เพื่อป้องกันฝนและรังสียูวีได้บางส่วน ฐานด้านข้างผนังใช้อิฐบล็อกก่อขึ้นมาประมาน 2 ก้อนเพื่อกันน้ำจากด้านนอกเมื่อมีฝนตกและเหล็กโครงสร้างจากการผุกร่อน บริเวณพื้นโรงเรือนใช้ทรายปูพื้นประมาณ 10-15 เซนติเมตร แล้วเททับด้วยหินคลุกเพื่อการระบายน้ำได้ดี ไม่ก่อให้เกิดเชื้อราและโรคที่มาทำลายต้นพืชได้



ภาพที่ 2 โรงเรือนแบบกึ่งปิดขนาด 6 x12 เมตร

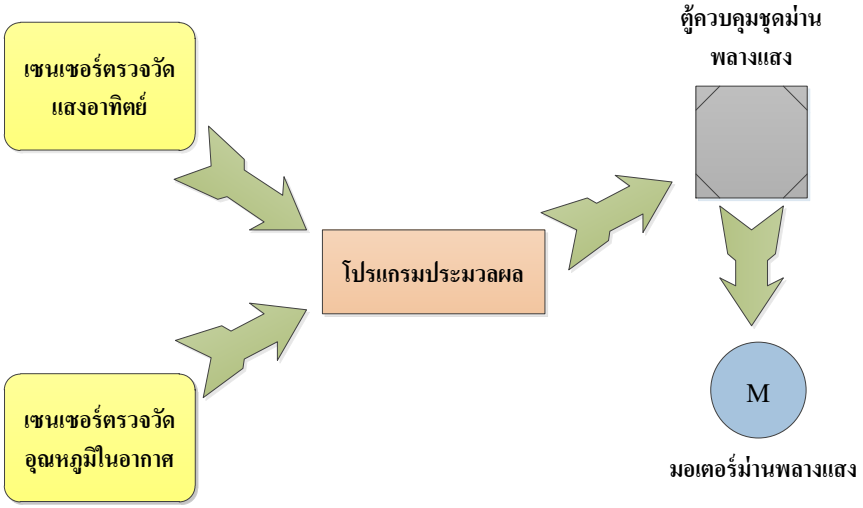
3. ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ระบบควบคุมม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ใช้ชุดควบคุมม่านพรางแสงอัตโนมัติประกอบด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้ 1). มอเตอร์สำหรับม่านพรางแสงทำหน้าที่ในการปิด-เปิดม่านแสงอาทิตย์ 2).เซนเซอร์ (Sensor) ตรวจวัดแสงอาทิตย์ทำหน้าที่รับค่าแสงอาทิตย์โดยเฉลี่ย และเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในแต่ละช่วงของวันและส่งค่าไปยังชุดประมวลผล 3). ชุดประมวลผลโปรแกรมทำหน้าที่ประมวลชุดคำสั่งค่าแสงอาทิตย์ที่เป็นอันตรายต่อพืช โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้เป็นตระกูลอาดูโน่ (Arduino) สามารถหาซื้อได้ง่ายอีกทั้งราคาไม่แพงและภาษาที่เขียนโปรแกรมง่าย 4). ชุดควบคุมม่านพรางแสงอาทิตย์สั่งการทำงานไปยังมอเตอร์ม่านพรางแสงเพื่อให้มอเตอร์ทำงานตามเงื่อนไขที่โปรแกรมไว้

ตู้ควบคุมชุดพรางแสงอาทิตย์สามารถทำงานได้ 2 ระบบ คือ ระบบอัตโนมัติและระบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ รีเลย์ไฟฟ้า และสัญญาณไฟแสดงการทำงาน ลักษณะเป็นตู้เหล็กกันน้ำสามารถติดตั้งที่โล่งแจ้งและมีความแข็งแรงอายุการใช้งานที่ยาวนาน ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ส่วนประกอบ	จำนวน
1. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ อาดูโน่	1 ชุด
2. เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ	8 ตัว
3. เซนเซอร์ตรวจวัดค่าแสง	4 ตัว
4. รีเลย์ไฟฟ้า	1 ชุด
5. มอเตอร์ความเร็วรอบต่ำสำหรับม่านพรางแสงขนาด 350 วัตต์	1 ชุด
6. ตู้เหล็กกันน้ำ	1 ใบ
7. ชุดรอกและม่านพรางแสง	1 ชุด



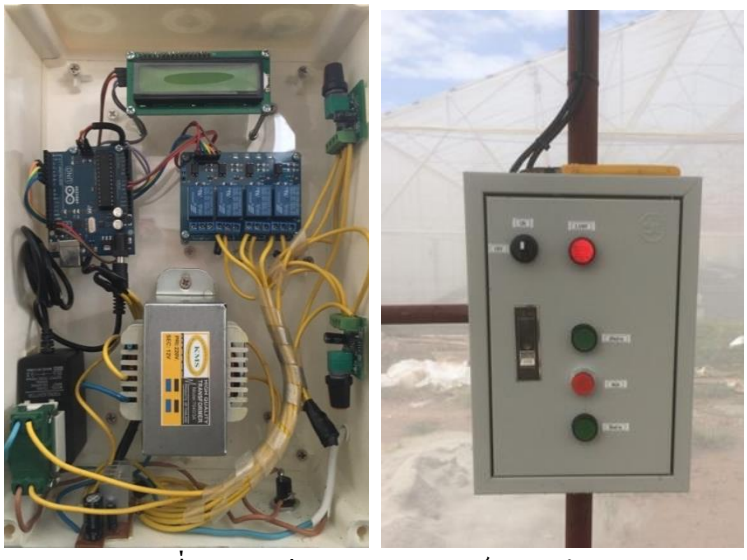
ภาพที่ 3 ส่วนประกอบหลักของระบบม่านพรางแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

โปรแกรมที่ใช้มาควบคุมระบบม่านพรางแสงอัตโนมัติ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอาดูโน่ซึ่งปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมนำมาเขียนโปรแกรมควบคุมมากขึ้นอีกทั้งราคาไม่แพง หลักการออกแบบชุดคำสั่งโปรแกรมเขียนโปรแกรมลงบน

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้ ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติมีการรับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและเซนเซอร์วัดค่าแสงโดยเฉลี่ยจากบริเวณในโรงเรือนซึ่งเป็นอินพุต ส่งไปยังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลโดยอาศัยค่าอุณหภูมิและค่าแสงอาทิตย์เป็นเงื่อนไขในการปิด – เปิดม่านพรางแสง หากค่าอุณหภูมิและค่าแสงที่วัดได้ไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ระบบม่านพรางแสงจะเปิดแบบอัตโนมัติ เมื่อระบบทำงานจะมีการเก็บบันทึกค่าต่างๆ เพื่อนำค่ามาวิเคราะห์ผลและพัฒนาระบบต่อไป ดังภาพที่ 4 - 5



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์ของระบบม่านพรางแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ



ภาพที่ 5 ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

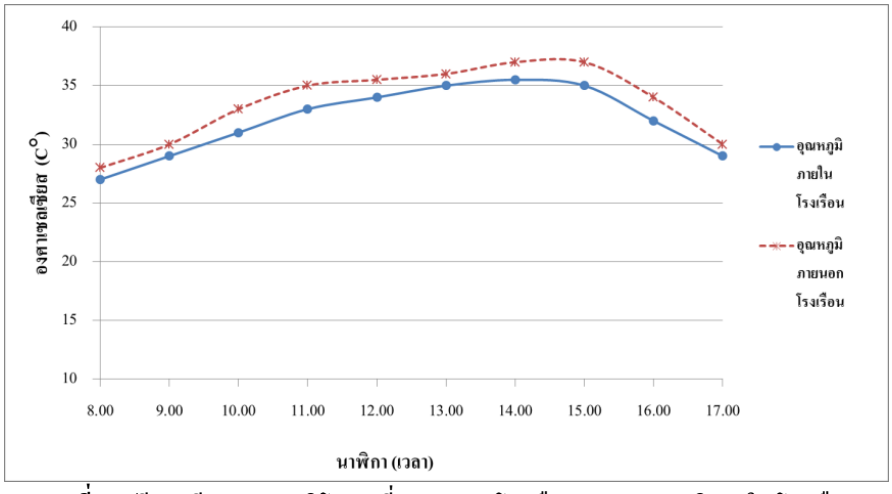
ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์ใช้พลาสติกสีดำ (สแลน) ที่สามารถกรองแสง 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้แสงที่เพียงพอกับพืชทดลองปลูกเมล่อน พื้นที่ของม่านพรางแสงอาทิตย์ขนาด กว้าง 6 เมตร ยาว 12 เมตร แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 4 เมตร ใช้เชือกเอ็นในการช่วยดึงม่านปิด – เปิด และใช้สลึงยึด หัว – ท้าย ของแต่ละช่วงของม่านพรางแสงเชื่อมต่อไปยังมอเตอร์ม่านพรางแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ม่านพรางแสงอาทิตย์แบบอัตโนมัติ

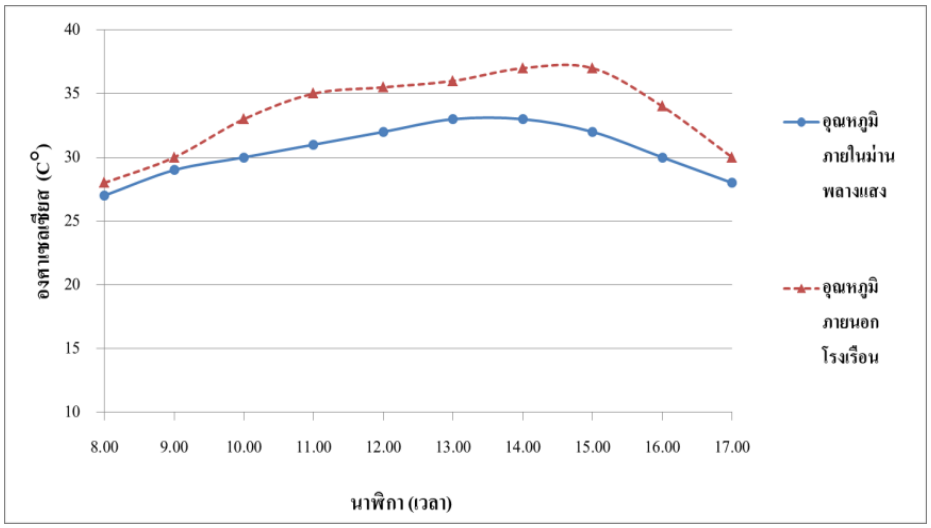
ผลและวิจารณ์ผล

จากการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิโดยเฉลี่ยเดือน กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2560 ซึ่งเป็นช่วงค่าเฉลี่ยความเข้มแสงรายเดือนมีค่าสูงที่สุดในรอบปี ณ สถานีวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จังหวัดพิษณุโลก ค่าแสงโดยเฉลี่ยที่วัดได้จากเซนเซอร์จำนวน 4 ตัว วัดค่าแสงในโรงเรือนซึ่งมีผลต่อการทำงานของระบบม่านพรางแสงเช่นเดียวกันกับอุณหภูมิ เนื่องจากค่าแสงที่มากเกินไปส่งผลเสียต่อต้นเมล่อน โดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 8 จุด ติดตั้งภายนอกโรงเรือนจำนวน 4 จุด และภายในโรงเรือนระดับเดียวกับต้นเมล่อนจำนวน 4 จุด ติดตั้งเฉลี่ยบริเวณในโรงเรือน จากภาพที่ 7 พบว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนตลอดเวลาทั้งวัน เนื่องจากภายในโรงเรือนมีหลังคาพลาสติกโพลีเอธิลีนที่ผสมสีขาว ช่วยในการกรองแสงและสะท้อนแสงออกไปบางส่วนจึงทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงเรือน



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายนอกโรงเรือนและอุณหภูมิภายในโรงเรือน

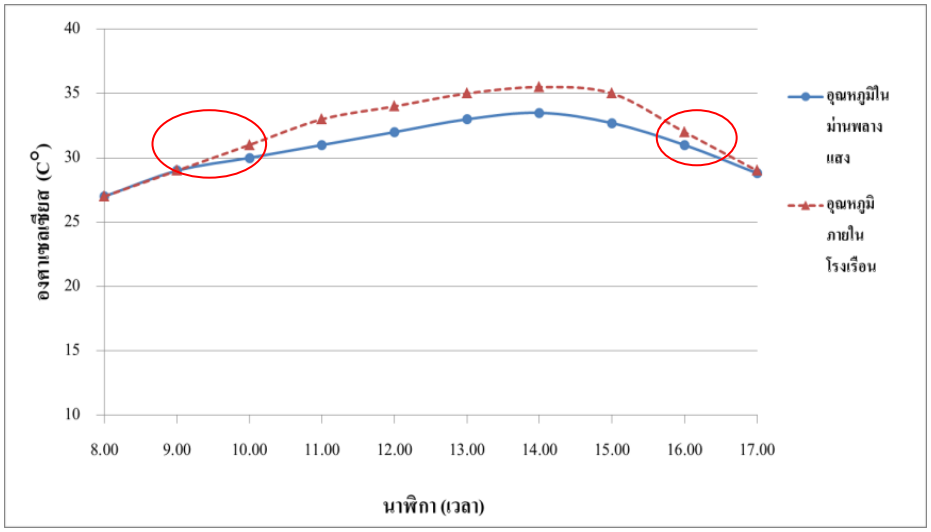
จากภาพที่ 8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายนอกโรงเรือนกับอุณหภูมิภายในภายในม่านพรางแสงอาทิตย์ พบว่าเมื่อม่านพรางแสงอาทิตย์ทำงานที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (สามารถตั้งค่าโปรแกรมที่เหมาสมกับพืชบางชนิดได้) หากอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งโปรแกรมไว้จะส่งค่าไปยังโปรแกรมและสั่งมอเตอร์ม่านพรางแสงทำงานปิดม่าน จะส่งผลทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่มีม่านพรางแสงโดยเฉลี่ยลดลง



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายนอกโรงเรือนกับอุณหภูมิภายในภายในม่านพรางแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 9 การเปรียบเทียบอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในโรงเรือนกับอุณหภูมิภายในม่านพรางแสงอาทิตย์ พบว่าอุณหภูมิภายในช่วงที่ก่อนถึง 30 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิภายภายในโรงเรือน เนื่องจากมอเตอร์ม่านพรางแสงยังไม่ทำงานจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 30 องศาเซลเซียสขึ้นไป

วงกลมสีแดง คือ ช่วงที่การทำงานของมอเตอร์ม่านพรางแสงอาทิตย์อยู่ในสถานะเปิดม่าน เนื่องจากค่าอุณหภูมิและค่าแสงยังไม่ถึงค่าที่ตั้งไว้ในโปรแกรม



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในโรงเรือนกับอุณหภูมิภายในม่านพรางแสงอาทิตย์

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองที่นำเสนอคือ กราฟที่ได้เก็บข้อมูลโดยเฉลี่ยช่วงเดือน กุมภาพันธ์ – มิถุนายน 2560 ซึ่งผลการทดลองในบางวัน ระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อยู่สถานะเปิดม่านทั้งวัน อันเนื่องมาจากฝนตก ท้องฟ้าปิด เมฆหมอก ส่งผลทำให้อุณหภูมิและค่าแสงไม่ได้ตามเงื่อนไขโปรแกรมที่สั่งระบบการทำงาน การออกแบบและสร้างระบบม่านพรางแสงอาทิตย์อัตโนมัติสำหรับโรงเรือนอัจฉริยะ สามารถช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะปลูกลงได้ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในม่านพรางแสงอาทิตย์เปรียบเทียบกับภายนอกโรงเรือนลดลง 1-3 องศาเซลเซียส ระบบม่านพรางแสงสามารถทำงานอัตโนมัติตามอุณหภูมิที่ตั้ง โดยสามารถประยุกต์ใช้งานกับพืชชนิดอื่น และเปลี่ยนชนิดม่านพรางแสงตามความเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงโดย “ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภายใต้โครงการความร่วมมือในการจัดการศึกษาเชิงบูรณาการการเรียนรู้ในสถานศึกษากับการนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมไปพัฒนาและยกระดับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ชุมชนในพื้นที่ภาคเหนือ 6 จังหวัด” และการสนับสนุนทางด้านวัสดุอุปกรณ์การวิจัย สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสาขาพืชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการดำเนินการจัดทำวิจัยให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

พรรณวิภา อรุณจิตต์, นาวี โกรธกล้า และ ปิจิราวุช เวียงจันดา. 2558. โรงเรือนควบคุมและมอนิเตอร์อัตโนมัติผ่านระบบเครือข่าย การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 16 ประจำปี 2558 และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8 หน้า 454 -458

ดอนสัน ปงผาบ. 2549. ไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งาน, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สสท.

คณะกรรมการความปลอดภัยทางชีวภาพด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. คู่มือการขออนุญาต นำเข้าและศึกษาทดลองพืชดัดแปลงพันธุกรรม. 64 หน้า.

รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิม จันทร์ฉาย **รังสีอาทิตย์ Solar Radiation** ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2550. การปลูกผักในโรงเรือน, กรุงเทพฯ : โครงการหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตรเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว

Huth Alex and Cebula Jame. 2011. The basics of Cloud Computing, www.us-cert.gov access on 14/3/2017

เพ็ญลภัส ยั้มเสมอจิต และพงษ์พันธุ์ ฤกษ์ขุมทรัพย์. 2557. การศึกษาระบบระบายอากาศสำหรับโรงเรือนจำลองแบบปิดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ วารสารวิชาการปทุมวัน ปีที่ 4 ฉบับที่ 10 หน้า 1-9

พีรศิษย์ บุญมงคลรักษา และคณะ. 2551. การจำลองการไหลเวียนและการกระจายอุณหภูมิในโรงเรือนพริกหวาน. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22 เล่มที่ 4 หน้า169-174

การจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นแบบมีส่วนร่วม กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

Local Wisdom Knowledge Management by Participatory of Toei Panan Basketry Group, Ban Du Ngun, Sikao District, Trang Province on Web Application

ศวรรณรัศม์ อภัยพงค์[1*] ศิรินันทร์ นาพอ[1] และ จิราภรณ์ แก้วโชติ[1]

Sawannarat Apaipong[1*] Sirinan Napor[1] and Jiraporn Keawchod[1]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษากระบวนการทำจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 2) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง การวิจัยนี้ใช้แนวคิดโมเดล SECI ในการสกัดความรู้ชนิดฝังลึกในการทำจักสานเตยปาหนัน จากผู้เชี่ยวชาญ มาจัดทำเป็นความรู้ที่ชัดแจ้งในรูปแบบที่เป็นลายลักษณ์อักษร ภาพนิ่ง วิดีทัศน์ และเว็บไซต์ พัฒนาระบบการจัดการความรู้ โดยใช้ภาษาสคริปต์ PHP และ ฐานข้อมูล MySQLในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.59 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบที่พัฒนาขึ้น จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และผู้ใช้ทั่วไป จำนวน 30 คน รวม 35 คน มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.47 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : การจัดการความรู้, ภูมิปัญญาท้องถิ่น, เตยปาหนัน, การจักสาน

---

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง 179 ม.3 ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[1]Department of Engineering Technology Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad, Sikao, Trang, 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) sawannarat.a@hotmail.co.th

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) To study the process of Basket from Pandanus odoratissimus(Toei Panan) at Ban Du Ngun, Sikao District, Trang Province. 2) To develop and find out the effectiveness of local knowledge management system of Toei Panan Basketry Group, Ban Du Ngun, Sikao District, Trang Province. And 3) To study the user satisfaction on the knowledge management system of Toei Panan Basketry Group, Ban Du Ngun, Sikao District, Trang Province. This research uses the SECI model concept to extract deep knowledge in basket process from experts people to explicit knowledge written inform, images, video and website. Developed the system using PHP scripting language and MySQL database for web applications. Use the mean and standard deviation for the data analysis.

The results show that the efficiency of the system from 3 expert of media producer. The mean score was 4.59, which was highest. And the results of user satisfaction evaluation on the developed system from 5 experts and 30 users, total 35 people. The mean was 4.47, which is high.

Keyword: Knowledge Management, Local Wisdom, Toei Panan, Basketry

บทนำ

ภูมิปัญญาท้องถิ่น เป็นสิ่งที่เกิดจากการสืบทอดองค์ความรู้ที่มีอยู่เดิมของบรรพบุรุษในท้องถิ่นนั้น ๆ แล้วพัฒนาเลือกสรร ปรับปรุงองค์ความรู้เหล่านั้น จนเกิดเป็นทักษะความชำนาญ แล้วสืบทอดให้คนในท้องถิ่นซึ่งเป็นรุ่นลูกรุ่นหลานได้ปฏิบัติสืบต่อกันมาเพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต ภูมิปัญญาในแต่ละท้องถิ่นจะมีลักษณะเฉพาะท้องถิ่น เฉพาะพื้นที่ ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงวิถีชีวิตความเป็นอยู่ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมรอบข้าง เป็นการประยุกต์ใช้ทรัพยากรธรรมชาติรอบกายมาประกอบรวบรวมเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ก่อให้เกิดอาชีพขึ้นมาในท้องถิ่นนั้นๆ

กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง เกิดจากการรวมกลุ่มกันของชาวบ้านในหมู่บ้านเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จักสานจากเตยปาหนัน ซึ่งเป็นการผลิตเพื่อเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัว ซึ่งมีหน่วยงานต่างๆเข้ามาให้ความรู้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จนทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดเป็นสินค้า OTOP ขึ้นมาซึ่งได้รางวัลจากหน่วยงานต่าง ๆ มากมาย สามารถสร้างรายได้ให้กับกลุ่มชาวบ้านได้ไม่น้อย สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้ คือ ต้นเตยปาหนัน จะมีขึ้นในพื้นที่ชายทะเล คุณสมบัติมีความเหนียวนุ่ม ทนทาน ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม เป็นพืชที่ขึ้นอยู่ในบริเวณหมู่บ้าน สามารถหาได้ง่าย จักสานเตยปาหนันถือเป็นภูมิปัญญาของชาวบ้าน บ้านดุหุน ซึ่งสร้างขึ้นด้วยฝีมือเชิงศิลปะ ที่แสดงออกมาอย่างปราณีต สวยงาม ซึ่งทักษะเหล่านี้ถือเป็นความชำนาญเฉพาะตัวของคนนั้น ๆ ใครที่จะสนใจอยากจะทำเป็น จะต้องมีการเรียนรู้ ฝึกปฏิบัติจากผู้เชี่ยวชาญเหล่านี้ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการเลือกสรรวัตถุดิบ วัสดุที่ใช้ ขั้นตอน กระบวนการทำ ซึ่งอาจจะต้องไปเรียนรู้แบบตัวต่อตัว ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาในการเรียนรู้ขึ้น เช่น ผู้เชี่ยวชาญไม่ว่างสอน ระยะทางห่างไกลกันยากแก่การเดินทาง ปัญหาต่างๆเหล่านี้ถือเป็นอุปสรรคในการสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้คงอยู่ เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงการนำทฤษฎีการจัดการความรู้มาใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำไปปฏิบัติตามได้ และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่นอันทรงคุณค่านี้ให้คงอยู่สืบไป

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ขึ้นมา โดยเก็บรวบรวมความรู้ต่าง ๆ ไว้ในฐานข้อมูล อยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ต โดยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาผู้วิจัยได้ทำการสนทนา พูดคุย กลับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการทำผลิตภัณฑ์จัก

สานจากเตยปาหนัน ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้อง ละเอียด ครบถ้วน ถือเป็นประโยชน์หากผู้สนใจ สนใจที่จะทำจักสานจากเตยปาหนัน สามารถนำไปปฏิบัติตาม ใช้ประกอบเป็นอาชีพเสริมได้เป็นอย่างดี จากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบจัดการความรู้ขึ้นมานี้ มีข้อดีคือ ทำให้สามารถที่จะเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น ทำให้ผู้ที่สนใจสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก อีกทั้งวิจัยนี้ยังตอบสนองนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559) ในเรื่องของการพัฒนาองค์ความรู้และต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์เชิงพาณิชย์และสาธารณะ เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 2555-2559) อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการทำจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
2. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ทำการศึกษา เนื้อหา รวบรวมข้อมูล องค์ความรู้ในการจัดทำจักสานเตยปาหนัน จากกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง โดยเนื้อหาจะเป็นการบอกรายละเอียดต่าง ๆ เช่น ระบบจะนำเสนอข้อมูลประวัติ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการทำ วัสดุอุปกรณ์ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สมาชิกกลุ่ม เว็บบอร์ด และติดต่อเรา

2. ขอบเขตของระบบ

ระบบฐานข้อมูลจัดการความรู้กลุ่มจักสานเตยปาหนันอยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งจะแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ (Admin) และส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป (User) ในส่วนของผู้ดูแลระบบ (Admin) สามารถบริหารจัดการข้อมูลต่างๆ เช่น เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูล ส่วนผู้ใช้งานทั่วไป (User) สามารถเข้ามาดูข้อมูลต่างๆได้และสามารถใช้เว็บบอร์ดในการแลกเปลี่ยนหรือแบ่งปันความรู้ระหว่างกันได้

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรังฝฝฝพัฒนา โดย ใช้ภาษา PHP และ ฐานข้อมูล MySQL
- แบบประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง
- แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพและการวิจัยเชิงพัฒนา ดังนี้

1. วิจัยเชิงคุณภาพ

เป็นการรวบรวมองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน จากผู้เชี่ยวชาญในการทำผลิตภัณฑ์จากเตยปาหนัน การเก็บรวมรวมข้อมูลโดยใช้วิธีการสนทนา สัมภาษณ์ และจดบันทึกข้อมูลไว้ในสมุดบันทึกอย่างไม่เป็นทางการ รวมไปถึงการใช้กล้องถ่ายภาพและบันทึกเสียง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่จัดเก็บได้ครบถ้วนแล้วมาเรียบเรียงจัด

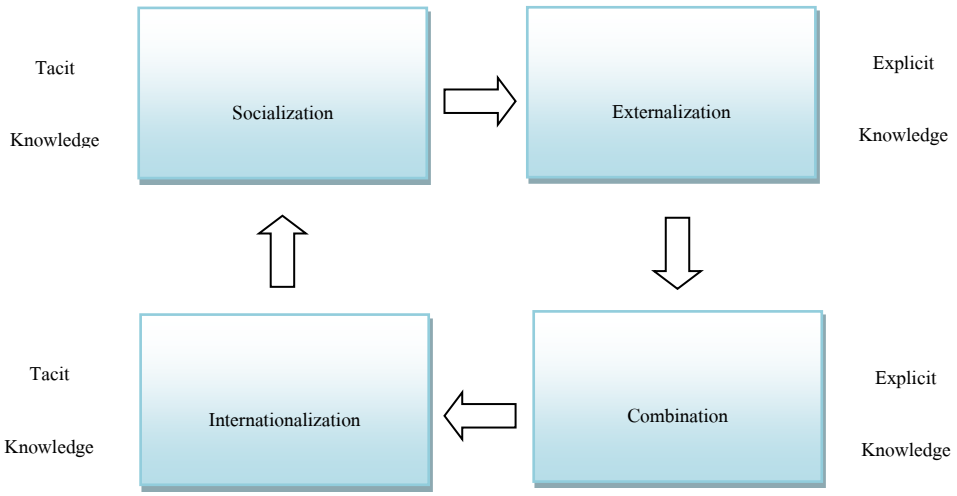
หมวดหมู่ให้เป็นระเบียบ แล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอีกครั้งก่อนที่จะนำข้อมูลนั้นไปจัดเก็บในฐานข้อมูลเพื่อเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์ ผู้วิจัยได้ใช้ SECI Model ในการนำเสนอการแลกเปลี่ยนความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน ซึ่งประกอบด้วย 4 กระบวนการ ดังนี้

1) Socialization : การแบ่งปันและการสร้างความรู้โดยนัย (Tacit knowledge) จากการติดต่อสื่อสารระหว่างกันโดยการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ตรง โดยการสัมภาษณ์ สนทนา พูดคุย เรื่องของวิธีการทำผลิตภัณฑ์จักสานจากเตยปาหนันจากผู้เชี่ยวชาญ จนได้รับความรู้เพื่อมาทดลองทำเอง

2) Externalization : การสร้างและแบ่งปันความรู้โดยนัย (Tacit knowledge) และเผยแพร่ออกมาเป็นลายลักษณ์อักษร (Explicit knowledge) โดยการนำความรู้เรื่องวิธีการทำผลิตภัณฑ์จักสานจากเตยปาหนัน ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาบันทึกเป็นลายลักษณ์ตัวอักษร ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว

3) Combination : เป็นการรวบรวมความรู้ที่เรียนรู้มาสร้างเป็นความรู้ประเภท Explicit ใหม่ ๆ แล้วถ่ายทอดผ่านเว็บไซต์ระบบจัดการความรู้

4) Internationalization : เป็นการแปลงความรู้ที่ชัดแจ้ง (Explicit knowledge) มาเป็นความรู้โดยนัย (Tacit knowledge) เป็นการนำความรู้ที่เรียนรู้มาไปปฏิบัติจนทำให้เกิดทักษะและความชำนาญจนกลายเป็นความรู้โดยนัยของตนเองในที่สุด และเมื่อเกิดความรู้แล้วก็เกิดการแลกเปลี่ยนกับคนอื่นๆ ต่อไปก็จะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า Socialization ขึ้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่หมุนเวียนไปเรื่อยๆ แสดงกระบวนการได้ดังภาพที่ 1

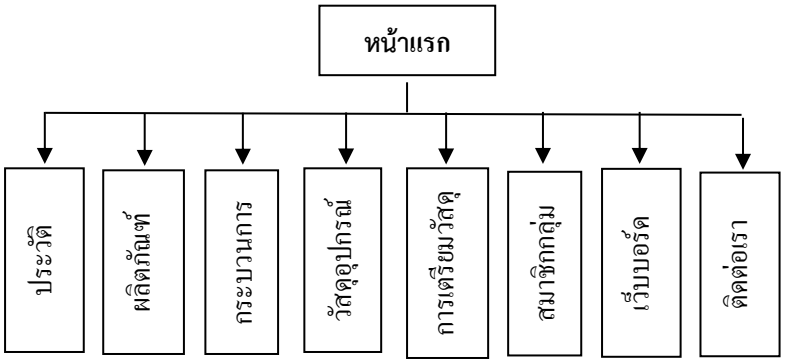


ภาพที่ 1 โมเดลเกลียวความรู้ SECI

2. วิจัยเชิงพัฒนา

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มจักสานเตยปาหนันแล้ว จะนำข้อมูลมาจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งพัฒนาเป็นระบบจัดการความรู้ เพื่อสามารถที่จะเผยแพร่ความรู้นั้นผ่านทางเว็บไซต์ได้ ซึ่งมีกระบวนการในการพัฒนาระบบ ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ เป็นขั้นตอนในการศึกษาถึงความต้องการของระบบจากผู้ใช้ระบบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และออกแบบ โดยออกแบบระบบออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนโครงสร้างเว็บไซต์และส่วนหน้าจอการแสดงผล ซึ่งโครงสร้างเว็บไซต์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะการใช้งาน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบและส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป แสดงโครงสร้างของระบบดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของระบบการจัดการความรู้กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

2.2 พัฒนาระบบและติดตั้งระบบ เมื่อได้ออกแบบระบบเสร็จสิ้นแล้วจะเป็นในส่วนของการพัฒนาระบบนี้พัฒนาโดยใช้ฐานข้อมูล MySQL และภาษา PHP ในการเขียนโปรแกรม

2.3 เผยแพร่ข้อมูล หลังจากเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบโปรแกรม เพื่อตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น จากนั้นทำการอัพโหลดระบบขึ้น server เพื่อเผยแพร่ข้อมูล

2.4 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติดังต่อไปนี้

- การประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ จากผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินสื่อ ในที่นี้จะเป็นอาจารย์ที่สอนเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บไซต์ การออกแบบสื่อ หรือผู้ชำนาญการด้านสื่อจากหน่วยงานต่าง ๆ โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลโดยใช้เกณฑ์ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

- การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ โดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลโดยใช้เกณฑ์ตามวิธีของไลเคอร์ท (Likert) ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ผลการทดลอง

1. กระบวนการทำจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

ศึกษากระบวนการทำจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ซึ่งใช้กระบวนการจัดการความรู้โดยการสัมภาษณ์จากสมาชิกของกลุ่ม ซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการทำออกเป็น 3 ประเด็นด้วยกัน คือ วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และกระบวนการทำ

1.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

- เส้นตอกตากแห้ง เส้นตอกตากแห้งมาจากใบเตยปาหนันที่ผ่านขั้นตอน การทำเป็นวัสดุพร้อมที่จะเป็นเสื่อ และผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ

- สีย้อม ใช้สำหรับย้อมเส้นตอกเตยให้เป็นสีต่าง ๆ ตามต้องการ

- เล็บแมวดึงเส้น ใช้สำหรับกรีดใบเตยดิบให้เป็นเส้นตอก ตามขนาดที่ต้องการหรือเรียกว่าย่าหงาดหรือเล็บแมว

- รีดเส้น ใช้สำหรับขูดรีดเส้นตอกขณะกำลังนั่งสานให้เรียบนิ่ม

- ดึงเส้น ใช้สำหรับเหยียบทับเส้นตอกขณะนั่งสานเป็นผืนเสื่อ ให้ผืนเสื่อตรงและสานได้ ง่ายขึ้น

- มีด ใช้สำหรับตัดหนามหลังของใบเตยดิบให้เป็น 2 ซีก

1.2 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

- การคัดเลือกต้นเตย ต้นเตยที่จะนำมาทำตอกเตยนั้น เรียกว่าเตยปาหนัน มีลักษณะคล้ายเตยหอมแต่มีขนาดใหญ่กว่า ใบหนากว่าและมีหนามที่ใบ ส่วนใหญ่ชาวบ้านจะเข้าไปตัดในป่าที่ลึกเข้าไป จะไม่เอาต้นเตยที่อยู่ด้านนอก ๆ เพราะต้นเตยในป่าลึกจะมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่า จากนั้นก็คัดเลือกเอาต้นเตยที่มีใบบาง ๆ ยาว ๆ เพื่อเอามาทำเป็นตอกเตยและสมบูรณ์มากกว่า จะไม่เอาใบที่ผอม ๆ เพราะเมื่อกรีดแล้วจะได้ตอกจำนวนน้อยเส้น

- การตัดใบเตย เริ่มแรกตัดจะใช้มีดพร้าที่มีความคม ฟันวัชพืชรก ๆ รอบ ๆ ต้นเตยออก เพื่อความสะดวกในการเข้าไปตัด ซึ่งการที่ได้ใบเตยที่พอเหมาะนั้นผู้ตัดจะเลือกใบเตยที่ตั้งแต่ประมาณชั้นใบที่ 4 นับจากโคนต้นขึ้นไปและไม่เอาใบยอดที่ยังอ่อน ๆ 2-3 ชั้นใบนับจากข้างบน จากนั้นจึงฟันมีดพร้าลงไปเฉียง ๆ ให้ติดหัวอ่อน การไม่ตัดที่โคนต้นนั้นไม่เพียงให้ได้ใบที่เหมาะเท่านั้น แต่ยังเพื่อให้หัวอ่อนแตกหน่อภายหลัง

- ตัดหนามใบเตยและย่างใบเตย การย่างใบเตยมีประโยชน์คือ ทำให้ใบเตยนิ่มสะดวกในการรีดและไม่กรอบหักเมื่อสาน ทั้งยังกันขึ้นราได้อีกด้วย ก่อนที่จะนำใบเตยมาย่างไฟนั้น จะต้องใช้มีดริดหนามด้านหลังกลางใบออกเสียก่อน โดยจะริดจากโคนไปหาปลายใบตามยาว จากนั้นจึงเอามาทัดรวมกันประมาณ 10-15 ใบ สำหรับไฟที่เหมาะสมในการย่างใบเตยนั้น จะต้องเป็นไฟถ่านและไม่มีควัน เพราะไฟที่ลุกและมีควันจะทำให้ใบเตยไม่เป็นสีขาวตามต้องการ การย่างใบเตยจะย่างสุก สังเกตได้โดย เมื่อใบเตยมีสีเขียวเข้มขึ้นเป็นเงาก็เป็นอันว่าใช้ได้

- การกรีดใบเตย นำใบเตยที่ย่างไฟแล้วมากรีดด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่าเล็บแมวโดยเว้นระยะจากโคนใบไว้เพื่อสะดวกในการหยิบและการขูดด้วยไม้ไผ่ หลังจากการกรีดแล้วก็ฉีกเอาเส้นที่เป็นหนามทั้ง 2 ข้างของใบออก และเส้นตรงกลางที่เป็นรอยกรีดเอาหนามออกทิ้งไป ใบเตยหนึ่งใบกรีดแล้วได้เส้นตอก ประมาณ 3-6 เส้น

- การแช่น้ำ เพื่อให้ตอกเตยเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีขาวถ้าต้องการให้ขาวมากยิ่งขึ้นก็ให้เติมน้ำส้มสายชูลงไปประมาณ 2-3 ช้อนโต๊ะ แช่ 2 วัน 2 คืน หลังผ่านคืนที่ 1 ไป ต้องเปลี่ยนน้ำ 1 ครั้ง ในการแช่ต้องเอาของหนัก เช่น ก้อนหิน ใส่ถุงพลาสติกทับตอกเอาไว้เพื่อให้ตอกจมน้ำหมดทุกเส้น

- การตากตอกเตย ถ้าแดดจัด วันเดียวก็ใช้ได้

- การย้อมสีตอกเตย ชาวบ้านจะแยกตอกเตยส่วนหนึ่งจากตอกเตยที่ตากแห้งและขูดด้วยไม้ไผ่แล้วมาย้อมสี เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลวดลายที่สวยงาม สีที่ใช้ย้อมเป็นสีเคมี ส่วนใหญ่จะใช้สีแดง สีน้ำเงิน สีเหลือง สีส้ม การย้อมสีตอกเตยจะเริ่มต้นโดยการต้มน้ำประมาณครึ่งกะละมังให้เดือดแล้วใส่เกลือแกงลงไปประมาณ 1 กำมือเพื่อจะช่วยป้องกันตอกเตยสีตก และใส่หัวน้ำส้มประมาณ 3 หยด จะช่วยให้ตอกเตยลื่นยิ่งขึ้น จากนั้นเอาสีที่ต้องการย้อมประมาณ 1 ช้อนโต๊ะใส่ลงไปใช้ไม้พายคนให้เข้ากัน ต้องรอให้น้ำเดือดจึงเอาตอกเตยซึ่งชุบน้ำให้เปียกก่อนใส่ลงไปได้

1.3 กระบวนการทำ

- การขึ้นรูปเริ่มต้นจากการทำก้นกระเป๋า โดยสานด้วยลายขัดหรือเรียกว่าลายหนึ่งตามขนาดกระเป๋าที่ต้องการผลิตสานก้นกระเป๋าจนเต็มพื้นที่ของหุ่นแล้วขึ้นส่วนขอบล่างเพื่อขึ้นรูปทรงของกระเป๋าต่อไปแล้วสอดสีด้วยตอกเตยสีต่างๆ เพื่อเพิ่มความสวยงาม

- การขึ้นรูป โดยใช้ตอกสีที่ต้องการสานขึ้นต่อจากขอบล่างในแนวเฉียงทแยงมุมซ้ายขวาจนถึงของด้านบน

- ขั้นเก็บความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์หลังจากการสานตัวกระเป๋าเสร็จแล้วก็จะมีการเก็บความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์โดยการสานพับลงด้านล่าง

- ขั้นเก็บและรักษาผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ใบเตยจะมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมจึงไม่ต้องกังวลเรื่อง

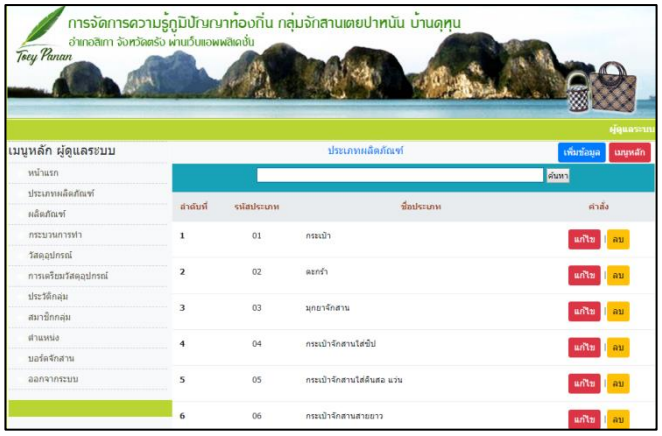
ความชื้นหรือการขึ้นราสามารถเก็บรักษาได้ในทุกที่ หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีสีสันสวยงาม จะต้องนำเส้นตอกเตยมาย้อมสีด้วยสีเคมี จะได้เส้นตอกเตยที่มีสีต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- นำสีเคมีที่จะย้อมมาผสมกับน้ำละลายในอัตราส่วนที่ต้องการสำหรับการย้อมใส่ในกระทะสำหรับย้อมสี
- นำกะทะไปตั้งไฟต้มน้ำให้เดือด
- นำเส้นตอกเตยแห้งมัดเป็นกำ ไปแช่น้ำให้เปียกทั่วทุกเส้นและเพื่อชำระสิ่งสกปรกอันจะเป็นอุปสรรคต่อการย้อมสีได้ แล้วผึ่งให้น้ำสะเด็ดแห้งพอหมาด
- น้ำตอกเตยที่แห้งพอหมาด ๆ ใส่ในกะทะย้อมสี คนให้เส้นตอกเตยติดสีให้ทั่วทุกเส้น ประมาณ 3-5 นาที
- นำใบเตยที่ผ่านการย้อมแล้วไปแช่ด้วยน้ำเย็น ชำระล้าง 2-3 ครั้ง ให้น้ำสีออกหมดเป็นน้ำใสสะอาด แล้วจึงนำไปผึ่งตากแดดให้แห้ง ประมาณ 1 วันจะได้เส้นตอกใบเตยที่ผ่านการย้อมสี เป็นสีต่าง ๆ ตามที่ต้องการ ที่พร้อมจะใช้งานสานเป็นเสื่อหรือสิ่งต่างๆ ที่ต้องการ

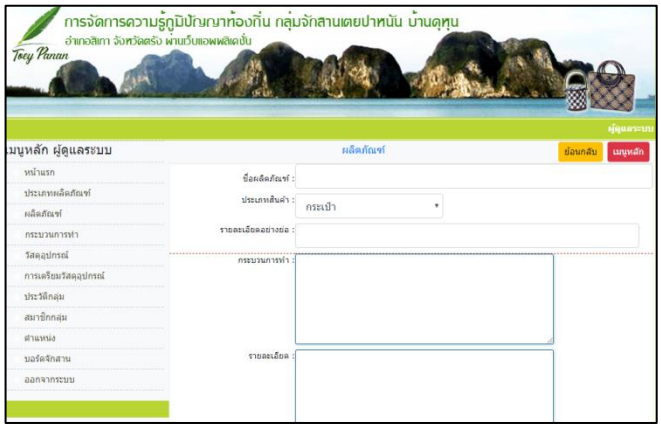
2. ระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

การพัฒนาระบบการจัดการความรู้กลุ่มจักสานเตยปาหนันอยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งจะแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของ Admin และส่วนของ User ระบบจะนำเสนอข้อมูลประวัติ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการทำ วัสดุอุปกรณ์ การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สมาชิกกลุ่ม เว็บบอร์ด และติดต่อเรา

2.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ (Admin) จะทำหน้าที่ในการบริหารจัดการกับข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งแสดงตัวอย่างหน้าจอการทำงานดังภาพที่ 3 - ภาพที่ 4

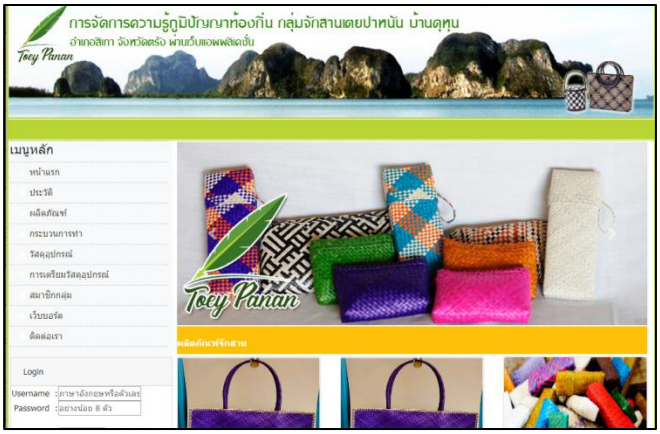


ภาพที่ 3 หน้าจัดการกับข้อมูลประเภทผลิตภัณฑ์

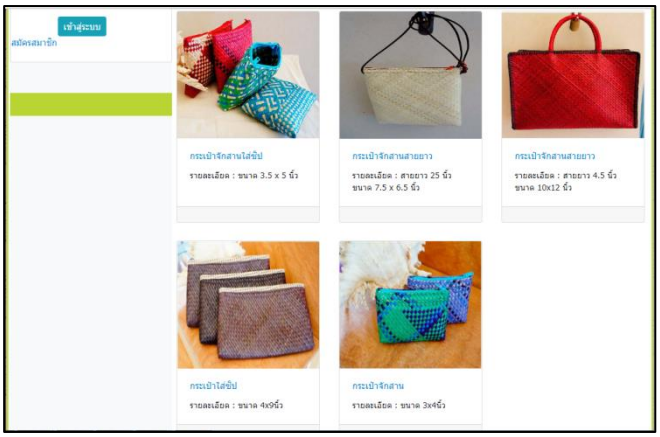


ภาพที่ 4 หน้าจัดการกับข้อมูลผลิตภัณฑ์

2.2 ส่วนของผู้ใช้งานทั่วไป (User) ผู้ใช้สามารถเข้ามาศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ภายในเว็บไซต์ ซึ่งแสดงตัวอย่างหน้าจอการทำงานดังภาพที่ 5 - ภาพที่ 7



ภาพที่ 5 หน้าจอหลักของเว็บไซต์



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงวัสดุอุปกรณ์

3. ประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง แสดงรายการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	การแปลผล
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 ข้อมูลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.33	1.15	มาก
1.2 ความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.00	0.00	มาก
1.3 เนื้อหามีความทันสมัย	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.33	0.58	มาก
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 การใช้สีมีความเหมาะสม สวยงาม	4.67	0.58	มากที่สุด
2.2 ใช้รูปแบบ ขนาดตัวอักษร ที่เหมาะสม อ่านง่าย	4.33	0.58	มาก
2.3 ระบบนำทางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม หาง่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
2.4 รูปภาพมีจำนวน ขนาด คุณภาพ ที่เหมาะสม	4.33	0.58	มาก
2.5 มีการจัดเรียงข้อมูลเป็นหมวดหมู่	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.46	มากที่สุด
3. ด้านความสามารถในการใช้งาน			
3.1 สามารถใช้งานเว็บไซต์ได้โดยสะดวกและใช้งานง่าย	5.00	0.00	มากที่สุด
3.2 การแสดงผลมีความรวดเร็ว	4.67	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.83	0.29	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.59	0.44	มากที่สุด

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน จากผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินสื่อ จากอาจารย์มหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่าน พบว่าประสิทธิภาพของสื่อด้านความสามารถในการใช้งาน และด้านการออกแบบโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.83, S.D. = 0.29 และ $\bar{X}$ =4.60, S.D. = 0.46

ตามลำดับ) ส่วนด้านเนื้อหาโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.33, S.D. = 0.58) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.59, S.D. = 0.44)

4. ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง แสดงรายการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	การแปลผล
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 ข้อมูลมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ	4.60	0.50	มากที่สุด
1.2 ความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.11	0.63	มาก
1.3 เนื้อหามีความทันสมัย	4.17	0.79	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.30	0.64	มาก
2. ด้านการออกแบบ			
2.1 การใช้สีมีความเหมาะสม สวยงาม	4.57	0.50	มากที่สุด
2.2 ใช้รูปแบบ ขนาดตัวอักษร ที่เหมาะสม อ่านง่าย	4.49	0.70	มาก
2.3 ระบบนำทางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม หาง่าย	4.69	0.47	มากที่สุด
2.4 รูปภาพมีจำนวน ขนาด คุณภาพ ที่เหมาะสม	4.29	0.75	มาก
2.5 มีการจัดเรียงข้อมูลเป็นหมวดหมู่	4.66	0.48	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.54	0.58	มากที่สุด
3. ด้านความสามารถในการใช้งาน			
3.1 สามารถใช้งานเว็บไซต์ได้โดยสะดวกและใช้งานง่าย	4.63	0.49	มากที่สุด
3.2 การแสดงผลมีความรวดเร็ว	4.54	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.59	0.50	มากที่สุด
4. ด้านความเป็นประโยชน์			
4.1 เว็บไซต์สามารถให้แหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์	4.40	0.69	มาก
4.2 ระบบช่วยแก้ปัญหาด้านบุคลากรในการถ่ายทอดความรู้	4.46	0.66	มาก
4.3 ความรู้ในระบบเอื้อต่อการเรียนรู้ของคนทุกกลุ่ม	4.51	0.70	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.46	0.68	มาก
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด	4.47	0.60	มาก

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจัดการความรู้ของกลุ่มจักสานเตยปาหนัน จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 30 คน รวม 35 คน พบว่าความพึงพอใจด้านความสามารถในการใช้งาน และด้านการออกแบบ โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.59, S.D. = 0.50 และ $\bar{X}$ =4.54, S.D. = 0.58 ตามลำดับ) ส่วน

ด้านความเป็นประโยชน์และด้านเนื้อหา โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =4.46, S.D. = 0.68 และ $\overline{X}$ =4.30, S.D. = 0.64 ตามลำดับ) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =4.47, S.D. = 0.60)

สรุปและอภิปรายผล

ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ =4.59, S.D. = 0.44) และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบมีค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =4.47, S.D. = 0.60) ระบบการจัดการความรู้กลุ่มจักสานเตยปาหนัน บ้านดุหุน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้บันทึก จัดเก็บ ถ่ายทอด และแบ่งปันความรู้ให้กับกลุ่มผู้สนใจได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่าน เช่น ศิรประภา โคบายาชิ (2555) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการจักสานผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา ของกลุ่มแม่บ้านหมู่บ้านต๋อมดง ตำบลบ้านต๋อม อำเมือง จังหวัดพะเยา พบว่าเมื่อนำกระบวนการจัดการความรู้มาใช้ก่อให้เกิดผลดีหลายประการเช่น สามารถเผยแพร่ความรู้ให้กับผู้ที่สนใจได้ มีเครือข่ายการแลกเปลี่ยนความรู้เพิ่มขึ้น มีสมาชิกในกลุ่มเพิ่มขึ้น กนกพร ฉิมพลี (2555) ได้ศึกษาเรื่องรูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้ายหัตถกรรมเครื่องจักสาน : กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นการนำความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่บรรพบุรุษได้สร้างสรรค์และถ่ายทอดสืบต่อกันมา ทำให้กลายเป็นองค์ความรู้ประจำท้องถิ่นและสามารถปลูกฝังวิธีคิดการดำเนินชีวิตประจำวันให้แก่ลูกหลานได้ ทัศวรรณ ธิมาคำ (2553) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการความรู้ภูมิปัญญาพื้นบ้านล้านนา เรื่องการทอผ้ายกลำพูน โดยประยุกต์ใช้แนวคิดโมเดล SECI ในการสกัดความรู้ชนิดฝังลึกจากผู้เชี่ยวชาญ มาทำเป็นความรู้ที่ชัดแจ้งในรูปแบบที่เป็นลายลักษณ์อักษรภาพนิ่งวิดีทัศน์ และเว็บไซต์ ซึ่งสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้ที่สนใจได้เป็นอย่างดี ลัทธวัฒน์ สอนศรีนุสรณ์ (2552) ได้ศึกษาการจัดการความรู้ ภูมิปัญญาพื้นบ้านล้านนาเรื่องกลองสะบัดชัย พบว่าการจัดการความรู้ผ่านระบบเว็บไซต์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความรู้ชนิดฝั่งลึกเป็นความรู้ชนิดชัดแจ้ง เผยแพร่บนเว็บไซต์ อันเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจทั่วไป และระบบยังสนับสนุนการแลกเปลี่ยนความรู้ ทำให้มีความรู้ไหลเวียนในระบบและผู้ชมสามารถนำไปฝึกปฏิบัติจนเกิดเป็นความชำนาญได้ สิริกร กรมโพธิ์ (2550) ได้ศึกษาการใช้ระบบ การจัดการความรู้สำหรับการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บพบว่าระบบการจัดการความรู้สำหรับการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบโปรแกรม ประยุกต์บนเว็บไซต์ สามารถใช้บันทึกและถ่ายทอดความรู้ได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยน และเชื่อมโยงความรู้ ประสบการณ์ของตนที่ได้เรียนรู้มาผ่านระบบเว็บไซต์ ก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้ได้ และภาคภูมิ รัตนาวิวัฒน์พงศ์ (2548) ได้ศึกษาการออกแบบและ จัดทำคลังความรู้ผ่านระบบอินทราเน็ต กรณีศึกษาฝ่ายปฏิบัติการเขตนครหลวง, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. พบว่าการพัฒนาคลังความรู้เพื่อสนับสนุน การจัดการความรู้ผ่านระบบอินทราเน็ต ทำให้ผู้ร่วมงาน สามารถถ่ายทอด แบ่งปัน ความรู้ได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2560 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกพร ฉิมพลี. 2555. **รูปแบบการจัดการความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านหัตถกรรม เครื่องจักสาน : กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชน จังหวัดนครราชสีมา**. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาพัฒนาสังคมและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ทัศวรรณ ธิมาคำ รัตนา ณ ลำพูน และ ทรงศักดิ์ ปรางค์วัฒนากุล. 2553. **การจัดการ ความรู้ภูมิปัญญาพื้นบ้านล้านนาเรื่องการทอผ้ายกลำพูน**. วารสารสารสนเทศศาสตร์. ปีที่ 28 ฉบับที่ 2. พฤษภาคม - สิงหาคม 2553. หน้า 17-28.

ภาคภูมิ รัตนาวิวัฒน์พงศ์. 2548. **การออกแบบและ จัดทำคลังความรู้ผ่านระบบอินทราเน็ต กรณีศึกษาฝ่ายปฏิบัติการเขตนครหลวง, การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ลัทธวัฒน์ สอนศรีนุสรณ์. 2552. **การจัดการความรู้ ภูมิปัญญาพื้นบ้านล้านนาเรื่อง กลอง สะบัดชัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศิรประภา โคบายาชิ. 2555. **การจัดการองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการจักสาน ผลิตภัณฑ์จากผักตบชวา ของกลุ่มแม่บ้านหมู่บ้านต๋อมดง ตำบลบ้านต๋อม อำเมือง จังหวัดพะเยา.** วารสารเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่. ปีที่ 4 ฉบับที่ 4. มีนาคม - เมษายน 2555. หน้า 21-35.

สิริกร กรมโพธิ์. 2550. **การศึกษาการใช้ระบบ การจัดการความรู้สำหรับการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบโปรแกรมประยุกต์บนเว็บ** (รายงานผลการวิจัย). นครราชสีมา : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. **นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559).**

ระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Alumni Database System in Computer Science Phuket Rajabhat University

พิมพ์ใจ ธรรมอินทร์[1*]

Pimjai Thammain[1*]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยมีประชากรกลุ่มตัวอย่างศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 256 คน เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย คือ แบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการพัฒนาระบบได้มีการใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL พัฒนาด้วยภาษา PHP ผลการประเมินความพึงพอใจพบว่า 1) ระบบสามารถจัดเก็บข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ตได้ 2) ความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.95 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.17

คำสำคัญ : ศิษย์เก่า, ฐานข้อมูลศิษย์เก่า, สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

The researching is about design and development an alumni database system of computer science, Phuket Rajabhat University. Aims to create an alumni database of computer science. Phuket Rajabhat University. The population and sample alumnus of computer science 256 people. The research instrument was questionnaire and statistics were Mean and Standard Deviation. To develop the information system used MySQL data management and developed with the PHP language. The results of the satisfaction assessment showed that 1) system can store data of computer science alumnus, Phuket Rajabhat University. 2) Satisfaction of the users of the database system computer science alumnus, Phuket Rajabhat University, is in good level. (The mean of 3.95 and the standard deviation of 0.17)

Keywords : Alumni, Alumni Database, Computer Science

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Sub-district Ratsada, District Muang, Province Phuket 83000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pimjai.thammain@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศมีความเจริญก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดดหรือกล่าวได้ว่าเป็นเทคโนโลยีไร้พรมแดนที่ทำให้ทั่วโลกสามารถสื่อสารกันได้อย่างรวดเร็ว โดยสามารถสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่ไม่จำกัดเรื่อง เวลาและสถานที่ ยังส่งผลให้การเผยแพร่สารสนเทศไปยังผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็วและทันต่อเหตุการณ์ ดังนั้น หน่วยงานต่าง ๆ จึงเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีสารสนเทศและได้มีการประยุกต์เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการทำงาน ระบบสารสนเทศมีส่วนสำคัญของการดำเนินงานในทุกภาคส่วนไม่ว่าจะเป็นภาครัฐและเอกชน เนื่องจากระบบสารสนเทศเป็นระบบงานที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการจัดเก็บข้อมูล ประมวลผล เรียกดูข้อมูล (โอภาส 2549)

สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เป็นหน่วยงานที่มีความต้องการในการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ในด้านต่าง ๆ ของสาขาวิชา อีกหนึ่งกิจกรรมที่สาขาได้ ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องนั่นคือ การจัดกิจกรรม สร้างสรรค์ก่อให้เกิดความร่วมมือร่วมใจอันดีระหว่างศิษย์เก่ากับสาขา ซึ่งมีด้วยกันหลายกิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมพิธีไหว้ครู กิจกรรมร่วมแสดงความยินดีกับผู้สำเร็จการศึกษาของสาขา กิจกรรมการจัดงานเลี้ยงรุ่นศิษย์เก่าสาขา แเพื่อให้ศิษย์เก่าได้พบปะสังสรรค์ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การจัดงานทุนศิษย์เก่าเพื่อนำทุนที่ได้มาพัฒนาสาขาให้มีความทันสมัยและน่าสนใจต่อผู้ที่กำลังจะตัดสินใจเข้ามาศึกษาต่อไป แต่จากการวิเคราะห์และสังเกตพบว่า มีศิษย์เก่าหลายคนที่ต้องพลาดโอกาสอันดีในการเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งในกิจกรรมที่สาขาจัดขึ้น ทั้งนี้ สามารถวิเคราะห์สาเหตุได้หลายประการดังนี้ (อุดม 2558)

1. ศิษย์เก่ามีการรวมตัวกันเป็นกลุ่ม ๆ ตาม Facebook แต่ไม่ได้มีการรวมตัวกันเป็นกลุ่มสาขาอย่างเป็นระบบ ยังไม่เป็นแบบแผน อย่างเป็นทางการ
2. ไม่มีสื่อกลางในการติดต่อประสานงานระหว่างศิษย์เก่ากับสาขาและระหว่างศิษย์เก่าด้วยกันเอง
3. ความไม่สะดวกในการแจ้งแก้ไขข้อมูลของศิษย์เก่า กรณีที่มีการโยกย้ายที่อยู่หรือเปลี่ยนสถานที่ทำงานบ่อยครั้ง

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะทำวิจัยเรื่องระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ทั้งนี้เพื่อ แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและเพื่อเป็นการสนับสนุนการใช้ เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ณัฐวุฒิ 2558)

เนื่องจากปัจจุบันฐานข้อมูลศิษย์เก่าของนักศึกษายังไม่มีการจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นสารสนเทศศิษย์เก่าของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ทางผู้จัดทำโครงการจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาระบบการบริหารจัดการซึ่งมีกระบวนการในการทำงานที่เป็นระบบมากยิ่งขึ้น สามารถแบ่งส่วนการทำงานออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ การทำงานในส่วนของผู้ดูแลระบบและการทำงานในส่วนของผู้ใช้งาน ระบบนี้สามารถทำการล็อกอิน ล็อกเอาท์ จัดการข้อมูลศิษย์เก่าได้เป็นต้น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ที่เข้ามาใช้งานและระบบมีความสะดวกรวดเร็วมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และอาจารย์ โดยการสัมภาษณ์ เพื่อให้ทราบถึงความต้องการของผู้ใช้ระบบ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือประชาชนศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทั้งหมด จำนวน 711 คน โดยมีขั้นตอน ดังนี้การกำหนดขนาด กลุ่มตัวอย่างคำนวณจากสูตรของ ทาโร ยามาเน่ (Taro Yamane, 1967 อ้างถึงใน ธานินทร์, 2549,) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้ความคลาดเคลื่อนในการสุ่ม 5% ดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

N = ขนาดประชากร

e = ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการสุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดเป็น .05

สามารถ คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างได้ ดังนี้

$$n = \frac{711}{1+711*0.05^2}$$

n = 256 คน

การศึกษาครั้งนี้ประชากรกลุ่มเป้าหมายที่เป็นประชาชนศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทั้งหมด จำนวน 711 คน ได้จำนวน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 256 คน

2. วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาหลักการ ทฤษฎี เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างเครื่องมือการ วิจัยเพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการในการพัฒนาระบบ

2. สัมภาษณ์อาจารย์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการและการดำเนินงานภายในคลินิกรวมทั้งเก็บรวบรวมข้อมูล จากแบบฟอร์มข้อมูลต่าง ๆ ภายในสาขา

3. วิเคราะห์แปลผลข้อมูลจากการสัมภาษณ์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ

4. ออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต มีดำเนินการตามวงจรการพัฒนาระบบแบบ SDLC (System Development Life Cycle) (โอภาส, 2549) ทำการออกแบบระบบโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD: Data Flow Diagram) พัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ด้วยภาษา PHP และใช้ MySQL เป็นระบบการจัดการฐานข้อมูล

5. ทดสอบระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่ากับทางสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงาน

6. ทำการแก้ไขและปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์

7. ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบโดยใช้ระบบโดยใช้แบบสอบถามเพื่อถามความคิดเห็นด้านความพึงพอใจ ซึ่งแบ่ง แบบสอบถามเป็น 3 ด้าน ใช้เกณฑ์การแปลความหมายตามแนวคิดของบุญชม (2545) จำนวน 11 ข้อ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

8. สถิติที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์คือ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อวิเคราะห์ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ที่มีต่อระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับเกณฑ์ดังนี้

ค่าอยู่ระหว่าง 4.50 ถึง 5.00 หมายถึง ดีมาก

ค่าอยู่ระหว่าง 3.50 ถึง 4.49 หมายถึง ดี

ค่าอยู่ระหว่าง 2.50 ถึง 3.49 หมายถึง ปานกลาง

ค่าอยู่ระหว่าง 1.50 ถึง 2.49 หมายถึง น้อย

ค่าอยู่ระหว่าง 1.00 ถึง 1.49 หมายถึง น้อยที่สุด

9. จัดทำเอกสารรายงานการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยแจกแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จำนวน 256 ชุด ตามจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาที่คำนวณได้

2. ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ของการตอบในแบบสอบถาม จากการ รวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ที่มีการตอบอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด จำนวน 256 ชุด คิดเป็น 100% ของแบบสอบถามทั้งหมด

3. นำข้อมูลที่ได้ในการตอบแบบสอบถามที่ถูกต้องมาลงรหัสเพื่อประมวลผลข้อมูล โดยโปรแกรมสำเร็จรูป หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

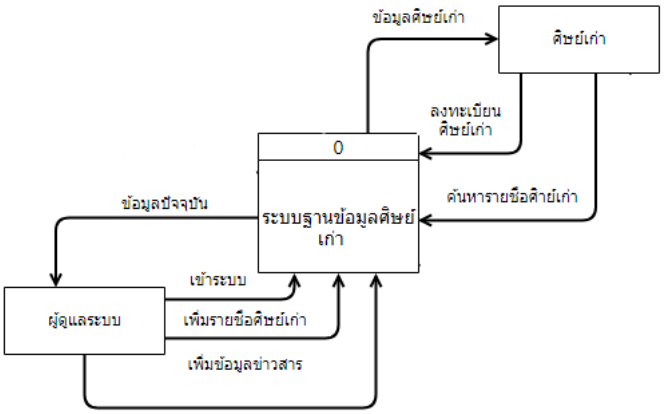
1. ผลการวิเคราะห์จากแบบสอบถาม จากการรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 2 ด้าน โดยข้อมูลเชิงสรุปปรากฏว่า

- ด้าน Function Requirement Test ปรากฏว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความต้องการโดยภาพรวมใน ระดับดี โดยอันดับสูงสุดของความต้องการด้าน Function Requirement Test คือ ระบบสามารถแสดงผล ข้อมูลต่าง ๆ ได้ถูกต้อง ช่วยในการจัดเก็บข้อมูลได้ดีและถูกต้องและผลลัพธ์ที่ได้จากการสืบค้นข้อมูลมีความ ถูกต้อง เช่น สืบค้นหาจาก รหัสนักศึกษาหรือชื่อนักศึกษาที่เป็นศิษย์เก่าได้

- ด้าน Usability Test โดยภาพรวมในระดับดี อันดับแรกของความคิดเห็นด้าน Usability Test ที่มี ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นมาก ได้แก่ คำอธิบายมีความง่ายต่อความเข้าใจของผู้ใช้งาน แบบอักษรที่ใช้อ่านง่ายและ เหมาะสม มีคำอธิบายในการใช้งานอย่างชัดเจน ใช้งานระบบได้ง่าย และมีความรวดเร็วในการทำงาน

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

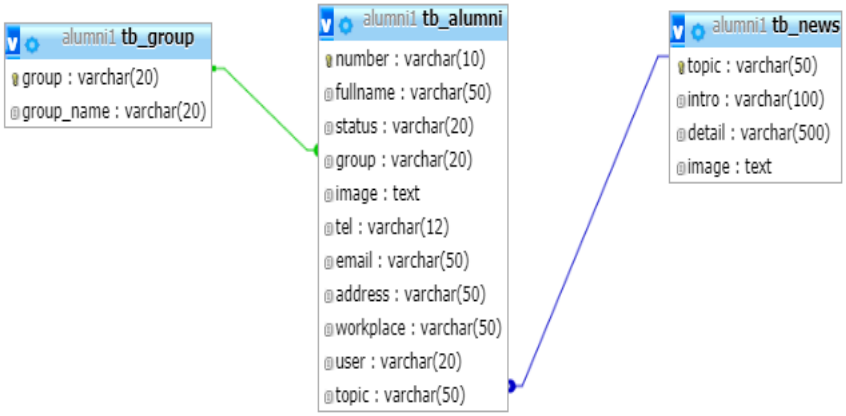
2.1 กระบวนการของระบบการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มีการออกแบบระบบ โดยใช้แบบแผนการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามแนวทาง SDLC (System Development Life Cycle) (โอภาส, 2549) ดังแสดง (ภาพที่ 1, และ 2)



ภาพที่ 1 Context Diagram

มีขั้นตอนการทำงานของระบบตามภาพที่แสดงดังนี้

1. ผู้ดูแลระบบทำการ login เข้าระบบทำการสมัครสมาชิกให้ผู้ใช้งานและนำรหัสให้ผู้ใช้งาน
2. ผู้ใช้งานทำการ login เข้าสู่ระบบ
3. ผู้ใช้งานสามารถดูข้อมูลศิษย์เก่าข้อมูล และข่าวสาร
4. ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลข่าวสารได้
5. ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบผลการป้อนข้อมูลข่าวสารได้
6. ผู้ใช้งาน logout ออกจากระบบ
7. ข้อมูลจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูล



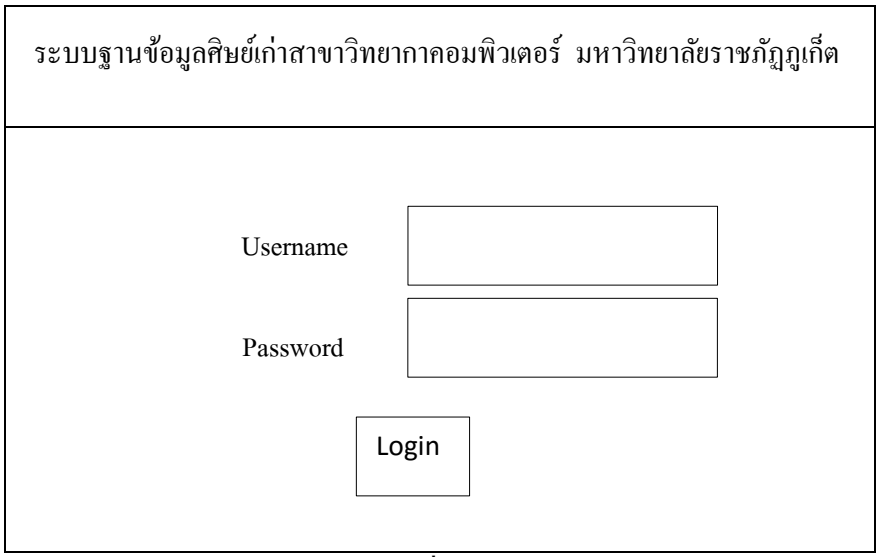
ภาพที่ 2 Data Relation

ระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จะประกอบด้วยกระบวนการทำงานดังนี้

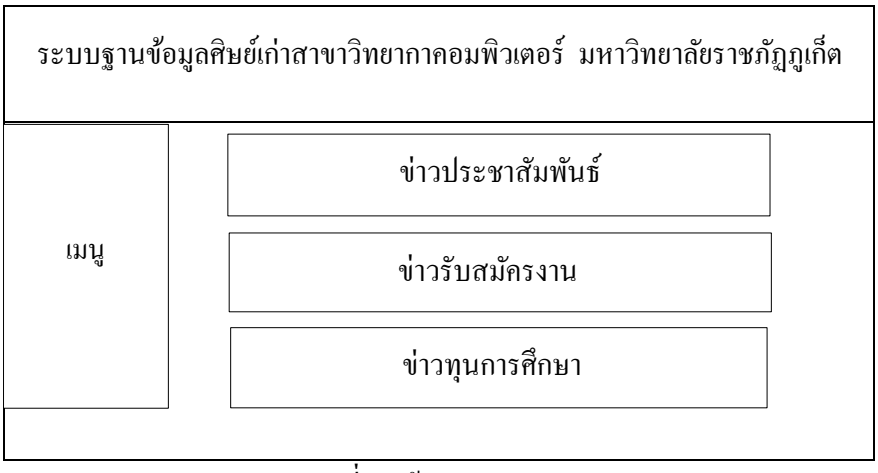
- การจัดการข้อมูลศิษย์เก่า กระบวนการนี้ประกอบไปด้วย การเพิ่ม ลบ แก้ไข แสดงข้อมูลศิษย์เก่า รวมทั้งสามารถค้นหาข้อมูลศิษย์เก่าจากชื่อรหัสนักศึกษา ชื่อศิษย์เก่าได้

- การจัดการข้อมูลข่าวสาร กระบวนการนี้จะประกอบไปด้วย การเพิ่ม ลบ แก้ไข ค้นหา ข้อมูลการข่าวสารและแสดงข่าวสาร

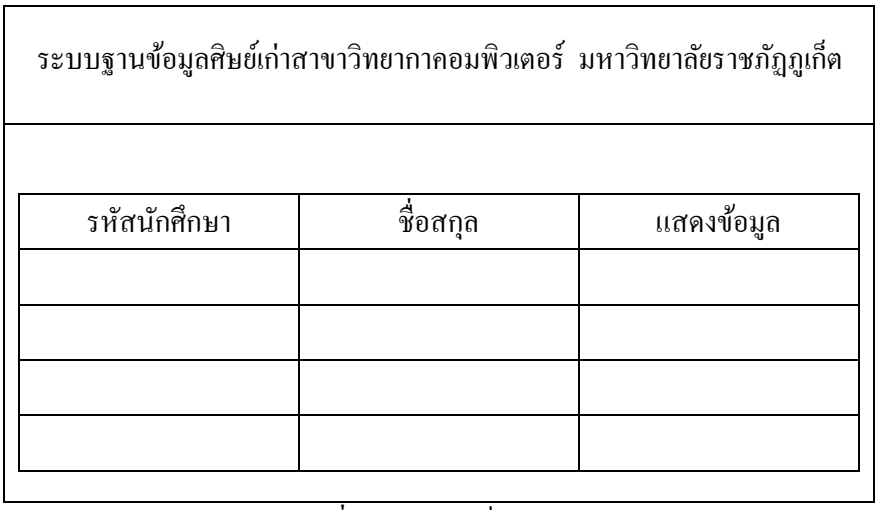
2.2 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อสนับสนุนการทำงานของผู้ใช้ระบบ สามารถแสดงได้ ภาพที่ 3 - ภาพที่ 5



ภาพที่ 3 หน้า Login



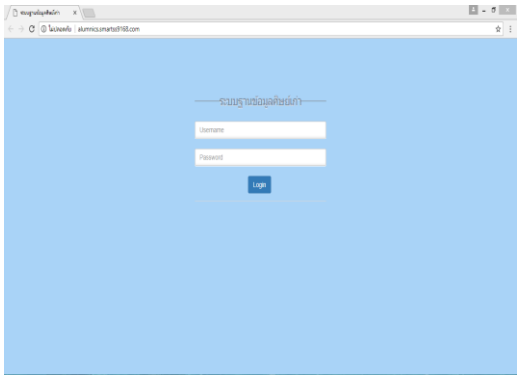
ภาพที่ 4 หน้าแรกของระบบ



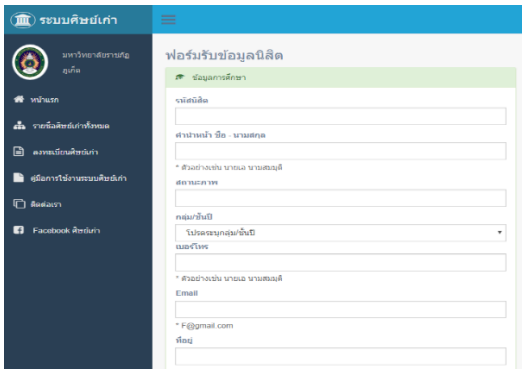
ภาพที่ 5 หน้าจอรายชื่อศิษย์เก่า

ผลการวิจัย

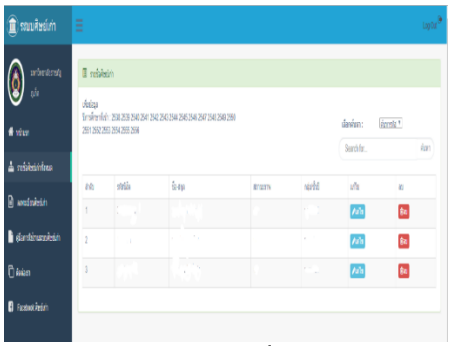
1.ผลการพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัย สามารถนำไปใช้เก็บฐานข้อมูลศิษย์เก่าได้จริง



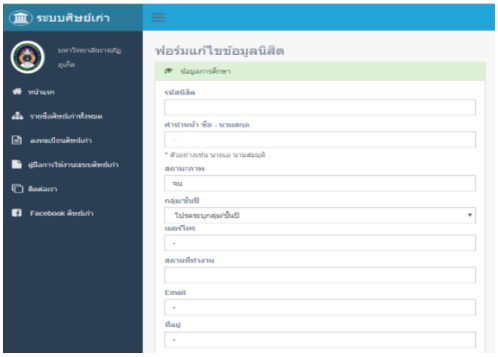
ภาพที่ 6 แสดงหน้า Login



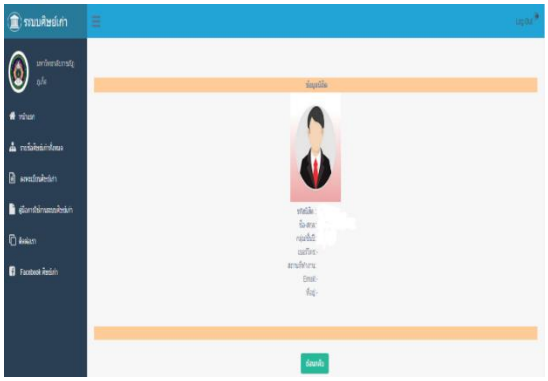
ภาพที่ 7 แสดงการเพิ่มข้อมูลศิษย์เก่า



ภาพที่ 8 แสดงรายชื่อศิษย์เก่า



ภาพที่ 9 ฟอร์มแก้ไขข้อมูลนิสิต

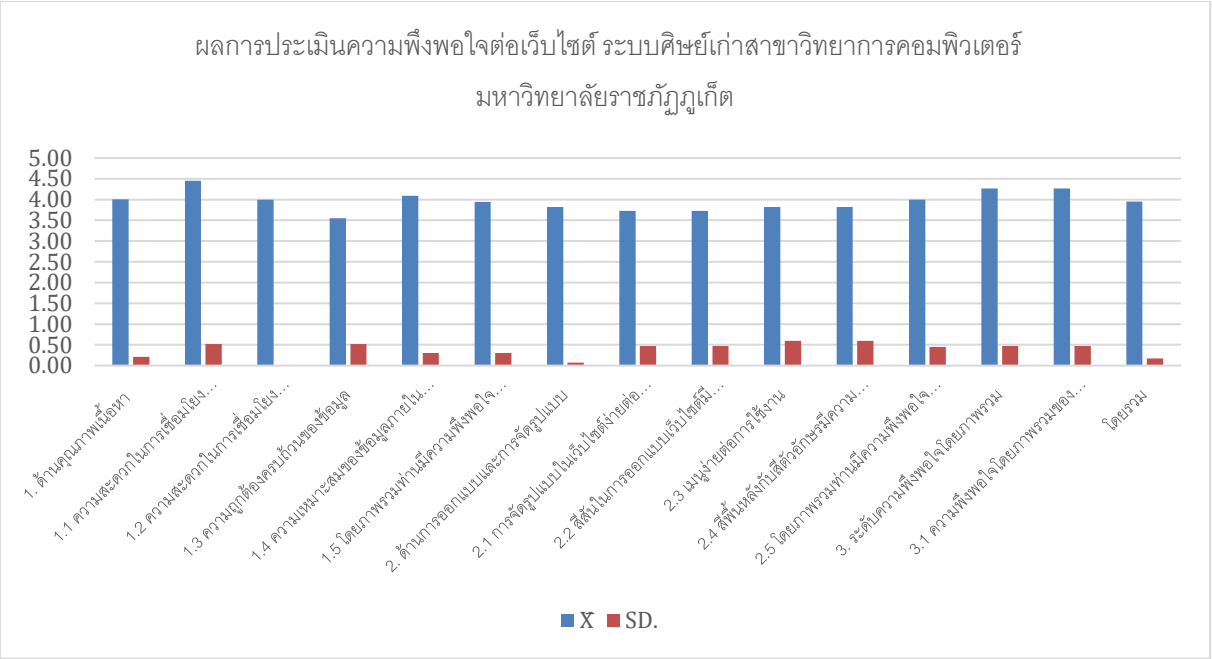


ภาพที่ 10 รายละเอียดข้อมูลของนิสิต

จากภาพที่ 6-10 ระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่พัฒนาขึ้น ส่วนประกอบสำหรับการใช้งาน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนหน้าบ้าน (Front end) เป็นส่วนสำหรับให้ผู้ใช้งานได้ท่องเว็บเพื่อศึกษาข้อมูลหรือข่าวสารต่าง ๆ และส่วนที่ 2 เป็นส่วนหลังบ้าน (Back end) สำหรับผู้ดูแลระบบ จะดำเนินการปรับปรุงข้อมูล เพื่อแก้ไขรายการต่าง ๆ ให้เป็นปัจจุบันและสอดคล้องกับความต้องการ

ผลการศึกษาความพึงพอใจ

ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ผู้วิจัยให้กลุ่มเป้าหมายทดลองใช้ และดำเนินการวัดความพึงพอใจ ผลการวิเคราะห์ดังแสดงภาพที่ 11 และ ตารางที่ 1



ภาพที่ 9 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อเว็บไซต์ ระบบศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านคุณภาพเนื้อหา	**4.01**	**0.21**	**ดี**
1.1 ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.45	0.52	ดี
1.2 ความสะดวกในการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังเว็บไซต์อื่น	4.00	0.00	ดี
1.3 ความถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล	3.55	0.52	ดี
1.4 ความเหมาะสมของข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.09	0.30	ดี
1.5 โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในคุณภาพของเนื้อหาระดับใด	3.94	0.30	ดี
2. ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบ	**3.82**	**0.08**	**ดี**
2.1 การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน	3.73	0.47	ดี
2.2 สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มีความเหมาะสม	3.73	0.47	ดี
2.3 เมนูง่ายต่อการใช้งาน	3.82	0.60	ดี
2.4 สีพื้นหลังกับสีตัวอักษรมีความเหมาะสมต่อการอ่าน	3.82	0.60	ดี
2.5 โดยภาพรวมท่านมีความพึงพอใจในการออกแบบเว็บไซต์ในระดับใด	4.00	0.45	ดี
3. ระดับความพึงพอใจโดยภาพรวม	**4.27**	**0.47**	**ดี**
3.1 ความพึงพอใจโดยภาพรวมของเว็บไซต์ ระบบศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์	4.27	0.47	ดี
โดยรวม	**3.95**	**0.17**	**ดี**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผู้ใช้บริการระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 3.95 ซึ่งด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ ด้านระดับความพึงพอใจโดย ภาพรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.27 รองลงมาได้แก่ ด้านคุณภาพเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.01 ส่วนด้านที่มี ค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ ด้านการออกแบบและการจัดรูปแบบ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.82

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาและพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต โดยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

การศึกษาและพัฒนาระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จากการศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำรวจข้อมูลแบบฟอร์มต่าง ๆ ที่สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ได้ใช้เก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จาก การศึกษาข้างต้นมาทำการวิเคราะห์และพัฒนาระบบเพื่อช่วยในการลดความ ยุ่งยากในการค้นหาข้อมูลศิษย์เก่า ข้อมูลข่าวสาร ช่วยลดส่วนของเอกสารที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลได้เพราะว่าบางครั้งข้อมูลอาจมีความสูญหายจากการฉีกขาดของเอกสาร หลังจากได้นำระบบไปทำการประเมินผลแล้ว ระบบงานสามารถนำไปใช้จริง สะดวกสำหรับการใช้งาน ทำให้เกิดความรวดเร็วสามารถตรวจสอบข้อมูลประมาณได้ง่ายขึ้นกว่าเดิมเมื่อมีระบบงานนี้เพิ่มขึ้นมา ซึ่งระบบงานที่พัฒนาออกมานั้นโดยมีการจัดการทำงานดังต่อไปนี้ผู้ดูแลระบบสามารถจัดการในส่วนของข้อมูลศิษย์เก่า ข้อมูลข่าวสาร ทุกส่วนสามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไขค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ได้รวมทั้งแสดงข้อมูลรายละเอียดศิษย์เก่า

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลศิษย์เก่าสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เป็นระบบฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้นมาในระยะที่ 1 หากจะนำไปใช้งานควรมีการพัฒนาเพิ่มให้สามารถใช้งานได้ครอบคลุมมากกว่านี้ เช่น การสำรวจความพึงพอใจหรือสภาวะการมีงานทำผ่านเว็บไซต์ได้ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำการให้คำปรึกษาให้กำลังใจและคอยกำกับ ดูแล จากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ หลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้จัดทำขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการและในหลักสูตรที่คอยให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจเสมอมาในการทำงานและสร้างความคึกครื้นบ้างบางครั้งบางคราว และต้องขอขอบคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตคือ บิดา มารดาและบุคคลในครอบครัว อันเป็นที่เคารพรักซึ่งได้เลี้ยงดูคอยสั่งสอนผู้จัดทำมาเป็นอย่างดีพร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่และยังให้กำลังใจความรักเสมอมาผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย สุดท้ายนี้คุณค่าและประโยชน์ที่ได้มาจากโครงการวิจัย ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

ณัฐวุฒิ เหล่าแสงศรี. 2558. ระบบฐานข้อมูลศิษย์เก่า. [บทสัมภาษณ์]. 9 กุมภาพันธ์ 2558.

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **การวิจัยเบื้องต้น.** สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

อุดม วงค์สุภา. 2558. ประวัติและความเป็นมาของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ. [บทสัมภาษณ์]. 8 กุมภาพันธ์ 2558

โอภาส เอี่ยวสิริวงศ์. 2549. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ **(System Analysis and Design)** ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม. ซีเอ็ดยูเคชัน, กรุงเทพฯ.

การศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาดูโนสำหรับแจ้งเตือนภัย

Study to apply Adruino Program for Alarm Application

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์[1*] วริศ จิตต์ธรรม[1] และ อภิสิทธิ์ ทองดี[1]

Kittisak Srisawas[1*] Varis Jittum[1] and Apisit Thongdee[1]

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้ศึกษาการสร้างชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโนด้วยระบบไร้สายผ่านแอพลิเคชั่นไลน์เพื่อนำมาใช้เตือนการเข้า-ออกบริเวณบันไดหนีไฟของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร ล้านนา พิษณุโลก ซึ่งปัจจุบันนักศึกษาสามารถเข้า-ออกในช่วงนอกเวลาราชการได้อย่างอิสระหรือมีการลืมเปิดข้างไว้ทำให้ระดับการรักษาความปลอดภัยน้อยลง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาดูโนมาปรับใช้ในการสร้าระบบแจ้งเตือน โดยการศึกษาได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน จากผลการทดลองสมรรถนะที่ได้ ส่วนที่ 1 พบว่าการส่งสัญญาณสามารถแจ้งเตือนสำเร็จในระดับมากกว่าร้อยละ 80 โดยมีข้อจำกัดในด้านเสถียรภาพของระบบอินเตอร์เน็ต ส่วนที่ 2 มีการทดสอบสมรรถนะจากตัวอย่างจำนวน 50 คน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะการตรวจจับ ผลที่ได้พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีความสูงต่ำกว่า 164 ซม. มีระยะตรวจจับระหว่าง 36-40 ซม. กลุ่มที่มีความสูงระหว่าง 165-169 ซม. มีระยะตรวจจับระหว่าง 31-35 ซม. กลุ่มที่มีความสูงระหว่าง 170-174 ซม. มีระยะตรวจจับระหว่าง 26-30 ซม. กลุ่มที่มีความสูงระหว่าง 175-179 ซม. มีระยะตรวจจับระหว่าง 21-25 ซม. และกลุ่มที่มีความสูงตั้งแต่ 180 ซม. ขึ้นไปมีระยะตรวจจับระหว่าง 16-20 ซม. จากผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปให้เห็นว่าชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโนมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ และการความสูงมีผลต่อระยะการตรวจจับ

คำสำคัญ : อาดูโน่, แอพพลิเคชั่น, ตรวจจับ

ABSTRACT

Researcher is studied to apply arduino program with signal alarm on application and alert Line. This test set is designed to detected personal which through fire escape door at engineering building RMUTL phitsanulok campus. Performance of testing is divided 2 parts. Result of testing is shown performance. Part 1 founded to success of message more than 80 %. However, this result of performance testing are limited to the stability of the internet system. Part 2: founded to success of detected by sensor with 50 personal. The testing is found a relationship between height and distance of detected object. Result of performance testing divided into detective object. Group of height less than 164 cm had distance between 36-40 cm. Group of height between 165-169 cm had distance between 31-35 cm. Group of height between 170-174 cm had distance between 26-30 cm. Group of height between 175-179 cm had distance between 21-25 cm. Group of height more than 180 cm had distance between 16-20 cm. The total result is shown: the operation was acceptable for application and height level had affect to detector.

Keywords: arduino, application, detector

---

[1] สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Bankrang, Muang Phitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kittisakd_s@rmutl.ac.th

บทนำ

ความปลอดภัย เป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนต้องการนอกเหนือไปจากความต้องการทางด้านปัจจัยสี่ ความปลอดภัยที่มนุษย์ต้องการอาจมีความแตกต่างกันออกไป บ้างกังวลในความปลอดภัยด้านสุขภาพและชีวิต ในขณะที่มนุษย์บางคนอาจกังวลถึงความปลอดภัยในด้านทรัพย์สิน แต่สิ่งที่มนุษย์ส่วนใหญ่เห็นพ้องต้องกันและยอมรับว่าเป็นความมั่นคงปลอดภัยพื้นฐานที่มนุษย์ทุกคนต้องการนั่นก็คือความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ทรัพย์สินอาจจะมีหลายประเภทแตกต่างกันออกไป แต่หนึ่งในบรรดาทรัพย์สินที่อาจถือได้ว่ามีค่าที่สุดและผูกพันกับชีวิตความเป็นอยู่ของแต่ละคนในครอบครัวก็คือบ้านและทรัพย์สินต่างๆภายในบ้าน เนื่องจากสภาพความเป็นอยู่ของคนในสังคมปัจจุบัน มีความกดดันทางด้านเศรษฐกิจและสภาวะความเป็นอยู่สูง ปัญหาทางด้านสังคมและภัยอันตรายจากโจรผู้ร้ายจึงมีสูงตามไปด้วย ผู้คนจำนวนมากจึงเริ่มให้ความสำคัญและหาทางป้องกัน หรือหลีกเลี่ยงต่อภัยอันตรายดังกล่าวด้วยเหตุนี้เอง สัญญาณกันขโมยจึงเริ่มเข้ามามีบทบาทในการปกป้องชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัยในบ้านจากบรรดาโจรผู้ร้ายหรืออย่างน้อย ก็เพิ่มความอบอุ่นใจให้แก่ผู้ใช้ได้ เพราะถึงแม้ว่าการติดตั้งสัญญาณกันขโมย จะไม่สามารถรับประกันความปลอดภัยได้เต็มที่แต่ก็สามารถที่จะทำให้โจรผู้ร้าย ต้องใช้ความพยายามมากขึ้นและลดความเสี่ยงได้ระดับหนึ่ง

ชุดเตือนภัย เป็นอุปกรณ์ป้องกันภัยที่จะส่งสัญญาณในรูปแบบของเสียงหรือรูปแบบแบบอื่นๆเมื่อมีผู้บุกรุก สามารถแบ่งชนิดตามระบบของการทำงานออกได้เป็น 2 ระบบ คือระบบใช้สายไฟและระบบไร้สาย เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการตรวจจับสิ่งผิดปกติ ที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่างๆ และส่งสัญญาณไปยัง เครื่องรับสัญญาณหรือเครื่องควบคุม เพื่อทำการเตือนภัยโดยมีอุปกรณ์พื้นฐาน ที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ สวิตช์แม่เหล็กซึ่งจะติดตั้งบริเวณประตูหรือหน้าต่าง เมื่อเวลาประตูหรือหน้าต่างถูกงัดหรือเปิดออกสัญญาณก็จะดังขึ้น อุปกรณ์ป้องกันการทุบกระจก ซึ่งจะติดตั้งกับกระจกประตูหรือหน้าต่าง การทำงานจะอาศัยการตรวจจับความสั่นสะเทือนเมื่อมีการทุบหรือกรีดกระจกสัญญาณก็จะดังขึ้น เครื่องตรวจจับด้วยแสงอินฟราเรดซึ่งจะติดตั้งในบริเวณห้อง การทำงานจะอาศัยการตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ตัดผ่านลำแสงที่เกิดขึ้นในบริเวณห้องนั้น นอกจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณพื้นฐานดังกล่าวแล้ว ยังมีการนำเอาอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณชนิดอื่น เข้ามาใช้ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในด้านอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการ

การศึกษานี้เป็นการนำความรู้และเทคโนโลยีการใช้อาดูโน่เข้ามาปรับใช้กับการการสร้างเครื่องตรวจจับการเข้า-ออกของผู้ใช้ประตูทางหนีไฟของของอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งปัจจุบันสามารถเปิดเข้า-ออกได้อย่างอิสระทำให้การรักษาความปลอดภัยด้านทรัพย์สินค่อนข้างจำกัดในช่วงนอกเวลาราชการ ผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดในการสร้างชุดเตือนภัยเพื่อนำมาติดตั้ง ณ บริเวณดังกล่าวโดยแสดงผลการแจ้งเตือนผ่านระบบแอพลิเคชั่นไลน์

ระบบเตือนภัยแบบใช้สายไฟโดยทั่วไป ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก มีความยุ่งยากในการดูแลรักษา ไม่สามารถแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือได้ ไม่ตอบโจทย์ความทันสมัยในยุคปัจจุบัน จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้จึงพัฒนาชุดเตือนภัยควบคุมโดยนำโปรแกรมอาดูโนเข้ามาเพื่อแก้ปัญหายุ่งยากและซับซ้อนในการเดินสายไฟเชื่อมต่อ ประหยัดพื้นที่การติดตั้ง บำรุงรักษาได้ง่าย สามารถแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือและมีความแม่นยำในการแจ้งเตือนสูง จากการศึกษางานวิจัยหรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและวิจัยนี้พบว่า

สมเกียรติ บุญรอดดิษฐ์และคณะ ได้นำเสนอระบบสัญญาณกันขโมยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นการส่งเสียงดัง เตือนเมื่อมีผู้บุกรุก แต่ด้วยสังคมที่วุ่นวายในปัจจุบันทำให้เสียงของสัญญาณกันขโมยไม่มีความน่าสนใจหรือบางครั้ง เจ้าของรถยนต์อาจจะไม่ได้ยินเสียงของสัญญาณที่ดังขึ้นเนื่องจากจอดรถไว้ไกล ทำให้มิจฉาชีพใช้โอกาสดังกล่าวในการ โจรกรรมรถยนต์ได้สำเร็จ ประกอบกับเทคโนโลยีการส่งข้อความของโทรศัพท์มือถือนั้น มีค่าใช้จ่ายถูกลงและมีการใช้งานกันมากในชีวิตประจำวันของคนทั่วไป จึงได้เกิดเป็นการพัฒนาระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ผ่าน โทรศัพท์มือถือด้วยข้อความสั้นขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบเตือนภัยของรถยนต์โดยระบบฯ นี้สามารถส่ง ข้อความสั้นไปยังโทรศัพท์มือถือของ

เจ้าของรถยนต์ได้ในทันที โดยที่อุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวที่ติด ตั้งอยู่ในภายในรถสามารถตรวจจับการโจรกรรมหรือการบุกรุกรถยนต์ได้ ผลการทดสอบวิธีการบุกรุกต่างๆ เช่น การทุบกระจก การเปิดประตูรถยนต์ การเอื้อมมือเข้าไปในรถหรือการเข้าไปภายในส่วนหน้าของรถยนต์ ระบบสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด โดยจะส่งข้อความไปยังโทรศัพท์ของเจ้าของรถยนต์

อภิไธย และคณะได้นำเสนอการพัฒนาระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย ซึ่งมีอุปกรณ์การทำงานของระบบเตือนภัยที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนเครื่องตรวจจับที่ใช้ตัวตรวจจับการเคลื่อนไหวแบบพาสซีฟอินฟราเรด จะทำการตรวจจับค่าอุณหภูมิของรังสีอินฟราเรดที่แตกต่างกันเมื่อมีการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต และส่งข้อมูลทางรีโมทคอนโทรล ส่วนเครื่องควบคุมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-1 ทำหน้าที่คอยตรวจรับข้อมูลจากรีโมทคอนโทรล ทำงานแจ้งเหตุผ่านทางโทรศัพท์และหน่วงเวลาเสียงเตือนภัย ตามโปรแกรมที่บรรจุไว้ การหาสมรรถนะโดยการทดลองการทำงานของชุดอุปกรณ์ระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย พบว่าสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหว แนวนอน ความกว้างของมุม 110 องศา ได้ระยะการตรวจจับสูงสุด 10 เมตร การตรวจจับการเคลื่อนไหว แนวตั้ง ความกว้างของมุม 93 องศา ได้ระยะการตรวจจับสูงสุด 10 เมตร สมรรถนะการทำงานของระบบเตือนภัยที่ปรับระยะติดตั้งระหว่างเครื่องตรวจจับกับเครื่องควบคุมได้ทุกระยะ 1 – 15 เมตร กำหนดระยะเวลาหน่วงของเสียงเตือนภัยทุกระยะ 1 – 15 นาที การแจ้งเหตุผ่านทางโทรศัพท์เมื่อมีผู้บุกรุก การประเมินลักษณะทางกายภาพของระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ในด้านลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย อยู่ในระดับดี ด้านลักษณะการใช้งานระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย อยู่ในระดับดี ด้านลักษณะการพรางตาระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย อยู่ในระดับดี และด้านลักษณะการบำรุงรักษาระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย อยู่ในระดับดี ลักษณะทางกายภาพในภาพรวม อยู่ในระดับดี

เดโช เพ็งเหล็ง และคณะ ได้นำเสนอการสร้างระบบรักษาความปลอดภัยบ้านพักอาศัยด้วยการติดตั้งชุดตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุตามจุดที่เหมาะสม เพื่อแจ้งเตือนการบุกรุกให้ทราบผ่านระบบเครือข่ายไปยังสถานีตำรวจ หรือปลายทางเป้าหมาย ซึ่งเป็นศูนย์รักษาความปลอดภัย ที่เก็บรายละเอียดข้อมูลโดยการสมัครสมาชิกบ้านพักอาศัยไว้ในระบบฐานข้อมูล แล้วแสดงผลเป็นแผนที่ตั้งตำแหน่งบ้านเวลาเกิดเหตุ

กันตภณ ได้นำเสนอระบบป้องกันการบุกรุกภายในอาคารที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมแสดง สถานการณ์ทำงานแต่ละจุดนี้เป็นสิ่งที่ช่วยพิทักษ์รักษาความปลอดภัยของทรัพย์สิน และผู้อยู่อาศัย ภายบ้านหรือภายในอาคารสถานที่นั้น การที่จะให้คนหรือญาติมาอยู่เฝ้าบ้านดูแลให้นั้น บางครั้งคนเราอาจมีการเหนื่อยล้าเกิดขึ้นได้และอีกอย่างเราต้องจ้างคนที่ไว้ใจให้มาเฝ้าในราคาที่สูงแต่ถ้า เมื่อนำเอาระบบนี้มาใช้จะเป็นประโยชน์และเพิ่มความสะดวกในการตรวจสอบผู้บุกรุกให้เรามากยิ่งขึ้น เพราะสามารถตรวจ สอบผู้บุกรุกได้ตลอด 24 ชั่วโมง พร้อมทั้งตรวจสอบได้ว่าสาย สัญญาณใดมีปัญหาเกิดขึ้นที่ใดบ้าง

ผลที่ได้จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการรายงานผลผ่านระบบเครือข่ายโดยแสดงเป็นข้อความแจ้งเตือนไปยัง Application ในมือถือ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับอาจารย์ที่มีหน้าที่รับผิดชอบดูแลหรือพักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์หรือหน่วยงานรักษาความปลอดภัยที่จะสามารถเข้ามาดูแลและเข้าถึงตำแหน่งที่เกิดเหตุในช่วงนอกเวลาราชการได้อย่างรวดเร็ว

วิธีดำเนินการวิจัย

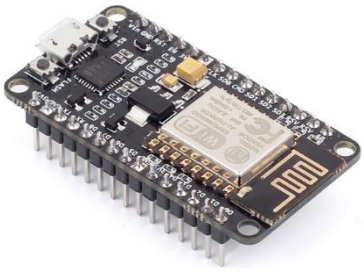
1. การศึกษาและการออกแบบ

ขั้นตอนในการศึกษาข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกที่จำเป็นต้องกระทำโดยการศึกษาในรายละเอียดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับตัวงานวิจัยเพื่อให้ได้แนวคิดเบื้องต้นของตัวงานวิจัยและแนวทางในการสร้างตัวชิ้นงานขึ้น ซึ่งจะขอกล่าวถึงลำดับขั้นตอนการศึกษาและออกแบบงานวิจัย ดังนี้

1) การเลือกใช้ Node MCU เลือกใช้รุ่น Node MCU V2 ESP8266 เนื่องจากมีช่องเสียบ Input และช่อง Output เพียงพอต่อการใช้งาน

คุณลักษณะ

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น NodeMCU V2 ESP8266
- แรงดันไฟฟ้าใช้งาน 3.3V
- ดิจิตอล I/O Pins54
- ช่องเสียบอนาล็อค Pins16
- แรงดันไฟฟ้าต่อ I/O Pin40 mA
- แรงดันไฟฟ้า for 3.3 V P_{in}50 mA
- หน่วยความจำ Flash ความจุ 32 Mbits
- ความเร็ว 4 Mbytes



ภาพที่ 1 ตัวอย่างรุ่น Node MCU V2 ESP8266

2) การเลือกใช้ Switching Power Supply เลือกแหล่งจ่ายไฟ ฉ แปลงไฟจาก 220 V เป็น 5 V ให้กระแส 600 mA 3 W ขนาดกะทัดรัด มีขาสำหรับบัดกรีติดแผ่นลายวงจร

คุณลักษณะ

- ยี่ห้อ Hi-Link
- พิกัดไฟฟ้า 100-240 V_{AC} / 6 A
- แรงดันไฟฟ้าเอ้าพุต 5 V_{DC}
- ขนาด 34×20×15 mm

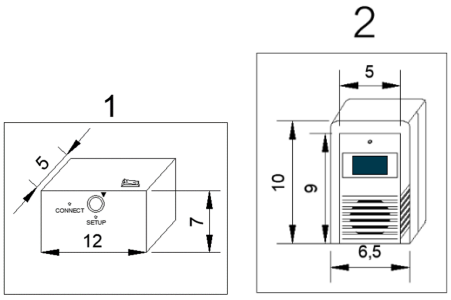


ภาพที่ 2 Switching Power Supply

2. ออกแบบลักษณะต่างๆของชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโน

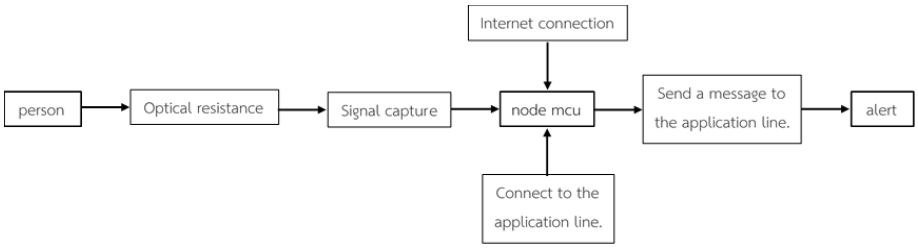
1) การเลือกใช้ Node MCU

เลือกใช้รุ่น Node MCU V2 ESP8266 เนื่องจากมีช่องเสียบ Input และช่อง Output เพียงพอต่อการใช้งาน



ภาพที่ 3 ชุดควบคุม(1) และจับสัญญาณ(2)

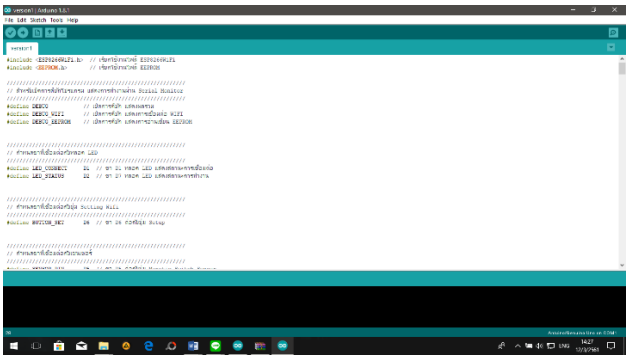
3. Flowchart Diagram การสั่งงานของโปรแกรม Arduino



ภาพที่ 4 ลำดับขั้นตอนการสั่งงานของโปรแกรม



ภาพที่ 5 ชุดควบคุม และจับสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 6 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมคำสั่ง

4 ขั้นตอนการดำเนินการสร้างชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโน

1) เตรียมอุปกรณ์เพื่อสร้างชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโน

2) จัดทำโครงสร้างและทำการติดตั้งอุปกรณ์

3) เขียนโปรแกรมคำสั่งบอร์ดอาดูโนเพื่อใช้ในการควบคุมชุดเตือนภัย

4) ทำการทดลองชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโนให้เตือนภัยได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ หากยังไม่สามารถทำงานได้ดีต้องมีการปรับปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมควบคุม

5) ประกอบชุดเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโน จากนั้นทดลองเก็บผล ซึ่งได้มีรวบรวมผลการทดลองส่วนประสิทธิภาพของโคมไฟ

6) บันทึกผลการทดลองและจัดทำเล่มปริญญานิพนธ์ให้ครบถ้วนสมบูรณ์

5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร กลุ่มตัวอย่างเพื่อการศึกษา คือนักศึกษาจำนวน 50 คน โดยมีส่วนสูงคละกัน

กลุ่มตัวอย่าง การทดลองแบ่งตามสวนสูงของกลุ่มประชากร ดำเนินการทดสอบด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบหาสมรรถนะของชุดทดลอง โดยพิจารณาด้านระยะการตรวจจับ เวลาในการตรวจจับ และการแสดงผลแจ้งเตือนผ่านระบบ Application Line

6 สมการที่ใช้ในการศึกษา

ร้อยละผลการทดสอบ

$$\text{ร้อยละผลการทดสอบ(ผ่าน)} = \frac{\text{จำนวนผู้เข้าทดสอบทั้งหมด-จำนวนผู้ไม่ผ่านการทดสอบ}}{\text{จำนวนผู้เข้าทดสอบทั้งหมด}} \times 100\%$$

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาจะพิจารณาสมรรถนะหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ได้แก่ ระยะการตรวจจับ ความเร็วในการตรวจจับ ความแม่นยำในการส่งสัญญาณเตือน

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างการทดลอง

ลำดับที่	ความสูงของตัวอย่างทดสอบ (cm)	จำนวนที่ทำการทดสอบ (คน)
1	163	7
2	165	7
3	166	7
4	168	9
5	170	8
6	172	4
7	175	4
8	176	2
9	178	2
10	180	1
รวม	-	50

ตารางที่ 2 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะการตรวจจับ

ลำดับที่	ความสูงของตัวอย่างทดสอบ (cm)	ระยะการตรวจจับ (cm)	ค่าเฉลี่ยระยะการตรวจจับ (cm)
1	163	37	37
2	165	35	35
3	166	34	34
4	168	32	32
5	170	30	30
6	172	28	28
7	175	25	25
8	176	24	24
9	178	22	22
10	180	20	20

จากตารางแสดงให้เห็นผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะตรวจจับกับความสูงของกลุ่มบุคคลที่ถูกนำมาทดสอบ โดยตัวอย่างที่ถูกนำมาทดสอบมีความสูงมากจะแปรผันแบบผกผันกับระยะการตรวจจับ ในทางกลับกัน

ตารางที่ 3 การทดสอบสมรรถนะในการตรวจจับ

ลำดับที่	ความสูงของตัวอย่างทดสอบ (cm)	จำนวนที่ทำการทดสอบ (คน)	ร้อยละผลการทดสอบ ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	163	7	100	-
2	165	7	85.71	14.29
3	166	7	100	-
4	168	9	88.89	11.11
5	170	8	87.5	12.5
6	172	4	100	-
7	175	4	75	25
8	176	2	100	-
9	178	2	100	-
10	180	1	100	-
เฉลี่ย	-	-	92.00	8.00

จากผลการทดสอบสมรรถนะการตรวจจับพบว่าชุดการทดสอบผ่านที่ร้อยละ 92 และมีความผอดพลาดเนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอในระหว่างการตรวจจับจำนวน 2 ครั้ง และการขัดข้องเนื่องจากสัญญาณอินเตอร์เน็ตจำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้ทดสอบไม่ผ่านจำนวน 4 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 8

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าชุดทดลองเตือนภัยควบคุมด้วยโปรแกรมอาดูโนด้วยระบบไร้สายผ่านแอพลิเคชั่นไลน์ที่สร้างสามารถใช้งานได้ ความสามารถในการตรวจจับวัตถุมีลักษณะแปรผันแบบผกผันกับขนาดของวัตถุ การทำงานในระหว่างการทดสอบมีสมรรถนะในการตรวจจับเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ ร้อยละ 92 โดยสามารถตรวจจับความสูงในช่วง 163-180 cm จากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่สนับสนุนด้านเครื่องมือและเครื่องวัด รวมถึงพื้นที่ในการใช้ศึกษาและทดลอง

เอกสารอ้างอิง

สมเกียรติ บุญรอดดิษฐ์ และ สมคิด สุขสวัสดิ์. 2556. ระบบเตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยข้อความสั้น. **วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ ครั้งที่ 5**: 612-618.

อธิไชย สงวนรัษฎ์ และคณะ. 2550. **การพัฒนาระบบเตือนภัยภายในที่พักอาศัย. วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา** 1(1) : 101-107

เดโช เพ็งเหล็ง, ปรีชา สมหวังและยุทธพงศ์ ทัพผดุง. **ระบบเตือนภัยอัจฉริยะสำหรับบ้านพักอาศัย**. บัณฑิตวิทยาลัย. แหล่งที่มา: http:// http://gsc.nmc.ac.th/th/article_details.php?id=8BCAG5, 1 มกราคม 2560.

การวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย

Analysis of Tourism Network of Central Provinces in Thailand

พรคิด อั้นขาว[1*]

Pornkid Unkaw[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม Gephi พบว่าการเดินทางด้วยรถยนต์หรือรถบัสนำเที่ยวที่มีเส้นทางเชื่อมต่อกันของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ทั้ง 22 จังหวัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Gephi ซึ่งมี Nodes : 22, Edges : 43 และเป็นกราฟชนิด Undirected Graph ได้ผลการวิเคราะห์สรุปโดยรวมว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่มีค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับจังหวัดใกล้เคียงมากที่สุด มีเส้นทางเชื่อมต่อเดินทางไปสถานที่ท่องเที่ยวต่าง ๆ ได้หลายจังหวัด จึงทำให้สามารถเดินทางท่องเที่ยวไปได้หลายจังหวัด และเมื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่มีโปรแกรมทัวร์เกี่ยวข้องกันของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ทั้ง 22 จังหวัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Gephi ซึ่งมี Nodes : 122, Edges : 145 และเป็นกราฟชนิด Undirected Graph ได้ผลการวิเคราะห์สรุปโดยรวมว่าจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นจังหวัดที่มีค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับสถานที่ท่องเที่ยวใกล้เคียงมากที่สุด ซึ่งเป็นจังหวัดที่นักท่องเที่ยวนิยมเลือกเป็นสถานที่ท่องเที่ยวต้นๆ ของโปรแกรมทัวร์ เพราะมีสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยว และเป็นศูนย์กลางที่สามารถเดินทางท่องเที่ยวไปได้หลายจังหวัด จึงสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปจัดทำแผนการพัฒนาการท่องเที่ยวของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลางได้

คำสำคัญ : เครือข่ายการท่องเที่ยว, การท่องเที่ยว

ABSTRACT

This study the purpose of this research is to study a network of tourism of the central provinces in Thailand by topological analysis. Using the Gephi program to find that the trip by car or tour bus connects each province in the central region. Either 22 provinces. When analyzed with Gephi, there are Nodes: 22, Edges: 43 and Undirected Graph. The results of the analysis concluded that Phranakhon Si Ayutthaya and Nakhon Sawan provinces are the provinces with the most significant relationships with the provinces. There are many routes connecting to various tourist attractions. It can travel to many provinces. And to study was conducted to analyze the tourist information of each province in the central region. Either 22 provinces. When analyzed with Gephi, there are Nodes: 122, Edges: 145 and Undirected Graph. The overall conclusion was that Bangkok is the province with the most influential relationships with the nearest tourist attractions. The province is a popular tourist destination of the tour. There are tourist attractions that are of interest. It is a center that can travel to many provinces. The data from the analysis can be used to develop the tourism development plan of each province in the central region.

Keywords : Tourism Network, Travel

---

[1] สาขาวิชาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เขตดุสิต จ.กรุงเทพมหานคร 10300

[1] Department of Information System, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok 10300

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pornkid.u@rmutp.ac.th

บทนำ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งและเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของการดำเนินงานทั้งภาครัฐ และเอกชน ซึ่งมีหลายโครงการที่ภาครัฐบาลได้ให้การสนับสนุนเพื่อจัดทำเป็นโครงการรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อผลักดัน และสนับสนุนให้หน่วยงานของรัฐมีการให้บริการต่างๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์ หรือบริการผ่านเว็บไซต์เพื่อให้สามารถบริการประชาชนได้อย่างทั่วถึง โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นเครื่องมือในการขับเคลื่อน เพื่อสร้างความโปร่งใสในการให้บริการแก่ประชาชนและภาคธุรกิจด้วยความเสมอภาค ภาครัฐได้จัดให้มีการบริการข้อมูล Online แก่สาธารณะ ทั้งนี้หากนำมาประยุกต์ใช้ช่วยในการประกอบการตัดสินใจในการเลือกสถานที่ท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวเพื่อให้เกิดความคุ้มค่า และได้รับผลประโยชน์สูงสุดในแต่ละด้าน ทั้งด้านนักท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยว สถานประกอบการ ชุมชนในแต่ละพื้นที่ ที่ให้บริการกับนักท่องเที่ยว ฯลฯ เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบเครือข่ายการท่องเที่ยวของประเทศไทย เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางที่จะให้ภาครัฐนำมาพัฒนาแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวให้มีความพร้อม สามารถให้บริการรองรับนักท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นที่ประทับใจของนักท่องเที่ยวต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกประเทศ เพราะในปัจจุบันนักท่องเที่ยวได้รับข้อมูลจากผู้ให้บริการนำเที่ยวเพียงด้านเดียว เนื่องจากบริษัทนำเที่ยวมีเครือข่ายนำเที่ยวเฉพาะกลุ่มของแต่ละบริษัท หากมีสถานที่ท่องเที่ยวใหม่ๆ เกิดขึ้น ก็จะสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เข้ามาท่องเที่ยวในขณะเดียวกันทั้งภาครัฐและเอกชน จะได้ร่วมกันพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวได้ตรงกับความต้องการของนักท่องเที่ยวมากที่สุด

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาและวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมทั้งชุมชนในบริเวณสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งมีเนื้อหาสอดคล้องกับการเรียนการสอนในรายวิชาระบบอินเตอร์เน็ตและอินทราเน็ต วิชาการสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นการพัฒนาการเรียน การสอน และความรู้ของนักศึกษา ทำให้เกิดการพัฒนาแนวความคิดให้ประยุกต์วิธีการทางด้านเครือข่าย โดยนำไปใช้กับระบบงานจริง

วัตถุประสงค์

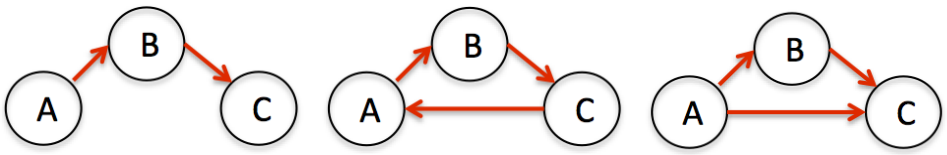
เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย

ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

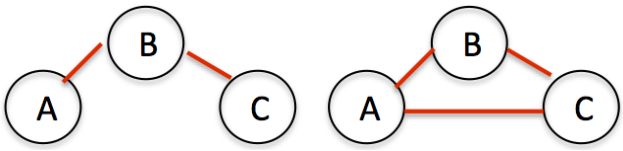
การหาค่าความสัมพันธ์ ค่าความสำคัญของสิ่งที่มีความสัมพันธ์ต่าง ๆ ด้วยทฤษฎีกราฟ (Graph Theory) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (เกษม, 2548) ซึ่งใช้สำหรับจำลองปัญหาด้วยแผนภาพที่ประกอบด้วยโหนด และเส้นที่เชื่อมระหว่างโหนด 2 โหนด โดยกราฟมีอยู่ 2 ชนิด คือ

.1Directed Graph เป็นกราฟที่มีการระบุทิศทาง คือ กราฟที่มีทิศทางการเชื่อมต่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง อย่างเช่น A->B คือ A จะเชื่อมต่อไปยัง B ได้เท่านั้นแต่ B จะเชื่อมต่อไปยัง A ไม่ได้ แสดงดังภาพที่ 1

.2Undirected Graph เป็นกราฟที่ไม่มีการระบุทิศทาง คือ กราฟที่ไม่มีทิศทางการเชื่อมต่อจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง อย่างเช่น A-B คือ A จะเชื่อมต่อไปยัง B ได้ และ B จะเชื่อมต่อไปยัง A ได้ (Boccaletti *et al*., 2006) แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 กราฟแบบ Directed Graph



ภาพที่ 2 กราฟแบบ Undirected Graph

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีกราฟร่วมกับการวิเคราะห์เครือข่ายสังคม)Social Network Analysis : SNA) มาประยุกต์ใช้เพื่อทำให้ทราบถึงลักษณะของเครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทยว่าอยู่ลักษณะรูปแบบใด โดยใช้ทฤษฎีดังต่อไปนี้

1. Betweenness Centrality คือ การวัดผลรวมของจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละคู่ของสมาชิกย่อย) Pair of Nodes) ในเครือข่ายที่เชื่อมต่อ (Cahalane *et al*., 2011) สมาชิกใดมีค่านี้สูงแสดงว่ามีความสำคัญมากในการเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างสมาชิกย่อยต่างๆ

2. Degree Centrality คือ การวัดจำนวน tie ของสมาชิก สามารถแบ่งออกเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1 เป็นความสัมพันธ์แบบไม่มีทิศทาง degree คือ จำนวน path ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับสมาชิกย่อยหนึ่ง ส่วนกรณีที่ 2 เป็นความสัมพันธ์แบบมีทิศทางโดยจะแบ่งออกเป็น in-degree และ out-degree

3 .Closeness Centrality คือ การวัดความใกล้ชิดของสมาชิกที่เชื่อมต่อกับสมาชิกอื่นในเครือข่าย หากมีความสัมพันธ์แบบมีทิศทางจะสามารถแบ่งค่านี้เป็น in-closeness และ out-closeness ถ้าสมาชิกใดมีค่าเข้าใกล้ แสดงว่า 1สมาชิกนั้นมีความใกล้ชิดกับสมาชิกย่อยอื่นในเครือข่ายมาก

4. Authority คือ การพิจารณาค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลของแต่ละสมาชิก

1. กรอบแนวคิดการวิจัย

โดยนำตัวแปรต่างๆ มาประยุกต์ใช้ให้เข้ากับกรอบแนวคิดของงานวิจัยนี้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองด้านการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว พบตัวแปรต่างๆ ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ดังนี้

- การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceive Ease of Use) หมายถึง ระดับความเชื่อของผู้ใช้ที่คาดหวังต่อระบบสารสนเทศที่มีการพัฒนาขึ้นและเป็นเป้าหมายจะใช้ ต้องมีความง่ายในการเรียนรู้ที่จะใช้งานและไม่ต้องใช้ความพยายามมาก (Davis, 1989) การรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีอิทธิพลทางตรงต่อการใช้ระบบและมีอิทธิพลทางอ้อมต่อการใช้ระบบโดยส่งผ่านการรับรู้ประโยชน์ (Davis *et al*., 1989)

- การรับรู้ประโยชน์ (Perceive Usefulness) หมายถึง การที่บุคคลรับรู้ว่าระบบสารสนเทศที่นำมาใช้นั้นก่อให้เกิดประโยชน์ และถ้าหากมีการใช้ระบบสารสนเทศที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งการรับรู้ประโยชน์มีอิทธิพลโดยตรงต่อความตั้งใจใช้ระบบสารสนเทศ (Jackson *et al*., 1997)

- อิทธิพลของสังคม (Social Influence) หมายถึง การกระทำโดยคนหนึ่งหรือหลายคนเพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือความคิดหรือความรู้สึกของคนอื่น (Fishbein and Ajzen, 1975)

- ทัศนคติที่มีต่อการใช้ (Attitude toward use) หมายถึง ทัศนคติของผู้ใช้ เป็นเจตนาที่เกิดขึ้นจากการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้ระบบ ซึ่งหากผู้ใช้ระบบรับรู้ว่าเทคโนโลยีนั้นมีประโยชน์หรือสามารถใช้งานได้ง่าย ก็จะทำให้ผู้ใช้เกิดทัศนคติที่ดีต่อระบบของเทคโนโลยีนั้น จึงส่งผลให้ที่จะใช้เทคโนโลยีนั้น (Ajjan and Fishbein, 1980)

- ความตั้งใจใช้ (Intention to use) หมายถึงความตั้งใจที่ผู้ใช้จะพยายามใช้งาน และความเป็นไปได้ที่ผู้ใช้ จะยอมรับและมีท่าทีที่จะใช้งานต่อไปในอนาคต

จากกรอบงานวิจัย จะวิเคราะห์เกี่ยวกับรายละเอียดดังต่อไปนี้

การบริหารและการจัดการการท่องเที่ยวเพื่อรองรับการรวมกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

1. การศึกษาและวิเคราะห์เพื่อจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อการเตรียมความพร้อมในการ เปิดตลาดการค้าและการลงทุน

1.1 การวิเคราะห์เศรษฐกิจเชิงมหภาค การวิเคราะห์ความได้เปรียบและการตั้งรับ เพื่อการ พัฒนาอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวไทย

1.2 การสร้างความเชื่อมั่นให้แก่นักท่องเที่ยวที่เดินทางมาท่องเที่ยวในประเทศไทย

1.3 การนำแนวคิดและแนวทางการพัฒนาไปสู่การปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวรูปแบบ ต่างๆ ในพื้นที่ที่มีศักยภาพ

2. การเตรียมความพร้อมของทรัพยากรมนุษย์แก่ภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว

3. ระบบห่วงโซ่อุปทานของการท่องเที่ยวระหว่างประเทศในอาเซียน

3.1 การวางแผนยุทธศาสตร์และการบริหารและการจัดการการท่องเที่ยวเชิงพื้นที่ ในขอบเขตด้านพื้นที่ที่สนับสนุน

3.2 การวิเคราะห์ทิศทางการไหลของนักท่องเที่ยว อุปสงค์และพฤติกรรมของนักท่องเที่ยว ในกลุ่มประเทศประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน เพื่อการพัฒนาอุปทานทางการท่องเที่ยว

3.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันด้วยห่วงโซ่อุปทานการท่องเที่ยวเพื่อรองรับการ รวมกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุษรา (2556) กล่าวถึงการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับเครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักศึกษา และความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักศึกษา โดยใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักศึกษามหาวิทยาลัยกรุงเทพจำนวน 400 คน ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามคณะ ผลการวิจัยพบว่า การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ประโยชน์ และอิทธิพลของสังคม มีอิทธิพลต่อทัศนคติที่มีต่อการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ และทัศนคติที่มีต่อการใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์มีอิทธิพลต่อความตั้งใจใช้เครือข่ายสังคมออนไลน์ ที่ระดับนัยสาคัญ 0.01 จากผลการวิจัยสถาบันการศึกษาสามารถนำเครือข่ายสังคมออนไลน์ไปใช้ประโยชน์ในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็ว นอกจากนี้อาจารย์ผู้สอนจะสามารถใช้เป็นช่องทางในการติดต่อสื่อสารกับนักศึกษาได้ง่ายขึ้น

ศิริเรือง และณัฐชุดา ได้ทำการศึกษาโดยใช้ทฤษฎี (2014)กราฟและการวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของเครือข่ายโครงการสหกิจ โดยใช้โปรแกรม Pajek เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยสามารถแสดงค่าได้ดังนี้ (1ค่า Degree centrality (DC) ที่มากที่สุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี DC = (2 72.0000ค่า Betweenness centrality (BC) โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี BC = (3 0.3586ค่า Closeness centrality (CC)โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และคณะวิศวกรรมศาสตร์ CC = และ 0.6159CC = 0.5602

สุภาพร และคณะ)2014) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเชื่อมต่อของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ กรณีศึกษาวิทยาลัยพณิชยการธนบุรี เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้การวิเคราะห์คุณสมบัติเครือข่ายด้วยทฤษฎีกราฟ)Graph Theory) เช่น Degree Centrality (DC) และ Betweenness Centrality (BC) ในการสร้างแบบจำลองเครือข่ายและวิเคราะห์เครือข่าย ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าห้องควบคุมระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อาคาร 7 และห้องปฏิบัติการอาคาร 8 เป็นจุดเชื่อมต่อที่สำคัญโดยพิจารณาจากห้องควบคุมระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์อาคาร 7 มีค่า DC = 89 และค่า BC = 0.7974 ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์อาคาร 8 มีค่า DC = 202 และค่า BC = 0.6107 ดังนั้น อาคาร 7 และอาคาร 8 จึงเป็นจุดเชื่อมต่อที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นจุดศูนย์กลางและจุดเชื่อม

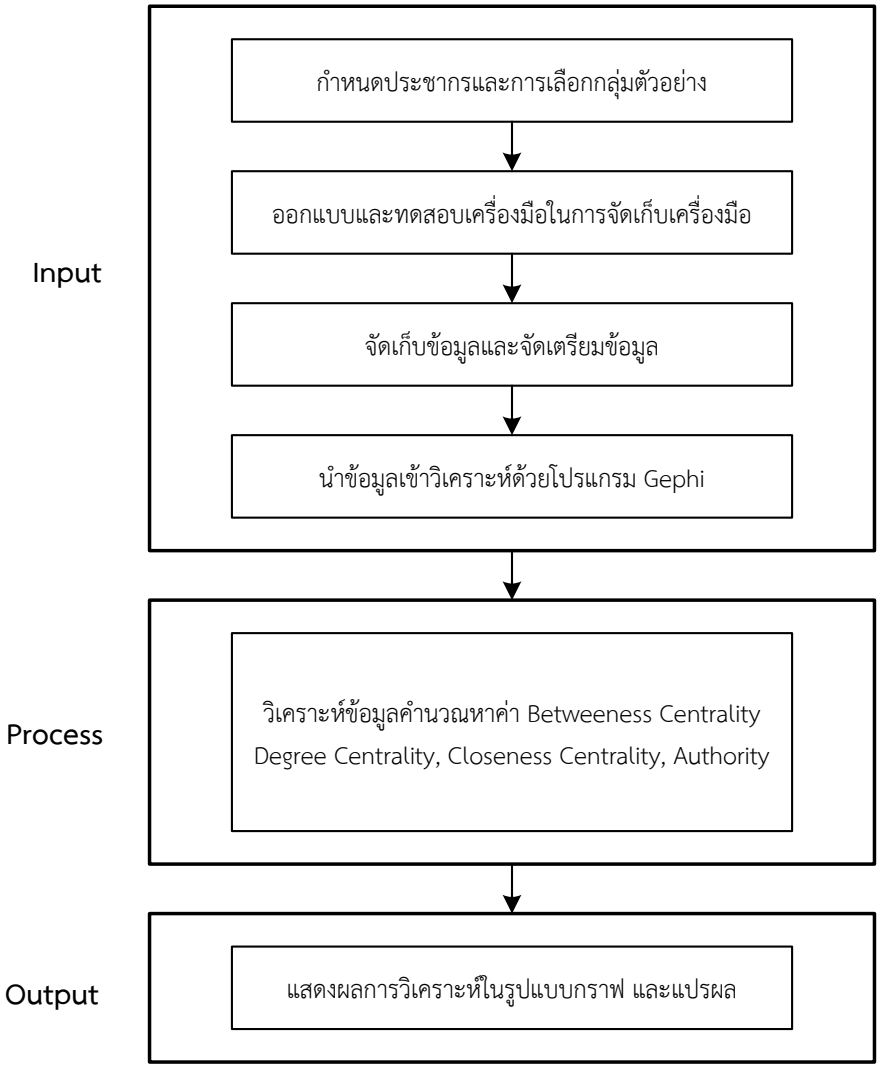
วิธีดำเนินงาน

ในการศึกษางานวิจัยมีความมุ่งหมายเพื่อทำการวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย ได้กำหนดข้อมูลในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งคือ ข้อมูลจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ส่วนที่สองคือข้อมูลการเชื่อมโยงระหว่างแต่ละสถานที่ท่องเที่ยวของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

1. ข้อมูลจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลางที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลางที่ใช้ในการวิจัยได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์ของกลุ่มบริษัทที่จัดทัวร์ท่องเที่ยวภายในประเทศไทย ข้อมูลแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวจากเว็บไซต์ต่าง ๆ และเอกสารแผ่นพับ โบว์ชัวร์ที่มีเผยแพร่บนอินเทอร์เน็ตทั้งในรูปแบบของเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ และในรูปแบบกระดาษที่มีแจกให้ฟรีสำหรับนักท่องเที่ยวโดยทั่วไป ซึ่งมีข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวในกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย ทั้งหมดรวม 22 จังหวัด

2. ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

เมื่อได้ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมดในกลุ่มจังหวัดภาคกลางจึงนำข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวมาทำการคัดเลือกสถานที่ท่องเที่ยวที่มีการท่องเที่ยวในรูปแบบที่มีโปรแกรมทัวร์ในลักษณะทัวร์ แบบ 1 วัน คือทัวร์แบบไปเช้า-เย็นกลับ หรือทัวร์แบบ 2 วัน 1 คืน หรือทัวร์แบบ 3 วัน 2 คืน ที่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวในกลุ่มจังหวัดภาคกลางเท่านั้น ที่มีเผยแพร่บนอินเทอร์เน็ต แผ่นพับ โบว์ชัวร์ และจากเว็บไซต์ต่างๆ ดังนี้ www.lovertravels.com www.painaidii.com, www . thaiticketmajor. om/travel/travel-detail.php?sid=1362), www.amazingthaitour.com/ ภาคกลาง www.chillpainai.com /scoop/5931/ และ www.triptravelgang.com/travel-thailand/ ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวทั้งในประเทศและต่างประเทศ พร้อมทั้งกำหนดรหัสสถานที่ท่องเที่ยวเพื่อใช้สำหรับในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบกราฟ มีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยแสดงดังภาพที่ 3

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรม Gephi เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับแสดงผลความเชื่อมโยงของข้อมูลแบบกราฟ)Graph Network) เป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส (Open Source) สำหรับการวิเคราะห์เครือข่ายสังคม)Social Network Analysis : SNA) ซึ่งได้พัฒนาโดย Mathieu Bastian, Eduardo Ramos Ibanez, Mathieu Jacomy, Cezary Bartosiak Sebastien Heymann, Julian Bilcke, Patrick McSweeney, Andre Panisson, Jeremy Subtil, Helder Suzuki Martin Skurla and Antonio Patriarca การนำโปรแกรม Gephi มาใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงของข้อมูลตามที่ต้องการได้)Graph Network Analysis) โดยโปรแกรม Gephi มีความยืดหยุ่นตรงที่มีการสนับสนุน Plugin และสามารถแสดงผลรูปแบบ Graph หรือ Layout ออกมาได้แตกต่างกัน ทำให้เข้าใจการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นๆ ได้มากยิ่งขึ้น เช่น จากเดิมข้อมูลการเชื่อมต่อของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระบบ LAN หรือ WLAN เป็นแบบข้อความ ทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพการเชื่อมต่อได้ชัดเจน แต่หากสังเกตุดูข้อมูลการเชื่อมต่อเครือข่ายเหล่านั้น จะพบว่าเป็นการเชื่อมต่อแบบ Graph ถ้าทำการแปลงการแสดงผลจาก Raw Data ซึ่งเป็น Text มาแสดงผลแบบกราฟิก หรือ Visualization แล้ว จะทำให้สามารถมองภาพรวมของระบบได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น)Data Visualization) และยังสามารถนำเอาข้อมูลการเชื่อมต่อของ Social Network มาวิเคราะห์ได้ เช่น Facebook หรือ Line เป็นต้น ทำให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลของสมาชิกหรือลูกค้าที่เป็นกลุ่มเป้าหมายของสินค้า หรือทราบข้อมูลที่ต้องการได้ เช่น ข้อมูลการสั่งซื้อ ข้อมูลการผลิต ข้อมูลการขาย ในรูปแบบ Visualization เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของฝ่ายการตลาด ทำให้ผู้บริหารสามารถทำความเข้าใจในข้อมูลเหล่านั้นได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านเทคนิค จึงนับเป็นประโยชน์ต่อธุรกิจเป็นอย่างมาก

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว ตามค่าดังต่อไปนี้

1. ค่า Betweenness Centrality คือ การค้นหาสมาชิกที่เชื่อมไปยังสมาชิกอื่นๆ ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว (Durland and Fredericks, 2005) จะเป็นการพิจารณาจากสถานที่ท่องเที่ยวหนึ่งไปยังอีกสถานที่ท่องเที่ยวหนึ่ง ดังสมการที่ (1)

$$b(i) = \sum_{j,k} \frac{g_{jik}}{g_{jk}} \tag{1}$$

โดยที่ g_{jk} คือจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก node *j* ไปยัง node *k (*โดย *j, k ≠ i)* และ g_{jik} คือ คือจำนวนเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก node *j* ไปยัง node *k* ที่ต้องผ่าน node *i*

2. ค่า Degree Centrality คือ การค้นหาค่าจากจำนวนหรือปริมาณสมาชิก โดยจะพิจารณาสมาชิกใดบ้างที่เป็นจุดศูนย์กลางที่มีการเชื่อมต่อกันมากที่สุด (Hanneman and Riddle, 2005) ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานที่

ท่องเที่ยว จะเป็นการพิจารณาจากสถานที่ท่องเที่ยวที่มีการเชื่อมต่อไปยังสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ มากที่สุด สถานที่ท่องเที่ยวนี้จึงมีความสำคัญ สามารถท่องเที่ยวได้ตลอดทั้งปี ทุกฤดูกาล หากสถานที่ท่องเที่ยวนี้มีการปิดปรับปรุง งดให้บริการ หรือไม่ได้อยู่ในช่วงเทศการ เช่น วันสำคัญทางศาสนา จะส่งผลให้ไม่สามารถเดินทางไปสถานที่ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกัน หรืออาจจะส่งผลกระทบต่อโปรแกรมการท่องเที่ยวทำให้มีความไม่น่าสนใจ ส่งผลให้นักท่องเที่ยวไม่ไปท่องเที่ยวในสถานที่ใกล้เคียง ดังสมการที่ (2)

$$d(i) = \sum_{j} m_{ij} \tag{2}$$

โดยที่ m_{ij} = 1 ถ้ามีการเชื่อมต่อระหว่าง node *i* และ node *j* หรือ m_{ij} = 0 ถ้าไม่มีการเชื่อมต่อระหว่าง node *i* และ node *j*

.3. ค่า Closeness Centrality คือ การค้นหาสมาชิกใดบ้างที่มีตำแหน่งเป็นจุดศูนย์กลาง มีความใกล้ชิดกับสมาชิกอื่นๆ และใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดในการเข้าถึง (Hanneman and Riddle, 2005) ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว จะเป็นการพิจารณาจากสถานที่ท่องเที่ยวที่มีตำแหน่งเป็นจุดศูนย์กลาง มีความใกล้ชิดกับสถานที่ท่องเที่ยวอื่นๆ และใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดในการเข้าถึง ดังสมการที่ (3)

$$c(i) = \sum_{j} d_{ij} \tag{3}$$

โดยที่ $d(y,x)$ คือระยะห่างระหว่างจุด *x* และ *y*

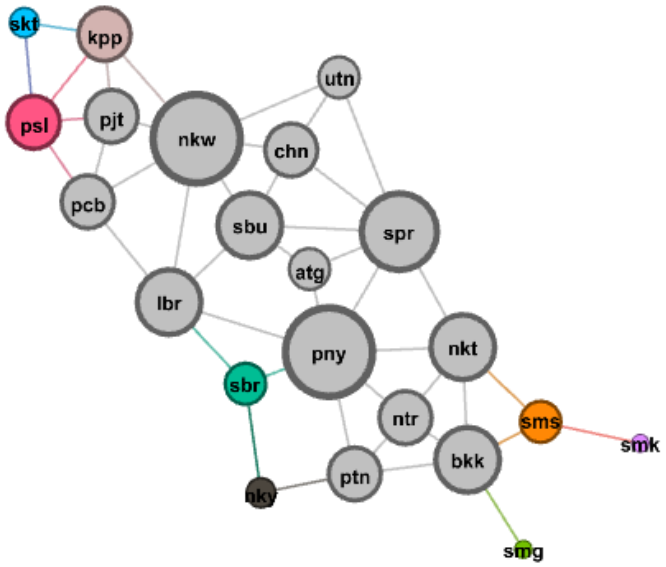
4. ค่า Authority คือ การพิจารณาค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลของแต่ละสมาชิก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดในภาคกลาง เพื่อมาทำการวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม Gephi มาทำการวิเคราะห์

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางการเดินทางของแต่ละจังหวัด

ข้อมูลเส้นทางการเดินทางด้วยรถยนต์หรือรถบัสนำเที่ยวที่มีเส้นทางเชื่อมต่อกันของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลางทั้ง จังหวัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม 22Gephi ซึ่งมี Nodes : 22, Edges : 43 และเป็นกราฟชนิด Undirected Graph แสดงดังภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 6 จะได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

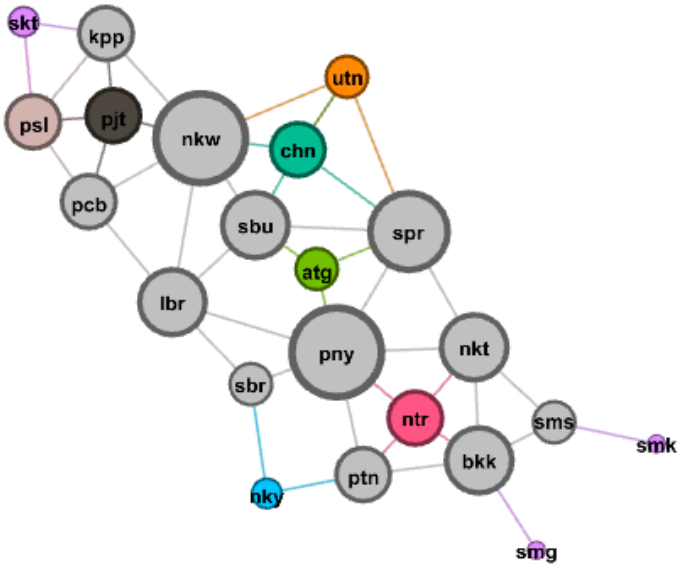


ภาพที่ 4 การวิเคราะห์แบบ Authority

ตารางที่ 1 แสดงค่าการวิเคราะห์แบบ Authority จำนวน อันดับแรกสูงที่สุด 3

Ranking	Id	Name	Value
1	pny	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	0.346065
2	nkw	จังหวัดนครสวรรค์	0.346050
3	spr	จังหวัดสุพรรณบุรี	0.340466

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่มีค่า 1 ความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับจังหวัดใกล้เคียงมากที่สุด สามารถเดินทางไปได้หลายจังหวัด จะสามารถเดินทางท่องเที่ยวเชื่อมต่อกันได้หลายสถานที่

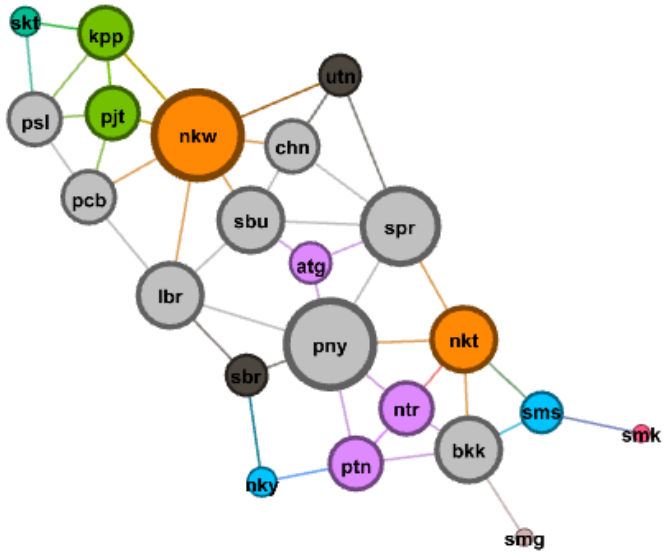


ภาพที่ 5 การวิเคราะห์แบบ Betweenness Centrality

ตารางที่ 2 แสดงค่าการวิเคราะห์แบบ Betweenness Centrality จำนวน อันดับแรกสูงที่สุด 3

Ranking	Id	Name	Value
1	pny	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	63.474242
2	lbr	จังหวัดลพบุรี	55.881818
3	nkw	จังหวัดนครสวรรค์	50.651515

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่มีค่าการวัดสัดส่วนผลรวมของจำนวน 2 เส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละคู่ของเส้นทางการเดินทาง ซึ่งมีค่าการวัดสูงที่สุด จึงมีความสำคัญมากในการเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างแต่ละจังหวัด



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์แบบ Closeness Centrality

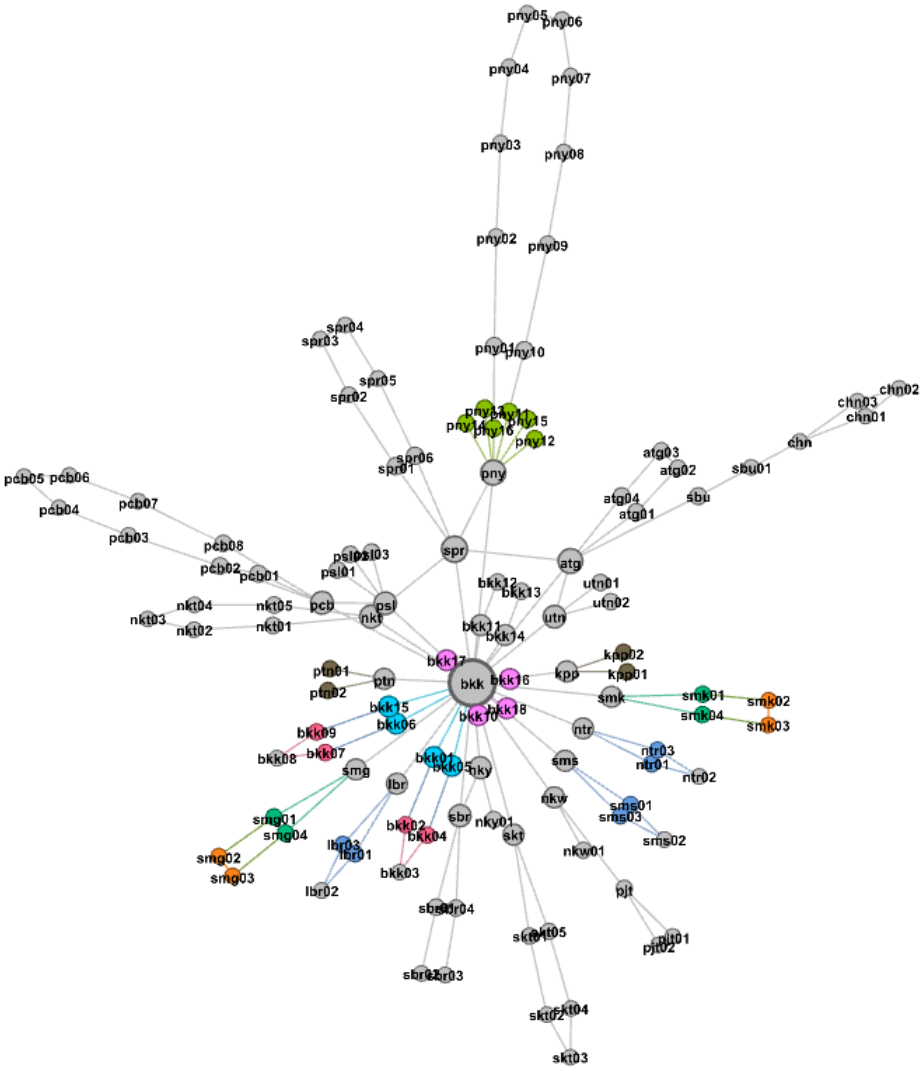
ตารางที่ 3 แสดงค่าการวิเคราะห์แบบ Closeness Centrality จำนวน อันดับแรกสูงที่สุด 3

Ranking	Id	Name	Value
1	pny	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	0.500000
2	lbr	จังหวัดลพบุรี	0.477273
3	spr	จังหวัดสุพรรณบุรี	0.456522

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นจังหวัดที่มีค่าการวัดความใกล้ชิดของเส้นทางการเดินทาง 3 ที่สนใจกับเส้นทางอื่นในเครือข่าย ค่าของเส้นทางมีค่าใกล้เคียง มากที่สุด จึงมีเส้นทางที่มีความใกล้ชิดกับสถานที่ 1 ท่องเที่ยวอื่นๆ ในเครือข่ายมากที่สุด

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยว

ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่มีโปรแกรมทัวร์เกี่ยวข้องกันของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ทั้ง จังหวัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ 22 ข้อมูลด้วยโปรแกรมGephi ซึ่งมี Nodes : 122, Edges : 145 และเป็นกราฟชนิด Undirected Graph แสดงดังภาพที่ 7 ถึงภาพที่ 8 จะได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

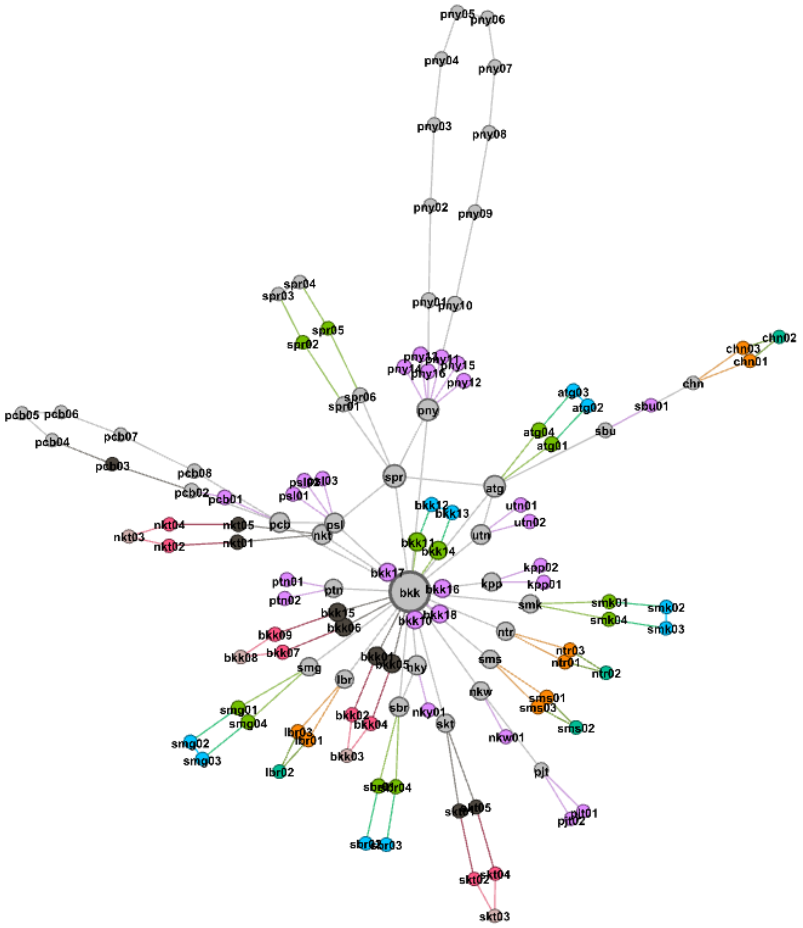


ภาพที่ 7 การวิเคราะห์แบบ Authority

ตารางที่ 4 แสดงค่าการวิเคราะห์แบบ Authority จำนวน อันดับแรกสูงที่สุด 3

Ranking	Id	Name	Value
1	bkk	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	0.653666
2	spr	จังหวัดสุพรรณบุรี	0.223564
3	pny	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	0.199944

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ จังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นจังหวัดที่มีค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับสถานที่ 4 ท่องเที่ยวใกล้เคียงมากที่สุดมีสถานที่ท่องเที่ยวเยอะ สามารถเดินทางท่องเที่ยวไปได้หลายสถานที่ท่องเที่ยวทั้งภายในจังหวัด และจังหวัดใกล้เคียง



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์แบบ Betweenness Centrality

ตารางที่ 5 แสดงค่าการวิเคราะห์ Betweenness Centrality จำนวน อันดับแรกสูงที่สุด 3

Ranking	Id	Name	Value
1	bkk	จังหวัดกรุงเทพมหานคร	6382.00
2	pny	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	1765.00
3	atg	จังหวัดอ่างทอง	1145.50

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 5 จังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นจังหวัดที่มีค่าการวัดสัดส่วนผลรวมของจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวที่มีระยะทางสั้นที่สุดของแต่ละคู่ของสถานที่ท่องเที่ยว ซึ่งมีค่าการวัดสูงที่สุด จึงมีความสำคัญมากในการเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างแต่ละสถานที่ท่องเที่ยว

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิเคราะห์เครือข่ายการท่องเที่ยวของกลุ่มจังหวัดภาคกลางในประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม Gephi พบว่าการเดินทางด้วยรถยนต์หรือรถบัสนำเที่ยวที่มีเส้นทางเชื่อมต่อกันของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ทั้ง 22 จังหวัด ได้ผลการวิเคราะห์สรุปโดยรวมว่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่มีค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับจังหวัดใกล้เคียงมากที่สุด มีเส้นทางเชื่อมต่อเดินทางไปสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ได้หลายจังหวัด จึงทำให้สามารถเดินทางท่องเที่ยวไปได้หลายจังหวัด และเมื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวที่มีโปรแกรมทัวร์เกี่ยวข้องกัน

ของแต่ละจังหวัดในกลุ่มภาคกลาง ได้ผลการวิเคราะห์สรุปโดยรวมว่าจังหวัดกรุงเทพมหานครเป็นจังหวัดที่มีค่าความสัมพันธ์ที่มีอิทธิพลกับสถานที่ท่องเที่ยวใกล้เคียงมากที่สุด ซึ่งเป็นจังหวัดที่นักท่องเที่ยวนิยมเลือกเป็นสถานที่ท่องเที่ยวต้นๆ ของโปรแกรมทัวร์ เพราะมีสถานที่ท่องเที่ยวที่เป็นที่สนใจของนักท่องเที่ยว และเป็นศูนย์กลางที่สามารถเดินทางท่องเที่ยวไปได้หลายจังหวัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทุนวิจัยจาก คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

เกษม นครเขตต์. 2548. แนวคิดและทฤษฎีเครือข่ายทางสังคม. นนทบุรี : โครงสร้างพันธมิตรการสร้างสุขภาพ. กระทรวงสาธารณสุข ร่วมกับสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ.

บุษรา ประกอบธรรม. 2556. “การศึกษาการยอมรับเครือข่ายสังคมออนไลน์ของนักศึกษา: กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยกรุงเทพ”

ศิริเรือง พัฒน์ช่วย, ณัฐชุดา มงคลชาติ. 2014. การศึกษาการใช้ทฤษฎีกราฟจำลองเครือข่ายโครงการสหกิจศึกษา. การประชุมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ. ครั้งที่ 5, หน้า 641- 650

สุภาพร เกิดกิจ, ลวัณกร สร้อยมาต, สุนันฑา สดสี. 2014. การวิเคราะห์การเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยทฤษฎีกราฟ กรณีศึกษาวิทยาลัยพณิชยการธนบุรี. The Tenth National Conference on Computing and Information Technology.

Ajjan, H., & Fishbein, M. 1980. Understanding attitudes and predicting behavior Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., Hwang, D. U. 2006. Complex networks: Structure and dynamics, Physics Reports 424 (4-5) 175–308.

Cahalane, D. J., Clancy, B., Kingsbury, M. A., Graf, E., Sporns, O., Finlay, B. L. 2011. Network structure implied by initial axon outgrowth in rodent cortex: Empirical measurement and models, PLoS ONE 6 (1) e16113.

Davis, F. D. 1989. “Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology” MIS Quarterly, 13(3). pp.319-339

Davis, F. D., Bagozzi, R., & Warshaw, P. 1989. “User acceptance of computer technology A comparision of two theoretical models” Management Science, 35. pp.982-1003

Durland, M. M., and K. Fredericks (eds). 2005. New Directions For Evaluation: Social Network Analysis in Program Evaluation, 107. San Francisco: Jossey-Bass.

Fishbein, M. & Ajzen, I. 1975. Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research, MA: Addison-Wesley, Reading.

Hanneman, R. A., and Riddle, M. 2005. Introduction to social network methods. Riverside, CA: University of California, Riverside (published in digital form at http://faculty.ucr.edu/~hanneman/).

Jackson, C., Chow, S., & Leitch, R. 1997. Toward an understanding of the behavioral intention to use an information system. Decision Sciences, 28. pp. 357- 389

AR Guide Book 5 สถานที่ท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ จังหวัดภูเก็ต

AR Guide Book 5 Attraction at Rawai Phuket

จิรวัฒน์ จำปาทอง[1*]

Jirawat Jumpathong[1*]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ 2)เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่มีต่อเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ กลุ่มเป้าหมายในการศึกษาครั้งนี้คือนักศึกษาสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย 1) สื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์ 2) แบบประเมินความพึงพอใจสถิติที่ใช้คือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานผลการศึกษาพบว่า 1. การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์ ได้ผลลัพธ์ 3 อย่าง คือ 1) Maker กังหันลมแหลมพรหมเทพ จำนวน 3 แบบคือ กังหันลมยักษ์ กังหันลมเล็ก กังหันลม 4 ใบพัด 2) โมเดล หาดราไวย์ จำนวน 4 ได้แก่ง เรือหางยาว สะพานราไวย์ ซุ้มตลาดปลา และอื่นๆ 3) แอพพลิเคชั่น AR Guide Book รูปแบบไฟล์.apk

ปัจจุบัน AR (Augmented Reality) คือ เทคโนโลยีใหม่ ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง มีมุมมองถึง360องศา เป็นการเปิดโลกกว้าง สร้างสรรค์จินตนาการ โดยผ่านทางอุปกรณ์ , กล้องมือถือ ,Computer ร่วมกับการใช้ software ต่างๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพนั้นเป็น object (คน,สัตว์,สิ่งของ,สัตว์ประหลาด,ยานอวกาศ) โดยเจ้าตัว AR นั้นสามารถอยู่ได้ทุกที่หรือสิ่งต่างก็สามารถเติม AR เข้าไปได้โดยเป็นสัญลักษณ์ที่แปะอยู่ตามวัตถุต่างๆเมื่อแสกนก็จะมี 3D Model, VDO, Web View แสดงออกมายังจอภาพเพื่อแสดงข้อมูลเพิ่มเติมเป็นการง่ายต่อการโฆษณา และสะดวกต่อผู้ใช้งานอีกด้วย ซึ่งสามารถนำมาโปรโมท สถานที่ท่องเที่ยวต่างๆที่น่าสนใจ โดยในจังหวัดภูเก็ตนั้นมีสถานที่ท่องเที่ยวมากมายที่มีชื่อเสียง โดยเฉพาะแหลมพรหมเทพในตำบลราไวย์ นอกจากนี้ในตำบลราไวย์ยังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจอีกหลายที่ ที่นักท่องเที่ยวอาจจะยังไม่รู้ โดยหนังสือหรือเว็บไซต์นั้นอาจมีข้อมูลได้ไม่ครบถ้วนหรือไม่ทำให้เห็นภาพที่น่าสนใจนัก ส่วนใหญ่เป็นเพียงข้อความและมีภาพประกอบบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นจึงได้นำระบบ AR มาประยุคใช้กับการทำสื่อโฆษณา เช่น โปรชัวร์ ใบปลิว เป็นต้น เพื่อสร้างความน่าสนใจกับนักท่องเที่ยว และเข้ากับนโยบาย Thailand 4.0 ทำให้สื่อสิ่งพิมพ์มีลูกเล่นและคุณค่าเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : ระบบ AR (Augmented Reality) ,นโยบาย Thailand 4.0 อินเตอร์เน็ตออฟธิง , 3D Model

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University, Radsada Sub-district , Muang District, Phuket Province 83000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : extraqq11@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to 1) to development of augmented reality to promote tourism 5 ATTRACTION AT RAWAI PHUKET 2) to study satisfaction in augmented reality. The target group was 30 first year undergraduate learners in the program of Computer technology at Rajabhat Phuket University. The used tools are consisted of 1) the augmented reality to promote to tourism 5 ATTRACTION AT RAWAI 2) students' satisfaction form on the augmented reality to promote tourism 5 ATTRACTION AT RAWAI . The statistics used are the mean and standard deviation. The results concluded as following: 1. The development of Augmented Reality to promote tourism 5 ATTRACTION AT RAWAI had 3 results include 1) Maker tourism 5 ATTRACTION AT RAWAI Promthep cape 3 models : Big wind turbine 2) Rawai Beach 4 Models 3) Android application "AR New Theory Agricultural" on .apk file format.

The present AR (Augmented Reality) is a new technology, combining the real world along with the virtual world which will make the image was an object 3 dimension floating above the surface with a view in 360 degrees. It was the World Wide Creative Imagination through the device, camera phones and Computer cooperate with the use of various software. Which will make the image to see on the screen is object (people, animals, items, monsters, a spaceship). Easy to advertising, and convenient for the user. It can be used to increase more interest of the tourist attractions in Rawai, there are many interesting sights that. The tourists may not know The books or websites that may have information that is incomplete or doesn't make an interesting picture. So it has come to the AR system with the use of media such as brochures, flyers, etc. To attract tourists and adapted with Thailand 4.0 policy to increase media features and value .

Keywords: AR **(**Augmented Reality**)** ,Thailand 4**.**0, Internet of Things, Attract tourists

บทนำ

เทคโนโลยีเสมือนจริง(Augmented Reality หรือ AR)ถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 ซึ่งจัดเป็นแขนงหนึ่งของงานวิจัยด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ว่าด้วยการเพิ่มภาพเสมือนของโมเดล3 มิติที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ลงไปในภาพที่ถ่ายมาจากกล้องวิดีโอ เว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์มือถือ แบบเฟรมต่อเฟรมด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกเทคโนโลยีเสมือนจริงถูกนำมาประยุกต์ใช้กับธุรกิจต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านอุตสาหกรรมการแพทย์การตลาด การบันเทิง การสื่อสาร โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนมาผนวกเข้ากับเทคโนโลยีภาพผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ และแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือบนหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ทำให้ผู้ใช้สามารถนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้กับการทำงานได้หลากหลายรูปแบบเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีบทบาทสำคัญในวงการการศึกษาใน เช่น การนำมาใช้ในการสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษโดยเทคโนโลยีเสมือนจริงช่วยให้ผู้เรียนได้มีความเข้าใจในคำศัพท์ภาษาอังกฤษมากยิ่งขึ้น เพิ่มความน่าสนใจให้กับผู้เรียนในรูปแบบ 3 มิติ ดึงดูดความสนใจผู้เรียนให้เกิดการอยากเรียนรู้และช่วยให้จดจำได้ง่ายขึ้น

ปัจจุบัน AR (Augmented Reality) คือ เทคโนโลยีใหม่ ที่ผสานเอาโลกแห่งความเป็นจริง (Real) เข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นเป็นวัตถุ 3 มิติลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง มีมุมมองถึง360องศา เป็นการเปิดโลกกว่าง สร้างสรรค์จินตนาการ โดยผ่านทางอุปกรณ์ , กล่องมือถือ ,Computer รวมกับการใช้ software ต่างๆ ซึ่งจะทำให้ภาพที่เห็นในจอภาพจะเป็น object (คน,สัตว์,สิ่งของ,สัตว์ประหลาด,ยานอวกาศ) หลักการของมันจะประกอบด้วย 1. ตัว Marker (บางคนเรียกว่า Markup) 2. กล้อง webcam , มือถือ หรือตัวจับ sensor อื่นๆ 3. ส่วนแสดงผล อาจเป็นจอภาพทางคอมพิวเตอร์หรือมือถือหรืออื่นๆ 4. ส่วนประมวลผลเพื่อสร้าง object 3D เช่น software โดยเจ้าตัว AR นั้นสามารถอยู่ได้ทุกที่หรือทุกสิ่งก็สามารถเติม AR เข้าไปได้โดยเป็นสัญลักษณ์ที่แปะอยู่ตามวัตถุต่างเมื่อแสกนก็จะมี 3D Model, VDO, Web View แสดงออกมายังจอภาพเพื่อแสดงข้อมูลเพิ่มเติมเป็นการง่ายต่อการโฆษณา และสะดวกต่อผู้ใช้งานอีกด้วย ซึ่งสามารถนำมาโปรโมทสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆที่น่าสนใจ โดยในจังหวัดภูเก็ตนั้นมีสถานที่ท่องเที่ยวมากมายที่มีชื่อเสียง โดยเฉพาะแหลมพรหมเทพ ในตำบลราไวย์ นอกจากนี้ในตำบลราไวย์ยังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจอีกหลากหลายที่ ที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวให้เดินทางแวะเวียนมาชื่นชมความงามในจังหวัดภูเก็ต โดยหนังสือหรือเว็บไซต์นั้นอาจมีข้อมูลได้ไม่ครบถ้วนหรือไม่ทำให้ได้เห็นภาพที่น่าสนใจนัก สวนใหญ่เป็นเพียงข้อความและมีภาพประกอบบางส่วนเท่านั้น ในตำบลราไวย์นั้นมีแหล่งสถานที่ท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวหลายคนยังไม่รู้หากเป็นนักท่องเที่ยวที่ไม่ได้ตั้งใจมายังราไวย์แล้วก็อาจจะไม่รู้เลยว่ายังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่ว่านี้อยู่ โดยส่วนใหญ่แหล่งทะเลของตำบลราไวย์นั้นเป็นพื้นที่ทำมาหากินของชาวบ้าน แต่ก็มีความสวยงามซ้อนอยู่

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงต้องการจัดทำ AR Guide Book เพื่อนำเสนอ 5 สถานที่ท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ จังหวัดภูเก็ต ประกอบไปด้วย แหลมพรหมเทพ, หาดราไวย์, หาดในหาน, แหลมกาใหญ่ – น้อย และหาดยะนุ้ย ในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจ และเป็นการนำเสนอในรูปแบบใหม่ที่กำลังเป็นที่น่าสนใจ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อนำเสนอ 5 สถานที่ท่องเที่ยวในตำบลราไวย์ จังหวัดภูเก็ต ในรูปแบบ AR Guide Book
2. เสริมสร้างความน่าสนใจให้กับการเรียนรู้ โดยการนำเทคโนโลยี Augmented Reality เข้ามาผสมผสาน โลกแห่งจินตนาการ เข้ากับโลกแห่งความเป็นจริง
3. เพื่อสร้างความแตกต่างและความน่าสนใจของสื่อสิ่งพิมพ์

ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาการวิจัย **:** AR Guide Book 5 สถานที่ท่องเที่ยวในตำบล ราไวย์ จังหวัด ภูเก็ต
2. พื้นที่การวิจัย : แหลมพรหมเทพ, หาดราไวย์, หาดในหาน, แหลมกาใหญ่ - น้อย และหาดยะนุ้ย

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยโปรโมทสถานที่ท่องเที่ยวให้น่าสนใจยิ่งขึ้น
2. เพิ่มมูลค่าของสื่อสิ่งพิมพ์ให้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น
3. มีผู้นำเทคโนโลยีนี้ไปต่อยอดกับสิ่งต่างๆได้หลากหลายยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ (Hardware / Software **)**

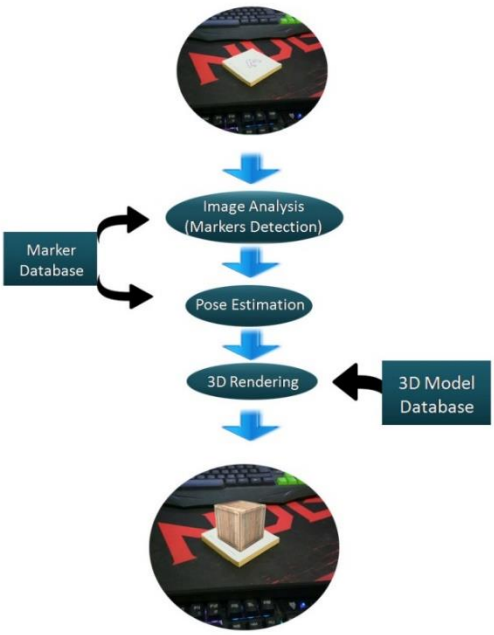
Hardware

- กล้อง**VDO** กล้อง**Webcam** กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือตัวจับ**Sensor** อื่นๆ
- ส่วนแสดงผล อาจเป็นจอภาพคอมพิวเตอร์ หรือจอภาพโทรศัพท์มือถือ หรืออื่นๆ
- เครื่องปริ้นที่ใช้ในการสร้างตัว **Maker (**หรือที่เรียกว่า **Markup)**
- เครื่องคอมพิวเตอร์

Software

- โปรแกรม **Unity 3D**
- โปรแกรม **Autodesk Maya** 2015
- **Vuforia Developer Partal**

กระบวนการทำงาน



จากภาพ เป็นกระบวนการทำงานของระบบ AR

-การวิเคราะห์ภาพ **(Image Analysis)** เป็นขั้นตอนการค้นหา **Marker** จากภาพที่ได้จากกล้องแล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล **(Maker Database)** ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของ **Marker**

- การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ **(Pose Estimation)** ของ **Maker** เพื่อนำมาวิเคราะห์รูปแบบของ **Marker** เทียบกับกล้อง

- กระบวนการสร้างภาพ 2 มิติ จากโมเดล 3 มิติ (3**D Rendering)** เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริง ดังแสดงในภาพ **Hardware** (เครื่องคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องปริ้น)

ตัวอย่างการออกแบบ

1)ออกแบบ **Marker**



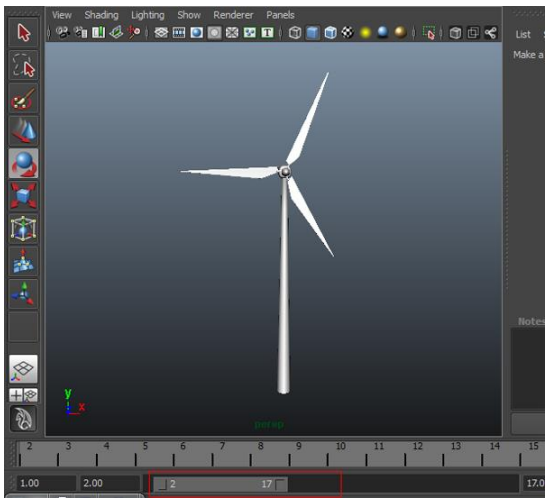
ภาพที่ 1. การออกแบบ **Mock up** ของ **Marker** กังกันลมแหลมพรหมเทพ

2)จัดทำ **Marker** ตาม **Mock up** ที่ได้ออกแบบไว้



ภาพที่2. **Marker** กังหันลม

3) ผู้ศึกษาทำการ **Generator Marker** สถานที่ท่องเที่ยวในรูปแบบ 3มิติ



ภาพที่ 3. โมเดลกังหันลมแหลมพรหมเทพ

3.1.2 การเขียนโปรแกรม

1) เขียนโปรแกรมโดยใช้ **Vuforia** ในการพัฒนา

2) **Import** โมเดลเข้าโปรแกรม **Unity**

3) **Export Progam** ชื่อ AR GUIDE BOOK 5 ATTRACTION AT RAWAI PHUKET ออกมาอยู่ในรูปแบบไฟล์ .apk เพื่อนำไปใช้งานกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์



ภาพที่ 4. ภาพแอพพริเคชั่น **.apk** ที่ติดตั้งแล้วบนมือถือ

ผลการดำเนินงาน

1.1 ผลจากการพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์ พบว่าสามารถแสดง Maker กังหันลมแหลมพรหมเทพ จำนวน 3 แบบคือ กังหันลมยักษ์ กังหันลมเล็ก กังหันลม 4 ใบพัด 2) โมเดล หาดราไวย์ จำนวน 4 ได้แก่ง เรือหางยาว สะพานราไวย์ ซุ้มตลาดปลา และอื่นๆ

1.2 แอพพลิเคชั่น AR GUIDE BOOK 5 ATTRACTION AT RAWAI PHUKET สามารถมองเห็นโมเดล จาก Marker ในรูปแบบโมเดล 3 มิติ

2. ผลการประเมินความพึงพอใจสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง ส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์ ในรูปแบบแอพพลิเคชั่น AR GUIDE BOOK 5 ATTRACTION AT RAWAI PHUKET จากนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน มีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.77, S.D.=0.41)

ตาราง 1. ผลการประเมินความพึงพอใจเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์

	หัวข้อประเมิน	ผลการประเมิน		
		$\overline{X}$	S.D.	การแปลความหมาย
1	Applicationทำงานได้ถูกต้อง	4.73	0.52	เหมาะสมมากที่สุด
2	Marker สื่อความหมายได้	4.63	0.56	เหมาะสมมากที่สุด
3	Marker มีความสวยงาม	4.87	0.35	เหมาะสมมากที่สุด
4	Model 3 มิติ มีความสวยงาม	4.83	0.38	เหมาะสมมากที่สุด
5	Model 3 มิติ มีความน่าสนใจ	4.80	0.48	เหมาะสมมากที่สุด
6	Texture ที่ใช้มีความสมจริง	4.70	0.53	เหมาะสมมากที่สุด
7	Model 3 มิติ สื่อความหมายตามMarker	4.80	0.41	เหมาะสมมากที่สุด
8	Application มีความเหมาะสมกับงาน	4.77	0.43	เหมาะสมมากที่สุด
9	Marker มีความเหมาะสม	4.77	0.50	เหมาะสมมากที่สุด
10	ท่านมีความประทับใจสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์	4.77	0.43	เหมาะสมมากที่สุด
	รวม	4.77	0.46	เหมาะสมมากที่สุด

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองสร้าง โมเดลแล้วนำมาทดสอบ การทำงานของแอพพลิเคชั่นมีการทำงานได้เป็นอย่างดี สามารถแสดงโมเดลสามมิติออกมาได้ตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคือ โทรศัพท์มือถือที่มีเซ็นเซอร์ครบถ้วน กรณีใช้โทรศัพท์มือถือที่มี สเปคต่ำอาจเกิดปัญหาได้ ทั้งนี้คุณภาพของชิ้นงานก็ขึ้นอยู่กับการสร้างโมเดล 3D เป็นหลักผลการประเมินความพึงพอใจสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง ส่งเสริมการท่องเที่ยวตำบลราไวย์ ในรูปแบบแอพพลิเคชั่น AR GUIDE BOOK 5 ATTRACTION AT RAWAI PHUKET จากนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน มีระดับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.77, S.D.=0.41)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ ภาวดี ในการแนะนำ ตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขาบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี พรผล ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะ แก้ไข ตักเตือน และให้แนวคิดต่างๆที่เป็นประโยชน์

ขอขอบคุณ คณะอาจารย์ นักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้องและเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ในโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

การทำ **AR** โดย **vuforia** ใน **Unity** **http://tadininternship.blogspot.com**/2016/06/**ar-vuforia-unity.html**

กฤษณณัฐ หนุนชู . สอนทำ **AR (Augmented Reality)**ใน **Unity** ขั้นพื้นฐาน โดย อ.นัท **https://www.youtube.com/watch?v=brJYge6lBfs**

ชนม์ชนก วงศ์พัฒนกุล AUGMENTED REALITY **http://msmisthammasat.blogspot.com/**2011/01/**augmented-reality.html**

Patcharapon Jantana . Unity + Vuforia 1 :ทำ AR app ขั้นพื้นฐาน [Android , ios] https://www.youtube.com/watch?v=aT0amFIBr2M&t=492s

แอปพลิเคชันบัญชีครัวเรือน

Household Account Application

มณฑาทิพย์ ศรีจันทร์[1*] และ นพรัตน์ จันทร์สุวรรณ[1]

Monthathip Srichan[1*] and Noppharat Jansuwan[1]

บทคัดย่อ

การจัดทำระบบงานบัญชีครัวเรือนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้ ถูกพัฒนาขึ้นเพราะปัญหาการใช้จ่ายเกินตัวของคนในปัจจุบัน ทำให้เกิดการกู้ยืมเงินอย่างมากมาย และเมื่อศึกษาถึงปัญหาดังกล่าวจะพบว่า คนส่วนใหญ่ไม่มีการจัดทำบัญชีครัวเรือนทั้งๆที่ การจัดทำบัญชีครัวเรือนถือเป็นสิ่งจำเป็น เพราะสามารถทำให้ทราบถึงรายรับ รายจ่ายของแต่ละคนหรือครัวเรือนได้ แต่คนส่วนใหญ่ก็ละเลยที่จะจัดทำเนื่องด้วย เวลาที่เร่งรีบ ภาระงานอื่นๆที่ต้องรับผิดชอบ หรือยุ่งยากในการใช้งาน ซึ่งจากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้จัดทำได้ศึกษาและพบว่าปัจจุบันประชาชนส่วนใหญ่มีการใช้มือถือ เนื่องด้วยราคาที่ถูกลง และ ระบบการสื่อสารเข้าถึงเกือบทุกพื้นที่อยู่อาศัย ดังนั้นแนวคิดในการพัฒนาระบบบัญชีครัวเรือนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์จึงได้เกิดขึ้น ภายใต้ทฤษฎีวงจรชีวิตการพัฒนาระบบสารสนเทศ และฟังก์ชันการทำงานของระบบนี้ครอบคลุมทฤษฎีบัญชีครัวเรือน และที่สำคัญนอกจากนั้นคือเป็นระบบงานที่ง่ายต่อการใช้งานของผู้ใช้

คำสำคัญ : ระบบบัญชีครัวเรือน, ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์, การพัฒนาระบบสารสนเทศ, มือถือ

ABSTRACT

Household Account Application has developed due to nowadays, most of people has not plan in their spending, probably, they have no time or hard work to manage. Actually, it is the most important in their daily life. Due to it can handle expenses and moreover, it can be used for financial planning in the future. For this application has developed under the theory of information system life cycle. The users can use this application via smartphone running on Android operating system. The application functions have constructed on Household Account theory and additionally, user friendly to use.

Keywords: Household Account System, Android operating system, Information Systems Development, Smart Phone

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University, Radsada Sub-district , Muang District, Phuket Province 83000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : monthathippung@gmail.com

บทนำ

แนวคิดไทยแลนด์ 4.0 เป็นโมเดลที่ช่วยพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย ให้มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาสนับสนุนการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำมาก-ได้น้อย ให้ปรับเปลี่ยนมาเป็นทำน้อย-ได้มาก โดยมีการอาศัยเทคโนโลยีในด้านต่างๆเข้ามาช่วย เช่น ด้านการสื่อสาร ด้านการบริหารจัดการ เข้ามาปรับเปลี่ยนให้เข้ากับนวัตกรรมและธุรกิจของตนเอง ซึ่งจะต้องมีการศึกษาการใช้งานเทคโนโลยีให้สามารถประยุกต์กับธุรกิจของตนเองได้

อีกทั้งในปัจจุบันมีเทคโนโลยีเกิดขึ้นมามากมายที่อำนวยความสะดวกให้มนุษย์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวัน โดยทั่วไประบบปฏิบัติการนั้น ไม่ได้มีแต่เฉพาะในคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่มีอยู่ในอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์ โดยเฉพาะโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งมี กลุ่มของระบบปฏิบัติการบนมือถือที่ได้การตอบรับ และมีการพัฒนาบน สมาร์ทโฟน ในปัจจุบัน 2 ระบบปฏิบัติการ คือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เป็นหลัก และรองลงมาเป็นระบบปฏิบัติการ ไอโอเอส ส่วนใหญ่แล้วระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และมีส่วนแบ่งตลาดของอุปกรณ์แอนดรอยด์อย่างแพร่หลายทำให้กลุ่มผู้ใช้งานและกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรมให้ความสำคัญกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากง่ายต่อการพัฒนาและกลุ่มของผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้ง่าย

อย่างงานวิจัยนี้จึงนำความสามารถของมือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อนำมาพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อตอบโจทย์กลุ่มของผู้ใช้งาน โดยเห็นได้ว่าเหมาะสมแก่การพัฒนาระบบบัญชีครัวเรือนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในการจัดการระบบบัญชีครัวเรือน ภายใต้ทฤษฎีของการพัฒนาระบบสารสนเทศ มีการพัฒนาระบบงานที่ครอบคลุม การบันทึกข้อมูลรายรับรายจ่าย การให้คำแนะนำในการวางแผนการใช้เงิน โดยผู้ใช้งานสามารถติดตั้งระบบงานบนมือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้ให้บริหารสะดวกมากขึ้น ไม่ทำให้ยุ่งยากอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้บริการในการจัดการบัญชีครัวเรือน
2. เพื่อสร้างแอปพลิเคชันบัญชีครัวเรือนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ขอบเขตของงานวิจัย

1. แอปพลิเคชันนี้รองรับบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. กลุ่มผู้ใช้วัยทำงาน

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานและเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ได้จริง
2. สามารถช่วยในการจัดการบัญชีครัวเรือนของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศบัญชีครัวเรือนบนแอปพลิเคชันมือถือ ประกอบไปด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

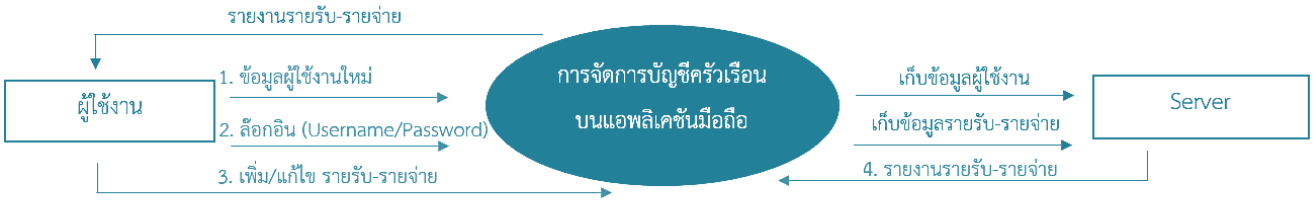
1.1 MIT App inventor เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแอปพลิเคชันสำหรับมือถือที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android

1.2 คำสั่ง MySQL

1.3 คอมพิวเตอร์ ,มือถือ

2. การออกแบบแอปพลิเคชัน

แบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบโดยใช้ context diagram แสดงการทำงานของระบบ โดยสามารถจำลองได้ด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

มีขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันตามภาพที่แสดงดังนี้

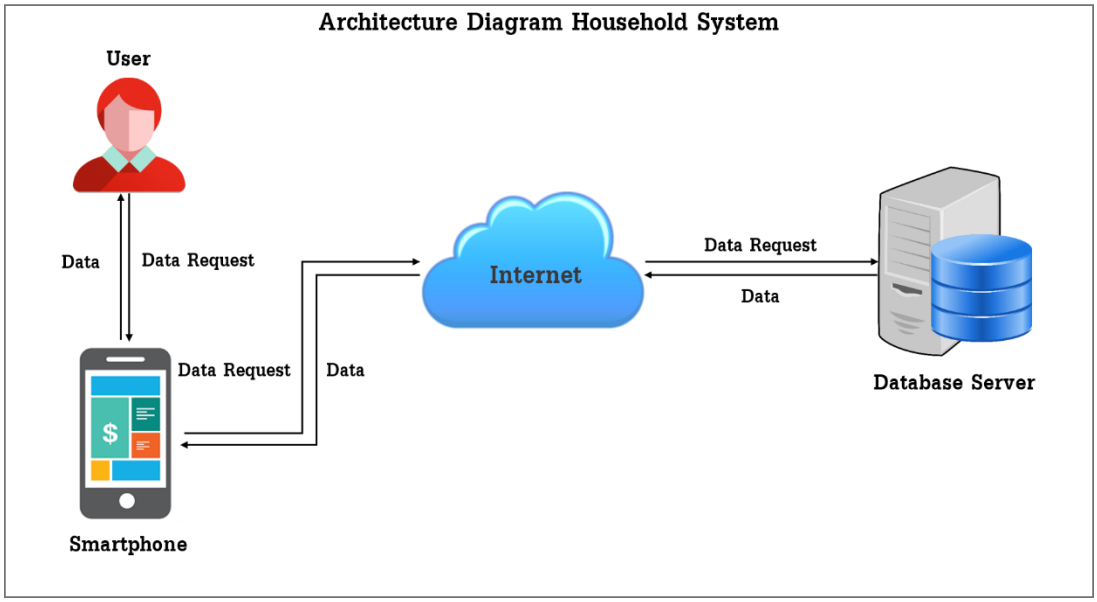
1. ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจะเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานใหม่ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดที่เข้าสู่แอปพลิเคชันจะอัพโหลดเก็บข้อมูลไว้บนคลาวด์ ทั้งหมด

2. ผู้ใช้งานทำการ ล็อกอินเข้าสู่ระบบ

3. ผู้ใช้งานทำการเพิ่มข้อมูลรายรับ-รายจ่ายในแต่ละวัน

4. ผู้ใช้งานเรียกดูรายงานสรุปรายรับ – รายจ่ายของแต่ละวันได้

2.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบบัญชีครัวเรือน



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบบัญชีครัวเรือนสามารถแบ่งออกได้ 4 ส่วนการทำงานหลักด้วยกันประกอบด้วย

1. การรับข้อมูลเข้าแอปพลิเคชัน

1.1 กรณีที่ผู้ใช้ยังไม่เคยใช้แอปพลิเคชัน

- ผู้ใช้จะต้องมีการสมัครเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน แล้วระบบจะให้กรอกข้อมูลส่วนตัว

1.2 กรณีที่ผู้ใช้เคยใช้แอปพลิเคชัน

- ผู้ใช้ป้อน ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผ่าน

1.3 มีการเลือกรายการที่ต้องการทำ เช่น การขอดูข้อมูลสรุปรายรับ – รายจ่าย ,การเพิ่มข้อมูลรายรับ – รายจ่าย , การแก้ไข ลบข้อมูล เป็นต้น

2. การประมวลผล

2.1 ระบบจะมีการตรวจสอบสมาชิก และประมวลผลตามรายการที่ผู้ใช้ต้องการ

3. การแสดงผล

3.1 ผู้ใช้จะได้ทราบสรุปรายรับ – รายจ่าย ยอดเงินคงเหลือ

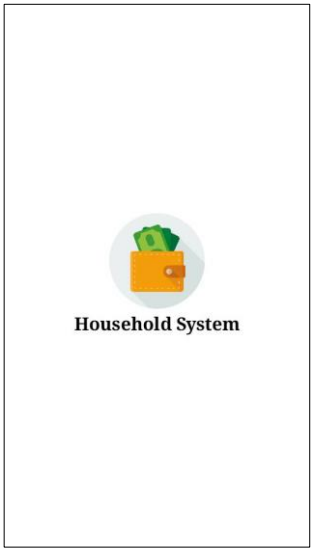
4. การจัดเก็บข้อมูล

4.1 จากการทำรายการทั้งหมดของผู้ใช้ ข้อมูลจะถูกส่งไปยังเซิฟเวอร์ โดยใช้ภาษา PHP เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลบนเซิฟเวอร์

3. การพัฒนาแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาโดยใช้ MIT App Inventor เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่เป็นระบบปฏิบัติการแอนด์ดรอย ซึ่งใช้ภาษา PHP เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลบนเซิฟเวอร์

ผลและวิจารณ์ผล



ภาพที่ 3 หน้าจอแรกเมื่อเปิดแอปพลิเคชั่น



ภาพที่ 4 หน้าเมนูเลือกการเข้าใช้งาน

จากภาพที่ 4 เป็นหน้าเมนูเลือกการใช้งาน โดยจะมีลักษณะการใช้งานอยู่ 2 กรณีดังต่อไปนี้

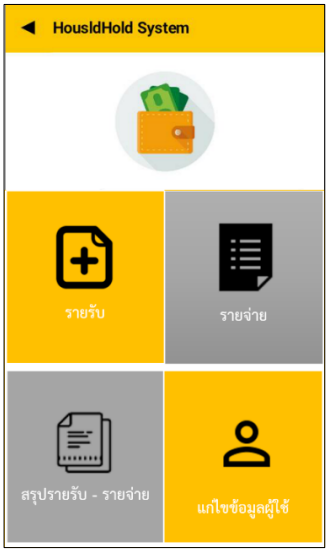
- กรณีที่ผู้ใช้ไม่เคยสมัครสมาชิก ก็เลือกปุ่ม “ลงทะเบียนผู้เข้าใช้ใหม่”
- กรณีที่ผู้ใช้เคยสมัครสมาชิก ก็เลือกปุ่ม “ลงชื่อเข้าใช้”



ภาพที่ 5 หน้าล๊อกอินการเข้าใช้งานแอปพลิเคชั่นในกรณีที่ผู้ใช้เคยสมัครสมาชิกไว้แล้ว



ภาพที่ 6 หน้าลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่เคยสมัครสมาชิก



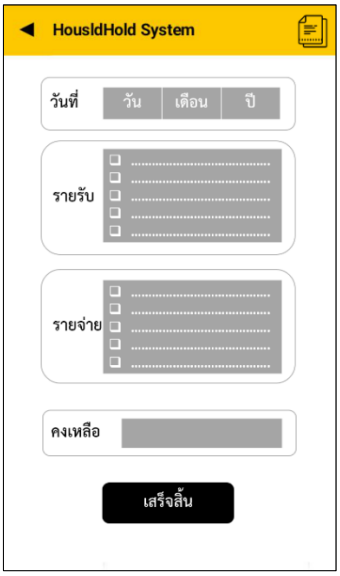
ภาพที่ 7 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชั่น ที่ผู้ใช้สามารถทำรายการต่างๆ โดยมีรายการให้เลือกทำรายการ คือ การเพิ่ม แก้ไขและลบข้อมูล รายรับ,รายจ่าย,การแก้ไขข้อมูลผู้ใช้ และรวมไปถึงการออกจากระบบ



ภาพที่ 8 หน้าจอในการทำรายการรายรับของผู้ใช้



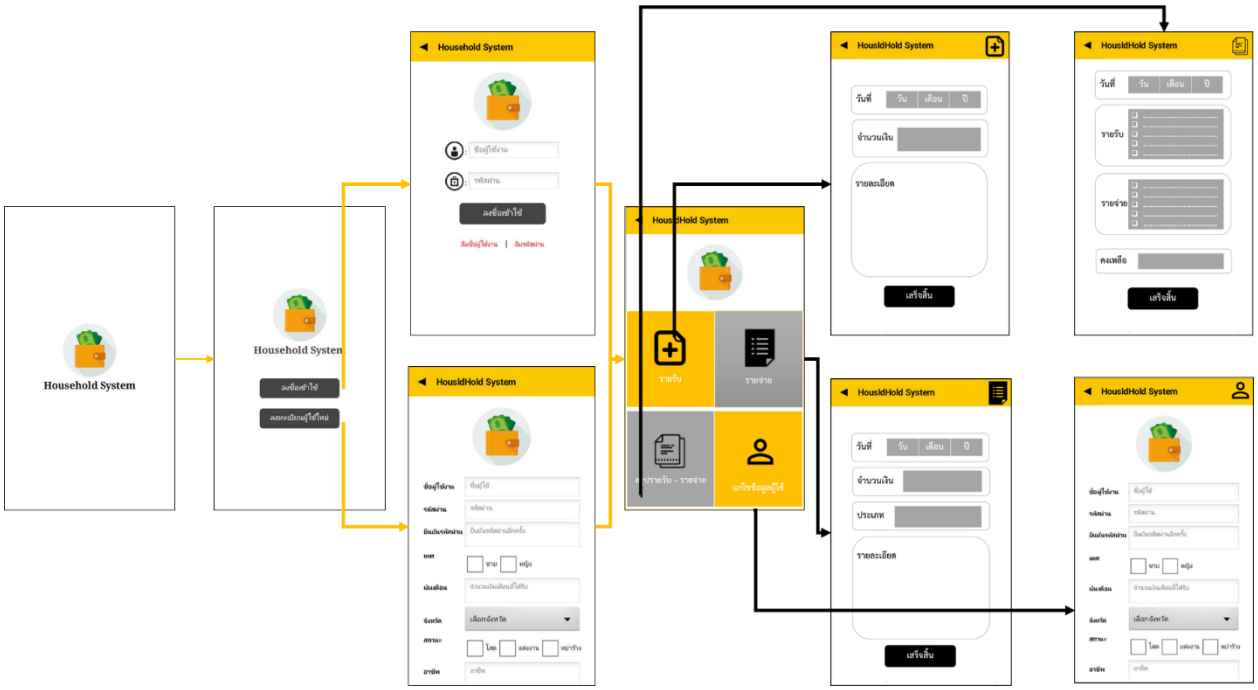
ภาพที่ 9 หน้าจอในการทำรายการรายจ่ายของผู้ใช้



ภาพที่ 10 หน้าจอในการทำรายการดูสรุปรายรับ – รายจ่าย และยอดคงเหลือของผู้ใช้



ภาพที่ 11 หน้าจอในการทำรายการแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้



ภาพที่ 12 ลักษณะการเชื่อมต่อกันระหว่าง แต่ละหน้าจอของแอปพลิเคชัน

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้งานแอปพลิเคชั่นการจัดการบัญชีครัวเรือนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ปรากฏว่าแอปพลิเคชันสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในเรื่องการจัดการกับบัญชีครัวเรือนสามารถทำให้ทราบถึงรายรับ รายจ่ายของแต่ละคนหรือครัวเรือนได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี พรผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่คอยให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งทางด้านการเขียนโปรแกรม และด้านการจัดทำบทความ จนวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และคุณย่า ที่คอยช่วยเหลือในส่วนของงบประมาณเพิ่มเติม

ท้ายที่สุดนี้ หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางผู้จัดทำวิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องนั้น และทางผู้วิจัยหวังว่าวิจัยนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

ภัทรา เรืองสินภิญญา. 2550. ความหมายของบัญชีครัวเรือนและประโยชน์ของบัญชีครัวเรือน แหล่งที่มา: http://ms.pbru.ac.th/homeaccounting/homeaccounting_book_all.pdf วันที่สืบค้นข้อมูล : 4 มกราคม 2561

Perfect Codes. **2017.** Send data to MYSQL Database Available Source: https://www.youtube.com/watch?v=NMX1VWzfs5U, April 7, 2017.

อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับแอปพลิเคชันฟาร์มผัก

Vegetable Farm Application Through IoT

นพรัตน์ จันทร์สุวรรณ[1] และ มณฑาทิพย์ ศรีจันทร์[1*]

Noppharat Jansuwan[1] and Monthathip Srichan[1*]

บทคัดย่อ

จากการเติบโตของเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ต และเครื่องมือสื่อสารแบบอัจฉริยะในปัจจุบันทำให้ การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต และ การประกอบอาชีพมีการเปลี่ยนแปลงไป อินเตอร์เน็ตออฟธิง หรือ อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นอีกแนวคิดถึงที่ได้เข้ามามีบทบาทกับการใช้ชีวิต และการทำงานในปัจจุบันนี้ เนื่องด้วยอินเตอร์เน็ตออฟธิง เป็นแนวคิดในการนำอุปกรณ์ต่างๆมาเชื่อมโยงกันผ่านเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ต โดยให้สามารถควบคุมการทำงานต่างๆได้ เช่น การเปิดปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านมือถือ การเปิดปิดอุปกรณ์ หรือ ควบคุมอุณหภูมิ และน้ำในการปลูกผักผ่านระบบมือถือ เป็นต้น ในปัจจุบันนโยบาย Thailand 4.0 ที่รัฐบาลกำหนดขึ้นเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจโดยที่ใช้เทคโนโลยีในการขับเคลื่อน การทำเกษตรกรรมแนวใหม่ภายใต้เทคโนโลยีสมัยใหม่จึงได้เกิดเป็นแนวคิดในการทำงานวิจัยนี้ โดยการนำอินเตอร์เน็ตออฟธิงมาจัดทำการปลูกผักในระบบแบบฟาร์มเปิดแบบอัจฉริยะ โดยมีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของการปลูกผักนี้ผ่านระบบมือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการควบคุมการปลูกผักในฟาร์มระบบเปิดเช่น ความชื้น ค่าอุณหภูมิ แสง เป็นต้น ซึ่งระบบงานนี้สามารถทำให้ลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการปลูกผักได้ ตามแนวคิดที่ว่าพื้นที่น้อย ผลผลิตสูงและแน่นอน ซึ่งปัจจัยหลักของเกษตรกรในการปลูกผักในปัจจุบันคือขึ้นอยู่กับธรรมชาติ ซึ่งระบบงานที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นอีกระบบงานหนึ่งที่สามารถลดความเสี่ยงในการปลูกผักให้กับเกษตรกรได้

คำสำคัญ : นโยบาย Thailand 4.0, อินเตอร์เน็ตออฟธิง, อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ระบบการปลูกผักในระบบเปิด

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University, Radsada Sub-district , Muang District, Phuket Province 83000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : monthathippung@gmail.com

ABSTRACT

Currently, Internet technology and data communication have rapidly developed. They have an important role in daily life. The Internet of Things (IoT) is the network of physical devices which are part of tools for control the devices in home or farm for example. It will be run via software which has successfully complied already. One of the most important things of IoT is internet, similarity a car cannot run if it has not fuel.Right now, Internet of Things are growing up in many businesses, especially, in agricultural business. Therefore, the information system has developed which combined IoT to control vegetable farm. It can help the farmers to control their farm specifically designed for open vegetable farm. The main functions for this system are temperature and humidity and light control. Moreover, the system completely follows by Thailand 4.0 policy.

Keywords: Thailand 4.0, Internet of Things, Vegetable farm, Open System

บทนำ

ในปัจจุบัน โลกของเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตมีการเติบโตที่สูงมาก มีการพัฒนาจนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างสะดวก สามารถติดตามข่าวสารหรือข้อมูลต่างๆได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งทางด้านเครื่องมือสื่อสารนั้น มีการพัฒนาที่รวดเร็วเช่นกัน จนเข้ามามีบทบาทและกลายเป็นสิ่งจำเป็นต่อการใช้ชีวิตประจำวัน เครื่องมือสื่อสารในปัจจุบันเป็นเครื่องมือสื่อสารแบบอัจฉริยะ สามารถทำงานได้เปรียบเสมือนเป็นคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง

อินเตอร์เน็ตออฟธิง หรือ อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีอินเตอร์เน็ต ซึ่งเป็นแนวคิดที่นำอุปกรณ์ต่างๆ มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ เช่น ควบคุมการเปิดปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ควบคุมการเปิดปิดน้ำ เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้โทรศัพท์มือถือในการควบคุมหรือตรวจสอบได้ โดยมีเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร

นโยบาย Thailand 4.0 เป็นนโยบายที่รัฐบาลกำหนดขึ้นเพื่อสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ จากทำมาก-ได้น้อย ให้กลายเป็นทำน้อย-ได้มาก โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยสนับสนุนการพัฒนา โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรม ด้านการท่องเที่ยว และด้านเกษตรกรรม ในด้านของเกษตรกรรม ได้นำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ จนเกิดเป็นการทำเกษตรกรรมแนวใหม่ที่อยู่ภายใต้เทคโนโลยีสมัยใหม่ จึงเกิดเป็นแนวคิดในการทำวิจัยนี้ขึ้นมา โดยนำแนวคิดอินเตอร์เน็ตออฟธิง เข้ามาประยุกต์ใช้ในการปลูกผักในฟาร์มแบบเปิด ซึ่งสามารถควบคุมการเปิดปิดน้ำ การให้ปุ๋ยแบบน้ำ การตรวจสอบสภาพแวดล้อมในแปลงผัก ผ่านทางโทรศัพท์มือถือที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการปลูกผัก เช่น การเหี่ยวเฉา การเจริญเติบโตที่ไม่เต็มที่ของผัก เป็นต้น ช่วยลดเวลาในการจัดการให้น้ำและปุ๋ย และช่วยเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิต

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวิจัยนี้จะใช้ MIT App Inventor เป็นเครื่องมือในการพัฒนา ซึ่ง MIT App Inventor ไม่ได้เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันในรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่เป็นบรรทัด แต่จะเป็นการเขียนโปรแกรมในรูปแบบการวาง Block โดยในแต่ละ Block จะมีคำสั่งของโปรแกรมอยู่ภายใน ทำให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันได้ง่ายขึ้น การส่งข้อมูลควบคุมอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จากแอปพลิเคชันจะส่งข้อมูลผ่าน REST API ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลไปพร้อมกับ URL (Uniform Resource Locator) ในรูปแบบที่กำหนดไว้ของ NETPIE (NETPIE เป็นบริการที่ใช้เชื่อมต่อข้อมูลรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยมีอินเตอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นภายในแปลงผัก เช่น การเหี่ยวเฉา การเจริญเติบโตที่ไม่เต็มที่ของผัก เป็นต้น
2. เพื่อเพิ่มความสะดวกในการจัดการระบบน้ำและปุ๋ย

ขอบเขตของการวิจัย

1. พื้นที่การทำเกษตรกรรมที่เป็นสวนผัก
2. จัดทำในส่วนของระบบน้ำและการให้ปุ๋ย
3. แอปพลิเคชันนี้รองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบนี้สามารถทำงานได้จริง
2. สามารถช่วยเพิ่มความสะดวกและลดเวลาในการจัดการระบบน้ำและปุ๋ย
3. สามารถลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นในแปลงผักได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ดังนี้

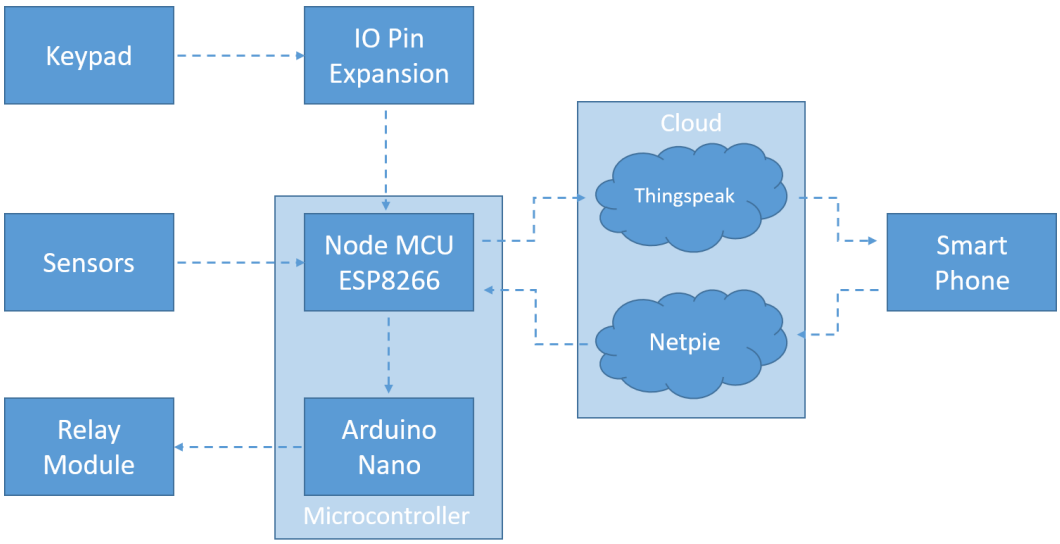
1.1 ซอฟต์แวร์

1. MIT App Inventor เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Android
2. Arduino IDE เป็นเครื่องมือที่ใช้เขียนโปรแกรมลงบน Arduino Nano และ NodeMCU ESP8266
3. NETPIE เป็นบริการที่ใช้เชื่อมต่อข้อมูล รับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยมีอินเตอร์เน็ตเป็นสื่อกลางในการสื่อสาร
4. ThingSpeak เป็นบริการ Cloud ที่สามารถเก็บค่าต่างๆที่เป็นตัวเลข และแสดงผลเป็นกราฟ

1.2 ฮาร์ดแวร์

1. Arduino Nano เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็ก สามารถเขียนโปรแกรมให้ทำงานตามที่ต้องการได้
2. NodeMCU ESP8266 เป็นอุปกรณ์ประเภทเดียวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีความสามารถเหมือนกัน แต่จะรองรับการทำงานแบบ Internet of Things (IoT)
3. เซนเซอร์ต่างๆ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับค่าต่างๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ เป็นต้น ของสภาพแวดล้อมแล้วส่งให้กับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปประมวลผล ซึ่งเซนเซอร์ที่ใช้ในวิจัยนี้ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความชื้นดิน เซนเซอร์วัดความชื้นอากาศ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศ เซนเซอร์วัดค่าความสว่างของแสง เซนเซอร์วัดอัตราการไหลของน้ำ เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
4. คอมพิวเตอร์
5. โทรศัพท์มือถือ

2. กระบวนการทำงาน

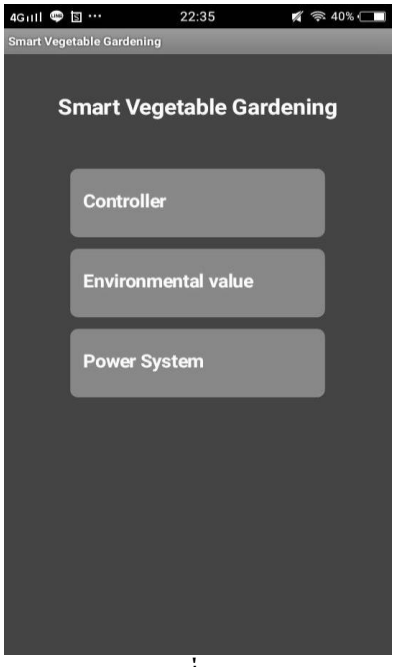


ภาพที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 1 แสดงการทำงานของระบบโดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้ดังนี้

1. การส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปที่โทรศัพท์มือถือ
    1. เซนเซอร์ต่างๆจะรับค่าเข้ามาแล้วส่งไปที่ NodeMCU ESP8266
    2. NodeMCU ESP8266 ส่งค่าสภาพแวดล้อมต่างๆ ขึ้น Thingspeak
    3. โทรศัพท์มือถือรับค่าจาก Thingspeak ผ่านแอปพลิเคชัน
2. การส่งคำสั่งควบคุมจากโทรศัพท์มือถือไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์
    1. ส่งคำสั่งควบคุมการปิดเปิดน้ำหรือปุ๋ยจากโทรศัพท์มือถือไปที่ Netpie
    2. ค่าต่างๆที่ส่งไปที่ Netpie จะถูกส่งไปที่ NodeMCU ESP8266
    3. คำสั่งควบคุมปิดเปิดน้ำหรือปุ๋ยจะถูกส่งจาก NodeMCU ESP8266 ไปที่ Arduino Nano
    4. Arduino Nano จะทำการปิดเปิดชุด Relay ตามคำสั่งที่ได้รับมา

ผลและวิจารณ์ผล



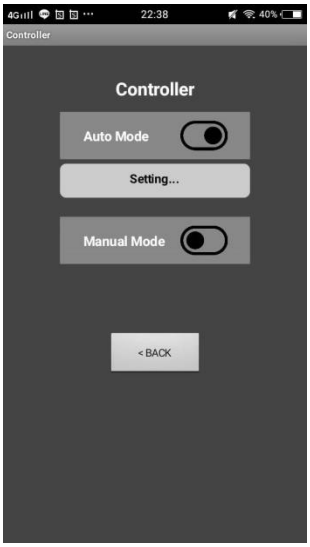
ภาพที่ 2 เมนู

จากภาพที่ 2 แสดงถึงหน้าของเมนู ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 เมนู ดังนี้

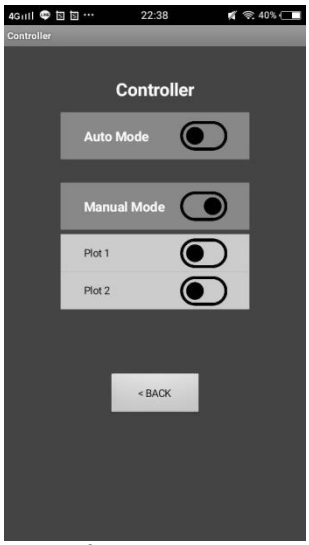
1.Controller คือ ส่วนที่ใช้ในการควบคุมชุดอุปกรณ์ไมโครคอนโทลเลอร์ให้เปิดหรือปิดวาล์วน้ำ

2.Environmental Value คือ ส่วนที่ใช้ในการแสดงค่าของสภาพแวดล้อมต่างๆในพื้นที่เพาะปลูก เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น เป็นต้น

3.Power System คือ ส่วนที่ใช้ในการแสดงค่าทางไฟฟ้า เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า เป็นต้น ที่ใช้ชาร์จแบตเตอร์รี่ และที่อุปกรณ์นำไปใช้



ภาพที่ 3 การควบคุมโหมด Auto

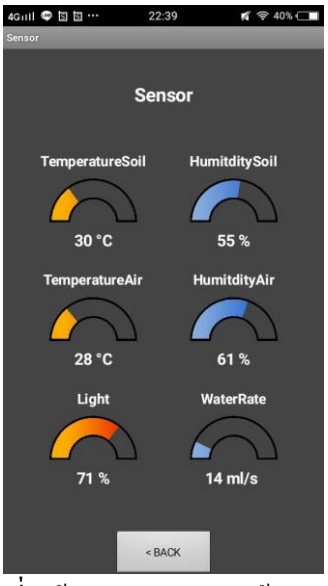


ภาพที่ 4 การควบคุมโหมด Manual

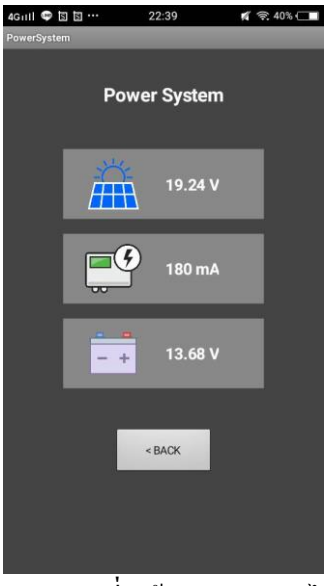
จากภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงถึงหน้าเมนู Controller ซึ่งจะแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 โหมด คือ

1.Auto Mode เป็นโหมดการควบคุมอุปกรณ์แบบอัตโนมัติ ซึ่งหากเลือกโหมดนี้ ผู้ใช้จะต้องทำการตั้งค่าว่า เมื่อมีความชื้น หรืออุณหภูมิเท่าไรจึงจะเปิดหรือปิดวาล์วน้ำ

2.Manual Mode เป็นโหมดการควบคุมอุปกรณ์แบบธรรมดา โดยจะไม่มีการตั้งค่าใดๆ แต่ผู้ใช้สามารถตัดสินใจได้ด้วยตนเองว่าจะเปิดหรือปิดน้ำ



ภาพที่ 5 ข้อมูลของสภาพแวดล้อม



ภาพที่ 6 ข้อมูลของระบบไฟฟ้า

จากภาพที่ 5 แสดงถึงหน้าเมนู Environmental Value ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่างๆของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.Temperature Soil คือ ค่าอุณหภูมิของดิน

2.Humidity Soil คือ ค่าความชื้นของดิน

3.Temperature Air คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศ

4.Humidity Air คือ ค่าความชื้นในอากาศ

5.Light คือ ค่าความสว่างของแสงจากดวงอาทิตย์

6.Water Rate คือ ค่าอัตราการไหลของน้ำ

จากภาพที่ 6 แสดงถึงหน้าเมนู Power System ซึ่งแสดงรายละเอียดของค่าทางไฟฟ้า เช่น ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอร์รี่จากแผงโซล่าเซลล์ ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่แบตเตอร์รี่และที่อุปกรณ์นำไปใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้แอปพลิเคชัน และชุดอุปกรณ์ควบคุมที่จัดทำขึ้นมาในสวนผัก ปรากฏว่าสามารถช่วยอำนวยความสะดวกได้อย่างมาก ช่วยลดระยะเวลาในการจัดการระบบน้ำและปุ๋ยในสวนผัก อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงและความเสียหายในสวนผักระดับหนึ่ง ซึ่งปัจจัยความเสียหายในสวนผักจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในแต่ละวัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ ภาวดี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี พรผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่คอยให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งทางด้านการเขียนโปรแกรม และด้านการจัดทำบทความ จนวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ อุไรรัตน์ มากจันทร์ ที่คอยช่วยดูแลในเรื่องการของบประมาณในการจัดทำวิจัยนี้

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และคุณย่า ที่คอยช่วยเหลือในส่วนของงบประมาณเพิ่มเติม และช่วยแนะนำให้คำปรึกษาในเรื่องการปลูกผัก

ท้ายที่สุดนี้ หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางผู้จัดทำวิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องนั้น และทางผู้วิจัยหวังว่าวิจัยนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

ไกรสร สืบบุญ. 2560. **บทความ Arduino.** แหล่งที่มา: https://www.arduinoall.com/article (30 พฤศจิกายน 2560).

พนิตา พงษ์ไพบูรณ์, ชาวีร์ อิสริยภัทร์, กุลชาติ มีทรัพย์หลาก, เอมอัชนา นิรันตสุขรัตน์, เปรมฤดี เอี่ยมสุภัคกุล,อนันท์ ปัญญา , ชัยวิทย์ แสนทวีสุข. 2560. **คู่มือการใช้งาน NETPIE.**

แหล่งที่มาhttps://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B9jvOTVzGjXJdFZfV3ZvcjhsUjg (30 พฤศจิกายน 2560).

Mintkhwan. 2560. **[IoT] ส่งข้อมูลจาก NodeMCU (ESP8266) ไปยัง ThingSpeak.** แหล่งที่มา: https://medium.com/@mintkhwan/iot-ส่งข้อมูลจาก-nodemcu-esp8266-ไปยัง-thingspeak-951348531c5f (3 ธันวาคม 2560)

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาเกษตรกรจังหวัดภูเก็ต)

Development of applications for Buying and Selling Agricultural Products (Case study of Phuket Farmers)

ธีรเมธ เสมพืช[1*] และ อุไรรัตน์ มากจันทร์ [1]

Teeramait Semphuet[1*] and Urairat Makchan[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาเกษตรกรจังหวัดภูเก็ต) เนื่องจากปัจจุบันคนส่วนใหญ่ในจังหวัดภูเก็ตทำอาหารรับประทานเองเพราะอาหารสำเร็จรูปมีราคาแพง การซื้อวัตถุดิบในการทำอาหารก็มาจากตลาดนัดหรือห้างสรรพสินค้า ซึ่งมีราคาแพงเช่นกัน ส่วนเกษตรกรที่มีการผลิตพืชผลทางเกษตรก็มักจะนำผลผลิตที่ได้มาขายผ่านพ่อค้าคนกลางซึ่งอาจมีการกดราคาและขายผลผลิตได้ในราคาถูก

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้จัดทำได้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขาย สินค้าผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต) โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขาย สินค้าผลผลิตทางการเกษตร 2) เพื่อเพิ่มช่องทางในการซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตรให้กับเกษตรกรและผู้ซื้อในจังหวัดภูเก็ต เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น และผู้ซื้อก็สามารถเลือกซื้อสินค้าได้ตามความต้องการผ่านแอปพลิเคชัน เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบได้แก่ Android Studio สำหรับใช้พัฒนา โปรแกรม Appserv สำหรับการจำลองเครื่องแม่ข่าย และภาษาจาวาในการพัฒนาแอพพลิเคชันร่วมกับฐานข้อมูล MySQL

คำสำคัญ : เกษตรกร, แอปพลิเคชัน , สินค้าทางการเกษตร

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University, Rachada, Muang, Phuket, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : : s5710886108@pkru.ac.th

ABSTRACT

Development of applications for buying and selling agricultural products (Case study of Phuket farmers) is from most people in Phuket who have home-cooked meals because of expensive instant food. Moreover, the purchase of raw materials for their cooking also comes from the market or shopping mall which is at a high price. About farmers who produce the agricultural products, they usually bring their products to sell through the middlemen who may be undercutting and selling products at a cheap price. From the mentioned reasons above, the authors had developed applications for buying and selling agricultural products (Case study of Phuket farmers) with the objectives consisted of 1) to develop applications for buying and selling agricultural products; and 2) to increase the ways of buying and selling agricultural products for farmers and buyers in Phuket with the purpose of increasing income for farmers, and buyers can also choose the products as their needs through these applications. The tools used for system development include Android Studio for developing Appserv program for server simulation and Java language to develop applications along with MySQL database.

Keywords: Farmers, Applications, Agricultural Products

บทนำ

สังคมในยุคปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่มีแนวโน้มที่จะถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การสร้างแอปพลิเคชันสำหรับระบบปฏิบัติการบนสมาร์ทโฟนก็เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่กำลังถูกจับตามองและมีการพัฒนาอย่างกว้างขวางกับการทำงานทางด้านต่าง ๆ เนื่องจากมีประโยชน์ในการใช้งานครอบคลุมในทุกความต้องการ มีขนาดเล็กกระทัดรัด สามารถพกพาได้สะดวก มีการสื่อสารกันได้ตลอดเวลา จากคุณสมบัติ ที่ตอบรับทุกความต้องการจึงเป็นที่ต้องการของบุคคลในสังคมยุคใหม่

ประชากรส่วนหนึ่งของจังหวัดภูเก็ตมีอาชีพทำการเกษตรมีการปลูกพืช ที่สามารถแยกเป็นพืชเศรษฐกิจ ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว สับปะรด สะตอ พืชผัก หรือผลไม้ต่าง ๆ ซึ่งในส่วนที่เป็นพืชผัก หรือผลไม้ เกษตรกรส่วนใหญ่จะมีการขายให้กับพ่อค้าคนกลาง ทำให้ได้ราคาต่ำ

เกษตรกรผู้ซึ่งผลิตสินค้าทางการเกษตร เพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารให้กับผู้บริโภคได้ทุกเอารัดเอาเปรียบเรื่องของราคาจากพ่อค้าคนกลางมาตลอดระยะเวลา ได้ราคาขายผลผลิตที่ต่ำหรือบางครั้งมีราคาที่ต่ำกว่าต้นทุน ต้องแบกภาระการขาดทุนทำให้เกิดมีหนี้สิน ในขณะเดียวผู้บริโภคก็ใช่ว่าจะได้ซื้อสินค้าในราคาที่ถูก เมื่อผ่านพ่อค้าคนกลางหลายๆ คน

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ต้องการให้เกษตรกรเป็นผู้กำหนดราคาผลผลิตของเกษตรกรเองและขายสินค้าให้ผู้บริโภคโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง ทำให้ผู้บริโภคซื้อสินค้าที่มีความคุณภาพและราคาไม่แพง โดยการพัฒนาแอพพลิชั่นสำหรับการซื้อ-ขายสินค้าผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีมาสนับสนุนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้าผลผลิตทางการเกษตร
2. เพื่อเพิ่มช่องทางในการซื้อ-ขายสินค้าผลผลิตทางการเกษตร

ขอบเขตของงานวิจัย

1. แอปพลิเคชันนี้รองรับบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย
2. กลุ่มผู้งานทั่วไป และเกษตรกรในจังหวัดภูเก็ต

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานและเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ได้จริง
2. สามารถช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีดำเนินการวิจัย

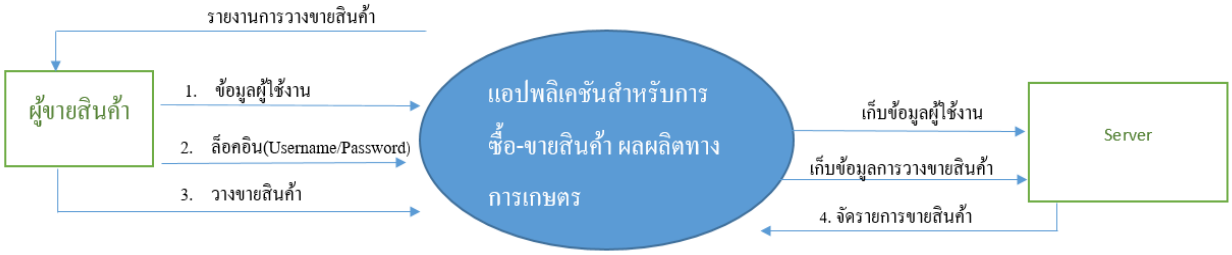
การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาเกษตรกรจังหวัดภูเก็ต) มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ **1** ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับทำการเกษตรและการขายสินค้าผลผลิตของเกษตรกรในจังหวัดภูเก็ต

ขั้นตอนที่ **2** วิเคราะห์และออกแบบการทำงานของแอพพลิเคชัน ซึ่งได้ทำการจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (**Data Flow Diagram : DFD)** ดังภาพที่ 1 - ภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แบบจำลองขั้นตอนการทำงานส่วนของผู้ใช้งาน

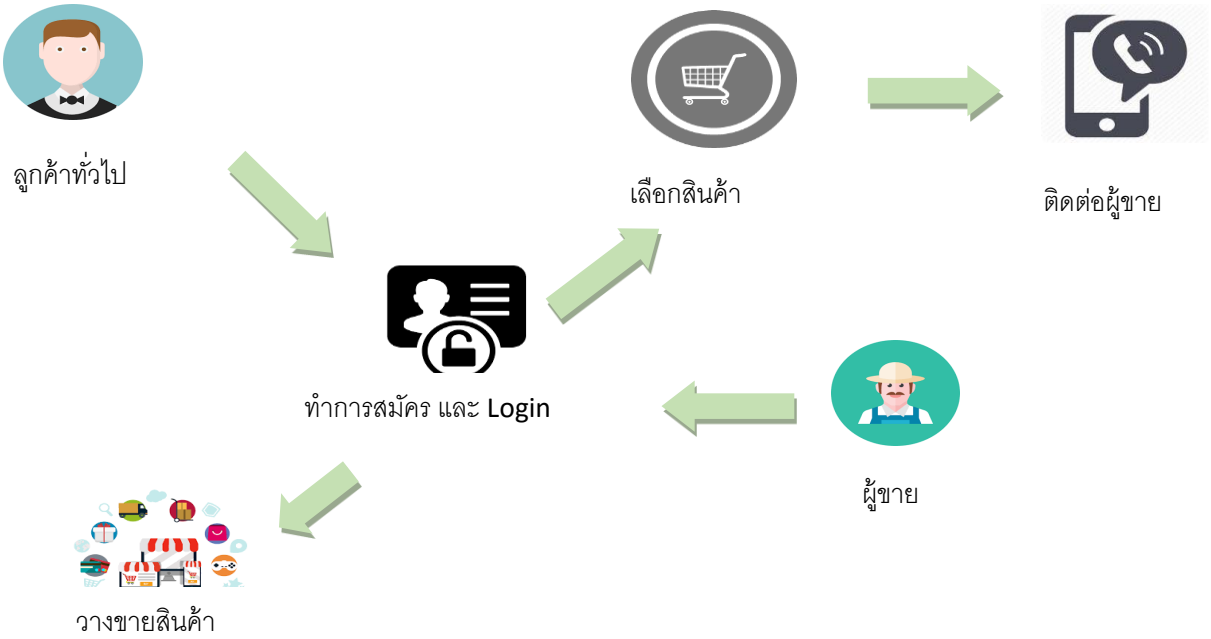


ภาพที่ 2 แบบจำลองขั้นตอนการทำงานส่วนของผู้ขายสินค้า

จากภาพสามารถอธิบายมีขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันดังนี้

1) ผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจะเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานใหม่ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดที่เข้าสู่แอปพลิเคชันจะอัพโหลดเก็บข้อมูลไว้บน Server ทั้งหมด
2) ผู้ใช้งานทำการ Login เข้าสู่ระบบ
3) ผู้ใช้งานฝั่งทางด้านผู้ใช้ทั่วไปทำการเลือกซื้อสินค้าที่ต้องการ จากนั้นติดต่อกับผู้ขาย
4) ผู้ใช้งานฝั่งทางด้านผู้ขายสินค้าทำการเพิ่มข้อมูลรายการสินค้า
5) ผู้ใช้งานฝั่งทางด้านผู้ขายสินค้าทำการแก้ไข หรือลบ รายการสินค้า
6) ผู้ใช้งานทั้งสองฝั่งเรียกดูรายงานการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละวันได้
7) ผู้ใช้งานทั้งสองฝั่ง Log out ออกจากแอปพลิเคชัน

กระบวนการทำงาน



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

จากภาพขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร(กรณีศึกษาเกษตรการจังหวัดภูเก็ต) สามารถแบ่งออกได้ 4 ส่วนการทำงานหลักด้วยกันประกอบด้วย

1) การรับข้อมูลเข้าแอปพลิเคชัน
   - กรณีผู้ใช้ยังไม่เคยใช้แอปพลิเคชัน ผู้ใช้จะต้องมีการสมัครเข้าใช้ผ่านแอปพลิเคชัน และระบบจะให้กรอกข้อมูลส่วนตัว
   - กรณีที่ผู้ใช้เคยใช้แอปพลิเคชัน
   - ผู้ใช้ป้อน ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผ่าน
   - มีการเลือกรายการที่ต้องการทำ
     - ฝั่งด้านผู้ใช้ทั่วไป เช่น การเลือกซื้อสินค้า การติดต่อผู้ขาย
     - ฝั่งด้านผู้ขาย เช่น การวางสินค้าในการขาย จัดการรายการสินค้าที่วางขาย

2) การประมวลผล

- ระบบจะมีการตรวจสอบสมาชิก และประมวลผลตามรายการที่ผู้ใช้ต้องการ

3) การแสดงผล

- ผู้ใช้จะได้ทราบรายการสินค้าที่สั่ง

4) การจัดเก็บข้อมูล

- จากการทำรายการทั้งหมดของผู้ใช้ ข้อมูลจะถูกส่งไปยัง Server โดยใช้ภาษา PHP เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลบน Server

ขั้นตอนที่ 3 เครื่องมือที่ใช้การพัฒนาแอปพลิเคชัน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ประกอบไปด้วย

1) Android Studio เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android

2) คำสั่ง MySQL

3) เครื่องคอมพิวเตอร์, สมาร์ทโฟน

ขั้นตอนที่ 4 พัฒนาแอปพลิเคชัน

ขันตอนที่ 5 ทดลองใช้และปรับปรุงแก้ไข

ผลและวิจารณ์ผล



ภาพที่ 3 หน้าล็อกอินการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน กรณีที่ผู้ใช้เคยสมัครสมาชิกไว้แล้ว



ภาพที่ 4 หน้าล็อกอินการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน กรณีที่ผู้ใช้ไม่เคยสมัครสมาชิก



ภาพที่ 5 หน้าหลักของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 6 เพิ่มสินค้าในการขาย



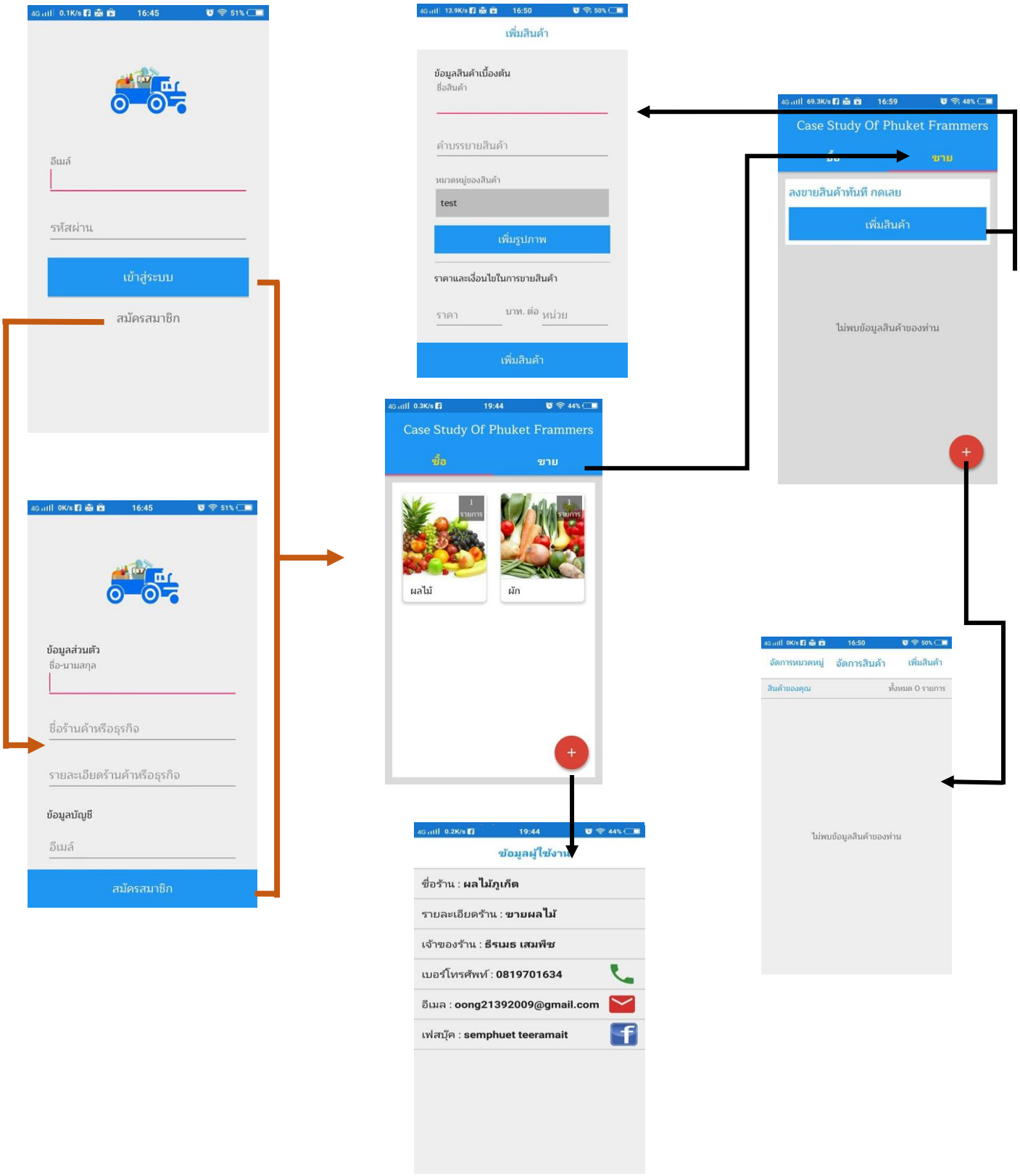
ภาพที่ 7 หน้าแสดงรายละเอียดผู้ใช้งาน



ภาพที่ 8 หน้าแสดงรายละเอียดผู้ขายสินค้า



ภาพที่ 9 จัดการรายการสินค้าที่วางขาย



ภาพที่ 10 ลักษณะการเชื่อมต่อกันระหว่าง แต่ละหน้าจอของแอปพลิเคชัน

จากผลการพัฒนาจะเห็นได้ว่าเมื่อลูกค้าเข้ามาสู่แอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต) ลูกค้าสามารถที่จะชมสินค้าหลาย ๆ แบบที่ทางร้านมี และถ้าสนใจสินค้าแบบไหนก็สามารถที่จะสั่งซื้อได้ทันที โดยลูกค้าจะต้องสมัคร สมาชิก เพื่อเป็นการยืนยันที่อยู่ และให้ระบบจัดการในส่วนของขั้นตอนการซื้อขาย ซึ่งระบบตะกร้า ทำให้ลูกค้าสะดวกในการเลือกสินค้าหลาย ๆ แบบในการซื้อสินค้าแต่ละรายการ ในส่วนของผู้ขาย สามารถที่จะดูได้ว่า มีลูกค้ามาซื้อสินค้าจำนวนเท่าไหร่ ซื้อแค่ไหน และโอนเงินแล้วหรือยัง รวมไปถึง การจัดการหลังร้าน ระบบจัดการสมาชิกผู้ขายสามารถแก้ไขหรือลบข้อมูลลูกค้าที่อยู่ในระบบได้ ระบบจัดการเนื้อหาผู้ขายสามารถที่จะแก้ไขหัวข้อและเนื้อหาได้ ระบบจัดการสินค้าผู้ขายสามารถที่ จะเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขสินค้าในแต่ละแบบได้ ระบบรายงานผู้ขายสามารถที่จะดูได้ว่าขายสินค้าแบบใดไปบ้างใครเป็นผู้ซื้อและเป็นจำนวนเงินเท่าไหร่ โดยกำหนดเป็นช่วงเวลาได้

สรุปผลการวิจัย

แอปพลิเคชันสำหรับการ ซื้อ-ขายสินค้า ผลผลิตทางการเกษตร (กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต) ทำให้ลูกค้าสามารถเลือกดูสินค้าผ่านหน้าแอพพลิเคชันได้ โดย ที่ลูกค้าไม่จำเป็นจะต้องเดินทางมาเลือกสินค้าด้วยตัวเอง ทำให้อำนวยความสะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย และเวลาในการเดินทาง ในส่วนของผู้ขายก็ไม่จำเป็นจะต้องมีหน้าร้านประหยัดค่าใช้จ่ายในการลงทุน และสามารถขายสินค้าได้ตลอด 24 ชั่วโมง

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทั้งทางด้านการเขียนโปรแกรม และด้านการจัดทำบทความ จนวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้ทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่คอยช่วยเหลือในส่วนของงบประมาณและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางผู้จัดทำวิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วยและหวังว่าวิจัยนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. **2550.** การพัฒนาแอปพลิเคชั่นเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ **แหล่งที่มา:** https://gsbooks.gs.kku.ac.th/57/grc15/files/hmo31.pdf **. 2017**

สุรพันธ์ ทัดแก้ว. **2554.** การศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้งาน iOS, Android, Windows Mobile, BlackBerry OS **แหล่งที่มา:** http://eprints.utcc.ac.th/2730/2/2730fulltext.pdf **. 2011**

แอปพลิเคชันบริการร้านซักรีด

Laundry Service Application

จีรพงศ์ พลเดช [1*] และ อุไรรัตน์ มากจันทร์ [1]

Jeraapong Paldate [1*] and Urairat Makchan [1]

บทคัดย่อ

ธุรกิจร้านซักรีดเป็นหนึ่งในธุรกิจที่ได้รับความนิยมอย่างมากในสังคมเมืองยุคปัจจุบัน จึงเป็นธุรกิจที่ต้องมีการแข่งขันกันมากเช่นกัน การปรับกลยุทธ์และวิธีการ การให้บริการก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้ประกอบธุรกิจเพื่อเพิ่มลูกค้าและรายได้ให้กับทางร้าน การจัดทำแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีดพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มช่องทางการให้บริการเกี่ยวกับการซักรีดทั้งในส่วนของเจ้าของร้านและเพื่อความสะดวกสบายให้กับผู้ใช้บริการร้านซักรีด ผู้จัดทำจึงได้ศึกษาข้อมูล การให้บริการของร้านซักรีดในจังหวัดภูเก็ต และพฤติกรรมการซักผ้าของให้บริการร้านซักรีด พบว่าส่วนใหญ่ร้านซักรีดต้องรอให้ลูกค้านำผ้ามาซักเองกับทางร้าน และผู้ใช้บริการซักรีดส่วนใหญ่ก็ทำงานนอกบ้าน ไม่ค่อยมีเวลาจึงส่งผ้าซักร้านซักรีดที่ตนเองสะดวกและไว้วางใจ

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีดที่สามารถนำไปใช้กับร้านซักรีดที่เจ้าของร้านสามารถดูข้อมูลในการส่งผ้าซักของผู้ใช้บริการ การทำโปรโมชั่น และเป็นการอำนวยความสะดวกต่อลูกค้าแจ้งรายการซักผ้า ค่าใช้จ่ายในการซักผ้า โดยผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่งใช้หลักทฤษฎีในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ โปรแกรม Android Studio โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล SQL

คำสำคัญ : ร้านซักรีด, แอปพลิเคชัน,ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ABSTRACT

Laundry Business is one of the most popular businesses in today's urban society as a very competitive business. Adjusting strategies and methods for the service is also one choice for business operators to increase the customers and income of their business. The laundry service application has been developed to increase the availability of convenient laundry service for both the owner and the laundry service users. The authors had studied the information of laundry services in Phuket and laundry behavior of laundry service providers. It was found that most laundry service providers had to wait for the customers to deliver their own clothes to them, and most of the laundry service users also work outside; not to have enough time to arrange the laundry by themselves; therefore, they prefer delivering their clothes to the laundry service they convenient and trust. From the above mentioned information, the authors had the concept of laundry service application development which can be used with a laundry services where their owners can also check on the information of laundry delivery from their customers, providing promotion, and any other convenience for the customers to notify their laundry lists and laundry cost via their smartphone devices by applying the theory of information technology development for system development with the tools consisting of Android Studio, Java language, PHP language, and SQL database management program.

Keywords: Laundry Service, Application, Android Operating System

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,Rachada, Muang, Phuket, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์(Corresponding author, e-mail) : jeraapong080poldate@gmail.com

บทนำ

ปัจจุบันมีคำพูด คำหนึ่งที่ทุกคนต้องเคยได้ยิน คือคำว่า สตาร์ทอัพ (Starup) ซึ่งมีความหมายว่า ธุรกิจที่เกิดขึ้นใหม่ เพื่อรองรับธุรกิจด้านไอที เป็นธุรกิจที่สร้างรายได้จำนวนมาก เป็นธุรกิจที่เกิดขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน โดยส่วนใหญ่ก็เป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันเข้ามาสนับสนุนในการทำธุรกิจ และธุรกิจ Starup เป็นหนึ่งในนโยบายสำคัญที่รัฐบาลตั้งหวังที่จะผลักดันให้เป็นกลไกในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจประเทศ ส่งเสริมให้ประชาชนทำธุรกิจเพื่อการมีรายได้ที่เพิ่มขึ้น

ภูเก็ตเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีชื่อเสียงทางด้านการท่องเที่ยว มีคนเข้ามาในจังหวัดมากมายทั้งมาท่องเที่ยว มาทำงานร่วมทั้งมาประกอบธุรกิจ ดังนั้นธุรกิจหนึ่งที่น่าสนใจ คือร้านซักรีด ปัจจุบันธุรกิจร้านซักรีดได้เกิดขึ้นมากมายในจังหวัดภูเก็ต จึงมีการแข่งขันกันสูง การปรับกลยุทธ์และวิธีการ การให้บริการผ่านแอพพลิเคชั่นก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจ อีกทั้งคนส่วนใหญ่ก็มือการใช้อุปกรณ์สื่อสารที่สามารถรองรับแอพพลิเคชั่นต่างๆ อยู่แล้ว

ดังนั้นผู้จัดจึงมีแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชัน บริการร้านซักรีดเพื่อเป็นช่องทางการให้บริการเกี่ยวกับการซักรีดทั้งในส่วนของเจ้าของร้านที่เป็นการเพิ่มรายได้ และส่งเสริมการขายอีกรูปแบบหนึ่ง ในส่วนผู้ใช้บริการร้านซักรีดก็มีความสะดวกสบายในการส่งผ้าซักรีด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบริการร้านซักรีด
2. เพื่อเพิ่มช่องทางในการสร้างรายได้ให้ร้านซักรีด

ขอบเขตของงานวิจัย

1. แอปพลิเคชันนี้รองรับบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย
2. กลุ่มผู้ใช้ทั่วไป

สิ่งที่คิดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้งานและเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้ได้จริง
2. สามารถเพิ่มรายได้และช่องทางในการหาลูกค้าเพิ่มให้ร้านซักรีด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.แอพพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอ บนมือถือระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์

ปานจิตร์ และ สุรสีห์ (2559) ได้จัดทำโครงการแอพพลิเคชันรับรู้และ แสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวจังหวัดเพชรบุรี ตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอ บนมือถือระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ โดยใช้สถานที่ท่องเที่ยวอำเภอ เมือง จังหวัดเพชรบุรี เป็นกรณีศึกษา และ ประเมินการยอมรับแอพพลิเคชัน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักท่องเที่ยวที่ เดินทางมาท่องเที่ยวภายในจังหวัดเพชรบุรี และใช้โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แอพพลิเคชันรับรู้และแสดงตำแหน่งสถานที่ท่องเที่ยวตามการจำแนกกลุ่มของผู้ใช้ ด้วยกูเกิ้ลแมพเอพีไอ บนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และแบบสอบถามการยอมรับจากผู้ใช้ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.โครงการมคัคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ(The Virtual Tour Guide on A Mobile Phone)

นายจิตรพัฒน์ อังสาชน (2554) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ได้จัดทำ โครงการมคัคุเทศก์เสมือนบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งเน้นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานบนโทรศัพท์มือถือและนำเอาพฤติกรรมของผู้ใช้โทรศัพท์มือถือที่ชื่นชอบในการถ่ายภาพและนำภาพถ่ายไปเผยแพร่บนสื่อสังคมออนไลน์มาประยุกต์เข้ากับเทคนิคการ

ประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อช่วยในการวางแผนการท่องเที่ยว (Travel Planning) และสนับสนุนการกระจายข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวระบบงานจะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ1) ส่วนวางแผนการ ท่องเที่ยวที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการของนักท่องเที่ยวที่มีราคาประหยัดและคุ้มค่ามากที่สุด 2) ส่วนมัคคุเทศก์เสมือน โดยระบบสามารถอธิบายรายละเอียดของสถานที่ท่องเที่ยวได้เพียงแค่ ถ่ายรูปจากโทรศัพ ท์มือถือ เปรียบเสมือนมีมัคคุเทศน์ตามไปด้วยทุกที่ และ 3) ส่วนประชาสัมพันธ์ สถานที่ท่องเที่ยวโดยระบบสามารถที่จะกระจายข่าวสารผ่าน Facebook API

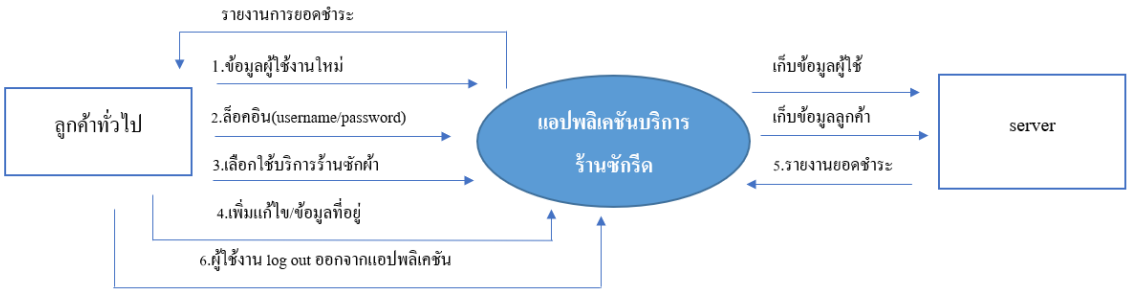
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีด เป็นงานวิจัยเชิงพัฒนา มีขั้นตอนการพัฒนาได้แก่

1. **ศึกษาและกำหนดปัญหา** โดยผู้วิจัยได้ทำการสังเกตการให้บริการร่วมถึงการใช้บริการร้านซักรีดของคนส่วนใหญ่ พบว่าผู้ให้บริการมีการเช่าหน้าร้านเพื่อเปิดเป็นร้านซักรีดเพื่อให้ผู้คนเห็นแล้วเข้ามาใช้บริการตามความชอบ ส่วนผู้ใช้บริการก็เอาความสะดวกคือใช้บริการของร้านที่อยู่ในพื้นที่ใกล้ เคียงๆ กับที่อยู่อาศัย

2. **การวิเคราะห์**และออกแบบ เป็นการวิเคราะห์ของความไปได้ของระบบงานใหม่ จากการวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของระบบ ซึ่งได้มีการสร้างแบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบโดยใช้ context diagram แสดงการทำงานของระบบ สามารถจำลองด้วยแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) ได้เป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนของลูกค้าทั่วไป

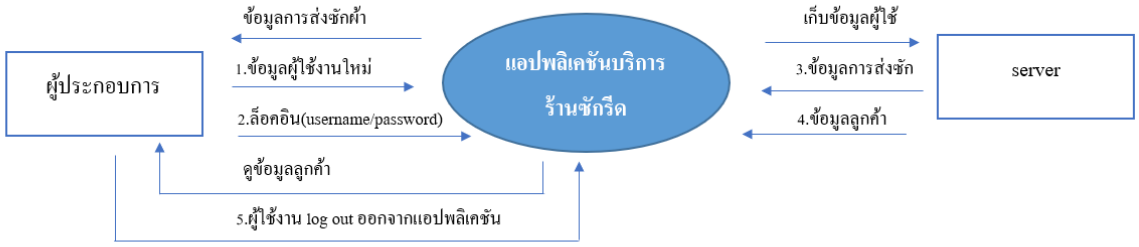


ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

มีขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันตามภาพที่แสดงดังนี้

1) ผู้ใช้งานแอปพลิเคชั่นจะเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานใหม่ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดที่เข้าสู่แอพลิเคชันจะอัพโหลดเก็บข้อมูลไว้บน Cloud ทั้งหมด
2) ผู้ใช้งานทำการ Login เข้าสู่ระบบ
3) ผู้ใช้งานทำการเลือกใช้บริการร้านซักรีด
4) ผู้ใช้งานทำการแก้ไขข้อมูลที่อยู่
5) ผู้ใช้งานสามารถดูยอดชำระได้
6) ผู้ใช้งาน Log out ออกจากแอปพลิเคชัน

ส่วนของผู้ประกอบการ

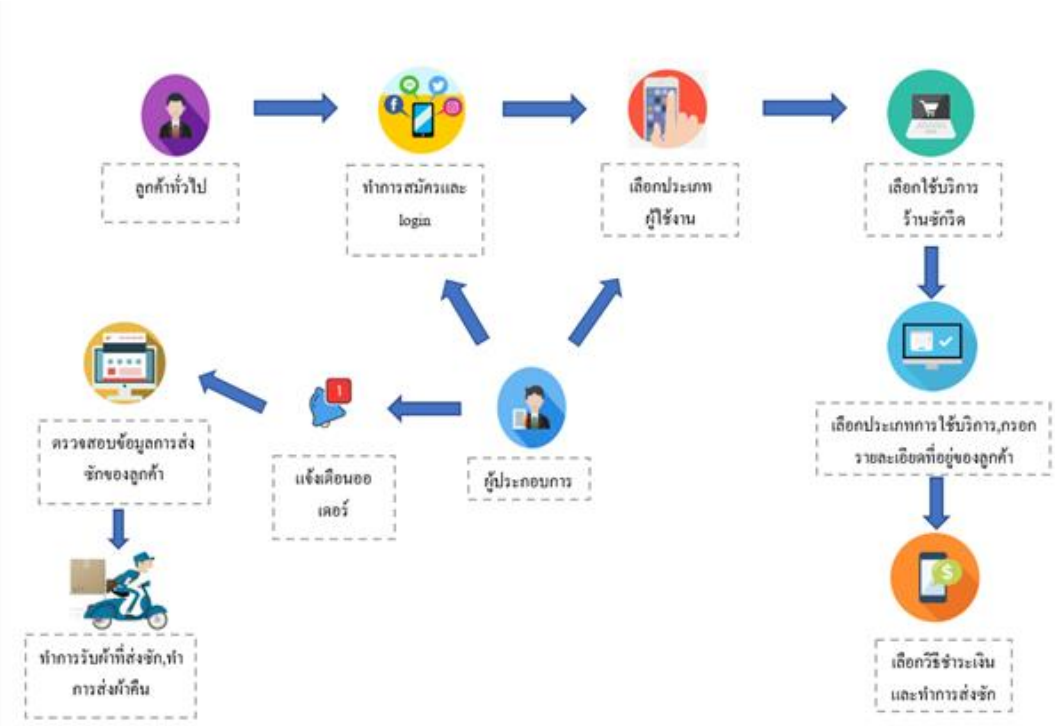


ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันส่วนของผู้ประกอบการ

มีขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันตามภาพที่แสดงดังนี้

1) ผู้ใช้งานแอปพลิเคชั่นจะเพิ่มข้อมูลผู้ใช้งานใหม่ โดยที่ข้อมูลทั้งหมดที่เข้าสู่แอปพลิเคชันจะอัพโหลดเก็บข้อมูลไว้บน Server ทั้งหมด
2) ผู้ใช้งานทำการ Login เข้าสู่ระบบ
3) ผู้ใช้งานได้รับรายการการส่งซัก
4) ผู้ใช้งานทำการดูข้อมูลของลูกค้า
5) ผู้ใช้งาน Log out ออกจากแอปพลิเคชั่น

และสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีด ได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีด แบ่งออกได้ 4 ส่วนการทำงานหลักด้วยกัน ประกอบด้วย

1. การรับข้อมูลเข้าแอปพลิเคชัน

- กรณีที่ผู้ใช้ยังไม่เคยใช้แอปพลิเคชัน : ผู้ใช้จะต้องมีการสมัครเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน แล้วระบบจะให้กรอกข้อมูลส่วนตัว
- กรณีที่ผู้ใช้เคยใช้แอปพลิเคชัน : ผู้ใช้ป้อน ชื่อผู้ใช้ และ รหัสผ่าน
- มีการเลือกรายการที่ต้องการทำ เช่น การเลือกรูปแบบของผู้ใช้งาน, เลือกบริการร้านซักรีดที่ต้องการจะใช้บริการเพิ่มแก้ไขข้อมูลที่อยู่ เป็นต้น

2. การประมวลผล

- ระบบจะมีการตรวจสอบสมาชิก และประมวลผลตามรายการที่ผู้ใช้ต้องการ

3. การแสดงผล

- ผู้ประกอบการจะสามารถเช็คข้อมูลการส่งซักและข้อมูลของลูกค้าได้

4. การจัดเก็บข้อมูล

- จากการทำรายการทั้งหมดของผู้ใช้ ข้อมูลจะถูกส่งไปยัง SERVER โดยใช้ภาษา PHP เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลบน SERVER

3. เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีดประกอบไปด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.1 Android Studio เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับสร้างแอปพลิเคชันสำหรับสมาร์ทโฟนที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android

3.2 คำสั่ง MySQL

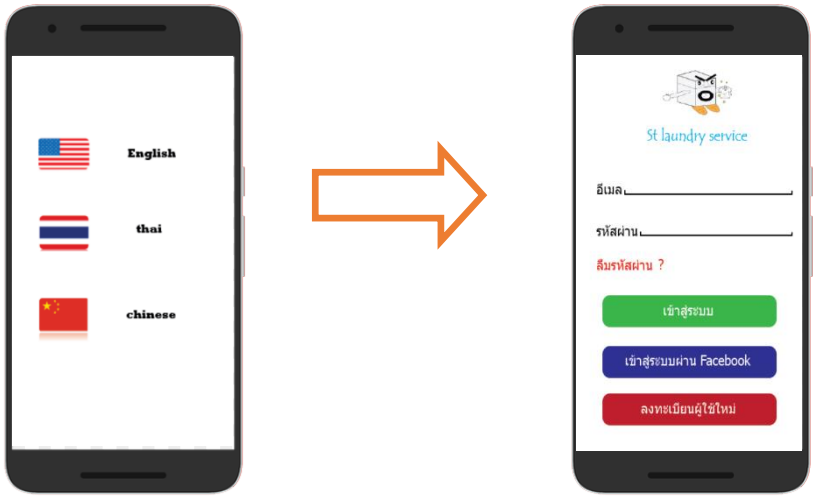
3.3 คอมพิวเตอร์, สมาร์ตโฟน

4. การพัฒนาแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันนี้ถูกพัฒนาโดยใช้ Android Studio เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันที่เป็นระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งใช้ภาษา PHP เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างแอปพลิเคชันและฐานข้อมูลบน SERVER

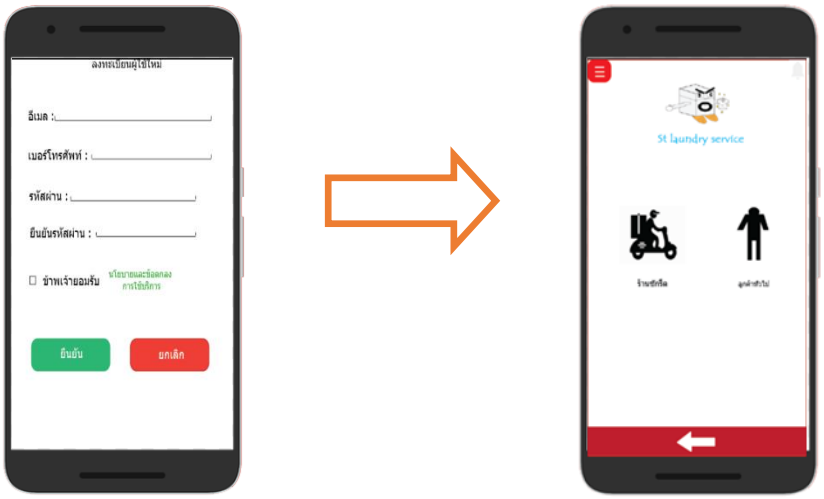
ผลและวิจารณ์ผล

ลูกค้าทั่วไป



ภาพที่ 4 หน้าจอแรกของแอปพลิเคชัน

ภาพที่ 5 หน้าล๊อกอินการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน

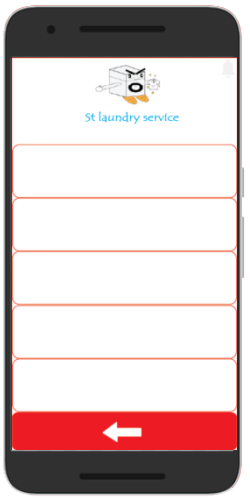


ภาพที่ 6 หน้าจอการลงทะเบียนผู้ใช้ใหม่

ภาพที่ 7 หน้าจอเลือกรูปแบบการเข้าใช้งานของผู้ใช้

จากภาพที่ 7 เป็นหน้าเมนูเลือกลักษณะการเข้าใช้งาน โดยจะมีลักษณะการเข้าใช้งานอยู่ 2 กรณีดังต่อไปนี้

- ผู้ใช้งานทั่วไปจะเลือกการเข้าใช้งานได้แค่ในรูปแบบลูกค้าทั่วไป
- ส่วนของผู้ประกอบการจะเข้าได้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของร้านซักรีด เพื่อเข้าดูข้อมูลรายการที่ลูกค้าทำการส่งซัก และ รูปแบบลูกค้าทั่วไป เพื่อเข้าไปดูรูปแบบหน้าตาของร้าน

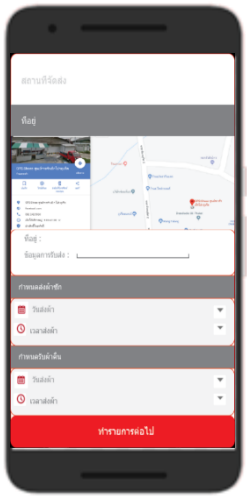




ภาพที่ 8 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน ที่ผู้ใช้สามารถทำรายการต่างๆ โดยมีรายการให้เลือกทำรายการ คือ เลือกใช้การซักบริการร้านบริการซักรีด

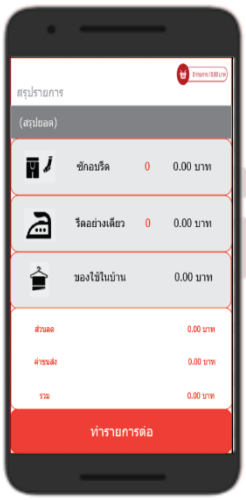
ภาพที่ 9 หน้าจอเลือกลักษณะการใช้บริการ



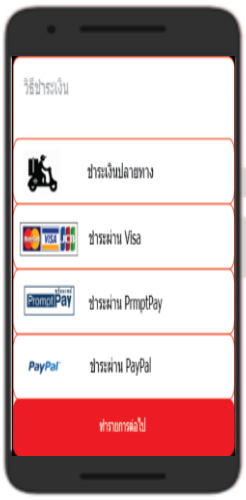


ภาพที่ 10 หน้าจอระบุจำนวนของผ้าที่ทำการส่งซัก

ภาพที่ 11 หน้าจอการกรอกข้อมูลที่อยู่ของลูกค้า



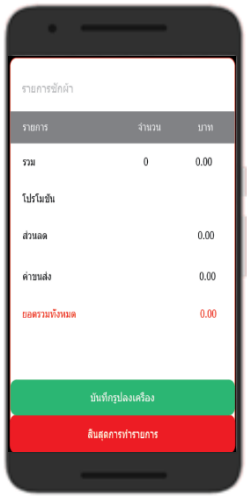
ภาพที่ 12 หน้าจอสรุปรายการการส่งซัก



ภาพที่ 13 หน้าจอเลือกการชำระเงิน



ภาพที่ 14 หน้าจอยืนยันการชำระเงิน



ภาพที่ 15 หน้าจอเมื่อทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้ว

จากภาพที่ 15 เป็นหน้าที่เมื่อทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้วลูกค้าสามารถบันทึกรูปเพื่อทำการเก็บไว้ยืนยันว่าทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้ว

หน้าของเจ้าของกิจการร้านซักรีด



ภาพที่ 16 หน้าจอของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 17 หน้าล๊อกอินการเข้าใช้งานแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 18 หน้าจอเลือกรูปแบบการเข้าใช้งานของผู้ใช้



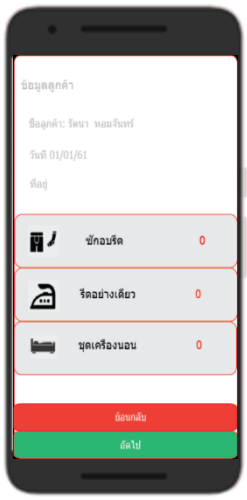
ภาพที่ 19 หน้าจอหลักของแอปพลิเคชันเป็นหน้าที่ไว้บอกข้อมูลรายการส่งซักที่ลูกค้าทำการส่งซักเข้ามา

จากภาพที่ 18 เป็นหน้าเมนูเลือกลักษณะการเข้าใช้งาน โดยจะมีลักษณะการเข้าใช้งานอยู่ 2 กรณีดังต่อไปนี้

- ผู้ใช้งานทั่วไปจะเลือกการเข้าใช้งานได้แค่ในรูปแบบลูกค้าทั่วไป
- ส่วนของผู้ประกอบการจะเข้าได้ทั้ง 2 รูปแบบ คือ รูปแบบของร้านซักรีด เพื่อเข้าดูข้อมูลรายการที่ลูกค้าทำการส่งซัก และ รูปแบบลูกค้าทั่วไป เพื่อเข้าไปดูรูปแบบหน้าตาของร้าน



ภาพที่ 20 หน้าจอบอกข้อมูลรายการการส่งซักของลูกค้า



ภาพที่ 21 หน้าจอบอกรายการจำนวนประเภทผ้าที่ลูกค้าทำการส่งซัก



ภาพที่ 22 หน้าจอบอกจำนวนประเภทผ้าที่ส่งซัก



ภาพที่ 23 หน้าจอเมื่อกดย้อนกลับจะมายังหน้ารายการที่ลูกค้าส่งซัก



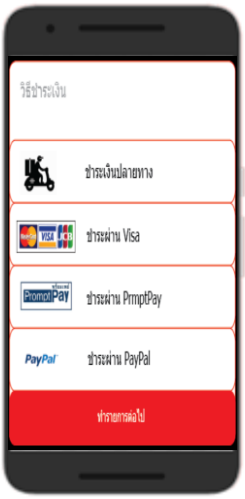
ภาพที่ 24 หน้าจอเลือกรูปแบบการเข้าใช้งานของของผู้ใช้



ภาพที่ 25 หน้าจอต่อสัญญาการเช่าพื้นที่บริการบนแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 26 หน้าจอ เลือกจำนวนวันการเช่าพื้นที่บนแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 27 หน้าจอเลือกการชำระเงิน



ภาพที่ 28 หน้าจอยืนยันการชำระเงิน



ภาพที่ 29 หน้าจอเมื่อทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้ว

จากภาพที่ 29 เป็นหน้าที่เมื่อทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้วลูกค้าสามารถบันทึกรูปเพื่อทำการเก็บไว้ยืนยันว่าทำการชำระเงินเรียบร้อยแล้ว

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้งานแอปพลิเคชันบริการร้านซักรีดบนระบบปฏิบัติการแอนดรอย ปรากฏว่าแอปพลิเคชันสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังเพิ่มรายได้และลูกค้าให้ร้านซักรีดจากเดิมได้จริง

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณา อาจารย์ทุกท่านจากสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ ข้อเสนอแนะ ด้วยดีตลอดมา จนวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจและทุนสนับสนุนในการเรียน

หากวิจัยในครั้งนี้มีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางผู้จัดทำวิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องและทางผู้วิจัยหวังว่าวิจัยนี้คงมีประโยชน์ไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ. (2555). ASTM WK35985 มาตรฐานการซักรีด. สืบค้นจาก แหล่งที่มา: http://intelligence.masci.or.th/intelligence_news_details_th.php?id=886

กัลยา ตรีสุชน ,อิทธิกร ขำเดช. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกใช้บริการซัก อบ รีดของคนทำงานที่พักใน คอนโดมิเนียมในกรุงเทพมหานคร สืบค้นจาก แหล่งที่มา: http://thaiejournal.com/journal/2554volumes1/kanlaya.pdf

กันตพงศ์ฤทธิ์ วีระเดช. 2557. แผนธุรกิจร้านบริการซักรีด สืบค้นจาก แหล่งที่มา: http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/2197/1/kantapong_ritv.pdf

การพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก

Development of Management System for Enfeeds Center Tutorial School of Phitsanulok Branch

ปฏิกมล โพธิคามบำรุง[1*] โสภณา สำราญ[2] มรกต ทองพรหม[1] ปวีรัฐ ภักดีณรงค์[1] และ พีรเชษ วรสิทธิ์[1]

Patikamol Potikhambumrung[1*] Sophana Somran[2] Morakot Thongporm[1]

Paveerat Pakdeenarong[1] and Peeraches Worasit[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก และ2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ซึ่งพัฒนาระบบด้วยภาษา PHP โดยใช้โปรแกรม Dreamweaver และระบบฐานข้อมูลใช้โปรแกรม MySQL การพัฒนาระบบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบและส่วนของผู้ใช้งาน โดยมีกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 51 คน ได้แก่ ผู้บริหาร บุคลากร นักเรียน และผู้ปกครอง เครื่องมือในการจัดทำวิจัย คือ แบบสอบถามออนไลน์

ผลการวิจัยพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.53 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า การออกแบบเว็บไซต์ มีค่าประเมินความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.29 ด้านการประมวลผลและสืบค้นข้อมูล มีค่าประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.50 และด้านการแสดงผล มีค่าประเมินความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.48

คำสำคัญ : การพัฒนา, ระบบบริหารจัดการ, โรงเรียนกวดวิชา

ABSTRACT

The development of management system for Enfeeds Center Tutorial School of Phitsanulok Branch aims to: 1) develop a management system for Enfeeds Center Tutorial School of Phitsanulok Branch; and 2) study satisfaction level in the management system for Enfeeds Center Tutorial School of Phitsanulok Branch which was developed with PHP language, using Dreamweaver and MySQL for database system. The system consisted of 2 components: administrator component and user component. The system was tried out with a sample group of 51 people, including administrator, personnel, students and parents. A tool used for the research was an online questionnaire.

Results of the study showed that respondents' overall satisfaction level in the management system for Enfeeds Center Tutorial School of Phitsanulok Branch was in very good level with a mean value of 4.53 and S.D. of 0.65. Considered by aspect, satisfaction in the website design aspect was in very good level with mean of 4.29. Satisfaction in the data processing and search aspects was also in very good level with mean of 4.50. Finally, satisfaction in the display aspect was also in very good level with mean of 4.48.

Keywords : Development, Management system, Tutorial school

---

[1] สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Business Administration, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, BankrangSub-district, Muong District, PhitsanulokProvince 65000, Thailand

[2] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna, Phitsanulok, BankrangSub-district, Muong District, Phitsanulok Province 65000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : patikamol@hotmail.com

บทนำ

โรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก เป็นสถาบันสอนภาษา ซึ่งเปิดสอนจำนวน 9 หลักสูตร ดังนี้ 1) Early I, 2) Early II, 3) Early III, 4) Early IV, 5) Smart, 6) Premium I, 7) Premium II, 8) Chinese Conversation และ 9) Private Class โดยทุกคอร์สเรียนจะประกอบไปด้วย 6 กิจกรรม คือ Listening, Speaking, Quiz, Grammar, Structure และ Flashcard โรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์ เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก มีการเปิดรับสมัครนักเรียนเข้าเรียนทุกวัน โดยกระบวนการรับสมัครจะทำการตรวจสอบคุณสมบัติของนักเรียนเพื่อเข้าเรียนในระดับที่เหมาะสม จากนั้นจึงกรอกใบสมัคร เจ้าหน้าที่จะทำการคำนวณระยะเวลาการเริ่มเรียนและระยะเวลาสิ้นสุดการเรียน และทำการคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมด แล้วจึงบันทึกข้อมูล หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่จะทำการเขียนใบเสร็จรับเงินให้กับผู้ปกครองหรือผู้เรียน จากกระบวนการดังกล่าวได้มีปัญหาเกิดขึ้น และมีข้อผิดพลาดจากการคำนวณระยะเวลาเรียนและค่าใช้จ่าย รวมถึงปัญหาการค้นหาข้อมูลการเรียนทำได้ล่าช้า เมื่อผู้ปกครองต้องการทราบว่าบุตรหลานได้เข้าเรียนแล้วจำนวนกี่ครั้ง เหลือระยะเวลาเรียนเท่าไร จบคอร์สเรียนตอนไหน ชำระเงินอีกครั้งเมื่อไร ซึ่งทางโรงเรียนเก็บข้อมูลในการรับสมัครและเอกสารอยู่ในรูปของเอกสาร ทำให้การจัดเก็บการดูแลรักษา การสืบค้นและการแก้ไขปรับปรุงข้อมูล การแสดงรายงานสรุปข้อมูลผู้เรียน เป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก และบางครั้งข้อมูลที่ได้มาไม่ถูกต้อง ผู้ปกครองต้องคอยติดต่อสอบถามในเรื่องของเวลาเรียน หรือคะแนนที่ผู้เรียนทำได้ในแต่ละครั้ง ทางโรงเรียนจะต้องทำการหาเอกสารคะแนนจากแฟ้มเอกสาร จึงเสียเวลาอย่างมาก

ด้วยปัญหาทั้งหมดที่ได้กล่าวมา จึงได้นำระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งมีคุณสมบัติในการจัดเก็บ ประมวลผล แสดงผลลัพธ์ รวมถึงวิเคราะห์และออกแบบระบบเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ทำให้กระบวนการรับสมัคร ตรวจสอบการเข้าเรียน ระยะเวลาเรียน ผลการเรียน รายงานใบเสร็จรับเงินหรือการแสดงรายงานต่าง ๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลและประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นส์ฟีดเซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตด้านการวิจัย

1.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ

- ผู้บริหาร สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบได้ กำหนดสิทธิ์ผู้ใช้งานให้กับระบบสามารถตรวจสอบข้อมูลผู้สมัคร ดูรายงานสถิติการรับสมัครนักเรียนและรายงานสถิตินักเรียนใหม่ ปรับปรุงข้อมูลระบบการเงิน ดูรายงานผลการเรียนของนักเรียนที่เรียนในแต่ละหลักสูตร

- บุคลากร สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบได้ทำหน้าที่ในการเรียกดูข้อมูลการสมัคร สืบค้นข้อมูลการสมัครและเอกสารหลักฐานการสมัคร แจ้งการชำระเงินค่าธรรมเนียมการสมัคร สืบค้นข้อมูลคอร์สเรียนและเวลาเรียนของผู้เรียนเมื่อเข้าสู่ระบบแล้วสามารถเรียกดูรายงานสถิติการรับสมัครนักเรียนและรายงานสถิตินักเรียนใหม่ รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสามารถเรียกดูข้อมูลผลการเรียน เวลาเรียนใน แต่ละหลักสูตร และบันทึกข้อมูลทุกอย่างภายในโรงเรียนกวดวิชา

1.2 ส่วนของผู้ใช้งาน

- นักเรียนและผู้ปกครอง สามารถที่จะเรียกดูข้อมูลเวลาเรียนที่เหลือของนักเรียน และสามารถเรียกดูผลการเรียนในแต่ละครั้งที่ได้ทำการประเมินผล

2. ขอบเขตด้านประชากร

2.1 ประชากร คือ ผู้บริหาร บุคลากร นักเรียนและผู้ปกครองของโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก

2.2 กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 51 คน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ จำนวน 3 คน, นักเรียน จำนวน 24 คน โดยจะเลือกผู้เรียนที่มีคุณสมบัติในการพูด ฟัง อ่าน เขียน และคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้เรียนที่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะอยู่ในระดับหลักสูตรตั้งแต่ Premium I ขึ้นไป และผู้ปกครองของนักเรียนผู้นั้น จำนวน 24 คน

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและการทบทวนวรรณกรรม

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- โปรแกรม Dreamweaver (พันจันทร์, 2558) เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบและพัฒนาเว็บไซต์สามารถใช้งานได้ง่าย มีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพและเอื้อประโยชน์สำหรับผู้ทำเว็บ

- โปรแกรม AppServ (ภาณุพงศ์, 2558) เป็นชุดโปรแกรมในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์สำเร็จรูปบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟท์วินโดวส์ และเป็นโปรแกรมประเภท Open Source ที่ประกอบไปด้วย 4 โปรแกรมหลัก ดังนี้ 1) MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์,2) phpMyAdmin เป็น Web-Based Administrator Tools สำหรับ MySQL Server, 3) Apache คือ Web Server โดยจะทำหน้าที่ในการจัดเก็บ Homepage และส่ง Homepage ไปยัง Browser ที่มีการเรียกเข้ายัง Web Server ที่เก็บ Homepage นั้น และ 4) PHP เป็นการเขียนคำสั่งหรือโค้ดโปรแกรมที่เก็บและทำงานบนฝั่งเซิร์ฟเวอร์

- โปรแกรม Adobe Photoshop (ธันยพัฒน์, 2556) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตกแต่งภาพ หรือการใส่เอฟเฟ็กต์ให้กับรูป

- การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (กิตติ และพนิดา, 2556) เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างระบบสารสนเทศขึ้นมาใหม่ และช่วยในการแก้ไขปัญหาของระบบสารสนเทศเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้นด้วย การวิเคราะห์ระบบคือ การหาความต้องการ (Requirements) ของระบบสารสนเทศว่าคืออะไร หรือต้องการเพิ่มเติมอะไรเข้ามาในระบบ

- ระบบฐานข้อมูล (โอภาส, 2558) เป็นกลุ่มของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน โดยอาจเก็บข้อมูลไว้ในแฟ้มข้อมูลเดียวกันหรือแยกเก็บหลายแฟ้มข้อมูล การจัดเก็บข้อมูลในระบบฐานข้อมูลมีข้อดีดังนี้คือ 1) มีการใช้ข้อมูลร่วมกัน, 2) ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล, 3) ข้อมูลมีความถูกต้องมากขึ้น, 4) เพิ่มความปลอดภัยให้กับข้อมูลและ 5) มีความเป็นอิสระของข้อมูล

- ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (อาณัติ, 2558) เป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปเข้าด้วยกันด้วยสายเคเบิลหรือสื่ออื่น ๆ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับส่งข้อมูลแก่กันและกันได้

3.2 การทบทวนวรรณกรรม

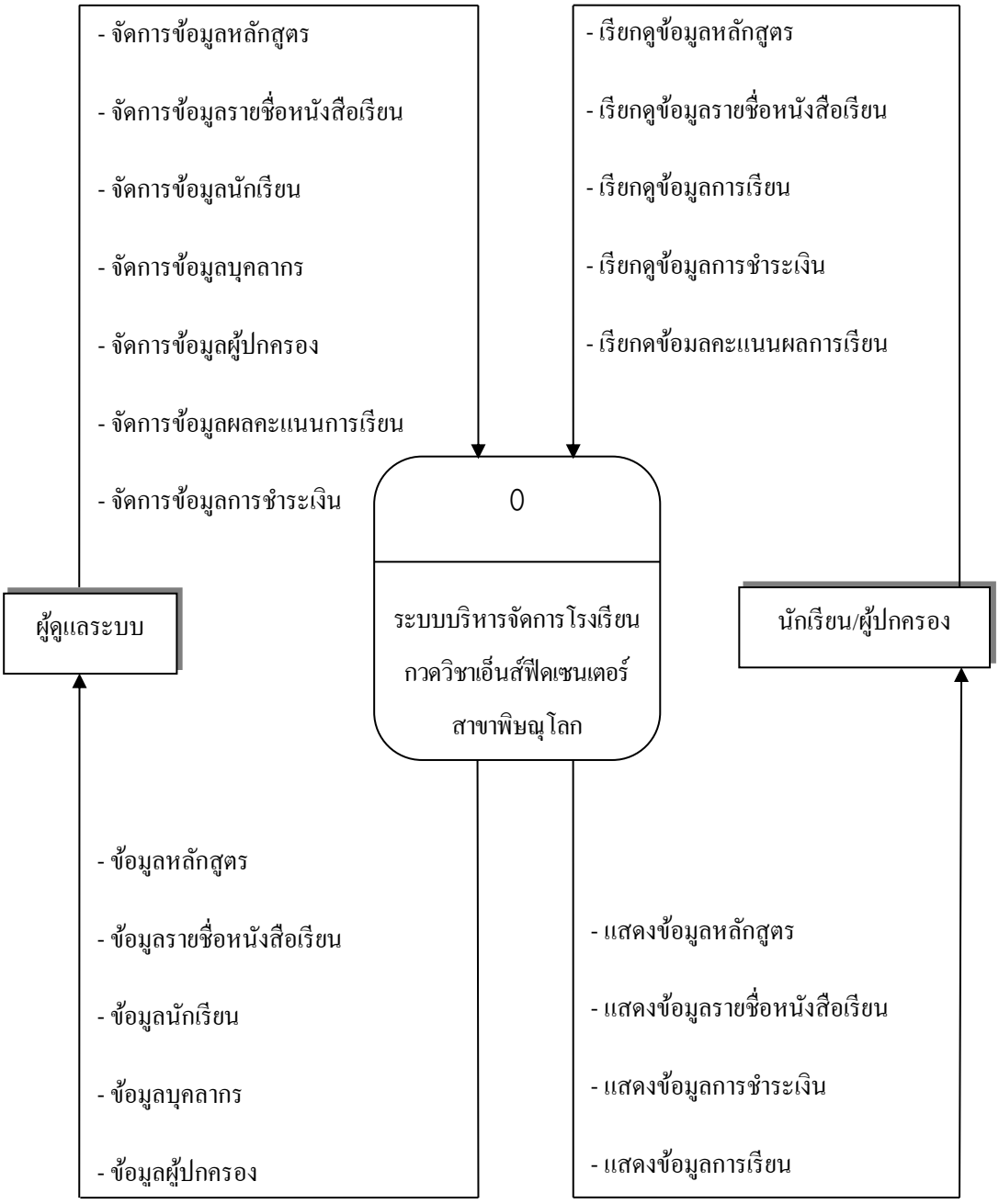
(นพพล, 2552) ได้ศึกษาถึงการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา เนื่องจากงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา ขั้นตอนในการพัฒนาระบบแบ่งออกเป็นการศึกษาปัญหาของระบบงานเดิม การวิเคราะห์ระบบงานใหม่ การออกแบบ การพัฒนา และการทดสอบระบบ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ผู้บริหารสถาบันการศึกษาโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา จำนวน 3 คน และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 5 คน โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา ได้แก่ ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP โปรแกรมเว็บเซอร์เวอร์ (Web Server) โปรแกรม Macromedia Dream Weaver โปรแกรมฐานข้อมูล MS SQL และโปรแกรม Web Browser ส่วนเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามความพึงพอใจต่อระบบ

สารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ คือ ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษาที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมทั้งในด้านการนำข้อมูลเข้า การประมวลผล การแสดงผล รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหาร และสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน สำหรับความพึงพอใจของผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานต่อระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา จัดอยู่ในระดับดี

(อำนวยพร, 2552) ได้ศึกษาถึงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสำหรับโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อพัฒนาระบบฐานข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสำหรับโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย 2) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของระบบฐานข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสำหรับโรงเรียนปรินส์ รอยแยลส์วิทยาลัย เนื่องจากกระบวนการรับสมัครประกอบด้วยหลายขั้นตอน ทำให้เกิดความล่าช้า และเกิดความผิดพลาดทางกระบวนการการจัดเก็บ ดูแลรักษา สืบค้นและแก้ไขปรับปรุงข้อมูลต่าง ๆ เป็นไปด้วยความยากลำบาก ผู้ศึกษาจึงได้แก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยศึกษาระบบการรับสมัครนักเรียนออนไลน์ผ่านเว็บแอพพลิเคชัน โดยระบบจะทำงานผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับสมัครนักเรียนและตอบสนองความต้องการด้านสารสนเทศให้กับผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แผนกทะเบียนและวัดผล แผนกการเงิน ผู้บริหาร ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายต่าง ๆ โดยพัฒนาเริ่มต้นตั้งแต่การเตรียมการรับสมัครนักเรียน การรับสมัครนักเรียน การบันทึกผลการคัดเลือกนักเรียน ตลอดจนการออกรายงาน สรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรับสมัครและแผนภูมิเปรียบเทียบข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งสามารถใช้ประกอบการพิจารณาวางแผนการรับสมัครนักเรียนในปีต่อไปได้ โดยระบบฐานข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสำหรับโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาพีเอชพีและระบบจัดการฐานข้อมูลมายเอสคิวแอล ในการพัฒนาได้แบ่งงานออกเป็น 9 ส่วนด้วยกันคือ ระบบตรวจสอบผู้ใช้งานระบบ ระบบการจัดการข้อมูลพื้นฐาน ระบบการรับสมัคร ระบบทะเบียนนักศึกษาใหม่ ระบบสรุปผลรายงาน และระบบให้ความช่วยเหลือ การประเมินผลระบบได้ใช้แบบสอบถามกับผู้ใช้ จำนวน 11 คน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบจำนวน 1 คน, ผู้บริหาร จำนวน 1 คน, เจ้าหน้าที่การเงิน จำนวน 1 คน, เจ้าหน้าที่ทะเบียนและวัดผล จำนวน 3 คน และผู้สมัครจำนวน 5 คน ผลจากการประเมินพบว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจในการทำงานของระบบในระดับเป็นที่น่าพอใจ

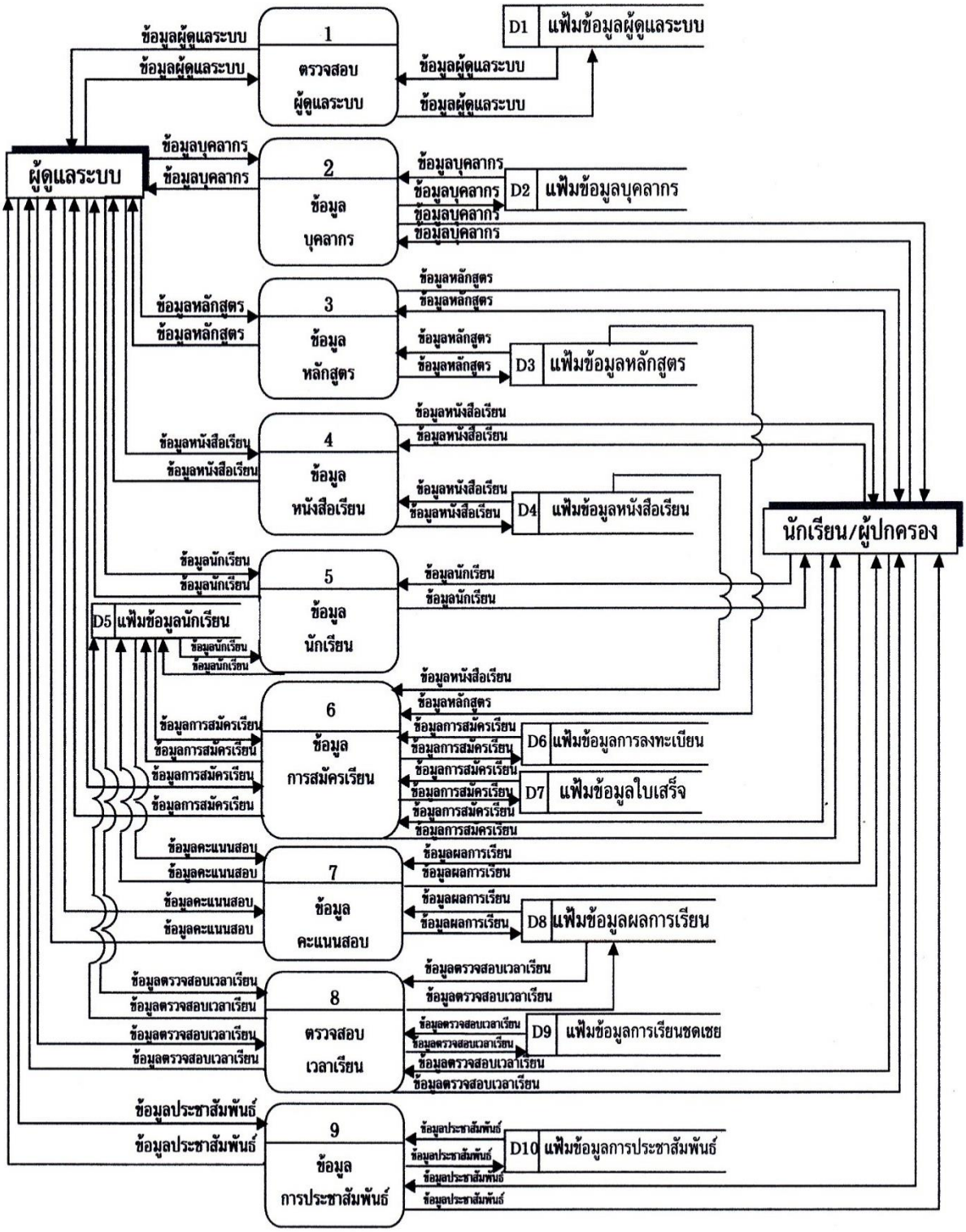
4. การวิเคราะห์ระบบ

4.1 Context Diagram



ภาพที่ 1 Context Diagram

4.2 Data Flow Diagram



ภาพที่ 2 Data Flow Diagram

5. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้จะใช้แบบสอบถามออนไลน์ในการประเมินผลข้อมูล ซึ่งแบบสอบถามมีทั้งหมด 3 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา และตำแหน่งในการใช้งานระบบ โดยวิเคราะห์หาจำนวนและค่าร้อยละ

- ส่วนที่ 2 ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ในด้านการออกแบบเว็บไซต์ ด้านการประมวลผลและสืบค้นข้อมูล และด้านการแสดงผล มีระดับความพึงพอใจให้เลือก 5 ระดับ (บุญใจ, 2550) โดยวิเคราะห์หาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาระบบ

การแปลความหมายจะได้จากผลคะแนนที่ได้คำนวณคะแนนเฉลี่ยและเปรียบเทียบระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก มาแปลความหมายตามเกณฑ์ ดังนี้

- คะแนนเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจในเรื่องดังกล่าวอยู่ในระดับ ดีมาก
- คะแนนเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจในเรื่องดังกล่าวอยู่ในระดับ ดี
- คะแนนเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจในเรื่องดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึง ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจในเรื่องดังกล่าวอยู่ในระดับน้อย
- คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึง ผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยมาก

ผลและวิจารณ์ผล

การพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก แบ่งการพัฒนาระบบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ระบบสำหรับผู้ใช้ระบบ (นักเรียน/ผู้ปกครอง) มีเมนูการใช้งานทั้งหมด 6 เมนู ดังนี้ (ภาพที่ 3-5)

- เมนูหน้าแรก แสดงชื่อหลักสูตรและข่าวสารประชาสัมพันธ์ของโรงเรียนกวดวิชา โดยมีการนำเสนอด้วยเนื้อหาและรูปภาพ
- เมนูหลักสูตรที่เปิดสอน แสดงถึงรายละเอียดของหลักสูตร โดยมีการนำเสนอด้วยเนื้อหา
- เมนูข้อมูลหนังสือเรียน แสดงถึงรายละเอียดของหนังสือประกอบการเรียน โดยมีการนำเสนอด้วยรูปภาพและเนื้อหา
- เมนูข่าวประชาสัมพันธ์ แสดงถึงข่าวประชาสัมพันธ์ของโรงเรียนกวดวิชา โดยมีการนำเสนอด้วยรูปภาพและเนื้อหา
- เมนูบุคลากร แสดงรหัสบุคลากร ชื่อ–นามสกุล ตำแหน่ง และเบอร์โทรศัพท์ของบุคลากรของโรงเรียนกวดวิชา โดยมีการนำเสนอด้วยรูปภาพและเนื้อหา
- เมนูข้อมูลการเรียน แสดงถึงข้อมูลคะแนนเรียน การเข้าเรียน และการเรียนชดเชยของนักเรียน



ภาพที่ 3 เมนูหน้าแรก



ภาพที่ 4 เมนูหลักสูตรที่เปิดสอน



ภาพที่ 5 เมนูการเรียน

2) ระบบสำหรับผู้ดูแลระบบ มีเมนูการใช้งานทั้งหมด 9 เมนู ดังนี้ (ภาพที่ 6-11)

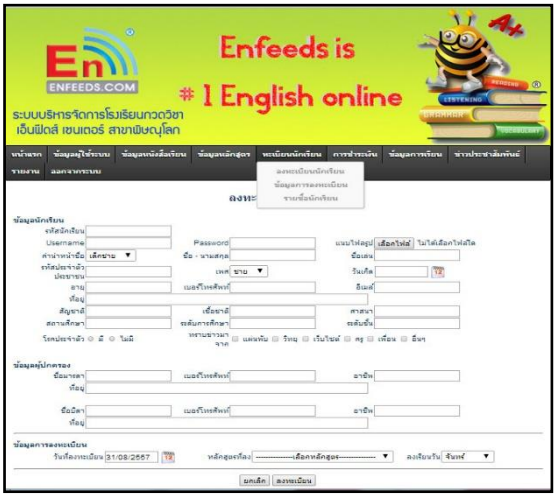
- เมนูหน้าแรก แสดงหลักสูตรและข่าวสารประชาสัมพันธ์ของโรงเรียนกวดวิชา โดยมีการนำเสนอด้วยเนื้อหาและรูปภาพ
- เมนูข้อมูลผู้ใช้ระบบ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลผู้ใช้ระบบ
- เมนูข้อมูลหนังสือเรียนสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลหนังสือประกอบการเรียน
- เมนูหลักสูตรที่เปิดสอนสามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลหลักสูตร
- เมนูทะเบียนนักเรียน สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลทะเบียนนักเรียน
- เมนูการชำระเงิน สามารถ ลบ แก้ไข ข้อมูลการชำระเงิน
- เมนูข้อมูลการเรียน สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลการเรียน
- เมนูข่าวประชาสัมพันธ์ สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข่าวประชาสัมพันธ์
- เมนูรายงาน สามารถดูรายงานต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟ ซึ่งประกอบไปด้วยกราฟแสดงจำนวนนักเรียน รายชื่อนักเรียนแต่ละระดับชั้น และรายงานสรุปการชำระเงิน



ภาพที่ 6 การจัดการเมนูข้อมูลผู้ใช้ระบบ



ภาพที่ 7 การจัดการเมนูข้อมูลหลักสูตร



ภาพที่ 8 การจัดการเมนูทะเบียนนักเรียน



ภาพที่ 9 การจัดการเมนูการชำระเงิน



ภาพที่ 10 การจัดการเมนูข้อมูลการเรียน



ภาพที่ 11 เมนูรายงาน

จากผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 51 คน ได้ผลการวิจัยดังนี้

- ข้อมูลส่วนบุคคล

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 62.75 และเป็นเพศชาย จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 37.25 และส่วนใหญ่มีอายุ 25 ปีขึ้นไป จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 47.06 รองลงมามีอายุในช่วง 13-18 ปี จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 33.33 ส่วนระดับการศึกษานั้นผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 47.06 รองลงมาสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 31.37 และมีเพียง 2 คนที่สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา

- ข้อมูลความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 1 ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีต่อระบบงาน

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของความพึงพอใจ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก			
1. ด้านการออกแบบเว็บไซต์								
1.1 การออกแบบหน้าจอมีความสวยงาม	45.10	50.98	3.92	-	-	4.41	0.57	ดีมาก
1.2 ภาษาที่ใช้สามารถเข้าใจโดยง่าย	39.22	47.06	13.73	-	-	4.25	0.69	ดีมาก
1.3 การแสดงข้อความมีความชัดเจน	50.98	45.10	3.92	-	-	4.47	0.58	ดีมาก
1.4 รูปแบบและขนาดของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม	41.18	49.02	9.80	-	-	4.31	0.65	ดีมาก
ภาพรวมด้านการออกแบบเว็บไซต์						4.29	0.66	ดีมาก
2. ด้านการประมวลผลและสืบค้นข้อมูล								
2.1 ความรวดเร็วในการประมวลผล	50.98	39.22	9.80	-	-	4.41	0.67	ดีมาก
2.2 การประมวลผลมีความถูกต้อง	52.94	43.14	3.92	-	-	4.49	0.58	ดีมาก
2.3 ความสะดวกของการสืบค้นข้อมูล	64.71	23.53	11.76	-	-	4.53	0.70	ดีมาก
2.4 การสืบค้นข้อมูลได้ปรากฏข้อมูลที่ถูกต้อง	58.82	39.22	1.96	-	-	4.57	0.54	ดีมาก
ภาพรวมด้านการประมวลและสืบค้นข้อมูล						4.50	0.62	ดีมาก

ตารางที่ 1(ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของความพึงพอใจ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยมาก			
3. ด้านการแสดงผล								
3.1 การแสดงผลข้อความมีความถูกต้อง	56.86	37.25	5.88	-	-	4.51	0.62	ดีมาก
3.2 ความสมบูรณ์ครบถ้วนของการแสดงผลข้อมูล	60.78	21.57	15.69	1.96	-	4.41	0.82	ดีมาก
3.3 ผลการนำเสนอได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ	54.90	43.14	1.96	-	-	4.53	0.54	ดีมาก
ภาพรวมด้านการแสดงผล						4.48	0.66	ดีมาก
ภาพรวมทั้งหมด						4.53	0.65	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ภาพรวมทั้งหมดของผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อระบบอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 โดยพิจารณาแต่ละด้านได้ดังนี้

ด้านการออกแบบเว็บไซต์ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ คือ การออกแบบหน้าจอมีความสวยงาม, ภาษาที่ใช้สามารถเข้าใจโดยง่าย, การแสดงข้อความมีความชัดเจน และรูปแบบและขนาดของตัวอักษรที่ใช้มีความเหมาะสม ซึ่งผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากทุกรายการประเมิน

ด้านการประมวลผลและสืบค้นข้อมูล ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.62 ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ คือ ความรวดเร็วในการประมวลผล, การประมวลผลมีความถูกต้อง, ความสะดวกของการสืบค้นข้อมูล และการสืบค้นข้อมูลได้ปรากฏข้อมูลที่ถูกต้องซึ่งผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากทุกรายการประเมิน

ด้านการแสดงผล ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 ซึ่งมีรายการประเมินดังนี้ คือ การแสดงผลข้อความมีความถูกต้อง, ความสมบูรณ์ครบถ้วนของการแสดงผลข้อมูล และหัวข้อผลการนำเสนอได้ข้อมูลตรงตามความต้องการซึ่งผู้ใช้งานระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมากทุกรายการประเมิน

- ข้อเสนอแนะ

ผู้ใช้ระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรพัฒนาระบบให้นักเรียนและผู้ปกครอง กับโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟิดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก สามารถโต้ตอบกันได้โดยผ่านระบบเครือข่าย

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลด้านการพัฒนาระบบ

ผู้เรียนและผู้ปกครอง สามารถรับทราบข้อมูลของโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ซึ่งได้แก่ ข้อมูลหลักสูตร หนังสือประกอบการเรียน ข้อมูลผู้สอน ข้อมูลการเรียน รวมถึงข่าวสารประชาสัมพันธ์ของโรงเรียนกวดวิชา

ผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก ซึ่งได้แก่ การจัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ หลักสูตรที่เปิดสอน ข้อมูลการลงทะเบียน ข้อมูลการชำระเงิน ข้อมูลการเรียน และรายงานที่นำเสนอด้วยรูปแบบกราฟ รวมทั้งจัดการข่าวสารประชาสัมพันธ์ของโรงเรียนกวดวิชา

สรุปผลด้านการวิจัย

1) ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้งานระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชา

จากผลการวิจัยพบว่า ส่วนใหญ่ผู้ใช้ระบบเป็นเพศหญิง มีช่วงอายุ 25 ปีขึ้นไป และสำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา

2) ความพึงพอใจที่มีต่อระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชา

ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อระบบงานในภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยแบ่งความพึงพอใจต่อการใช้ระบบออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการออกแบบเว็บไซต์, ด้านประมวลผลและสืบค้นข้อมูล และด้านแสดงผล โดยที่

2.1) ด้านการออกแบบเว็บไซต์ มีผลความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้ระบบด้านดังกล่าวอยู่ในระดับดีมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การแสดงข้อความมีความชัดเจน

2.2) ด้านการประมวลผลและสืบค้นข้อมูล มีผลความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้ระบบด้านดังกล่าวอยู่ในระดับดีมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การสืบค้นข้อมูลได้ปรากฏข้อมูลที่ถูกต้อง

2.3) ด้านการแสดงผล มีผลความพึงพอใจในภาพรวมต่อการใช้ระบบด้านดังกล่าวอยู่ในระดับดีมาก โดยหัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ผลการนำเสนอได้ข้อมูลตรงตามความต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาระบบบริหารจัดการโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก เป็นโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณ โครงการยกระดับปริญญานิพนธ์เป็นงานวิจัยตีพิมพ์ งานสร้างสรรค์ และงานบริการวิชาการสู่ชุมชน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการวิจัยเป็นอย่างยิ่งได้แก่ คุณกุลิสรา ฉันทวรางค์ ผู้บริหารโรงเรียนกวดวิชาเอ็นฟีดส์เซนเตอร์ สาขาพิษณุโลก และบุคลากรภายในโรงเรียนกวดวิชา ที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลในการจัดทำระบบงาน รวมถึงผู้ใช้ระบบทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการใช้ระบบและตอบแบบสอบถาม

เอกสารอ้างอิง

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ พนิดา พานิชกุล. 2556. **การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เคที พีคอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.

ธันยพัฒน์ วงศ์รัตน์. 2556. **คู่มือการใช้งาน Photoshop CS6**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท สวัสดี ไอที จำกัด.

นพพล หงส์โพธิพันธุ์. 2552. **การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการลงทะเบียนโรงเรียนสอนพิเศษขั้นพื้นฐานการศึกษา**. [วิทยานิพนธ์]. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุญใจ ศรีสถิตนรากูร. 2550. **ระเบียบวิธีการวิจัย,** กรุงเทพฯ: บริษัท ยู แอนด์ ไอ จำกัด**.**

พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร. 2558. **ออกแบบและสร้างเว็บสวยด้วย Dreamweaver CS6 ฉบับสมบูรณ์**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์ซิมพลิฟาย.

ภาณุพงศ์ ปัญญาดี. 2558. **AppServ**. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558, จากเว็บไซต์ http://www. appservnetwork. com/.

อาณัติ รัตนถิรกุล. 2558. **ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในองค์กร**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

อำนวยพร มงคลดี. 2552. **การพัฒนาระบบฐานข้อมูลการรับสมัครนักเรียนสำหรับโรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย**. [วิทยานิพนธ์]. จังหวัดเชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โอภาส เอี่ยมศิริวงศ์. 2558. **ระบบฐานข้อมูล (Database Systems) ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม**. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

แอพพลิเคชั่นการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ต

Public Bus Service (Phothong) Application in Phuket Town

วสันต์ รอดคืน [1*] และ อุไรรัตน์ มากจันทร์[1]

Wassan Rodken [1*] and Urairat Makchan [1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักท่องเที่ยวและประชากรในจังหวัดภูเก็ตหันมาใช้รถโดยสารสาธารณะ (โพถ้อง)ในการสัญจร เพื่อลดปัญหาการจารจรที่ติดขัดและเป็นการโปรโมทรถ(โพถ้อง)ที่เป็นหนึ่งในสัญลักษณ์ของจังหวัดภูเก็ต โดยผ่านแอพพลิเคชั่นบนมือถือ

ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ผู้ใช้บริการรถประจำทางสาธารณะไว้ตรวจสอบข้อมูล เส้นทางการเดินรถสถานะของรถว่าอยู่ ณ จุดใด และอัตราค่าบริการ โดยผ่านอุปกรณ์สมาร์ทโฟน ซึ่งใช้หลักทฤษฎีในการพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการพัฒนาระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ Android Studio ภาษา PHP และระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL จากการทดสอบการใช้งานแอพพลิเคชั่นส่งผลให้เกิดความสะดวกสบายต่อการใช้งาน สร้างความสะดวกสบายรวดเร็วประหยัดทั้งเวลาและ เป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้บริการมาก

คำสำคัญ : การบริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ, แอพพลิเคชั่น,ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ABSTRACT

This research is intended to encourage the population and tourists in Phuket choose to use public car (Phothong) to reduce traffic problem And promote cars (Phothong) as symbol of Phuket through the mobile application.

From this, the author presented the concept of developing a public bus service (Phothong) application in Phuket town with the objectives of developing the application for public bus users to check on the bus information such as their routes, status, and service fee via smartphone devices by applying the theory of information technology development for system development with the tools consisting of Android Studio, Java language, PHP language and database management whit MySQL The testing application resulting in comfort for the user convenient, fast, saving both time is very satisfied with the service users.

Keywords: Public Bus Service, Application, Android Operating System

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,Rachada, Muang, Phuket, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์(Corresponding author, e-mail) : s5710886120@pkru.ac.th

บทนำ

จังหวัดภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีชื่อเสียงระดับโลกทางด้านการท่องเที่ยว ทำให้มีความเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงมีคนเข้ามาอาศัยและท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ส่งผลกระทบต่อการเดินทางทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด มีอุบัติเหตุบนท้องถนนเพิ่มมากขึ้น และมลพิษเพิ่มขึ้น ผู้ที่มาอาศัยอยู่ในจังหวัดภูเก็ตส่วนใหญ่ก็มีการใช้รถส่วนบุคล หรือหากมีการใช้รถบริการก็เป็นการบริการโดยเอกชนทำให้มีค่าบริการที่ค่อยข้างแพง หน่วยงานโดยองค์กรปกครองส่วนจังหวัด (อบจ.) ได้พัฒนาระบบการบริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเขตเมืองภูเก็ต (หรือที่คนภูเก็ตเรียกว่ารถโพถ้อง) ในราคาถูกไว้ให้บริการแต่ก็ยังไม่ค่อยได้รับความนิยมในการใช้บริการมากนัก เนื่องจากผู้ใช้บริการไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับเส้นทางเดินรถ จุดบริการ

ดังนั้นที่กล่าวมาข้างต้นการพัฒนาแอพพลิเคชั่น สำหรับตรวจสอบค่าโดยสารและตรวจสอบเส้นทางเดินรถจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทาง โดยใช้แอพพลิเคชั่นบนมือถือ ผ่านระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อาศัยการตรวจสอบตำแหน่งพิกัดบนผิวโลกด้วยการรับสัญญาณจากระบบดาวเทียว GPS ซึ่งผู้ใช้จะสามารถตรวจสอบเส้นทางการเดินรถ ตรวจสอบค่าบริการแต่ละป้ายและตรวจสอบแบบเรียลไทม์ได้ว่ารถโดยสารสาธารณะ(โพถ้อง) อยู่ ณ ตำแหน่งใด เพื่อตรวจสอบเวลาในการเดินทางได้อย่างชัดเจน สร้างความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งานเป็นประจำและนักท่องเที่ยวมากขึ้นทำให้สอดคล้องต่อนโยบายประเทศไทยก้าวเข้าสู่ยุค 4.0 เพื่อสร้างภาพลักษณะที่ดีทันสมัยต่อเมืองท่องเที่ยวของไทยนั่นเอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้รถสาธารณะ(โพถ้อง) ด้านความสะดวกสบายและรวดเร็ว
2. เพื่อส่งเสริมภาพลักษณะทางการท่องเที่ยวให้ทันสมัยเข้าสู่ยุค 4.0

ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทำให้ผู้ใช้งานสะดวกสบายและรวดเร็วประหยัดเวลารอรถมากขึ้น
2. สร้างภาพลักษณ์ที่ทันสมัยต่อการขนส่งมวลชนท้องถิ่นของจังหวัดภูเก็ต
3. ผู้ใช้บริการสามารถใช้ แอพพลิเคชั่นตรวจสอบค่าโดยสารรถโพถ้องได้ตลอดเวลาสามารถคำนวณหาค่าอัตราค่าโดยสารแบบออนไลน์ เรียลไทม์ หลังจากถึงจุดหมายปลายทางและตรวจสอบเส้นทางการวิ่งของรถโพถ้องเพื่อให้ทราบว่าตรงกับเส้นทางที่ผู้ใช้บริการหรือไม่

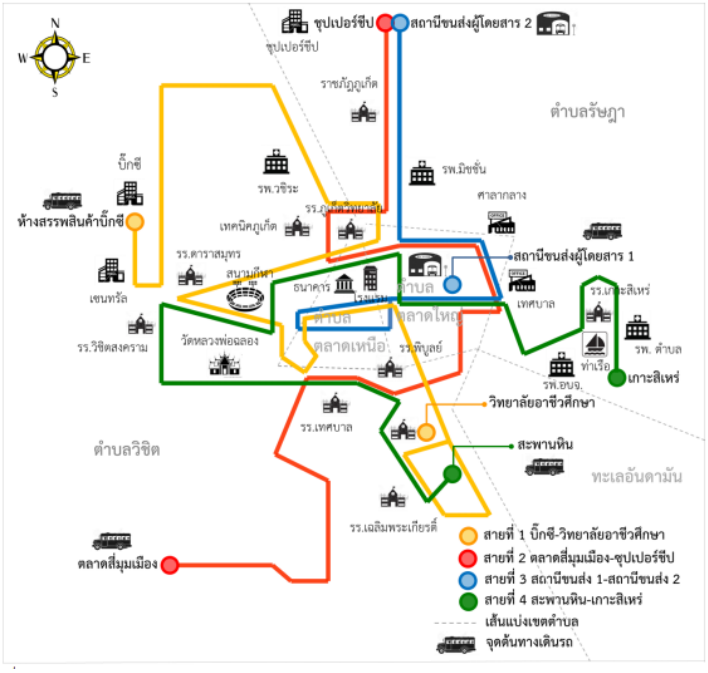
ขอบเขตของการวิจัย

เส้นทางการเดินรถโดยสารสาธารณะ (รถโพถ้อง) ในเขตอำเภอเมืองภูเก็ต

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ตมีขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยดังขั้นตอนดังนี้

1. รวบรวมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของระบบ GPS และ การพัฒนา Application
2. รวบรวมและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการให้บริการของรถโดยสารสาธารณะ (โพถ้อง) ประกอบด้วยค่าบริการ เส้นทางการเดินรถ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนที่เส้นทางการให้บริการรถโพถ้อง

ที่มา:การบริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเขตเมืองภูเก็ต (สุเมธี เจริญธรรม)

3. ออกแบบโครงสร้างของระบบซึ่งแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างการทำงานของแอพพลิเคชั่น

จากภาพที่ 2 มีขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชั่นตามภาพดังนี้

3.1 ผู้ใช้ต้องทำการ Login เข้าสู่ระบบ

3.2 ผู้ใช้สามารถเลือกตรวจสอบตำแหน่งรถ

3.3 ผู้ใช้สามารถเลือกตรวจสอบค่าบริการ

3.4 ผู้ใช้สามารถเลือกตรวจสอบเส้นทาง

3.5 ผู้ใช้ทำการ Logout ออกจากระบบ

4. **ดำเนินการพัฒนาแอพพลิเคชั่น** โดยใช้เครื่องมือในการพัฒนา ได้แก่

4.1 Hardware

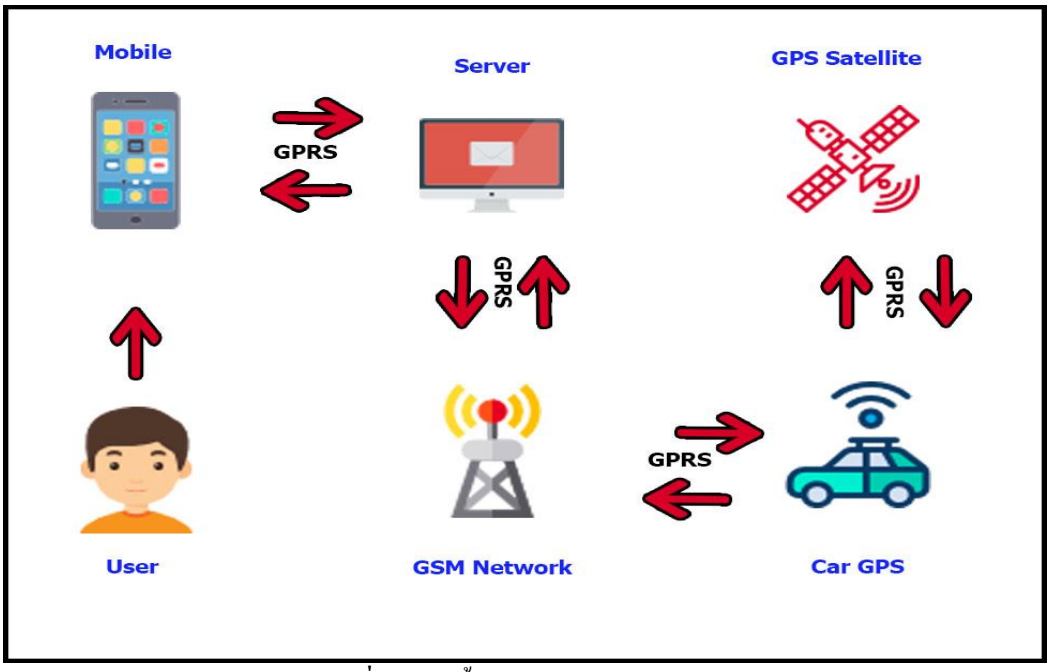
1) โทรศัพท์มือถือ smartphone
2) ตัวเครื่อง GPS Tracking
3) เครื่องคอมพิวเตอร์

4.2 Software

1) Android Studio
2) ภาษา PHP
3) โปรแกรมจัดการฐานข้อมูล SQL
4) Google map

5. ตรวจสอบการทำงานของแอพพลิเคชั่นการใช้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ต และปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด

กระบวนการทำงาน



ภาพที่ 3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ

จากภาพที่ 3 มีขั้นตอนการทำงานของระบบตามภาพดังนี้

3.1 ผู้ใช้ทำการทำการเรียกใช้แอพพลิเคชั่นผ่าน Smartphone

3.2 Smartphone ทำการรับข้อมูล และส่งต่อไปยัง Server

3.3 เมื่อ Server ทำการบันทึกข้อมูลจะส่งต่อไปยังเสารับสัญญาณ

3.4 เสารับสัญญาณจะทำการส่งสัญญาณไปยัง ตัว GPS และส่งค่าไปยังดาวเทียมเพื่อระบุพิกัดบนผิวโลก

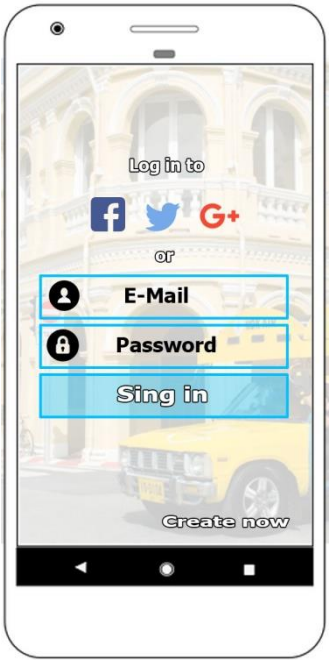
3.5 เมื่อทำการประมวลค่าต่างๆแล้วจะส่งข้อมูลกลับมายัง Smartphone ตามแผนภาพ

ผลและวิจารณ์ผล

จากการทดสอบการใช้งานแอพพลิเคชั่นส่งผลให้เกิดความสะดวกสบายต่อการใช้งานเบื้องต้น อาทิ เส้นทางการเดินรถในแต่ละสายของรถโดยสารสาธารณะ(โพถ้อง) และเวลาที่จะถึงจุดเริ่มต้น-ปลายทาง ทำให้ทราบเวลาโดยคาดคะเนว่ารถโดยสารจะมาถึงเวลาใดและทราบราคาค่าโดยสารในแต่ละจุด สร้างความสะดวกสบายรวดเร็วประหยัดทั้งเวลาและค่าโดยสารเป็นที่พึงพอใจต่อผู้ใช้บริการมากขึ้น ส่งผลที่ดีต่อภาพลักษณะของแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดมากขึ้นและให้ปัญหาการจราจรที่ติดขัดลดลงแสดงหน้าจอดังภาพที่ 4 – ภาพที่ 9



ภาพที่ 4 หน้าแรกของแอพพลิเคชั่นผู้ใช้สามารถเลือกภาษาในการใช้งานแอพพลิเคชั่น



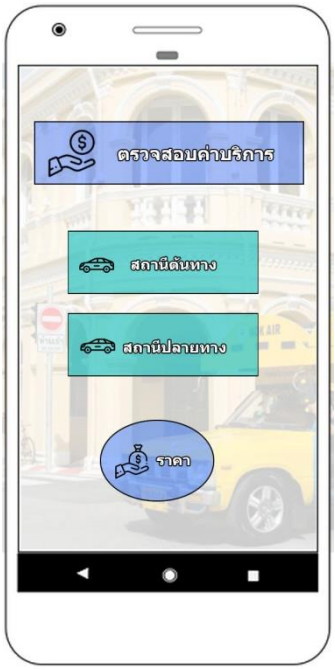
ภาพที่ 5 หน้าล็อกอินสำหรับเข้าใช้งานแอพพลิเคชั่น



ภาพที่ 6 หน้าจอ Menu สำหรับเลือกรายการที่ต้องการ



ภาพที่ 7 หน้าจอสำหรับให้ผู้ใช้เลือกเส้นทางแต่ละสาย (สาย 1-4)



ภาพที่ 8 หน้าจอสำหรับให้ผู้ใช้ตรวจสอบสถานีต้นทาง-ปลายทางและค่าบริการ



ภาพที่ 9 หน้าจอตรวจสอบสถานะรถว่าอยู่ตำแหน่งใด ระยะทางเท่าไหร่



ภาพที่ 10 หน้าจอประเมินความพึงพอใจต่อแอพพลิเคชั่น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นเส้นทางการเดินรถ “โพถ้อง” เพื่อการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจ จังหวัดภูเก็ต (กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต) ทำให้ผู้ใช้บริการทั้งนักท่องเที่ยวและประชาชนในจังหวัดภูเก็ตสามารถสำรวจเส้นทางการใช้งานรถแต่ละสายและทราบเวลาที่แน่นอนในการขึ้นรถส่งผลให้ประหยัดเวลาในการรอรถและสามารถเลือกดูผ่านหน้าแอพพลิเคชั่นได้โดยที่ผู้ใช้บริการไม่จำเป็นจะต้องเดินทางมานั่งรอรถตามจุดต่างๆ ด้วยตัวเองก่อนเวลา และสามารถใช้แอพพลิเคชั่นได้ตลอดเวลาที่รถให้บริการ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. คาดว่าในอนาคตแอพพลิเคชั่นจะสามารถรองรับระบบปฏิบัติการ IOS เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้ใช้บริการมากขึ้น

2. ในอนาคตแอพพลิเคชั่นอาจจะสามารถแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวบนเส้นทางที่รถสาธารณะ(โพถ้อง)สัญจรผ่าน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องแอพพลิเคชั่นการให้บริการรถโดยสารประจำทางสาธารณะ (โพถ้อง) ในเขตเมืองภูเก็ตสำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นนี้ขึ้นมา

เอกสารอ้างอิง

สุเมธี เจริญธรรม, (2559) ,การบริการของรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเขตเมืองภูเก็ต วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์,การบริการของรถโดยสารประจำทางสาธารณะในเขตเมืองภูเก็ต แหล่งที่มา: http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2016/11244/1/416867.pdf

กองกิจการขนส่งขังหวัดภูเก็ต, ข้อมูลรถโพถ้อง แหล่งที่มา:https://sites.google.com/site/phothongphuket/timetable

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร, คู่มือเขียนแอพ Android ด้วย Android Studio ,สำนักพิมพ์ ,โปรวิชั่น เลขเรียกหนังสือ, 005.26 .พ79คม

GPS tracker , แหล่งที่มา: http://wayroute.com/manual-tk102/

การศึกษาและการค้นหาแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ

The Studying and Finding Efficiency Model of The Automatics Checking and Processing of Class-Study System by Barcode for Prototyping

ศิริลักษณ์ อินทสโร[1*] และ วันวิสาข์ เพ็ชรรัตน์มุณี[2]

Sirilak Intasaro[1*] and Wanwisa Petcharatmunee[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาแนวทางการออกแบบวิธีการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติของนักศึกษาที่มีประสิทธิภาพในด้านการทำงาน การประมวลผล และการจัดเก็บข้อมูล และหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนโดยใช้รหัสแท่ง และนำมาจัดทำเป็นโมเดลระบบต้นแบบ

รูปแบบการวิจัยคือผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยใช้วิธีการตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์ แล้วดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจากอาจารย์จำนวน 50 คน และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าร้อยละ และทำการเปรียบเทียบองค์ประกอบและส่วนการทำงานของระบบต้นแบบ และจากการศึกษาการวิธีการจัดเก็บและการประมวลผลของระบบตรวจเช็คจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด พบว่ามีการจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของระบบการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียน โดยจะมีโปรแกรมในการประมวลผลจากเครื่องอ่านบาร์โค้ดและแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบของรายงาน

จากผลการวิจัยพบว่ารูปแบบที่เหมาะสมที่สุด คือการนำรูปแบบที่มีประสิทธิภาพมาสร้างเป็นระบบต้นแบบ พบว่าส่วนของการทำงานที่มีความจำเป็นต่อโมเดลระบบต้นแบบ ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ส่วนนำเข้าข้อมูล 2) ส่วนของการแสดงผล 3) กระบวนการทำงาน ซึ่งในส่วนของกระบวนการทำงานมีทั้งหมด 4 กระบวนการ คือ 1) บันทึกข้อมูล 2) ตรวจสอบ 3) ส่งข้อมูล 4) ออกรายงาน ผลจากการสำรวจตารางที่ใช้ในฐานข้อมูลที่มีความจำเป็นของระบบต้นแบบประกอบด้วยตารางข้อมูลนักศึกษา ตารางข้อมูลรายวิชา ตารางข้อมูลหน่วยการเรียน และตารางข้อมูลการเข้าเรียน และในส่วนการทำงานที่มีความสำคัญมากที่สุดและมาก พบว่ามีการเข้าสู่ระบบ การจัดการสำรองข้อมูล การลงทะเบียนเรียน การแสดงข้อมูลวิชาที่สอน การประเมินผลการเรียน การปรับแต่งรูปแบบการแสดงผล การจัดการข้อมูลส่วนตัว การค้นหาข้อมูล และการสั่งพิมพ์

คำสำคัญ : การตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติ, การประมวลผลการเข้าชั้นเรียน, รหัสแท่ง, โมเดลระบบต้นแบบ

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the method design to checking and processing for automatic class-study with efficiencies about operation, processing and storage, finding the most appropriate form for model of the automatics checking and processing of class-study system by barcode for prototyping.

This research was gathered data from the samples were 50 instructors by using methods of questionnaires and interview. The method was used percent to analysis and to compare the functions of prototyping model. A study of the storage and processing of barcode scanner systems. It is stored in the database of automatics checking and processing of class-study system. The program is processed by the barcode scanner and displayed as a report.

The results found that the most appropriate form was apply to effective form to prototyping. The part of the work required for the prototype model is composed of three parts: 1) Input specifications 2) Output specifications 3) Functional Specification. The processes have four parts: 1) Saving Data 2) Checking 3) Sending Data 4) Reporting. The table used in the system's database contains to table: student data, subject data, lesson data and class study. Functional of prototyping found that the most important level and more level must be Login, Backup management, Enrollment, Teaching subjects, Assessment of course, Customizing the display layout, Personal information management, Searching and Printing.

Keywords : Automatics checking, Processing of Class-Study, Barcode, Prototype Model

---

[1] สาขาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

[1] Department of Computer Science Faculty of Science and Technology , Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Yai Sub-district, Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province 80240, Thailand

[2] สาขาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

[2] Department of General Study Faculty of Science and Technology , Rajamangala University of Technology Srivijaya, Thung Yai Sub-district, Thung Yai District, Nakhon Si Thammarat Province 80240, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : siintasaro@hotmail.com

บทนำ

การตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นการเช็คจากใบรายชื่อของนักศึกษา ปัญหาที่เกิดขึ้นคือมีความผิดพลาดในการเช็คชื่อของนักศึกษา ซึ่งอาจเกิดจากการผิดพลาดจากการเช็คชื่อลงในช่องที่ผิด หรือบางครั้งผู้สอนลืมนำใบรายชื่อทำให้ไม่สามารถทำการเช็คชื่อนักศึกษาได้ หรือไม่มีเวลาที่จะเช็คชื่อในชั้นเรียนปัญหาที่เกิดรวมถึงการรวมคะแนนหรือการประมวลผลคะแนนการเข้าชั้นเรียนทำให้มีความล่าช้า ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจมีความผิดพลาดทางด้านข้อมูลได้ ถ้าใบเช็ครายชื่อเข้าชั้นเรียนเกิดสูญหาย ทำให้ไม่สามารถได้รับข้อมูลที่ต้องการได้ จากปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้จึงได้หาวิธีต่าง ๆ ที่จะนำมาเสริมเข้ากับการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถปฏิบัติการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการศึกษาและการหาแบบที่เหมาะสมที่สุดของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและหาแนวทางการออกแบบวิธีการตรวจเช็คและการประมวลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติของนักศึกษาที่มีประสิทธิภาพในด้านการทำงาน การประมวลผล และการจัดเก็บข้อมูล เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนโดยใช้รหัสแท่ง และเพื่อนำมาจัดทำเป็นโมเดลระบบต้นแบบของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาถึงการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาเป็นหลัก เพื่อหาแบบที่ดีที่สุดมาเป็นระบบต้นแบบในการสร้างระบบตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติที่สมบูรณ์ในอนาคตและสามารถนำระบบต้นแบบไปพัฒนาเพื่อสามารถนำใช้งานในทุกระดับการศึกษาในโอกาสต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ ซึ่งมีรูปแบบและรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ประชากรที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นอาจารย์ ระดับอุดมศึกษา

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ อาจารย์ ระดับอุดมศึกษา โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างจากอาจารย์ที่สอนเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ จำนวน 50 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยดำเนินการออกแบบและสร้างแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เพื่อการวิจัย ในการสำรวจความต้องการของผู้ใช้ระบบในการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างเป็นโมเดลของระบบต้นแบบ

2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ใช้ในการเก็บข้อมูลและประมวลผล

2.3 อาจารย์กลุ่มทดลอง จำนวน 50 คน

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาหลักการทำงานของระบบ

3.1.1 ศึกษาเทคโนโลยีรหัสแท่งหรือบาร์โค้ด (Barcode)

3.1.2 ศึกษารหัสบาร์โค้ด ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ส่วนลายเส้นซึ่งเป็นลายเส้นสีขาว (โปร่งใส) และสีดำ มีขนาดความกว้างของลายเส้นตามมาตรฐานแต่ละชนิดของบาร์โค้ด

ส่วนที่ 2 ส่วนข้อมูลตัวอักษรเป็นส่วนที่แสดงความหมายของข้อมูลลายเส้น

ส่วนที่ 3 ส่วนสุดท้ายแถบว่าง (Quiet Zone) เป็นส่วนที่เครื่องอ่านบาร์โค้ดใช้กำหนดขอบเขตของบาร์โค้ดและกำหนดค่าให้กับสีขาว โดยแต่ละเส้นจะมีความยาวเท่ากันเรียงตามลำดับในแนวนอนจากซ้ายไปขวา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Scanner) ในการอ่านข้อมูลที่บันทึกไว้

รหัสบาร์โค้ดที่ใช้ในการศึกษา เป็นบาร์โค้ดที่สามารถใช้ตัวเลขและตัวอักษร

- โค้ด 39 (Code 39) รูปสัญลักษณ์ของรหัสแท่งประเภทนี้ถูกพัฒนาขึ้นมา จากความต้องการที่จะนำเอาข้อมูลที่เป็นตัวอักษรเข้าไปในรหัสแท่งด้วย ความยาวของรูปสัญลักษณ์แบบโค้ด 39 นี้ค่อนข้างยาวและอาจจะไม่เหมาะสมมีพื้นที่จำกัด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงรหัสแท่งหรือรหัสบาร์โค้ดแบบ code 39

- โค้ด 128 (Code 128) เนื่องจากโค้ด 39 เก็บข้อมูลที่เป็นตัวอักษรได้ค่อนข้างจำกัด ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาโค้ด 128 ขึ้นมาใช้งาน เพราะรหัสแท่งแบบโค้ด 128 นี้จะกะทัดรัด และดูแน่นกว่าโค้ด 39 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงรหัสแท่งหรือรหัสบาร์โค้ดแบบ code 128

3.1.3 ศึกษากระบวนการอ่าน

3.1.4 ศึกษาเครื่องอ่านบาร์โค้ด สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท

1) เครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบ

2) เครื่องอ่านบาร์โค้ดแบบเลเซอร์

3) เครื่องอ่านแบบ CCD

4) เครื่องอ่านแบบกล้อง มีกล้องขนาดเล็กที่ซ่อนอยู่ในเครื่องอ่าน

3.1.5 ศึกษาการอ่านรหัสแท่ง

3.1.6 ศึกษาโปรแกรมระบบจัดการข้อมูลโดยใช้รหัสแท่ง

3.1.7 ศึกษาการพิมพ์รหัสแท่ง

3.2 ศึกษาการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลของการตรวจเช็คจากใบรายชื่อ

การจัดเก็บของการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนจากใบรายชื่อ จะเป็นการจัดเก็บในรูปแบบของเอกสาร โดยมีการจัดทำเป็นสมุดการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนในแต่ละรายวิชา ซึ่งในใบรายชื่อจะประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้ คือ รหัสรายวิชา รหัสนักศึกษา อาจารย์ผู้สอน สรุปวันที่ขาดเรียน ชื่อรายวิชา ชื่อนักศึกษา กลุ่มเรียน วันที่เรียน สรุปวันลา สรุปวันที่เข้าเรียนสาย และคะแนนเข้าชั้นเรียน

3.3 ศึกษาในเรื่องการจัดเก็บข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลของระบบตรวจเช็คจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด

การจัดเก็บข้อมูลของระบบตรวจเช็คเครื่องอ่านบาร์โค้ด จะจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของระบบการจัดการข้อมูลการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียน โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด และแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบของรายงาน

4. วิเคราะห์ระบบงานเดิมและการศึกษาความเป็นไปได้

4.1 การวิเคราะห์ระบบงานเดิม

ศึกษาการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนจากใบรายชื่อซึ่งเป็นระบบงานเดิม และวิเคราะห์ถึงข้อดี-ข้อเสียและศึกษาความเป็นไปได้ในแง่ต่าง ๆ เพื่อจะนำไปพัฒนาต่อไป

4.2 การศึกษาความเป็นไปได้

4.2.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนของระบบการตรวจเช็ค และการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ

4.2.2 ศึกษาและการค้นหาแบบที่มีประสิทธิภาพของการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียน

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้กับกลุ่มทดลอง และดำเนินการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์กับกลุ่มทดลอง

5.2 ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่กำหนด โดยใช้เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลการวิจัย

5.2.2 จัดเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์จากกลุ่มทดลองที่เป็นนักศึกษา

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักสถิติร่วมในการวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล จะถูกนำมาใช้ในการพิจารณาค้นหาแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง การวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่าร้อยละ

7. หารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง

การศึกษาความเป็นไปได้เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง มีดังนี้คือ Input / Output Specification และ Functional Specification

8. การจัดทำเป็นโมเดลระบบต้นแบบ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้สำรวจความต้องการของผู้ใช้ระบบในการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง และได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามและจากการสัมภาษณ์ เรียบร้อยแล้ว เพื่อนำมาหารูปแบบที่เหมาะสมที่สุดและนำมาจัดทำเป็นโมเดลระบบต้นแบบของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง

ผลการวิจัย

1. ผลจากการศึกษาหลักการทำงานของระบบการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนโดยใช้รหัสแท่ง จากการศึกษาพบว่า การทำงานของระบบการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนโดยใช้รหัสแท่งนั้น จะต้องประกอบด้วยหลักการทำงานของ

1.1 สัญลักษณ์ของรหัสแท่ง บาร์โค้ดที่ใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้ เป็นรหัสบาร์โค้ดที่สามารถใช้ได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร มี 2 ชนิด คือ Code-39 และ Code-128 โดยแต่ละเส้นจะมีความยาวเท่ากัน เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา รหัสแท่งหรือรหัสบาร์โค้ด มี 3 ส่วน ดังนี้ ส่วนลายเส้นสีขาวและสีดำ ส่วนข้อมูลตัวอักษร และส่วนแถบว่างสุดท้าย

1.2 เครื่องอ่านบาร์โค้ด

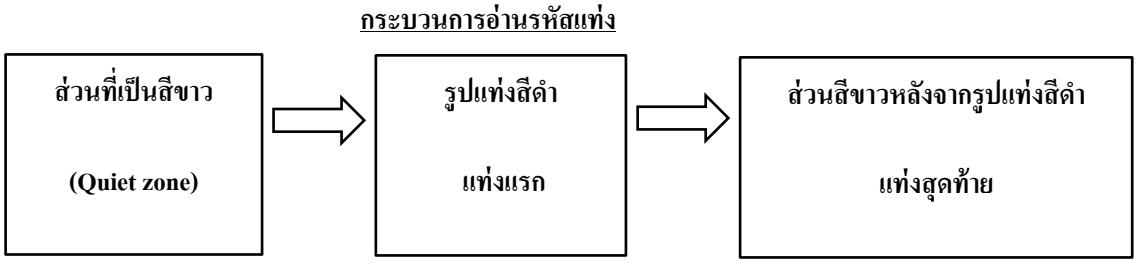
1.2.1 รหัสแท่งถูกอ่านโดยการฉายแสงเลเซอร์พาดไปยังรูปสัญลักษณ์ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการฉายแสงเลเซอร์พาดไปยังรูปสัญลักษณ์

1.2.2 ถ้าแสงเลเซอร์ฉายออกนอกขอบเขตของรูปสัญลักษณ์รหัสแท่งแล้วจะไม่สามารถอ่านรหัสแท่งได้

1.2.3 กระบวนการอ่านรหัสแท่งเริ่มจากส่วนที่เป็นสีขาว รูปแท่งสีดำ และส่วนสีขาวหลังจากรูปแท่งสีดำแท่งสุดท้าย ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงกระบวนการอ่านรหัสแท่ง

1.3 การจัดพิมพ์รหัสแท่งและโปรแกรมระบบจัดการข้อมูลโดยใช้รหัสแท่ง

การพิมพ์รหัสแท่ง สามารถใช้ได้กับเครื่องพิมพ์แบบเข็ม แบบความร้อน และแบบเลเซอร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1.3.1 เครื่องพิมพ์แบบเข็ม ใช้พิมพ์รหัสแท่งจำนวนน้อยๆ

1.3.2 เครื่องพิมพ์แบบความร้อน เหมาะสำหรับการพิมพ์บนฉลากที่เป็นม้วนๆ ใช้กับการพิมพ์รหัสแท่งจำนวนมากๆ และพิมพ์ได้เร็วและมีคุณภาพดี

1.3.3 เครื่องพิมพ์เลเซอร์ ใช้ในการพิมพ์รหัสแท่งจำนวนมากๆต่อครั้ง และมีคุณภาพดีและชัดเจน

2. ผลจากการศึกษาการจัดเก็บและการประมวลผลข้อมูลของการตรวจเช็คจากใบรายชื่อ

2.1 ผลจากการศึกษาการจัดเก็บข้อมูลจากใบรายชื่อ

ผลจากการศึกษาการจัดเก็บข้อมูลจากใบรายชื่อเป็นการจัดเก็บในรูปแบบของเอกสาร โดยมีการจัดทำเป็นใบรายชื่อหรือสมุดตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียนในแต่ละรายวิชา ซึ่งใบรายชื่อจะประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังตัวอย่างในภาพที่ 5

รหัสรายวิชา.....ชื่อรายวิชา.....

กลุ่มเรียน..... ผู้สอน.....

รหัสนักศึกษา	ชื่อนักศึกษา	วันที่เรียน .../..../.....	วันที่เรียน .../..../.....	วันที่เรียน .../..../.....	สาย	ขาด	ลา	คะแนนเข้าชั้นเรียน

ภาพที่ 5 ตัวอย่างการจัดเก็บในรูปแบบของใบรายชื่อ

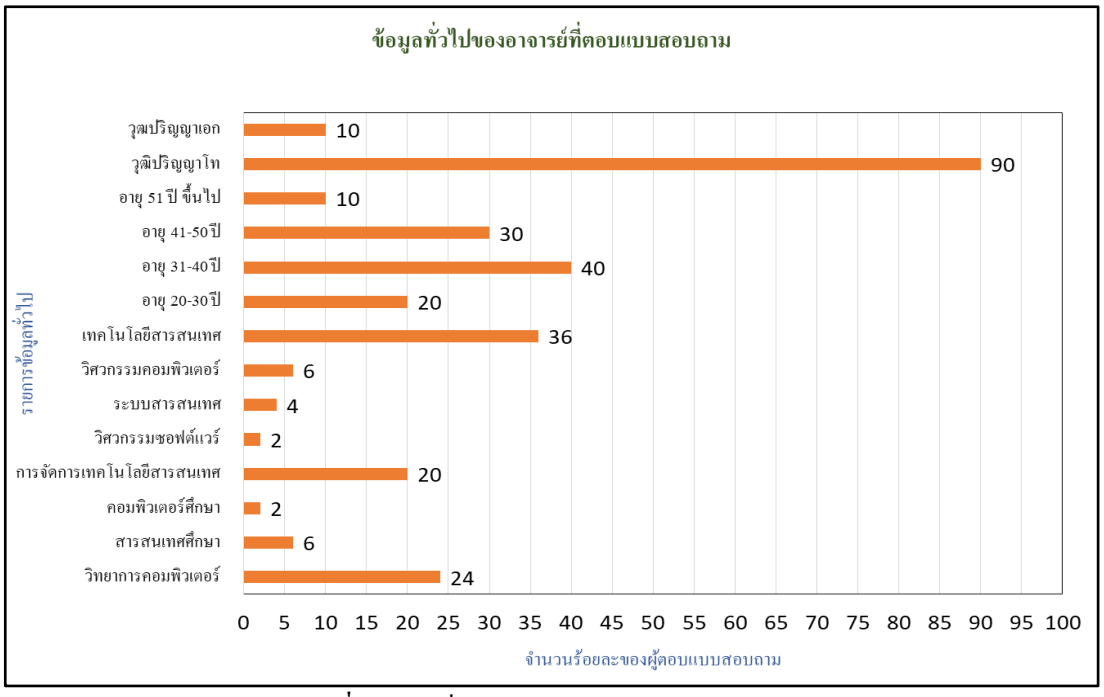
2.2 ผลจากการศึกษาการประมวลผลจากใบรายชื่อ เป็นการประมวลผลโดยใช้เครื่องคิดเลข หรือเป็นการคำนวณด้วยมือ และจากการประมวลผลด้วยมือจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการคำนวณได้ง่าย เนื่องจากข้อมูลไม่ชัดเจน หรือลำดับของการคำนวณผิดพลาด

3. ผลที่ได้จากศึกษาการจัดเก็บและการประมวลผลของระบบตรวจเช็คจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด

การจัดเก็บข้อมูลของระบบตรวจเช็คเครื่องอ่านบาร์โค้ด จะจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของระบบการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียน โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด และแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบของรายงาน

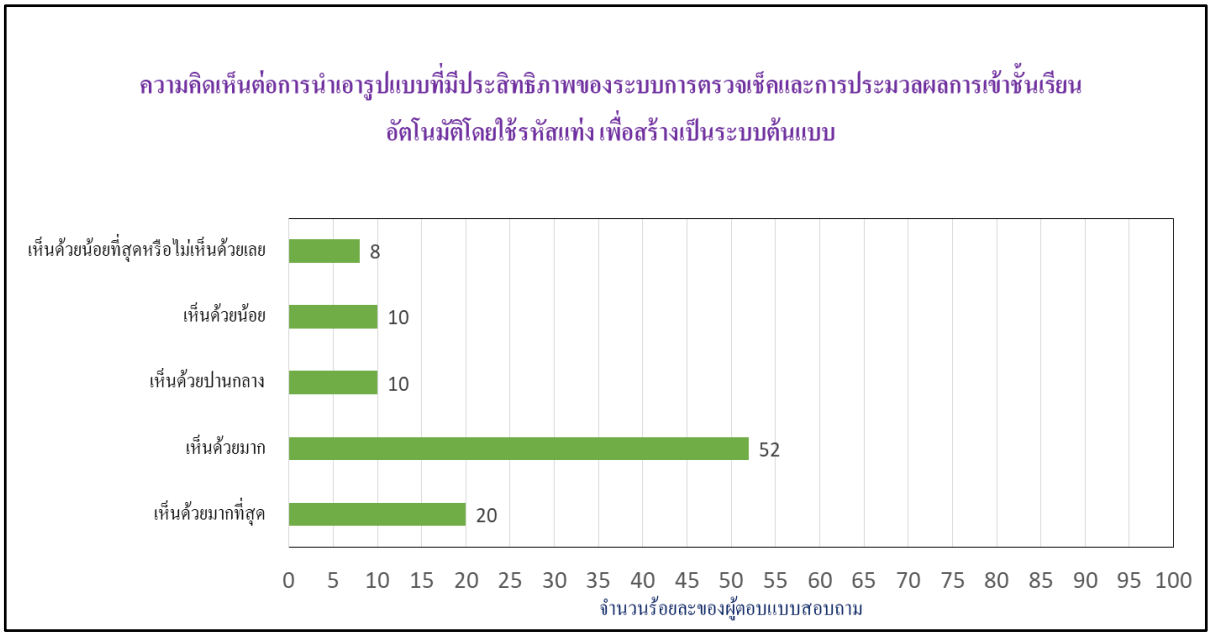
4. ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์

4.1 ข้อมูลทั่วไปของอาจารย์ผู้ตอบแบบสอบถาม ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ข้อมูลทั่วไปของอาจารย์ผู้ตอบแบบสอบถาม

4.2 ความคิดเห็นของท่านต่อการนำเอารูปแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 จำนวนร้อยละของความคิดเห็นต่อการนำเอารูปแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบ

4.3 ผลการออกแบบของระบบต้นแบบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการสำรวจร้อยละของการออกแบบระบบต้นแบบ

ส่วนของการทำงาน	ผลสำรวจร้อยละ	
	มี	ไมมี
Input Specification		
● ข้อมูลนักศึกษาจากฐานข้อมูลฝ่ายทะเบียน	96	4
● ข้อมูลรหัสแท่งของแต่ละบุคคลจากเครื่องสแกนบาร์โค้ด	100	0
● ข้อมูลวิชาเรียน	100	0
● ข้อมูลเกณฑ์คะแนนเข้าเรียน	100	0
Output Specification		
● ข้อมูลนักศึกษาที่เข้าเรียน	100	0
● แจ้งเวลาการเข้าเรียน	100	0
● แจ้งวันที่เข้าเรียน	100	0
Process		
● Process : บันทึกข้อมูล	100	0
➢ ข้อมูลนักศึกษา	100	0
➢ ข้อมูลรหัสแท่ง	100	0
➢ ข้อมูลวิชาเรียน	100	0
➢ ข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่ง	100	0

• Process : ตรวจสอบ	100	0
➢ รายชื่อนักศึกษา	100	0
➢ เวลามาเรียน	100	0
➢ วันที่มาเรียน	100	0
• Process : ส่งข้อมูล	100	0
➢ ส่งข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่งไปยัง Flash Drive	64	36
➢ ส่งข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่งเข้าคอมพิวเตอร์	100	0
• Process : ออกรายงาน	100	0
➢ รายงานข้อมูลนักศึกษาที่มาเรียน	100	0
➢ รายงานข้อมูลการเข้าเรียน	100	0
➢ รายงานสถิติการเข้าเรียน	80	20

4.3 ตารางที่จำเป็นของระบบต้นแบบ จากจำนวนอาจารย์ 50 คน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลร้อยละของการสำรวจเกี่ยวกับตารางที่ใช้ของระบบต้นแบบ

ลำดับ	ตารางที่ต้องใช้ในฐานข้อมูล	ผลร้อยละ				
		5 (มากที่สุด)	4 (มาก)	3 (ปานกลาง)	2 (น้อย)	1 (ไม่มีการมาใช้)
1	ข้อมูลนักศึกษา	100	0	0	0	0
2	ข้อมูลรายวิชา	100	0	0	0	0
3	ข้อมูลหน่วยการเรียน	64	20	16	0	0
4	ข้อมูลอาจารย์ผู้สอน	100	0	0	0	0
5	ข้อมูลลงทะเบียนรายวิชา	0	60	20	20	0
6	ข้อมูลลงทะเบียนหน่วยการเรียน	0	0	0	24	76
7	ข้อมูลการเข้าเรียน	100	0	0	0	0
8	ข้อมูลตารางเรียน	40	50	10	0	0

4.5 ความคิดเห็นของอาจารย์ต่อความสำคัญเกี่ยวกับส่วนการทำงานของระบบต้นแบบ

ตารางที่ 3 ผลร้อยละของความคิดเห็นของอาจารย์ต่อความสำคัญเกี่ยวกับส่วนการทำงานของระบบต้นแบบ

ลำดับ	ส่วนการทำงาน	ผลร้อยละของความสำคัญ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	ไม่ต้องการ (1)
1	การเข้าสู่ระบบ	94	6	0	0	0
2	การจัดการสำรองข้อมูล	0	56	24	20	0
3	การติดต่อด้วย E-mail	0	0	0	80	20
4	การสื่อสารกระดานสนทนา	0	0	0	0	100
5	การลงทะเบียนเรียน	0	80	20	0	0
6	การแสดงข้อมูลวิชาที่สอน	100	0	0	0	0
7	การประเมินผลการเรียน	100	0	0	0	0
8	การปรับแต่งรูปแบบการแสดงผล	0	60	20	20	0
9	การจัดการข้อมูลส่วนตัว	0	86	7	0	0
10	การค้นหาข้อมูล	96	4	0	0	0
11	ระบบช่วยเหลือ	0	0	0	0	100
12	การรวมลิงค์	0	0	0	0	100
13	การสั่งพิมพ์	100	0	0	0	0
14	การสื่อสารกล่องจดหมาย	0	0	56	40	4
15	การสื่อสารสนทนาออนไลน์	0	0	0	44	56
16	การแสดงผู้ใช้ที่ออนไลน์	0	0	0	0	100
17	การให้แสดงความคิดเห็น	0	0	0	0	100
18	การประกาศข่าวสาร	0	0	0	0	100

5. โมเดลระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง

5.1 โมเดลระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง แสดงได้ดังนี้

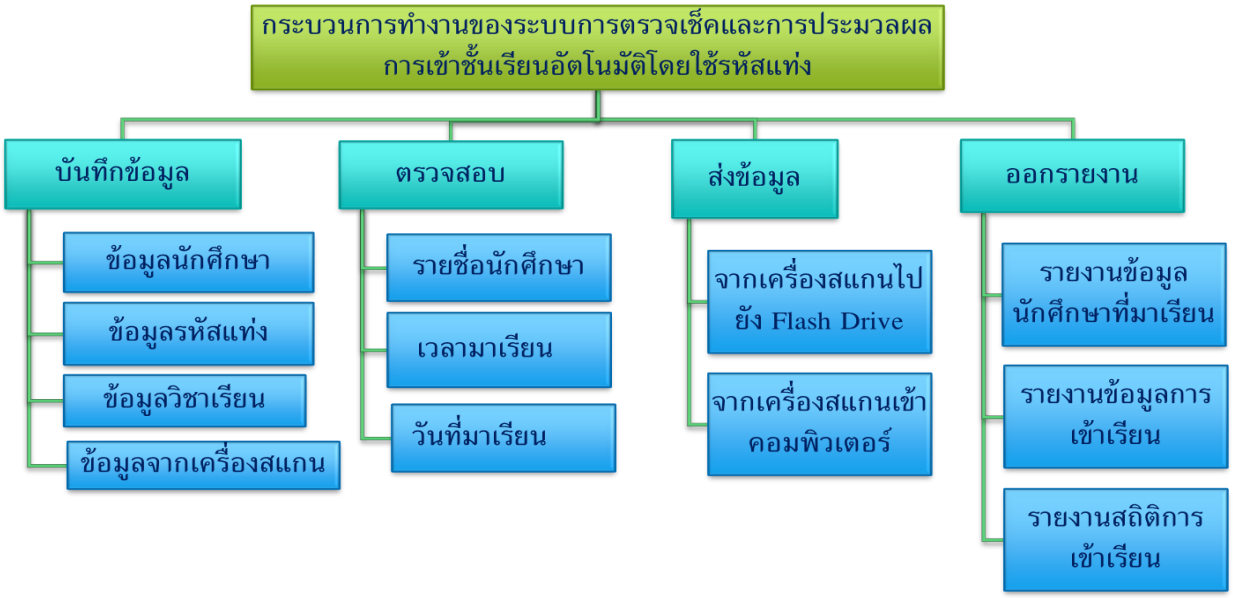
Input Specification
● ข้อมูลนักศึกษาจากฐานข้อมูลฝ่ายทะเบียน ● ข้อมูลรหัสแท่งของแต่ละบุคคลจากเครื่องสแกนบาร์โค้ด ● ข้อมูลวิชาเรียน ● ข้อมูลเกณฑ์คะแนนเข้าเรียน

Output Specification
● ข้อมูลนักศึกษาที่เข้าเรียน ● แจ้งเวลาการเข้าเรียน ● แจ้งวันที่เข้าเรียน

Process
● **บันทึกข้อมูล สามารถบันทึกข้อมูลได้ดังนี้** - ข้อมูลนักศึกษา - ข้อมูลรหัสแท่ง - ข้อมูลวิชาเรียน - ข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่ง ● **ตรวจสอบ สามารถตรวจสอบข้อมูลได้ดังนี้** - รายชื่อนักศึกษา - เวลามาเรียน - วันที่มาเรียน ● **ส่งข้อมูล สามารถส่งข้อมูลได้ดังนี้** - ส่งข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่งไปยัง Flash Drive - ส่งข้อมูลจากเครื่องสแกนรหัสแท่งเข้าคอมพิวเตอร์ ● **ออกรายงาน สามารถออกรายงานได้ดังนี้** - รายงานข้อมูลนักศึกษาที่มาเรียน - รายงานข้อมูลการเข้าเรียน - รายงานสถิติการเข้าเรียน

ภาพที่ 8 โมเดลระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง

5.2 แผนผังแสดงกระบวนการทำงานของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 กระบวนการทำงานของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการศึกษาและการค้นหาแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ สามารถวิจารณ์ผลได้ดังนี้

1. จากการพิจารณาข้อมูลทั่วไปและความคิดเห็นทั่วไปของอาจารย์ พบว่าส่วนมากเป็นอาจารย์ที่สอนทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ อาจารย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มอายุ 31-40 ปี ซึ่งในกลุ่มอายุดังกล่าวจะเป็นอาจารย์ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ส่วนอาจารย์ที่มีวุฒิปริญญาเอกจะมีจำนวนน้อย

2. จากการพิจารณาผลของร้อยละของความคิดเห็นของอาจารย์ต่อการนำเอารูปแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ พบว่าส่วนใหญ่จะเห็นด้วยมากที่จะมีการนำระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง มาพัฒนาเพื่อสามารถใช้งานจริง

3. จากการพิจารณาผลที่ได้จากการสำรวจเกี่ยวกับการออกแบบของระบบต้นแบบ พบว่าระบบต้นแบบจะต้องมีในส่วนของการทำงาน Input / Output Specification และส่วนของ Process

4. จากการพิจารณาผลที่ได้จากการสำรวจตารางที่มีความจำเป็นของระบบต้นแบบ พบว่า ตารางที่ต้องใช้ในฐานข้อมูลที่ได้จากการวิจัยมีทั้งหมด 4 ตาราง คือ ตารางข้อมูลนักศึกษา ตารางข้อมูลรายวิชา ตารางข้อมูลหน่วยการเรียน และตารางข้อมูลการเข้าเรียน

5. จากการพิจารณาผลที่ได้จากความคิดเห็นของอาจารย์ต่อความสำคัญเกี่ยวกับส่วนการทำงานของระบบต้นแบบ พบว่าระบบต้นแบบต้องมีการเข้าสู่ระบบ การจัดการสำรองข้อมูล การลงทะเบียนเรียน การแสดงข้อมูลวิชาที่สอน การประเมินผลการเรียน การปรับแต่งรูปแบบการแสดงผล การจัดการข้อมูลส่วนตัว การค้นหาข้อมูล และการสั่งพิมพ์

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิจัยด้านรูปแบบการทำงานของระบบ

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า รูปแบบของสัญลักษณ์รหัสแท่งหรือรหัสบาร์โค้ด มี 3 ส่วน คือส่วนลายเส้นสีขาวและสีดำ ส่วนข้อมูลตัวอักษร และส่วนแถบว่างสุดท้าย โดยแต่ละเส้นจะมีความยาวเท่ากัน เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา รหัสบาร์โค้ดสามารถใช้ได้ทั้งตัวเลขและตัวอักษร มี 2 ชนิด คือ Code-39 และ Code-128

2. ผลวิจัยที่ได้จากศึกษาการจัดเก็บและการประมวลผลของระบบตรวจเช็คจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด

การจัดเก็บข้อมูลของระบบตรวจเช็คเครื่องอ่านบาร์โค้ด จะจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของระบบการตรวจเช็คการเข้าชั้นเรียน โดยโปรแกรมจะทำการประมวลผลจากเครื่องอ่านบาร์โค้ด และแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบของรายงาน

3. ผลการวิจัยที่ได้จากวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า

3.1 อาจารย์ที่ตอบแบบสอบถามและสัมภาษณ์ พบว่าสอนวิชาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36 อันดับที่สองคือวิทยาการคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 24 ส่วนอายุ กลุ่มอายุที่มีจำนวนอาจารย์อยู่มากที่สุด คือกลุ่มอายุ 31-40 ปี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 40 อันดับสองคือกลุ่มอายุ 41-50 ปี จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 30 ส่วนวุฒิการศึกษาสูงสุดอันดับหนึ่งคือ ปริญญาโท จำนวน 45 คน คิดเป็นร้อยละ 90 อันดับสองคือ ปริญญาเอก จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 10

3.2 ผลที่ได้จากความคิดเห็นของอาจารย์ต่อการนำเอารูปแบบที่มีประสิทธิภาพของระบบการตรวจเช็คและการประมวลผลการเข้าชั้นเรียนอัตโนมัติโดยใช้รหัสแท่ง เพื่อสร้างเป็นระบบต้นแบบ พบว่า อันดับหนึ่งคือ เห็นด้วยมาก คิดเป็นร้อยละ 52 อันดับสองคือ เห็นด้วยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 20

3.3 ผลที่ได้จากการสำรวจเกี่ยวกับการออกแบบของระบบต้นแบบพบว่า ส่วนของการทำงาน Input / Output Specification และส่วนของ Process สรุปว่ามีความจำเป็นต่อระบบต้นแบบโดยดูจากร้อยละที่เกินกว่า 50 ของทุกส่วนการทำงาน

3.4 ผลที่ได้จากการสำรวจตารางที่มีความจำเป็นของระบบต้นแบบ พบว่า ตารางที่ต้องใช้ในฐานข้อมูลคือ ตารางข้อมูลนักศึกษา ตารางข้อมูลรายวิชา ตารางข้อมูลหน่วยการเรียน และตารางข้อมูลการเข้าเรียน โดยสรุปจากจำนวนที่ได้มากที่สุดจากการตอบแบบสอบถาม ที่มีจำนวนร้อยละเกิน 50

3.5 ผลที่ได้จากความคิดเห็นของอาจารย์ต่อความสำคัญเกี่ยวกับส่วนการทำงานของระบบต้นแบบ ที่มีระดับความสำคัญมากที่สุดและมาก ที่มีผลร้อยละเกิน 50 พบว่ามีการเข้าสู่ระบบ การจัดการสำรองข้อมูล การลงทะเบียนเรียน การแสดงข้อมูลวิชาที่สอน การประเมินผลการเรียน การปรับแต่งรูปแบบการแสดงผล การจัดการข้อมูลส่วนตัว การค้นหาข้อมูล และการสั่งพิมพ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองอธิการบดีประจำวิทยาเขตนครศรีธรรมราช มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช และขอขอบคุณคณบดีและผู้ช่วยคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา แนะนำวิธีการทำวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์ในระดับอุดมศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ให้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กัลยาณี บรรจงจิตร, ทวีฤทธิ์ มานวกุล และ วณิชย์ วิชญเศรณี. 2551. **โปรแกรมเช็คชื่อนิสิตด้วยลายนิ้วมือ.**

ธวัชชัย สารวงษ์. 2547. **การพัฒนาโปรแกรมทะเบียนและวัดผลโดยใช้บาร์โค้ดและวิธีบันทึกผลการเรียนแบบไขว้ด้วยวิธีการกำหนดความสำคัญ**. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์. บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พงศกร เสืองาม, ศราวุฒิ ลือจินดา และสุชิน วังชิ้น. 2551. **การจัดการห้องสมุดด้วยบาร์โค้ด**.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ.รองศาสตราจารย์ ดร. 2550. **วิธีวิจัยทางการศึกษา**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีรชน นามโคตร. 2553. **การพัฒนาระบบสารสนเทศของโรงเรียนวัดอินทาราม**. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิวัฒน์ชัย นิลวรรณ. 2546. **การพัฒนาระบบฐานข้อมูลบุคลากรและนักเรียนในโรงเรียนประถมศึกษาโดยใช้ระบบบาร์โค้ด**. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, สถาบันรหัสสากล. 2551. **มาตรฐานบาร์โค้ด**.

สมจิตร อาจอินทร์ และงามนิจ อาจอินทร์. 2549. **หลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบฐานข้อมูล**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดขอนแก่นการพิมพ์.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2551. **วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ**. กรุงเทพมหานคร :บริษัท เอช.เอ็น. กรุ๊ป จำกัด. 258 หน้า.

http://www.youtube.com. **ระบบสายรัดข้อมือบาร์โค้ด สำหรับพิธีพระราชทานปริญญาบัตรประจำปีการศึกษา 2554**. มหาวิทยาลัยบูรพา. ค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2556.

วิทยาการข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์และคาดคะเนการเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

Data Science Analyze and Predict Traffic Accidents in Phuket.

พลวัต มณีสุรัตน์[1*] และ อรรถพล ปิลไลย์[1]

Ponlawat Maneesurat[1*] and Attapon Pillai [1]

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน Data Science หรือ วิทยาการข้อมูล คือ การนำข้อมูลเก่าที่มีอยู่แล้วมาใช้มาใช้ประโยชน์ เพื่อค้นหาสิ่งที่เราไม่รู้หรืออยากจะรู้ วิทยาการข้อมูล เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ เช่น เหมืองข้อมูลคือ การเอาข้อมูลในอดีตมาค้นหาแบบแผน เพื่อนำไปใช้ทำนายผล ตัวอย่าง ก็คือ การนำข้อมูลเก่าในอดีตที่ต้องการจะรู้ข้อมูลในอนาคต มาทำนายว่าอนาคตข้อมูลจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในทิศทางใด ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเรื่องอื่นได้อีกหลากหลาย ในที่นี้นำมาใช้ในการวิเคราะห์และคาดคะเนเกี่ยวกับอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตเพื่อที่จะได้รู้ว่าในอนาคตข้างหน้าจะมีอุบัติเหตุจราจรทางบกเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดและมีสาเหตุใดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

โดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python เพื่อใช้อัลกอริธึมอนุกรมเวลา (time series)ของวิชาเหมืองข้อมูล (Data mining) มาทำการวิเคราะห์และคาดคะเนข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต และแสดงข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คาดคะเนออกมากราฟ เพื่อที่จะได้นำข้อมูลนั้นไปใช้ในการแก้ไขหรือระวังอุบัติเหตุเพื่อลดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

คำสำคัญ : วิทยาการข้อมูล (Data science) , เหมืองข้อมูล (Data mining) , อนุกรมเวลา (Time Series) , ภาษา Python

ABSTRACT

At present Data Science is bringing use old data to exploit to find what we do not know or want to know Data Science as a step in to bringing use data to exploit such as Data Mining is bringing old data historical to find a pattern for bringing apply to predict. In the future a simple example is bringing old data predict that the future what will be in what direction? which can be apply to other story. In this place used in analysis and estimate about Land Traffic accidents in Phuket in order to know that the future forward How much will land traffic accidents happen? and What causes traffic accidents in Phuket?

By programming in a language Python to use the algorithm time series of Data mining to analysis and estimate data about Land Traffic accidents in Phuket and display the data obtain from the analysis and estimate come out graph. In order to use that information to edit or to reduce Land Traffic accidents in Phuket.

Keywords : Data science , Data mining , Time Series , Python

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University,Rachada, Muang, Phuket, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์(Corresponding author, e-mail) : : sunbritezz@gmail.com

บทนำ

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

ปัจจุบัน Data Science หรือ วิทยาการข้อมูล คือ การนำข้อมูลเก่าที่มีอยู่แล้วมาใช้มาใช้ประโยชน์ เพื่อค้นหาสิ่งที่เราไม่รู้หรืออยากจะรู้ วิทยาการข้อมูล เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ เช่น เหมืองข้อมูลคือ การเอาข้อมูลในอดีตมาค้นหาแบบแผน (Pattern) เพื่อนำไปใช้ทำนายผล (Predict) โดยหลักการแล้ว วิทยากรข้อมูล นั้นเกิดประกอบขึ้นจาก 3 ศาสตร์หลักๆ คือ สกิลเกี่ยวกับ โปรแกรมมิ่ง,ฐานข้อมูล,เหมืองข้อมูล,สถิติ,คณิตศาสตร์ วิทยาการข้อมูล คือการนำความรู้เดิมที่มีอยู่มารวมและประยุกต์เข้าด้วยกัน ผลลัพธ์ได้จากการทำวิทยาการข้อมูล ก็เช่น ค้นพบสิ่งที่เราไม่เคยรู้มาก่อนจากข้อมูลสร้าง, Model สำหรับการพยากรณ์ จากข้อมูลเก่า และนำสิ่งที่ได้ไปใช้งานให้เกิดประโยชน์ สร้าง ข้อมูลใหม่ๆ ที่สามารถความมั่นใจในและสามารถตัดสินใจได้ดีขึ้น ในที่นี้นำมาใช้ในการวิเคราะห์และคาดคะเนเกี่ยวกับอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตเพื่อที่จะได้รู้ว่าในอนาคตข้างหน้าจะมีอุบัติเหตุจราจรทางบกเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดและมีสาเหตุใดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

โดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python เพื่อใช้อัลกอริธึมอนุกรมเวลา (time series) ของ วิชาเหมืองข้อมูล (Data mining) ทำนายผล (Predict) ในอนาคต ว่า จะมีอุบัติเหตุจราจรทางบกเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดและมีสาเหตุใดที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. นำข้อมูลเก่ามาใช้ให้เกิดประโยชน์
2. ทำนายข้อมูลในอนาคตว่าอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตจะเป็นอย่างไร
3. เพื่อที่จะได้นำข้อมูลที่ทำนายได้มาปรับปรุงแก้ไขและป้องกันเกี่ยวกับอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพยากรณ์การเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ และข้อมูลมีลักษณะเป็นรายปี ระดับจังหวัด แหล่งที่มาของข้อมูลคือสถิติคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบก จำแนกตามประเภทรถที่เกิดอุบัติเหตุ พ.ศ. 2549 - 2558 โดยปัจจัยที่นำมาศึกษาเบื้องต้นมีดังนี้

1. รถจักรยาน
2. รถสามล้อ
3. รถจักรยานยนต์
4. รถสามล้อเครื่อง
5. รถยนต์นั่ง
6. รถโดยสารขนาดเล็ก (รถตู้)
7. รถบรรทุกขนาดเล็ก (ปิคอัพ)
8. รถโดยสารขนาดใหญ่
9. รถบรรทุก 10 ล้อ และมากกว่า
10. แท็กซี่

โดยใช้เทคนิคทฤษฎีทางสถิติหาจำนวนการเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต คือ ค่าแนวโน้มโดยใช้ Least Square Method

สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลที่นำมาช่วยแก้ไขและป้องกันอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต
2. นำข้อมูลเก่ามาประยุคใช้ให้เกิดประโยชน์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการการเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

1.1 ANACONDA (Jupyter) เป็นโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ที่รองรับการเขียนภาษา python ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม

1.2 ภาษา Python

1.3 คอมพิวเตอร์, Laptop

2. ทฤษฎีหรือสมการที่ใช้ในการพยากรณ์การเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ตมีดังต่อไปนี้

2.1 Least Square Method

$$\hat{y} = a + bx \quad (1)$$

โดย $\hat{y}$ คือ ค่าอนุกรมเวลาที่ต้องการประมาณ

a คือ ระยะตัดแกน y

b คือ ความชันของเส้นตรง

x คือ แทนเวลาที่เก็บ

ในการคำนวณค่า $\hat{y}$ ต้องกำหนดค่า x โดยมีข้อแม้ว่า

2.1.1ถ้าจำนวนข้อมูลเป็นเลขคี่ ให้ใช้ปีที่อยู่กึ่งกลางของข้อมูล มีค่า x = 0 สำหรับปีที่อยู่ก่อนปีกึ่งกลางให้มีค่า x เป็น -1, -2, -3,...ส่วนปีที่อยู่หลังปีกึ่งกลางให้มีค่า x เป็น 1, 2, 3,...ตามลำดับ

2.1.2ถ้าจำนวนข้อมูลเป็นเลขคู่ ให้กำหนดปีที่อยู่กึ่งกลางมีค่า x = 1 และ x = -1 ปีที่อยู่ก่อนจุดพเริ่มต้นให้มีค่า x เป็น -3, -5, -7,... ส่วนปีที่อยู่หลังจุดเริ่มต้นให้มีค่า x เป็น 3, 5, 7,... ตามลำดับ

หลังจากทำการกำหนดค่า x เรียบร้อยแล้วก็คำนวณค่า a และ b จากสูตร

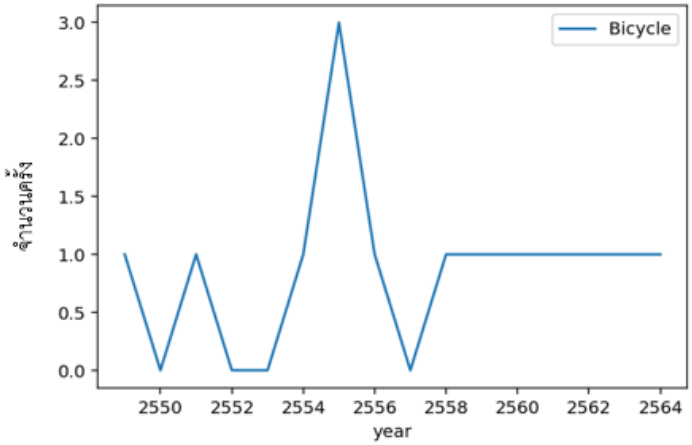
$$a = \bar{y} \quad (2)$$

$$b = \frac{\sqrt{xy}}{\sqrt{x^2}} \quad (3)$$

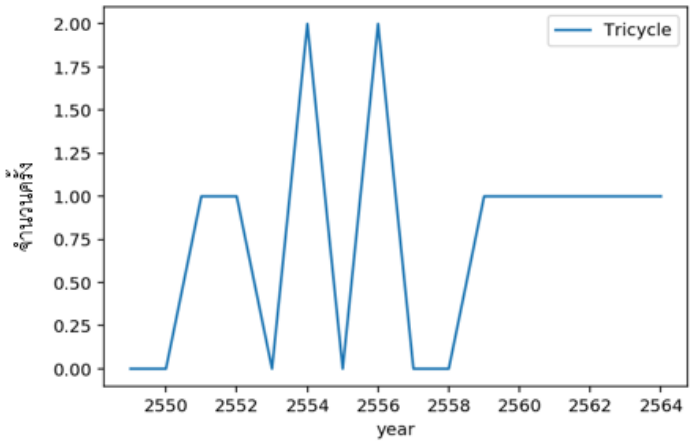
ผลและวิจารณ์ผล

- ข้อมูลเดิม : ปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2558
- ข้อมูลที่ทำการพยากรณ์ **:** ปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2564
- หน่วย **:** การเกิดอุบัติเหตุเป็นครั้ง

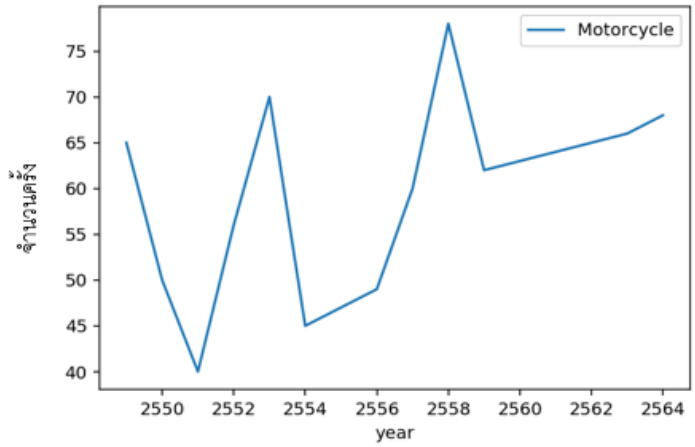
แยกตามประเภทได้ดังนี้



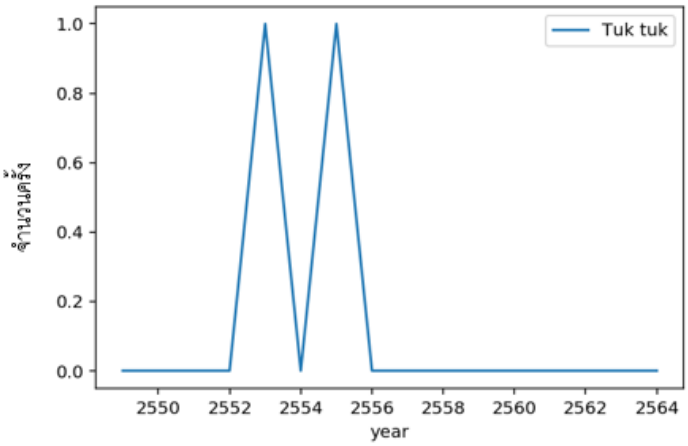
ภาพที่ 1 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถจักรยาน ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



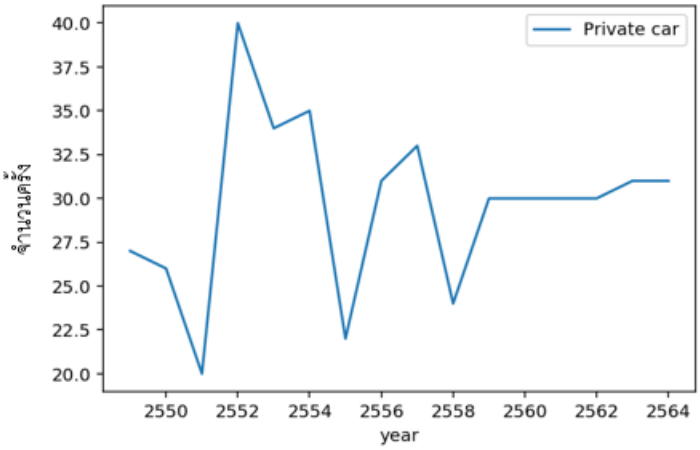
ภาพที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถสามล้อ ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



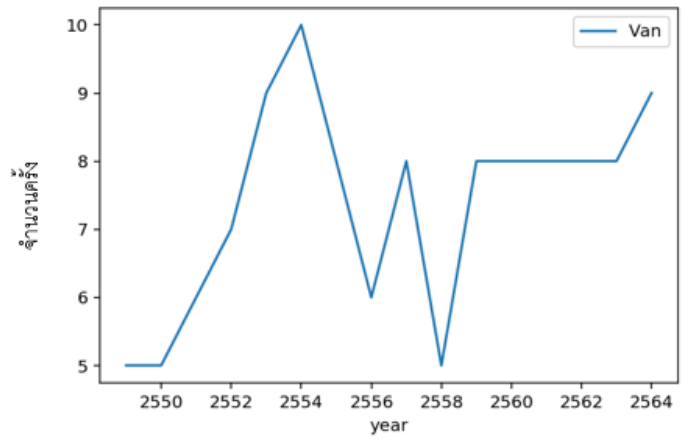
ภาพที่ 3 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถจักรยานยนต์ ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



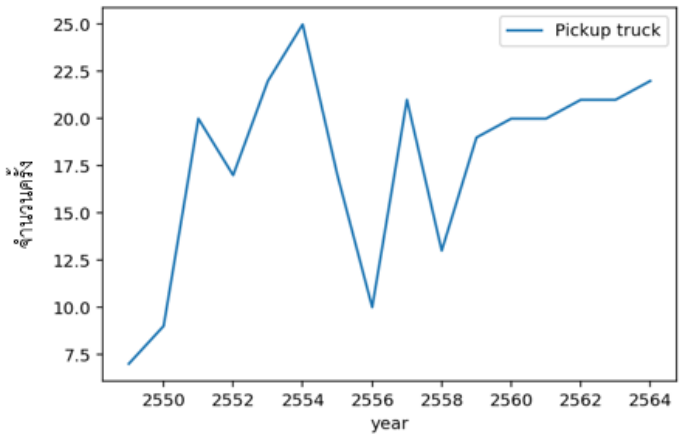
ภาพที่ 4 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถสามล้อเครื่องปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



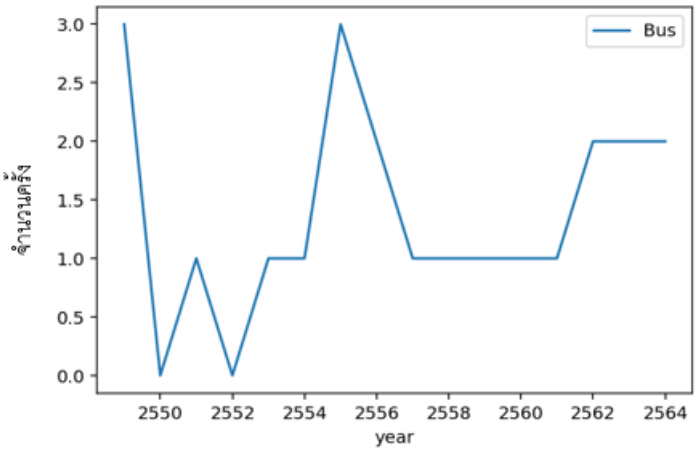
ภาพที่ 5 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถยนต์นั่งปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



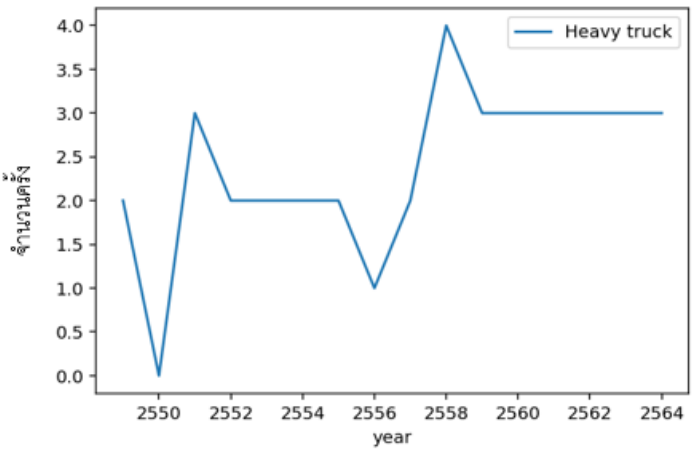
ภาพที่ 6 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถโดยสารขนาดเล็ก (รถตู้)ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



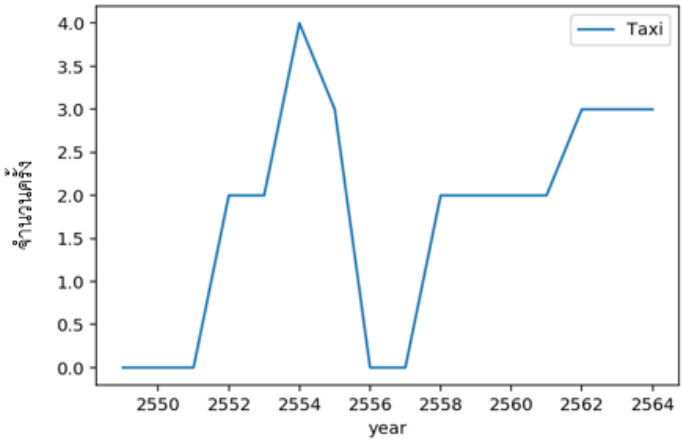
ภาพที่ 7 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถบรรทุกขนาดเล็ก (ปิคอัพ)ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



ภาพที่ 8 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถโดยสารขนาดใหญ่(ปิคอัพ)ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



ภาพที่ 9 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทรถบรรทุก 10 ล้อ และมากกว่าปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564



ภาพที่ 10 ข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์ประเภทแท็กซี่ปี พ.ศ. 2559 ถึง ปี 2564

สรุปผลการวิจัย

จากการที่ได้ทำการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนการเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2564 จำแนกตามประเภทรถ คือ รถจักรยาน,รถสามล้อ,รถจักรยานยนต์,รถสามล้อเครื่อง,รถยนต์นั่ง,รถโดยสารขนาดเล็ก (รถตู้),รถบรรทุกขนาดเล็ก (ปิคอัพ),รถโดยสารขนาดใหญ่,รถบรรทุก 10 ล้อ และมากกว่า,แท็กซี่ ได้ผลออกมาดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่1 การพยากรณ์การเกิดอุบัติเหตุการจราจรทางบกในจังหวัดภูเก็ต ปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2564

Year					Private		Pickup		Heavy	
	Bicycle	Tricycle	Motorcycle	Tuk tuk	car	Van	truck	Bus	truck	Taxi
2559	1	1	62	0	30	8	19	1	3	2
2560	1	1	63	0	30	8	20	1	3	2
2561	1	1	64	0	30	8	20	1	3	2
2562	1	1	65	0	30	8	21	2	3	3
2563	1	1	66	0	31	8	21	2	3	3
2564	1	1	68	0	31	9	22	2	3	3

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ จากหลายๆฝ่ายโดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ อรรถพล ปิลไลย์ ในการแนะนำ ตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะอาจารย์ นักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ที่ได้ให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยนี้ และยังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ และเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่างๆที่ให้ความช่วยเหลืออีกมากมาย ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมด จึงขอขอบคุณในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

รศ.ดร. ประเสริฐ คณาวัฒนไชย,(2018), **สอน Python สำหรับ Data science ,** จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, แหล่งที่มา : https://www.youtube.com/playlist?list=PLoTScYm9O0GGsOHPCeufxCLt-uGU5Rsuj

อาจารย์พฤกษ์ จิรสัตยาภรณ์ ,(2016), **การวิเคราะห์อนุกรมเวลา** , แหล่งที่มา : https://www.youtube.com/watch?v =X8mOhib2q9E&t=1341s

Puttasak Tantisuttivet ,(2016) , **Data Science คืออะไร ,** แหล่งที่มาhttps://brandinside.asia/ data-science-sexiest- job/

Aarshay Jain ,(2016) , **A comprehensive beginner's guide to create a Time Series Forecast (with Codes in Python) ,** Available Source: https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/02/time-series-forecasting-codes-python

การสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์

The Synthesis of Elements of the Learning Environmental Management System for Education Management on Online Social Network

ฉันทนา ปาปัดถา [1*] และ สรญา เปรี้ยวประสิทธิ์ [2]

Chantana Papattha [1*] and Sorraya Priaoprasit [2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ เป็นการวิจัยคุณภาพด้วยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 12 คน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการใช้เทคโนโลยีสารสารสนเทศเพื่อการศึกษา เพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เพื่อการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ (1) ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบ กระบวนการออกแบบ และการนำเสนอผลงาน และ (2) ขั้นตอนระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ได้แก่ สร้างความสนใจ สำรวจและค้นหา อธิบายและสรุปผล ขยายความรู้ ประเมินผล และนำเสนอบนเครือข่ายสังคมออนไลน์

คำสำคัญ : การสังเคราะห์องค์ประกอบ, ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้, เครือข่ายสังคมออนไลน์

ABSTRACT

The purpose of this research was to synthesize the elements of the learning environmental management system for education management on online social network. This paper explores the qualitative research method with synthesis and analysis of relevant concepts and theories. The data was collected from 12 experts who were special expert about information technology to elevate appropriateness of the system. Data was analyzed by average, standard deviation. The results showed as follows: The element of the system that there were two essential elements consisted of (1) learning environment management system consisted of four elements including inquiry process learning, design introduction, design process, and presentation and (2) steps of learning environment management system consisted of six elements including interest create, explorer and search, describe and summarize, knowledge expand, evaluation, and presentation of social network. Evaluate appropriateness of the system was at the highest level.

Keyword: Elements Synthesis, Learning Environmental Management System, Online Social Network

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แขวงวชิรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[2] แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยพณิชยการธนบุรี แขวงดูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-Mail) : chantana.p@rmutp.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของคนรุ่นใหม่ ซึ่งเห็นโดยทั่วไป เช่น การสื่อสารผ่าน MSN การแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นผ่าน Social Network การค้นหาข้อมูลใน Google และ Wikipedia การประกาศข่าวสารผ่าน Twitter และการดูวิดีโอคลิปผ่าน YouTube เป็นต้น (ธนากร หวังพิพัฒน์วงศ์, 2553) โดยที่ประเทศไทยได้ประกาศใช้กรอบนโยบายสารสนเทศฉบับแรกเมื่อปี 2539 (IT2000) ต่อมาได้จัดทำกรอบนโยบาย IT2010 (พ.ศ. 2544-2553) เพื่อเป็นเข็มทิศชี้นำการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ ในช่วงทศวรรษแรกของศตวรรษที่ 21 โดยเน้น 5e's ได้แก่ e-Government, e-Industry, e-Commerce, e-Education และ e-Society เพื่อยกระดับเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตประชาชนไทย และนำพาประเทศไทยสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ (Knowledge-based Economy and Society) และในปัจจุบันประเทศไทยใช้กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พ.ศ. 2554-2563 หรือที่เรียกว่า ICT 2020 กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า ICT เป็นพลังขับเคลื่อนสำคัญในการนำพาคนไทยสู่ความรู้และปัญญาเศรษฐกิจไทยสู่การเติบโตอย่างยั่งยืน สังคมไทยสู่ความเสมอภาค (Smart Thailand 2020) (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2554) ดังนั้น กระทรวงศึกษาธิการ (2554) จึงนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษาซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ สำหรับสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ทางการศึกษามาใช้ และเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การพัฒนาเศรษฐกิจด้วยสังคมแห่งภูมิปัญญาจำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้ ICT ทั่วทั้งสังคม โดยอาศัยการศึกษาและโครงสร้างพื้นฐานด้าน ICT ที่ประชาชนทุกคนสามารถเข้าถึงได้ ประกอบกับภาครัฐจะต้องดำเนินการนำ ICT มาใช้ในระบบการศึกษา ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการสร้างธรรมชาติที่มีวัฒนธรรมการใช้ ICT อย่างรู้เท่าทันและมีธรรมาภิบาล

เมื่อพิจารณาทิศทางการศึกษาในศตวรรษที่ 21 หรือ 21st Century Skills จุดเน้นเพื่อพัฒนาทักษะด้านต่างๆ ของผู้เรียน ได้แก่ ทักษะชีวิตและอาชีพ ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 4Cs ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ (Critical Thinking) การสื่อสาร (Communication) การร่วมมือ (Collaboration) และความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) (Partnership for 21st Century Skills: 2011) ส่วนประเทศไทยได้กำหนดกรอบแนวคิด ในการจัดการศึกษาภายใต้บริบทการสอนผู้เรียนต้องเรียนรู้ทักษะที่จำเป็นเพื่อให้ประสบความสำเร็จในโลกทุกวันนี้ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการร่วมมือ โดยเน้นการพัฒนาทักษะการดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี ทักษะชีวิตและอาชีพ รวมถึงระบบการส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อการสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต ดังนั้น การจัดการศึกษาที่มีคุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นที่ทุกประเทศจะต้องให้ความสำคัญ เนื่องจากการศึกษาเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาประเทศในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาด้านสังคม เศรษฐกิจ และการเมือง รวมไปถึงการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี ดังนั้น เมื่อประเทศไทยดำเนินการปฏิรูปการศึกษา ซึ่งประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์ (2554) กล่าวว่า การปฏิรูปการศึกษาที่แท้จริงควรปฏิรูปกระบวนทัศน์ด้วย จากกระบวนทัศน์เดิมที่ครูเป็นผู้มอบความรู้ให้แก่นักเรียนนักศึกษาในสถาบันต่างๆ เปลี่ยนเป็นช่วยกันออกแบบกระบวนการเรียนรู้รวมกันระหว่างครูกับเด็กและเยาวชนทุกคนในสังคม นั่นคือ "กระบวนการเรียนรู้สำคัญกว่าความรู้" และ "ครูมิใช้ผู้มอบความรู้" แต่เป็น "ผู้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ โดยเรียนรู้ไปพร้อมๆ กันกับเด็กและเยาวชน" ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ จะมิใช่ตัวความรู้อีกต่อไป เพราะตัวความรู้นั้นมีมากมายมหาศาลเกินกว่าที่จะมอบให้นักเรียนแต่ละชั้นปีได้ อีกทั้งนักเรียนในศตวรรษใหม่มีหนทางค้นหาความรู้ด้วยตนเองจากทุกหนทุกแห่ง ทั้งในสิ่งแวดล้อม และในอินเทอร์เน็ต ดังนั้น กระบวนทัศน์ใหม่ที่จะพัฒนาเด็กและเยาวชนให้เป็นผู้ใฝ่รู้ตลอดชีวิต เด็กและเยาวชนจะเรียนรู้อะไรบ้างขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละคน แต่ที่ทุกคนควรมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดเวลา ตลอดชีวิตพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจะต้องถือว่า "ผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด" การศึกษาจะต้องมุ่งหมายเพื่อสร้างและพัฒนาผู้เรียน "ให้เป็นคนที่มีคุณธรรมและปัญญา" มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (Behavior Change) ไปในทิศทางที่ดี ทั้งในด้านกาย วาจา

และใจ หรือเป็นคนเก่ง ดี และมีความสุข (พีระ พนาสุภณ, 2553) ซึ่งการออกแบบรูปแบบเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน นักออกแบบจะต้องพิจารณาลักษณะของกลุ่มนักเรียนเป้าหมาย สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ความจำเป็นที่ต้องมีการเรียน บทเรียน สื่อ และงานการเรียนรู้ (ณมน จีรังสุวรรณ, 2555) และ สภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการสอนและการเรียนรู้คิด คือที่ซึ่งมีการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องใช้กระบวนการคิดเป็นประจำ และผู้เรียนกับครูทำกิจกรรมสะท้อนความคิด หรืออภิปรายเกี่ยวกับความคิดของตน ครูสามารถจัดชั้นเรียนให้มีสภาพแวดล้อมดังกล่าว โดยให้ความสนใจกับการจัดชั้นเรียน การใช้สื่อการเรียนการสอน และกิจกรรมและการปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน (ชนาธิป พรกุล, 2554)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อหาแนวทางการจัดการศึกษาที่เหมาะสมกับยุคดิจิทัล โดยนำเครือข่ายสังคมออนไลน์มาเป็นเครื่องมือสำหรับผู้เรียนในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลที่ได้สามารถนำไปใช้จริงในการจัดการศึกษาที่จะส่งผลให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้สอนสามารถติดตามผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลายช่องทาง และตรวจสอบความก้าวหน้าของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดการนำเทคโนโลยีสารสารเทศและการสื่อสารผ่านช่องทางต่างๆ มาใช้ในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาที่เหมาะสม และนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรม (Innovation) ทางการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่เน้นกระบวนการการวิเคราะห์ สังเคราะห์จากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาองค์ประกอบของระบบ และทำการประเมินความเหมาะสมของระบบ โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 12 คน ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับการวิจัย รวมถึงเหมาะสมต่อการนำไปพัฒนาระบบ ได้แก่

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการบริหารจัดการและการจัดการศึกษาในยุคดิจิทัล เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์หาองค์ประกอบการจัดการศึกษาที่เหมาะสมในยุคดิจิทัล มาใช้เป็นกระบวนการในการจัดการศึกษาที่มีความยืดหยุ่นและประยุกต์ใช้ได้กับทุกรายวิชา

2. การใช้งานเครือข่ายสังคมออนไลน์ เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์หาองค์ประกอบประเภทเครื่องมือบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ที่มีความเหมาะสมต่อการจัดการศึกษา และสามารถใช้งานได้หลากหลาย ครอบคลุมทุกกระบวนการจัดการศึกษา สามารถเลือกประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม และไม่เป็นการเพิ่มต้นทุนหรือมีปัญหาด้านลิขสิทธิ์โปรแกรมด้วย

3. การจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ที่จะใช้ในการกำหนดบริบทหรือลำดับเหตุการณ์ที่เป็นสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้เสมือนที่มีอยู่ในระบบเครือข่ายสังคมออนไลน์ และครูผู้สอนสามารถนำมาใช้ได้อย่างง่ายดาย

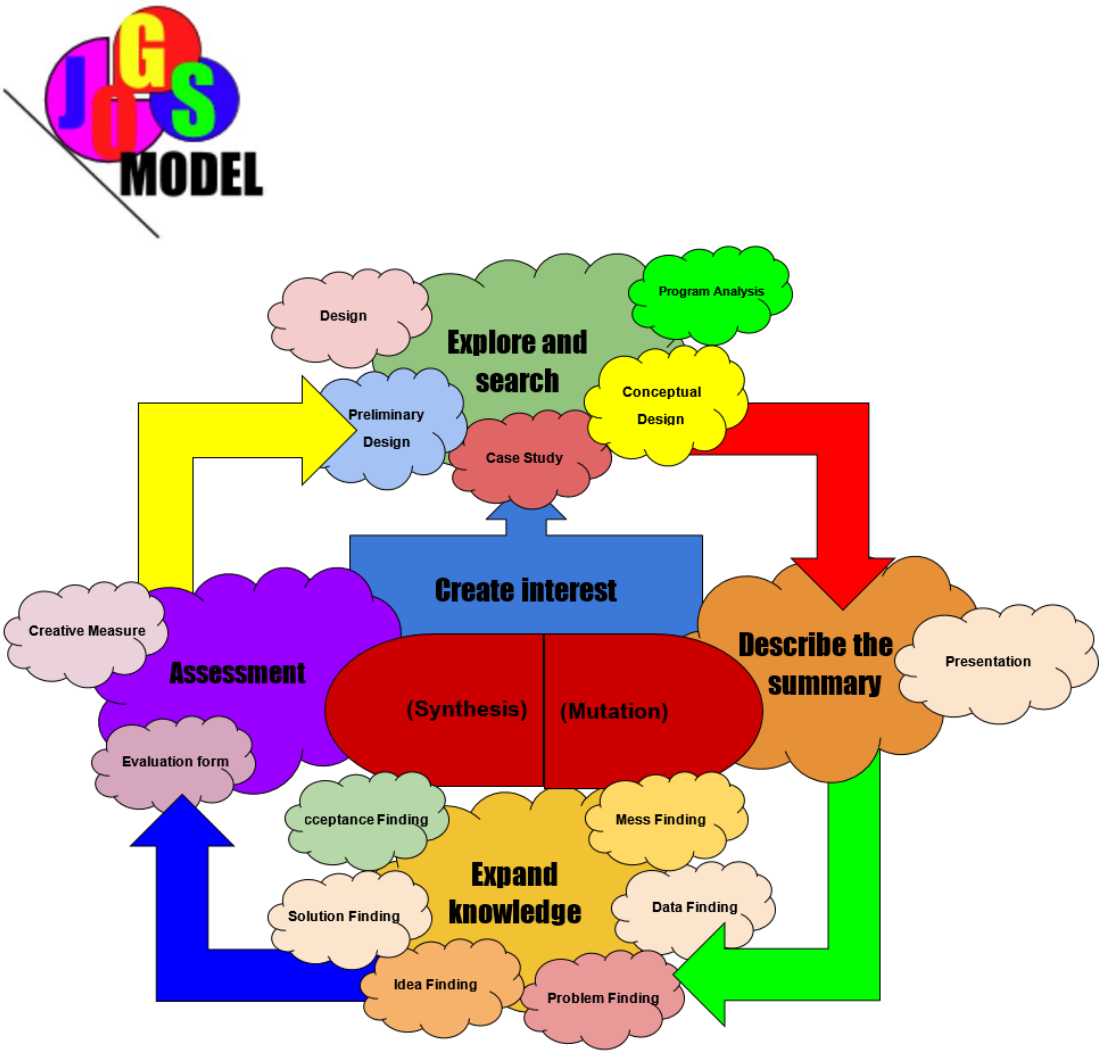
4. กระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์กระบวนการเรียนให้เหมาะสมกับกิจกรรมต่างๆ ที่จะนำไปออกแบบการเรียนการสอน และเหมาะสมกับรูปแบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ได้ และจากการสังเคราะห์คณะผู้วิจัยได้เลือกกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน เนื่องจากมีความเหมาะสมกับระบบที่พัฒนาที่สุด ทั้งเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่ผู้สอนเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ และท้าทาย เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากปัญหาและเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ด้วยวิธีการสืบสวนสอบสวนจากข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งจะนำไปสู่การสังเกต การอธิบาย การพยากรณ์ และการนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

5. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์หากระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ที่นำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการจัดการเรียนการสอนและเครื่องมือต่างๆ บนสื่อสังคมออนไลน์

เมื่อได้องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ทำการออกแบบรูปแบบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ และนำไปประเมินความเหมาะสมจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 12 คน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการศึกษาเพื่อประเมินความเหมาะสมของระบบ และทำการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้วยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

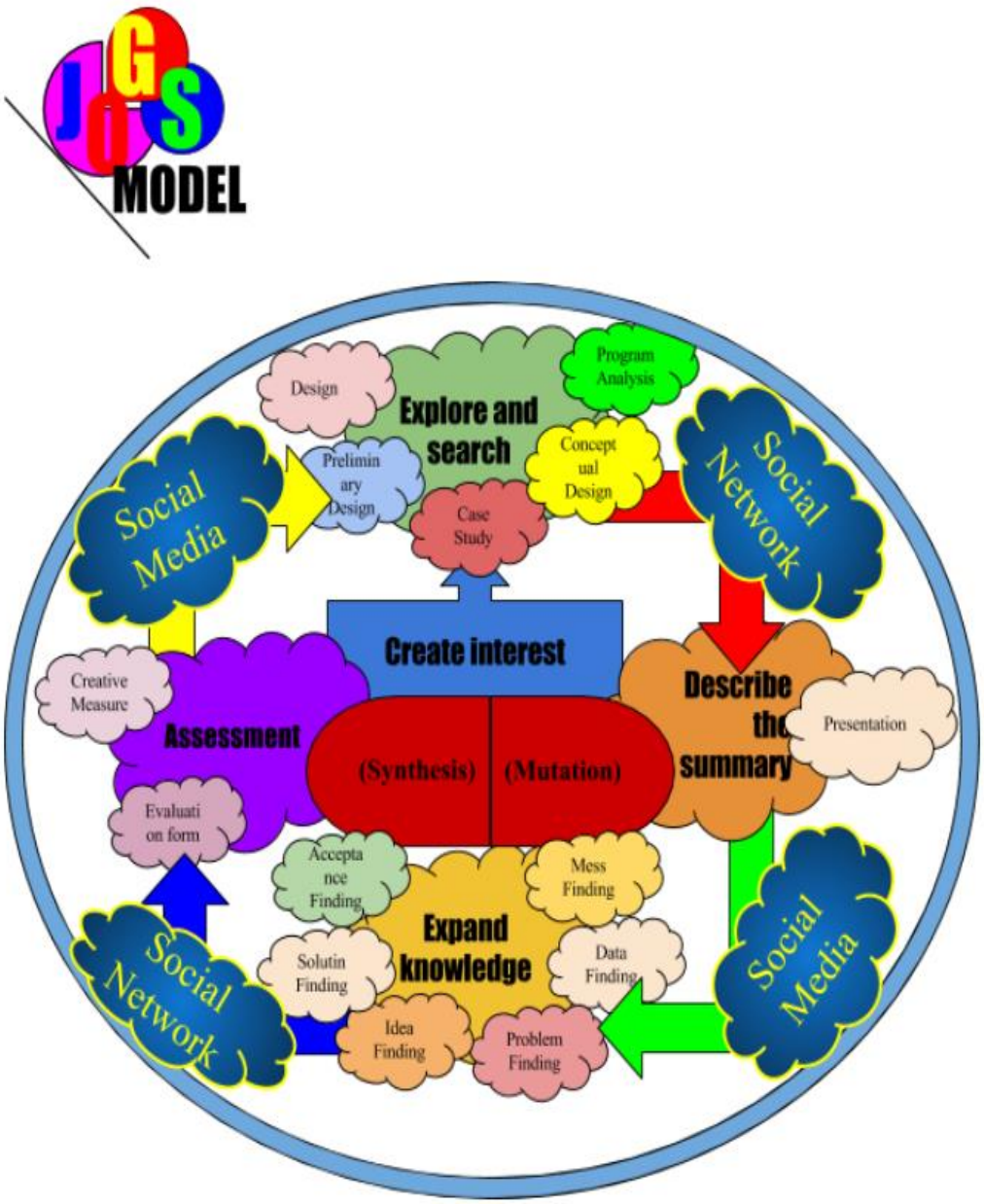
ผลและวิจารณ์ผล

จากการสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ สามารถนำเสนอระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ฉบับร่าง ก่อนนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 12 คน ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบ ดังนี้



ภาพที่ 1 ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ฉบับร่าง

จากการส่งระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ฉบับร่าง พร้อมคำอธิบายระบบฯ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 12 ท่านประเมินความเหมาะสม พร้อมข้อเสนอแนะต่างๆเพื่อนำมาออกแบบระบบฯ ให้มีความสมบูรณ์ที่สุดก่อนนำไปพัฒนาเป็นระบบจริง ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงระบบฯใหม่ ดังนี้



ภาพที่ 2 ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ฉบับปรับปรุง

จากภาพที่ 2 ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ฉบับปรับปรุง มีคำอธิบายระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ในการพัฒนารูปแบบระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Process) ซึ่งวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2545: 42-43) ได้ระบุขั้นตอนกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Process) และสามารถนำมาออกแบบเป็นระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษา บนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ดังนี้

1. สร้างความสนใจ

1.1 จัดสถานการณ์หรือเรื่องราวที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียน สังเกต สงสัยในเหตุการณ์หรือเรื่องราว

1.2 กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

2. สำรวจและค้นหา

2.1 ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน และกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้

2.2 ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยมีกระบวนการทำงานออกแบบ ดังนี้

2.2.1 วิเคราะห์โจทย์ที่มีมาให้แก้ไข (Program Analysis) จุดเริ่มต้นของงานออกแบบ คือ ปัญหา เมื่อมีปัญหา มีโจทย์ จึงมีการออกแบบแก้ไข ซึ่งโจทย์ที่ว่านั้นมีความยากง่ายต่างกันแล้วแต่ชนิดของงาน แต่โจทย์ไม่มีทางออกแบบได้ถ้าปราศจากการวิเคราะห์หลักๆ สำหรับโจทย์งานกราฟิกมักจะเป็นดังนี้

- What เราจะทำงานอะไร? กำหนดเป้าหมายของงานที่จะทำ ซึ่งเป็นเรื่องเบื้องต้นในการออกแบบที่เราจะต้องรู้ก่อนว่า จะกำหนดให้งานของเราบอกอะไร (Inform) เช่น เผยแพร่ประชาสัมพันธ์ บอกทฤษฎี หรือหลักการ และเพื่อความบันเทิง เป็นต้น

- Where งานของเราจะนำไปใช้ที่ไหน? เช่น งานออกแบบผนังร้านหนังสือที่สยามสแควร์ที่เต็มไปด้วยร้านค้า แหล่งวัยรุ่น คงต้องมีสีสันฉูดฉาดสะดุดตามากกว่าร้านแถวสีลม ซึ่งเป็นสถานที่ในเขตคนทำงานซึ่งมีอายุมากขึ้น

- Who ใครคือคนที่มาใช้งาน? หรือกลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย (User Target Group) เป็นเรื่องสำคัญที่สุดในการวิเคราะห์โจทย์เพื่อการออกแบบ เพราะผู้ใช้งานเป้าหมายอาจเป็นตัวกำหนดแนวความคิดและรูปลักษณ์ของงานออกแบบ เช่น งานออกแบบโปสเตอร์สำหรับผู้ใหญ่ เราต้องออกแบบโดยใช้สีจำนวนไม่มากไม่ฉูดฉาด และต้องใช้ตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่ รวมถึงการจัดวางอย่างเรียบง่ายมากกว่าผู้ใช้ในวัยอื่นๆ

- How แล้วจะทำงานชิ้นนี้อย่างไร? การคิดวิเคราะห์ในขั้นสุดท้ายนี้อาจจะยากสักหน่อย แต่เป็นการคิดที่รวบรวมการวิเคราะห์ที่มีมาทั้งหมดกลั่นออกมาเป็นแนวทาง

2.2.2 สร้างแนวคิดหลักในการออกแบบให้ได้ (Conceptual Design) งานที่ดีต้องมีแนวความคิด (Concept) แต่ไม่ได้หมายความว่างานที่ไม่มีแนวความคิดจะเป็นงานที่ไม่ดีเสมอไป งานบางงานไม่ได้มีแนวความคิด แต่เป็นงานออกแบบที่ตอบสนองต่อกฎเกณฑ์การออกแบบ (Design Criteria) ที่มีอยู่ก็เป็นงานที่ดีได้เช่นกัน เพียงแต่ถ้าลองเอางานที่ดีมาว่างเทียบกัน 2 ชิ้น อาจจะไม่รู้สึกถึงความแตกต่างอะไรมากมายนักในตอนแรก แต่เมื่อเรารู้ว่างานชิ้นที่หนึ่งมีแนวความคิดที่ดี ในขณะที่อีกชิ้นหนึ่งไม่มี งานชิ้นที่มีแนวความคิดจะดูมีคุณค่าสูงขึ้นจนเราเกิดความรู้สึกแตกต่าง

2.2.3 ศึกษางานหรือกรณีตัวอย่างที่มีอยู่แล้ว (Case Study) การศึกษากรณีตัวอย่าง เป็นการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของงานที่มีอยู่แล้ว เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ออกแบบในงานต่อไป ดังนั้นการทำกรณีศึกษานับเป็นเรื่องสำคัญมากทีเดียวในงานออกแบบ เพราะเปรียบเสมือนตัวชี้แนะหนทางในการออกแบบ หรือแก้ไขปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ต่อไป แต่จงระวังว่าอย่าไปติดกับรูปแบบที่ชื่นชอบมาก เพราะอาจจะทำให้ติดกับกรอบความคิดติดกับภาพที่เห็น จนบางครั้งไม่สามารถสร้างสรรค์งานใหม่ๆ ออกมาได้ ซึ่งการติดรูปแบบหรือภาพมากเกินไปนี้เอง อาจจะซึมซับมาสู่งานต่อไปจนกลายเป็นการตบแบบหรือลอกแบบชาวบ้านนั่นเอง

3. อธิบายและสรุปผล

3.1 ผู้เรียนนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลในรูปแบบต่างๆ

3.2 การค้นพบในขั้นนี้อาจสนับสนุนหรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ตั้งไว้ แต่ไม่ว่าผลจะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้ และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ ซึ่งสามารถนำเสนอออกมาได้ ตามขั้นตอนดังนี้

3.2.1 งานออกแบบร่าง (Preliminary Design) การออกแบบร่างเป็นเรื่องสำคัญที่หลายคนมักมองข้าม การออกแบบร่าง คือ การออกแบบร่างเอาแนวความคิดที่มีออกมาตีความเป็นแบบ ซึ่งส่วนใหญ่เวลาทำงานมักจะต้องสเก็ตซ์งานด้วยมือออกมาเป็นแบบร่างก่อน เพราะการสเก็ตซ์จากมือ คือการถ่ายทอดสิ่งที่อยู่ในสมองให้เห็นจากสิ่งที่เป็นนามธรรมออกมาแบบเป็นรูปธรรม ความคิดออกมาจากสมองกลายเป็นสิ่งที่เห็นได้จับต้องได้บนกระดาษ การสเก็ตซ์ด้วยมืออาจไม่ได้สวยอะไรมาก แต่ทำให้สามารถเข้าใจได้คนเดียว หรือเพื่อนที่ ร่วมงานเข้าใจร่วมกันได้ ซึ่งสิ่งที่สเก็ตซ์นี้ถือว่าเป็นแบบร่างที่จะนำไปทำต่อไป มีวิธีการอยู่ 6 ขั้นตอนดังนี้

1) แสวงหาข้อบกพร่อง (Mess Finding) หลังจากที่ได้ทำการออกแบบร่างจากข้อมูลแนวความคิดที่ได้ศึกษาค้นคว้ามาแล้วนั้น ต้องทำการหาข้อบกพร่องหรือจุดที่ไม่ดีของแบบร่าง เพื่อดำเนินการหาข้อมูลและทำการปรับปรุงแก้ไข

2) รวบรวมข้อมูล (Data Finding) เมื่อหาจุดบกพร่องของแบบร่างพบแล้วนั้น ให้ดำเนินการรวบรวมข้อมูล จากแหล่งข้อมูลอ้างอิงต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ค้นพบที่มีความเชื่อมโยงเพื่อนำมาปรับแก้แบบร่างในส่วนที่มีความบกพร่องของแบบร่างเกิดขึ้นนั้นให้งานออกมาสมบูรณ์ เหมาะสมกับประเด็นหัวข้อที่ทำการออกแบบ

3) มองปัญหาทุกด้าน (Problem Finding) ตั้งประเด็นคำถามจากแบบร่างและข้อบกพร่องที่ค้นพบเพื่อหาคำตอบที่เชื่อมโยงไปยังความคิดที่หลากหลายในประเด็นข้อแสวงหาความคิดที่หลากหลาย

4) แสวงหาความคิดที่หลากหลาย (Idea Finding) เมื่อมองปัญหาทุกด้านเชื่อมโยงมายังความคิดที่หลากหลายเพื่อให้ได้ประเด็นคำตอบของปัญหานั้นๆ แล้วเขียนเป็นประเด็นของความคิดที่ค้นพบเพื่อเชื่อมโยงไปยังการหาคำตอบของปัญหาที่เป็นข้อค้นพบ

5) หาคำตอบที่รอบด้าน (Solution Finding) แสวงหาความคิดที่หลากหลายเป็นข้อมูลที่จะสนับสนุนในการเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และตอบประเด็นของปัญหานั้นได้อย่างสมบูรณ์และมีคุณภาพ

6) หาข้อสรุปที่เหมาะสม (Acceptance Finding) เมื่อได้คำตอบหลายประเด็นต้องทำการหาข้อสรุปของคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุด สำหรับการสรุปประเด็นของการออกแบบร่างงานกราฟิกต่างๆ เพื่อนำข้อสรุปนั้นๆ ปรับแก้ในแบบร่าง และดำเนินการออกแบบจริงต่อไป

3.2.2 ออกแบบจริง (Design) การออกแบบจริงนั้นเป็นการพัฒนาจากแบบร่างที่มีอยู่ ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วที่จะนำไปผลิตต่อไป แล้วแต่ความถนัดของคนออกแบบแต่ละคน อาจจะเป็นการใช้ Freehand หรือนำไปออกแบบในโปรแกรมที่ตนถนัด ไม่ว่าจะเป็น Photoshop, IIlustrator, Coreldraw ฯลฯ

4. ขยายความรู้

ผู้เรียนนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายเหตุการณ์อื่นๆ โดยมีกระบวนการขั้นตอนในการขยายความรู้เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งหมายถึงความคิดเชื่อมโยงที่พยายามหาทางออกหลายๆ ทาง ใช้ความคิดที่หลากหลาย แสวงหาความเป็นไปได้ใหม่ๆ และคิดนอกกรอบ คัดสรรหาทางเลือกใหม่ๆ และพยายามปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อยๆ

5. ประเมินผล

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนต่างๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้อะไร อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ผู้ประเมิน ได้แก่ เพื่อน และครู โดยจะประเมินจากการนำเสนองานที่ได้ทำการออกแบบจริง ซึ่งขั้นตอนการสร้างงาน

นำเสนอข้อมูล หากต้องการสร้างงานนำเสนอข้อมูลให้ได้ดีนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายส่วน เริ่มตั้งแต่ข้อมูลที่จะใช้บรรยาย ลำดับการนำเสนอ วิธีการนำเสนอ บรรยากาศในขณะบรรยาย ฯลฯ ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ บางอย่างก็ควบคุมได้ บางอย่างก็ไม่สามารถควบคุมได้ แต่การเตรียมพร้อมในการบรรยายไว้ก่อนจะเป็นการดีที่สุด เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ขั้นตอนในการสร้างงานนำเสนอข้อมูล เพื่อนำเสนอผลงาน มีดังต่อไปนี้

1) การวางแผน ผู้เรียนจะต้องทราบก่อนว่าการนำเสนอครั้งนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่ออะไร ต้องการให้อะไรกับผู้ฟังบ้าง และที่สำคัญที่สุดคือผู้ฟังเป็นใคร เพื่อจะได้ใช้เตรียมการเรื่องข้อมูล และรูปแบบการนำเสนอได้เหมาะสมกับผู้ฟัง

2) การจัดเตรียมการนำเสนอ เป็นการลำดับขั้นตอนการจัดทำสไลด์ ทำได้หลายแบบ บางท่านเริ่มจากสร้างสไลด์ก่อนแล้วค่อยเรียงลำดับสไลด์ภายหลัง บางท่านวางโครงร่างด้วยข้อความก่อน ดังนั้นจะขอสรุปถึงขั้นตอนดังกล่าวได้ 8 ขั้นตอนดังนี้

2.1) เตรียมข้อมูลในสไลด์ เป็นการหาข้อมูลที่จะต้องใช้สำหรับการนำเสนอ ควรเน้นเฉพาะข้อมูลที่เห็นว่าจำเป็นจริงๆ และเหมาะกับผู้ฟังกลุ่มเป้าหมายที่วางไว้ วิธีนี้จะช่วยในการวางกรอบของข้อมูลที่จะนำเสนอ

2.2) กำหนดหัวข้อหลักที่ใช้เป็นจุดขายสำคัญ เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการครบแล้ว ก็กำหนดหัวข้อที่สำคัญ โดยเลือกสิ่งที่น่าจะต้องตาต้องใจผู้ฟัง เพราะเป็นขั้นตอนแรกของความสำเร็จในงานนำเสนอ

2.3) วางโครงร่าง เรียงลำดับหัวข้อว่าจะนำเสนอหัวข้อใดก่อนหลัง จะกล่าวรายละเอียดหรือกล่าวอย่างคร่าวๆ การวางโครงร่างเป็นสิ่งที่สำคัญทำให้สามารถรวมความคิดทั้งหมดที่ใช้ในการนำเสนอ และมีลำดับการนำเสนอที่ถูกต้อง

2.4) ตกแต่งเพื่อให้น่าสนใจ หลังจากได้หัวข้อที่จะใส่ในแต่ละสไลด์แล้ว ตอนนี้ก็ถึงเวลาที่จะทำให้สไลด์ดูเป็นมืออาชีพ และน่าสนใจยิ่งขึ้นด้วยการตกแต่งสไลด์ให้ดูสวยงาม โดยการใช้สีสัน ใส่รูปภาพ ใส่กราฟ ตาราง และลูกเล่นในการเปลี่ยนสไลด์หรือแสดงข้อความ

2.5) เตรียมข้อมูลเกี่ยวกับการตอบคำถาม ควรคาดเดาไว้ด้วยว่าผู้ฟังจะถามสิ่งใดบ้าง เพื่อเตรียมสไลด์ไว้ในส่วนนี้

2.6) การเตรียมเวลาสำหรับการแสดงสไลด์ และคำถามจากผู้ฟัง การควบคุมเวลาเป็นสิ่งสำคัญในการนำเสนอ ต้องทราบก่อนว่ามีเวลาเท่าไร สำหรับการบรรยายทั้งหมด และควรเผื่อเวลาสำหรับการตอบคำถามด้วย

2.7) ระบบการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และความผิดพลาดในสไลด์ ก่อนนำเสนอทุกครั้งควรตรวจสอบให้ถี่ถ้วนอีกครั้ง ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบตัวสะกด ลำดับสไลด์ การอ้างอิงข้อมูล หรือวันที่สำหรับนำเสนอ สิ่งเหล่านี้ไม่ควรผิดพลาด จะทำให้ดูไม่เป็นมืออาชีพ

2.8) เอกสารที่ใช้ประกอบการบรรยาย สิ่งสุดท้ายที่สำคัญและขาดไม่ได้ คือเอกสารประกอบการบรรยาย เพราะเอกสารเหล่านี้เป็นตัวดึงให้ผู้ฟังจดจ่ออยู่กับการบรรยาย และยังสามารถจดโน้ต หรือคำถามที่สงสัยไว้ได้ เราควรเตรียมเอกสารไว้แจกให้เพียงพอกับผู้เข้าฟังการบรรยาย

3) การซักซ้อมก่อนการนำเสนอ เมื่อสร้างงานนำเสนอเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ควรกระทำต่อไปคือการซักซ้อมเตรียมการก่อนการนำเสนอ เพื่อให้เกิดความชัดเจนในข้อมูล และเข้าใจอย่างถ่องแท้ มีลำดับการนำเสนอที่ถูกต้อง และยังทำให้เกิดความมั่นใจมากขึ้น

4) การนำเสนอจริง ในขณะบรรยายควรสร้างบรรยากาศที่ดีเป็นกันเองกับผู้ฟัง ต้องใช้น้ำเสียง คำพูด กริยาท่าทางให้เหมาะสมกับผู้ฟังด้วย การนำเสนอจริงเป็นตัวพิสูจน์ว่าการเตรียมการของคุณมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด ถ้าคุณเตรียมการมาพร้อม นั่นก็ถือได้ว่าคุณประสบผลสำเร็จไปครึ่งหนึ่งแล้ว

6. เครือข่ายสังคมออนไลน์ยุคดิจิทัล G-Suite for Education ประกอบด้วย

6.1 G-Site คือพื้นที่ทำงานใช้แบ่งปันสำหรับชั้นเรียน ครูและนักเรียนสามารถสร้างเว็บไซต์ของตนเองหรือโครงการได้โดยที่ไม่ต้องเขียนรหัส โค้ด หรือภาษาคอมพิวเตอร์ ทำงานได้ง่ายเหมือนการทำเอกสาร สามารถเปิดใช้งานได้ทุกแห่งด้วยเว็บเบราเซอร์บนคอมพิวเตอร์ Mac, PC และ Linux หรือ Smart Phone ได้

6.2 G-Classroom เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการ มอบหมายงาน สร้าง ตรวจ และให้คะแนนงานสามารถตรวจสอบผู้เรียนได้ว่าทำงานเสร็จตามกำหนดนัดหมายหรือไม่ และแสดงความคิดเห็นได้โดยตรง รวมทั้งการตัดเกรดได้ในที่เดียวกัน ผู้เรียนสามารถเปิดดูเนื้อหาของชั้นเรียนได้ ติดตามงาน และตรวจสอบวันครบกำหนดงานได้ด้วยการล็อกอินเข้าสู่ห้องเรียน และค้นหางานของตนเองได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งงานทั้งหมดจะถูกจัดเก็บอยู่ใน แฟ้มงานภายใน Google Drive

6.3 G-Doc เอกสารมีชีวิตด้วยการแก้ไขที่ชาญฉลาด และเครื่องมือจัดรูปแบบที่ช่วยให้สามารถจัดรูปแบบข้อความและย่อหน้าได้ง่ายๆ เลือกจากแบบอักษรเป็นพันๆ แบบ เพิ่มลิงก์ภาพ ภาพวาด และตารางได้เข้าถึงเอกสารของคุณได้ทุกที่ ทุกเวลา สร้าง และแก้ไขเอกสารของคุณได้จากทุกที่ ไม่ว่าจะใช้โทรศัพท์ แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ทุกคน สามารถทำงานร่วมกันในเอกสารฉบับเดียวกัน ในเวลาเดียวกันสามารถทำงานร่วมกับ Microsoft Word โดยเปิดแก้ไขแปลงไฟล์ Word เป็น Google เอกสาร และกลับกันได้

6.4 G-Sheet มีลักษณะการทำงานคล้ายๆ กับ Microsoft Excel มีการสร้าง Column Row สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Cell ได้ คำนวณสูตรต่างๆ ได้ แต่วิธีการใช้สูตรคำนวณจะแตกต่างจาก Excel ไม่ต้องติดตั้งที่เครื่อง สามารถใช้งานบน Web ได้โดยไฟล์จะถูกบันทึกไว้ที่ Server ของ Google ทำ ให้สามารถเปิดใช้งานได้ไม่ว่าจะอยู่ที่ใดเพียงมี Web Browser และ อินเทอร์เน็ต สามารถแชร์ไฟล์ให้ผู้อื่นร่วมใช้งานได้ และมีระบบ Real Time Save อัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถ Save หรือ Export ออกมาใช้งานกับ Microsoft Excel ได้

6.5 G-Slide สไลด์ช่วยให้สามารถสร้าง แก้ไข ทำงานร่วมกัน และนำเสนอได้ไม่ว่าจะอยู่ที่ใด ทำงานได้กับ Microsoft PowerPointได้สามารถเปิด และแก้ไขไฟล์ Microsoft PowerPoint แปลงไฟล์ PowerPoint เป็น Google สไลด์ และกลับกันได้

6.6 G-Forms การสร้างแบบฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูล เช่น แบบประเมิน แบบสอบถาม ใบสมัครงาน แบบฟอร์มสำหรับการเก็บข้อมูลแบบทดสอบ ฯลฯ การนำฟอร์มไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน เช่น การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน การสร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน การสร้างแบบสอบถามเพื่อเก็บข้อมูลต่างๆ เป็นต้น ซึ่ง Google Forms สามารถสร้างแบบทดสอบ และสามารถตรวจคำตอบพร้อมทั้งให้ผลตอบกลับไปยังนักเรียนได้

6.7 G-Photo เป็นแอปพลิเคชันและบริการใหม่จาก Google ที่มีไว้สำหรับจัดการรูปภาพและวิดีโอ โดยจะเน้นการสำรองรูปภาพและวิดีโอในอุปกรณ์ของเราไปเก็บไว้ในรูปแบบ Butt Storage ร่วมกับ Google Drive ซึ่งสามารถสำรองรูปภาพ และวิดีโอได้ไม่จำกัด สามารถใช้งานได้บน Android, iOS, Mac และ Windows พร้อมกันนี้สามารถใช้งานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ที่ photos.google.com ได้ด้วย

6.8 G-Hangout ติดต่อได้ทุกเวลาด้วยวิดีโอ เสียง หรือข้อความ ใช้การแชทด้วยข้อความสำหรับถามคำถามสั้นๆ และใช้แฮงเอาท์สำหรับแฮงเอาท์วิดีโอเป็นกลุ่ม ช่วงเวลาที่เปิดให้เข้าพบ และการทัศนศึกษา แบบเสมือนจริง

6.9 G-Translate โปรแกรมแปลภาษาโดยอ้างอิงสถิติในการแปล (ซึ่งสามารถแปลได้แบบข้อความและทั้งเว็บ) โดยปกติแล้วโปรแกรมส่วนใหญ่จะใช้แนวทางอ้างอิงกฎ และต้องใช้การนิยามคำศัพท์ และไวยากรณ์จำนวนมากในการแปล แต่ทีมงาน Google (กูเกิล) ได้ทำการเพิ่มข้อมูลจำนวนมากให้กับโปรแกรมทั้งภาษาเดียวกันและภาษาปลายทาง และเพิ่มข้อความตัวอย่างการแปลที่แปลโดยมนุษย์ ซึ่งทางทีมงาน Google (กูเกิล) ได้ใช้เทคนิคเชิงสถิติ ให้โปรแกรม

อ้างอิงหลักการ กลุ่มคำ ที่มนุษย์ได้ทำการแปลไว้ โดยทีมงาน Google ได้แจ้งไว้ว่าได้ผลลัพท์ที่ดีกว่าวิธีเดิม สำหรับการทำงานของ Google Translate จะใช้คอมพิวเตอร์หลายตัวในการประมวลผล โดยเครื่องนี้จะใช้ในการแปลภาษา เรียกว่า "Statistical Machine Translation" หรือ "ระบบการแปลภาษาเชิงสถิติ" ซึ่งเป็นวิธีที่คอมพิวเตอร์ใช้แปลความหมายของประโยค โดยอ้างอิงจากรูปแบบของข้อความจำนวนมาก เพื่อให้ข้อความที่แปลมีความใกล้เคียงกับภาษามนุษย์

6.10 G-Calendar ใช้เวลากับการวางแผนน้อยลง และมีเวลาลงมือทำมากขึ้นด้วยปฏิทินที่แชร์ได้ซึ่งผสานรวมกับ Gmail ไดรฟ์ รายชื่อติดต่อ Sites และแฮงเอาท์ได้อย่างไร้รอยต่อ

6.11 YouTube คือเว็บไซต์ที่ให้บริการด้านวิดีโอ ผู้ใช้จะเป็นผู้ Upload VDO ขึ้นไปเพื่อ Share กับ User อื่น เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความบันเทิง ข่าวสาร กิจกรรมต่างๆ รวมทั้งการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นการสอนแบบสด แบบ Realtime หรือการอัดคลิปการสอนเพื่อใช้ในชั้นเรียนหรือนอกห้องเรียน การนำเสนอเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่น่าสนใจ การจัดการเพลย์ลิสต์เพื่อจัดหมวดหมู่ของวิดีโอให้ง่ายต่อการใช้งาน

6.12 G-Search เป็นเครื่องมือที่ให้บริการค้นหาข้อมูลบนอินเทอร์เน็ต(Search Engine) ของเว็บไซต์ Google.com ที่โด่งดังที่สุดในปัจจุบัน ผู้ใช้งานเพียงเข้าเว็บไซต์ www.Google.com จากนั้นพิมพ์คำหรือข้อความ (Keyword) เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการค้นหา เพียงชั่วอึดใจหลังกดปุ่มEnter Google Search ก็จะแสดงเว็บไซต์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ Keyword เหล่านั้นทันที ไม่เฉพาะแต่เพียงการค้นหาข้อมูลในรูปของเว็บไซต์เท่านั้น Google Search ยังสามารถค้นหาข้อมูลที่เป็นไฟล์รูปภาพ(Images) กลุ่มข่าว(News Groups) และสาระบบเว็บ (Web Directory) ได้อย่างแม่นยำและน่าทึ่งอีกด้วย ปัจจุบันเว็บไซต์ Google ได้รับความนิยมอย่างมากจากผู้ที่ต้องการค้นหาข้อมูลผ่านเว็บไซต์โดยมีผู้เข้าใช้งานกว่า 250 ล้านครั้งต่อวันเลยทีเดียว

6.13 Facebook เป็นสื่อสังคมออนไลน์ให้ผู้คนพบปะกัน แชร์ภาพ แชร์ข้อมูลต่างๆ ร่วมกันผ่านโปรแกรมดังกล่าว

6.14 Instagram เป็นสื่อสังคมออนไลน์ที่ให้ผู้ใช้สามารถแชร์ภาพ วิดีโอให้คนในกลุ่ม หรือชุมชนเดียวกันได้แลกเปลี่ยนกัน

ผลการประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบในการออกแบบระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม การเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ พบว่า ทุกองค์ประกอบมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ยกเว้นองค์ประกอบของระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมฯ ประกอบด้วย 1) วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Process) 2) ขั้นตอนการออกแบบ (Process Design) 3) 6 ขั้นตอนสร้างความคิดสร้างสรรค์ 4) ขั้นตอนการสร้างงานนำเสนอข้อมูล 5) การประเมินผลงาน และ 6) G-Suite (Google for Education) และความเหมาะสมของรายละเอียดขั้นตอนของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Process) พบว่า ทุกขั้นตอนของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของฉันทนา ปาปัดถา และณมน จีรังสุวรรณ (2557) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการศึกษาสร้างสรรค์บนเครือข่ายสังคมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด สอดคล้องกับปณิตา วรรณพิรุณ และปารย์พิชชา ก้านจักร (2559) ที่พบว่า รูปแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยอิงประสบการณ์ผ่านสื่อสังคมว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับพิพัฒน์ อัฒเพุธ ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์ และดิเรก ธีระภูธร (2560) ที่พบว่า การใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก วิชาการออกแบบและผลิตสื่อกราฟิกคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

จากการออกแบบระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ฉบับปรับปรุง เป็นกระบวนการวิจัยระยะที่ 1 เพื่อหารูปแบบและองค์ประกอบที่เหมาะสมของระบบ ก่อนที่คณะผู้วิจัยได้

นำไปพัฒนาเป็นระบบออนไลน์ที่สามารถใช้งานได้จริง โดยจะนำเสนอผลการพัฒนา และการทดลองใช้ระบบในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ และนำเสนอในรูปแบบบทความวิจัยในบทความต่อไป

สรุปผลการวิจัย

องค์ประกอบของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ มี 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ประกอบด้วย กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Process) แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบ กระบวนการออกแบบ และการนำเสนอผลงาน 2) ขั้นตอนระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ประกอบด้วย สร้างความสนใจ สำรวจและค้นหา อธิบายและสรุปผล ขยายความรู้ ประเมินผล และนำเสนอบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ และความเหมาะสมของระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง ระบบการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการจัดการศึกษาบนเครือข่ายสังคมออนไลน์ยุคเศรษฐกิจดิจิทัลเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ได้รับทุนสนับสนุนทุนวิจัยเงินงบประมาณประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และขอขอบคุณบุคลากรของวิทยาลัยเทคนิคเลย วิทยาลัยพณิชยการธนบุรี และคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2554. **กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารระยะ พ.ศ. 2554-2563 ของประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2554. **แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2554-2556.** กรุงเทพมหานคร: สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ฉันทนา ปาปัดถา และณมน จีรังสุวรรณ. 2557. รูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในการศึกษาสร้างสรรค์บนเครือข่ายสังคมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์. **วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรม พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 5(1) มกราคม-มิถุนายน : 25-34.

ชนาธิป พรกุล. 2554. **กระบนการสอนคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณมน จีรังสุวรรณ. 2555. **หลักการออกแบบและประเมิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธนกร หวังพิพัฒน์วงศ์. 2553. Virtual University กับการศึกษาแบบสร้างสรรค์. **Executive Journal** 30(4), 82-88.

ปณิตา วรรณพิรุณ และ ปารย์พิชชา ก้านจักร. 2559. การพัฒนารูปแบบสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยอิงประสบการณ์ผ่านสื่อสังคมเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต. **วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี**. 13(2) กรกฎาคม-ธันวาคม: 58-65.

ประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์. 2554. **21st Century Skills Rethinking How Students Learn: ทักษะแห่งอนาคตใหม่การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21.** กรุงเทพมหานคร: Openworlds.

พิพัฒน์ อัฒพุธ ทิพรัตน์ สิทธิวงศ์ และดิเรก ธีระภูธร. 2560. ผลการใช้สื่อสังคมออนไลน์ร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก วิชาการออกแบบและผลิตสื่อกราฟิกคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาระดับชั้นปริญญาตรี. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** 19(2) เมษายน-มิถุนายน :145-154.

พีระ พนาสุภณ. 2553. **การศึกษาต้องมาก่อน**. กรุงเทพมหานคร: แม็ค.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. 2545. **เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544.** กรุงเทพมหานคร : พริกหยวกกราฟฟิก.

Partnership for 21st Century Skills. 2012. **Framework for 21st Century Learning**. From: http://www.p21.org, September 1, 2017

หนังสือการ์ตูนเสริมการเรียนเรื่องระบบสุริยะ

Comic Book: Solar System

ฉันทนา ปาปัดถา[1*] และ ปวริศร์ แซ่เฮ้ง[1]

Chantana Papattha[1*] and Pawarit Sae-Heng[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4) ของโรงเรียนโฆสิตสโมสร กรุงเทพมหานคร จำนวน 32 คน ได้มาด้วยการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนความพึงพอใจหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : สื่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์, ระบบสุริยะ, หนังสือการ์ตูน

ABSTRACT

The objectives of the study were to develop the Solar System comic book and evaluate satisfaction towards Solar System comic books. The sample were purposive sampling collected from 32 students who were students at Kositsamosorn School, Bangkok by using questionnaires. Data analysis employed frequency, percentage, averaging, and standard deviation. The study presented the following results: The students had high levels of satisfaction to Comic Book to learn about the solar system.

Keywords : Instructional Media, Science, Solar System, Comic Books

---

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วชิรพยาบาล ดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : chantana.p@rmutp.ac.th

บทนำ

ครู ผู้สอน หรือผู้ให้การเรียนรู้ ผู้ถ่ายทอดเนื้อหาสาระ ได้แก่ ครู และอาจารย์ ซึ่งถือเป็นผู้ประกอบวิชาชีพชั้นสูง (ปรัชญา เวสารัชช์, 2545) ครูมักมีบทบาทในการจัดประสบการณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านเนื้อหาสาระหรือทักษะ และมีบทบาทในการจัดประสบการณ์เพื่อการเรียนการสอน ในการที่จะถ่ายทอดความรู้ไปสู่เด็กในเรื่องต่างๆ นั้น มีความสำคัญมาก เพราะเด็กเป็นวัยที่กำลังเจริญเติบโต เป็นวัยที่ต้องการรับความรู้หรือทักษะในการเรียนรู้ จำเป็นต้องหาสื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม ในการสอนแบบธรรมดานั้นจะช่วยสร้างรากฐานที่เป็นรูปธรรมขึ้นในความคิดของเด็ก การฟังเพียงอย่างเดียวเด็กจะต้องใช้จินตนาการเพื่อให้สิ่งที่เป็นนามธรรมเกิดเป็นรูปธรรมขึ้นในความคิด ดังนั้น การเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับการสอนจึงมีความสำคัญมาก เด็กในแต่ละช่วงวัยจะมีความแตกต่างกันจำเป็นต้องเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับพัฒนาการของเด็ก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับอายุ และแนวความคิดของวัยเพื่อให้มีการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และสามารถคิดวิเคราะห์หรือแยกแยะสิ่งต่างๆได้อย่างสมวัย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่ส่งผลให้เด็กมีผลการเรียนอ่อนลง คือการที่เด็กให้ความสนใจเกี่ยวกับเกมการใช้เทคโนโลยี และสื่อเพื่อความบันเทิงมากขึ้น ส่งผลให้ความสนใจในการศึกษาหาความรู้ลดน้อยลง ดังนั้น องค์ประกอบสำคัญของการจัดการศึกษาในประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจคือ สื่อและอุปกรณ์สำหรับการศึกษา สื่อและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น อาคารสถานที่ โต๊ะ เก้าอี้ กระดานเขียนหนังสือ แบบเรียน สมุด ดินสอ ตลอดถึงอุปกรณ์ที่ทันสมัยที่มีราคาแพงทั้งหลาย เช่น อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ สื่อและอุปกรณ์เหล่านี้ เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับการจัดการศึกษา ครูและผู้บริหารสถานศึกษาจึงมีหน้าที่รับผิดชอบ ดูแลให้สิ่งเหล่านี้มีอย่างเพียงพอ อยู่ในสภาพใช้งานได้ และใช้สื่อเหล่านี้เป็นส่วนช่วยให้เกิดการถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ได้อย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพ ครูที่มีคุณภาพต้องสามารถผลิตและพัฒนาสื่อและอุปกรณ์การศึกษาสำหรับการสอนของตนด้วย (ปรัชญา เวสารัชช์, 2545) และการใช้สื่อการเรียนการสอนในชั้นเรียนทั่วไป ครูใช้เอกสาร หนังสือเรียน หรือสมุดกิจกรรมเหมือนกันทั้งชั้น สมุดกิจกรรมเป็นการฝึกซ้ำๆ ไม่มีการสอนสิ่งใหม่ ส่วนหนังสือเรียนครูใช้ให้ผู้เรียนค้นหาข้อมูลแล้วจำไว้เพื่อตอบคำถามของครู ในการสอนกระบวนการคิด ครูควรสร้างแบบเรียนประมาณ 3 ชุด มีเนื้อหาสาระเดียวกัน แต่ใช้วิธีการทำความเข้าใจข้อมูลหรือกระบวนการคิดแตกต่างกัน เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนคิดได้หลากหลายวิธี ส่วนสมุดกิจกรรม ครูควรเพิ่มการสอนกระบวนการคิดในการทำกิจกรรม สมุดกิจกรรมนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการคิดของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี (ชนาธิป พรกุล, 2554) โดยการจัดการศึกษาในปัจจุบันอยู่ในบริบทของการใช้เทคโนโลยีมาใช้ในการช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นระบบอีเลิร์นนิง ระบบเทคโนโลยีการจัดการความรู้ ระบบอีไลบรารี และระบบอันเกี่ยวเนื่องอื่นๆ (วิชิต เทพประสิทธิ์, 2552) แต่เมื่อความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการเรียนของผู้เรียนเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมการอ่าน การให้ความสนใจต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งน้อยลง โดยส่งผลให้เด็กมีสมาธิสั้น มีการอ่านหนังสือน้อยลง ดังนั้น เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจด้านการอ่านมากยิ่งขึ้น หนังสือการ์ตูนจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าจะส่งผลดีต่อการส่งเสริมการอ่านให้กับผู้เรียน โดยการ์ตูนเป็นสื่อสำหรับใช้ในการเรียนการสอน เนื่องจากการ์ตูนช่วยเร้าความสนใจ และสามารถกำหนดกิจกรรมให้สามารถดึงดูดและน่าติดตามเนื้อหาได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังสามารถช่วยให้เกิดความคิด จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี

ดังนั้น จึงทำให้ผู้จัดทำสนใจพัฒนาสมุดเล่มเล็ก เพื่อเป็นสื่อเสริมการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้จากการอ่านสมุดเล่มเล็ก มีเนื้อหาที่เข้าใจง่าย และสนุกกับการอ่านหนังสือพร้อมภาพประกอบ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทักษะการรักการอ่านของเด็กในชั้นปฐมวัยให้มากกว่าการสนใจสื่อต่างๆ การเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีความยาก ผู้จัดทำจึงอยากทำให้มีสื่อที่หลากหลายมากยิ่งขึ้นมากกว่านั่งเรียนตามบทเรียนปกติ และเป็นการทบทวนความรู้ของผู้เรียนในการนำเนื้อหาที่เรียน อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการจัดทำสมุดเล่มเล็กเล่มต่อไปของเด็กๆ เพื่อพัฒนาทักษะในด้านต่างๆ อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 การหาแนวคิด สื่อการเรียนการสอนหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มาประยุกต์ในรูปแบบของหนังสือการ์ตูน เพื่อสร้างให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักในเรื่องของการอ่านหนังสือให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงเป็นแนวคิดในการจัดทำหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ

1.2 สำรวจพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลของโรงเรียนโฆสิตสโมสร ดำเนินการสำรวจกลุ่มเป้าหมาย วิธีการสอนและกิจกรรมต่างๆ ภายในโรงเรียน โดยเข้าพบกับอาจารย์ผู้สอนประจำกลุ่มสาระต่างๆ พูดคุยเพื่อรับทราบถึงปัญหาของเด็กนักเรียน หรือสิ่งที่โรงเรียนต้องการ จึงเสนอโครงงานของเราเพื่อช่วยการสอนให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กนักเรียนได้

1. 3 ศึกษาเอกสารประกอบด้วยหนังสือคู่มือการสอนและหนังสือเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 4 ช่วงชั้นที่ 2 โดยศึกษาเนื้อหาของวิชาเพื่อให้เหมาะสมกับสื่อ และเป็นไปตามตัวชี้วัดมาตรฐานการเรียนรู้และคุณลักษณะของผู้เรียน ตามที่อาจารย์ผู้สอนต้องการ

2. ขั้นตอนการผลิตหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-production)

- กำหนดรูปเล่มหนังสือภาพขนาดไม่เกิน 21x21 เซนติเมตร
- กำหนดเนื้อหาและตัวละคร โดยการวาดเค้าโครงหน้ากระดาษเบื้องต้น เพื่อใส่เนื้อหาให้เหมาะสมกับวิชาที่จะทำ
- กำหนดภาพประกอบให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยจะวาดแบบการ์ตูนใช้ลายเส้นให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย โดยเลือกใช้การวาดภาพการ์ตูนผสมกับฉากประกอบ
- ตรวจสอบความถูกต้อง และให้ครอบคลุมตัวชี้วัดที่ต้องการก่อนขั้นตอนการผลิตผลงานจริง

2.2 ขั้นตอนการผลิต (Production)

- การเขียน Story Board เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินเรื่องที่จะวาด เป็นผลดีในการทำงาน ทำให้ใช้เวลารวดเร็ว และตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้
- ตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขสื่อ นำเนื้อหาและภาพประกอบที่จัดเรียงเป็นรูปเล่ม และตรวจสอบความผิดพลาด พร้อมพิจารณารูปแบบของผลงานก่อนนำไปปรับปรุงแก้ไข จนกระทั่งเนื้อหา ภาพประกอบ และรูปเล่มทั้งหมดสมบูรณ์ครบถ้วนเพื่อส่งโรงพิมพ์

2.3 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-production)

- การทดลองใช้สื่อ โดยนำสื่อการเรียนสอนเรื่อง “หนังสือการ์ตูนเสริมความรู้เรื่องระบบสุริยะ” ที่ผลิตส่งมอบให้อาจารย์ผู้สอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ศึกษา โรงเรียนโฆสิตสโมสร เพื่อนำไปประกอบกับการเรียนการสอนในห้องเรียน
- การประเมินสื่อ โดยจัดทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโฆสิตสโมสร และดำเนินการรวบรวมข้อมูลความพึงพอใจ

3. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนโฆสิตสโมสร โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใช้เครื่องมือและประเมินความพึงพอใจ จำนวน 32 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนการสอน หนังสือการ์ตูนเสริมการเรียนเรื่องระบบสุริยะ วิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หลังใช้สื่อ

4. เครื่องมือที่ใช้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาสื่อ ได้แก่ 1) โปรแกรม Adobe InDesign ใช้ในการทำรูปเล่มหนังสือ และ 2) โปรแกรม Paint Tool Sai ใช้ในการวาดการ์ตูน

4. 2 แบบสอบถามความพึงพอใจ มีลักษณะโดยให้ประชากรเลือกคำตอบตามความเป็นจริง มีลักษณะคำถามเป็นมาตรวัด 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ซึ่งแบบสอบถามมีความเชื่อมั่นที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ที่ 0.87

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาความถี่ ร้อยละ หาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) โดยการนำเสนอตารางประกอบความเรียง และได้กำหนดเกณฑ์การพิจารณาความพึงพอใจต่อสื่อ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4. 51 – 5. 00 มากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3. 51 – 4. 50 มาก

ค่าเฉลี่ย 2. 51 – 3. 50 ปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1. 51 – 2. 50 น้อย

ค่าเฉลี่ย 1. 00 – 1. 50 น้อยที่สุด

ผลและวิจารณ์ผล

จากการดำเนินการหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ มีผลการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 1 การออกแบบตัวละคร

จากภาพที่ 1 เป็นการนำเสนอลักษณะของตัวละครที่ใช้ในการนำเสนอสื่อ ประกอบด้วยตัวละครหลัก 10 ตัวละคร และมีคุณลักษณะเฉพาะ ดังนี้

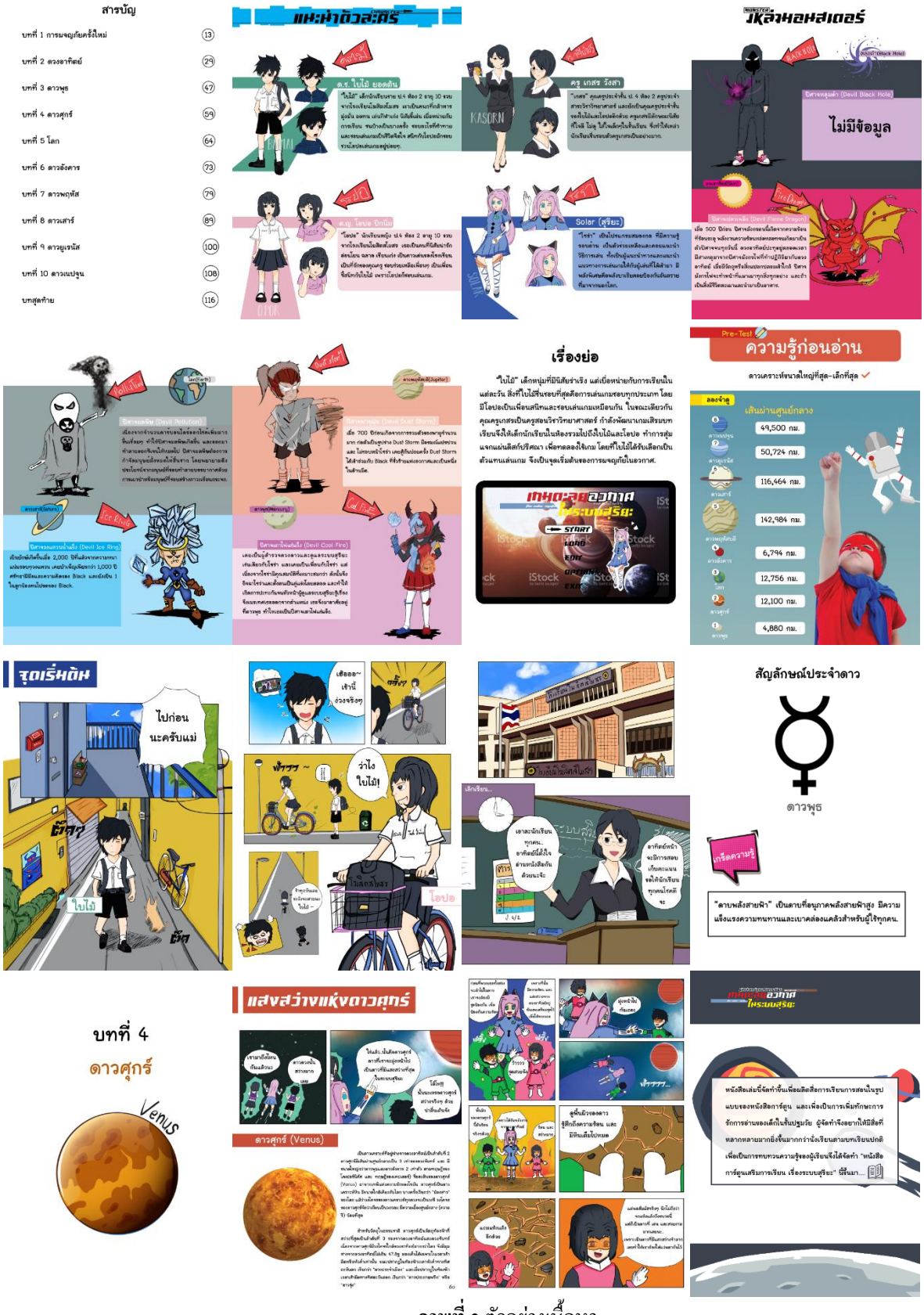
- ตัวละครหลัก ใบไม้ เป็นเด็กที่กล้าหาร มุ่งมั่น อดทน เล่นกีฬาเก่ง ชอบเล่นเกมเป็นชีวิตจิตใจ ชอบอะไรที่ท้าทาย แต่ไม่ชอบเรียนหนังสือ
- ตัวละครหลัก โอปอ เป็นเด็กที่นิสัยน่ารักอ่อนโยน ฉลาด เรียนเก่ง เป็นดาวเด่นของโรงเรียน เป็นที่รักของเพื่อนๆ
- ตัวละครหลัก โซร่า โปรแกรมสมองกลที่มีความรู้รอบด้าน เป็นผู้นำทาง และคอยแนะนำวิธีการเล่นเกมให้กับผู้เล่นที่เข้ามา

- ตัวละคร ครูเกสร ครูประจำชั้น ป.4 ห้อง 2 ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นครูที่ใจดี ใสใจเด็กๆ เป็นที่รักของนักเรียน
- มอนสเตอร์ ปีศาจหลุมดำ ปีศาจที่เกิดจากหลุมดำ เป็นปีศาจที่ชั่วร้ายที่สุดในระบบสุริยะ
- มอนสเตอร์ ปีศาจมังกรไฟ ปีศาจที่เกิดจากเปลวเพลิงของด้วยอาทิตย์ มีนิสัยชอบใจร้อน โมโหง่าย
- มอนสเตอร์ เตาไฟแช่แข็ง ปีศาจที่เกิดจากดาวพุธ มีนิสัย เยือกเย็น
- มอนสเตอร์ ปีศาจมลภาวะ ปีศาจที่เกิดจากผลพิษเสียในโลก มีนิสัย อันธพาล ชอบสร้างความวุ่นวาย
- มอนสเตอร์ ปีศาจพายุหมุน ปีศาจที่เกิดจากพายุหมุนของดาวพฤหัส มีนิสัย ฉลาด อารมณ์แปรปรวน
- มอนสเตอร์ ปีศาจวงแหวนน้ำแข็ง ปีศาจที่เกิดจากความเย็นของวงแหวนดาวเสาร์ มีนิสัย ฉลาดสุขุม เยือกเย็น





ภาพที่ 2 หน้าปกหนังสือเกมตะลุยอวกาศในระบบสุริยะ



ภาพที่ 3 ตัวอย่างเนื้อหา

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ ภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.60 อยู่ในระดับมากที่สุด จำแนกเป็น 1) การ์ตูนมีความน่าสนใจ มีค่าเฉลี่ย 4.81 อยู่ในระดับมากที่สุด 2) สีสันมีความสวยงาม มีค่าเฉลี่ย

4.75 อยู่ในระดับมากที่สุด 3) ความสวยงามของรูปภาพที่ใช้ มีค่าเฉลี่ย 4.72 อยู่ในระดับมากที่สุด 4) ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.66 อยู่ในระดับมากที่สุด 5) รูปภาพประกอบสวยงามเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.63 อยู่ในระดับมากที่สุด 7) เนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย มีค่าเฉลี่ย 4.47 อยู่ในระดับมาก และ 8) ลักษณะขนาดสีของตัวอักษรชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.22 อยู่ในระดับมาก ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

ผลประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนการสอนหนังสือการ์ตูนเสริมการเรียน เรื่อง ระบบสุริยะ โดยนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ผลการประเมินภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.60 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า อันดับ 1 ได้แก่ การ์ตูนมีความน่าสนใจ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.81 รองลงมา อันดับ 2 ได้แก่ สีสันมีความสวยงาม อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.75 อันดับ 3 ได้แก่ ความสวยงามของรูปภาพที่ใช้ อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 4.72 และอันดับสุดท้ายได้แก่ ลักษณะ ขนาดสีของตัวอักษรชัดเจน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.22 ซึ่งสื่อการเรียนการสอนที่เป็นการ์ตูนเสริมบทเรียนอยู่ในระดับที่มีเนื้อหาเข้าใจมากกว่าหนังสือเรียนแบบเก่า ทั้งนี้เนื่องมาจากเนื้อหาของหนังสือมีความเหมาะสมกับวัยระดับชั้น และมีความสนใจของเด็ก เนื้อหามีความสนุกสนาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอนงค์ โชคสกุล และศรีอัมพร ประทุมนันท์ (2544) ที่ศึกษาการจัดทำหนังสือสำหรับเด็ก และความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของสื่อที่มีเนื้อหาเรื่องราวจูงใจ สอดคล้องกับสื่อการเรียนที่ศึกษากันอยู่ในปัจจุบัน สำหรับโลเวลล์ (Lovell, 1980) ให้ความหมายของแรงจูงใจว่า เป็นกระบวนการที่ชักนำโน้มน้าวให้บุคคลเกิดความมานะพยายามเพื่อที่จะสนองตอบความต้องการบางประการให้บรรลุผลสำเร็จ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณครูสมชาย ถนอมวงษ์ รองผู้อำนวยการโรงเรียนโฆสิตสโมสร จังหวัด กรุงเทพมหานคร และขอขอบคุณครูจุรีย์พร ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเนื้อหาและอำนวยความสะดวกด้านพื้นที่สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงน้องๆ นักเรียนโรงเรียนโฆสิตสโมสร กรุงเทพมหานคร

เอกสารอ้างอิง

ความรู้เรื่องการ์ตูน. 2556. แหล่งข้อมูล: http://cartoontls.blogspot.com/p/blog-page_2560.html, 15 พฤศจิกายน 2560

ชนาธิป พรกุล. 2554. **กระบนการสอนคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรัชญา เวสารัชช์. 2545. **ชุดฝึกอบรมผู้บริหาร: ประมวลสาร**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานปฏิรูปการศึกษา.

วิชิต เทพประสิทธิ์. 2552. **การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้**. สืบค้นเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2556 จาก http://www.learners.in.th/blogs/posts/314570, 15 พฤศจิกายน 2560

อรอนงค์ โชคสกุล และศรีอัมพร ประทุมนันท์. (2544). **การจัดทำหนังสือสำหรับเด็ก**. แหล่งข้อมูล: https://worldfable.wordpress.com, 15 พฤศจิกายน 2560

Lovell, R. B. 1980. **Adult Learning.** New York : Halsted Press Wiley & Son.

สื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ

Infographic: Topic of Refection of Light and the Rainbow

ฉันทนา ปาปัดถา[1*] ชนิดา พุ่มไทย[1] และ กรกช ประสิทธิเวช[1]

Chantana Papattha[1*] Chanida Pumthai[1] and Korakod Prasittiwaj[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่ออินโฟกราฟิก ประเมินความเหมาะสม และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4) ของโรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา แขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ได้มาด้วยการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) สื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก 2) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: สื่ออินโฟกราฟิก การหักเหของแสง การเกิดรุ้งกินน้ำ

ABSTRACT

The objective of this special project were to develop infographic media, evaluate suitability, and evaluate satisfaction towards infographic: topic of refection of light and the rainbow. The samples were purposive sampling collected students at Pieam Suwanwittaya School from 30 students by using questionnaires. Data analysis employed frequency, percentage, averaging, and standard deviation. The study presented the following results: Infographic topic of refection and the rainbow had suitability was in high levels. The students had high levels of satisfaction to Infographic.

Keywords: Infographic, Refraction, Rainbow

---

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วชิรพยาบาล ดุสิต กรุงเทพฯ 10300

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : chantana.p@rmutp.ac.th

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้มีความเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้มีผลกระทบต่อองค์กรทุกหน่วยงาน ตลอดจนมีบทบาทมากขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์จึงทำให้รูปแบบการดำเนินชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนไปไม่เว้นแม้แต่ระบบการศึกษาของไทยที่จำเป็นต้องนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียน ซึ่งสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยเฉพาะเทคโนโลยีด้านเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และการสื่อสาร (ชัยยงศ์ พรหมวงศ์, 2548) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในยุคปัจจุบัน ได้ถูกกล่าวถึงกันมากในบริบทของการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นระบบอีเลิร์นนิง ระบบเทคโนโลยีการจัดการความรู้ ระบบอีไลบรารี่ และระบบอันเกี่ยวเนื่องอื่นๆ (วิชิต เทพประสิทธิ์, 2552)

การเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ก็เริ่มเข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอนเพิ่มมากขึ้น จากปกติที่มี การเรียนแต่ในหนังสือเป็นสิ่งที่ซ้ำซาก จึงมีการนำเอาสื่อการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์มาประกอบในการเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนเพิ่มมากขึ้น การสร้างสื่อการเรียนการสอนก็เป็นส่วนหนึ่งเพื่อเพิ่มทักษะทางการเรียนรู้ให้กับนักเรียน โดยสื่อที่มีความเหมาะสมในปัจจุบันและเป็นที่นิยมคือ อินโฟกราฟิก เป็นสื่อที่นำข้อมูลหรือความรู้มาสรุปเป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลและกราฟิก อาจเป็นลายเส้น สัญลักษณ์ กราฟ แผนภูมิ ไดอะแกรม แผนที่ ฯลฯ ที่ออกแบบเป็นภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหว ดูแล้วเข้าใจง่ายในเวลารวดเร็วและชัดเจน สามารถสื่อให้ผู้ชมเข้าใจความหมายของข้อมูลได้ทั้งหมด โดยไม่จำเป็นต้องมีผู้นำเสนอมาช่วยขยายความเข้าใจอีก (จงรัก เทศนา, 2556) สื่ออินโฟกราฟิก เป็นสื่อที่สามารถทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องที่เข้าใจง่าย และเห็นภาพได้ง่าย เป็นการนำรายละเอียดที่ยาวๆ มาสรุปให้กระชับเข้าใจง่ายด้วยการนำเสนอภาพประกอบกราฟิก โดยการนำรูปภาพ เสียง มาประกอบเป็นวิดีโอเพื่อสร้างความเข้าใจง่ายมากขึ้น ดังนั้น สื่อประเภทอินโฟกราฟิกจึงมีความเหมาะสมต่อ การนำไปพัฒนาเป็นสื่อการเรียนการสอน โดยพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับทุกช่วงวัย และจากการสำรวจข้อมูลพบว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรการเรียนการสอนของระดับชั้นประถมศึกษาช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6) ได้บรรจุหน่วยเรียนเรื่องแสงและการหักเหของแสงในรายวิชาวิทยาศาสตร์โรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา แขวงคูหาสวรรค์ เขตภายีเจริญ กรุงเทพมหานคร เป็นโรงเรียนสำหรับเด็กตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงชั้นประถมศึกษาตอนปลายตามที่หลักสูตรกำหนด มีการเรียนการสอนเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำสำหรับนักเรียนที่กำลังศึกษาในช่วงชั้นที่ 2 แต่สื่อการเรียนการสอนที่มียังไม่เพียงพอ เดิมใช้สื่อเฉพาะที่เป็นหนังสือเรียน แผนภูมิภาพ และการทดลอง ซึ่งเป็นสื่อที่ผลิตใช้เองแบบง่ายๆ และเมื่อทำการสัมภาษณ์ครูผู้สอน (ฉวีวรรณ จันทร์บัว, 2560) พบว่า มีความต้องการสื่อเสริมการเรียนที่มีลักษณะเป็นสื่อเคลื่อนไหว มีภาพที่สวยงาม เข้าใจง่าย และน่าสนใจ เหมาะสมกับวัยของนักเรียน รวมทั้งสามารถนำมาใช้สำหรับการสอนเสริม หรือสามารถให้นักเรียนใช้สำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเองได้ ดั้งนั้น จากการศึกษาปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาในเรื่องของการขาดแคลนสื่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่องแสงและการหักเหของแสง ของโรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาของเด็กชั้นประถมศึกษา และสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คณะผู้ศึกษาจึงสนใจพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องการหักเหของแสง โดยจัดทำในรูปแบบของสื่ออินโฟกราฟิก เพื่อเป็นสื่อที่สามารถทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องที่เข้าใจง่าย และเห็นภาพ ได้ง่าย และมีการนำงานกราฟิก ลายเส้น สัญลักษณ์ และตัวการ์ตูนมาช่วยในการออกแบบ ซึ่งจะสามารถดึงดูดความสนใจของเด็กชั้นประถมศึกษาได้อย่างดี

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) มีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นตอนดำเนินการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนอินโฟกราฟิก มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1.1 การเตรียมการ จัดหา และสร้างทรัพยากรต่างๆ ที่สอดคล้องตามเนื้อหามาเพื่อใช้ประกอบในการสร้างสื่อส่งเสริมการสอน เช่น รูปภาพ ข้อความ และแบบทดสอบที่มีคุณภาพ

1.2 พัฒนาเนื้อหาที่ใช้ในการสื่อส่งเสริมการสอนเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ

1.3 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจในผลงานสื่อการเรียนการสอนอินโฟกราฟิกของอาจารย์ผู้สอน

1.4 ครูผู้สอนประเมินความเหมาะสมของสื่อ จำนวน 3 คน

1.5 นำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4) โรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา แขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 30 คน

1.6 ปรับปรุงแก้ไขสื่อตามข้อเสนอแนะ

2. แบบประเมินความพึงพอใจของสื่อการเรียนการสอนโดยสอบถามความคิดเห็น และถูกปรับแก้ไขเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงของแบบสอบถามจากอาจารย์ผู้สอน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เพื่อใช้กับอาจารย์ผู้สอน มีระดับการประเมิน 5 ระดับ คือ

5	หมายถึง	ระดับความคิดเห็นมากที่สุด
4	หมายถึง	ระดับความคิดเห็นมาก
3	หมายถึง	ระดับความคิดเห็นปานกลาง
2	หมายถึง	ระดับความคิดเห็นน้อย
1	หมายถึง	ระดับความคิดเห็นน้อยมาก

3. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อสื่อการเรียนการสอนอินโฟกราฟิก เรื่อง การหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ มีระดับการประเมินค่า 3 ระดับ คือ

ชอบ	หมายถึง	มีความพึงพอใจต่อสื่อในระดับมาก
เฉยๆ	หมายถึง	มีความพึงพอใจต่อสื่อในระดับปานกลาง
ไม่ชอบ	หมายถึง	มีความพึงพอใจต่อสื่อในระดับน้อย

4. ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา แขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเหมาะสมของสื่ออินโฟกราฟิก

กลุ่มที่ 2 คือ นักเรียนช่วงชั้นที่ 2 (ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4) โรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา แขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 90 คน โดยคัดเลือกมาเป็นกลุ่มตัวอย่าง 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ได้มาด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

5. เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาและประเมินสื่อ

5.1 โปรแกรม Adobe Flash ใช้ในการสร้างตัวละคร และการดำเนินเรื่อง

5.2 โปรแกรม Adobe After Effect ใช้เพื่อการกำหนด Effect และการเคลื่อนไหวของตัวละคร

5.3 โปรแกรม Adobe Audition ใช้เพื่อการออกแบบและแต่งเสียง

5.4 แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยให้ประชากรเลือกคำตอบตามความเป็นจริง มีลักษณะคำถามเป็นมาตรวัด 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมของสื่ออินโฟกราฟิก เรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน ด้วยการวิเคราะห์หาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) โดยการนำเสนอตารางประกอบความเรียง

ผลและวิจารณ์ผล

สื่อการสอนแบบอินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ เป็นการเสนอเนื้อหาเรื่องการเกิดรุ้งกินน้ำในลักษณะภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ โดยสามารถนำเสนอหน้าจอหลักของสื่อที่ผลิตขึ้นดังนี้



ภาพที่ 1 หน้าเปิดเรื่องการเกิดรุ้งกินน้ำ



ภาพที่ 2 ตัวละครสำหรับอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ



**การหักเหของแสงเกิดขึ้นเพื่อลดพลังงานของการเดินทางของแสง

ภาพที่ 3 ตัวอย่างสื่ออินโฟกราฟิก

ผลประเมินความเหมาะสมสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำโดยครูผู้สอน พบว่าผลการประเมินภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.87 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านสรุปได้ ดังนี้

ด้านเนื้อหาการนำเสนอ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความสอดคล้องของเนื้อหากับหลักสูตร อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 การเรียงลำดับเนื้อหาเหมาะสม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความถูกต้อง กระชับ ชัดเจน และครอบคลุม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความน่าสนใจของเนื้อหา อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00

ด้านภาษา ภาพ และเสียง พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ภาพที่นำเสนอตรงตามเนื้อหา อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ขนาดของภาพที่ใช้ประกอบบทเรียน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความน่าสนใจภาพกราฟิกที่ใช้ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม เข้าใจง่าย อยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ย 4.00 เสียงดนตรีที่ใช้ประกอบบทเรียน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 เสียงบรรยายที่ใช้ประกอบบทเรียน อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00

ด้านตัวอักษรและสี พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.92 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ตัวอักษรมีขนาดชัดเจน อ่านง่าย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 สีของตัวอักษรโดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 สีของพื้นหลังบทเรียนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.80 สีของกราฟิกที่ใช้โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.80

ด้านการสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.92 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า การออกแบบข้อความได้สวยงาม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความเหมาะสมของกราฟิก อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความเหมาะสมของสี อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 4.00 ความเหมาะสมของเสียงและจังหวะ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.80 ระยะเวลาในการนำเสนอ อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.80

ด้านการกระตุ้นในผู้เรียนเกิดความรู้ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.25 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีการนำเข้าสู่บทเรียน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.40 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในบทเรียน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.20 ความหลากหลายและความเหมาะสมของรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.20 การกระตุ้นให้ผู้เรียนตอบสนองในบทเรียน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.20

ผลประเมินความพึงพอใจของชุดการสอนสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 2.86 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ 3 ข้อแรกที่มีผลการประเมินสูงที่สุด ได้แก่ สีสันมีความสวยงาม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 3.00 รองลงมาคือ เสียงเพลง ดนตรีไพเราะเหมาะสม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 2.97 และลักษณะ ขนาด สีของตัวอักษร ชัดเจน สวยงาม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 2.97 เนื้อหา มีความชัดเจนเข้าใจง่าย อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 2.90 ส่วนข้อที่มีผลการประเมินน้อยที่สุด ได้แก่ ปริมาณของเนื้อหาเหมาะสม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย 2.70

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเรื่องสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องการหักเหของแสงและการเกิดรุ้งกินน้ำ พบว่า สื่อการสอนอินโฟกราฟิกที่พัฒนาขึ้น อยู่ในระดับมีความเข้าใจมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ลักษณะของสื่อที่พัฒนาเป็นสื่อที่อธิบายให้ความรู้โดยใช้การ์ตูนแอนิเมชันในการเคลื่อนไหว สอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการสร้างสื่อการ์ตูนแอนิเมชัน เรื่อง ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ให้มีความเหมาะสม โดยผลการประเมินอยู่ในระดับดี นั่นหมายถึงการสร้างสื่อตามวิธีการและแนวคิดมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ประชาสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยนักเรียน พบว่า มี

ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของสื่อที่พัฒนาเป็นสื่อที่นำข้อมูล ความรู้ หรือเรื่องราวที่ต้องการจะนำเสนอในรูปแบบอินโฟกราฟิก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อการเรียนรู้ด้านการมีวินัย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนด้านการมีวินัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ยุพาวดี ฐานขันแก้ว (2560) ที่พบว่า การสร้างสื่ออินโฟกราฟิกเรื่องจริยธรรมในการใช้โซเชียลมีเดีย ผู้ใช้มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับมาก อีกทั้งการออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกครั้งนี้เป็นการออกแบบสื่อให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มช่วงวัยของผู้เปิดรับ โดยมีการนำเสนอและเชื่อมโยงความรู้ของเนื้อหาต่างๆ ให้มีความสอดคล้องกัน และเข้าใจง่ายจึงส่งผลให้ผู้ใช้มีความชื่นชอบและพึงพอใจต่อสื่อที่ผลิตขึ้น สอดคล้องกับพงษ์พิพัฒน์ สายทอง (2557) ที่กล่าวไว้ว่า การออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกแอนิเมชันเพื่อการเรียนรู้สามารถนำเสนอ และเชื่อมโยงความรู้ของเนื้อหาต่างๆ เพื่อการเรียนรู้ได้โดยอาศัยรูปแบบการเรียนการสอน ระบบ และกระบวนการผลิตแอนิเมชัน 2 มิติ และการออกแบบอินโฟกราฟิกเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ที่สามารถกระตุ้นความสนใจและเสริมทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน และผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาและเรียนรู้ซ้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และขอขอบคุณครูเนื่อง เปี่ยมสุวรรณ ผู้อำนวยการโรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา กรุงเทพมหานคร คุณครูฉวีวรรณ จันทร์บัว ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเนื้อหาและอำนวยความสะดวกด้านพื้นที่สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมถึงน้องๆ นักเรียนโรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยากรุงเทพมหานาคร

เอกสารอ้างอิง

จงรัก เทศนา. 2556. **อินโฟกราฟิกส์ (Infographics).** แหล่งข้อมูล: http://www.krujongrak.com/infographics_information.pdf, 15 พฤศจิกายน 2560

ฉวีวรรณ จันทร์บัว. ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเปี่ยมสุวรรณวิทยา กรุงเทพมหานคร. กรกฎาคม 2560, **สัมภาษณ์.**

ชัยยงศ์ พรหมวงศ์. 2548. **การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้.** กรุงเทพมหานคร: เอส.อาร์.พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์.

พงษ์พิพัฒน์ สายทอง. 2557. การออกแบบอินโฟกราฟิกแอนิเมชันเพื่อการเรียนการสอน. **วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.** ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2557.

ยุพาวดี ฐานขันแก้ว. 2560. **การสร้างสื่ออินโฟกราฟิก เรื่อง จริยธรรมในการใช้โซเชียลมีเดีย.** แหล่งข้อมูล: http://www.northbkk.ac.th/ research/themes/downloads/abstract/1506312170_abstract.pdf, 15 พฤศจิกายน 2560

วิชิต เทพประสิทธิ์. 2552. **การจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้.** แหล่งข้อมูล: http://www.learners.in.th/blogs/posts/314570, 15 พฤศจิกายน 2560

การพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

Development of Sale Database: A Case Study of Napas Stationery Shop, Tambon Ban Krang, Muang District, Phitsanulok Province

มรกต ทองพรหม[1*] โสภณา สำราญ[2] และ ปณาลี วรจักร์[1]

Morakot Thonprom[1*] Sophana somran[2] and Panalee Worachak[1]

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานระบบฐานข้อมูลการขายสินค้า โดยมีผู้ประเมินประสิทธิภาพระบบจำนวน 4 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ 1) Editor สำหรับการเขียน Code 2) เว็บเซิพเวอร์ 3) ระบบจัดการฐานข้อมูล ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามมีการวัดประสิทธิภาพการใช้ระบบต่อการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูล การขายสินค้า โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผู้ดูแลระบบมีการประเมิน 5 ด้าน ดังนี้ ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า ด้านการจัดการรายงาน ด้านการจัดการรับเข้าสินค้า และด้านการจัดการขายสินค้า และส่วนผู้ใช้งาน มีการประเมิน 3 ด้าน ดังนี้ ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ด้านการ จัดการข้อมูลสินค้า และด้านการจัดการขายสินค้า สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยส่วนผู้ดูแลระบบพบว่า เป็นเพศชาย 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 เป็นเพศหญิง 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 มีอายุระหว่าง 36-40 ปี 2 คน คิดเป็น ร้อยละ 100 มีระดับการศึกษาปริญญาตรี 2 คน คิดเป็นร้อยละ 100 โดยมีความคิดเห็นในภาพรวมต่อการใช้ระบบอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14 ผลการวิจัยส่วนผู้ใช้งานพบว่า เป็นเพศหญิง 2 คน คิดเป็นร้อยละ 100 มีอายุระหว่าง 20-25 ปี 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และมีอายุระหว่าง 26-30 ปี 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 มีระดับการศึกษาปริญญาตรี 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 และมีระดับการศึกษาปวส. 1 คน คิดเป็นร้อยละ 50 โดยมีความคิดเห็นในภาพรวมต่อการใช้ระบบอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.02

คำสำคัญ : ฐานข้อมูล, ระบบการขาย

ABSTRACT

This research aims to 1) develop a sale database system for Napas Stationery shop, and 2) study efficiency of the sale database system for Napas Stationery shop. Respondents were 4 system users. Tools used for system development were editor for code, web server, and Database management system. Tool used for the research was a questionnaire evaluating efficiency of the developed sale system in 2 parts. The system administrator parts evaluated user management, inventory management, report management, purchase management and sale management. The user part evaluated user management, inventory management and sale management. Statistics used included percentage, mean and standard deviation. Results showed that the system administrator was 1 male (50 percent) and 1 female (50 percent) in age range of 36-40 years (100 percent) with Bachelor's Degree (100 percent). Overall opinion about system use was in very good level, with a mean of 4.64 and standard deviation of 0.14. Regarding system users, 2 were female (100 percent). One was in age range of 20-25 year (50 percent) and another was in age range of 26-30 year (50 percent). One had Bachelor's Degree (50 percent) and another had Diploma (50 percent). Overall opinion of system use was in very good level with a mean of 4.82 and standard deviation of 0.02.Ab

Keyword: database, point of sale

[1] สาขาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Computer Information System, Faculty of Business Administration and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Lanna, Ban Krang Sub-district, Nai Mueang District, Phitsanulok Province 65000, Thailand

[2] สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Department of Science, Faculty of Science and Agricultural Technology , Rajamangala University of Technology Lanna, Ban Krang Sub-district, Nai Mueang District, Phitsanulok Province 65000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : morakot@rmutl.ac.th

บทนำ

การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันได้ก้าวไกลมากยิ่งขึ้น ทำให้มีการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กรอย่างแพร่หลายทางด้านธุรกิจ การบริหาร สังเกตได้จากการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยเหลือด้านธุรกิจการดำเนินงานต่าง ๆ เช่น การจัดทำระบบฐานข้อมูลการขายสินค้าเพื่อประโยชน์ในการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้ใช้งานระบบสามารถใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระบบงานร่วมกันได้ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ความถูกต้อง แม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้มานั้นน่าเชื่อถือมากขึ้น เพิ่มความสะดวกสบาย และศักยภาพในการทำงาน

ร้านนภัสเครื่องเขียนดำเนินกิจการโดยคุณ ตฤณภัท ตันติวิชิตเวช เปิดบริการทุกวันตั้งแต่เวลา 8.00 – 21.00 น. ตั้งอยู่ที่ 210/8 หมู่ 5 ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ได้ดำเนินงานด้านธุรกิจการจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องเขียนต่าง ๆ เช่น กระดาษรายงาน ปากกา สมุด ดินสอ ยางลบ เป็นต้น เนื่องจากทางร้านยังไม่มีการจัดทำระบบฐานข้อมูลการขายสินค้าที่เป็นระบบ ในการจัดเก็บข้อมูลรายการต่าง ๆ ของร้านเป็นรูปแบบระบบของแฟ้มเอกสารกระดาษทั่วไป ซึ่งอาจทำให้เอกสารที่จัดเก็บไว้เป็นเวลานานมีการชำรุดฉีกขาด การจัดเก็บข้อมูลภายในร้านมีความยุ่งยากและอาจเกิดการสูญหายได้ง่าย ในการค้นหาข้อมูลก็ทำได้ยากใช้เวลานานต่อการค้นหาข้อมูลในแต่ละครั้ง ทำให้ใช้เวลามากเกินความจำเป็น ทางร้านต้องการปรับปรุงและพัฒนาการจัดเก็บข้อมูลสินค้าภายในร้านนภัสเครื่องเขียนให้มีระบบงานใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องของการจัดเก็บข้อมูลสินค้าที่เป็นระบบ

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้าของร้านนภัสเครื่องเขียนเพื่อสร้างความแตกต่างจากระบบรูปแบบเดิม เพิ่มความถูกต้องแม่นยำ มีการทำงานที่รวดเร็วประหยัดเวลาการทำงาน การใช้งานที่สะดวกสบายของผู้ใช้ระบบ และเป็นระบบในด้านการเช็คสต๊อกสินค้าการขายสินค้า และรายงานยอดขายสินค้าของทางร้านได้อย่างถูกต้อง เพิ่มความสะดวกสบายแก่ทางผู้ดูแลและผู้ใช้งาน เนื่องจากมีระบบที่ดี และมีประสิทธิภาพในการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ หากต้องการที่จะตรวจสอบข้อมูลรายการขายสินค้าก็สามารถทำได้และจัดการกับการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ภายในร้านได้เป็นอย่างดีสามารถเพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งบันทึกข้อมูลสินค้าใหม่ที่รับมาได้ตามต้องการเป็นอย่างดีไม่ยุ่งยาก ลดขั้นตอนการทำงาน และไม่ทำให้ข้อมูลต่าง ๆ เกิดการสูญหายได้ ค้นหารายการต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ โดยระบบจะเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า เพื่อให้มีระบบงานที่ดีขึ้น ง่ายต่อการใช้งาน สะดวกรวดเร็ว ไม่ยุ่งยาก ไม่เสียเวลาและมีความแม่นยำถูกต้อง ไม่ซับซ้อนแถมยังช่วยเพิ่มภาพลักษณ์ที่ดีให้กับระบบงาน ทำให้ประหยัดเวลาในการทำงาน และเป็นส่วนช่วยในการดำเนินธุรกิจของทางร้านเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้าร้านนภัสเครื่องเขียน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานระบบฐานข้อมูลการขายสินค้าร้านนภัสเครื่องเขียน

ขอบเขตการจัดทำการวิจัย

1. ขอบเขตในการจัดทำโปรแกรม

1.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ

1) สามารถทำการขายสินค้า พร้อมกับคำนวณราคา และเงินทอนได้
2) สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสินค้าได้
3) สามารถค้นหาข้อมูลสินค้าได้
4) สามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้
5) สามารถค้นหา และพิมพ์รายงานยอดขายตามช่วงเวลาที่กำหนด
6) สามารถเรียกดูข้อมูลรายละเอียดการขายสินค้าได้

7) สามารถจัดการผู้ใช้งานได้

1.2 ส่วนของผู้ใช้งาน

1) สามารถทำการขายสินค้า พร้อมกับคำนวณราคา และเงินทอนได้

2) สามารถค้นหาข้อมูลสินค้าได้

3) สามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

1. วิเคราะห์การทำงานในรูปแบบเดิม

ร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ดำเนินงานด้านธุรกิจการจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องเขียน ใช้เครื่องคำนวณในการคิดเงิน และยังไม่มีการจัดทำระบบฐานข้อมูล การขายสินค้าที่เป็นระบบ ในการจัดเก็บข้อมูลรายการต่าง ๆ ของร้านเป็นรูปแบบระบบของแฟ้มเอกสารกระดาษทั่วไป ซึ่งอาจทำให้เอกสารที่จัดเก็บไว้เป็นเวลานานมีการชำรุดฉีกขาด การจัดเก็บข้อมูลภายในร้านมีความยุ่งยากและอาจเกิดการสูญหายได้ง่าย ในการค้นหาข้อมูลก็ทำได้ยากใช้เวลานานต่อการค้นหาข้อมูลในแต่ละครั้ง ทำให้ใช้เวลามากเกินความจำเป็น

2. แนวความคิดในการพัฒนาระบบงานใหม่

จากปัญหาข้างต้นทางคณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะสร้างระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้าของร้าน นภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อสร้างความแตกต่างจากระบบรูปแบบเดิม เพิ่มความถูกต้องแม่นยำ มีการทำงานที่รวดเร็วประหยัดเวลาการทำงาน การใช้งานที่สะดวกสบายของผู้ใช้ระบบ และเป็นระบบในด้านการเช็คสต๊อกสินค้าการขายสินค้า และรายงานยอดขายสินค้าของทางร้านได้อย่างถูกต้อง เพิ่มความสะดวกสบายแก่ทางเจ้าของร้าน โดยมีส่วนการจัดทำโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

2.1 ส่วนของผู้ดูแลระบบ

2.1.1 สามารถทำการขายสินค้า พร้อมกับคำนวณราคาและเงินทอนได้

2.1.2 สามารถเพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลสินค้าได้

2.1.3 สามารถค้นหาข้อมูลสินค้าได้

2.1.4 สามารถค้นหารายงานยอดขายตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.1.5 สามารถพิมพ์รายงานยอดขายตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.1.6 สามารถเรียกดูข้อมูลรายละเอียดการขายสินค้าได้

2.1.7 สามารถจัดการผู้ใช้งานได้

2.2 ส่วนของผู้ใช้งาน

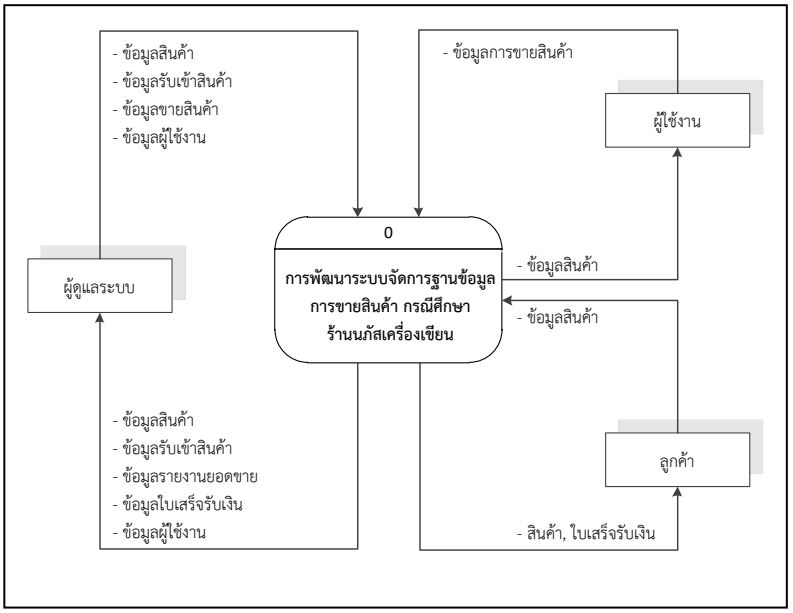
2.2.1 สามารถทำการขายสินค้า พร้อมกับคำนวณราคาและเงินทอนได้

2.2.2 สามารถค้นหาข้อมูลสินค้าได้

2.2.3 สามารถแก้ไขข้อมูลส่วนตัวได้

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

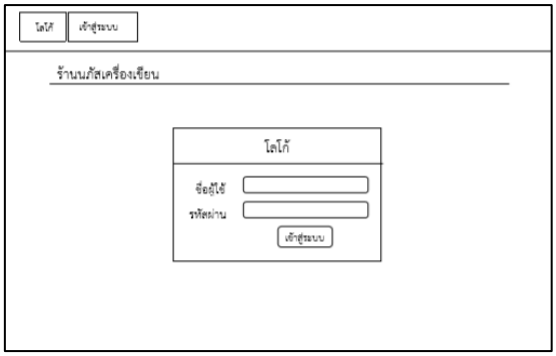
3.1 แผนภาพ Context Diagram



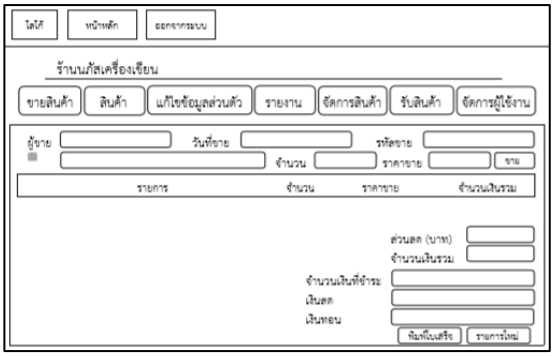
ภาพที่ 1 แผนภาพ Context Diagram

3.2 การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ โดยใช้ Layout

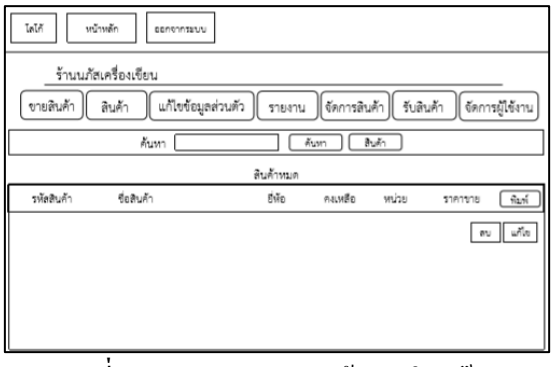
การออกแบบหน้าจอส่วนติดต่อผู้ดูแลระบบ (เจ้าของร้าน)



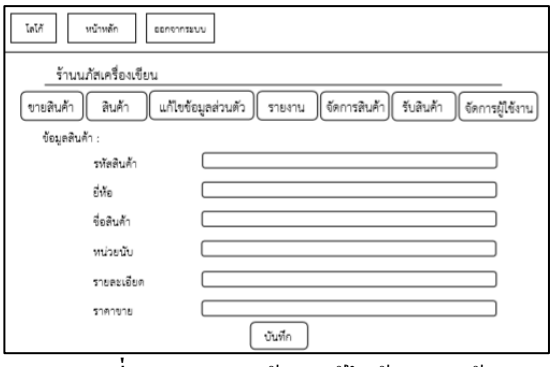
ภาพที่ 2 ออกแบบหน้าจอเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 3 ออกแบบส่วนการขายสินค้าและคำนวณเงิน



ภาพที่ 4 ออกแบบรายการสินค้าหมดในสต๊อก

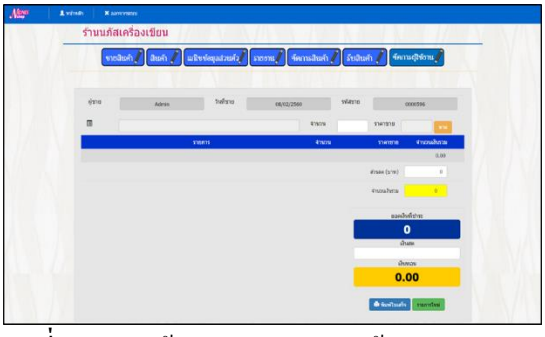


ภาพที่ 5 ออกแบบหน้าจอแก้ไขข้อมูลสินค้า

4. ผลการพัฒนาโปรแกรม



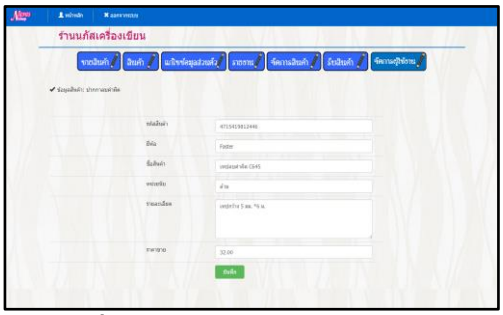
ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ



ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอส่วนการขายสินค้าและคำนวณเงิน



ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอรายการสินค้าหมดในสต๊อก



ภาพที่ 9 ออกแบบหน้าจอแก้ไขข้อมูลสินค้า

5. เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

5.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพการใช้งานระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้าร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับระดับประสิทธิภาพของผู้ใช้งานระบบ

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

5.2 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพการใช้งานระบบฐานข้อมูลการขายสินค้าร้านนภัสเครื่องเขียน สถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามที่ใช้มาตราส่วนประมาณค่าโดยกำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ โดยใช้วิธีการของลิเคิร์ท (Likert) มีรายละเอียดการประเมินดังนี้ (บุรินทร์, 2553) ระดับความคิดเห็นดีมากให้ 5 คะแนน ระดับความคิดเห็นดีให้ 4 คะแนน ระดับความคิดเห็นปานกลางให้ 3 คะแนน ระดับความคิดเห็นน้อยให้ 2 คะแนน ความคิดเห็นควรปรับปรุงให้ 1 คะแนน

5.3 การแปลผลงานวิจัย

การแปลความหมายของระดับคะแนน ได้แปลผลระดับประสิทธิภาพของผู้ใช้งานระบบโดยนำระดับสูงสุดลบระดับต่ำสุดแล้วหารด้วยจำนวนช่วงที่ตั้งไว้ ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00 แปลความว่า มีความคิดเห็นในระดับดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20 แปลความว่า มีความคิดเห็นในระดับดี

คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40 แปลความว่า มีความคิดเห็นในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60 แปลความว่า มีความคิดเห็นในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80 แปลความว่า มีความคิดเห็นในระดับควรปรับปรุง

ผลและวิจารณ์ผล

จากการเก็บข้อมูลจากผู้ใช้ระบบจำนวน 4 คน ศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้ระบบที่มีต่อ การพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ได้ผลการวิจัยดังนี้ จากสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผู้ใช้ระบบมีความคิดเห็นต่อการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก อยู่ในระดับดี ซึ่งผลจากการศึกษาความคิดเห็นในการใช้ระบบมีความคิดเห็นอยู่ในระดับดีมาก ดังนั้นผลการวิจัยอยู่ในเกณฑ์ที่สูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

ข้อมูลสรุปการจัดทำการวิจัย

1. ผลการวิจัยส่วนผู้ดูแลระบบ (เจ้าของร้าน) ตามตารางที่ 1 จำนวน 2 คน

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการใช้งานระบบฐานข้อมูลการขายสินค้าร้านนภัสเครื่องเขียน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของระดับประสิทธิภาพ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง			
ด้านการจัดการผู้ใช้งาน								
1. สามารถกำหนดสิทธิ์ในการ Login ให้ผู้ใช้งานได้	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
2. การตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลมีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
รวมด้านการจัดการผู้ใช้งาน						5.00	0.00	ดีมาก
ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า								
3. การเพิ่มข้อมูลสินค้ามีความ	-	100.00	-	-	-	4.00	0.00	ดี

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของระดับประสิทธิภาพ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง			
ถูกต้อง								
4. การลบข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง	-	100.00	-	-	-	4.00	0.00	ดี
5. การแก้ไขข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
6. การค้นหาข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
7. สามารถตรวจสอบการรับเข้า และการขายของสินค้าแต่ละรายการได้	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
8. ตรวจสอบสินค้าหมดสต๊อกได้อย่างถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
9. สามารถพิมพ์รายงานสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
รวมด้านการจัดการข้อมูลสินค้าด้านการจัดการรายงาน						4.43	0.00	ดีมาก
10. การแสดงผลรายงานขายสินค้ามีความถูกต้องครบถ้วน	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
11. ตรวจสอบรายละเอียดรายการขายสินค้าของแต่ละเลขที่บิลได้	-	100.00	-	-	-	4.00	0.00	ดี
12. การคำนวณสรุปยอดขายมีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
13. สามารถพิมพ์รายงานการขายสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
รวมด้านการจัดการรายงานด้านการจัดการรับเข้าสินค้า						4.62	0.18	ดีมาก
14. การรับเข้าจำนวนสินค้ามีความถูกต้อง	-	100.00	-	-	-	4.00	0.00	ดี
15. การแก้ไขข้อมูลการรับเข้ามีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
16. การลบข้อมูลการรับเข้ามี	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของระดับประสิทธิภาพ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง			
ความถูกต้อง								
17. การแสดงผลข้อมูลการรับเข้ามีความถูกต้องครบถ้วน	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
รวมด้านการจัดการรับเข้าสินค้า						4.38	0.53	ดีมาก
ด้านการจัดการขายสินค้า								
18. ข้อมูลการขายสินค้ามีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
19. ข้อมูลใบเสร็จรับเงินมีความถูกต้องและครบถ้วน	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
20. การคำนวณเงินทอนมีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
21. การตัดสต๊อกของจำนวนสินค้าที่ทำการขายมีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
รวมด้านการจัดการขายสินค้า						4.75	0.00	ดีมาก
ภาพรวมทั้งหมด						4.64	0.14	ดีมาก

ตารางที่ 2 ผลการวิจัยส่วนผู้ใช้ระบบ (พนักงาน) จำนวน 2 คน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความหมายของระดับประสิทธิภาพ
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง			
ด้านการจัดการผู้ใช้งาน								
1. การตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลมีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
รวมด้านการจัดการผู้ใช้งาน						5.00	0.00	ดีมาก
ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า								
2. การค้นหาข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
3. ตรวจสอบสินค้าหมดสต๊อกได้อย่างถูกต้อง	100.0	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก

4. สามารถพิมพ์รายงานสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน	50.0	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
รวมด้านการจัดการข้อมูลสินค้า						4.83	0.24	ดีมาก
ด้านการจัดการขายสินค้า								
5. ข้อมูลการขายสินค้ามีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
6. ข้อมูลใบเสร็จรับเงินมีความถูกต้องและครบถ้วน	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
7. การคำนวณเงินทอนมีความถูกต้อง	100.00	-	-	-	-	5.00	0.00	ดีมาก
8. การตัดสต๊อกของจำนวนสินค้าที่ทำการขายมีความถูกต้อง	50.00	50.00	-	-	-	4.50	0.71	ดีมาก
รวมด้านการจัดการขายสินค้า						4.62	0.18	ดีมาก
ภาพรวมทั้งหมด						4.82	0.02	ดีมาก

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้เพื่อการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก มีระบบการขายสินค้าเป็นหลัก โดยเน้นศึกษาประสิทธิภาพในการใช้งานของระบบใช้ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 4 คน ได้ข้อสรุปดังนี้

ผลการวิจัยส่วนผู้ดูแลระบบ (เจ้าของร้าน) พบว่า เป็นเพศชาย 1 คน และเพศหญิง 1 คน มีอายุระหว่าง 36-40 ปี โดยมีความคิดเห็นในภาพรวมต่อการใช้ระบบอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.14 ทั้งนี้ได้แบ่งรายการประเมินประสิทธิภาพของระบบงานออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า ด้านการจัดการรายงาน ด้านการจัดการรับเข้าสินค้า และด้านการจัดการขายสินค้า ซึ่งมีการสรุปผลการวิจัย ดังนี้

ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 โดยรายการประเมินที่มีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อสามารถกำหนดสิทธิ์ในการ Login ให้ผู้ใช้งานได้ และหัวข้อการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลมีความถูกต้อง

ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 โดยรายการประเมินมีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อการแก้ไขข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง, หัวข้อการค้นหาข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง, หัวข้อสามารถตรวจสอบการรับเข้าและการขายของสินค้าแต่ละรายการได้, หัวข้อตรวจสอบสินค้าหมดสต๊อกได้อย่างถูกต้องและหัวข้อสามารถพิมพ์รายงานสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน มีความคิดเห็นในระดับดี ได้แก่หัวข้อการเพิ่มข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง และหัวข้อการลบข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง

ด้านการจัดการรายงาน*ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.18 โดยรายการประเมินมีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อการแสดงผลรายงานขายสินค้ามีความถูกต้องครบถ้วน, หัวข้อการคำนวณสรุปยอดขายมีความถูกต้อง และหัวข้อสามารถพิมพ์

รายงานการขายสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน มีความคิดเห็นในระดับดี ได้แก่ หัวข้อตรวจสอบรายละเอียดรายการขายสินค้าของแต่ละเลขที่บิลได้

ด้านการจัดการรับเข้าสินค้า*ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 โดยรายการประเมินมีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อการแก้ไขข้อมูลการรับเข้ามีความถูกต้อง, หัวข้อการลบข้อมูลการรับเข้ามีความถูกต้อง และหัวข้อการแสดงผลข้อมูลการรับเข้ามีความถูกต้องครบถ้วน มีความคิดเห็นในระดับดี ได้แก่ หัวข้อการรับเข้าจำนวนสินค้ามีความถูกต้อง

ด้านการจัดการขายสินค้า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 โดยรายการทุกประเมินมีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อข้อมูลการขายสินค้ามีความถูกต้อง, หัวข้อข้อมูลใบเสร็จรับเงินมีความถูกต้องและครบถ้วน, หัวข้อการคำนวณเงินทอนมีความถูกต้อง และหัวข้อการตัดสต๊อกของจำนวนสินค้าที่ทำการขายมีความถูกต้อง

ผลการวิจัยส่วนผู้ใช้งาน (พนักงาน) พบว่า เป็นเพศหญิง 2 คน มีอายุระหว่าง 20-25 ปี และ 26-30 ปี โดยมีความคิดเห็นในภาพรวมต่อการใช้ระบบอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.02 ทั้งนี้ได้แบ่งรายการประเมินประสิทธิภาพของระบบงานออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า* และด้านการจัดการขายสินค้า ซึ่งมีการสรุปผลการวิจัย ดังนี้

ด้านการจัดการผู้ใช้งาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 โดยรายการทุกประเมินที่มีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูลมีความถูกต้อง

ด้านการจัดการข้อมูลสินค้า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.24 โดยรายการทุกประเมินมีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อการค้นหาข้อมูลสินค้ามีความถูกต้อง, หัวข้อตรวจสอบสินค้าหมดสต๊อกได้อย่างถูกต้อง และหัวข้อสามารถพิมพ์รายงานสินค้าที่มีข้อมูลครบถ้วน

ด้านการจัดการขายสินค้า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นในภาพรวมของด้านนี้อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.02 โดยรายการทุกประเมิน
มีความคิดเห็นในระดับดีมาก ได้แก่ หัวข้อข้อมูลการขายสินค้ามีความถูกต้อง, หัวข้อข้อมูลใบเสร็จรับเงินมีความถูกต้องและครบถ้วน, หัวข้อการคำนวณเงินทอนมีความถูกต้องและการตัด
สต๊อกของจำนวนสินค้าที่ทำการขายมีความถูกต้อง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลการขายสินค้า กรณีศึกษาร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการจัดทำงานวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณตฤณภัท ตันติวิชิตเวช และคุณรินทร์ลภัส บุญธนาเลิศวุฒิ เจ้าของกิจการร้านนภัสเครื่องเขียน ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งได้ให้ข้อมูลและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาระบบงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกทุกท่านที่ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนการจัดทำงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกรดา นิ่มละมูล. “การพัฒนาระบบบริหารจัดการร้านขายหนังสือ BK BookStore.” ปริญญานิพนธ์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิศูนย์วาสุกรี, 2553

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาหะ. การออกแบบฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2553.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล. ใช้งาน SQL แบบมืออาชีพ. กรุงเทพฯ : เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์, 2551.

คณาพร คำมูล. “การศึกษาการพัฒนาระบบการบริหารจัดการร้านค้าปลีกกรณีศึกษาร้านคุ้มบุญ ตำบลอาฮี จังหวัดเลย.” ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาการประกอบการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2555.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. การจัดการขาย. กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ่ง, 2557.

จีราวุธ วารินทร์. สร้างเว็บแอพพลิเคชัน PHP + MySQL + Dreamweaver CS6 ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : ซิมพลิฟาย, 2556.

เจริญศักดิ์ รัตนวราห, ฐิสันต์ ทิพย์ศุภธนนท์. PHP & MySQL สร้าง Web Programming ด้วยภาษายอดนิยมที่สุดในยุคนี้. กรุงเทพฯ : เน็ตดีไซน์ พับลิชชิ่ง, 2554.

ชาญชัย ศุภอรรถกร. สร้างเว็บแอพพลิเคชั่น PHPMySQL. กรุงเทพฯ : ซิมพลิฟาย, 2555.

บัญชา ปะสีละเตสัง. การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชั่นด้วย PHP ร่วมกับ MySQL และ jQuery. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2557.

บุรินทร์ รุจจนพันธุ์. สถิติพื้นฐานพร้อมตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab SPSS และ SAS. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร. เข้าใจหลักการสร้างเว็บไซต์ และรู้จักกับ Dreamweaver. กรุงเทพฯ : ซัคเซสมีเดีย, 2552.

ยงยุทธ นิลทากานต์. การจัดการฐานข้อมูล[online]. 2556 ได้จาก : https://sites.google.com/site/pond1619/home [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2559].

วิชิต กิ่งนอก. ความหมาของการขาย.[online]. 2556 ได้จาก : https://www.gotoknow.org/posts/118228 [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2559].

ศิริลักษณ์ โรจนกิจอำนวย. ระบบฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ดวงกมลสมัส, 2544.

สุธีร์ นวกุล. โปรแกรม Adobe Dreamweaver[online]. 2555 ได้จาก : http://opac.lib.buu.ac.th/index.html [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2559].

สุปราณี ห้อมา. “ระบบคลังข้อมูลการขายคอมพิวเตอร์.” ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553

สุมาลี จันทร์จินดา. “ระบบสารสนเทศการซื้อ-ขายสินค้า OTOP.” ปริญญานิพนธ์ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 2559

สมศักดิ์ โชคชัยชุติกุล. คู่มือการออกแบบระบบงานฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ :โปรวิชั่น, 2553.

อภิชาติ อนุกูลเวช. โปรแกรม Xampp[online]. 2554. ได้จาก : http://sites.google.com/site/itproject54g4/rup-lemkhorng-ngan [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2559].

อรยา ปรีชาพานิช. คู่มือเรียน การวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพฯ : ไอดีซี พรีเมียร์, 2557.

แนวทางการพัฒนาการปรับปรุงชุดดันปลดชิ้นงานโดยใช้ลมในแม่พิมพ์ขึ้นรูป

A Developmental Approach for Released System using Pneumatic in Vacuum Molding

ธวัชชัย ชาติตำนาญ[1*] เทียมสร้อย กาละสิรัมย์[1] พิสิษฐ์ บุญเจริญ[1] และ พลาพร บุญยัง[1]

Thawachchai Chattamnan[1*] Tiemsoi Kalasiram[1] Pisith Boonchareon[1] and Palaporn Boonyoung[1]

บทคัดย่อ

กระบวนการการผลิตชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์สุญญากาศ พบว่าระบบการดันปลดชิ้นงานแบบเดิมโดยใช้แรงสปริงในการดันแผ่นปลด เพื่อดันปลดชิ้นงาน มักจะมีการขัดตัวของสปริงหรือการคลายตัวสปริงดันออกไม่เท่ากันซึ่งทำให้การดันปลดชิ้นงานในการผลิตเกิดหยุดชั่วขณะและเป้าการผลิตก็ลดลง จากการศึกษาขั้นตอนในการขึ้นรูปชิ้นงานได้มีแนวคิดการพัฒนาระบบดันปลดโดยใช้ลมดันปลดหรือระบบนิวเมติค การใช้ระบบลมดันปลดแทนการใช้สปริงในการดันปลดชิ้นงานโดยการติดตั้งอุปกรณ์และระบบเข้ากับแผ่นดันปลดให้แรงในการดันปลดแทนแรงการปลดด้วยแรงสปริงเดิม จากการทดลอง พบว่า ระบบการดันปลดด้วยลม สามารถปลดชิ้นงานได้ดีกว่าระบบสปริง จากการตรวจนับจำนวนของเสียเปรียบเทียบ 2 วิธีพบว่าในการปลดจากระบบสปริง มีจำนวนของเสีย 20-30 ชิ้น จากเป้าผลิต 100 ชิ้น ในขณะที่ ระบบลมปลด มีของเสีย เพียง 9-11 ชิ้น จากเป้า 100 ชิ้น

คำสำคัญ : แม่พิมพ์สุญญากาศ, ระบบดันปลด, นิวเมติค

ABSTRACT

Production process by vacuum mold It was found that the mold released system of the original work by the spring to push the release plate to release the work piece. Usually, springs fatigue or springs release is different, which causes the release in production is halted, and production yield rate is reduced. From the study of the process of forming the work, the concept of development of the mold release system using the pressure release or pneumatic system. The use of pneumatic pressure release instead of the spring to release the work piece. By installing the device and the system to the pressure plate, release the pressure in the pressure release instead of the force released by the original spring. The experiments showed that the pneumatic release pressure better than the spring system. 2 comparative methods of counting waste showed that in spring release There are 20-30 pieces of waste from 100 pcs, while the pneumatic system has only 9-11 waste from 100 pcs.

Keywords: Vacuum molding, Release system, Pneumatic

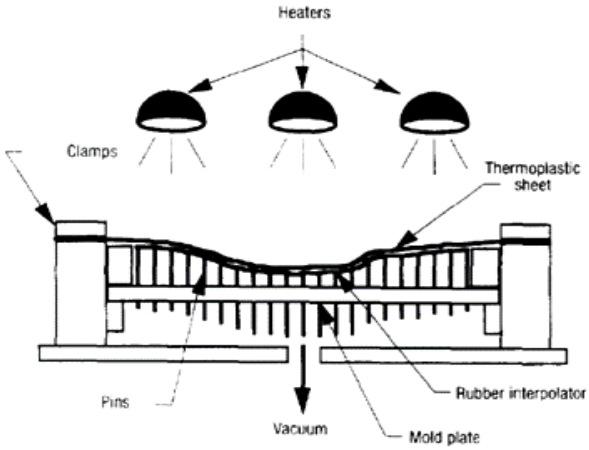
---

[1] สาขาวิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10800

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : thawachchai.ch@rmutp.ac.th

บทนำ

การแปรรูปพลาสติกโดยเทคนิคเทอร์โมฟอร์มมีหลายเทคนิค ซึ่งทุกเทคนิคมีหลักการพื้นฐาน คือ การทำให้พลาสติกอ่อนตัวที่อุณหภูมิที่เหมาะสม แล้วทำการดึงแผ่นพลาสติกให้ยืด (Stretching) ตามด้วยการขึ้นรูป (Forming) โดยการใช้แรงดันลม แรงดันสุญญากาศ แรงดึงเชิงกล หรือใช้แรงทั้งสามชนิดนี้ร่วมกัน กรณีศึกษาได้มีการใช้แรงทั้งสามนี้ร่วมกันเพื่อให้ชิ้นงานเป็นไปตามการออกแบบในกระบวนการออกแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การขึ้นรูปโดยใช้แรงดันสุญญากาศ

กรรมวิธีดังกล่าวยังถูกนำไปใช้แพร่หลายในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมอาหารจำพวกกล่องใส่อาหาร อุตสาหกรรมการแพทย์ ได้แก่ พลาสติกครอบฟัน ก็ใช้กรรมวิธีดังกล่าวมาช่วยในการผลิตชิ้นงาน โดยในแต่ละกระบวนการผลิตย่อยในการใช้การขึ้นรูปแบบสุญญากาศ มักจะพบปัญหาในกระบวนการดันปลดชิ้นงาน ซึ่งระบบดันปลดชิ้นงานโดยส่วนใหญ่จะใช้แรงสปริงที่อยู่ในระบบดันปลดเป็นแรงที่ใช้ผลักกลไกการปลดชิ้นงานให้ทำการดันปลด แต่เนื่องจากสปริงที่อยู่ในระบบดันปลด มักจะถูกวางในตำแหน่งที่เป็นอิสระจากกันจึงทำให้ การดันปลดของสปริง ทำไม่พร้อมกัน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการย่อยนี้ จากการหาสาเหตุเบื้องต้นพบว่าการคลายตัวของสปริงในแต่ละตำแหน่งคลายตัวออกไม่เท่ากัน สปริงบางตัวอยู่ในสภาวะถูกบีบอยู่กับที่ไม่มีการคลายออก จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้วนั้นไม่สามารถปลดออกได้โดยใช้สปริงในการคลายตัว จึงมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาและออกแบบโดยการใช้ลมในการดันปลดชิ้นงานที่ขึ้นรูปแล้ว และสามารถผลิตชิ้นงานให้มีความต่อเนื่อง เพื่อให้จำนวนของเสียลดลง และประสิทธิภาพในการผลิตสูงขึ้น

บทความวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำเสนอการพัฒนาการดันปลดจากการใช้สปริงที่มีความอิสระต่อกันเป็นการใช้ลมช่วยในการดันแผ่นช่วยปลดบังคับให้สปริงทำงานพร้อมกันเพื่อปลดชิ้นงานให้พร้อมกัน เพื่อลดเวลาในการผลิตและจำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการดันปลดแบบเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาการดันปลดจากการใช้สปริงที่มีความอิสระต่อกันเป็นการใช้ลมช่วยในการดันแผ่นช่วยปลดบังคับให้สปริงทำงานพร้อมกันเพื่อปลดชิ้นงาน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวความคิดในการแก้ปัญหา

แนวความคิดในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องในการศึกษาการออกแบบและปรับปรุงชุดดันปลดชิ้นงานโดยใช้ลมแม่พิมพ์ขึ้นรูปสุญญากาศ ประกอบด้วยทฤษฎีเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 องค์ประกอบในการอัดขึ้นรูปสุญญากาศ

เทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้หัวอัดช่วยก่อนใช้แรงดันสุญญากาศ (Plug-Assist Vacuum Forming) เป็นเทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้เบ้าดันแผ่นพลาสติกก่อนแล้วใช้แรงดันสุญญากาศ (Vacuum forming) ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความลึก มีความหนาใกล้เคียงกันตลอดทั้งชิ้นงาน และถอดชิ้นงานออกจากเบ้าได้ง่ายขึ้น เทคนิคการแปรรูปชนิดนี้ เริ่มต้นจากการจับแผ่นพลาสติก แล้วให้ความร้อน เช่นเดียวกับเทคนิคอื่น ๆ หลังจากนั้นใช้หัวอัด เคลื่อนตัวลงมาเพื่ออัดแผ่นพลาสติกให้ยืดตัวลงในช่องว่างส่วนบนของเบ้า (Pre- stretching) หัวอัดจะหยุดเคลื่อนเมื่อดันผ่านพลาสติกให้ยืดตัวออกจนเข้าใกล้เบ้า หลังจากนั้น ใช้แรงดันสุญญากาศดูดให้แผ่นพลาสติกประกบเบ้า แล้วถอดตัวอย่างออกจากเบ้าโดยการใช้ลมเป่า เพื่อให้ชิ้นงานหลุดออกจากเบ้า

2.1.2 เทอรโมฟอร์มมิ่ง (Thermoforming)

การขึ้นรูปพลาสติกในขณะที่พลาสติกอ่อนตัวด้วยความร้อน โดยการให้พลาสติกยืดตัวออก (Stretching) ภายใต้แรงดันลม (Air pressure) แรงดันอากาศ (Vacuum) หรือการดึงเชิงกล (Mechanical drawing) ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างตามเบ้า ดังนั้น การแปรรูปพลาสติกแบบเทอร์โมฟอร์มมิ่งจะมีการใช้แรงดันลม แรงดันสุญญากาศ และแรงดึงเชิงกล หรือใช้แรงทั้งสามชนิดนี้รวมกัน เพื่อเปลี่ยนแปลงพลาสติกให้มีรูปร่างตามเบ้า วัตถุดิบที่นิยมใช้ คือแผ่นพลาสติก (Plastic sheet)และ ฟิล์มพลาสติก (Plastic film) ดังนั้นจึงเหมาะที่จะทำการแปรรูปโดยใช้เทคนิคเทอร์โมฟอร์ม

2.2 วัสดุที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปสุญญากาศ

พอลิโพรไพลีน (PP) เป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดย Giulio Natta และนักเคมีชาวเยอรมัน Karl Rehn ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1954 ในประเทศสเปน โดย PP ที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบผลึก การค้นพบครั้งนี้เป็นการบุกเบิกนำไปสู่การผลิตเพื่อการค้า พอลิโพรไพลีน (PP) เป็นพลาสติกในกลุ่มกึ่งผลึก จึงต้องควบคุมอุณหภูมิในการแปรรูปอย่างละเอียด เนื่องจากมีช่วงอุณหภูมิของการอ่อนตัวแคบ PP ที่นิยมใช้ในการแปรรูปด้วยเทคนิคเทอร์โมฟอร์มมากที่สุด คือ PP ที่ผสมด้วยแทล (Talc) เนื่องจากเป็นวัสดุที่ให้ความแข็งแรงและทนแรงกระแทกดีมากนอกจากนี้ยังสามารถทำผลิตภัณฑ์ ได้หลากหลายสี และอุณหภูมิการบิดตัว (Heat distortion temperature) สูงมากนิยมใช้วัสดุชนิดนี้ในการผลิตชิ้นงานที่ใช้ในอุณหภูมิสูงและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชิ้นงานPP ที่นิยมขึ้นรูปด้วยแรงดันสุญญากาศ

2.3 ระบบการทำงานของเครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูป

ใช้เครื่องขึ้นรูปสุญญากาศที่มีระบบการทำงานดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่1 ระบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปขนาด 2,000x1,600x2,500 mm

ลักษณะการทำงาน	ข้อกำหนดการทำงาน	ลักษณะการทำงาน	ข้อกำหนดการทำงาน
ขนาดของแผ่นพลาสติก	หน้ากว้าง 24นิ้ว-26นิ้ว	ขนาดของปั๊มแว็คคั่ม	Programmable Logic Controller (PLC), Direct Koyo
พื้นที่ขึ้นรูปสูงสุด	7100 mm x 2150 mm x 3050 mm	ขนาดของปั๊มแว็คคั่ม	3 HP
ชนิดของฮีตเตอร์	Infrared Heater 220 Vac, 400, 650 w	กำลังแว็คคั่มสูงสุด	29.6 Hg
ระบบการควบคุมความร้อน	Digital Temperature Controller (PID), Omron	กำลังไฟฟ้า	380/220 VAC 42 kW
ระบบควบคุมการทำงาน	Programmable Logic Controller (PLC), Direct Koyo	พัดลมระบายความร้อน	0.165 HP, 220 VAC, 1 Phase. 2 ตัว
ขนาดของปั๊มแว็คคั่ม	3 HP	ความต้องการลมสำหรับระบบนิวแมติก	4-5 Bar
กำลังแว็คคั่มสูงสุด	29.6 Hg	อุปกรณ์ระบบนิวแมติก	Festo, SMC Brand

2.4 การขึ้นรูปแบบ เทอร์โมฟอร์มมิ่ง

การทำ เทอร์โมฟอร์มมิ่ง ปรกติแล้วจะแบ่งเป็นสองวิธี ขึ้นกับความหนาของแผ่นพลาสติกที่ใช้ขึ้นรูป แบบบาง (บางกว่า 1.5 ม.ม.) กับแบบที่หนากว่า ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผ่นพลาสติกร้อนก่อนเข้าสู่การขึ้นรูป

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวแมติกส์

กฎเบื้องต้นของระบบนิวแมติกส์ ที่ใช้ในการคำนวณพื้นฐาน คือกฎของความดัน ดังสมการที่ 1[5]

$$P = \frac{F}{A} \qquad (1)$$

โดยที่

P = ความดัน (กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร)

F = แรง (กิโลกรัมแรง)

A = พื้นที่ (ตารางเซนติเมตร)

ในงานนี้ มีการคำนวณหาขนาดชุดกระบอกลมโดยมีข้อจำกัดตัวแปรที่แหล่งจ่ายลมที่ 4-6 บาร์ และน้ำหนักของแผ่นช่วยดันปลดที่ 5 กิโลกรัม จึงเลือกใช้ชุดกระบอกลมที่มีขนาด 12 มิลลิเมตร มาติดตั้งในชุดแผ่นช่วยดันปลดดังกล่าว

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานโดยยึดแนวทางแบบไคเซน (Kaizen) ได้แก่

3.1 สืบค้นจากผังการผลิตและกรรมวิธีการผลิต

3.2 เข้ากระบวนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

3.3 กำหนดแนวทางการแก้อาการของปัญหา

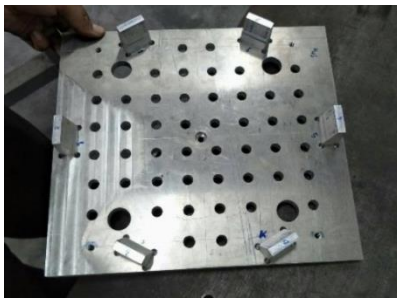
3.4ทดลองตามแนวทางการแก้ปัญหา

ทำการศึกษากระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์พบว่าตัวดันปลดล็อคของชุดดันปลดในแม่พิมพ์บรรจุภัณฑ์แบบเดิม ซึ่งใช้ชุดสปริงในการช่วยปลด ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยชุดสปริงปลดชิ้นงานนี้ ถูกติดตั้งเป็นอิสระต่อกัน จำนวน 6 ชุด พบว่าชิ้นส่วนทองเหลืองที่ทำหน้าที่ดันสปริงและเมื่อถูกกด สปริงไม่คลายตัวดันแท่งทองเหลือง จึงทำให้ ชิ้นงาน PP ที่ขึ้นรูปแล้ว เกิดการติดขัด เนื่องจาก ระบบสปริง ทั้ง 6 ชุด ทำงานไม่พร้อมกัน

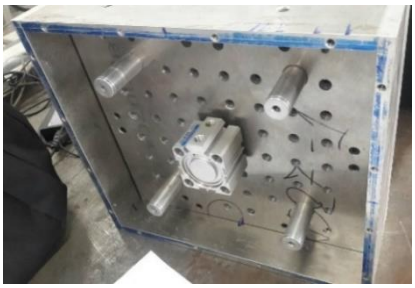


ภาพที่ 4 ชุดสปริงในการช่วยปลด

จากนั้น พบว่าแนวทางในการแก้ไขอาการของปัญหาคือการทำให้ชุดสปริงปลด ทำงานพร้อมกันทั้ง 6 ชุดโดยการสร้างชุดแผ่นสลักช่วยดันปลดโดยประยุกต์ใช้ ระบบนิวแมติกส์ ช่วยดันปลด ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ชุดแผ่นสลักช่วยดันปลด



ภาพที่ 6 ชุดแผ่นสลักช่วยดันปลดติดตั้งระบบนิวแมติกส์

และจากการประกอบอุปกรณ์ทั้งหมด เพื่อทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานจำนวน 100 ชิ้น ดังแสดงในภาพที่ 7 เพื่อดูผลหลังการทดลองตามสมมติฐาน ได้ข้อมูลเชิงตัวเลขทางด้านการผลิต 2 ชุด ได้แก่ การเปรียบเทียบระยะเวลาการผลิตรวม ก่อนและหลังการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 2 และการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่ระบุว่าเป็นของเสีย ก่อนและหลังการแก้ไข ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่ายังมีกระบวนการในการทำงานที่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมโดยการหาเวลามาตรฐาน และ เพิ่มชิ้นงานทดลองที่มากขึ้น เพื่อยืนยันผลที่แตกต่างของรอบเวลาการทำงานที่ควรจะลดลงได้อีกอย่างน้อย ร้อยละ 3-5 เพื่อนำไปคำนวณค่าทางต้นทุน ต่อไป



ภาพที่ 7 ทดลองขึ้นรูปชิ้นงานแวคคัม

ตารางที่ 2 เวลาในการผลิตรวมในการผลิต 100 ชิ้น

วิธีเดิมไม่ใช้ ลมช่วยดันปลด	วิธีที่ใช้ลมช่วยดันปลดแผ่นช่วยปลด
13 วินาที	11 วินาที

ตารางที่ 3 จำนวนชิ้นงานที่ระบุว่าเป็นของเสีย

วิธีเดิมไม่ใช้ ลมช่วยดันปลด	วิธีที่ใช้ลมช่วยดันปลดแผ่นช่วยปลด
20 ชิ้น	9 ชิ้น

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการประยุกต์ใช้ระบบนิวแมติกส์ มาช่วยในกระบวนการดันปลดชิ้นงานพบว่าตัวชี้วัดในด้านการผลิตหลังการทดลองขึ้นรูปขึ้นงาน จำนวน 100 ชิ้นเพื่อดูผลหลังการทดลองตามสมมติฐาน พบข้อมูลเชิงตัวเลขทางด้านการผลิต 2 ชุด ได้แก่ การเปรียบเทียบระยะเวลาการผลิตรวม ก่อนและหลังการแก้ไข และการเปรียบเทียบจำนวนชิ้นงานที่ระบุว่าเป็นของเสีย ก่อนและหลังการแก้ไข มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และสามารถป้องกันอาการของปัญหาได้อย่างถาวร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท พีพี แพคเกจจิ้ง จำกัดที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

H.S. Kleespies III and R.H. Crawford, “Vacuum Forming of Compound Curved Surfaces with a Variable Geometry Mold”, *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 17/No.5, pp. 325–337, 1998.

M. Rossi, “Chilled Foods: Packaging Under Vacuum”, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, vol 2, pp.1191–1196, 2003, Elsevier Science Ltd.

S Po-Ni Wu and A. Yu-Jen Wu, “The use of vacuum-formed plastic sheets to create reservoir space for fluoride trays”, *The Journal of Prosthetic Dentistry Online*, pp. 144-145, 2009.

G. Mountouris, M. Anagnostou, and E. Papazoglou, “Use of a vacuum-formed plastic sheet to aid in transferring and bonding metal splints”, *The Journal of Prosthetic Dentistry*, pp. 235-238, 2007.

P. Pattaratanakulchai, *Hydraulic and Pneumatic,* Bangkok: SE-EDUCATION, 2016.

Ornphapa. (2012, Aug15). [Online]. Available: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php? bookID= 2388 &read=true&count=true

การผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์วัสดุผสมจากน้ำยางธรรมชาติ ผสมกับเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

Production and Testing of Natural Rubber Latex Products Blended with Palm Bunch Fiber and Used Tire Scrap.

สมพงษ์ พิริยายนต์[1*] กิตติศักดิ์ บัวศรี[2] และ ประยูร สุรินทร์[3]

Sompong Piriyayon[1*] Kittisak Bausri[2] and Prayoon Surin[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์วัสดุผสม จากเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว นำมาผสมกับน้ำยางธรรมชาติ เพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ดำเนินงานโดยการผสมเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ในผลิตภัณฑ์ ด้วยอัตราส่วนที่เท่ากัน คือ 0, 10, 20, 30 PHR(Parts per Hundred Rubber) โดยใช้น้ำยางธรรมชาติที่ผสมสารเคมีที่ช่วยในการคงรูป เป็นตัวประสาน ทำให้ส่วนผสมคงรูปสมบูรณ์โดยใช้เตาอบลมร้อน แล้วนำชิ้นงานไปทำการทดสอบดังต่อไปนี้ ได้แก่ 1) การทดสอบแรงดึง 2) การทดสอบการดูดซึมน้ำ 3) ทดสอบค่าการนำความร้อน และ 4) ทดสอบการเสียรูปอย่างถาวร จากผลการทดสอบพบว่า 1) ค่าต้านแรงดึงสูงสุดและค่าเปอร์เซนต์การยืดตัวของวัสดุผสมมีค่าลดน้อยลง เป็นสัดส่วนผกผันกับปริมาณการเพิ่มขึ้นของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น 2) ไม่มีการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบในทุกๆ อัตราส่วนผสม 3) ค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบของผลิตภัณฑ์วัสดุผสม มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น และ 4) การทดสอบการเสียรูปอย่างถาวรของชิ้นงานทดสอบ พบว่า มีค่าน้อยลง ผกผันกับปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

คำสำคัญ : ยางธรรมชาติ, เส้นใยทะลายปาล์ม, ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว, วัสดุผสม

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Saun Yai, Maueng, Nonthaburi 11000, Thailand

[2] แผนกวิชาช่างพื้นฐาน วิทยาลัยสารพัดช่างกาญจนบุรี ต.ท่ามะขาม อ.เมือง จ.กาญจนบุรี 71000

[2] Department of Basic Mechanics, Kanchanaburi Polytechnic College 179 Moo 1 Saeng Chuto Road, Tambon Makham, Kanchanaburi 71000, Thailand

[3] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันโนโลยีปทุมวัน แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

[3] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, Wang Mai, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : somponggg@hotmail.com

ABSTRACT

This research studied the composite materials of palm bunch fiber and used tire scrap. The palm bunch fiber and used tire scrap were mixed with the natural rubber latex. The products of this research can conserve the environment by using the raw materials from natural and mixed the fillers from the waste. Operate the specimens by blending palm bunch fibers and used tire scraps into products. By the same ratio that consist of 0, 10, 20, 30 PHR (Parts per Hundred Rubber) and using the natural rubber latex with chemical vulcanization such as the binder. Next make sure the mixture is perfectly formed by using in a hot air oven. After that testing for 1) Tensile Test, 2) Water Absorption Test, 3) Thermal Conductivity Test and 4) Compression set Test. The results showed that 1) the maximum tensile strength and percentages of elongation of the composite material were lower. 2) There is no water absorption of the specimen at every mixing ratio. 3) The thermal conductivity of the specimen was decreased. 4) The compression set of the specimen was decrease related to the volume fraction of palm bunch fiber and used tire scraps were increased, respectively.

Keyword: Natural Rubber, Palm Bunch Fiber, Used Tire scrap, Composite Materials

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตยางพาราจำนวนมาก จำเป็นต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แต่สำหรับปัญหาสำหรับผู้ประกอบการสวนยางพารานั้น ราคาของยางพาราที่ใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นนั้นตกต่ำลง ถือเป็นปัญหาใหญ่ที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ มากมาย เช่น ต้นทุนปุ๋ย ต้นทุนสารอาหารบำรุงน้ำยาง ต้นทุนสารกำจัดแมลง ต้นทุนการจัดการ และการใช้จ่ายของครอบครัวของเกษตรกรในชีวิตประจำวันที่สูงขึ้นมาก ไม่สัมพันธ์กับรายรับจากการขายน้ำยางพารา หรือยางพาราแผ่น จนทำให้เกิดหนี้สิน เป็นต้น

ในส่วนของ “ปาล์มน้ำมัน” ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการวิจัยนี้นั้น ในช่วงระยะเวลากว่า 30 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีการผลิตปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น โดยสังเกตจากผลผลิตปาล์มน้ำมันที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มผลผลิตนี้ทำให้หลังจากการสกัดน้ำมันออกจากผลปาล์มแล้ว มีส่วนที่เหลือใช้ คือ ทะลายปาล์ม อยู่จำนวนมาก ซึ่งทะลายปาล์มจะมีความเป็นเส้นใยหลังจากการนำความชื้นออกทั้งหมด ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นใยที่เหมาะสมในการที่จะทำเป็นสารเติมและสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยาง จากการศึกษาวิจัยพืชที่มีเส้นใยทางการเกษตร (fiber crops) โดยวัสดุทางการเกษตรประเภทนี้มีโครงสร้างที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน อยู่เป็นจำนวนมาก มีความเหมาะสมในการนำมาใช้ทำเส้นใยเสริมแรงหรือสารเติมในผลิตภัณฑ์ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงเชิงกลให้แก่ผลิตภัณฑ์ยางพาราได้

อีกส่วนผสมหนึ่งที่สำคัญในการวิจัยนี้ คือ ยางรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยในปัจจุบันมีการใช้รถยนต์เป็นจำนวนมาก ทำให้ปริมาณยางของยนต์ก็เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย แต่การกำจัดยางในที่เสื่อมสภาพหรือยางที่ไม่เป็นที่ต้องการ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมนั้นยังเป็นไปได้ค่อนข้างยาก แนวคิดที่จะทำการย่อยยางที่สามารถย่อยสลายยางในจนเป็นผงละเอียดแล้วได้ ผงยาง ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นสารเติมในผลิตภัณฑ์ยางพารา ถือว่าเป็นการต่อยอดจากยางที่เสื่อมสภาพหรือยางที่ไม่เป็นที่ต้องการให้กลับไปเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์เพื่อเป็นการช่วยลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นผลิตภัณฑ์ยางที่มีเส้นใยธรรมชาติและเศษยางที่ใช้แล้วเป็นองค์ประกอบ จึงเป็นทางเลือกใหม่ซึ่งมีข้อดีทั้งด้านราคา และคุณภาพ การใช้วัสดุพืชที่มีเส้นใยธรรมชาติพร้อมทั้งเศษยางเหลือทิ้งเป็นองค์ประกอบ จะช่วยส่งผลให้ราคาของผลิตภัณฑ์ยางมีราคาต้นทุนถูกลง สามารถแข่งขันทางการตลาดได้ เนื่องจากเส้นใยจากทะลายปาล์มมีอยู่มากมายเหลือใช้จากอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มของประเทศไทย โดยในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีในการผลิตวัสดุทดแทนจากธรรมชาติที่ทำจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมาก โดยเฉพาะยางพารานั้นมีแนวโน้มสูงขึ้นในแต่ละปี และเนื่องด้วยต่างประเทศมีการผลิตน้ำยาง แล้วทำการออกสู่ตลาดมากขึ้นด้วยในแต่ละปี ส่งผลให้ราคาของยางพาราโดยรวมมีแนวโน้มลดลงเป็นเงาตามตัว จึงเกิดแนวความคิดที่จะนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีในประเทศไทย ซึ่งได้แก่เส้นใยทะลายปาล์มที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม มาทำการผสมร่วมกับยางพารา แล้วนำมาผลิตเป็นวัสดุใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่า ซึ่งผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นจะมีสมบัติที่เป็นฉนวนความร้อน มีความยืดหยุ่น ดูดซับแรงกระแทกได้ดี ส่งผลให้สอดคล้องกับการลดปัญหาโลกร้อนในสภาพการณ์ปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพืชที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรมโดยที่มีมูลค่าน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทะลายปาล์มน้ำมันที่ก่อปัญหาการจัดเก็บ มาเปลี่ยนเป็นวัตถุดิบในการผลิตวัสดุใหม่ แล้วมีส่วนของเศษยางรถยนต์เหลือทิ้งมาร่วมด้วย โดยการผสมกับยางพาราธรรมชาติประเภทน้ำยางที่มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำเป็นฉนวนความร้อนที่ดี ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นการช่วยลดปัญหาการจัดเก็บทะลายปาล์มเหลือทิ้งได้ดีอีกทางหนึ่ง รวมถึงใช้ประโยชน์จากยางรถยนต์ที่ทิ้งแล้วให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย นอกเหนือจากการเผาเป็นเชื้อเพลิงที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในกระบวนการของการดำเนินการวิจัย จะแบ่งขั้นตอนหลักเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1.การเตรียมเส้นใยทะลายปาล์ม เศษอนุภาคยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและวัตถุดิบ

ใช้เส้นใยทะลายปาล์มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 10 มิลลิเมตร โดยการผ่านเครื่องบดตัด แล้วทำการคัดเลือกขนาดโดยเครื่องร่อนหยาบ หลังจากนั้นนำไปผสมกับเศษอนุภาคยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่ผ่านกระบวนการบด ให้มีขนาดไม่เกิน 5 มิลลิเมตรในทุกมิติ ทั้งความกว้าง ความยาว และความสูง โดยวิธีการคนผสมในภาชนะขนาดใหญ่ โดยทำการคนผสมหลังจากการชั่งน้ำหนักด้วยอัตราส่วน 0, 10, 20 และ 30 PHR (Parts per Hundred Rubber) วัตถุดิบน้ำยางธรรมชาติที่ผ่านการผสมสารทำให้สุก คือ กำมะถัน เป็นสารยึดติดของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษอนุภาคยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว พร้อมสารเติมแต่งประเภท สารเร่งปฏิกิริยา ที่ส่งผลให้การสุกตัวของยางสมบูรณ์ขึ้น

2.การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

วิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ จัดทำโดยกรรมวิธีการอัดในแม่พิมพ์ แล้วทำการอบด้วยลมร้อนภายในเตา (Hot air in oven) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในกระบวนการผลิต โดยทำการควบคุมขนาดความหนาของชิ้นทดสอบ และเติมส่วนผสมให้เต็มแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้า แล้วนำเข้าเตาอบร้อน ใช้เวลาการอบ 120 นาที โดยอุณหภูมิที่ใช้ เท่ากับ 170 องศาเซลเซียส

3.การเตรียมชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบทางกายภาพและสมบัติทางกล

สำหรับการทดสอบสมบัติเชิงกลและทางกายภาพ เริ่มจากการผลิตชิ้นทดสอบแรงดึง โดยใช้แม่พิมพ์ตามมาตรฐาน ASTM D412 แล้วทำการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องทดสอบยูนิเวอร์แซล รุ่น CY-6040A8 ส่วนของการทดสอบค่าการบีบอัดให้เสียรูปอย่างถาวร จัดเตรียมแม่พิมพ์และการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM 395 และในส่วนของการทดสอบ

การนำความร้อน (Thermal Conductivity) เป็นการทดสอบโดยการถ่ายเทอุณหภูมิไปยังชิ้นทดสอบที่ทำจากวัสดุผสม โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อน เริ่มจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลาง คือ ชิ้นทดสอบจะไม่มีการเคลื่อนที่ ทำการตั้งค่าตัวแปรที่ใช้ควบคุม คือ Heating 40 ºC, Cooling 10 ºC โดยความหนาของชิ้นงานอยู่ที่ 15 มิลลิเมตร

ในส่วนของวัตถุดิบที่ใช้และรูปร่างตัวอย่างของชิ้นงานทดสอบ แสดงในภาพที่ 1 และ 2



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 1 ลักษณะของปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการวิจัย (ก, ข) และเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วที่ผ่านการบด (ค)



(ก)



(ข)

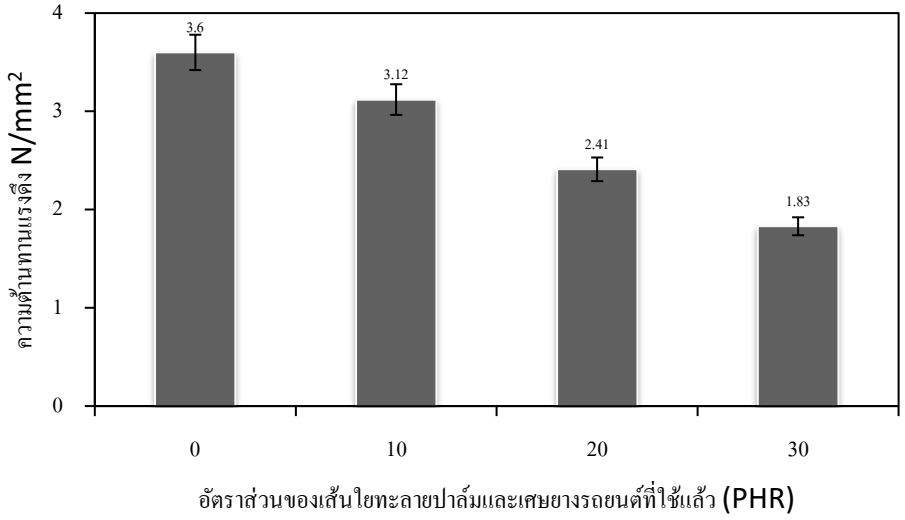
ภาพที่ 2 (ก) น้ำยางธรรมชาติ และ (ข) ชิ้นงานทดสอบแรงดึงจากการผสมเส้นใยทะลายปาล์ม เศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและน้ำยางธรรมชาติ

ผลและวิจารณ์ผล

การวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) ของแผ่นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์มที่ผ่านการบด โดยทำการผสมในน้ำยางธรรมชาติ มีการใช้เส้นใยทะลายปาล์มผสมกับเศษยางรถยนต์ที่อัตราส่วนที่เท่ากัน คือ 0, 10, 20, 30 PHR(Parts per Hundred Rubber) แล้วทำการทดสอบหาค่าการทดสอบแรงดึง การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทดสอบค่าการนำความร้อน และการทดสอบการเสียรูปอย่างถาวร ได้ผลการทดสอบที่แสดงตามแผนภูมิดังต่อไปนี้

1.การทดสอบหาการต้านทานต่อแรงดึง

ผลของการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 3

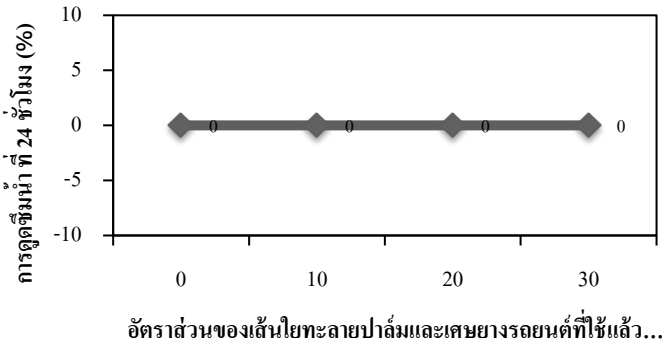


ภาพที่ 3 แสดงค่าการต้านทานต่อแรงดึงของชิ้นงานทดสอบ

จากภาพที่ 3 ผลการทดสอบพบว่า ค่าการต้านทานต่อแรงดึงของผลิตภัณฑ์มีค่าแปรผกผันกับปริมาณของเส้นใยที่เติมลงไป คือค่าต้านทานต่อแรงดึงมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วมีอัตราเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ โดยชิ้นงานที่มีส่วนของเส้นใยและเศษยางรถยนต์น้อย จะมีปริมาณความต้านทานต่อแรงดึงที่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานทดสอบที่มีปริมาณของเส้นใยและเศษยางรถยนต์ที่มากกว่า โดยความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มลดลง ตามปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการทำปฏิกิริยาการยึดเหนี่ยวทางพันธะเคมีระหว่างน้ำยางกับเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์มนั้นมีขึ้นน้อยมาก จากการสังเกตชิ้นทดสอบหลังจากการดึงจนขาด จะมีแต่การยึดเหนี่ยวของน้ำยางเอง โดยเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์มทำหน้าที่เป็นเพียงสารเติม(Filler) เพื่อเพิ่มปริมาตรของผลิตภัณฑ์รวมเท่านั้น แทรกตัวอยู่ระหว่างเนื้อยาง เมื่อมีเส้นใยและอนุภาคยางอื่นจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว จึงส่งผลให้สมบัติการต้านทานต่อแรงดึงลดน้อยลงเมื่อสารเติม(Filler) มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น

2.การทดสอบการดูดซึมน้ำด้วยระยะเวลาของการทดสอบ 24 ชั่วโมง

ผลของการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 4

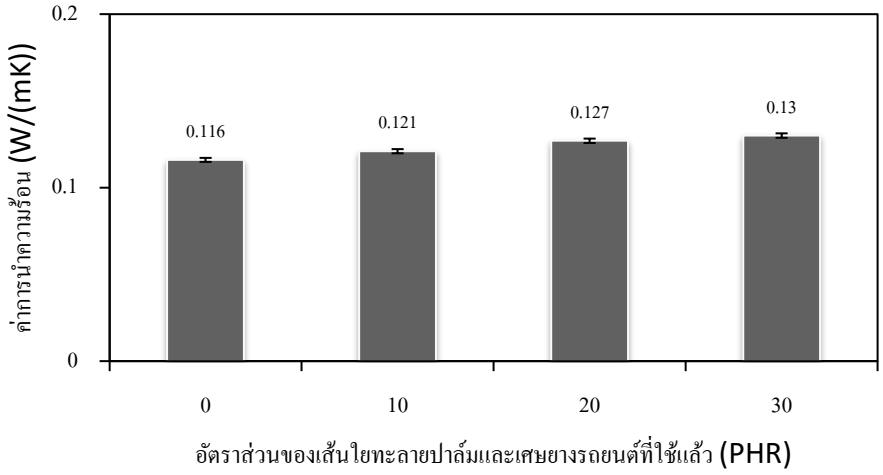


ภาพที่ 4 ค่าการดูดซึมน้ำที่ 24 ชั่วโมงของชิ้นงานทดสอบ

จากภาพที่ 4 พบว่า ปริมาณความสามารถในการดูดซึมน้ำ หลังจากผ่านการแช่ทิ้งไว้ในน้ำด้วยระยะเวลาของการทดสอบ 24 ชั่วโมง ชิ้นทดสอบในทุกอัตราส่วนผสมจะไม่มีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นทดสอบมีส่วนของเนื้อยางปกคลุมเส้นใยทั้งหมด ซึ่งสมบัติของเนื้อยางธรรมชาติไม่ยอมให้โมเลกุลน้ำซึมผ่าน ส่งผลให้อนุภาคของน้ำไม่สามารถผ่านเนื้อยางเข้าไปสัมผัสกับเส้นใยได้ ดังนั้นชิ้นงานทดสอบโดยรวมจึงไม่มีการดูดซึมน้ำ

3.การทดสอบค่าการนำความร้อน

ผลของการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 5

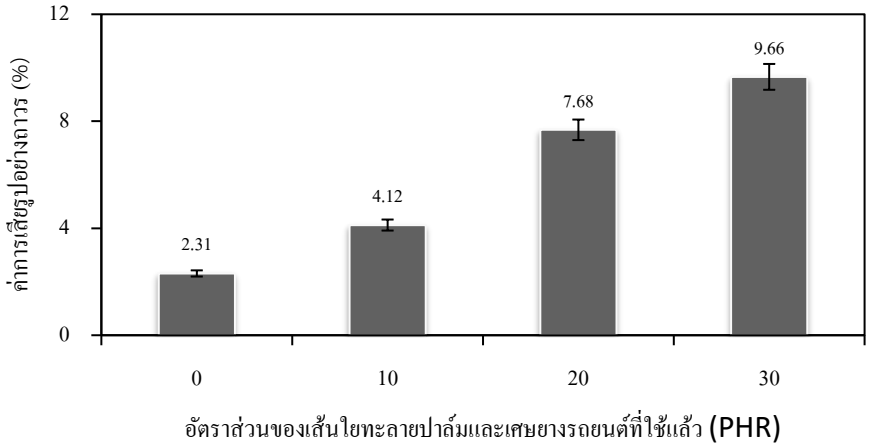


ภาพที่ 5 ค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบ

จากภาพที่ 5 พบว่าค่าการนำความร้อนของชิ้นทดสอบจะมีค่าสูง เมื่อชิ้นทดสอบมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์เพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยค่าการนำความร้อนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ในผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากโดยธรรมชาติของเส้นใยที่มีค่าการนำความร้อนมากกว่ายางธรรมชาติ จะส่งผลให้เมื่อมีเส้นใยอยู่ในผลิตภัณฑ์มากขึ้น ค่าการนำความร้อนโดยรวมจึงมากขึ้นตามปริมาณของเส้นใยตามลำดับ

4. การทดสอบสมบัติการเสียรูปอย่างถาวรจากการบีบอัด

ผลของการทดสอบ แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 6 ค่าการเสียรูปอย่างถาวรจากการบีบอัดของชิ้นทดสอบ

จากภาพที่ 6 พบว่าค่าการการเสียรูปอย่างถาวรจากการบีบอัดของชิ้นทดสอบจะมีค่าสูง เมื่อชิ้นทดสอบมีอัตราส่วนผสมของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์เพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยค่าการเสียรูปอย่างถาวรจากการบีบอัดจะมีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้น ตามปริมาณของเส้นใยทะลายปาล์มและเศษยางรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นในผลิตภัณฑ์ตามลำดับ เนื่องจากการทำปฏิกิริยาการยึดเหนี่ยวทางพันธะเคมีระหว่างน้ำยางกับเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์มมีน้อย จะมีแต่การยึดเหนี่ยวของน้ำยางเอง โดยเศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์มทำหน้าที่เพียงเป็นสารเติม(Filler) เพื่อเพิ่มปริมาณในผลิตภัณฑ์เท่านั้น

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง สมบัติทางกายภาพและการทดสอบสมบัติเชิงกล ของผลิตภัณฑ์จากการผสมน้ำยางธรรมชาติ เศษยางรถยนต์ที่ใช้แล้วและเส้นใยทะลายปาล์ม พบว่ามีสมบัติที่สามารถนำมาใช้เพื่อผลิตและประยุกต์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ ที่หลังจากควบคุมปริมาณของส่วนผสมและอุณหภูมิแล้ว สามารถคงรูปได้ตามรูปร่างของแม่พิมพ์ที่กำหนด ทั้งนี้สามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและขยะจากการใช้งานของยางรถยนต์ที่หมดอายุการใช้งานแล้ว มาใช้ให้เกิดประโยชน์ และยังสามารถเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากยางพาราได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือ และอุปกรณ์การผลิตชิ้นส่วน จากสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคงสุวรรณภูมิ แผนกวิชาเทคนิคพื้นฐาน วิทยาลัยการอาชีพกาญจบุรี และสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

เอกสารอ้างอิง

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์, สิรินันท์ วิริยะสุนทร และสุพรรณษา ออกสุข. 2547. “แผ่นใยไม้อัดชนิดใหม่จากเส้นใยทะลายปาล์มผสมโฟมพอลิสไตรีน”. **วารสารวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. 26(1). น.99-106

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ และประวิทย์ อรุณโชควัฒนา. 2550. “ผลของขนาดเส้นใยมะพร้าวที่มีต่อสมบัติของแผ่นใยไม้อัดทำจากเส้นใยมะพร้าว ผสมโฟมพอลิสไตรีนเหลือทิ้ง”. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง**. 16(1). น.47-59

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ และประวิทย์ อรุณโชควัฒนา. 2551 “สมบัติเชิงกล สมบัติกายภาพ และการดูดซึมเสียงของแผ่นใยไม้อัด ผสมเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยอ้อยและเส้นใยมะพร้าว”. **วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง**. 17(1). น.74-85

มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์, วรางคณา วงศ์สิโรจน์กุล, อภิสรา เรืองกุล และอรนลิน ศิริวรรณ. 2550. “แผ่นดูดซึมเสียงจากวัสดุประกอบเส้นใยมะพร้าวผสมโฟมพอลิสไตรีน”.**วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**. 15(2). น.54-60.

วรธรรม อุ่นจิตติชัย. 2538. “ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งแรง และความคงขนาดของแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด”. **เอกสารวิชาการเลขที่ ร. 422 ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้** กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เทคโนโลยีชาวบ้านออนไลน์. **ส่องตลาด “ปาล์มน้ำมัน” วิกฤตหรือโอกาส**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_40288. 14 กุมภาพันธ์ 2561

สมพงษ์ พิริยายนต์, ธีระวัฒน์ แม้นด้วง, จักรกฤษณ์ ยิ้มแฉ่ง และ กิตติศักดิ์ บัวศรี. 2560 “การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของชิ้นทดสอบจากการประยุกต์ใช้เส้นใยผักตบชวาเป็นส่วนผสมในกาวธรรมชาติพอลีแลคติคแอซิด” . น. 742-750. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการวิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 4 ประจำปี 2560**. วิทยาลัยนครราชสีมา, นครราชสีมา

สมพงษ์ พิริยายนต์, กิตติศักดิ์ บัวศรี และประยูร สุรินทร์. 2561. “การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของชิ้นทดสอบจากการประยุกต์ใช้เส้นใยทะลายปาล์มเป็นส่วนผสมในกาวธรรมชาติพอลีแลคติคแอซิด”. น.824-831. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2561**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา

สมพงษ์ พิริยายนต์, กิตติศักดิ์ บัวศรี และประยูร สุรินทร์. 2561 “การศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางกลของวัสดุมุงหลังคาจากการผสมน้ำยางธรรมชาติและเส้นใยทะลายปาล์มน้ำมัน”. น.509-514. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการราชมงคลด้านการผลิตและการจัดการ ครั้งที่ 3 ประจำปี 2561**. กระบี่

ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

Sterilization Kitchenware Container by Steam

กิตติกร ขันแกล้ว[1*] เสกศักดิ์ ขวัญเมือง[2] และ นิรันดร์ เพชรดำ[2]

Kittikorn Khanklaeo[1*] Seksak Khwanmuang[2] and Nirun Petdam[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำที่มีความร้อนสูง โดยการทดสอบระบบของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ การจัดทำตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ เลือกใช้โครงสร้างตู้ทำด้วยวัสดุที่เป็นสแตนเลสซึ่งมีขนาดความจุ 10 ลิตร ใช้ฮีตเตอร์ขนาด 1,500 วัตต์ ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอลโทรลเลอร์ โดยที่ตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดไว้ที่ 90 องศาเซลเซียส จากการทดสอบกับภาชนะจาน ช้อน และแก้ว เมื่อทำการอบ 10 นาที ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส จากการทดสอบทางไฟฟ้าตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำมีกำลังไฟฟ้ารวม 1,660 วัตต์ เมื่อทำการอบภาชนะจาน ช้อน และแก้ว เป็นเวลา 1.74 ชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้า 2.88 หน่วย เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าที่เสียไป 5.25 บาท ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำสามารถทำความสะอาดได้และเมื่อเปรียบเทียบกับตู้อบฆ่าเชื้อตามท้องตลาดมีราคาต้นทุนที่ประหยัดกว่า ดังนั้นจึงสามารถนำตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำไปประยุกต์ใช้กับภาชนะต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ตู้อบฆ่าเชื้อ, ภาชนะเครื่องครัว, ไมโครคอลโทรลเลอร์, ไอน้ำ

---

[1] สาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบล ไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kh_kittikorn@hotmail.com

ABSTRACT

This research aims to establish and experiment the sterilization container by steam at a high temperature by the test system of Sterilization Kitchenware Container by Steam. There is principle of operation as follows. The first preparation of Sterilization Kitchenware Container by Steam select structures cabinet with materials that is stainless which has a capacities 10 liters and using heater 1,500 watts which controlled operation with microcontrollers by setting a maximum temperature that 90 degrees Celsius. Subsequently, the experiment plate, spoon and glass when baked for 10 minutes at a temperature of 90 degrees Celsius. Furthermore, Electrical based experiment of Sterilization Kitchenware Container by Steam has total power 1,660 watts when making baked the container plate, spoon and glass for 1.74 hours, electric power 2.88 unit and calculate the electric cost is 5.6 baht. In conclusion Sterilization Kitchenware Container by Steam can be cleaned well and have lower costs in comparison with commercially available Sterilization Container. Therefore, Sterilization Kitchenware Container can be applied to a different container as well**.**

Keyword: Sterilization, Kitchenware Container, Microcontrollers, Steam

บทนำ

ปัจจุบันจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา และปรสิต ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก สามารถแพร่กระจายได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม ทั้งในน้ำ ดิน และอากาศ โดยจุลินทรีย์ที่พบบ่อยได้แก่ แบคทีเรีย ซึ่งร่างกายมนุษย์มีโอกาสได้รับแบคทีเรียเข้าสู่ร่างกายจากการดำเนินชีวิตประจำวัน ตัวอย่างเช่น มีการปนเปื้อนในภาชนะหรืออาหารที่รับประทาน เสื้อผ้าที่ใส่ในการทำงานหรือออกกำลังกาย รวมถึงสามารถแพร่กระจายสู่เครื่องมือเครื่องใช้ในการดำรงชีวิต เช่น ถังขยะ อ่างล้างมือ ห้องน้ำ อ่างล้างจาน เมื่อจุลินทรีย์แพร่กระจายเข้าสู่ร่างกายของคนเราแล้วจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วย เช่น เป็นไข้ ตัวร้อน ท้องร่วง ฯลฯ จุลินทรีย์สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายโดยการกินอาหารเข้าไปทางปาก ซึ่งภาชนะที่ใช้ในการบรรจุหรือใส่อาหารอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ดังนั้นการทำความสะอาดโดยการฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุอาหารจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยป้องกันจุลินทรีย์ไม่ให้เข้าสู่ร่างกาย โดยการฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุอาหารจะช่วยทำให้จุลินทรีย์ตายหรือหยุดการทำงานได้

วิธีการฆ่าเชื้อมีสองลักษณะ คือ 1) การทำลายเชื้อ (Disinfection) เป็นวิธีการกำจัดเชื้อจุลชีพเกือบทุกชนิด ยกเว้นสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย เช่น การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ, Pasteurization และ Ultraviolet Irradiation สำหรับประสิทธิภาพการทำลายเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น น้ำ (Water), เครื่องมือ (Mechanical Action), สารเคมี (Chemical Action), ความร้อน (Heat) และเวลา (Time) 2) การทำให้ปราศจากเชื้อ (Sterilization) เป็นการกำจัดหรือทำลายเชื้อจุลชีพทุกชนิด รวมทั้งสปอร์ของเชื้อแบคทีเรีย การทำให้ปราศจากเชื้อโดยวิธีทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อน การอาบรังสี และการกรอง ส่วนการทำให้ปราศจากเชื้อโดยวิธีการใช้สารเคมี เช่น การอบแก๊ส และการแช่ในน้ำยาสารเคมี โดยวิธีการทำให้ปราศจากเชื้อที่ใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ การอบไอน้ำภายใต้ความดัน (Autoclave) การอบความร้อนแห้ง (Dry Heat) การอบก๊าซ Ethylene Oxide และการใช้น้ำยาฆ่าเชื้อในระดับ High level

การฆ่าเชื้อภาชนะบรรจุอาหารที่นิยมใช้ได้แก่ การอบฆ่าเชื้อโดยใช้ไอน้ำภายใต้ความดัน โดยส่วนประกอบหลักของเครื่องอบฆ่าเชื้อประกอบด้วย ห้องนึ่ง (Pressure Vessel) ซึ่งมีการสร้างไอน้ำในห้องนึ่งโดยการผลิตความร้อนเพื่อสร้างไอน้ำโดยใช้ฮีตเตอร์ที่ติดตั้งภายใน และภายนอกห้องนึ่ง ในการสร้างไอน้ำจะมีเครื่องกำเนิดไอน้ำแยกต่างหากจากตัวเครื่อง มีการควบคุมอุณหภูมิและแรงดันที่มีทั้งระบบควบคุมปรับด้วยมือและระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดประดิษฐ์และพัฒนาตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศ ระบบที่ออกแบบไว้ประกอบด้วยเมนบอร์ดคอนโทรลเลอร์ (Controller) บอร์ดแสดงผล LCD และกลไกการทำความร้อนเมนบอร์ดทำหน้าที่ทุกฟังก์ชันที่จำเป็น เช่น การผลิตน้ำร้อน การควบคุมปริมาณน้ำ การควบคุมอุณหภูมิ การแสดงผล และอื่นๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบตู้อบฆ่าเชื้อ

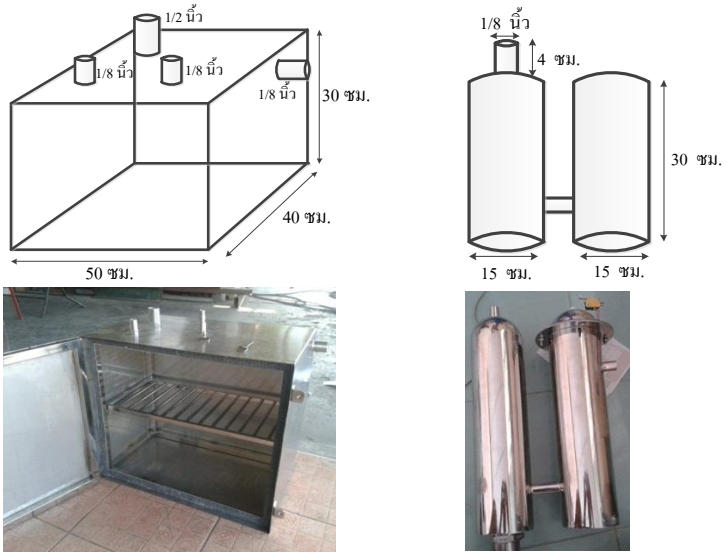
ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำขนาดความจุ 10 ลิตร มีระบบควบคุมด้วยคอนโทรลเลอร์ (Controller) และแสดงผลด้วยหน้าจอแอลซีดี มีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่หนึ่งการออกแบบโครงสร้างของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ ส่วนที่สองการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ และส่วนที่สามการออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ โดยสามารถแสดงผลอุณหภูมิได้ที่หน้าจอแอลซีดี

1.1 การออกแบบโครงสร้างของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

ในการออกแบบโครงสร้างของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ ได้ออกแบบโครงสร้างของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำออกเป็น 2 ส่วน คือ โครงสร้างภายในและโครงสร้างภายนอกตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

1.1.1 โครงสร้างภายในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

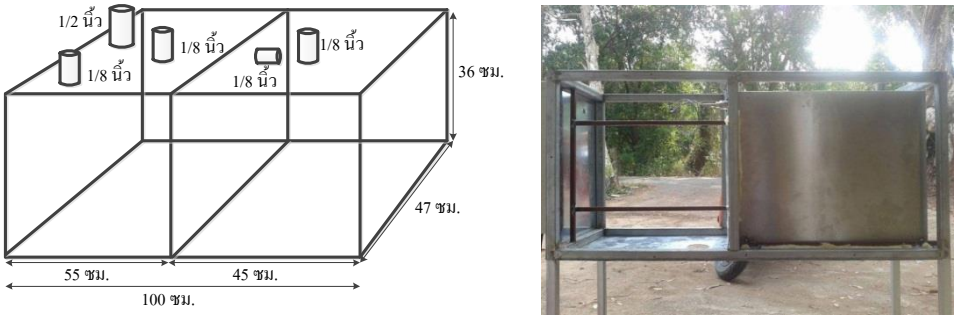
ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำมีขนาด 40×50×30 เซนติเมตร (กว้าง×ยาว× สูง) ซึ่งจะใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นสแตนเลสทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากสแตนเลสจะทำให้ไม่เกิดสนิม และสแตนเลสทนต่อการใช้งานมากกว่าเหล็กทั่วไป ภายในมีชั้นวางภาชนะสามารถถอดนำมาออกทำความสะอาดได้ นอกจากนั้นภายในได้ติดตั้งหม้อบรรจุน้ำทรงกระบอกสแตนเลสเพื่อใช้สำหรับใส่ฮีตเตอร์ การออกแบบโครงสร้างและถังบรรจุน้ำภายในตู้อบฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การออกแบบโครงสร้างและถังบรรจุน้ำภายในตู้อบฆ่าเชื้อ

1.1.2 โครงสร้างภายนอกตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

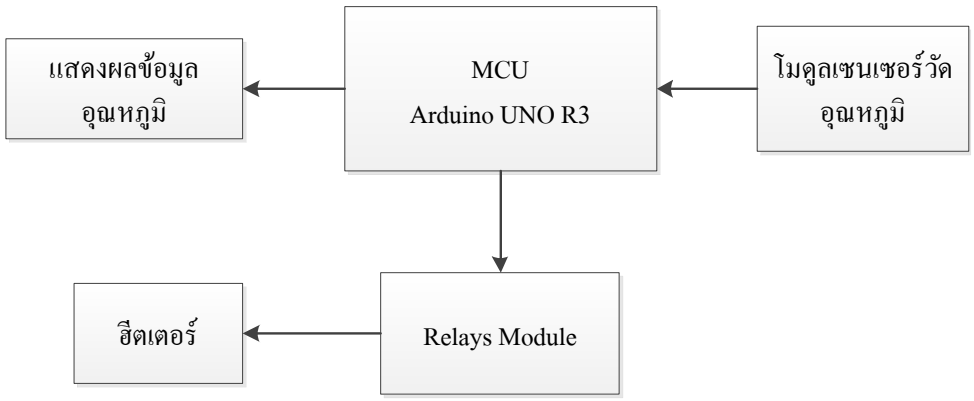
โครงสร้างตู้อบทำด้วยเหล็กกล่องหนา ผนังภายนอกตู้หุ้มด้วยวัสดุที่เป็นแผ่นสังกะสี ทั้งนี้เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต แต่เนื่องจากตู้อบจะมีอุณหภูมิสูงในขณะทำการอบ จึงนำวัสดุกันความร้อนประเภทใยแก้ว รองผนังด้านในภายในตู้อบก่อนที่จะทำการติดตั้งปิดฝาผนังตู้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนภายในตู้ออกมายังภายนอกตู้ ลดการสูญเสียความร้อน จากนั้นทำการติดตั้งห้องอบที่ทำจากสแตนเลส และทำการติดตั้งถังบรรจุน้ำพร้อมด้วยฮีสเตอร์โดยแยกส่วนออกจากห้องอบ แล้วทำการติดตั้งล้อเลื่อนบริเวณขาด้านล่างของตู้อบ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย การออกแบบโครงสร้างภายนอกตู้อบ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบโครงสร้างภายนอกตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

1.2. การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

การทำงานของระบบควบคุมมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ที่เป็นปัจจัยหลักในการควบคุมการทำงานต่างๆ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ นำมาประมวลผลแล้วสั่งควบคุมชุดต่างๆ ตามค่าที่ได้รับ โดยจะควบคุมอุณหภูมิในการอบฆ่าเชื้อไว้ที่ 90 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิมากกว่า 90 องศาเซลเซียส ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้ฮีตเตอร์หยุดการทำงานลงและเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส ไมโครคอลโทรเลอร์จะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานอีกครั้งอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ และสามารถแสดงผลออกมายังหน้าจอแอลซีดี การควบคุมการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบควบคุมการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

1.3. การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

การออกแบบระบบควบคุมประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิดังนี้ จอแสดงผลแบบแอลซีดี บอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) บอร์ดรีเลย์ (Relay Module) บอร์ด aMG Sense -THERMOCOUPLE เทอร์โมคัปเปิล Type K และฮีตเตอร์ (Heater) เป็นต้น

1.3.1 จอแอลซีดี ใช้สำหรับการแสดงผลอุณหภูมิผ่านหน้าจอ โดยใช้โปรแกรม Arduino ต่อเข้ากับหน้าจอแอลซีดี โดยจะดึงค่าอุณหภูมิมาจากโมดูลเซนเซอร์เพื่อที่จะมาแสดงผลลัพธ์เป็นค่าองศาเซลเซียส การแสดงผลอุณหภูมิผ่านหน้าจอแอลซีดี ดังภาพที่ 4



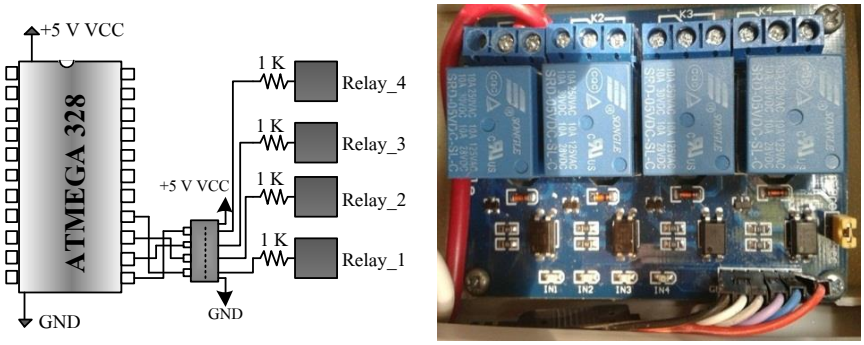
ภาพที่ 4 ผลอุณหภูมิผ่านหน้าจอแอลซีดี

1.3.2 บอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) การทำงานบอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) ได้รับคำสั่งจากเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ และนำมาประมวลผลเพื่อที่จะส่งค่าไปยังหน้าจอแอลซีดี และแสดงผล บอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) ยังมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของบอร์ดรีเลย์ (Relay Module) เพื่อจะตัดต่อการทำงานของฮีตเตอร์ บอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) รุ่น UNO R3 แสดงดังภาพที่ 5



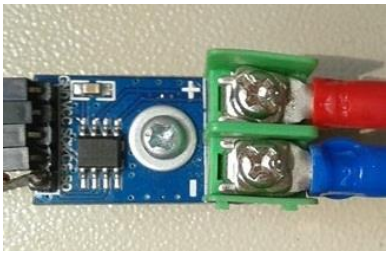
ภาพที่ 5 บอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) รุ่น UNO R3

1.3.3 บอร์ดรีเลย์ (Relay Module) เมื่อบอร์ดรีเลย์ (Relay Module) ได้รับคำสั่งจากบอร์ดอาดูอิโน่ (Arduino) บอร์ดรีเลย์ (Relay Module) ก็จะทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานของฮีตเตอร์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ แสดงดังภาพที่ 6



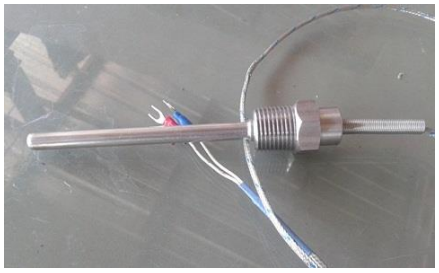
ภาพที่ 6 วงจรการทำงานรีเลย์และบอร์ดรีเลย์ (Relay Module)

1.3.4 บอร์ด aMG Sense –THERMOCOUPLE เป็นบอร์ดที่ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาล็อกจากเทอร์โมคับเปิล และแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยการอินเตอร์เฟสแบบ SPI มีวงจรปรับสภาพสัญญาณและฟังก์ชันชดเชยจุดต่อเย็น เพื่อให้การวัดค่าอุณหภูมิมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น บอร์ด aMG Sense แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 บอร์ด aMG Sense-THERMOCOUPLE

1.3.5 เทอร์โมคัปเปิล Type K เป็นหัววัดอุณหภูมิที่ใช้ต่อเข้ากับเครื่องวัดควบคุมอุณหภูมิแสดงค่าอุณหภูมิจริงที่วัดได้และแสดงผลเป็นตัวเลข โดยเซนเซอร์ตัวนี้ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้ เป็นตัวสั่งการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุณหภูมิและแสดงผลออกมายังหน้าจอแอลซีดี เทอร์โมคัปเปิล รุ่น SPL T_S/103 เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เทอร์โมคัปเปิล รุ่น SPL T_S/103 เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ

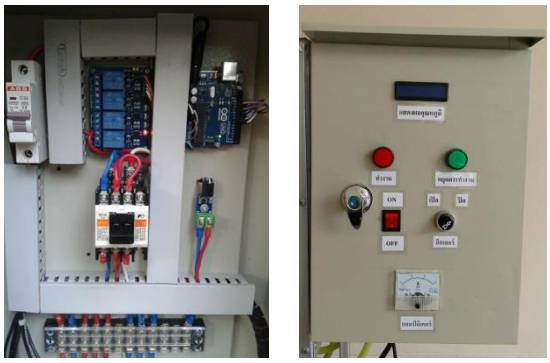
1.3.6 ฮีตเตอร์ (Heater) การออกแบบการทำงานคือ เมื่อเซนเซอร์รับค่าอุณหภูมิที่มากกว่า 90 องศาเซลเซียส โมดูลรีเลย์ก็จะตัดการทำงานของฮีตเตอร์ จากนั้นอุณหภูมิก็จะลงลดและเมื่ออุณหภูมิน้อยกว่า 90 องศาเซลเซียส บอร์ด Arduino จะสั่งให้โมดูรีเลย์ทำงานอีกครั้งต่อไปอย่างนี้เรื่อยๆ ซึ่งขนาดของฮีตเตอร์ที่ใช้คือ มีแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 1500 วัตต์ ความยาว 15 เซนติเมตร ฮีตเตอร์ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ฮีตเตอร์ (Heater)

2. การจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม

ภายในตู้ควบคุมจะมีเซอร์กิตเบรกเกอร์ เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าทั้งหมดของระบบ และยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ จึงจำเป็นต้องติดตั้งไว้ในตู้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ใช้งาน อุปกรณ์ควบคุมติดตั้งภายในตู้ไฟฟ้ากันน้ำ อุปกรณ์ควบคุมและปุ่มควบคุมสั่งการทำงาน แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การจัดวางอุปกรณ์ควบคุมและปุ่มควบคุมสั่งการทำงานของตู้ควบคุม

3. ส่วนประกอบหม้อต้มน้ำกับฮีตเตอร์

ส่วนประกอบของหม้อต้มน้ำกับฮีตเตอร์ มีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง หม้อต้มน้ำสำหรับถ่ายน้ำเข้าเพื่อควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่ตั้งไว้ และเพื่อป้องกันไม่ให้ฮีตเตอร์เกิดความเสียหาย ส่วนที่สอง เป็นหม้อต้มน้ำที่มีฮีตเตอร์บรรจุอยู่ภายในเพื่อทำการต้มน้ำ และส่งแรงดันไอน้ำเข้าไปยังตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ หม้อต้มน้ำมีขนาดความสูง 30 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ทำจากสแตนเลส โดยหม้อต้มน้ำจะทำการติดตั้งภายในตู้ แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหม้อต้มน้ำประกอบกับฮีตเตอร์

4. การทดสอบการทำงานตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

การทดสอบตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ เมื่อนำภาชนะที่จะทำการฆ่าเชื้อเข้าไปภายในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำแล้ว ปิดประตูให้แน่นเพื่อไม่ให้แรงดันรั่วออกมา จากนั้นเปิดสวิตช์ เพื่อเริ่มการทำงานของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ ในขั้นตอนนี้ควรเช็คสวิตช์ของฮีตเตอร์ให้อยู่ในสถานะปิดก่อน จากนั้นก็เปิดสวิตช์ เมื่อเปิดเครื่องแล้วระบบต่างๆ ทำงานปกติ หน้าจอ LCD แสดงค่าอุณหภูมิก็ให้ทำการเปิดสวิตช์ฮีตเตอร์ จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ให้อุณหภูมิภายในตู้มีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนทำการจับเวลาตามที่กำหนดไว้

5. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียที่ภาชนะเครื่องครัว

5.1 ชุดตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรียที่ใช้เป็นชุดตรวจเชื้อโคลิฟอร์มแบคทีเรีย SI-Medium ภาคสนามที่คิดค้นโดยกรมอนามัย เป็นชุดตรวจสอบอย่างง่ายต่อการปฏิบัติสามารถทราบผลได้ภายใน 1-3 วัน โดยจะทำการทดสอบเชื้อแบคทีเรียที่ภาชนะเครื่องครัวก่อน (ชุดควบคุม) และหลังผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ชุดการทดลองที่ 1 2 3) ด้วยตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำที่สร้างขึ้น ทำได้โดยการนำไม้พันสำลีที่จุ่มในน้ำยาตรวจหาเชื้อ โคลิฟอร์มชั้นต้น (SI-2) ไปเช็ดที่ภาชนะเครื่องครัวที่ต้องการทดสอบ แล้วนำไม้พันสำลีไปแช่ในน้ำยาตรวจหาเชื้อโคลิฟอร์มชั้นต้น (SI-2) อีกครั้ง แล้วทิ้งไว้ 3 วัน จากนั้นพิจารณาผลการทดสอบจากลักษณะของน้ำยาทดสอบ ซึ่งในการตรวจสอบเชื้อแบคทีเรียที่มีอยู่ในภาชนะ มีหลักเกณฑ์การพิจารณาเชื้อแบคทีเรียโดยการสังเกตลักษณะของน้ำยาในขวดทดสอบ โดยการสังเกตระดับความเข้มของสีหากสีมีความเข้มมากแสดงว่ามีเชื้อแบคทีเรียมาก ดังนี้

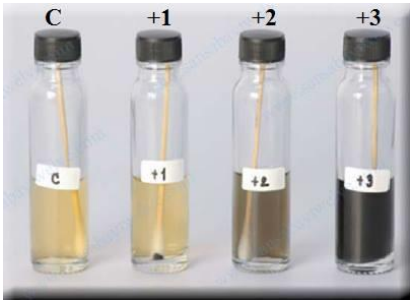
ระดับ C ไม่มีตะกอนดำ

ระดับ +1 มีตะกอนดำที่ปลายสำลี

ระดับ +2 มีสีดำกระจายทั่วขวด แต่ยังมองทะลุขวดได้

ระดับ +3 มีสีดำเข้ม มองไม่เห็นสำลี

ลักษณะการประเมินผลทดสอบการฆ่าเชื้อ แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 การประเมินผลทดสอบการฆ่าเชื้อ

5.2 ทำการทดสอบภาชนะเครื่องครัวด้วยการอบในตู้อบฆ่าเชื้อไอน้ำ โดยนำจาน ช้อนและแก้ว ที่เป็นชุดควบคุมไปทำการทดสอบเชื้อแบคทีเรียตามข้อ 5.1 จากนั้นนำจาน ช้อนและแก้ว ที่ต้องการทดสอบวางในตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะด้วยไอน้ำ ทำการทดสอบจำนวน 3 ชุดการทดลอง โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส และใช้เวลาในการอบฆ่าเชื้อต่างกัน ดังตารางที่ 1 จากนั้นทำการทดสอบอบฆ่าเชื้อตามข้อ 4 เมื่อทำการอบฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว นำภาชนะที่ผ่านการ

อบแล้วไปทดสอบแบคทีเรียอีกครั้งตามข้อ 5.1 เพื่อทำการประเมินผลการทดสอบการฆ่าเชื้อและเปรียบเทียบลักษณะการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียบนภาชนะก่อนและหลังผ่านการอบฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 1 การทดสอบอบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยตู้อบฆ่าเชื้อไอน้ำ

ชุดการทดลอง	ระยะเวลาที่ใช้ในการอบฆ่าเชื้อ (นาที)
ชุดควบคุม	-
1	5
2	10
3	15

หมายเหตุ แต่ละชุดการทดลองของจาน ช้อน และแก้ว ทำ 3 ซ้ำ

ผลและวิจารณ์ผล

การทดสอบประสิทธิภาพของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ โดยการนำภาชนะเครื่องครัวได้แก่ จาน ช้อน และแก้ว ไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 และ 15 นาที แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 การทดสอบตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

1. การทดสอบเชื้อแบคทีเรียกับภาชนะเครื่องครัว

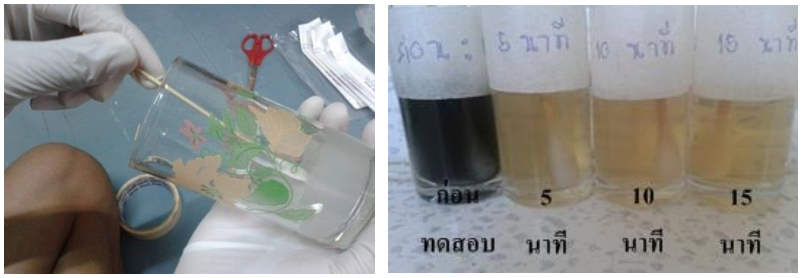
จากเกณฑ์การตัดสินความสะอาดได้มีการทดสอบผลการทดลองของภาชนะ จาน ช้อน และแก้ว อย่างละ 5 ชิ้น แสดงผลก่อนและหลังการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ดังภาพที่ 14 15 และ 16 ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2



ภาพที่ 14 การทดสอบจานและผลการทดสอบจานด้วยน้ำยาโคลิฟอร์มชั้นต้น (SI-2)



ภาพที่ 15 การทดสอบช้อนและผลการทดสอบช้อนด้วยน้ำยาโคลิฟอร์มชั้นต้น (SI-2)



ภาพที่ 16 การทดสอบแก้วและผลการทดสอบแก้วด้วยน้ำยาโคลิฟอร์มชั้นต้น (SI-2)

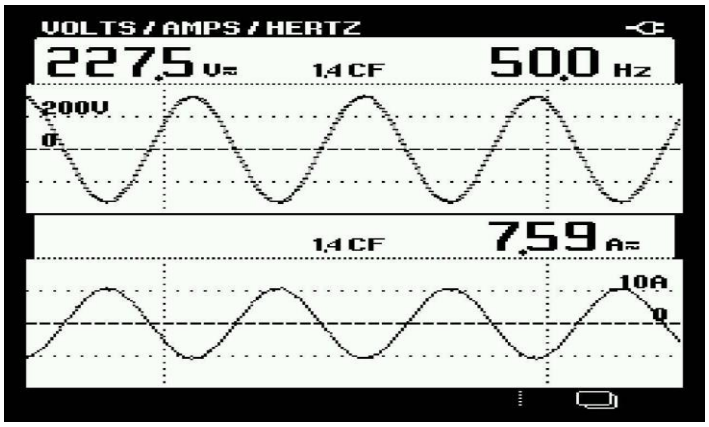
ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบฆ่าเชื้อจานช้อน และแก้ว

ภาชนะ	ก่อนทดสอบ	ทดสอบ 5 นาที	ทดสอบ 10 นาที	ทดสอบ 15 นาที
จาน	ตะกอนสีดำก้นขวด	ตะกอนสีดำลดลง	เปลี่ยนเล็กน้อย	ไม่เปลี่ยนแปลง
ช้อน	ตะกอนสีดำก้นขวด	ตะกอนสีดำลดลง	เปลี่ยนเล็กน้อย	ไม่เปลี่ยนแปลง
แก้ว	ตะกอนสีดำสนิท	ตะกอนสีดำลดลง	เปลี่ยนเล็กน้อย	ไม่เปลี่ยนแปลง

จากผลการทดสอบจะเห็นว่า เมื่อทำการอบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยตู้อบไอน้ำ มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่บนภาชนะเครื่องครัว โดยเมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการอบเพิ่มขึ้น ปริมาณแบคทีเรียจะมีน้อยลง ซึ่งสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำยาที่แช่ไม้พันสำลีที่ผ่านการเช็ดภาชนะเครื่องครัว ดังนั้นแสดงว่า ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำสามารถผลิตไอน้ำฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้

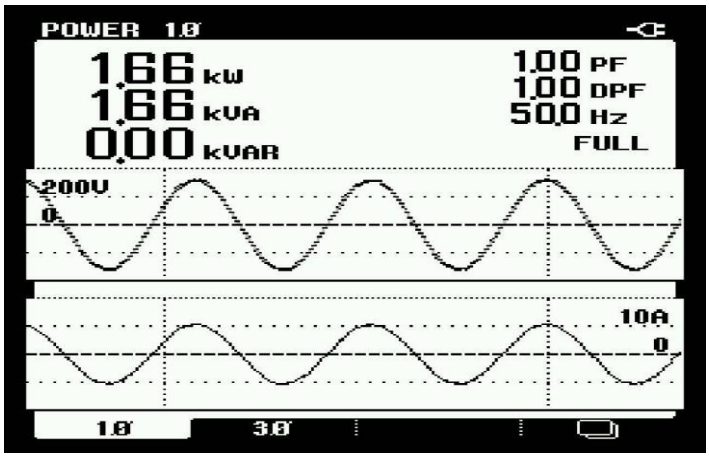
2. ผลการทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อ

ผลการทดสอบจากการวัดค่าทางไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ ขณะตู้อบฆ่าเชื้อทำงาน เมื่อทำการวัดแรงดันไฟฟ้ามีค่า 227.5 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ต และกระแสไฟฟ้า 7.59 แอมแปร์ แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน

ผลการทดสอบวัดกำลังไฟฟ้าของตู้อบฆ่าเชื้อ มีกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) 1.66 kW และกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Apparent Power) 1.66 kVA และกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ (Reactive Power) มีค่าเท่ากับ 0 kVAR ทั้งนี้เนื่องจากโหลดส่วนใหญ่เป็นแบบขดลวด แสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ผลการวัดค่ากำลังไฟฟ้าตู้อบฆ่าเชื้อขณะใช้งาน

จากการทดสอบวัดพลังงานพลังงานไฟฟ้าขณะทำการทดลองใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวน 2.88 หน่วย เมื่อคำนวณค่าไฟฟ้าขณะทำการทดสอบใช้เวลาในการอบภาชนะ เช่น จาน ช้อน แก้ว แต่ละครั้งรวมได้ 1.74 ชั่วโมง เมื่อคิดค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) ประจำเดือน มกราคม - เมษายน 2561 เท่ากับ -15.90 สตางค์/หน่วย และเมื่อคิดภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ดังนั้น การอบฆ่าเชื้อเสียค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 5.25 บาท

4. การเปรียบเทียบคุณสมบัติตู้อบฆ่าเชื้อที่สร้างกับตู้อบฆ่าเชื้อทั่วไป

การสร้างตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ เมื่อเลือกใช้วัสดุที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับวัสดุชิดอื่นๆ พบว่าสามารถลดต้นทุนในการสร้างได้โดยที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกันกับตู้ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด ซึ่งจะเปรียบเทียบให้เห็นคุณสมบัติแต่ละด้านของตู้อบฆ่าเชื้อที่สร้างขึ้นกับตู้อบฆ่าเชื้อที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างตู้อบฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่สร้างขึ้นกับตู้อบฆ่าเชื้อทั่วไป

รายละเอียด	ตู้อบฆ่าเชื้อจำหน่ายทั่วไป	ตู้อบฆ่าเชื้อที่ประดิษฐ์
อุณหภูมิ	121 องศาเซลเซียส	90 องศาเซลเซียส
แรงดันไฟฟ้า	220 โวลต์	220 โวลต์
ความถี่	50 เฮิร์ต	50 เฮิร์ต
กำลังไฟฟ้า	2.063 กิโลวัตต์	1.66 กิโลวัตต์
เวลาการฆ่าเชื้อ	35 นาที	15 นาที
การสั่งทำงาน	ปุ่มแบบหมุน	ปรับตั้งเซตโปรแกรม
ขนาดความจุ	12 ลิตร	10 ลิตร
การเคลื่อนที่	ล้อเลื่อน	ล้อเลื่อน
ราคา	34,500 บาท	28,000 บาท

สรุปผลการวิจัย

ตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ ความจุขนาด 10 ลิตร ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมอุณหภูมิและควบคุมการของทำงานฮีตเตอร์ แสดงผลออกทางหน้าจอแอลซีดี การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิใช้เซนเซอร์คอยตรวจจับอุณหภูมิเป็นตัวส่งค่าให้กับไมโครคอลโทรลเลอร์ประมวลผล สำหรับการทำงานของฮีตเตอร์เมื่ออุณหภูมิภายในตู้ถึงจุดที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะหยุดการทำงานของฮีตเตอร์ โดยสังเกตจะมีหลอด LED (Pilot Lamp) เป็นตัวบ่งบอกสถานะของระบบควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ และเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าจุดที่ตั้งไว้ระบบควบคุมก็สั่ง ฮีตเตอร์ให้ทำงานอย่างต่อไปเพื่อรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 90 องศาเซลเซียส ตามที่ตั้งไว้ จาการทดสอบฆ่าเชื้อภาชนะ จาน ช้อน และ แก้ว สามารถฆ่าเชื้อได้เมื่อทำการอบด้วยเวลา 15 นาที ใช้กำลังไฟฟ้า 1.66 กิโลวัตต์ กระแสไฟฟ้า 7.59 แอมแปร์ นอกจากนั้นตู้อบฆ่าเชื้อยังสามารถประยุกต์ใช้ฆ่าเชื้อกับภาชนะอื่นๆได้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างและประกอบตู้อบฆ่าเชื้อภาชนะเครื่องครัวด้วยไอน้ำ

เอกสารอ้างอิง

ขจรศักดิ์ ตระกูลพัว. 2555. การทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ. ใน : แบคทีเรียวิทยาทางการแพทย์พื้นฐาน. ภาควิชาจุลชีววิทยาคลินิก คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

พจนีย์ โกมลภิส. 2536. การทำให้ปลอดเชื้อและการทำลายเชื้อ. ใน: แบคทีเรียพื้นฐาน. สุวณี สุภเวชย์ และ มาลัย วรจิตร, บรรณาธิการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศิริยอด. กรุงเทพมหานคร.

บริษัทซายน์ซิตี้จำกัด. 2559. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อระบบไอน้ำ. อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เครื่องมือวัดและทดสอบวิทยาศาสตร์. รามคำแหง แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพมหานคร.

บริษัทวีนัสซัพพลายจำกัด. 2555. บอร์ด Arduino บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล. เทศบาลรังสรรค์เหนือ

แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร.

อะเคื้อ อุณหเลขกะ. 2545. การทำลายเชื้อและการทำให้ปราศจากเชื้อ พิมพ์ครั้งที่ 2. เจ. ซี. ซี การพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

Connie R. Mahon. 2000. Control of Microorganisms. In: Connie R. Mahon and George Manuselis, editor. Textbook of Diagnostic Microbiology. 2th ed. USA.

Kathleen P. Talaro and Aethur Tararo. 1999. Physical and Chemical Control of Microbes. In: Kathleen P. Talaro and Aethur Tararo, editor. Foundation in Microbiology. 3th ed. McGraw Hill, USA:

Patrick R.Murray.2002. Sterilization, Disinfection, and Antisepsis. In:Patrick R. Murray, Ken S. Rosenthal, George S. Kobayashi, Michael A. Pfaller, editor. Medical Microbiology. 4th ed. USA.

ชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์

Refrigeration by Thermoelectrics

กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา[1*] ฟ้าพิไล ทวีสินโสภา[2] อภิสิทธิ์ ผลกล้า[1] และ อานนท์ ชูเกลี้ยง[1]

Kittisak Thaweesinsopha[1*] Fapilai Thaweesinsopha[2] Apisit Phonla[1] and Arnon Chookaeang[1]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ความเป็นไปได้ในการใช้ชุดทำความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์ใช้กับเครื่องปรับอากาศ และศึกษาการทำความเย็นของชุดทำความเย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์

โดยการออกแบบระบบทำความเย็นโดยใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่มี ขนาด 4 x 4 เซนติเมตร เบอร์ TEC-12706 จำนวน 10 แผ่น นำไปใช้ประกอบชุดความเย็นร่วมกับชุดคอล์ยเย็น โดยมีเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิดิจิตอล ส่วนชุดระบายความร้อน จะใช้ระบบน้ำเป็นตัวระบายความร้อนผ่านคอล์ยร้อนอลูมิเนียม และออกแบบตำแหน่งที่ติดตั้งชุดทำทั้งระบบเข้ากับแผงชุดทำความเย็น และทำการทดสอบสมรรถนะต่างๆ ทางไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัด มัลติมิเตอร์ รุ่น Fluke 177 ± (0.09% + 2) และทดสอบสมรรถนะทางความร้อน และเย็นด้านอุณหภูมิโดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ รุ่น 830-T2 ±1.5 °C or ±1.5% และทำการทดสอบสมรรถนะทางด้านไฟฟ้า โดยใช้เครื่องมือวัดแคลมป์มิเตอร์ รุ่น 374 FC 2% ±5 digits (10 Hz to 100 Hz)

ผลทดสอบพบว่าชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่สร้างขึ้นสามารถทำความเย็นในส่วนอุณหภูมิคอล์ยเย็นที่ทำได้ต่ำที่สุดคือ 25.3 °C และอุณหภูมิบริเวรทั่วไปที่ 28 °C ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอยู่ที่ 1.2 °C สรุปว่าระบบทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่สร้างขึ้นสามารถลดอุณหภูมิได้ 1.2 °C ข้อเสนอ และระบบส่งความเย็นมีการสูญเสียความเย็น ดังนั้น ควรหาระบบควบคุมการถ่ายเทอุณหภูมิเพื่อลดการสูญเสียความเย็น

คำสำคัญ : เทอร์โมอิเล็กทริกส์ ระบบทำความเย็น อุณหภูมิ บล็อกน้ำ เครื่องมือวัด

ABSTRACT

Purpose of this project is to as refrigerator and study system of thermoelectrics, the possibility of using thermoelectrics applied with air-conditioner and study refrigeration of thermoelectric plate.

Thermoelectric refrigeration is designed by using 10 thermoelectric plates that the specification is 4x4 centimeter. (TEC-12706) together with cooling coil and sensor for controlling temperature , For heat transfer, water was used to transfer heat to Aluminum coil and all units are set up on the cooling control. All performances tested by measuring with multimeter, Fluke 177± (0.09% + 2), tested performance of heat transfer by 830 – T2 ±1.5 °C or ±1.5% and tested electric performance with clamp meter, 374FC 2% ±5 digits (10 Hz to 100 Hz).

Result of testing found that refrigeration by thermoelectrics can reach to 25.3 °C for minimum temperature while the ambient temperature testing is 28 °C. Therefor refrigeration by thermoelectric can decrease 1.2 °C of temperature and this cooling system is still loss, Improvement by apply the temperature transfer control system for further study.

Keywords : Thermoelectrics, Refrigeration, Temperature, Water Block, Measurement

---

[1]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัด 92150

[1] Department of Technology Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad Sub-district, Sikao District, Trang Province 92150, Thailand

[2] สาขาการโรงแรมและการท่องเที่ยว วิทยาลัยการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัด 92150

[2] Department of **Hospitality and Tourism**, Faculty of **College of Hospitality and Tourism**, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad Sub-district, Sikao District, Trang Province 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kittisak936@gmail.com โทร.0866974204

บทนำ

ปัจจุบันสภาวะอากาศของโลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นจากสาเหตุต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเผาป่า การใช้สารเคมีที่มีผลต่อชั้นบรรยากาศหนึ่งในสารเคมีที่มีผลต่อชั้นบรรยากาศของโลกคือสารเคมีที่ใช้ทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ และการทำความเย็นอื่นๆ หลายรูปแบบไม่ว่าจะเป็นตู้แช่เย็น ตู้เย็น ปัจจุบันมีการใช้เครื่องทำความเย็นโดยใช้น้ำยาทำความเย็นคลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือ สาร CFC จากการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นทุกปี จากการเพิ่มจำนวนประชากร ส่งผลให้มีการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มาใช้ผลิตไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล พลังทดแทนต่างๆ แต่พลังงานที่ได้ไม่ค่อยเหมาะสมกับความต้องการที่จะใช้ ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ในประเทศไทยมีความจำเป็นต้องซื้อเชื้อเพลิงจากประเทศต่างๆ ส่งผลการนำเข้าพลังเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ของระดับประเทศ ฉะนั้นการที่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงจะทำให้การมั่นคงด้านพลังงานของประเทศจะดีขึ้น

เทอร์โมอิเล็กทริก (ดร.สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์) อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ และมีมาตรฐานการกำหนดข้อมูลเฉพาะ(Specification) ทั้งขนาดพื้นที่ รูปร่าง และกำลังไฟฟ้า ของเซลล์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ โดยในการผลิตทางอุตสาหกรรมเทอร์โมอิลิเมนต์ชนิดสารกึ่ง ตัวนำแบบพีและเอ็น (P type – N type)

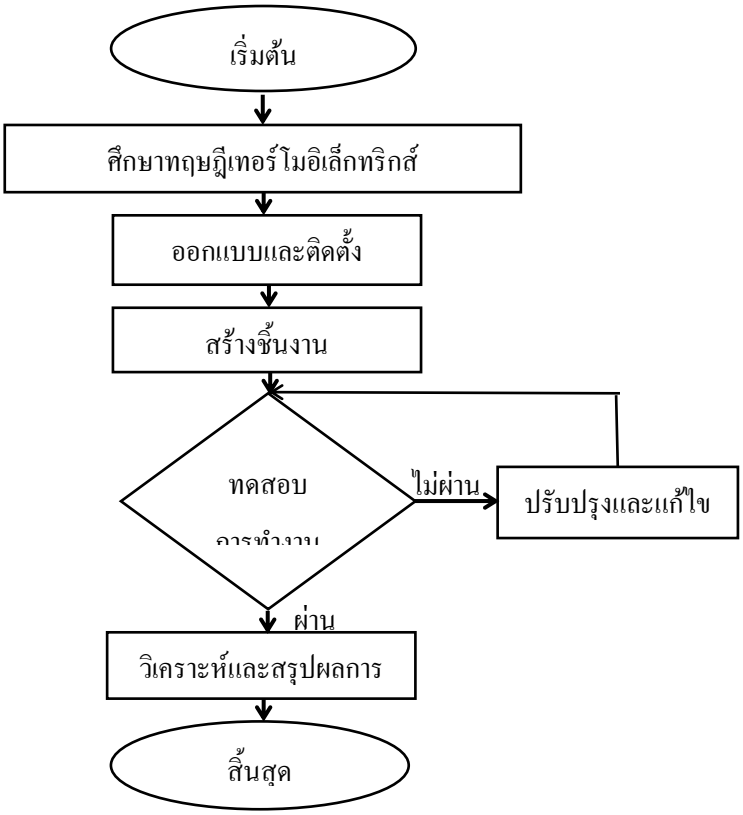
ในปี พ.ศ.2364 โทมัส โจแฮนน์ ซีเบค (Thomas Johann Seebeck) นักฟิสิกส์ ชาวเยอรมัน ได้ค้นพบว่า เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อของตัวนำสอง ในยุควิกฤตพลังงาน และสภาวะโลกร้อน ความตื่นตัวในการลดการใช้เชื้อเพลิง ฟอสซิล การลดก๊าซเรือนกระจก และการ ลดการใช้สารทำ ความเย็นที่มีผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น การค้นหา เทคโนโลยีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึง เป็นสิ่งจำ เป็นต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะเทคโนโลยีทำ ความเย็นและฮีทปั๊ม ที่ในปัจจุบันมีการใช้สารทำ ความเย็น

ต่อมาในปี พ.ศ 2377 ยีน เพลทีเยอร์ ชาร์เลส อะธาเนส (Jean Charle Athanase Peltier) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ได้ค้นพบ ว่า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำสองชนิดที่ต่อกัน จะมีความร้อนเกิดขึ้น ที่รอยต่อของตัวนำสองชนิด ความร้อนจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่ทิศทางการ ไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่า ปรากฏการณ์เพลทีเยอร์ (peltier effect) จากการค้นพบปรากฏการณ์ทั้งสอง ได้ถูกนำมาพัฒนาจนกระทั่ง ได้ชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ประกอบด้วย ตัวนำสองชนิดที่ต่อกันแบบ อนุกรมทางไฟฟ้า และขนานกันทางความร้อน ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ถูกเรียกต่อมาว่า เทอร์โมอิเล็กตริก 20 ปีต่อมา ได้มีการค้นพบว่า เมื่อนำสารกึ่งตัวนำมาใช้แทนสาร ตัวนำในการสร้างเทอร์โมอิเล็กตริกจะให้ค่าประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น จากนั้นมีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กตริกจึงกลายเป็นหัวข้อวิจัยใหม่ ที่น่าสนใจในสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น จนถึงปัจจุบัน

ดังนั้นคณะผู้วิจัยที่ความสนใจในเรื่องการทำความเย็น เพราะในปัจจุบันประชาชนโดยทั่วไปมีความสนใจที่จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศมากขึ้น ทางคณะผู้วิจัยมีความสนใจจะศึกษาความเป็นไปได้ในการทำความเย็นจากเทอร์โมอิเล็กทริกส์มาใช้กับเครื่องปรับอากาศ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทริกส์เพื่อนำไปใช้กับคอยล์เย็นของเครื่องปรับอากาศออกมาเป็นชุดทดลองระบบทำความเย็น โดยแสดงตามภาพ



ภาพที่ 1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการ

จากภาพที่1 แสดงแผนผังการทำงานขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการซึ่งประกอบด้วย 1ศึกษาทฤษฎีเทอร์โมอิเล็กทริกส์ 2.ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ 3.ทดสอบและแก้ไข ระบบ 4.วิเคราะห์ผลการทดลอง 5.สรุปผลการทดลอง จากข้อความข้างต้นได้ออกแบบขั้นตอนงานวิจัยออกเป็นสองรูปแบบ

1 ออกแบบระบบชุดทำความเย็น

ประกอบด้วย อุปกรณ์คอล์ยเย็นของเครื่องปรับอากาศ และชุดทำความเย็นที่สร้างขึ้น

1.1 ออกแบบระบบทำความเย็น

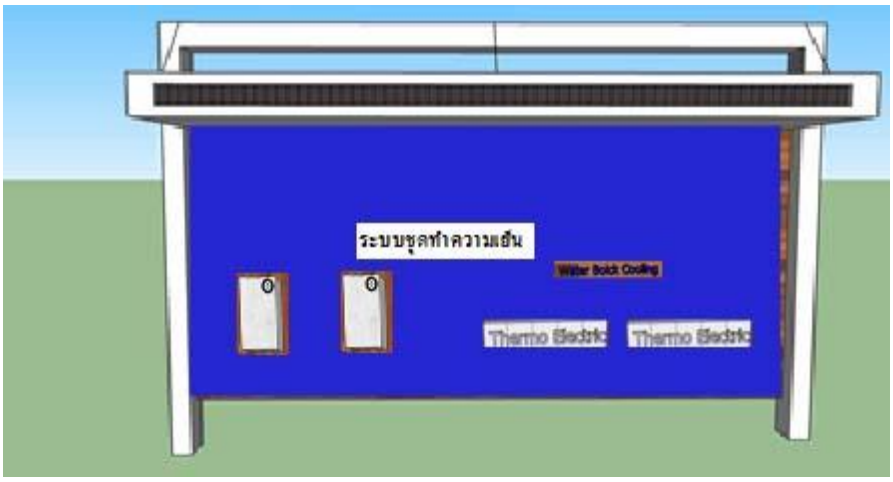
ในการออกแบบโครงสร้างในการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ที่ชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ได้ออกแบบให้ติดกับชุดระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อระบายความร้อน และมีการใช้แผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้งหมด เพื่อติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์กับบล็อกน้ำ

1.2 ออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบบทำความเย็น



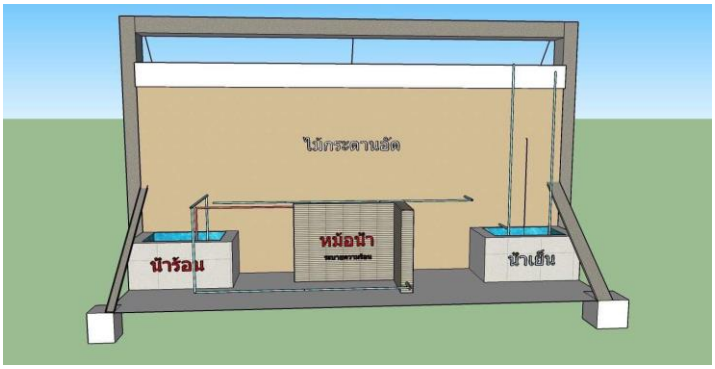
ภาพที่ 2 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบบทำความเย็น

1.3 ออกแบบตำแหน่งติดตั้งระบบให้ความเย็น (ด้านหน้า)



ภาพที่ 3 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งระบบให้ความเย็น (ด้านหน้า)

1.4 ออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์โดยรวม (ด้านหลัง)



ภาพที่ 4 การออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์โดยรวม (ด้านหลัง)

2. ออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล

ในการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลจะยึดการเก็บค่าอุณหภูมิเปรียบเทียบ ระหว่างอุณหภูมิหน้าคอล์ยเย็นกับอุณหภูมิภายนอก โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์เป็นตัวให้ความเย็นกับระบบ โดยการทดสอบการทำความเย็นของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ด้วยการเก็บข้อมูล โดยการทดสอบชุดทำความเย็น เพื่อจะศึกษาความสามารถ และสรรมถนะของเทอร์โมอิเล็กทริกส์ที่เลือกใช้ เพื่อนำไปใช้กับชุดทำความเย็น หลังจากนั้นดำเนินการออกแบบทดสอบการทำงานของระบบ

2.1 เก็บค่าการทำความเย็นเปรียบเทียบกับอุณหภูมิโดยกำหนด ตำแหน่งหน้าคอล์ยเย็น และตำแหน่งทั่วไป

2.2 เก็บค่าการใช้พลังงานในระบบทำความเย็น

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาค้นคว้าการหลักการทำงานระบบทำความเย็น เพื่อนำไปใช้งานกับชุดทำความเย็น ที่ใช้ เทอร์โมอิเล็กทริกส์เป็นแหล่งให้ความเย็นกับระบบ

1. ผลจากการออกแบบระบบชุดทำความเย็น

1.1 ผลจากการออกแบบชุดการติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์กับบล็อกน้ำ



ภาพที่ 5 การติดตั้งแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์กับบล็อกน้ำ

1.2 ผลจากการออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบบทำความเย็น (ด้านหน้า)



ภาพที่ 6 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ระบบทำความเย็น (ด้านหน้า)

1.3 ผลจากการออกแบบตำแหน่งติดตั้งระบบให้ความเย็น (ด้านหลัง)



ภาพที่ 7 ตำแหน่งติดตั้งระบบให้ความเย็น (ด้านหลัง)

1.4 ผลจากการออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์โดยรวม (ด้านข้าง)



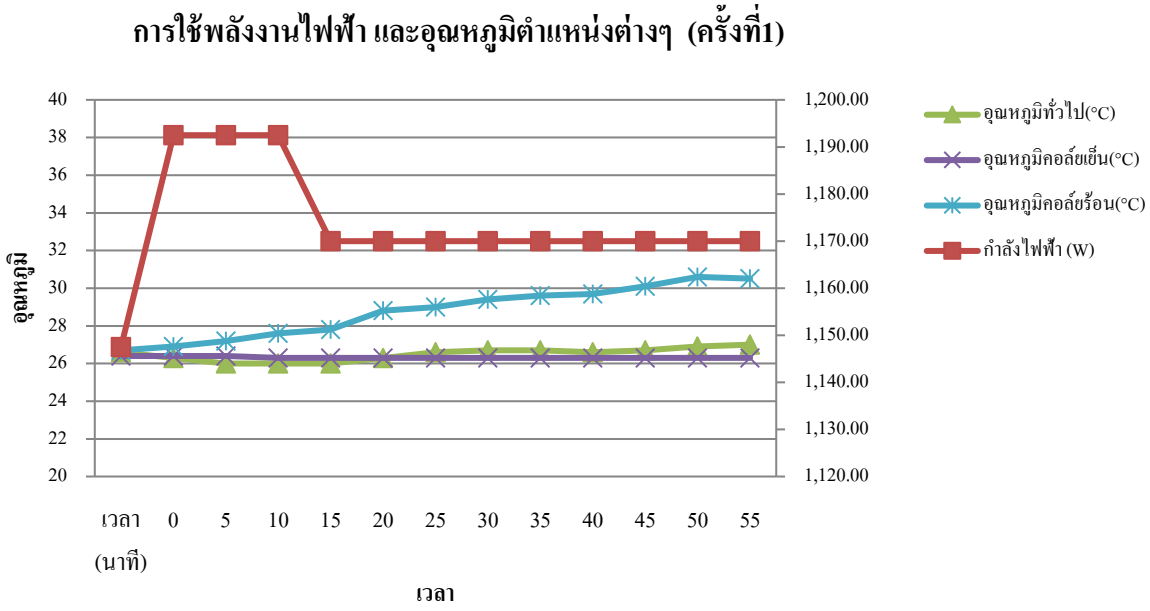
ภาพที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์โดยรวม (ด้านข้าง)

2 ผลจากการออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล

2.1 ผลการทดสอง การใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่1)

ตารางที่ 1 ผลการทดสองการใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่1)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิทั่วไป(°C)	อุณหภูมิคอล์ยเย็น(°C)	อุณหภูมิคอล์ยร้อน(°C)	กำลังไฟฟ้า (W)
0	26.6	26.4	26.7	1,147.50
5	26.3	26.4	26.9	1,192.50
10	26	26.4	27.2	1,192.50
15	26	26.3	27.6	1,192.50
20	26	26.3	27.8	1,170.00
25	26.3	26.3	28.8	1,170.00
30	26.6	26.3	29	1,170.00
35	26.7	26.3	29.4	1,170.00
40	26.7	26.3	29.6	1,170.00
45	26.6	26.3	29.7	1,170.00
50	26.7	26.3	30.1	1,170.00
55	26.9	26.3	30.6	1,170.00
60	27	26.3	30.5	1,170.00

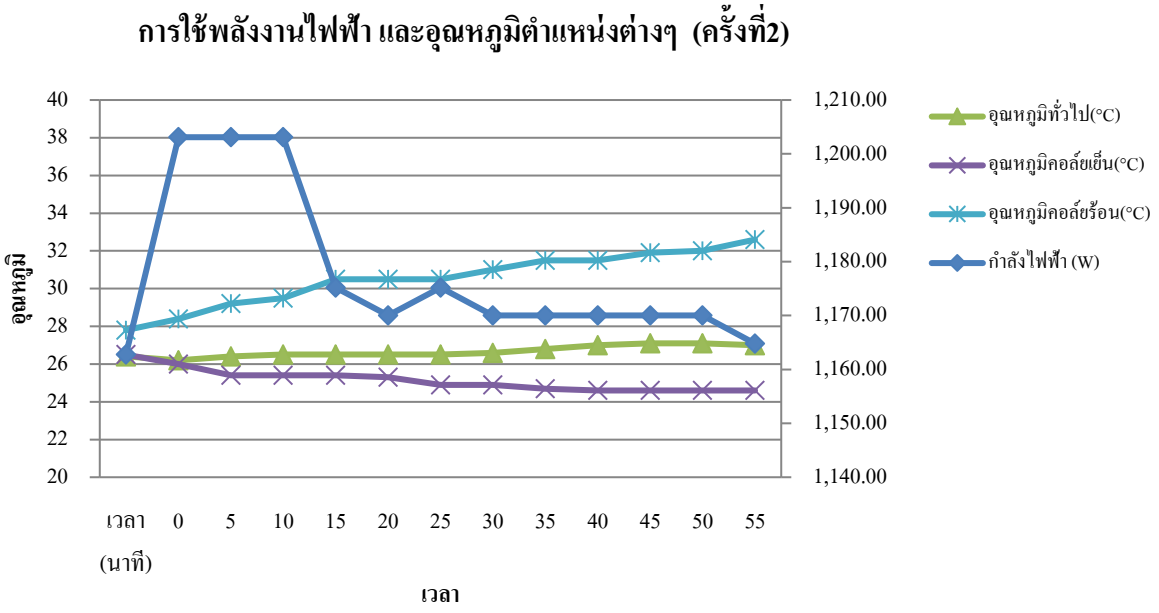


ภาพที่ 9 กราฟแสดงค่าผลการใช้ กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิ ตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่1)

2.2 ผลการทดสอง การใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่2)

ตารางที่ 2 ผลการทดสองการใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่2)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิทั่วไป(°C)	อุณหภูมิคอล์ยเย็น(°C)	อุณหภูมิคอล์ยร้อน(°C)	กำลังไฟฟ้า (W)
0	26.4	26.5	27.8	1,162.80
5	26.2	26	28.4	1,203.10
10	26.4	25.4	29.2	1,203.10
15	26.5	25.4	29.5	1,203.10
20	26.5	25.4	30.5	1,175.20
25	26.5	25.3	30.5	1,170
30	26.5	24.9	30.5	1,175.20
35	26.6	24.9	31	1,170.00
40	26.8	24.7	31.5	1,170.00
45	27	24.6	31.5	1,170.00
50	27.1	24.6	31.9	1,170.00
55	27.1	24.6	32	1,170.00
60	27	24.6	32.6	1,164.80

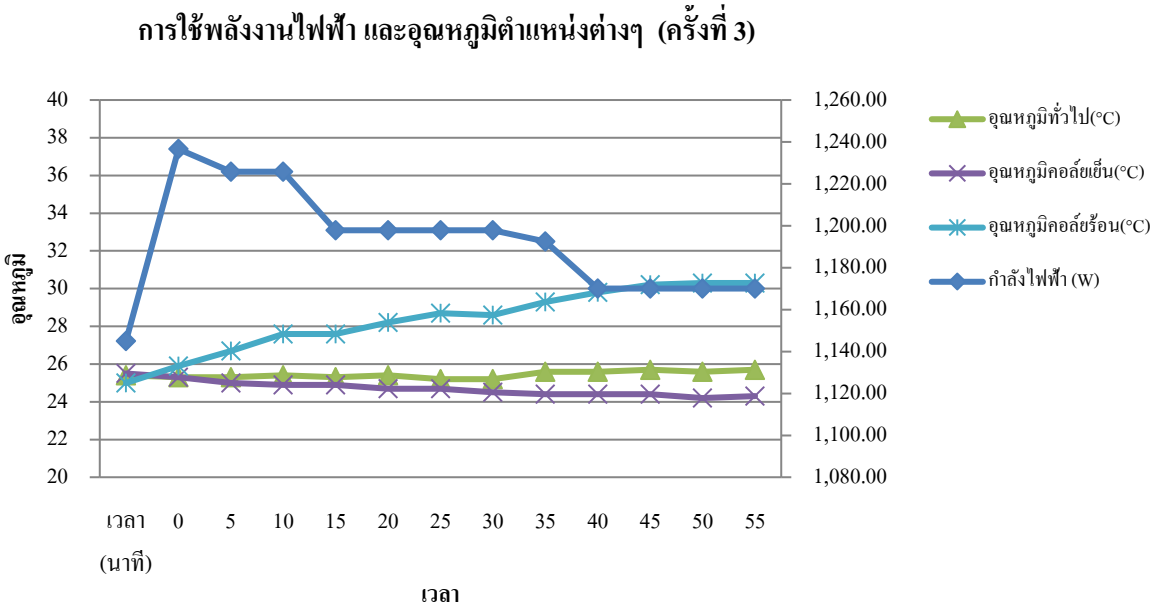


ภาพที่ 10 กราฟแสดงค่าผลการใช้ กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิ ตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่2)

2.3 ผลการทดสอง การใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่3)

ตารางที่ 3 ผลการทดสองการใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่3)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิทั่วไป(°C)	อุณหภูมิคอล์ยเย็น(°C)	อุณหภูมิคอล์ยร้อน(°C)	กำลังไฟฟ้า (W)
0	25.4	25.5	25	1,145.00
5	25.3	25.3	25.9	1,236.60
10	25.3	25	26.7	1,225.80
15	25.4	24.9	27.6	1,225.80
20	25.3	24.9	27.6	1,197.80
25	25.4	24.7	28.2	1,197.80
30	25.2	24.7	28.7	1,197.80
35	25.2	24.5	28.6	1,197.80
40	25.6	24.4	29.3	1,192.50
45	25.6	24.4	29.8	1,170.00
50	25.7	24.4	30.2	1,170.00
55	25.6	24.2	30.3	1,170.00
60	25.7	24.3	30.3	1,170.00

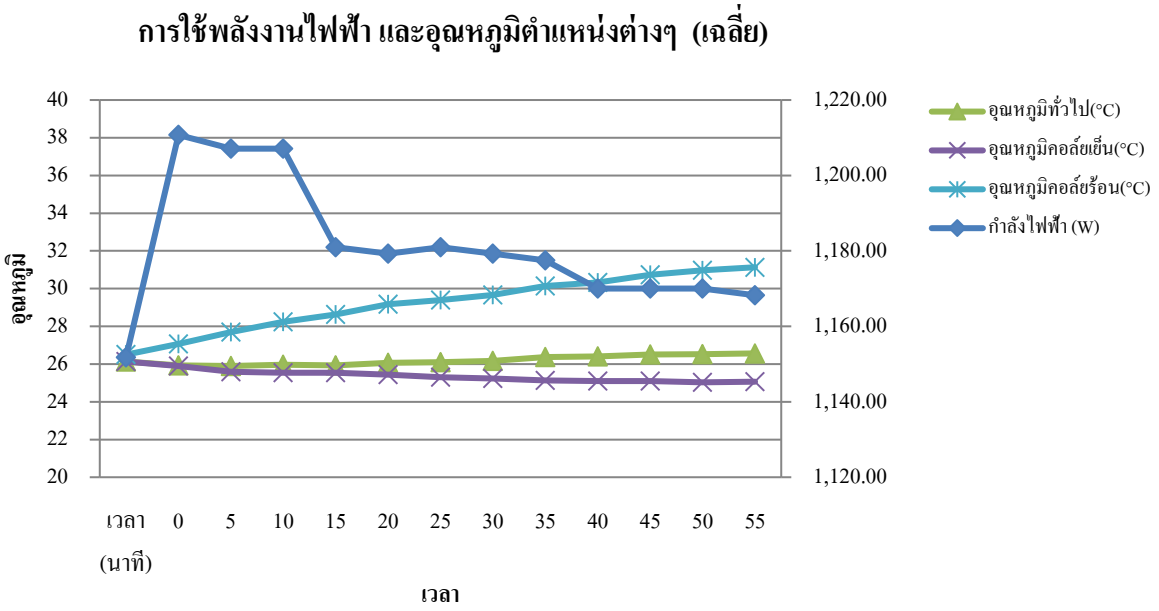


ภาพที่ 11 กราฟแสดงค่าผลการใช้ กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิ ตำแหน่งต่างๆ (ครั้งที่3)

2.4 ผลการทดสอง การใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (เฉลี่ย)

ตารางที่ 4 ผลการทดสองการใช้พลังงานไฟฟ้า และอุณหภูมิตำแหน่งต่างๆ (เฉลี่ย)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิทั่วไป(°C)	อุณหภูมิคอล์ยเย็น(°C)	อุณหภูมิคอล์ยร้อน(°C)	กำลังไฟฟ้า (W)
0	26.13	26.13	26.50	1,151.77
5	25.93	25.90	27.07	1,210.73
10	25.90	25.60	27.70	1,207.13
15	25.97	25.53	28.23	1,207.13
20	25.93	25.53	28.63	1,181.00
25	26.07	25.43	29.17	1,179.27
30	26.10	25.30	29.40	1,181.00
35	26.17	25.23	29.67	1,179.27
40	26.37	25.13	30.13	1,177.50
45	26.40	25.10	30.33	1,170.00
50	26.50	25.10	30.73	1,170.00
55	26.53	25.03	30.97	1,170.00
60	26.57	25.07	31.13	1,168.27



ภาพที่ 12 กราฟแสดงค่าผลการใช้ กำลังไฟฟ้า และอุณหภูมิ ตำแหน่งต่างๆ (เฉลี่ย)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 ภาพที่ 12 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิและการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยแต่อย่างไร ก็ตาม เครื่องทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกส์ ยังมีข้อด้อยอีกหลายอย่าง เช่นไม่สามารถทำความเย็นลงไปถึง 10 °C ได้ในระบบน้ำไหลวนมีน้ำหนักค่อนข้างมาก รวมทั้งระบบระบายความร้อนไม่สามารถระบายความร้อนได้ดีพอที่ จะทำให้อุณหภูมิของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ฝั่งด้านร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง และเวลาในการพัฒนาที่มีความจำกัดจึงไม่สามารถปรับปรุงอะไรได้มากนัก ดังนั้น ในการพัฒนาครั้งต่อไปควรจะมีการปรับปรุงปัญหาดังกล่าวโดยใช้ข้อมูลจากต้นแบบนี้ในการออกแบบและพัฒนาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

จากการทำโครงงานเรื่องชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ ปรากฏว่าเครื่องทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ช่วยลดสภาวะอากาศที่แตกต่างไปจาก Air condition ทั่วไปที่ประกอบไปด้วยสารทำความเย็นจากคลอโรฟลูออโรคาร์บอนหรือสาร CFC ซึ่งมีผลกระทบต่อการทำลายชั้นบรรยากาศโลก เพื่อเป็นการรักษาสภาวะแวดล้อม และทำการทดลองชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ หลังจากนั้น ได้ทำการออกแบบชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ได้ทำการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการติดตั้งชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ และชุดระบายความร้อนด้วยฮีตซิงก์ สามารถสรุปผลการวิจัยขณะมีโหลด ได้ดังนี้ เมื่อ จ่ายแรงดัน 220 VAC ผ่านตัวเซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิดิจิตอล เพื่อสั่งให้ชุดทำความเย็นทำงาน และแปลงแรงดันให้เป็น 12 VDC เพื่อจ่ายแรงดันไฟให้กับแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ และชุดปั๊มน้ำระบายความร้อน และปั๊มน้ำเย็นในระบบโดยตัวชุดเทอร์โมอิเล็กทริกส์ จะทำความเย็นลงไปสู่ที่กักเก็บน้ำเย็นและปั๊มน้ำได้ทำการหมุนเวียนน้ำเย็น เข้าไปในคอยล์เย็นของ air condition และทำการระบายความร้อนให้ฝั่งด้านร้อนของแผ่นเทอร์โมอิเล็กทริกส์ และนำพาน้ำร้อนที่ผ่านกระบวนการการระบายความร้อนแล้วไประบายความร้อนโดยใช้ชุดคอยล์ร้อน และใช้พัดลมขนาด 220 VAC เป็นตัวระบายความร้อนเสริม และค่าเฉลี่ยของชุดทำความเย็นโดยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ทั้งหมดแล้วแบ่งเป็น ดังนี้

1.ค่าแรงดันเฉลี่ย มีค่า 225.61 VAC และค่าเฉลี่ย กระแส ที่ทำการทดลองมีค่ากระแสเฉลี่ยอยู่ที่ 5.22 A

2.ค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยของภายในระยะเวลา 3 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ 1178.79 W

3.ค่าอุณหภูมินอกห้องมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 26.3 °C ส่วนอุณหภูมิคอยล์เย็นที่ทำได้ต่ำสุดคือ 25.3 3 °C

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะทีมงานนักศึกษาที่ใช้เวลาในการทำและสอบผลการทดลองตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

นพพร พัชรประกิติ* , ยุทธสิทธิ์ แสนเรือน และพันธ์ชัย กาวิชัน 2542. ระบบอัดประจุแบตเตอรี่ด้วยพลังงานเทอร์โมอิเล็กทริก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย สาขาวิชาไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เข้าถึง 27 เมษายน 2558 http:// www.kmutt .ac.th/EEM_conference /Proceedings/in dex_files/PDF%5C ENP8_Battery.pdf

ณัฐวุฒิ รังสิมันตุชาติ (2544) การประยุกต์ใช้วัสดุพรุนเพื่อการประหยัดพลังงานในเตาแก๊สหุงต้ม วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*(20 ธันวาคม 2560)

ถิรายุ ปิ่นทองการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็นและอัตราส่วนประสิทธิภาพ พลังงานของเครื่องปรับอากาศด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ (22 ธันวาคม 2560)

ปฐมพงศ์ จิโน ถิรายุ ปิ่นทอง โกเมน หมายมั่นการศึกษาระบบทำน้ำร้อนและน้ำเย็นด้วยเทอร์โมอิเล็กทริกส์ร่วมกับโซล่าเซลล์ สาขาวิศวกรรมพลังงาน ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าเครื่องกลการผลิตภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ (28 ธันวาคม 2560)

ไพบูลย์ โกวิทเจริญกุล สุวิทย์ ปุณณชัยยะ เดโช ทองอร่าม 2550 การพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนเหลือทิ้งด้วยอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เข้าถึง 27 เมษายน 2558 http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/15249

ศิริชัย คล่องการพานิช "เข้าใจไม่ยากกับการทำงานของสวิตชิ่งเรกูเลเตอร์" เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ฉบับที่ 160 มิถุนายน 2539*(17 ธันวาคม 2560)

สมชาย เจียจิตต์สวัสดิ์ 2553. เทอร์โมอิเล็กตริก เทคโนโลยีแห่งวันวาน หน่วยวิจัยพลังงานสะอาด ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เข้าถึง 27 เมษายน 2558 http://km.signalschool .net/wpcontent/uploads/2015/ 01/ TN-214 A_p62-65.pdf

iEnergyGuru 2559 ความรู้เบื้องต้นของระบบทำความเย็น อค์กรภาคีด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เข้าถึง 28 พฤษภาคม 2560 https://ienergyguru.com/

การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

Design and Construction for Block on Ring Test Machine

ประกอบ ชาติภุกต์[1*] พลรัชต์ บุญมี[1] สุรัตน์ วรรณศรี[2] ศักดิ์พิชิต เฉลยสรรพ[1] และ สุชาครีย์ รัสเอี่ยม[1]

Prakorb Chartpuk[1*] Polrut Boonmee[1] Surut Wannasri[2] Sakpichit Chaloeysup[1] and Suchakree Ruseaim[1]

บทคัดย่อ

การทดสอบการสึกหรอของวัสดุเป็นส่วนหนึ่งของงานทางด้านไทรโบโลยี โดยเฉพาะพอลิเมอร์เชิงประกอบถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานทางวิศวกรรม การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอจึงมีบทบาทสำคัญสำหรับงานวิจัยทางด้านไทรโบโลยี ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกนำมาใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์โครงสร้าง งานวิจัยนี้ได้รูปแบบโมเดลและเครื่องทดสอบการสึกหรอที่มีขนาด ความกว้างxความยาวxความสูง เท่ากับ 250x350x250 มิลลิเมตร ตามลำดับ สามารถทดสอบการสึกหรอของแท่งวัสดุได้ตามมาตรฐาน Standard Test Methods ASTM D2714, D3704 และ ASTM G77 สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนทดสอบการสึกหรอ ปรับเปลี่ยนทิศทางการหมุน ควบคุมการทำงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถตั้งโปรแกรมการทดสอบให้มีรูปแบบการทดสอบที่เงื่อนไขต่างๆ ได้หลายโปรแกรม รวมถึงการทดสอบในสภาวะแบบเปียกและแบบแห้ง กลไกสำหรับการเพิ่มแรงกดทดสอบได้รับการออกแบบใหม่ให้สามารถกดชิ้นงานได้สูงสุด 500 นิวตัน รองรับชิ้นงานทดสอบที่มีขนาด 10x10x10 มิลลิเมตร แรงบิดสูงสุดสำหรับชุดขับเคลื่อน 500 นิวตันเมตร

คำสำคัญ: เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน,ทดสอบการสึกหรอ, มาตรฐาน ASTM G77

ABSTRACT

The material wear testing is part of tribology; especially composite polymer is applied in engineering. The design and contribution of wear testing is important for tribology research. Finite element method is used in structural design and analysis. The results of the research are models and wear testers machine with width x length x height 250x350x250 mm, respectively. With the ability to test the wear of the specimen according to standard test methods ASTM D2714, D3704, ASTM G77 and can control the speed of rotation test wear. Rotate direction control by computer. It can be programmed to test for various test conditions. Including testing in wet or dry conditions. A mechanism for increasing compressive force test has been redesigned to be able to work a maximum force of 500 N. The test specimen is 10x10x10 mm and maximum torque is 500 N-m.

Keyword: Block on Ring Test Machine, Wear Test, ASTM G77

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เขตบางซื่อ กรุงเทพ 10800

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

[2] สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Mueang, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): Prakorb Chartpuk, prakorb.c@rmutp.ac.th

บทนำ

ไทรโบโลยีเป็นศาสตร์ซึ่งมีองค์ประกอบสามเรื่องหลักคือ แรงเสียดทาน หล่อลื่น และการสึกหรอเครื่องทดสอบไทรโบโลยี จึงเป็นเครื่องทดสอบที่มีความสำคัญมากในงานวิจัยและพัฒนาทางด้านวัสดุถูกนำมาใช้งานเป็นจำนวนมาก ทั้งด้านวัสดุโลหะ โลหะผสม ทางด้านพอลิเมอร์ที่มีการเติมสารเพิ่มคุณภาพหรือวัสดุผงลงไป

เครื่องทดสอบแบบ Block-On-Ring ตามมาตรฐาน ASTM G77 (ASTM International ASTM G77-05, 2010) ของ Nova Swiss (NOVA Swiss, 2018) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์มีห้องที่สามารถควบคุมอุณหภูมิระหว่างการทดสอบได้ ซึ่งปรับได้สูงสุดถึง 750 องศาเซลเซียส และสามารถวัดอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบได้โดยการใช้สายเทอโมคัปเปิ้ลสอดเข้าไปในชิ้นงานที่เจาะรู สามารถตั้งค่าตัวแปรแรงกดได้ตั้งแต่ 1-150 นิวตัน สามารถแสดงผลของความเสียดทานที่เกิดขึ้นได้ ความเร็วในการหมุนควบคุมได้ถึง 1,500 รอบต่อนาที เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวงล้อทดสอบเท่ากับ 40 มิลลิเมตร เครื่องทดสอบนี้เชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ในโปรแกรมการทดสอบสามารถตั้งค่าอุณหภูมิการทดสอบ จำนวนรอบการทดสอบ การทดสอบที่เป็นลำดับได้ เป็นต้น เครื่องทดสอบ Block on Ring Test Machine ของ Falex Tribology (Falex, 2018) ประเทศเบลเยียม เป็นเครื่องทดสอบตามมาตรฐาน ASTM Standard Test Methods (ASTM International ASTM G77-05, 2010), (ASTM International ASTM G176-03, 2009), (ASTM International ASTM D2714, 2014), (ASTM International ASTM D3704-96, 2012) มีความคล่องตัวในการดำเนินงานด้วยความเรียบง่าย ความสามารถในการจำลองความหลากหลายของสภาพต่าง ๆ สามารถประเมินแรงเสียดทานและการสึกหรอ การทดสอบภายใต้สารหล่อลื่น มีความสามารถในการปรับตั้งความเร็วหมุนขับ วัดค่าแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น มีเซนเซอร์อุณหภูมิทั้งภายในห้องทดสอบและที่ตัวชิ้นงาน สามารถทดสอบการสึกหรอแบบไดนามิก (Dynamic Wear Tester) แรงที่ใช้ในการกดเป็นระบบนิวแมติกส์ที่สามารถปรับแรงได้ระหว่าง 50 ถึง 1,300 ปอนด์ อุณหภูมิการทดสอบปรับได้สูงถึง 250 องศาเซลเซียส สามารถทดสอบได้ทั้งแบบเปียก แบบแห้ง กึ่งของเหลว (จาระบี) เงื่อนไขที่มีความชื้น ภายใต้ห้องทดสอบที่มีความดัน (Pressurized Test Chamber) ซอฟแวร์ Falex 330 SoftWEAR ได้รับการออกแบบเป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถทำงานเชื่อมต่อเข้ากับตัวเครื่องทดสอบ มีการแสดงผลและบันทึกค่าการทดสอบทุกตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น แสดงผลและการตั้งค่าของอุณหภูมิ การแสดงผลของแรงกดเทียบกับเวลา การตั้งค่าการทำงานแบบมีลำดับ เป็นต้นเครื่องทดสอบ Universal Tribometer ยี่ห้อ Rtec-instruments (Rtec instruments, 2018) จากประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเครื่องทดสอบที่ได้รับความนิยมในระดับสากลด้านเทคโนโลยีการออกแบบและการผลิตเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงสำหรับอุตสาหกรรม นาโนเทคโนโลยี ชีวภาพทางการแพทย์ การบิน และอวกาศ ฯลฯ เป็นเครื่อง Tribometer ที่ทนทาน ใช้หัวทดสอบแบบ Block on Ring สามารถทำงานที่แรงกดสูงถึง 5,000 นิวตัน ด้วยมอเตอร์แรงบิดสูง รองรับการทำงานที่อุณหภูมิ -150 ถึง 1,500 องศาเซลเซียส สามารถทดสอบภายใต้สภาวะความชื้น แก๊สเฉื่อย ของเหลว หรือแห้ง มีพื้นที่ที่ง่ายต่อการแลกเปลี่ยนโมดูลต่าง ๆ ใช้เวลาน้อยกว่า 5 นาที ในการตั้งค่าการทดสอบ ตัวเครื่องใช้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพความละเอียดสูง มีมาตรฐานรองรับทั้ง ASTM / DIN / ISO เหมาะสมสำหรับการทดสอบทางอุตสาหกรรม

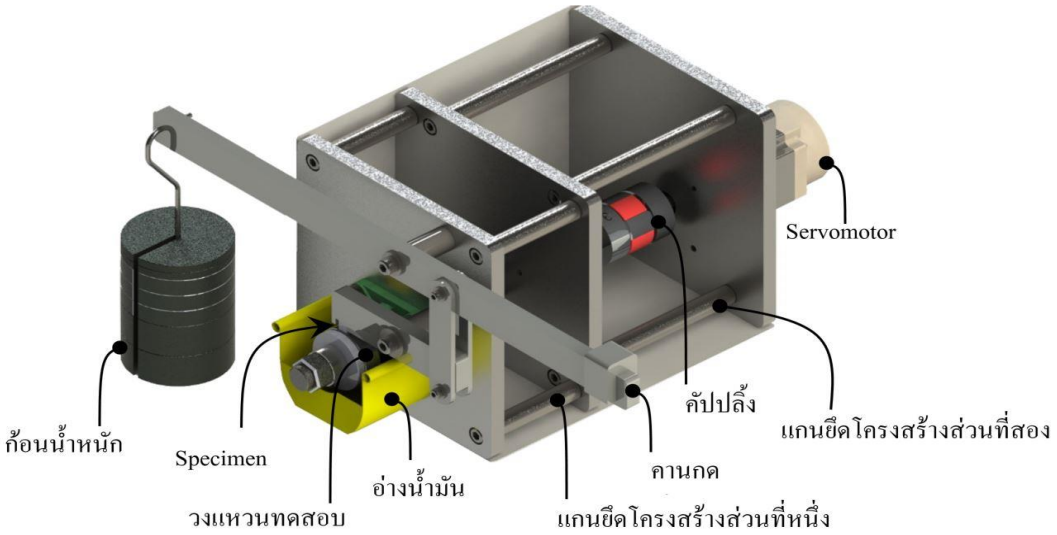
อีกหนึ่งเครื่องทดสอบ Tribology Testing ของ Bruker (BRUKER, 2018) รองรับมาตรฐาน ASTM G77-98สามารถทำงานที่ภาระแรงกดต่างๆ ความเร็ว อุณหภูมิ และจำลองสภาพการทดสอบที่มีสารหล่อลื่นต่างๆ สามารถเปลี่ยนแปลงหรือระบุพารามิเตอร์การทดสอบ เช่น รอบต่อนาที ภาระกด หรือระยะเวลาการทดสอบจากการศึกษารูปแบบเครื่องทดสอบการสึกหรอ ทำให้ทราบความสามารถของเครื่องทดสอบแบบต่าง ๆ ที่มีจำหน่ายและมีใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบที่ดี มีคุณภาพ เชื่อถือได้ตามมาตรฐานตาม ASTM เพื่อประโยชน์ในเชิงพานิชย์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบต่างๆ การทำงาน มาตรฐานการทดสอบ รวมทั้งวัสดุที่จะนำมาใช้ในการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ จากนั้นทำการออกแบบโมเดล เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน 3 มิติ ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม SolidWorks โดยที่การวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติจะเลือกใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้โปรแกรม SolidWorks Simulation จากโมเดลที่ออกแบบและวิเคราะห์ จึงทำการสร้างเครื่องทดสอบ และทดสอบการทำงานและประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดในวิธีการวิจัยดังนี้

1.1 การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม SolidWorks

รูปแบบของเครื่องทดสอบจะประกอบด้วย 4 ส่วน คือ 1.ส่วนโครงสร้างหลัก 2.ส่วนการขับเคลื่อน 3.ชุดจับยึดชิ้นงานและสร้างแรงกด และ 4.ชุดควบคุม (ในภาพที่ 1 ไม่แสดงกล่องควบคุมการทำงาน)



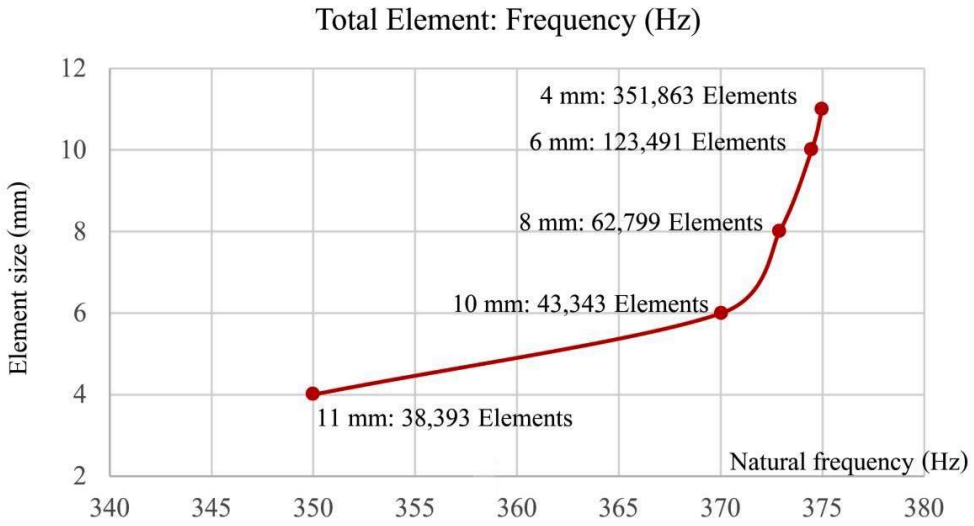
ภาพที่ 1 แบบจำลองเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

แนวคิดการออกแบบเริ่มต้นจากชุดขับเคลื่อนต้องเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดใดเป็นตัวขับเคลื่อน และเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่ไม่สามารถปรับเปลี่ยนขนาดได้ จากนั้นเลือกประเภทของอุปกรณ์เชื่อมต่อเพลาขับกับแกนเพลาของเซอร์โวมอเตอร์ด้วยคัปปลิ้ง ออกแบบส่วนเพลาขับและเชื่อมต่อไปยังชุดวงแหวนทดสอบการสึกหรอ วงแหวนทดสอบการสึกหรอสร้างจากเหล็กกล้าแบริ่ง AISI 52100 ชุบแข็งพิเศษที่ 65 HRC และเจียระไนผิว เซอร์โวมอเตอร์ถูกควบคุมให้สามารถขับเคลื่อนในทิศทางตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา ควบคุมความเร็วรอบและจำนวนรอบในการหมุนได้ โดยควบคุมผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ชุดจับยึดชิ้นงานและสร้างแรงกดได้รับการออกแบบมาให้เป็นลักษณะของคาน ที่สามารถเพิ่มแรงกดได้สูง จากการออกแบบและวิเคราะห์จึงได้รูปแบบเครื่องทดสอบการสึกหรอดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นภาพในส่วนของโครงสร้างและชิ้นส่วนประกอบบางส่วน โดยยังไม่มีส่วนของชุดควบคุมการทำงาน ทั้งนี้จะเป็นส่วนสุดท้ายหลังจากการทำการสร้าง โดยจะติดตั้งลงไปด้านข้างของตัวเครื่องด้วยกล่องที่มีฝาปิดเปิดได้ ส่วนของโครงสร้างหลักถูกออกแบบมาให้เป็นสองส่วนเพื่อให้สะดวกในการประกอบและถอดแยก รวมถึงในการซ่อมบำรุง ส่วนแรกจะติดตั้งแบริ่งจำนวนสองตัวเพื่อทำหน้าที่ยึดเพลาสำหรับการทดสอบการสึกหรอชิ้นงาน ส่วนที่สองทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างต้นกำลังที่เป็นเซอร์โวมอเตอร์เข้ากับเพลาสำหรับการทดสอบการสึกหรอชิ้นงาน

1.2 การวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของโครงสร้าง

วิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติด้วยโปรแกรม SolidWorks Simulation เนื่องจากต้องออกแบบให้โครงสร้างสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปรากฏการณ์สั่นพ้องเมื่อมีความถี่จากถายนอกหรือความถี่ของการขับเคลื่อนเพลามากระทำ กำหนด

คุณสมบัติของวัสดุ AISI 1045 มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น 205 จิกกะปาสคาล อัตราส่วนปัวซอง 0.32 ความหนาแน่นเชิงมวล 7,850 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความเค้นที่จุดคราก 710 จิกกะปาสคาล จากการปรับเปลี่ยนขนาดเอลิเมนต์เทียบกับค่าความถี่ธรรมชาติ จึงได้เลือกใช้เอลิเมนต์ Ten Nodes Tetrahedral ที่มีขนาด เอลิเมนต์ 8 มิลลิเมตร โดยแบ่งเอลิเมนต์ได้จำนวน 62,799 เอลิเมนต์ และมีจำนวนจุดต่อเท่ากับ 105,942 จุดต่อ



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงความถี่ธรรมชาติของรูปร่างโหมดที่ 5 เทียบกับการเปลี่ยนแปลงขนาดเอลิเมนต์

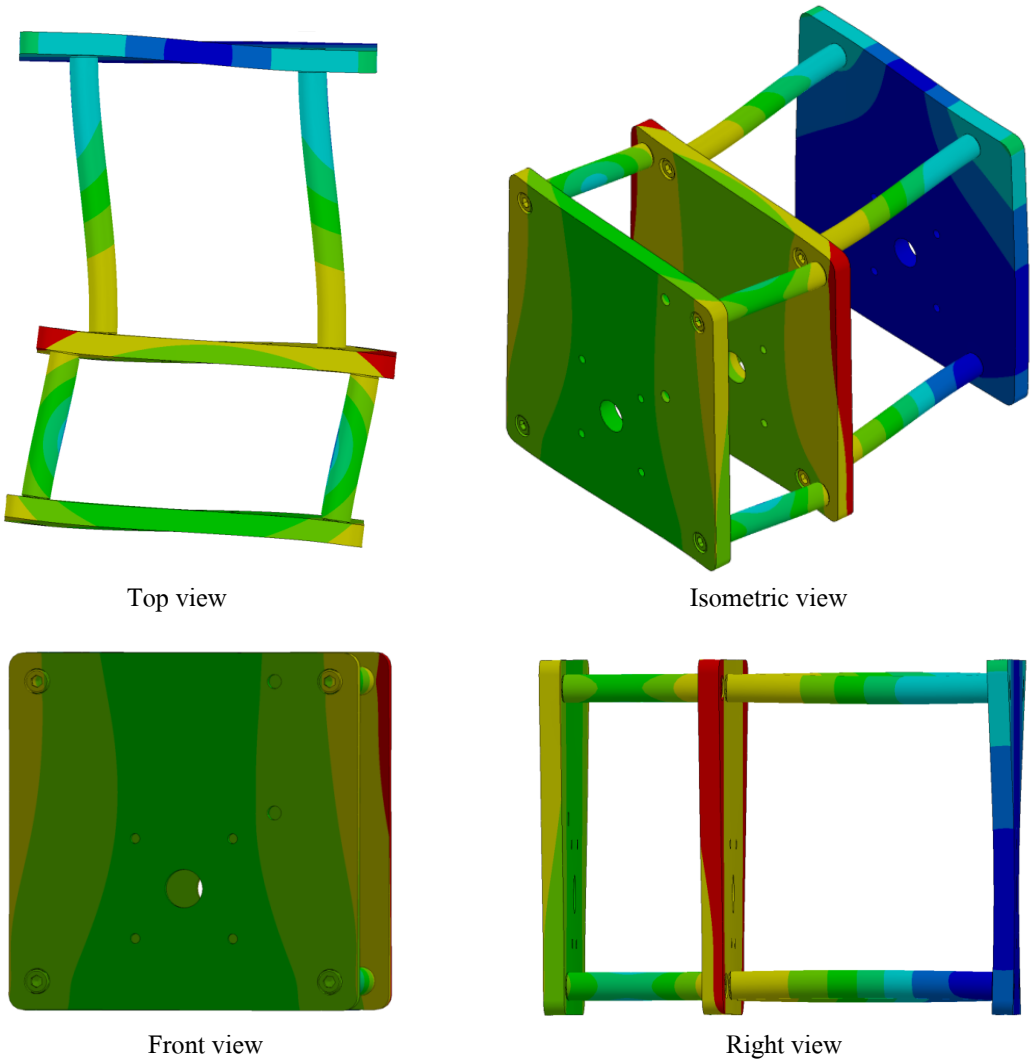
ผลและวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

ปรากฏการณ์การสั่นพ้องของชิ้นส่วนโครงสร้าง เป็นปรากฏการณ์ที่ต้องหลีกเลี่ยงสำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอ โครงสร้างมีต้นกำเนิดการสั่นสะเทือนจากชุดขับเคลื่อนที่สามารถสร้างคลื่นความถี่ได้ 500 Hz ผลการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติที่ Mode Shape ต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1 จำนวน 5 รูปแบบ และมีรูปแบบของ Mode Shape ที่ 5 ดังภาพที่ 3 โครงสร้างที่ออกแบบนี้มีค่าความถี่ธรรมชาติที่ห่างจากค่าความถี่ของเซอร์โวมอเตอร์ที่ 500 Hz

ตารางที่ 1 ค่าความถี่ธรรมชาติที่ Mode Shape ต่าง ๆ ที่เอลิเมนต์ขนาด 8 มิลลิเมตร

Mode Shape	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	77.008	79.219	133.150	304.520	372.900



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่ Mode Shape หมายเลข 5 ที่เอลิเมนต์ขนาด 8 มิลลิเมตร ในมุมมองต่าง ๆ

ผลการสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

โครงสร้างเครื่องทดสอบการสึกหรอต้องได้แนวศูนย์ร่วมกันของทุกชิ้นส่วน โดยผลิตด้วยเครื่องจักร CNC ใช้วัสดุ AISI1045 เป็นหลักในการสร้าง เลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์ SANYO DENKI โมเดล R2AA08075FXH00M ที่มีกำลัง 750 วัตต์ AC 220 โวลท์ 4.6 แอมแปร์ ความเร็วขับสูงสุด 3,000 รอบต่อนาที สำหรับชุด Servo Amplifier เลือกใช้ SANYO DENKI โมเดล RS2A03A0AL0W00 ควบคุมการทำงานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเพลาขับเข้ากับปลายเพลาของเซอร์โวมอตอร์ด้วย Coupling แบบ EKL Elastomer Coupling With Clamping Hub วงล้อทดสอบการสึกหรอทำด้วยวงแหวนแบริ่งแบบ Taper Bearing ของ NSK โมเดล XJ3005 และด้วยการออกแบบเพื่อเพิ่มแรงกดจึงใช้หลักการของคาน ชิ้นงานทดสอบจะติดตั้งลงไปกับคานตัวสั้นและจะมีจุดหมุนของคานอยู่ตรงกลางคาน สำหรับคานตัวยาวจะมีจุดศูนย์กลางการหมุนอยู่ระหว่างจุดที่ใช้เพิ่มก้อนน้ำหนัก และจุดที่ส่งถ่ายแรงไปดันกับคานตัวสั้นด้วยอัตราส่วน 4.6154 หมายความว่า ถ้ามีก้อนนำ

หนัก 7 กิโลกรัม มาแขวนไว้จะเทียบเท่ากับแรง 68.67 นิวตัน ส่งผลให้มีน้ำหนักกดที่ชิ้นงานทดสอบเท่ากับ 316.938 นิวตัน หรือคิดเป็นมวลที่กดลงเท่ากับ 32.3 กิโลกรัมส่วนการควบคุมสามารถเชื่อมต่อผ่านสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์ เครื่องทดสอบแสดงดังภาพที่ 4



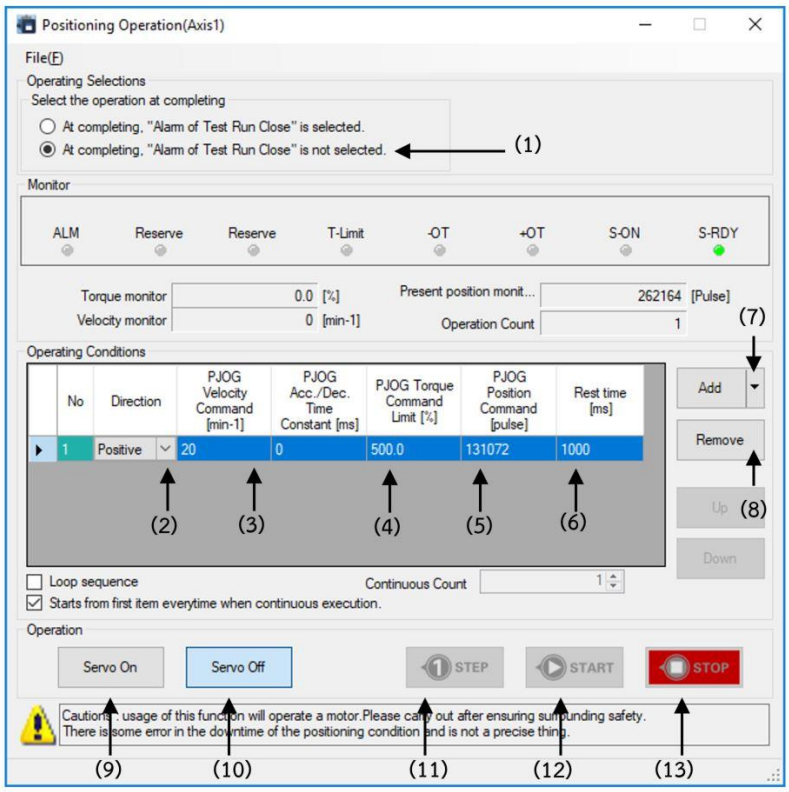
ภาพที่ 4 เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

ผลการทดสอบการทำงานเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน

การทดสอบการทำงานของเครื่องทดสอบการสึกหรอประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทดสอบความสามารถในการขับเคลื่อนเพลาของเซอร์โวมอเตอร์ และการทดสอบความเที่ยงตรงของวงแหวนทดสอบการสึกหรอ ซึ่งวิธีการทดสอบและผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดสอบการขับเคลื่อนเพลาเพื่อทดสอบการสึกหรอของชิ้นงาน

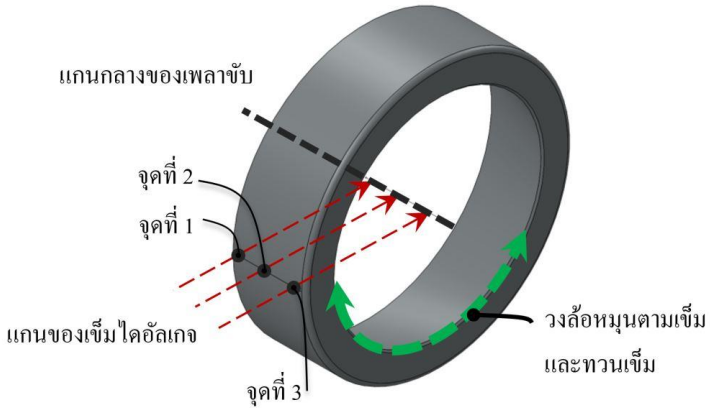
เมื่อได้ติดตั้งโปรแกรม SANMOTION Motor Setup ลงไปแล้ว และทำการเชื่อมต่อระบบการควบคุมจากคอมพิวเตอร์ไปยังกล่องควบคุมผ่านสาย USB ให้ทำการเลือกในส่วน Test Operation และเลือก Positioning Operation จากการทดสอบพบว่า สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาพที่ 5 อธิบายส่วนประกอบของหน้าต่างได้ดังนี้ (1) เลือกในส่วนของ At completing. “Alarm of Test Run Close” is not selected, (2) การกำหนดทิศทางการหมุนให้หมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกา, (3) ใช้กำหนดความเร็วในการหมุน มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที, (4) การกำหนดค่าแรงบิดที่ใช้ในการขับของเซอร์โวมอเตอร์มีค่ามากสุดเท่ากับ 500 N-m, (5) การกำหนดจำนวนรอบในการหมุน สามารถใช้ควบคุมจำนวนรอบหมุนได้ โดยหนึ่งรอบการหมุนมีค่าเท่ากับ 131,072 เช่น ถ้าต้องการให้หมุน 10 รอบแล้วหยุด ต้องใส่ค่า 1,310,720 เป็นต้น, (6) เวลาที่ใช้ในการหยุดพัก ใช้ในกรณีที่มีการตั้งโปรแกรมการทดสอบการใช้งาน โดยเวลานี้จะเป็นเวลาหยุดพักระหว่างโปรแกรมใด ๆ มีหน่วยเป็น ms, (7) การเพิ่มโปรแกรมการทดสอบ, (8) การเอาโปรแกรมที่สร้างไว้ ลบออกไป, (9) Servo On คือการเปิดให้เซอร์โวมอเตอร์พร้อมใช้งาน, (10) Servo Off คือการปิดให้เซอร์โวมอเตอร์หยุดใช้งาน, (11) Step คือการสั่งให้ทำงานเป็นขั้นตอน, (12) START คือสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์ทำงานและเพลาขับจะหมุนทันที, (13) STOP คือสั่งให้เซอร์โวมอเตอร์หยุดทำงานและเพลาขับจะหยุดทันที



ภาพที่ 5 หน้าต่างควบคุมการทำงานเซอร์โวมอเตอร์

การทดสอบความเที่ยงตรงของวงแหวนทดสอบการสึกหรอ

การทดสอบความเที่ยงตรงของวงแหวนทดสอบการสึกหรอ นับว่ามีความสำคัญมาก เนื่องจากตลอดระยะเวลาการทดสอบชิ้นงานต้องได้รับการเสียดสีของวงแหวนที่มีแรงกดจำนวนมาก และชิ้นงานทดสอบต้องสึกหรออย่างสม่ำเสมอ หากวงแหวนทดสอบไม่เที่ยงตรง วงแหวนนั้นจะยกตัวและไปดันชิ้นงานทดสอบให้เกิดการกระดกหรือยกตัวขึ้นส่งผลต่อความถูกต้องของผลการทดสอบ ทำการติดตั้งไดอัลเกจลงบนตัวเครื่องทดสอบ และให้ปลายเข็มไดอัลเกจกดลงไปบนวงแหวน โดยที่แนวกดของเข็มไดอัลเกจต้องพุ่งตรงไปยังแกนกลางของเพลาขับ นอกจากนั้น เข็มของไดอัลเกจจะต้องได้รับการกดลงบนผิวหน้าของวงแหวนจำนวน 3 จุดด้วยกัน ดังภาพที่ 6 ผลการทดสอบที่ได้คือระยะยกตัวของวงแหวนทดสอบ ซึ่งทั้ง 3 จุดทดสอบทั้งทวนเข็มและตามเข็มนาฬิกามีค่าน้อยกว่า 0.01 มิลลิเมตร



ภาพที่ 6 การติดตั้งไดอังเกจลงบนวงแหวนทดสอบ

สรุปผลการวิจัย

เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบชิ้นงานวางบนวงแหวน ได้รับการออกแบบและวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SolidWorks และ SolidWorks Simulation ส่วนของกลไกเพิ่มแรงกดได้รับการออกแบบพิเศษให้สามารถมีแรงกดได้สูง โดยอาศัยหลักการของคาน ตัวคานสร้างจากโลหะที่แข็งแรงไม่โก่งงอเมื่ออยู่ภายใต้น้ำหนักที่กดลง สามารถนำชิ้นงานทดสอบออกได้สะดวก แขนที่ใช้ในการยึดชิ้นงานสามารถกระดกและยกลอยขึ้นจากวงแหวนทดสอบการสึกหรอได้ ความสามารถในการทำงานของเครื่องทดสอบคือ สามารถควบคุมความเร็วรอบในการหมุนของวงแหวน การกำหนดจำนวนรอบของการหมุนและเครื่องทดสอบสามารถหยุดทำงานได้ สามารถควบคุมทิศทางการหมุนให้หมุนตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา เป็นเครื่องทดสอบการสึกหรอที่สามารถใช้ทดสอบวัสดุได้ตามมาตรฐาน ASTM International ASTM G77-05, ASTM G176-03, ASTM D2714, ASTM D3704-96 โดยการควบคุมทั้งหมดจะกระทำผ่านโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ เชื่อมต่อผ่านสายสัญญาณ USB เครื่องทดสอบการสึกหรอนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อในเงื่อนไขการทดสอบการสึกหรอภายใต้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำได้โดยการสร้างห้องที่เป็นชุดกล่องครอบและติดตั้งฉนวนกันความร้อน ไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกไปข้างนอกห้องทดสอบ การเพิ่มอุณหภูมิทำได้โดยติดตั้งชุดขดลวดความร้อนและมีชุดอุปกรณ์ตรวจวัดค่าความร้อน เพื่อควบคุมอุณภูมิในห้องทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ASTM International, ASTM G77-05(2010), **Standard Test Method for Ranking Resistance of Materials to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test**, United States.

NOVA Swiss. **Block-On-Ring Tribometer,** Available Source: https://www.novaswiss.com/en/surface-technology /tribology.html, May 4, 2018.

Falex. **Block on ring test machine,** Available Source: http://www.bluesphere.be/images/sites/114/editor/files/ FalexBlockRing.pdf, May 10, 2018.

ASTM International, ASTM G176-03(2009), **Standard Test Method for Ranking Resistance of Plastics to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test-Cumulative Wear Method**, United States.

ASTM International, ASTM D2714-94(2014), **Standard Test Method for Calibration and Operation of the Falex Block-on-Ring Friction and Wear Testing Machine**, United States.

ASTM International, ASTM D3704-96(2012), **Standard Test Method for Wear Preventive Properties of Lubricating Greases Usingthe (Falex) Block on Ring Test Machine in Oscillating Motion**, United States.

Rtec instruments. **Multi FunctionTribometer,** Available Source:https://www.rtec-instruments.com/universal-tribometer.htm, April 15, 2018.

BRUKER. **Tribometers and Mechanical Testers**, Available Source: https://www.bruker.com/products/mr.html April 20, 2018.

ผลกระทบในงานก่อสร้างจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดของโครงการบ้านจัดสรร

The Impact in Constructional from Construction Drawing and Specification on Construction Error for Housing Development Project

ชูเกียรติ ชูสกุล[1*] ดุสิต ชูพันธ์[1] ศุภวัฒน์ จันทรปรางค์[1] เดียว เพ็งเจริญ[1] และ ขวัญชีวา หยงสตาร์[2]

Chookiat Choosakul[1*] Dusit Chupan[1] Supawat Janprang[1] Deaw Pengjarern[1] and Khwanchiwa Yongsata[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบในงานก่อสร้างจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดของโครงการบ้านจัดสรร โดยเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ทำการศึกษาและเก็บข้อมูลของโครงการบ้านจัดสรรประเภทบ้านพักอาศัยในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในปี 2559 จำนวน 20 โครงการ และในปี 2560 จำนวน 16 โครงการ ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความแปรปรวน โดยกำหนดค่าระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 จากการศึกษาพบว่าโครงการบ้านจัดสรรจำนวน 36โครงการ มีระดับข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) แบบก่อสร้างขัดแย้งกัน 2) แบบก่อสร้างตกหล่นหรือไม่ครบถ้วน 3) แบบก่อสร้างขัดแย้งกับรายการประกอบแบบก่อสร้าง และน้อยที่สุดคือ แบบก่อสร้างมีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจแบบ ในส่วนระดับของผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) การวางแผนด้านเวลาการทำงานผิดพลาด 2) การวางแผนด้านการผสานงานผิดพลาด 3) ทำให้เกิดการแก้ไขงาน และน้อยที่สุดคือ เกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท

คำสำคัญ : ผลกระทบในงานก่อสร้าง, แบบก่อสร้าง, รายการประกอบแบบก่อสร้าง, โครงการบ้านจัดสรร

---

[1] สาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

[1] Department of civil engineering, College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of technology Srivijaya, Thongnian, Khanom, Nakhon Si Thammarat 80210, Thailand

[2] สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง 92150

[2] Department of Engineering Technology, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of technology Srivijaya, Mai Fad, Sikao, Trang 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : chookiat56@yahoo.com

ABSTRACT

This research aimed to study on the impacts of construction work from construction drawing and specification of faulty construction for housing estate project. The instrument used to collect the data was a 5-level rating scale questionnaire. Data are collected from 20 housing estate projects in 2016 and from 16 housing estate projects in 2017 in Meuang district, Nakhon Si Thammarat. Analyzed data used statistics e.g. percentage, mean, standard deviation, Anova (One-way analysis of variance) defining the confidence level at 95%. The results of the study found that 36 housing estate projects have a level of fault is growing to construction drawing and specification of construction to top three are 1) construction drawing Paradoxical. 2) Construction drawing is inadequate or incomplete. 3) Construction drawing with the specification of construction is Paradoxical and the least is construction drawing is complex and impalpable in construction drawing. It was found that the impacts of construction work from construction drawing and specification of faulty construction to top three are 1) Faulty planning in time. 2) Faulty planning work with merge organizations. 3) Occurring to edit works and the least is lack of liquidity in the company's cash flow.

Keywords : Impact in Constructional, Construction Drawing, Specification on Construction, Housing Development project

บทนำ

การก่อสร้างโครงการต่าง ๆ เป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญและเป็นปัจจัยที่อาจชี้วัดความเจริญของประเทศนั้นๆ ได้ เพราะการก่อสร้างอาคารของโครงการต่างๆ มีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ รายได้และเป็นการแก้ปัญหาการว่างงาน การก่อสร้างอาคารในโครงการต่างๆ ในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานของรัฐหรือหน่วยงานของเอกชน การดำเนินงานในโครงการก่อสร้างหนึ่งๆ ต้องใช้ระยะเวลานาน และมีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอน ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ได้แก่ เจ้าของโครงการ ผู้บริหารโครงการหรือที่ปรึกษาโครงการ ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน และผู้รับเหมา ดังนั้นในการที่จะสรรค์สร้างงานต่างๆ ให้สำเร็จ ทุกฝ่ายที่เกียวข้องจะต้องช่วยกันคิดและวางแผนการดำเนินงาน เพื่อให้งานสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่นมากที่สุด มิฉะนั้นอาจเกิดปัญหาที่ทำให้การก่อสร้างไม่เป็นไปตามแผนดำเนินงาน จากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบที่ผิดพลาด เช่น ออกแบบผิดพลาด การเขียนแบบผิดพลาด ความขัดแย้งของแบบก่อสร้าง การออกแบบไม่เหมาะสมกับการใช้งาน ขาดรายละเอียดหรือให้รายละเอียดไม่ครบถ้วน และกำหนดวัสดุที่ไม่มีขายในท้องตลาด เป็นต้น ซึ่งแต่ละสาเหตุส่งผลกระทบต่อเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างได้ (วุฒิพงศ์, 2556)

กระบวนการออกแบบ (Design Process) เป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง เนื่องจากการออกแบบเป็นกระบวนการที่ต้องนำเอาความต้องการของลูกค้ามาเปลี่ยนแปลงให้ออกมาอยู่ในรูปของแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ ซึ่งถือเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญยิ่งสำหรับการก่อสร้าง หากผลผลิต (Output) ที่ได้จากงานออกแบบไม่ละเอียดพอหรือมีข้อบกพร่องและผิดพลาด การดำเนินงานก่อสร้างก็จะมีปัญหาต่างๆ ตามมามากมาย ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องออกแบบก่อสร้างให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด (Glavinich, 1995)

ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบที่ผิดพลาดสามารถพบเจอได้บ่อยพอสมควร สำหรับเรื่องความถูกต้องตามหลักวิชาการนั้นส่วนใหญ่ทางฝ่ายออกแบบจะแม่นเรื่องนี้อยู่แล้ว ประเด็นที่พบได้มากที่สุดก็คือ การไม่คำนึงถึงการก่อสร้างที่หน้างานว่าหน้างานจะทำได้หรือไม่ ทำให้ต้องกลับมาแก้ไขแบบใหม่อีกรอบ ทั้งนี้ก็น่าจะเกิดจากการขาดประสบการณ์ของผู้ออกแบบหรือความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ (นที, 2554)

จากรายงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช พุทธศักราช 2556 - 2558 ผู้ที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างสิ่งก่อสร้าง และพื้นที่ก่อสร้างอาคารโรงเรือน โดยจำแนกตามชนิดของอาคารและเขตการปกครองจังหวัดนครศรีธรรมราช จะพบได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของผู้ที่ได้รับอนุมัติ โดยเฉพาะบ้านเพื่ออยู่อาศัยมีพื้นที่ก่อสร้างเพิ่มขึ้น ทั้งจำนวนผู้ที่ได้รับอนุมัติให้ก่อสร้างและพื้นที่ก่อสร้างของหน่วยงานเอกชนในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช (รายงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช 2556 - 2558: ออนไลน์) หากแบบที่นำไปก่อสร้างนั้นยังมีข้อผิดพลาดหรือไม่มีความสมบูรณ์เพียงพอ ก็จะทำให้งานก่อสร้างเกิดปัญหาต่างๆ ตามมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่ศึกษาถึงข้อผิดพลาดของแบบก่อสร้างที่สร้างความเสียหายให้กับงานก่อสร้าง โดยศึกษาเฉพาะโครงการบ้านจัดสรรทั้งหมดในเขตอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS) เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงแบบในระหว่างการก่อสร้าง นำไปสู่คำสั่งเปลี่ยนแปลง เป็นสาเหตุของการนำไปสู่การขัดจังหวะในการทำงาน เช่น การหยุดชะงักในระหว่างการทำงาน การสูญเสียเงินและเวลา โครงสร้างเกิดความเสียหาย เป็นต้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ใช้แหล่งข้อมูล 2 แหล่ง คือแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ และแหล่งข้อมูลทุติยภูมิดังนี้

แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล (Survey) ซึ่งได้มาจากแบบสอบถาม (Questionnaire) กับกลุ่มตัวอย่างบุคคลที่มีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนของการควบคุม ดูแล การก่อสร้างหน้างาน ซึ่งได้แก่

วิศวกรโครงการ วิศวกรสนาม และโฟร์แมน ของโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านพักอาศัยและมีมูลค่าโครงการตั้งแต่ 20 ล้านบาทขึ้นไป ในอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งกำลังดำเนินการก่อสร้างทั้งหมดอยู่ในปี พ.ศ. 2559 จำนวน 20 โครงการ และ ปีพ.ศ. 2560 จำนวน 16 โครงการ

แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ได้มาจากการรวบรวมข้อมูลจากแนวคิดทฤษฎี ผลการศึกษาที่ผ่านมา ข้อกำหนด หรือข้อมูลจากเอกสารวิชาการ เพื่อศึกษาถึงหลักการ แนวทางปฏิบัติ และประเด็นที่สำคัญในการศึกษาครั้งนี้ โดยการนำประกอบการวิเคราะห์และกำหนดแนวทางการศึกษา

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดในโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัย ในเขตอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามในการศึกษาเชิงปริมาณ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 เกี่ยวกับสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check-List)

ส่วนที่ 2 ระดับของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างในโครงการ

ส่วนที่ 3 ผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาด

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลกระทบของแต่ละด้าน เป็นแบบสอบถามมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale Method) ซึ่งใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอันตรภาพ (Interval Scale) มี 5 ระดับตามวิธีของลิเกิร์ต (Likert Rating Scale) (ชูศรี, 2558) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับความสำคัญมากที่สุด	หมายถึง	5	คะแนน
ระดับความสำคัญมาก	หมายถึง	4	คะแนน
ระดับความสำคัญปานกลาง	หมายถึง	3	คะแนน
ระดับความสำคัญน้อย	หมายถึง	2	คะแนน
ระดับความสำคัญน้อยที่สุด	หมายถึง	1	คะแนน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบสอบถาม นำมาประมวลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Sciences: SPSS) วิเคราะห์โดยใช้สถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย $(\bar{X})$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (ที่จำแนกเป็น 2 กลุ่ม เช่น เพศ) ใช้การวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Variance) ของข้อมูลแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA) หลังจากนั้นหาค่าเอฟ (T-test) ที่เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และความแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ 95 % (α=0.05) และเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีผลต่างนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least significance difference: LSD) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของกลุ่มตัวอย่างว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่อย่างไร โดยพิจารณาจากค่า Significant หรือ Sig (Sig < 0.05 จะมีความแตกต่าง) และหาช่วงความเชื่อมั่นสำหรับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง (ฐิติกา, 2541) และใช้เกณฑ์เฉลี่ยในการแปรผล ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับคะแนนเฉลี่ยในช่วงคะแนนตามแนวคิดของเบสท์ (Best, 1981) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4. 49 หมายถึง กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง กำหนดให้อยู่ในเกณฑ์น้อยที่สุด

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะถูกวิเคราะห์และประมวลผล โดยสถิติเชิงพรรณนา และวิเคราะห์แบบวัดเจตคติลิเกร์ต (Likert Rating Scale)

ผลและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาผลกระทบในงานก่อสร้างจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาด ของโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านพักอาศัย ในอำเภอเมืองนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามปี 2559 จำนวน 109 ชุด และปี 2560 จำนวน 82 ชุด รวมทั้งสิ้น 191 ชุด สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	191	100
	หญิง	0	0
อายุ	ต่ำกว่า 31 ปี	37	19.37
	31-40 ปี	101	52.88
	41-50 ปี	36	18.85
	51 ปีขึ้นไป	17	8.90
ระดับการศึกษา	ปวส.	82	46.94
	ปริญญาตรี	93	48.69
	ปริญญาโท	8	4.37
ตำแหน่ง	โฟร์แมน	30	15.71
	วิศกรสนาม	124	64.92
	วิศวกรโครงการ	37	19.37
ประสบการณ์ในการทำงาน	1-10 ปี	69	36.13
	11-20 ปี	89	46.60
	21-30 ปี	29	15.18
	31 ปีขึ้นไป	4	2.09
สังกัดของผู้ว่าจ้าง	เจ้าของโครงการ	99	51.83
	ผู้รับเหมา	92	48.17

ส่วนที่ 2 ระดับความถี่ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างในโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ

ลักษณะความผิดพลาดของแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	อันดับ
1. แบบขัดแย้งกัน	1.191	0.700	1
1.1 แบบโครงสร้างขัดแย้งกับแบบสถาปัตยกรรม	1.890	0.885	
1.2 แบบโครงสร้างขัดแย้งกับแบบระบบไฟฟ้า	1.312	0.790	
1.3 แบบโครงสร้างขัดแย้งกับแบบระบบสุขาภิบาล	1.147	0.791	
1.4 แบบสถาปัตยกรรมขัดแย้งกับแบบระบบไฟฟ้า	0.954	0.843	
1.5 แบบสถาปัตยกรรมขัดแย้งกับแบบระบบสุขาภิบาล	0.963	0.860	
1.6 แบบระบบไฟฟ้าขัดแย้งกับแบบระบบสุขาภิบาล	0.881	0.742	
2. แบบก่อสร้างขัดแย้งกับรายการประกอบแบบก่อสร้าง	1.064	0.773	3
3. แบบก่อสร้างขัดแย้งกับมาตรฐานก่อสร้าง	0.651	0.774	11
4. แบบก่อสร้างมีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ	0.560	0.535	12
5. เจ้าของมีการขอเปลี่ยนแปลงแบบรูปก่อสร้าง	0.807	0.616	8
6. แบบออกสร้างออกแบบผิดพลาด	0.706	0.671	10
7. แบบก่อสร้างตกหล่น หรือไม่ครบถ้วน	1.138	0.855	2
8. รายการประกอบแบบก่อสร้างตกหล่นหรือไม่ครบถ้วน	0.945	0.837	7
9. แบบสถาปัตย์กำหนดวัสดุบางชนิดหายากในพื้นที่ก่อสร้าง	0.963	0.816	6
10. แบบระบบไฟฟ้ากำหนดชนิดของวัสดุ-อุปกรณ์ที่หายาก	0.762	0.870	9
11. แบบระบบสุขาภิบาลกำหนดชนิดของวัสดุ-อุปกรณ์ที่หายาก	1.064	0.457	4
12. แบบที่เขียนเพื่อใช้ทำงานจริง (Shop Drawing) ผิดพลาด	1.000	0.577	5
ภาพรวม	0.904	0.497	

จากตารางที่ 2 พบว่าภาพรวมมีระดับของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบก่อสร้างอยู่ในระดับน้อยที่สุด โดยลักษณะของข้อผิดพลาดจากแบบก่อสร้างขัดแย้งกันมีความถี่เป็นอันดับแรกสอดคล้องกับงานวิจัยของ Widyarti (1999) ที่สรุปว่าปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อ เวลา การเงิน และคุณภาพอีกอย่าง คือ ความขัดแย้งของแบบในส่วนต่างๆ รองลงมาคือแบบก่อสร้างตกหล่นหรือไม่ครบถ้วน สอดคล้องกับ กมลวัลย์ (2546) กล่าวว่าเพราะถ้าแบบก่อสร้างไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ หรือไม่ตรงตามความต้องการของเจ้าของ การก่อสร้างให้ได้คุณภาพก็ย่อมเป็นไปไม่ได้ และอันดับสุดท้ายคือแบบก่อสร้างมีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพรวม มีความแตกต่างกันน้อย (SD=0.497) เมื่อพิจารณาเป็นรายลักษณะความผิดพลาด พบว่าทุกประเด็นมีความแตกต่างกันน้อย หมายความว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน หรือเหมือนๆ กัน (บุญมี, 2545)

ส่วนที่ 3 ผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาด

ผลกระทบในงานก่อสร้าง	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน	อันดับ
1. การวางแผนด้านเวลาการทำงานผิดพลาด	2.073	0.742	1
2. การวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุผิดพลาด	1.486	0.728	7
3. การวางแผนด้านการจัดส่งวัสดุผิดพลาด	1.523	0.702	5
4. การวางแผนด้านการดำเนินการประสานงานผิดพลาด	1.872	0.795	2
5. การวางแผนด้านแรงงานผิดพลาด	1.569	0.629	4
6. การวางแผนการใช้เครื่องจักรผิดพลาด	1.450	0.631	9
7. การเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้า	1.514	0.633	6
8. เกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท	1.321	0.559	11
9. เกิดปัญหาความขัดแย้งของผู้ร่วมงาน	1.486	0.520	8
10. ทำให้เกิดการแก้ไขงาน	1.651	0.672	3
11. มีการหยุดชะงักในระหว่างการทำงาน	1.440	0.552	10
ภาพรวม	1.581	0.408	

จากตารางที่ 3 พบว่าภาพรวมมีระดับผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดอยู่ในระดับน้อย โดยมีผลกระทบต่อการวางแผนด้านเวลาการทำงานผิดพลาดมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Widyarti (1999) โดยกล่าวถึงปัญหาของแบบที่มีผลต่อการทำงานก่อสร้างว่าสามารถทำให้งานก่อสร้างหยุดชะงักได้ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มขึ้น และยังมีการขยายระยะเวลาการทำงาน รองลงมาคือผลกระทบต่อการวางแผนด้านการดำเนินการประสานงานผิดพลาด และอันดับสุดท้ายคือเกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพรวม มีความแตกต่างกันน้อย (SD=0.408) เมื่อพิจารณาผลกระทบในงานก่อสร้างพบว่าทุกประเด็นมีความแตกต่างกันน้อยหมายความว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน หรือเหมือนๆ กัน

ส่วนที่ 4 วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่ในสถานประกอบการของเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา ดังแสดงในตารางที่ 4

ในตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระดับผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างในภาพรวมระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาพบว่าไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระดับผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้าง และรายการประกอบแบบก่อสร้างจำแนกเป็นรายลักษณะ พบว่า ระดับผลกระทบการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุผิดพลาด เกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท และมีการหยุดชะงักในระหว่างการทำงานระหว่างเจ้าของโครงการและผู้รับเหมามีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4 ความแปรปรวนของระดับผลกระทบในงานก่อสร้างที่เกิดจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดระหว่างเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมา

ผลกระทบในงานก่อสร้าง	ค่าเฉลี่ย		T-test	Sig
	เจ้าของ	ผู้รับเหมา		
1. การวางแผนด้านเวลาการทำงานผิดพลาด	2.167	2.026	0.842	0.315
2. การวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุผิดพลาด	1.643	1.410	1.435	0.039*
3. การวางแผนด้านการจัดส่งวัสดุผิดพลาด	1.691	1.410	1.807	0.242
4. การวางแผนด้านการดำเนินการประสานงานผิดพลาด	1.976	1.769	1.195	0.908
5. การวางแผนด้านแรงงานผิดพลาด	1.691	1.410	1.967	0.216
6. การวางแผนการใช้เครื่องจักรผิดพลาด	1.452	1.385	0.498	0.925
7. การเบิกจ่ายเงินตามงวดงานที่ได้เงินล่าช้า	1.571	1.513	0.414	0.072
8. เกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท	1.429	1.256	1.369	0.020*
9. เกิดปัญหาความขัดแย้งของผู้ร่วมงาน	1.405	1.564	-1.367	0.190
10. ทำให้เกิดการแก้ไขงาน	1.691	1.513	1.205	0.426
11. มีการหยุดชะงักในระหว่างการทำงาน	1.476	1.333	1.197	0.024*
ภาพรวม	1.654	1.508	1.528	0.145

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบในงานก่อสร้างจากแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบก่อสร้างที่ผิดพลาดของโครงการบ้านจัดสรร ประเภทบ้านพักอาศัย ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ในครั้งนี้ ปรากฏได้ว่าความถี่ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น 3 อันดับแรกคือ 1) แบบก่อสร้างขัดแย้งกัน โดยการขัดแย้งระหว่างแบบโครงสร้างกับแบบสถาปัตยกรรมจะมีมากที่สุด 2) ข้อผิดพลาดด้านแบบก่อสร้างตกหล่น หรือไม่ครบถ้วน 3) แบบก่อสร้างขัดแย้งกับรายการประกอบแบบก่อสร้าง โดยแบบก่อสร้างมีความซับซ้อนยากต่อความเข้าใจ มีความถี่น้อยที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของกัลยา (2550) ซึ่งพบว่าข้อผิดพลาดที่พบมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) แบบก่อสร้างขัดแย้งกัน 2) ออกแบบไม่เหมาะสมกับการใช้งาน และ 3) ขาดรายละเอียดหรือให้รายละเอียดไม่ครบถ้วน ในส่วนของระดับผลกระทบในงานก่อสร้าง 3 ลำดับแรก คือ 1) การวางแผนด้านเวลาการทำงานผิดพลาด 2) การวางแผนด้านการดำเนินการประสานงานผิดพลาด และ 3) ทำให้เกิดการแก้ไขงาน และเกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท มีระดับผลกระทบเป็นอันดับสุดท้าย โดยในมุมมองของเจ้าของโครงการกับผู้รับเหมาด้านระดับผลกระทบในงานก่อสร้างจะมีความแตกต่างกันด้านการวางแผนด้านการจัดซื้อวัสดุผิดพลาด เกิดการขาดสภาพคล่องการหมุนเวียนเงินของบริษัท และมีการหยุดชะงักในระหว่างการทำงาน

จากข้อผิดพลาดที่มีผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างของงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเสนอแนะแนวทางในการป้องกันแก้ไขว่า ในส่วนของผู้ออกแบบควรทำการตรวจเช็คแบบก่อสร้าง หรือให้ผู้มีประสบการณ์ในงานก่อสร้างช่วยตรวจสอบอีกครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าแบบก่อสร้างมีจุดบกพร่องน้อยที่สุดก่อนนำไปใช้งาน รวมถึงจดบันทึกข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างเพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปแก้ไขสำหรับการจัดทำแบบก่อสร้างในอนาคต และในส่วนของผู้รับเหมาก็ควรมีการตรวจเช็คแบบก่อสร้างก่อนการประมูลงานให้ละเอียด เพื่อจะได้หาแนวทางแก้ไขร่วมกับผู้ออกแบบ และก่อนดำเนินการก่อสร้างก็ควรทบทวนตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งเพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการก่อสร้างโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

ใคร่ขอขอบคุณนายอาทิตย์ สายวงค์ และนักศึกษาสาขาวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ช่วยเก็บข้อมูลการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กมลวัลย์ ลือประเสริฐ. 2546. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 18-5421 ระบบคุณภาพในงานก่อสร้าง**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กัลยา จันทรกรัด. 2550. ข้อผิดพลาดของแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพของผู้รับเหมาในโครงการประเภทอาคารพักอาศัย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2558. **เทคนิคการเขียนเค้าโครงการวิจัย: แนวทางสู่ความสำเร็จ (ฉบับปรับปรุง).** อมรการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ฐิติกา กระตุฤกษ์. 2541. **หลักสถิติ.** มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ, กรุงเทพฯ.

นที สัมปุรณะพันธ์. 2554. **คู่มือการจัดทำแบบก่อสร้าง.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, เชียงใหม่.

บุญมี พันธุ์ไทย. 2545. **ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาการประเมิน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ. 2556. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สำนักงานสถิติจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2560. **รายงานสถิติจังหวัด นครศรีธรรมราช ปี พ.ศ. 2556-2558.** แหล่งที่มา : http://nksitham.nso.go.th, 8 เมษายน 2560.

Best, J. W. 1981. **Research in Education**, 4 th ed. Prentice – Hall Inc., New Jersey.

Glavinich, T. E. 1995. Improving Constructability during Design Phase. **Journal of Architectural Engineering**. 1(2): 73-76.

Widyarti, M. 1999. **Impact of error and incomplete drawings & specifications in Indonesian building construction projects.** Asian Institute of Technology, Thailand.

ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกน้ำหนักเบาจากเถ้าปาล์มน้ำมัน

Light-weight Concrete Block Products from Oil Palm Ash

ประชุม คำพุฒ[1*] และ อมเรศ บกสุวรรณ[1]

Prachoom Khamput[1*] and Amres Boksuwan[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมบัติของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน กำหนดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภท 1: หินฝุ่น: เถ้าปาล์มน้ำมัน: น้ำ เท่ากับ 1: 6.7: 0.3: 0.6, 1: 6.6: 0.4: 0.6, 1: 6.5: 0.5: 0.6, และ 1: 6.4: 0.6: 0.6 โดยน้ำหนัก ผสมและขึ้นรูปคอนกรีตบล็อก ขนาด 7 x 19 x 39 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดคอนกรีตบล็อก ทำการทดสอบสมบัติตามมาตรฐาน มอก.58–2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกชนิดไม่รับน้ำหนัก และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ผลการทดสอบพบว่า คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน มีความหนาแน่น การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ลดลง ส่วนปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการศึกษานี้ คือ 1: 6.4: 0.6: 0.6

คำสำคัญ : คอนกรีตบล็อก, เถ้าปาล์มน้ำมัน, หินฝุ่น, ความต้านทานแรงอัด

ABSTRACT

This research aims to test the properties of concrete block mixed with oil palm ash as aggregates in products. The mix ratios of Portland cement type1: quarry dust: oil palm ash: water are 1: 6.7: 0.3: 0.6, 1: 6.6: 0.4: 0.6, 1: 6.5: 0.5: 0.6 and 1: 6.4: 0.6: 0.6 by weight. The concrete block samples were mixed and casted in 7 x 19 x 39 centimeter by the concrete block molding machine. The concrete block sample testing follows the TIS 58-2533 standard on non-load bearing concrete blocks. From the results, the density, volumetric change, compressive strength, and thermal conductivity of concrete block mixed with oil palm ash lower than the common concrete block. In addition, the moisture content and water absorption are higher than the common concrete block. The optimal ratio in this work 1: 6.4: 0.6: 0.6

Keywords : Concrete Block, Oil Palm Ash, Crushed dust, Compressive strength

---

[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Khonghok, Thanyaburi, Pathumtani 12110, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : prachoom.k@en.rmutt.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันและผลผลิตเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยผลผลิตอยู่ที่ ประมาณ 11-13 ล้านตัน/ปี สกัดน้ำมันปาล์มได้ 2 ล้านตัน คิดเป็น 1.2% ของโลก ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบของไทยส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ และมีการกระจายไปในพื้นที่ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยปัจจุบันไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 4.7 ล้านไร่ และมีผลผลิต 11 ล้านตัน (ปี 2558) โดยพื้นที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 5% และผลผลิตเพิ่มขึ้น 7% ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา (วารีรัตน์, 2559) ซึ่งผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะเป็นรูปแบบของชีวมวล และจากผลการศึกษาศักยภาพชีวมวลในประเทศไทย พบว่ากะลาปาล์มและเส้นใยปาล์มเป็นชีวมวลที่มีการนำมาใช้จนหมด (อุบลรัตน์, 2556) และปัจจุบันต้องนำเข้ากะลาปาล์มจากมาเลเซียและอินโดนีเซีย ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลของชีวมวลจากปาล์มน้ำมันดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าย่อมต้องมีเถ้าปาล์มน้ำมันเป็นวัสดุเหลือทิ้งภายในโรงงานที่ต้องทำการกำจัดทิ้งอยู่เป็นจำนวนมาก

เถ้าปาล์มน้ำมัน เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการนำกากของปาล์มน้ำมัน ได้แก่ เศษกะลา เส้นใย ทางใบ ใบ และทลายปาล์มเปล่าของผลปาล์ม เผาเป็นเชื้อเพลิงให้กับหม้อกำเนิดไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า มีอุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ประมาณ 800-900 องศาเซลเซียส (ชัย, 2553) เมื่อพิจารณาการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้งานในปัจจุบันมุ่งเน้นด้านการเป็นวัสดุปอซโซลานสำหรับทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน (วีระชาติ และคณะ, 2546) ซึ่งต้องนำมาทำการบดย่อยให้ละเอียดขนาดเท่ากับปูนซีเมนต์ ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 จึงเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก เมื่อมาทำการผลิตในเชิงพาณิชย์ยังไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในระดับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม หรือวิสาหกิจชุมชน ซึ่งหากมีวิธีการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้ประโยชน์โดยไม่ต้องบดย่อยได้ ก็จะเป็นการใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าเป็นอย่างยิ่ง

คอนกรีตบล็อก เป็นวัสดุก่อผนังที่ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย หินฝุ่น และน้ำ มีลักษณะเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ผู้ผลิตคอนกรีตบล็อกส่วนใหญ่เป็นวิสาหกิจชุมชน ชาวบ้าน และโรงงานขนาดเล็ก ผลิตด้วยใช้เครื่องจักรที่สร้างได้เองภายในประเทศ แต่ด้วยสมบัติที่ด้อยกว่าอิฐมวลเบา เช่น มีน้ำหนักมาก ไม่เป็นฉนวนป้องกันความร้อน ไม่ดูดซับเสียง และแตกหักง่าย ตลาดคอนกรีตบล็อกจึงถูกทดแทนด้วยอิฐมวลเบาที่มีสมบัติที่ดีกว่า แต่ด้วยต้นทุนที่สูงและเครื่องจักรที่ต้องนำเข้าของอิฐมวลเบา จึงส่งผลต่อราคาค่าก่อสร้างที่สูงขึ้น ดังนั้นเมื่อนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาออกแบบส่วนผสมให้พอเหมาะกับการใช้งาน ก็จะทำให้คอนกรีตบล็อกมีคุณสมบัติต่าง ๆ ผ่านตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก (สมอ., 2533) อีกทั้งยังช่วยให้คอนกรีตบล็อกมีน้ำหนักที่เบาลง และช่วยลดปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เป็นปัญหาในการบริหารจัดการเป็นอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ได้นั้นสามารถพัฒนาต่อเป็นวัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารเขียวในอนาคตได้อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

1) เถ้าปาล์มน้ำมัน จากโรงไฟฟ้าชีวมวล จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 1ก)
2) หินฝุ่น จากจังหวัดสระบุรี (ภาพที่ 1ข)
3) ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1
4) น้ำประปา
5) เครื่องชั่งน้ำหนัก
6) แบบหล่อคอนกรีตบล็อกกลวงขนาด 7 x 19 x 39 ลูกบาศก์เซนติเมตร
7) เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

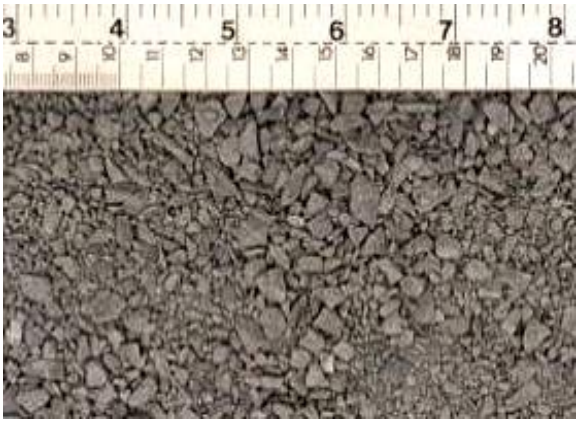
8) เครื่องอัดคอนกรีตบล็อกแบบสั่นเขย่ากึ่งอัตโนมัติ

9) เครื่องทดสอบเอนกประสงค์ (Universal Testing Machine)

10) เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อน



ภาพที่ 1ก เถ้าปาล์มน้ำมันปกติ



ภาพที่ 1ข หินฝุ่น

ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของเถ้าปาล์มน้ำมันและหินฝุ่น

2. การออกแบบส่วนผสมของคอนกรีตบล็อก

ทำการกำหนดส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกที่ใช้ในการทดลอง โดยอ้างอิงจากส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกทั่วไป คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ต่อหินฝุ่นต่อน้ำประปา เท่ากับ 1: 7: 0.6 แล้วทำการทดลองผสมทั้งหมด 3 ครั้ง โดยแทนที่หินฝุ่นด้วยเถ้าปาล์มน้ำมัน ทดลองครั้งแรกเพื่อตรวจพินิจผลการขึ้นรูปก้อนตัวอย่างว่าสามารถอัดขึ้นรูปและนำออกจากแบบหล่อโดยไม่แตกหักเสียหาย และไม่มีฝุ่นผงเถ้าปาล์มน้ำมันติดมือเวลาสัมผัส การทดลองครั้งที่สองเพื่อหาค่าความต้านทานแรงอัดเบื้องต้นจากอัตราส่วนของคอนกรีตบล็อกที่ได้จากการทดลองในครั้งแรก ว่ามีอัตราส่วนใดที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานบ้าง หลังจากนั้นเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมมากที่สุดมาทำการทดลองครั้งที่สาม จำนวน 4 อัตราส่วน ทำการขึ้นรูปก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกและทดสอบสมบัติต่าง ๆ อย่างละเอียดตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก โดยอัตราส่วนที่เลือกมาทำการทดลองในครั้งที่สาม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่หินฝุ่นบางส่วนโดยน้ำหนัก

อัตราส่วน	ปูนซีเมนต์	หินฝุ่น	เถ้าปาล์มน้ำมัน	น้ำ
1 : 7 : 0	1	7	0	0.6
1 : 6.7 : 0.3	1	6.7	0.3	0.6
1 : 6.6 : 0.4	1	6.6	0.4	0.6
1 : 6.5 : 0.5	1	6.5	0.5	0.6
1 : 6.4 : 0.6	1	6.4	0.6	0.6

3. การขึ้นรูปตัวอย่างคอนกรีตบล็อกและการทดสอบสมบัติ

ทำการขึ้นรูปชิ้นตัวอย่างการทดสอบทั้งหมด ตามมาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) อบเถ้าปาล์มน้ำมันด้วยเตาอบให้มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12

2) ชั่งส่วนผสมของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน ตามอัตราส่วนที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

3) ผสมปูนซีเมนต์และเถ้าปาล์มน้ำมันให้เข้ากัน โดยใช้เครื่องผสมคอนกรีตแบบกระทะ

4) แบ่งน้ำประปาออกเป็น 2 ส่วน เติมน้ำประปาส่วนที่ 1 ลงในส่วนผสมแล้วผสมให้ส่วนผสมเข้ากัน

5) ทยอยเทหินฝุ่นลงในส่วนผสมพร้อมกับทยอยเติมน้ำประปาส่วนที่ 2 และผสมจนส่วนผสมเข้ากันทั้งหมด

6) นำส่วนผสมที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ไปเทใส่ในแบบของเครื่องอัดคอนกรีตบล็อกจนเต็ม

7) อัดส่วนผสมด้วยเครื่องอัดบล็อกแบบสั่นเขย่า ได้ตัวอย่างคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมัน ขนาด 9x19x39 ซม. (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 อัดส่วนผสมด้วยเครื่องอัดบล็อกแบบสั่นเขย่า

8) นำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันออกจากเครื่องอัด แล้วใช้แท่นพลิกคอนกรีตบล็อก เพื่อทำการถอดแบบ

9) ภายหลังจากก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกแข็งตัวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้นำคอนกรีตบล็อกที่ได้ไปกองบ่มในที่ร่มตามระยะเวลาที่ต้องการ 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วจึงนำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันไปทำการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ประกอบด้วย ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร ความต้านทานแรงอัด (ภาพที่ 3) และสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

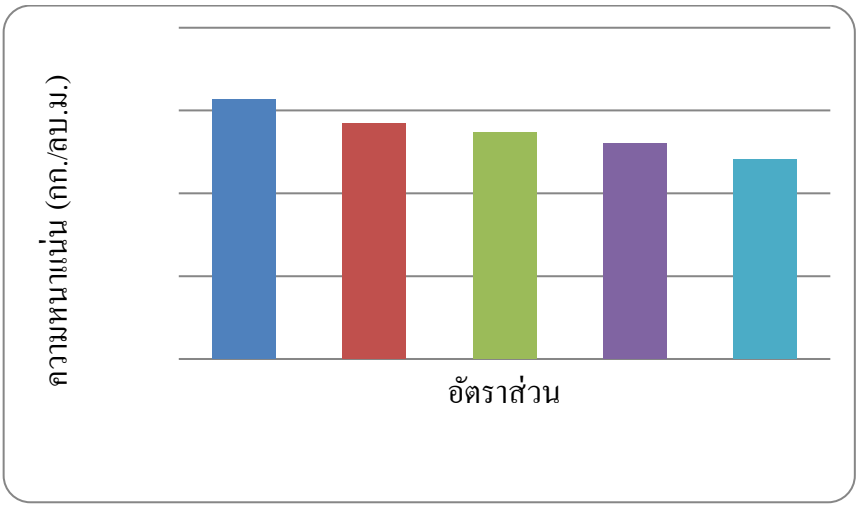


ภาพที่ 3 ทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อก

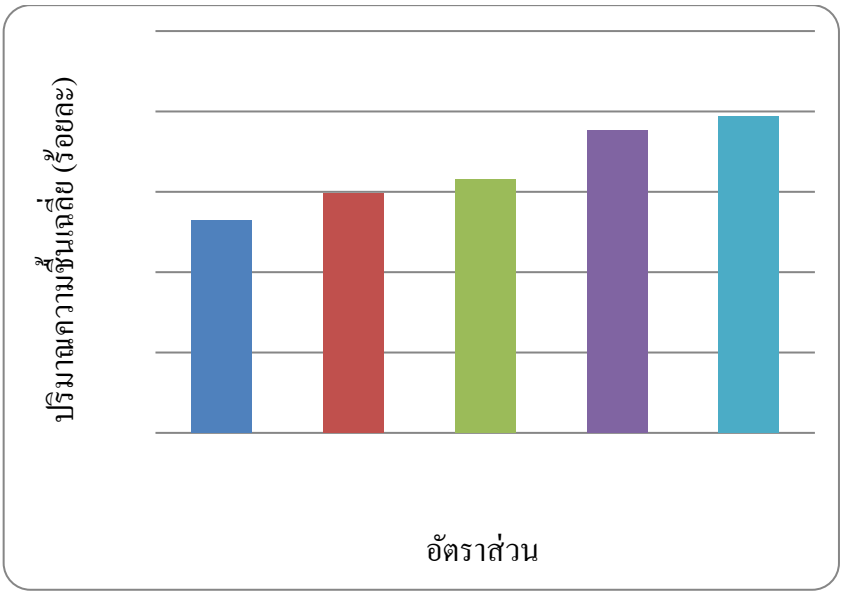
ผลและวิจารณ์ผล

1. ความหนาแน่น ปริมาณความชื้น การดูดซึมน้ำ

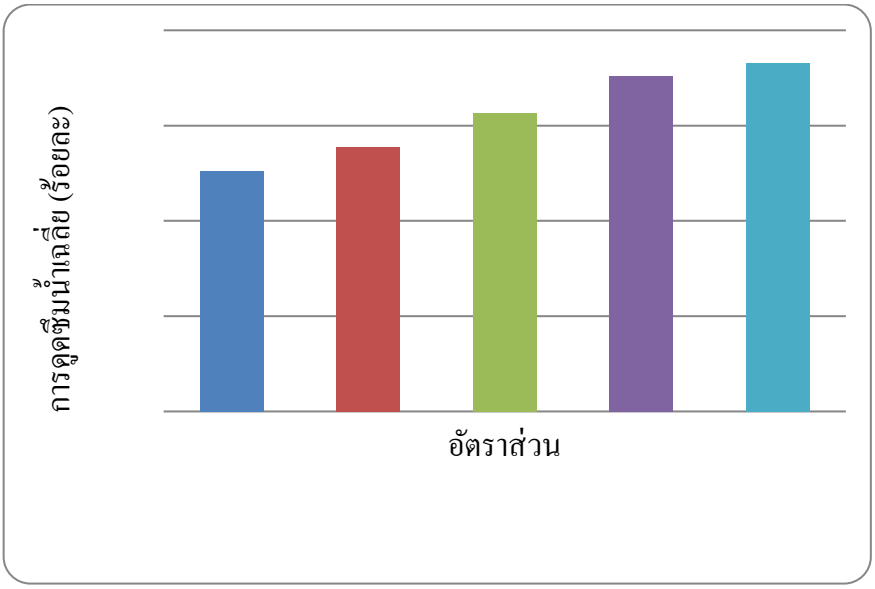
เมื่อทำการบ่มก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกตามกำหนดระยะเวลา 28 วัน จึงนำมาทำการทดสอบความหนาแน่น ปริมาณความชื้น และการดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อก ตามมาตรฐาน มอก. 109-2517 เรื่อง วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึงทำด้วยคอนกรีต (สมอ., 2517) ที่อายุ 28 วัน โดยทำการทดสอบอัตราส่วนละ 30 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ย (ตามมาตรฐานกำหนดให้ชักตัวอย่าง 10 ก้อน) ได้ผลการทดสอบตามภาพที่ 4 - 6 ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่า เมื่อผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงตามลำดับ (คอนกรีตทั่วไป มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และคอนกรีตบล็อกทั่วไปมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1,700 – 2,100 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่ปริมาณความชื้นเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากเถ้าปาล์มน้ำมันมีน้ำหนักเบากว่าหินฝุ่นและมีค่าถ่วงจำเพาะต่ำกว่าหินฝุ่นและปูนซีเมนต์ (ค่าความถ่วงจำเพาะของเถ้าปาล์มน้ำมันจากงานวิจัยที่ไม่บดมีค่าต่ำเพียง 1.9 - 2.3 ในขณะที่ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 และหินฝุ่น มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 3.15 และ 2.72 ตามลำดับ) เมื่อนำเถ้าปาล์มน้ำมันไปแทนที่หินฝุ่นในปริมาณมากขึ้นจึงทำให้คอนกรีตบล็อกมีความหนาแน่นลดลง แต่การที่เถ้าปาล์มน้ำมันเมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดการเกาะตัวกันแน่นเป็นก้อน จึงทำให้ความหนาแน่นลดต่ำลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลให้น้ำหนักของก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกที่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันมีความเบาลงไม่มากนัก ส่วนในด้านของปริมาณความชื้นที่สูงขึ้นนั้น เนื่องจากเนื้อของเถ้าปาล์มน้ำมันผ่านการเผาไหม้ด้วยอุณหภูมิสูงและมีความละเอียดมากกว่าหินฝุ่น จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่า ส่งผลทำให้คอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่ได้จากการทดลอง มีความชื้นสูงมากขึ้นตามลำดับของการใส่ปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นไปในลักษณะที่น้อยมาก จึงถือได้ว่าไม่มีผลต่อการทำงาน เมื่อนำคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันไปใช้งานก่อ-ฉาบผนัง ส่วนปริมาณการดูดซึมน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นและอยู่ภายในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้คือต้องไม่มากกว่าร้อยละ 25 (ซึ่งทุกอัตราส่วนที่ทำการทดสอบมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ในช่วงร้อยละ 7-11) จึงไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาการดูดน้ำของปูนฉาบแต่อย่างใด



ภาพที่ 4 ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน



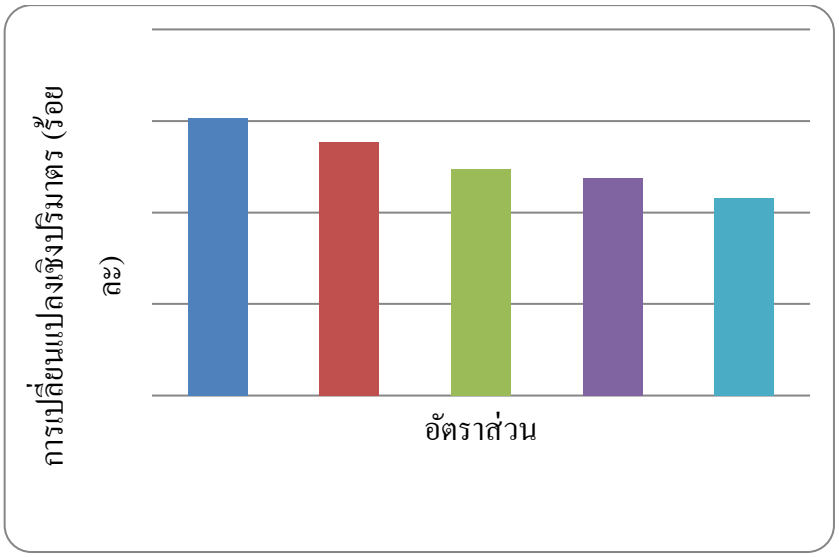
ภาพที่ 5 ปริมาณความชื้นของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน



ภาพที่ 6 การดูดซึมน้ำของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

2. การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตร

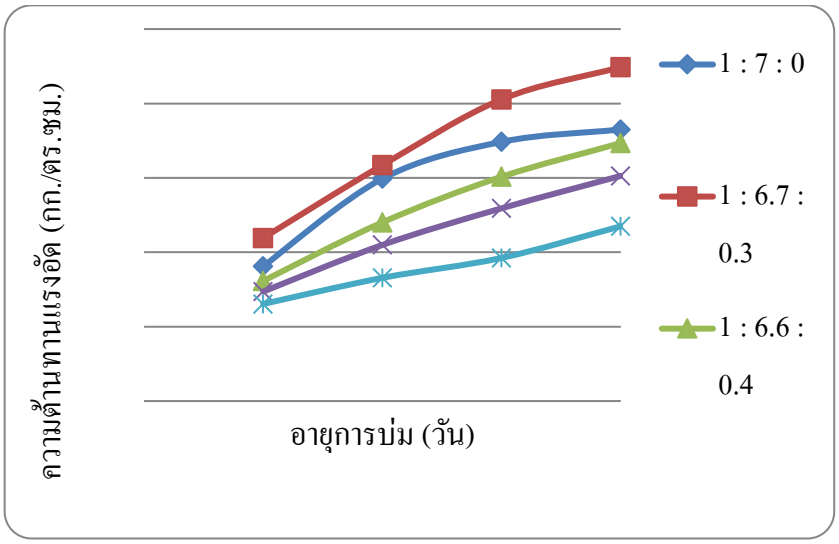
ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรโดยการนำคอนกรีตบล็อกอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน ไปทำการอบและนำมาวัดมิติเชิงปริมาตรได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 7 พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนต่าง ๆ มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องมาจากเถ้าปาล์มน้ำมันที่ทำการผสมมีส่วนที่เป็นผงละเอียดมาก คือปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 325 ซึ่งมีคุณสมบัติการเป็นวัสดุปอซโซลาน (ปริญญา และชัย, 2555) มีจำนวนประมาณร้อยละ 10 ของปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันทั้งหมด เป็นส่วนที่สามารถแทรกตัวเข้าไปในเนื้อคอนกรีตบล็อกได้ดีและทำปฏิกิริยากับซีเมนต์ ทำให้เนื้อคอนกรีตบล็อกแน่นขึ้น โมเลกุลมีการยึดเกาะตัวกันดีขึ้น ส่งผลให้มีการหดตัวหรือขยายตัวน้อยลงตามไปด้วย



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

3. ความต้านทานแรงอัด

การทดสอบความต้านทานแรงอัดของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันที่อัตราส่วนต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคอนกรีตบล็อกปกติที่ไม่ผสมเถ้าปาล์มน้ำมันทำการทดสอบแรงอัดประลัยของก้อนคอนกรีตบล็อกแต่ละอัตราส่วน ตามจำนวนอายุการบ่ม 7, 14, 21 และ 28 วัน แล้วคำนวณเป็นค่าความต้านทานแรงอัด โดยใช้ค่าเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างคอนกรีตบล็อกอัตราส่วนละ 30 ก้อน ได้ผลการทดสอบดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงอัดและอายุการบ่มของคอนกรีตบล็อกที่อัตราส่วนต่าง ๆ

จากภาพที่ 8 ผลการทดสอบพบว่า ค่าความต้านทานแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอายุของคอนกรีตบล็อกที่มากขึ้น และเมื่อผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานแรงอัดลดลงตามลำดับ เนื่องจากเถ้าปาล์มน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นต่ำกว่าหินฝุ่นเมื่อเข้าไปแทนที่หินฝุ่นในปริมาณที่มากขึ้นจึงมีผลทำให้ความแข็งแรงของคอนกรีตลดลง อีกทั้งเถ้าปาล์มน้ำมันมีขนาดเล็กมากจึงมีความต้องการน้ำสูง ส่งผลให้ปริมาณน้ำที่ทำปฏิกิริยากับปูนซีเมนต์ลดน้อยลง ค่าความต้านทานแรงอัดจึงต่ำกว่าการใช้หินฝุ่นปกติ อย่างไรก็ดีที่อายุของคอนกรีตบล็อก 28 วัน ทุกอัตราส่วนมี

ค่าความต้านทานแรงอัด ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน ของ มอก.58-2533 ที่กำหนดไว้ เท่ากับ 25 กก./ตร.ซม. จึงสามารถนำไปใช้ในการก่อสร้างได้

4. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน

การทดสอบสัมประสิทธิ์การนำความร้อนเพื่อต้องการทราบว่าการนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาเป็นส่วนผสมแทนที่หินฝุ่นบางส่วนในผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกจะช่วยให้คอนกรีตบล็อกที่ได้มีความสามารถในการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นหรือไม่เพียงใด โดยส่งตัวอย่างคอนกรีตบล็อกขนาด 30x30x5 ซม. ไปทำการทดสอบที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ ตามมาตรฐาน ASTM C518 (2015) ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2 พบว่าเมื่อผสมเถ้าปาล์มน้ำมันแทนที่หินฝุ่นในปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกมีค่าต่ำลงตามลำดับ ทั้งนี้เป็นไปตามแนวทางของวัสดุที่มีความหนาแน่นน้อยก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำลงตามไปด้วย ซึ่งแสดงว่าเถ้าปาล์มน้ำมันมีส่วนช่วยทำให้วัสดุก่อสร้างมีคุณสมบัติการเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นได้ เถ้าปาล์มน้ำมันจึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างชนิดอื่น ๆ ที่เป็นวัสดุฉนวนความร้อนและเป็นวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของคอนกรีตบล็อกผสมเถ้าปาล์มน้ำมันอัตราส่วนต่าง ๆ ที่อายุ 28 วัน

อัตราส่วน	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์/เมตร-เคลวิน)
1 : 7 : 0	0.379
1 : 6.7 : 0.3	0.318
1 : 6.6 : 0.4	0.311
1 : 6.5 : 0.5	0.302
1 : 6.4 : 0.6	0.287

สรุปผลการวิจัย

การนำเถ้าปาล์มน้ำมันมาใช้แทนที่หินฝุ่นบางส่วนในการผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อก ได้ทำการศึกษาทดลองผสมถึง 3 ครั้ง ด้วยกัน จนกระทั่งได้ส่วนผสมที่ทำการขึ้นรูปได้สะดวกโดยไม่แตกหักง่ายและไม่มีฝุ่นผงของเถ้าปาล์มน้ำมันติดมือ นำมาทำการทดสอบหาคุณสมบัติต่าง ๆ อย่างละเอียด 4 อัตราส่วนด้วยกัน คือ อัตราส่วนปูนซีเมนต์ ต่อ หินฝุ่น ต่อ เถ้าปาล์มน้ำมัน ต่อน้ำประปา (โดยน้ำหนัก) เท่ากับ 1: 6.7: 0.3: 0.6, 1: 6.6: 0.4: 0.6, 1: 6.5: 0.5: 0.6, และ 1: 6.4: 0.6: 0.6 ตามลำดับ ทำการทดสอบคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางกล ผลการทดสอบพบว่า ด้านสมบัติทางกายภาพ ความหนาแน่นของคอนกรีตบล็อกลดลงตามปริมาณเถ้าปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันปริมาณความชื้นและการดูดซึมน้ำจะเพิ่มมากขึ้น ด้านการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรลดลงเล็กน้อย ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอยู่ประมาณช่วง 0.287 - 0.318 วัตต์/เมตร-เคลวิน ซึ่งต่ำกว่าคอนกรีตบล็อกทั่วไปเล็กน้อย สมบัติทางกลในด้านความต้านทานแรงอัด มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของคอนกรีตบล็อกมากขึ้น โดยที่เมื่อผสมเถ้าปาล์มน้ำมันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้แนวโน้มของความต้านทานแรงอัดลดลง แต่ทุกอัตราส่วนที่ทำการทดสอบ ค่าความต้านทานแรงอัดที่อายุ 28 วัน สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก.58-2533 เรื่อง คอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก ที่กำหนดค่าไว้ไม่น้อยกว่า 25 กก./ตร.ซม. โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งาน คืออัตราส่วน 1: 6.4: 0.6: 0.6 เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดในขณะที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทุกประการ

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยประเภทงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ ความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

เอกสารอ้างอิง

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2553. เถ้าปาล์มน้ำมัน : วัสดุปอซโซลานในอนาคตสำหรับคอนกรีต. **วารสารคอนกรีต.** สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 9 : 8 หน้า.

ปริญญา จินดาประเสริฐ และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. **ปูนซีเมนต์ ปอซโซลาน และคอนกรีต.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สมาคมคอนกรีตแห่งประเทศไทย. 381 หน้า.

วรรณวิลัย ไชยสาร. 2550. การเผาซินเตอร์แบบสองระยะของเซรามิกแบเรียมไทเทเนต. **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร** 3(2): 149–158.

วารีรัตน์ เพชรสีช่วง. 2559. แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2559-61 อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน. Krungsri Research. 6 หน้า.

วีรชาติ ตั้งจิรภัทร, จตุพล ตั้งปกาศิต, ศักดิ์สินธุ์ แววคุ้ม และชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2546. วัสดุปอซโซลานชนิดใหม่จากเถ้าปาล์มน้ำมัน. **วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.**, 26(4) : 459-474.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2533. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.58 เรื่องคอนกรีตบล็อกไม่รับน้ำหนัก.** กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2517. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.109 เรื่อง วิธีชักตัวอย่างและการทดสอบวัสดุงานก่อซึ่งทำด้วยคอนกรีต.** กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

อุบลรัตน์ หวังรักษ์ดีสกุล. 2556. การวิเคราะห์ระบบการผลิตน้ำมันปาล์มและการใช้อรรถประโยชน์จากของเสียเพื่อเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนอย่างยั่งยืน วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ASTM C518-15. 2015. Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus. **ASTM International**. West Conshohocken, PA.

การวิเคราะห์ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศที่ภาคกลาง และภาคเหนือ ของประเทศไทย และประเทศลาว

Analysis of Precipitable Water in Atmosphere at Central region and North of Thailand and Laos

รุสมาดี สะบูดิง[1*] สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1] และ ฮูเซ็ง ชายดานา[1]

Rusmadee Sabooding[1*] Sommkorn Chaiwarakorn[1] and Huseng Chaidana[1]

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปริมาณไอน้ำรายวัน และรายวันเฉลี่ยต่อเดือนที่เชียงใหม่ และนครปฐม สำหรับประเทศไทย หลวงน้ำทาของประเทศลาว โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์จากเครื่องซันโฟโตมิเตอร์ ที่ทำการวัดที่สถานีวัด 3 แห่ง คือศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ (18.78°N 98.98°E) นครปฐม (13.82°N 100.04°E) และหลวงน้ำทา (20.93°N 101.42°E) จากนั้นได้นำข้อมูลจำนวน 7 ปี มาทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของปริมาณไอน้ำ ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในรอบปีของปริมาณไอน้ำสำหรับทั้ง 3 สถานี มีลักษณะคล้ายกัน

คำสำคัญ : ปริมาณไอน้ำ, เครื่องซันโฟโตมิเตอร์, ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ

ABSTRACT

In this work, precipitable water (W) at Chiang-mai and Nakhon-pathom for Thailand Luang-namtha of Laos. In the case daily and monthly average precipitable water. The investigation was based the solar spectrum from sunphotometers measured at 3 location: Chiang mai meteorological station (18.78°N 98.98°E) Nakhon pathom (13.82°N 100.04°E) and Luang namtha (20.93°N 101.42°E). The spectral data for the period 7 year from these measurements was precipitable water (W). It was found that the seasonal variation of W for the three sites have a similar pattern.

Keyword: Precipitable Water, Sunphotometer, Precipitable Water in Atmosphere

---

[1] สาขาฟิสิกส์. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1] Department of Physics, Faculty of Science technology and agriculture, Yala rajabhat University, Sateng, Muang, Yala 95000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : Sabooding081@gmail.com

บทนำ

โดยปกติรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านบรรยากาศเข้ามายังพื้นโลกจะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับรังสีที่อยู่นอกบรรยากาศ ทั้งนี้เนื่องจากบรรยากาศของโลกมีการดูดกลืนและกระเจิงรังสีแสงอาทิตย์ ในการศึกษาพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ (Gautier et al., 1980) รังสีแสงอาทิตย์เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อสมดุลความร้อนของระบบบรรยากาศของโลก เป็นรูปแบบของการศึกษาสภาพภูมิอากาศ โดยปกติปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เข้ามายังโลกในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆมีค่าประมาณ 78% ในวันที่มีเมฆประมาณ 25% ของรังสีดวงอาทิตย์ ในการศึกษารังสีแสงอาทิตย์เพื่อใช้ประโยชน์สำหรับการวางแผนการใช้เทคโนโลยีรังสีแสงอาทิตย์ในรูปต่างๆ จำเป็นต้องทราบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่ ณ บริเวณที่ตั้งของระบบพลังงานแสงอาทิตย์นั้นๆ ปริมาณไอน้ำเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ (Excell, 1978; Leckner, 1978) โดยทั่วไปไอน้ำเป็นองค์ประกอบของบรรยากาศที่แสดงให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ การก่อตัวของเมฆ และก่อให้เกิดฝน หมอก หิมะ ลูกเห็บ เป็นต้น นอกจากนี้ปริมาณไอน้ำในบรรยากาศมีอิทธิพลที่สำคัญต่อการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก กล่าวคือไอน้ำในบรรยากาศจะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นกว้าง $(0.25-4.0\mu m)$ ได้ถึง 15 % (Nunez, 1993: 607-627) การดูดกลืนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ โดยปกติเราจะแสดงปริมาณไอน้ำในบรรยากาศในรูปของปริมาณไอน้ำกลั่นตัวได้ (Precipitable Water Vapor) ซึ่งจะบอกได้ในรูปของความสูงของน้ำในคอลัมน์ของบรรยากาศ โดยสมมติว่าไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในคอลัมน์ของบรรยากาศนั้นกลั่นตัวกลายเป็นน้ำ

จากปัญหาดังกล่าวจึงมีการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่าปริมาณไอน้ำ ได้แก่ Elies Campmany et al. (2010) ทำการศึกษาปริมาณไอน้ำ จากข้อมูลการตรวจอากาศชั้นบน รวมทั้งข้อมูล sunphotometer ที่ได้จาก AERONET และข้อมูลการวัดปริมาณไอน้ำแบบพกพา ซึ่งอยู่ในระหว่างปี 2001 ถึง 2004 ทีเมือง Barcelona ประเทศสเปน สรุปได้ว่าการวิเคราะห์สมการถดถอย (R^2) เท่ากับ 0.8 ส่วน Dingling Zhang et al. (2013) ได้จัดทำแผนที่แนวโน้มปริมาณไอน้ำ จากข้อมูลภาคพื้นดิน (อุตุนิยมวิทยา) และจากข้อมูลดาวเทียม Terra/MODIS ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน โดยจัดทำในช่วง ปี 1984-2009

นอกจากนี้ Xia Li et al. (2016) ได้พัฒนากระบวนการหาปริมาณไอน้ำ จากเครื่อง MFRSR ที่ภาคตะวันตกเฉียงเหนือ ประเทศจีน (2007-2010) นอกจากนี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Terra/MODIS และจากข้อมูล AERONET ผลการคำนวณพบว่ามีความแตกต่างในรูป RMSD = 9.1% ต่อมา Ke Gui et al. (2017) ได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณไอน้ำ ซึ่งอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 2011-2013 ในประเทศจีน ปริมาณไอน้ำดังกล่าวได้จากข้อมูลดาวเทียม Terra/MODIS รวมทั้งได้จากการตรวจอากาศชั้นบน และจากเครื่องซันโฟโตมิเตอร์ โดยเครือข่าย AERONET ตลอดจน Shaoqi Gong et al. (2018) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณไอน้ำ ทั้งในประเทศจีน เกาหลี และญี่ปุ่น โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Terra/MODIS และดาวเทียม FY-3A/MERSI อีกทั้งยังใช้ข้อมูลจากการตรวจอากาศชั้นบน และข้อมูล AERONET ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างในรูป RMSE อยู่ระหว่าง 2.2-17.0 mm และ MD อยู่ในช่วง -0.8 ถึง -12.7 mm

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเสนอที่จะนำการศึกษาปริมาณไอน้ำในบริเวณภาคกลาง และภาคเหนือ สำหรับประเทศไทย และประเทศลาว เพื่อให้ทราบธรรมชาติของปริมาณไอน้ำในบริเวณนี้ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

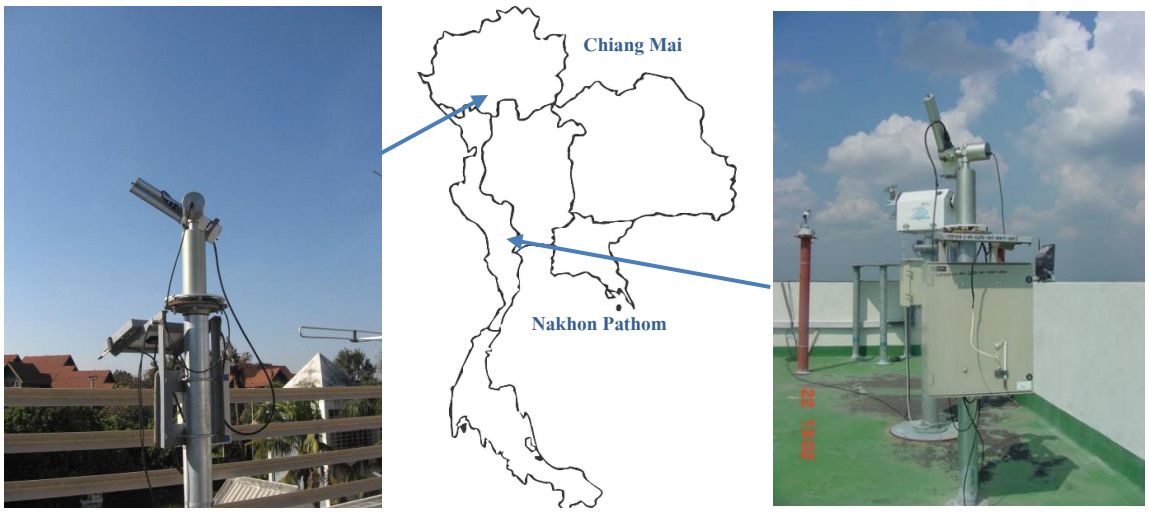
เครื่องซันโฟโตมิเตอร์

เครื่องซันโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดสเปกตรัมของรังสีดวงอาทิตย์ ที่ความยาวคลื่น 340nm, 380nm, 440nm, 500nm, 670nm, 870nm, 940nm และ 1020nm โดยเครื่องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องรุ่น CE-318 ของบริษัท Cimel Electronique ซึ่งใช้ในเครือข่าย AERONET (AEerosol RObotic NETwork) ขององค์การนาซา (NASA) เครื่องซันโฟโต

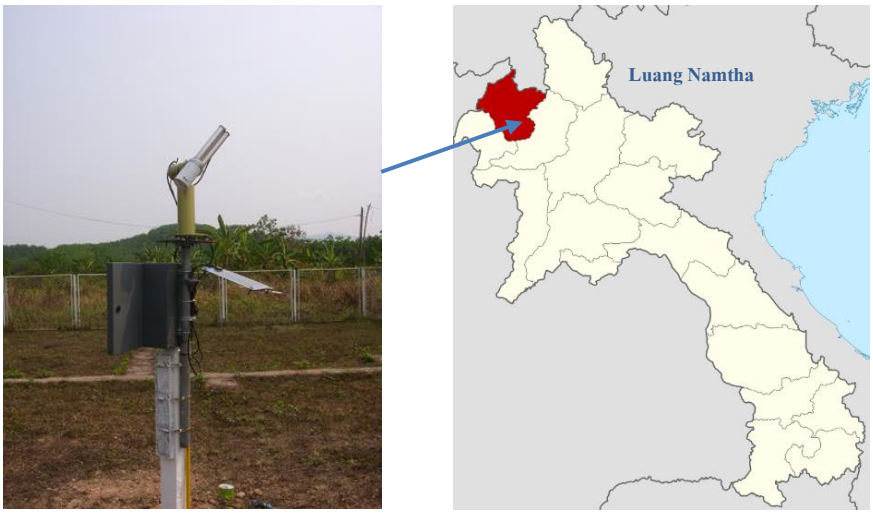
มิเตอร์ทำการวัดค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทุกๆ 15 นาที และทำการวัดรังสีกระจายโดยกวาดพร้อมกับวัดค่า 2 รูปแบบ คือ แบบมุมเงยคงที่ตามดวงอาทิตย์แต่กวาดไปทางซ้าย และขวาของดวงอาทิตย์ (almucantar) และแบบกวาดตามแนวดิ่ง คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องซันโฟโตมิเตอร์มีดังต่อไปนี้

- แต่ละความยาวคลื่นมี Bandwidth ประมาณ 10 nm
- ประกอบด้วยหัววัด และ collimator 2 ชุด คือ sun ซึ่งวัดสเปคตรัมจากดวงอาทิตย์ 8 ความยาวคลื่น และ sky จะวัด sky irradiance 4 ความยาวคลื่น คลื่น ได้แก่ 440 nm, 670 nm, 870 nm และ 1020 nm
- สามารถทำการวัดได้หลายรูปแบบ (Scenario) จึงทำการวัดได้ทั้งค่าความลึกเชิงแสง และคุณสมบัติที่ได้จากการกระเจิงอื่นๆ
- วัดค่าสเปคตรัม และ irradiance ในหน่วยของจำนวนนับต่อเวลา (count/s)
- มี sensor หาตำแหน่งดวงอาทิตย์แบบ 4 quadrant ที่มีความแม่นยำระดับ 0.1 องศา เมื่อมุมของ collimator ห่างจากดวงอาทิตย์ไม่เกิน 6 องศา
- มี Scenario ที่หลากหลาย และง่ายต่อการใช้งาน เช่น GOSUN ให้หาตำแหน่ง และทิศทางการวางที่เหมาะสมที่สุด
- มีระบบตรวจจับเมฆ (เพิ่มโดยองค์การนาซา)
- มีระบบหยุดทำงานในกรณีที่ฝนตก โดยใช้ wet sensor และระบบสั่งหยุดจากสเปคตรัมที่มีความเข้มน้อยกว่า 50 count/s
- ใช้สายโทรศัพท์ในการเชื่อมโยงส่วนต่างๆ ทำให้สามารถเพิ่มความยาว และออกแบบระบบให้ยืดหยุ่นขึ้นได้
- ใช้แบตเตอรี่ 2 ชุด คือ ชุดสำหรับ control box ขนาดความต่างศักย์ 6V และสำหรับ robot ขนาดความต่างศักย์ 12V
- สามารถประจุแบตเตอรี่ทั้งสองได้จากเซลล์สุริยะกำลังสูง หรือหม้อแปลงไฟฟ้า จึงทำให้ระบบพลังงานหล่อเลี้ยงมีความยืดหยุ่นสูง และไม่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากที่อื่นๆ
- มีขนาดกะทัดรัด และน้ำหนักเบา

แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งเครื่องวัด sunphotometer ที่ภาคกลาง และภาคเหนือของประเทศไทย และประเทศลาว ตามภาพที่ 1



ก)



ข)

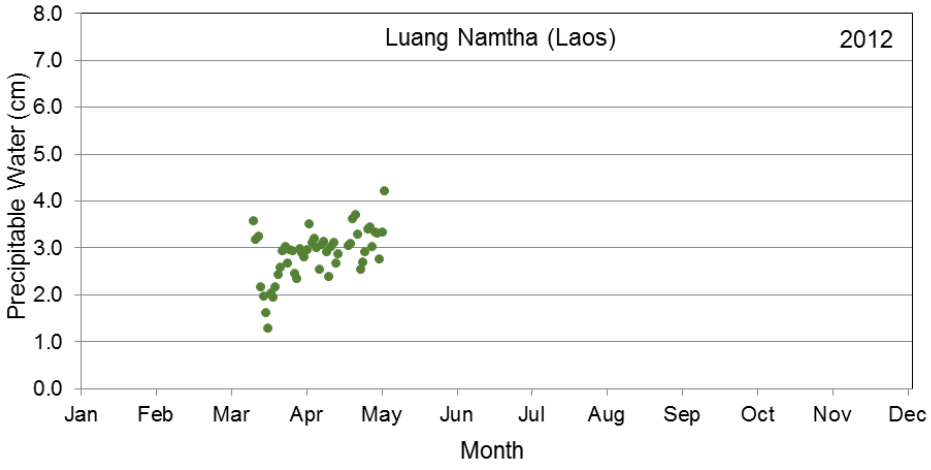
ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องวัด ก) ประเทศไทย ข) ลาว

การวิเคราะห์ข้อมูล

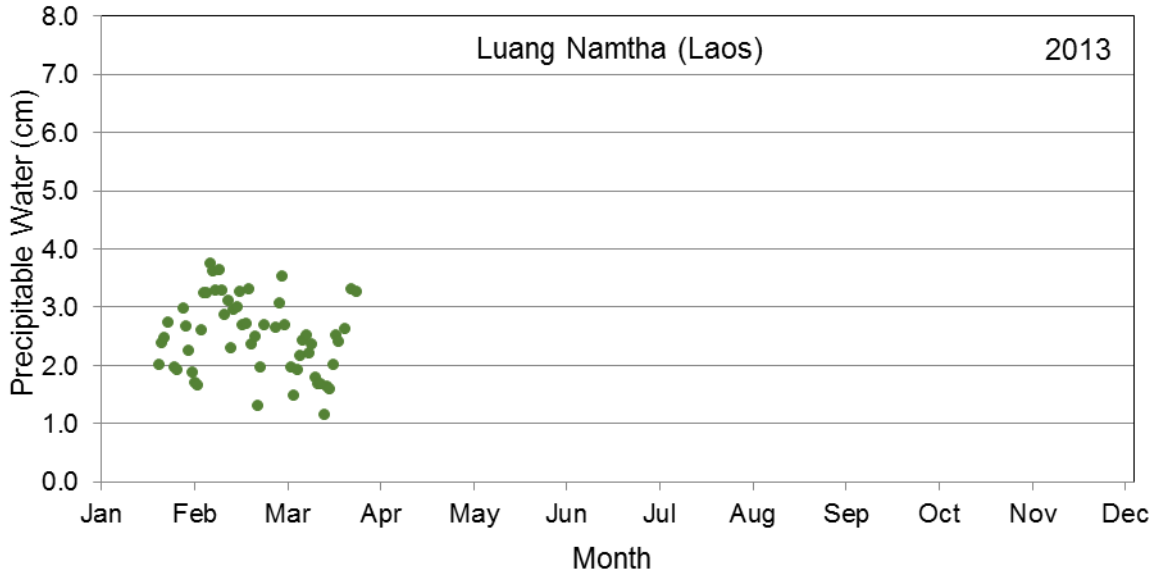
- ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณไอน้ำในรายวัน และรายเดือน
- ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของภาคเหนือ (18.78°N 98.98°E) และภาคกลาง (13.82°N 100.04°E) ของประเทศไทย หลวงน้ำทา (20.93°N 101.42°E) ในประเทศลาว

ผลและวิจารณ์ผล

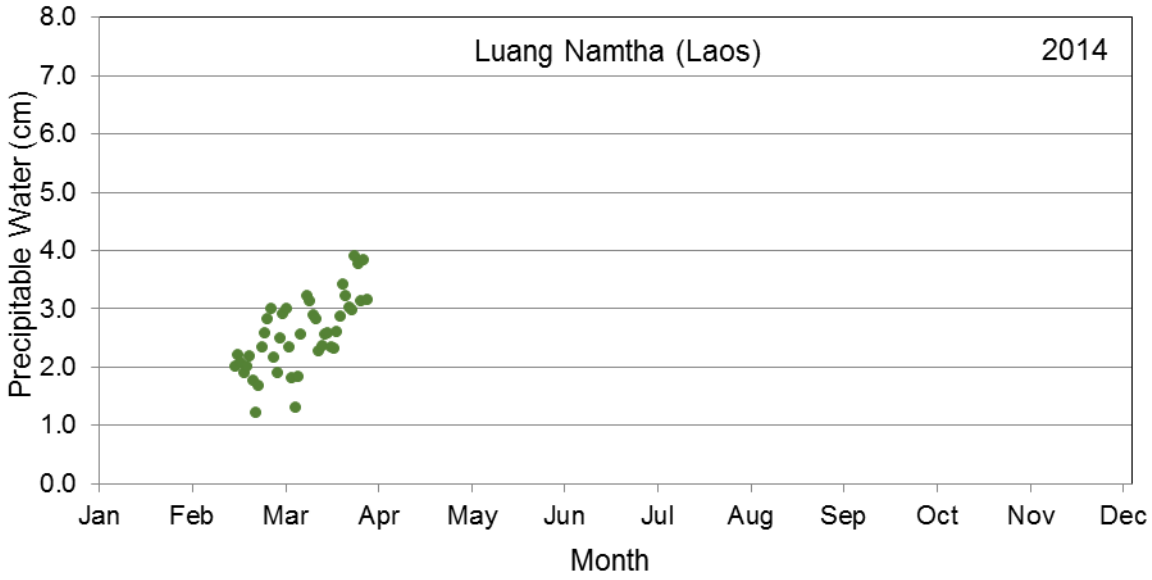
เครื่องซันโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดสเปกตรัมรังสีดวงอาทิตย์ที่ให้ค่าปริมาณไอน้ำ เมื่อนำค่าปริมาณไอน้ำที่หาได้ตลอดทั้งวันมาเฉลี่ยเป็นค่ารายวันแล้ว นำมาเขียนกราฟกับเวลา การเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำตามฤดูกาลในรอบปีของสถานีหลวงน้ำทา เชียงใหม่ และนครปฐม จะแสดงไว้ในภาพที่ 2-10 และภาพที่ 11 จะแสดงการเปรียบเทียบผลของทั้ง 3 สถานี



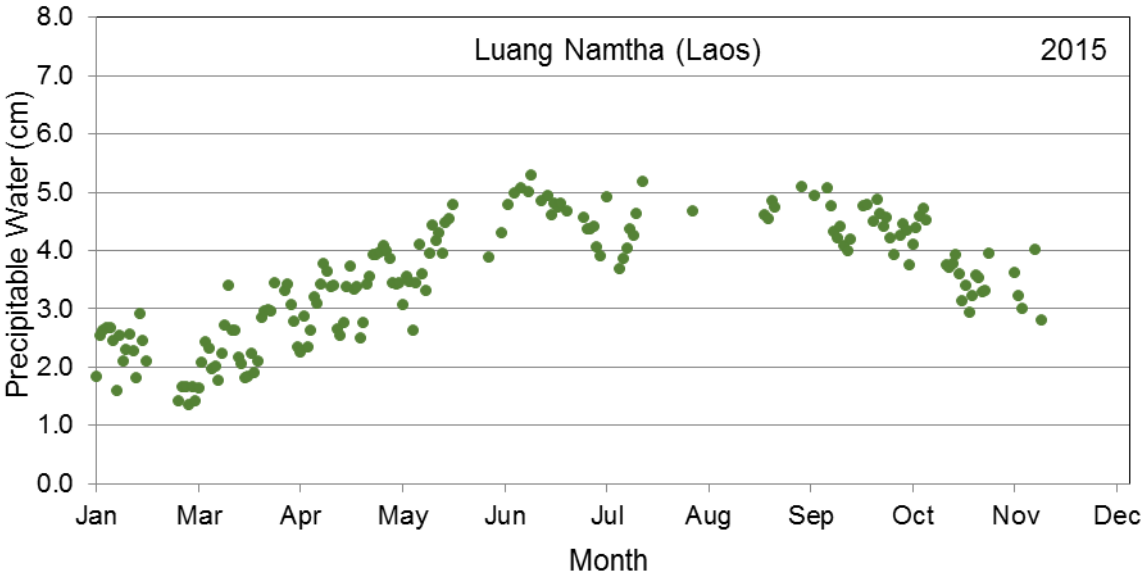
ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2012 ที่สถานีหลวงน้ำทา



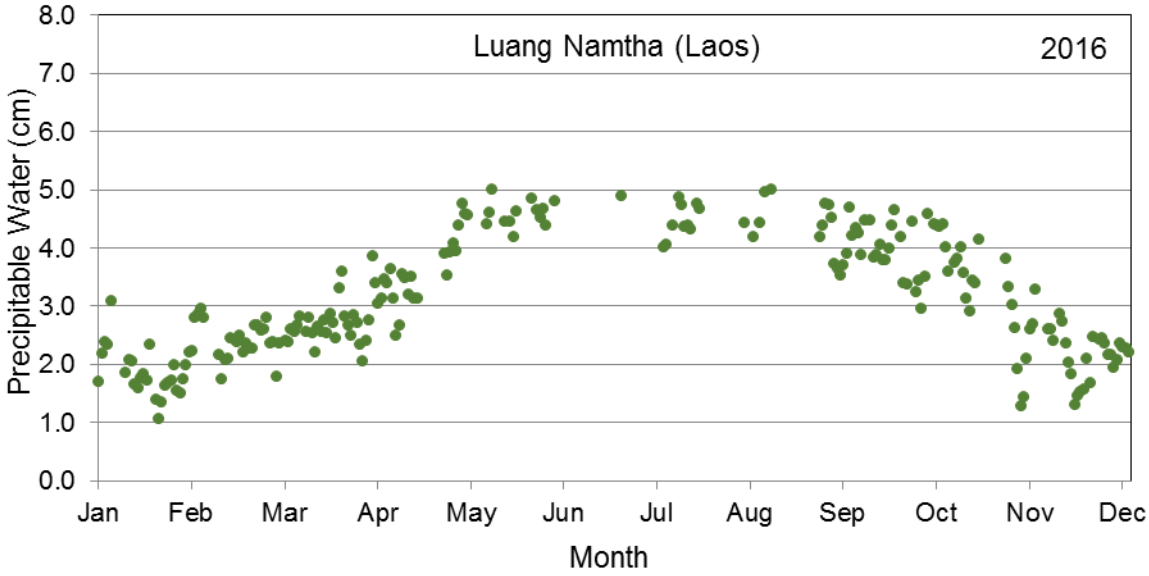
ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2013 ที่สถานีหลวงน้ำทา



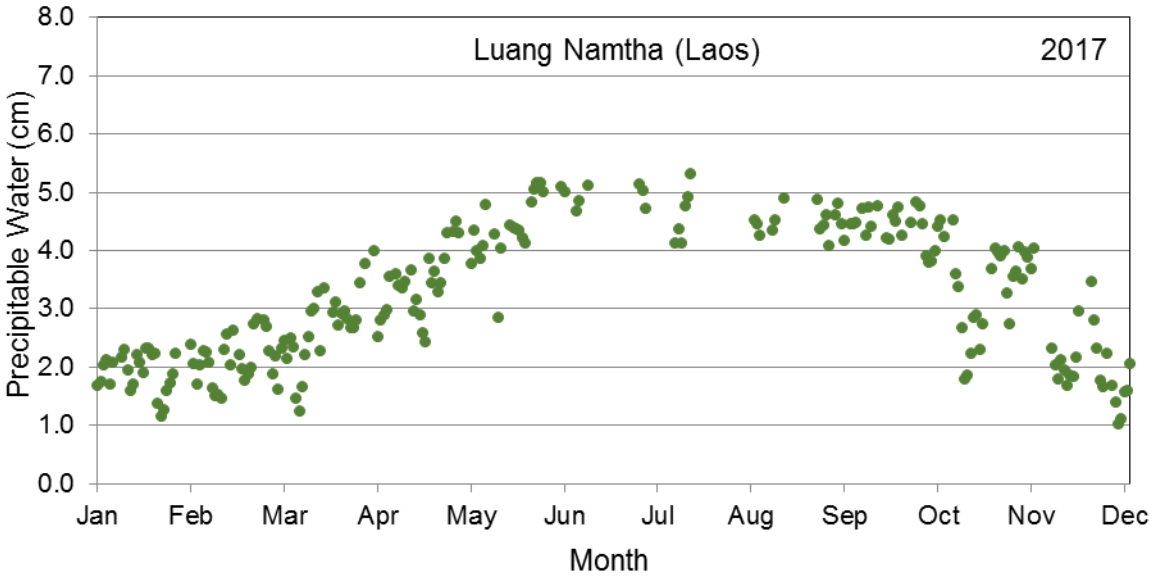
ภาพที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2014 ที่สถานีหลวงน้ำทา



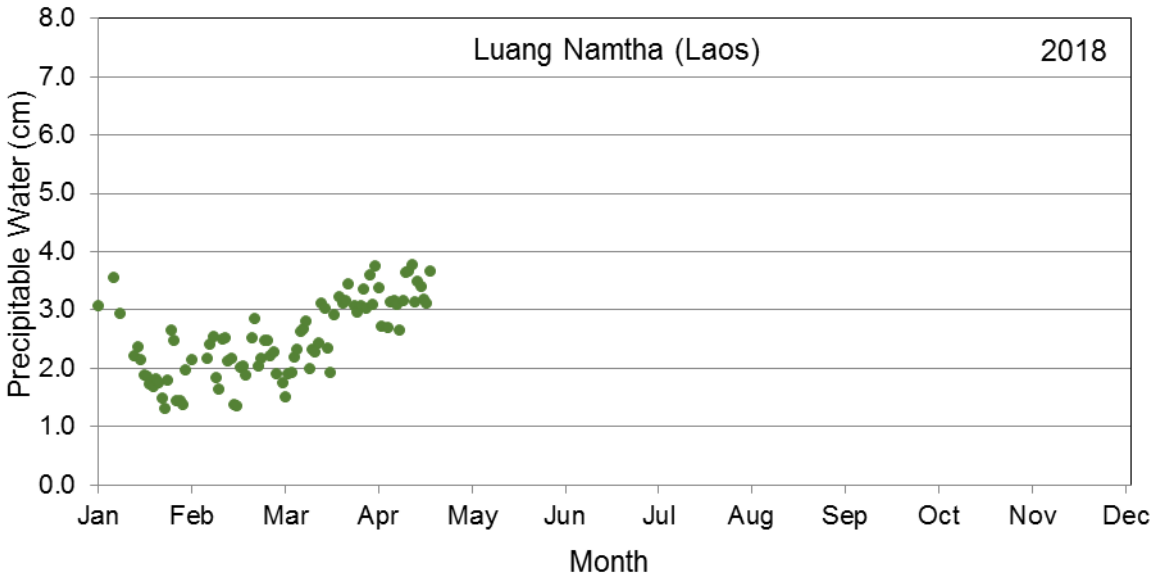
ภาพที่ 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2015 ที่สถานีหลวงน้ำทา



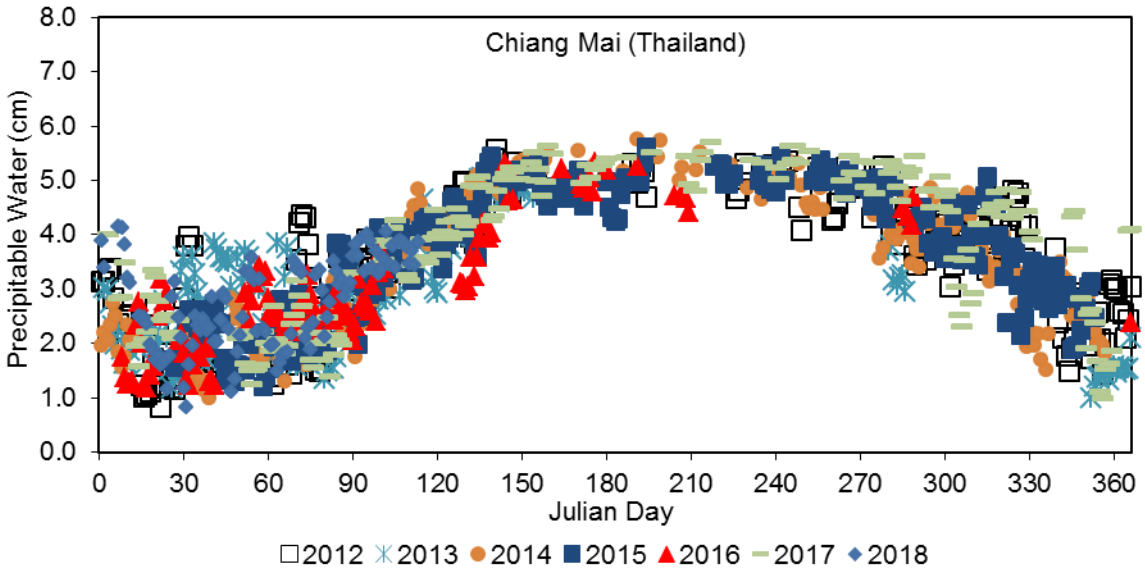
ภาพที่ 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2016 ที่สถานีหลวงน้ำทา



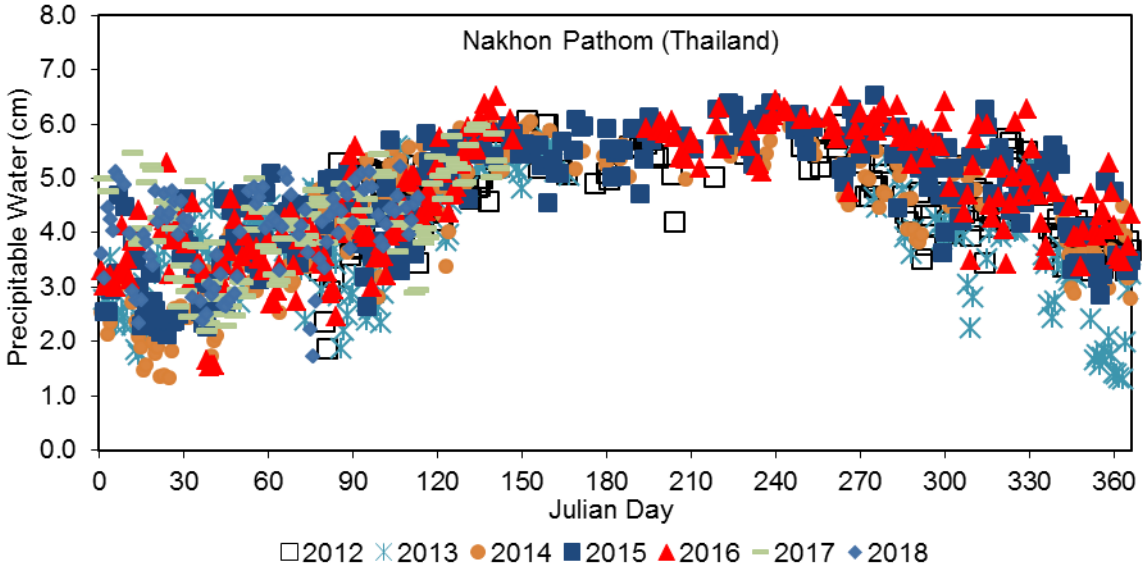
ภาพที่ 8 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2017 ที่สถานีหลวงน้ำทา



ภาพที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปี 2018 ที่สถานีหลวงน้ำทา

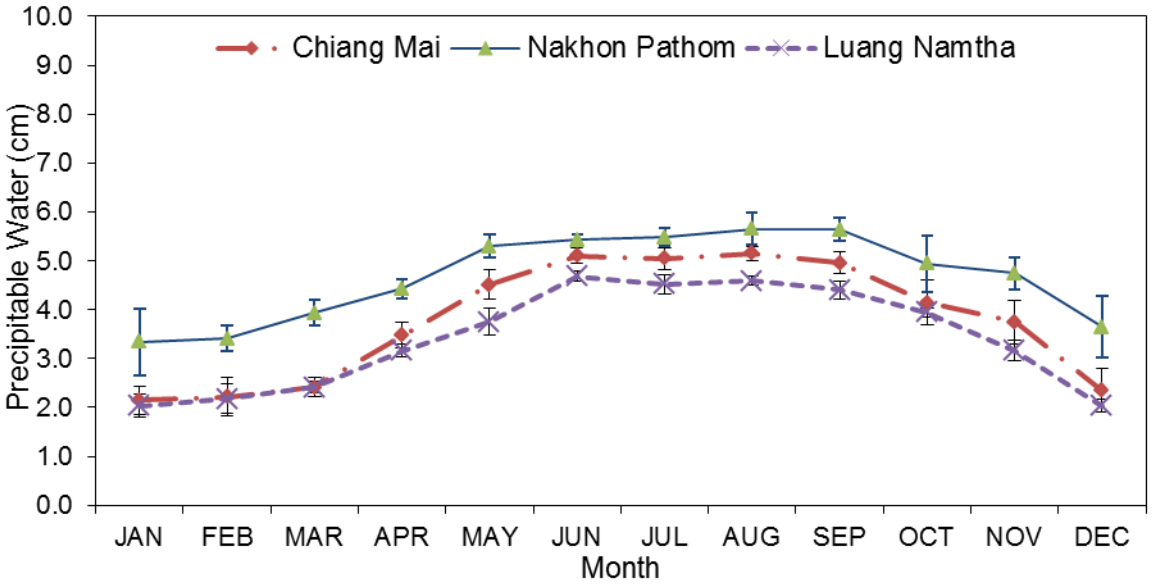


ภาพที่ 10 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปีที่สถานีศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ (2012-2018)



ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณไอน้ำ (W) ตามฤดูกาลในรอบปีที่สถานีนครปฐม (2012-2018)

ผู้วิจัยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า W ตามเวลาในรอบปีที่สถานีเชียงใหม่ นครปฐม และหลวงน้ำทา โดยการนำค่า W เฉลี่ยรายวันทั้งหมดมาเขียนกราฟกับเวลา ผลที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2-11 นอกจากนี้ค่าปริมาณไอน้ำตามเวลาในรอบปีพบว่าทั้ง 3 แห่ง มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณไอน้ำค่อนข้างน้อย (ดังภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบผลค่าปริมาณไอน้ำในทั้ง 3 แห่ง

สรุปผลการวิจัย

ค่าปริมาณไอน้ำในบรรยากาศตามเวลาในรอบปี พบว่าทั้ง 3 สถานี คือ สถานีเชียงใหม่ นครปฐม และหลวงน้ำทา มีการแปรค่าปริมาณไอน้ำอย่างมากตามฤดูกาล โดยมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน และมีค่าต่ำในเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ โดยอยู่ในช่วงฤดูแล้ง และฤดูหนาว อย่างไรก็ตามสถานีนครปฐมมีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ทั้งนี้เนื่องจากสถานีนครปฐม ตั้งอยู่ใกล้ทะเลจึงได้รับปริมาณไอน้ำจากทะเลดังกล่าว

เนื่องจากสถานีวัดปริมาณไอน้ำในประเทศไทย และประเทศลาวปัจจุบันมีน้อย ดังนั้นผู้วิจัยเสนอแนะให้มีการจัดตั้งสถานีวัดเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศ เพื่อคาดการณ์สภาพภูมิอากาศของภาคกลางและภาคเหนือในประเทศไทย และลาวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Dingling Zhang, Jianping Huang n, Xiaodan Guan, Bin Chen and Lei Zhang (2013). Long-term trends of precipitable water and precipitation over the Tibetan Plateau derived from satellite and surface measurements. Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer 122: 64-71.

Elies Campmany, Joan Bech, Javier Rodríguez-Marcos, Yolanda Sola and Jerónimo Lorente (2010). A comparison of total precipitable water measurements from radiosonde and sunphotometers. Atmospheric Research 97: 385–392.

Exell, R.H.B. (1978). The water content and turbidity of the atmosphere in Thailand . ”Solar energy 20: 429-430.

Gautier, C.; Diak, G.; and Masse, S. (1980). A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. Journal Applied Meteorology 36: 1005-1012.

Ke Gui,, Huizheng Che, Quanliang Chen, Zhaoliang Zeng, Haizhi Liu, Yaqiang Wang, Yu Zheng, Tianze Sun, Tingting Liao, Hong Wang and Xiaoye Zhang (2016). Evaluation of radiosonde, MODIS-NIR-Clear, and AERONET precipitable water vapor using IGS ground-based GPS measurements over China. Atmospheric Research 197: 461–473.

Leckner, B. (1978). The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface element of a model. Solar Energy 20: 143-150.

Nunez, M. (1993). The development of a satellite-based insulation model for the Tropical Pacific Ocean. Journal of Climatology 13: 607-627.

Shaoqi Gong, Daniel Fiifi Hagan, Jing Lu, Guojie Wang (2018). Validation on MERSI/FY-3A precipitable water vapor product. Advances in Space Research 61: 413–425.

Xia Li, Lei Zhang, Xianjie Cao, Jiannong Quan, TianheWang, Jiening Liang and Jinsen Shi (2016). Retrieval of precipitable water vapor using MFRSR and comparison with other multisensors over the semi-arid area of northwest China. Atmospheric Research 172–173: 83–94.

การออกแบบระบบป้อนโซเดียมไฮโปคลอไรด์ในระบบน้ำหล่อเย็นของโรงกลั่นน้ำมัน

Design of Sodium Hypochlorite Injection System on Cooling Water of the Refinery Plant

ณัฐดนัย โพธิ์ทอง[1] ธีรนนท์ เจริญนาม[1] และ ประเสริฐ วิโรจน์ชีวัน[1*]

Natdanai Phothong[1] Teranon Charoennam[1] and Prasert Wirotcheewan[1*]

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์เข้าระบบน้ำหล่อเย็นของโรงกลั่นน้ำมัน น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะถูกหล่อเย็นด้วยการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้หอระบายความร้อน ซึ่งหอระบายความร้อนจะมีทั้งหมด 4 หน่วย และมีการปรับสภาพน้ำหล่อเย็นด้วยสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ซึ่งจะมีปั๊มดูดสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์จากถังเก็บส่งเข้าไปในท่อหลักที่ต่ออยู่กับท่อจ่ายสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์จำนวน 4 ท่อ ในแต่ละท่อจะใช้เติมสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ให้กับน้ำหล่อเย็นในแต่ละหอนั้น ปัญหาจากระบบเดิมพบว่าท่อเติมสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ทั้ง 4 มีอัตราการไหลแตกต่างกัน โดยท่อที่มีสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์อยู่มากเกินกว่าค่าที่กำหนด ในระยะยาวจะทำให้ท่อนั้นเกิดรอยแตกเนื่องจากการกัดกร่อน และสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์รั่วไหลออกนอกระบบ ทำให้ต้องมีการเติมสารเคมีอยู่บ่อยครั้ง จากปัญหาที่กล่าวมานี้จึงได้ทำการออกแบบ และติดตั้งระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์แบบใหม่ และได้ทำการแก้ปัญหาสารเคมีรั่วไหลออกนอกระบบ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ได้ปีละประมาณ 589,971 บาท งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน 751,996 บาท มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1 ปี 3.4 เดือน

คำสำคัญ : การออกแบบ, หอระบายความร้อน, โซเดียมไฮโปคลอไรด์

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : prasertwirot@rmutp.ac.th

การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 “ราชมงคลขับเคลื่อนนวัตกรรมก้าวไกลสู่ Thailand 4.0”

ABSTRACT

This project is the design of the injection system of sodium hypochlorite into the cooling water system of the refinery plant. The high temperature water cooled by exchanging the heat, which uses the cooling tower. The cooling tower is separated as 4 units and cooling water treated by mixing with sodium hypochlorite. The sodium hypochlorite is pumped from the storage tank into a main pipe. A main pipe connected with four small pipes, each small pipe injects sodium hypochlorite for mixing with cooling water in that unit of the cooling tower. The problems in the old system found that the flow rates of sodium hypochlorite of four small pipes are different. For small pipes which contain sodium hypochlorite more than standard value, in the long time, the pipes are cracked because of the corrosion. Additionally, sodium hypochlorite is leaked out from the system. It needs to fill the storage tank. From the above mentioned problems, a new injection system of sodium hypochlorite is designed for solving the chemical leak and it saves the cost of purchasing sodium hypochlorite about 589,971 Baht per year. This project budget is about 751,996.00 Baht and its break-even point is 1 year, 3.4 months

Keyword: design, a cooling tower, sodium hypochlorite

บทนำ

หอระบายความร้อน (Cooling tower) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับอากาศ เพื่อทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงลดลง หอระบายความร้อนที่ใช้ในโรงกลั่นน้ำมันนี้ จะแบ่งย่อยออกเป็น 4 หน่วย โดยในแต่ละหน่วยจะรับน้ำที่มีอุณหภูมิสูงจากส่วนต่าง ๆ ในโรงกลั่นน้ำมันมาระบายความร้อน อุณหภูมิภายในหอระบายความร้อนมีอุณหภูมิทางเข้า 43°C และอุณหภูมิทางออก 33°C อุณหภูมิในช่วงนี้เหมาะกับการเกิดตะกอน ตะไคร่ และเชื้อแบคทีเรีย จึงต้องมีการปรับสภาพน้ำด้วยการเติมสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium hypochlorite) มีหลักการทำงานคือ มีปั๊มดูดสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ที่อยู่ในถังเก็บส่งไปที่ท่อหลักที่ต่ออยู่กับท่อจ่ายสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์จำนวน 4 ท่อ โดยในแต่ละท่อจะเติมสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ให้กับน้ำในหอระบายความร้อนของหน่วยนั้น

ปัญหาพบว่าอัตราการไหลของของไหลในท่อทั้ง 4 ไม่เท่ากัน โดยอัตราการไหลที่ควบคุมคือ 42 ลิตร/ชั่วโมง ท่อที่มีอัตราการไหลของสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์มาก จะทำให้ค่าคลอรีนอิสระคงเหลือ (Free residual chlorine) ที่ควบคุมในช่วง 0.3-0.5 ppm สูงเกินกว่าที่กำหนด และในระยะยาวจะทำให้เกิดรอยแตกเนื่องจาก ความเค้นในสภาวะกัดกร่อน (Stress corrosion cracking) ที่ท่อสแตนเลส และในระบบป้อนสารเดิม สารเคมีรั่วไหลออกนอกระบบ ทำให้ต้องเติมสารเคมีเพิ่มอยู่บ่อยครั้ง รวมถึงปั๊มที่ใช้ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ที่ทางสถาบันปิโตรเลียมแห่งอเมริกา (American Petroleum Institute) กำหนดมาตรฐานให้อุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซ จึงเป็นที่มาของการทำโครงการนี้ เพื่อออกแบบและติดตั้งระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ แบบใหม่ให้ท่อจ่ายทั้ง 4 มีอัตราการไหลที่ใกล้เคียงกัน และแก้ไขการรั่วไหลของสารเคมีออกนอกระบบ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ รวมถึงเลือกใช้ปั๊มให้เป็นไปตามมาตรฐานสถาบันปิโตรเลียมแห่งอเมริกา ส่งผลทำให้อุปกรณ์มีความปลอดภัยเมื่อใช้งานภายในสถานที่เสี่ยงต่อการเกิดเพลิงไหม้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. สารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (Sodium Hypochlorite)

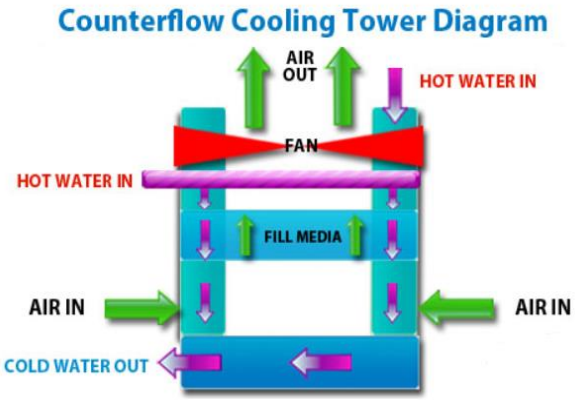
สารโซเดียมไฮโปคลอไรด์ เป็นสารประกอบประเภทเกลือ มีสูตรเคมี คือ “NaOCl” เมื่อโซเดียมไฮโปคลอไรด์ละลายกับน้ำ จะมีคุณสมบัติในการฟอกขาว หรือเป็นสารฟอกขาว และจะมีการปลดปล่อยสารคลอรีน (Chlorine) ทำให้ให้มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้หลายชนิด โซเดียมไฮโปคลอไรด์มีความเข้มข้นความเข้มข้น (pH) 12.5 มีความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) 1.080 และมีความหนืด (Viscosity) 1-5 cps การใช้โซเดียมไฮโปคลอไรด์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จะต้องเลือกใช้ความเข้มข้นให้เหมาะสม หากใช้งานที่ความเข้มข้นสูงเกินไปจะก่อให้เกิดพิษต่อตัวผู้ใช้ [คณาจารย์ ภาควิชาเภสัชเคมี, 2559]

2. หอระบายความร้อน (Cooling Tower)

ชนิดของหอระบายความร้อน สามารถแบ่งได้ 4 ลักษณะคือ

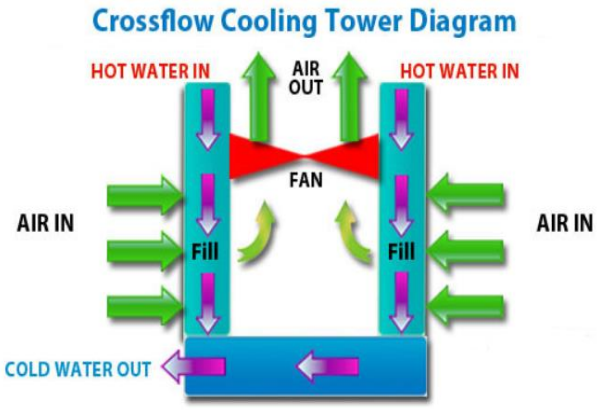
1) แบ่งตามลักษณะการไหลของอากาศ

1.1) ชนิดอากาศไหลสวนทางกับน้ำ (Counter flow) จะให้สมรรถนะสูง และได้เปรียบทางด้านราคา แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชนิดอากาศไหลสวนทางกับน้ำ [สมาคมเครื่องทำความเย็นไทย, 2559]

1.2) ชนิดอากาศไหลขวางทางกับน้ำ (Cross flow) มีข้อได้เปรียบทางด้านแรงต้านการไหลของอากาศต่ำ เนื่องจากมีพื้นที่อากาศไหลเข้ามากกว่า สิ่งสกปรกที่อุดตันมีผลต่อการทำงานน้อยกว่า และการสูญเสียของน้ำเนื่องจากการกระเซ็น (Drift loss) ต่ำ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ชนิดอากาศไหลขวางทางกับน้ำ [สมาคมเครื่องทำความเย็นไทย, 2559]

2) แบ่งตามลักษณะการทำงานของพัดลม

2.1) ชนิดพัดลมดูดอากาศไหลผ่านแผงระบายความร้อน (Induced draft) ชนิดนี้ส่วนใหญ่ออกแบบให้อากาศที่มีความชื้นไหลผ่านพัดลม มีข้อเสียคืออากาศที่ชื้นต้องไหลผ่านชุดขับเคลื่อนพัดลม มีผลทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นมีอายุการใช้งานสั้นลง

2.2) ชนิดพัดลมเป่าอากาศไหลผ่านแผงระบายความร้อน (Forced draft) ชนิดนี้อากาศที่มีความชื้นไม่ไหลผ่านชุดพัดลม ทำให้อุปกรณ์ขับเคลื่อนมีอายุการใช้งานยาวกว่า ข้อเสียคือ ขณะทำงานอากาศไหลผ่านไส้ระบายความร้อนไม่สม่ำเสมอ ทำให้สมรรถนะต่ำ

2.3) ชนิดอากาศไหลตามธรรมชาติ (Natural draft) อาศัยหลักการอากาศร้อนลอยตัวขึ้น และอากาศเย็นไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลของอากาศ จึงไม่ต้องใช้พลังงานขับเคลื่อนอากาศ มีข้อเสียคือ มีสมรรถนะต่ำ มีขนาดใหญ่ และราคาสูง

3) แบ่งตามชนิดของไส้ระบายความร้อน

3.1) ชนิดเป็นแผ่นฟิล์ม (Film type) แผงระบายความร้อนชนิดนี้ทำจากพลาสติกแผ่นบางรีดเป็นลอนทำให้มีพื้นที่มาก น้ำที่ไหลผ่านถูกกระจายออกเป็นแผ่นบางและไหลเกาะติดไปกับแผงระบายความร้อน เม็ดน้ำหลุดลอยไปกับอากาศน้อย ข้อเสียคือ มีช่องทางอากาศและน้ำไหลเล็กจึง ทำให้อุดตันได้ง่าย

3.2) ชนิดน้ำตกกระแทก (Splash type) ชนิดนี้น้ำจะตกกระแทกแผงระบายความร้อนโดยน้ำจะแตกกระจายเป็นเม็ดเล็กๆ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวระบายความร้อนวิธีหนึ่ง เม็ดน้ำจะลอยอยู่ในกระแสการไหลของอากาศการสูญเสียน้ำเนื่องจากกระเซ็นจึงสูง แต่มีข้อดีคือ ช่องทางอากาศไหลมีขนาดใหญ่ จึงทำให้อุดตันได้ยาก

4) แบ่งตามระบบน้ำ

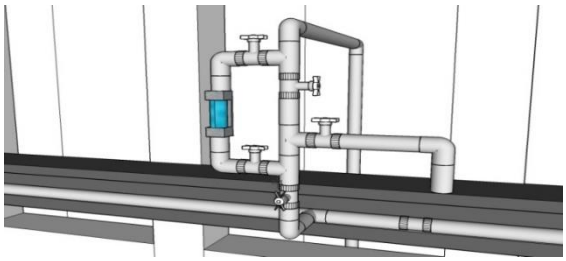
4.1) ระบบเปิด (Open type) น้ำที่ระบายความร้อนจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง โดยน้ำจะระเหยตัวเพื่อระบายความร้อน จึงทำให้สิ่งสกปรกที่ปนมากับน้ำ และอากาศถูกสะสมในหอระบายความร้อน จึงต้องมีการควบคุมคุณภาพของน้ำโดยการ เติมสารเคมี, ถ่ายทิ้ง หรือใช้ไฟฟ้าสลาย ตะกรัน ฯลฯ

4.2) ระบบปิด (Closed type) ความร้อนของน้ำในระบบถ่ายเทผ่านผนังของระบบไปสู่น้ำ และ อากาศที่อยู่ภายนอกทำให้น้ำในระบบไม่ระเหยตัวไม่สัมผัสกับอากาศน้ำจึงสะอาดอยู่ตลอดเวลา ไม่สร้างปัญหาการอุดตันในระบบแต่มีข้อเสียคือ มีขนาดใหญ่ มีราคาสูง และมีการทำงานที่ซับซ้อน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การออกแบบระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์

การออกแบบและติดตั้งระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ เพื่อให้ง่ายต่อการบริหารจัดการ จะแบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ปั๊ม และ 2) ระบบท่อ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้ ออกแบบท่อ และอุปกรณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ออกแบบท่อ และอุปกรณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2. ส่วนประกอบของระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์

1) ปั๊มมิเตอร์ริ่ง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 อุปกรณ์วัดระดับของเหลว [มิลตัน รอย, 2559]

2) อุปกรณ์วัดระดับของเหลว แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อุปกรณ์วัดระดับของเหลว [มิลตัน รอย, 2559]

3) วาล์วนิรภัย แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วาล์วนิรภัย [วิชาการ, 2559]

4) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตามิเตอร์ แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตามิเตอร์ [แฟคโตมาร์ท, 2559]

5) เกจวัดความดัน แสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เกจวัดความดัน [แสงชัย มิเตอร์, 2559]

6) ท่อคลอรีนโพลีไวนิลคลอไรด์ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ท่อคลอรีนโพลีไวนิลคลอไรด์ [วิกีพีเดีย, 2559]

7) วาล์วป้องกันการระบายเกิน แสดงดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 วาล์วป้องกันการระบายเกิน [สปริงเกิ้ล แวร์เฮาส์, 2559]

8) ถังเก็บสารเคมี แสดงดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ถังเก็บสารเคมี [พรีเมียร์ โปรดักส์, 2559]

9) บอลวาล์ว แสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 บอลวาล์ว [เมด อิน ไชน่า, 2559]

3. การติดตั้งระบบป้อนโซเดียมไฮโปรคลอไรด์

การติดตั้งระบบป้อนโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1) ติดตั้งปั๊ม และอุปกรณ์ แสดงดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ติดตั้งปั๊ม และอุปกรณ์

2) การติดตั้งท่อและอุปกรณ์ แสดงดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 การติดตั้งท่อและอุปกรณ์

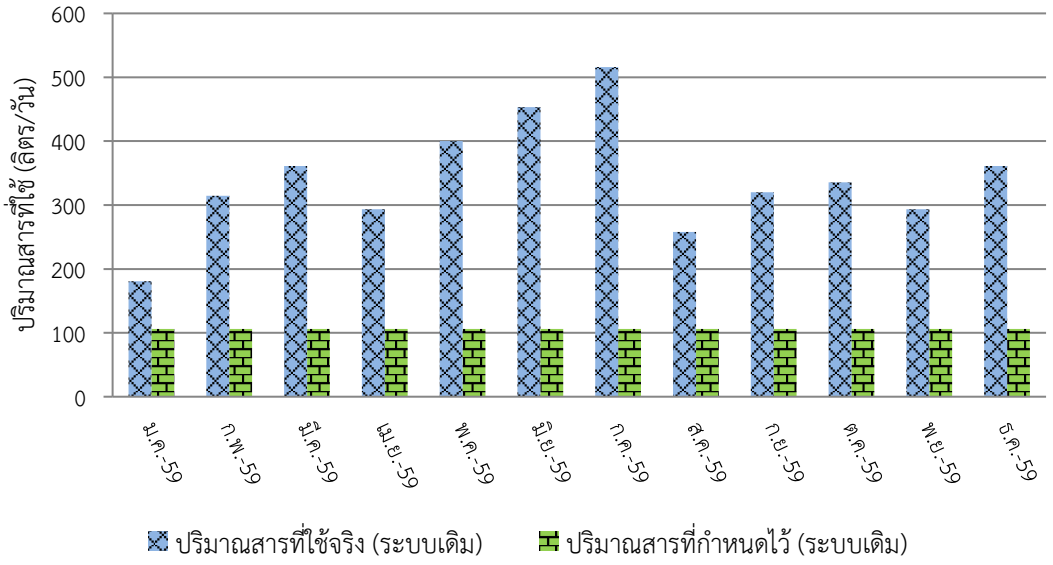
ผลและวิจารณ์ผล

การทดลองเป็นการเปรียบเทียบระบบป้อนสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ระบบเดิม และระบบใหม่หลังทำการติดตั้ง โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของปั๊มและส่วนของท่อ เพื่อทดสอบว่าระบบป้อนโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ระบบใหม่ใช้งานได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ และปัญหาที่ได้จากการทดลองจะนำมาเป็นแนวทางเพื่อการนำไปปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาต่อไปในอนาคต ผลการทดลองและการเก็บค่าความสิ้นเปลืองของสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองส่วนของปั๊มที่ติดตั้งในระบบป้อนสารระบบเดิม

ช่วงเวลา	บริโภคโซเดียมไฮโปรคลอไรด์		5 ครั้ง/วัน (ลิตร/ชั่วโมง)	ปริมาณสารที่กำหนดไว้
	(ลิตร/เดือน)	(ลิตร/วัน)	15 นาที/ครั้ง	(ลิตร/วัน)
ม.ค. 2559	7,000.00	226.00	180.65	106.25
ก.พ. 2559	11,000.00	393.00	314.29	106.25
มี.ค. 2559	14,000.00	452.00	361.29	106.25
เม.ย. 2559	11,000.00	367.00	293.33	106.25
พ.ค. 2559	15,000.00	500.00	400	106.25
มิ.ย. 2559	17,000.00	567.00	453.33	106.25
ก.ค. 2559	20,000.00	645.00	516.13	106.25
ส.ค. 2559	10,000.00	323.00	258.06	106.25
ก.ย. 2559	12,000.00	400.00	320	106.25
ต.ค. 2559	13,000.00	419.00	335.48	106.25
พ.ย. 2559	11,000.00	367.00	293.33	106.25
ธ.ค. 2559	14,000.00	452.00	361.29	106.25

จากข้อมูลคือปั๊มเดิมมีความจุ 85 ลิตร/ชั่วโมง ทำงานวันละ 5 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที ปั๊มจะทำงานรวมทั้งสิ้น 75 นาที/วัน แต่การเติมโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ในถังเก็บกับการใช้งานนั้นไม่สอดคล้องกัน เช่น เดือน กรกฎาคม เติมสารเคมีเข้าไปในถังเก็บ 20,000 ลิตร/เดือน เฉลี่ยต่อวันเท่ากับ 645 ลิตร/วัน ซึ่งในความเป็นจริงนั้นปั๊มมีความจุ 85 ลิตร/ชั่วโมง และทำงานทั้งหมด 75 นาที ควรใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 106.25 ลิตร/วัน จึงเห็นได้ว่าสารเคมีนั้นได้สูญหายออกไปจากระบบ สามารถเปรียบเทียบปริมาณสารที่ใช้จริง กับปริมาณสารที่กำหนดไว้ (ระบบเดิม) แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณสารที่ใช้จริง กับปริมาณสารที่กำหนดไว้ (ระบบเดิม)

ผลการทดลองส่วนของปั๊มที่ติดตั้งในระบบป้อนสารระบบใหม่ ดังตารางที่ 2

ปั๊มที่ใช้ในระบบป้อนสารแบบใหม่

ยี่ห้อ Milton Roy

รุ่น MRA12-F158XA11NS3YN

ความจุ 57.1 ลิตร/ชั่วโมง และ ปรับตั้งอัตราการไหลใช้งานที่ 42 ลิตร/ชั่วโมง

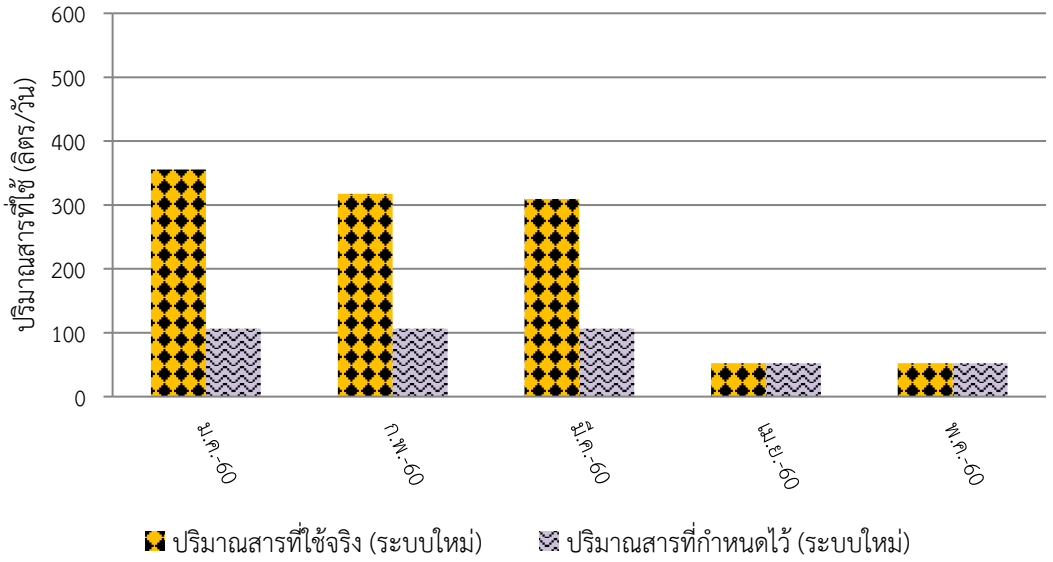
แรงดันสูงสุด 10 บาร์ และ ปรับแรงดันการใช้งานที่ 3 บาร์

ตารางที่ 2 ผลการทดลองส่วนของปั๊มที่ติดตั้งในระบบป้อนสารระบบใหม่

ช่วงเวลา	บริโภคโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (ลิตร/เดือน)	(ลิตร/วัน)	5 ครั้ง/วัน (ลิตร/ชั่วโมง) 15 นาที/ครั้ง
ม.ค. 2560	13,000.00	420.00	355.48
ก.พ. 2560	11,000.00	393.00	317.42
มี.ค. 2560	12,000.00	387.00	309.51
เม.ย. 2560	2,000.00	67.00	52.5
พ.ค. 2560	2,000.00	67.00	52.5

จากผลการทดลองปั๊มที่ใช้ในระบบป้อนสารแบบใหม่มีความจุ 57.1 ลิตร/ชั่วโมง ปรับตั้งอัตราการไหลใช้งานที่ 42 ลิตร/ชั่วโมง ทำงานวันละ 5 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที ปั๊มจะทำงานรวมทั้งสิ้น 75 นาที/วัน ควรใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 52.5

ลิตร/วัน โดยทำการตั้งในเดือนเมษายน พ.ศ. 2560 จึงเห็นได้ว่าช่วงดังกล่าวมีการใช้ปริมาณสารลดลง สามารถ เปรียบเทียบปริมาณสารที่ใช้จริง กับปริมาณสารที่กำหนดไว้ (ระบบใหม่) แสดงดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณสารที่ใช้จริง กับปริมาณสารที่กำหนดไว้

ผลการทดลองส่วนของระบบท่อ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดลองส่วนของท่อ

หน่วยที่ 1	หน่วยที่ 2	หน่วยที่ 3	หน่วยที่ 4
10.5	10.5	10.5	10.5

จากผลการทดลองชุดควบคุมอัตราการไหลของท่อทั้ง 4 สามารถปรับตั้งอัตราการไหลตามที่ต้องการได้ การทดลองทั้ง 2 ส่วนสามารถสรุปได้ดังนี้

การทดลองส่วนของปั๊ม การติดตั้งวาล์วป้องกันการระบายเกิน (Anti siphon valve) สามารถแก้ไขปัญหาโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ที่สูญหายไปจากถังเก็บได้ เพราะลักษณะการไหลของน้ำภายในหอระบายความร้อนมีการไหลวน ซึ่งท่อเติมสารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ถูกแช่ลงในน้ำจึงทำให้เกิดสภาวะการลักน้ำจึงเป็นสาเหตุให้สารโซเดียมไฮโปรคลอไรด์สูญหายไปจากถัง

การทดลองส่วนของท่อ การติดตั้งวาล์วควบคุมสามารถแก้ไขปัญหาอัตราการไหลของท่อทั้ง 4 ให้มีอัตราการไหลที่เท่ากัน เนื่องจากระบบเดิมมีการออกแบบท่อให้พฤติกรรมการไหลเป็นไปตามธรรมชาติ ทำให้ไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลภายในท่อได้ทั้งหมด ท่อที่มีตัวแปรที่ทำให้ ของไหลภายในท่อสามารถไหลลงได้สะดวก ของไหลจะลงไปที่ท่อนั้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการติดตั้งวาล์วควบคุมจึงสามารถควบคุมอัตราการไหลของท่อทั้ง 4 ให้เท่ากันได้

การคำนวณจุดคุ้มทุน

การติดตั้งระบบป้อนโซเดียมไฮโปรคลอไรด์แบบใหม่ทำให้ปริมาณการใช้สารลดน้อยลง โดยราคาโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 4.17 บาท/กิโลกรัม สามารถเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายได้ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย

	บริโภคโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (ลิตร/ปี)	ปริมาณโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ (กิโลกรัม)	รวม/ปี (บาท)
ระบบเดิม	155,000	167,400	698,058.00
ระบบใหม่	24,000	25,920	108,086.40

พิจารณาตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุนได้ดังนี้

ระบบเก่าเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 698,058.00 บาท/ปี

ระบบใหม่เสียค่าใช้จ่ายในการซื้อโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ 108,086.40 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ในการซื้อโซเดียมไฮโปรคลอไรด์

698,058.00 บาท/ปี - 108,086.40 บาท/ปี = 589,971.60 บาท/ปี

งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน

= 751,996.00 บาท

คำนวณหาจุดคุ้มทุนได้ดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน} = \frac{\text{งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินโครงงาน}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ในการซื้อโซเดียมไฮโปรคลอไรด์}}$$

$$= \frac{751{,}996.00 \text{ บาท/ปี}}{589{,}971.60 \text{ บาท}}$$

$$= 1.28 \text{ ปี}$$

$$1 \text{ ปี มี } 365 \text{ วัน} \quad = 1.28 \text{ ปี} \times \frac{365 \text{ วัน}}{1 \text{ ปี}}$$

$$= 467.2 \text{ วัน}$$

$$= 467.2 \text{ วัน} - 365 \text{ วัน}$$

$$= 1 \text{ ปี } 102 \text{ วัน}$$

$$1 \text{ เดือน มี } 30 \text{ วัน} \quad = 102.2 \text{ วัน} \times \frac{1 \text{ เดือน}}{30 \text{ วัน}}$$

$$\text{จุดคุ้มทุน} \quad = 1 \text{ ปี } 3.40 \text{ เดือน}$$

สรุปผลการวิจัย

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องที่ทำให้โซเดียมไฮโปรคลอไรด์สูญหายออกไปจากระบบ และออกแบบชุดควบคุมอัตราการไหลให้ท่อทั้ง 4 มีอัตราการไหลที่เท่ากัน จากการทดลองหลังการติดตั้งระบบป้อนโซเดียมไฮโปรคลอไรด์แบบใหม่พบว่ามีการใช้ปริมาณโซเดียมไฮโปรคลอไรด์สอดคล้องกับความต้องการ จากเดิมปริมาณการใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรด์ไม่สอดคล้องกับความต้องการ จึงทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อโซเดียมไฮโปรคลอไรด์ และผลจากการใช้โซเดียมไฮโปรคลอไรด์สอดคล้องกับความต้องการในระยะยาวการกัดกร่อนที่ท่อสแตนเลสจะมี ปริมาณลดน้อยลง

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบควบคุมการทำงานของปั๊มถูกตั้งค่าให้มีการใช้งานวันละ 5 ครั้ง ครั้งละ 15 นาทีรวมทั้งสิ้น 75 นาที/วัน ทำให้การควบคุมค่าคลอรีนอิสระคงเหลือไม่มีความแม่นยำ

ควรใช้ระบบควบคุมปั๊มแบบอัตโนมัติเพื่อควบคุมค่าคลอรีนอิสระคงเหลือให้มีค่าอยู่ในช่วง 0.3-0.5 ppm เพราะผลจากการมีค่าคลอรีนอิสระคงเหลือมากเกินไปในระยะยาวจะทำให้เกิดรอยแตกเนื่องจากความเค้นในสภาวะกัดกร่อนที่ท่อสแตนเลส

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทางโรงงานที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านในงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2559. สารเคมีในชีวิตประจำวัน. แหล่งที่มา: http://oldweb.pharm.su.ac.th/chemistry-in-life/d014.htm, 19 พฤศจิกายน 2559.

สมาคมเครื่องทำความเย็นไทย. 2559. ชนิดของหอระบายความร้อน (Cooling Tower), แหล่งที่มา: http://www.thairefrig.or.th/download/coolingtower.pdf, วันที่ 17 พฤศจิกายน 2559.

บริษัท มิลตัน รอย. 2559. มิเตอร์ริ่งปั๊ม (Metering pump), แหล่งที่มา: http://www.miltonroy.com/uploads/MeteringPump-Technology.pdf, วันที่ 3 ตุลาคม 2559.

วิชาการ. 2559. วาล์วนิรภัย (Pressure safety valve), แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/varticle/42510, วันที่ 3 ตุลาคม 2559.

แฟคโตมาร์ท. 2559. อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตามิเตอร์ (Rotameter), แหล่งที่มาhttps://www.factomart.com/blogtype-of-flow-meter/. ค้นเมื่อ วันที่ 3 ตุลาคม 2559.

บริษัท แสงชัย มิเตอร์ จำกัด. 2559. เกจวัดความดัน (Pressure gauge), แหล่งที่มาhttps://www.sangchaimeter.com/product/Pressure-Gauge, วันที่ 4 ตุลาคม 2559.

วิกีพีเดีย. 2559. ท่อคลอรีนโพลีไวนิลคลอไรด์ (Chlorinated polyvinyl chloride), แหล่งที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/chlorinated_polyvinyl_chloride, วันที่ 5 ตุลาคม 2559.

บริษัท สปริงเกิ้ล แวร์เฮาส์ จำกัด. 2559. วาล์วป้องกันการระบายเกิน (Anti siphon valve), แหล่งที่มา https://sprinklerwarehouse.com/anti-siphon-valve-s/9449.htm, วันที่ 19 ตุลาคม 2559

บริษัท พรีเมียร์ โปรดักส์ จำกัด (มหาชน). 2559. **ถังเก็บสารเคมี (Chemical Tank)**, แหล่งที่มา: http://www.premier-products.co.th/index.php?route=product/product&product_id=374, วันที่ 5 มกราคม2560.

บริษัท เมด อิน ไชน่า, 2560. **บอลวาล์ว (Ball Valve)**, , แหล่งที่มา http://mandymic.en.made-in- china.com/product/CPVC-Ball-Valve-PVC-Double-Union-Ball-Valve.html ค้นเมื่อ วันที่ 3 พฤษภาคม 2560.

การศึกษาประสิทธิภาพของตัวกรองจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับการแยกน้ำมัน

Study on Efficiency of Natural Ffibrous Filters for Oil Separation

พิชชาพร จารุเฉลิมรัตน์[1] ศิริพร ฉันทะ[1] และ วิทวัส สิงห์สังข์[1*]

Phitchaphon Jaruchalermrat[1] Siriporn Chantha[1] and Witawat Singsang[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพของตัวกรองที่เตรียมจากเส้นใยธรรมชาติในการประยุกต์ใช้สำหรับการแยกน้ำมัน โดยการทดสอบเป็นการเปรียบเทียบเส้นใยธรรมชาติสามชนิด ได้แก่ เส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าว การทดสอบทำได้โดยการนำของผสมที่มีน้ำมันอยู่ 50 % โดยน้ำหนัก เทผ่านชุดกรองจากเส้นใยทั้ง 3 ชนิดด้วยอัตราเร็วคงที่ แล้วนำของผสมที่ผ่านการกรองมาวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันที่เหลือ จากผลการทดลองพบว่า เส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นมีประสิทธิภาพในการกรองมากที่สุด โดยมีปริมาณน้ำมันหลงเหลือในของผสมน้อยกว่า 1 % และประสิทธิภาพของ ตัวกรองจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของชั้นตัวกรอง นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยทั้งสองพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยอยู่ในช่วง 12-18 ไมโครเมตร และเส้นใยทั้งสองชนิดมีความเป็นไฮโดรโฟบิกสูง

คำสำคัญ : เส้นใยไหม, เส้นใยนุ่น, เส้นใยกาบมะพร้าว, การกรอง

ABSTRACT

This work study on the efficiency of filters made from natural fibers for applying in oil separation. Three types of fibers were used i.e. silk fiber, kapok fiber and coconut fiber. For testing, the mixtures with oil content 50% by weight were poured into the each filter at constant flow rate. The filtrates were analyzed to determine the oil residues. For results, the silk fibers and kapok fibers were the highest efficiency. The amount of oil residues in their mixture were less than 1%. The efficiency of filters would be increased with numbers of filter layers. Furthermore, the morphological analysis of both fibers was done by scanning electron microscope. The results showed that the average fiber diameters were in the range of 12-18 micrometers and highly hydrophobicity.

Keyword: Silk fibers, Kapok fibers, Coconut fibers, Filtration

---

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1]Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : witawat.ai@rmuti.ac.th

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญกับสิ่งมีชีวิตบนโลก แต่ด้วยสภาพแวดล้อมในปัจจุบัน ทั้งสภาวะโลกร้อน การเพิ่มขึ้นของประชากร การเพิ่มขึ้นของอุตสาหกรรมและการใช้สารเคมีในภาคเกษตรกรรม ทำให้น้ำจืดซึ่งเป็นน้ำที่ถูกใช้อุปโภคบริโภคเกิดภาวะวิกฤตขึ้น โดยแหล่งน้ำจืดหลายแห่งกลายเป็นน้ำเสีย กล่าวคือ มีการปนเปื้อนของสารเคมีและสารอินทรีย์อื่นๆ มากขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ (สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2560) หนึ่งในปัญหาน้ำเสียที่สำคัญคือน้ำเสียที่มาจากภาคครัวเรือน น้ำเสียเหล่านี้จะถูกกำจัดทิ้งโดยการกรองแยกเศษอาหารออก แล้วจึงนำไปสู่ระบบกำจัดไขมันหรือน้ำมันที่ปะปนอยู่ในน้ำ โดยทั่วไป น้ำมันหรือไขมันที่ปะปนอยู่ในน้ำมักถูกบำบัดโดยการกักน้ำเสียไว้ในบ่อดักไขมัน (พิไท, 2560) อย่างไรก็ดี วิธีนี้ใช้เวลานานและเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก (กรมควบคุมมลพิษ, 2560)

วัสดุทางธรรมชาติหลายชนิดสามารถดูดซับน้ำมันได้ดี เช่น ดอกธูปฤาษี (ธิดา, 2545) ผักตบชวา (กฤษณะ, 2554) และเส้นใยกาบมะพร้าว (ไมตรี, 2551) เป็นต้น ซึ่งเส้นใยเหล่านี้มีคุณสมบัติหลายประการที่น่าสนใจ ได้แก่ น้ำหนักเบา ไม่ดูดซับน้ำแต่สามารถดูดซับน้ำมัน มีความเหนียว ทนทาน และยืดหยุ่น เป็นต้น ซึ่งเส้นใยธรรมชาติที่กล่าวไปนั้นเป็นเส้นใยที่มีเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก อย่างไรก็ตามจากการค้นคว้ายังไม่พบว่ามีการวิจัยหรือประยุกต์ใช้เส้นใยโปรตีนในการดูดซับน้ำมันเลย โดยเส้นใยโปรตีนที่มีมากในประเทศไทยคือเส้นใยไหม

เส้นใยไหมจัดเป็นเส้นใยโปรตีนธรรมชาติซึ่งได้มาจากหนอนไหม โดยโครงสร้างของเส้นใยไหมจะประกอบไปด้วยไฟโบรอินและเซริซิน (กิตติธัช, 2560) เซริซินนี้จะมีคุณสมบัติคล้ายกาวยึดติดส่วนของไฟโบรอินเอาไว้ จากงานวิจัยจำนวนหนึ่งพบว่า ไฟโบรอินและเซริซินมีส่วนประกอบของกรดอะมิโนหลายชนิด ทั้งกรด อะมิโนที่มีขั้วและไม่มีขั้ว (Ting-Ting Cao, 2016) โดยมีผู้วิจัยสนใจนำสมบัติดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการอิมัลชันของน้ำและน้ำมัน (Xiuying Qiao, 2015) ทั้งนี้ การที่เส้นใยไหมมีคุณสมบัติดังกล่าวจึงคาดว่าจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาประสิทธิภาพของเส้นใยธรรมชาติสามชนิดที่แตกต่างกันในการแยกน้ำมันจากของเหลวผสมน้ำและน้ำมัน เพื่อประยุกต์ใช้เป็นตัวกรองน้ำเสียจากครัวเรือนในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

เส้นใยธรรมชาติ 3 ชนิดจะถูกนำมาใช้ศึกษา ได้แก่ เส้นใยไหมแบบชนิดไม่ทอ ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (นครราชสีมา) เส้นใยนุ่น และเส้นใยกาบมะพร้าว ในขณะที่ของเหลวผสมที่ใช้ในการทดสอบจะเตรียมจากน้ำมันพืชและน้ำกลั่นในอัตราส่วน 50% โดยน้ำหนัก และเติมน้ำยาล้างจานลงในของเหลวผสม 1 มิลลิลิตร

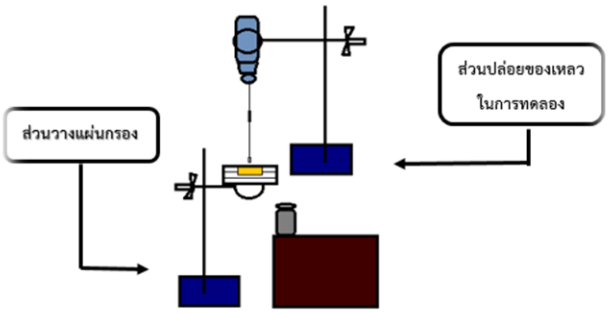
2. การทดสอบประสิทธิภาพตัวกรองจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับการแยกน้ำมัน

การทดสอบประสิทธิภาพตัวกรองสำหรับการแยกน้ำมันจะเริ่มจากการเตรียมเส้นใยลงในชุดทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยชุดทดสอบจะมีอุปกรณ์บรรจุเส้นใยลักษณะเป็นตะแกรงทำจากพลาสติกพอลิโพรพิลีน ตะแกรงดังกล่าวจะมีพื้นที่หน้าตัดสำหรับบรรจุเส้นใยขนาด 1.5 × 1.5 นิ้ว และมีความหนา 5 มิลลิเมตร ในการทดสอบแต่ละครั้งจะบรรจุเส้นใยเต็มพื้นที่ของตะแกรง ในงานวิจัยนี้จะทำการทดลองกรองแยกน้ำมันโดยใช้เส้นใยธรรมชาติ 3 ชนิด ได้แก่ เส้นใยไหม เส้นใยนุ่น และเส้นใยกาบมะพร้าว โดยแต่ละเส้นใยจะถูกทดสอบโดยใช้ตะแกรงกรอง 3, 6 และ 9 ชั้น ตามลำดับ

ในส่วนของการทดสอบจะเริ่มจากการปล่อยของเหลวผสมระหว่างน้ำมันและน้ำ 100 กรัม ที่ความเร็ว 3.5 มิลลิลิตรต่อนาที ลงบนตะแกรงกรองที่บรรจุเส้นใยอยู่ ของเหลวที่ไหลผ่านตะแกรงกรองจะถูกเก็บไว้ในขวดแก้ว และนำไปหาปริมาณน้ำมันด้วยวิธีพาร์ทิชั่น-ชั่งน้ำหนัก (Partition-Gravimetric method) (ไมตรี, 2551) โดยของเหลวที่กรองได้จะถูก

นำไปสกัดแยกน้ำมันที่ละลายอยู่ด้วยสารละลายเฮกเซน (SCITRADER) และระเหยเพื่อหาปริมาณของน้ำมันที่เหลือจากการกรองตามสมการที่ 1

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่เหลือจากการกรอง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำหนักของน้ำมันที่เหลือจากการกรอง}}{\text{ปริมาณน้ำหนักของน้ำมันในของเหลวผสมเริ่มต้น}} \times 100$$



ภาพที่ 1 แผนภาพชุดทดสอบประสิทธิภาพตัวกรองสำหรับการแยกน้ำมัน

3. การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและผิวสัมผัสของตัวกรองจากเส้นใยธรรมชาติ

สัณฐานวิทยาของเส้นใยธรรมชาติทั้งสามชนิดถูกตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) ของบริษัท JEOL รุ่น JSM-6510 โดยเส้นใยที่จะทดสอบจะถูกเคลือบผิวด้วยทองก่อนนำไปวิเคราะห์ ขนาดของเส้นใยเฉลี่ยจะถูกพิจารณา

ลักษณะผิวสัมผัสของเส้นใยธรรมชาติทั้งสามชนิดถูกตรวจสอบโดยการทดสอบมุมสัมผัส ในการทดสอบ หยดน้ำจะถูกหยดลงบนผิวของเส้นใย และบันทึกภาพ หลังจากนั้นจะถูกนำมาคำนวณหาค่ามุมสัมผัสระหว่างผิวของเส้นใยกับขอบของหยดน้ำ

ผลและวิจารณ์ผล

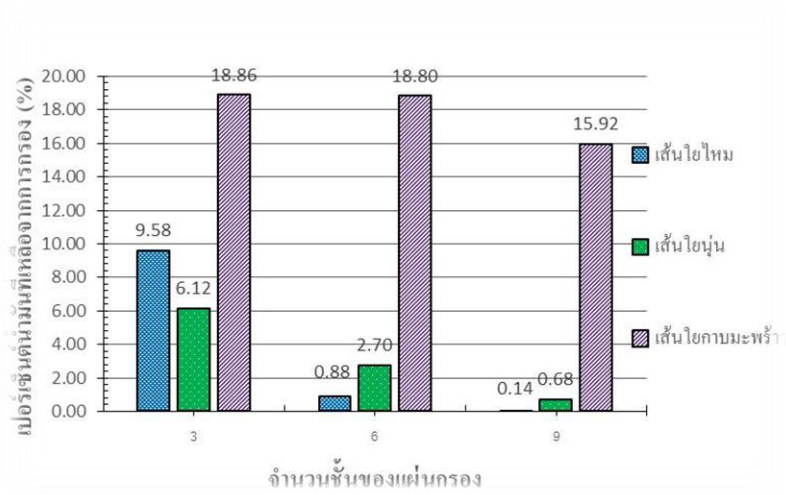
การทดสอบประสิทธิภาพตัวกรองสำหรับการแยกน้ำมันของเส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าวโดยการวัดหาปริมาณน้ำมันที่เหลือด้วยวิธีพาร์ทิชั่น-ชั่งน้ำหนัก ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำมันที่เหลือหลังจากการกรองด้วยเส้นใยชนิดต่าง ๆ

จำนวนชั้น	ปริมาณน้ำมันที่เหลือจากการทำพาร์ทิชั่น-ชั่งน้ำหนัก (g)		
	เส้นใยไหม	เส้นใยนุ่น	เส้นใยกาบมะพร้าว
3	4.79	3.06	9.43
6	0.44	1.35	9.40
9	0.07	0.34	7.96

ปริมาณน้ำหนักของน้ำมันที่เหลือจากการกรองของเส้นใยต่าง ๆ ในตารางที่ 1 จะถูกนำไปคำนวณตามสมการที่ (1) เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของน้ำมันที่เหลือจากการกรองของเส้นใยต่างๆ ซึ่งแสดงในภาพที่ 2 และเมื่อพิจารณาที่จำนวนชั้นแผ่นกรอง 3 ชั้น พบว่าเส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและ เส้นใยกาบมะพร้าว มีปริมาณน้ำมันที่เหลือ 9.58%, 6.12% และ 18.86% ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนชั้นแผ่นกรองที่ 6 ชั้น พบว่าเส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าว มีปริมาณน้ำมันที่

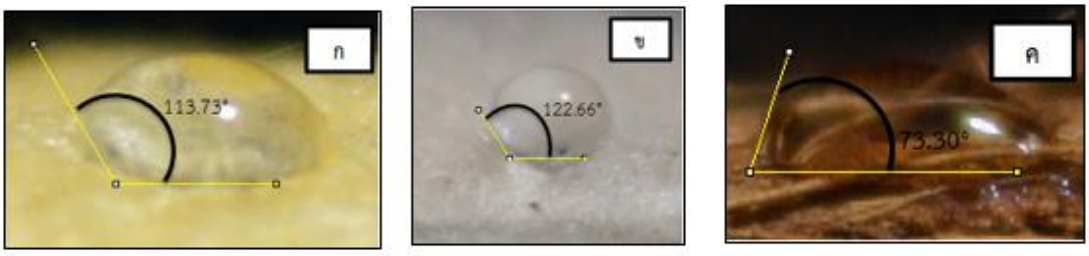
เหลือ คือ 0.88%, 2.70% และ 18.80% ตามลำดับ ที่จำนวนชั้นแผ่นกรอง 9 ชั้น เส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าว มีปริมาณน้ำมันที่เหลือ คือ 0.14%, 0.68% และ 15.92% ตามลำดับ จากผลการทดสอบดังกล่าวจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าหลังจากการกรองของเหลวผสมที่มีน้ำมันละลายอยู่ เส้นใยไหมจะสามารถดูดซับน้ำมันได้มากที่สุด เมื่อใช้แผ่นกรอง 6 และ 9 ชั้น ในขณะที่เส้นใยนุ่นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าเส้นใยอื่น ๆ เมื่อใช้แผ่นกรอง 3 ชั้น



ภาพที่ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่เหลือจากการกรองกับจำนวนชั้นของแผ่นกรองที่เตรียมจากเส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าว

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าเส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นมีประสิทธิภาพการกรองที่ดีที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยไหมมีองค์ประกอบหลักของโปรตีน 2 ชนิด คือ ไฟโบรอินที่เป็นองค์ประกอบหลัก และเซริซินซึ่งช่วยยึดโปรตีนไฟโบรอินให้เชื่อมติดกัน โดยเซริซินนี้มีสมบัติในการดูดซับน้ำมันได้ดี (กนกพร, 2556) สำหรับเส้นใยนุ่นนั้น จากการค้นคว้าพบว่าเส้นใยนุ่นมีสารเคลือบผิวที่เรียกว่าแว็กซ์ (Wax) เป็นสารที่ไม่มีขั้ว ซึ่งมีคุณสมบัติดูดซับน้ำมันสูงและป้องกันน้ำได้ดี (Lim, 2007) โดยเส้นใยนุ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำมันที่ 40 กรัม/กรัมของเส้นใย (Hori, 2000) ในส่วนของเส้นใยกาบมะพร้าว ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสอีกชนิดหนึ่งนั้นพบว่ามีประสิทธิภาพในการกรองน้ำมันน้อยกว่าเส้นใยไหมและเส้นใยนุ่น ซึ่งเกิดจากการที่มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้โมเลกุลมีขั้ว จึงมีความสามารถในการดึงดูดโมเลกุลของน้ำด้วย (วิทวัส, 2554) ดังนั้นเส้นใยที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการเตรียมเป็นแผ่นกรองสำหรับงานวิจัยนี้คือ เส้นใยไหมและเส้นใยนุ่น

ความสามารถในการดูดซับน้ำมันของเส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นถูกยืนยันได้จากการทดสอบหาค่ามุมสัมผัสระหว่างผิวสัมผัสของเส้นใยกับหยดน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 3



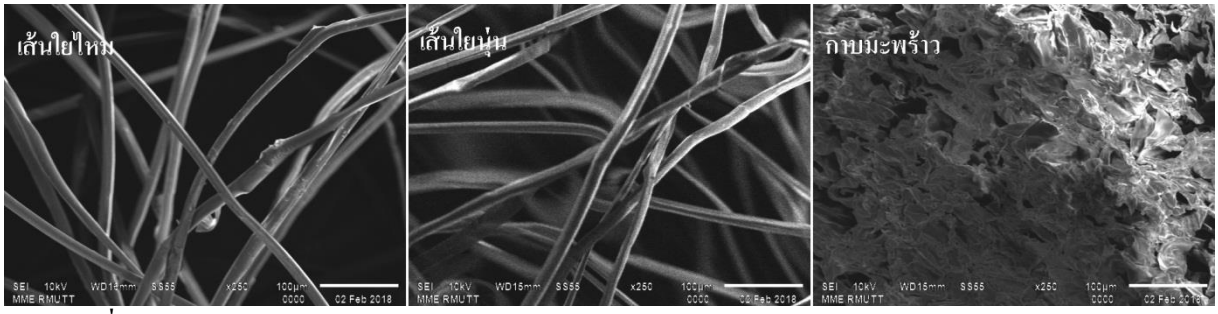
ภาพที่ 3 การทดสอบมุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับ (ก) เส้นใยไหม (ข) เส้นใยนุ่น และ (ค) เส้นใยกาบมะพร้าว

จากภาพที่ 3 จะพบว่า ค่ามุมสัมผัสของเส้นใยไหม เส้นใยนุ่น และกาบมะพร้าวมีค่าเท่ากับ 113.73, 122.66 และ 73.30 องศา ตามลำดับ โดยค่ามุมสัมผัสที่มากกว่า 90 องศาจะแสดงให้เห็นว่าวัสดุนั้นมีลักษณะไม่ชอบน้ำ หรือไม่ดูดซับน้ำ

ที่ผิววัสดุ ซึ่งจากค่ามุมสัมผัสที่คำนวณได้จะพบว่าเส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นจะมีลักษณะไม่ดูดซับน้ำ หรือที่เรียกว่า ไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ดังนั้นจึงมีความสามารถในการแยกน้ำมันจากน้ำได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวกรองข้างต้น

ภาพที่ 4 เป็นภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 250 เท่า พบว่า ขนาดของเส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นมีขนาดเส้นใยเฉลี่ยอยู่ที่ 12.18 ไมโครเมตร และ 18.71 ไมโครเมตร ตามลำดับ ขณะที่เส้นใยกาบมะพร้าวไม่สามารถวัดขนาดของเส้นใยได้ เนื่องจากเส้นใยกาบมะพร้าวเมื่อทำการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ และมีรูพรุนเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ไม่สามารถวัดหาขนาดของเส้นใยได้

จากการวิเคราะห์พบว่า ขนาดของเส้นใยไหมมีขนาดเล็กกว่าเส้นใยนุ่น ซึ่งส่งผลให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดซับน้ำมันมากกว่า และเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกรองน้ำมันที่สูงกว่าดังผลการทดสอบที่แสดงไปก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตาม ขนาดเส้นใยไหมที่เล็กกว่านั้นส่งผลให้ช่องว่างระหว่างเส้นใยซึ่งของเหลวผสมจะแพร่ผ่านไปมีขนาดเล็กลงไปด้วย ดังนั้น การกรองน้ำมันด้วยเส้นใยไหมจะต้องใช้เวลาหรือจำนวนชั้นการกรองที่มากกว่าเส้นใยนุ่น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้การกรองของเหลวผสมด้วยเส้นใยนุ่นที่จำนวนชั้นตัวกรอง 3 ชั้น มีประสิทธิภาพดีกว่าการกรองด้วยเส้นใยไหม



ภาพที่ 4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยไหม เส้นใยนุ่น และเส้นใยกาบมะพร้าว

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพของตัวกรองที่เตรียมจากเส้นใยธรรมชาติในการประยุกต์ใช้สำหรับการแยกน้ำมัน โดยทดสอบเปรียบเทียบกับเส้นใยธรรมชาติสามชนิด ได้แก่ เส้นใยไหม เส้นใยนุ่นและเส้นใยกาบมะพร้าว พบว่า เส้นใยไหมและเส้นใยนุ่นมีประสิทธิภาพในการกรองมากที่สุด โดยมีปริมาณน้ำมันหลงเหลือในของผสมน้อยกว่า 1 % และประสิทธิภาพของตัวกรองจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนของชั้นตัวกรอง นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของเส้นใยทั้งสองพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยอยู่ในช่วง 12-18 ไมโครเมตร และเส้นใยทั้งสองชนิดมีความเป็นไฮโดรโฟบิกสูง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติ สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ (นครราชสีมา) สำหรับความอนุเคราะห์เส้นใยไหมและห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ และสาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา สำหรับห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์แยกสาร

เอกสารอ้างอิง

กนกพร พลเยี่ยม และ สินีนาฏ ศิริ. 2556. การสกัดเซอริซินจากรังไหม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กรมควบคุมมลพิษ. 2560. **บ่อดักไขมัน.** แหล่งที่มา: www.pcd.go.th, 10 มกราคม 2560

กฤษณะ จิรสารสวัสดิ์. 2554. การบำบัดโครเมียมโดยใช้ผักตบชวาด้วยบึงประดิษฐ์, น. 202-209. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 1.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, นนทบุรี.

กิตติธัช มานะสันติเลิศ. 2560. การปรับปรุงคุณสมบัติของเส้นใยไหมด้วยสารประกอบซิงค์ออกไซด์โดยอาศัยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ธิดา วิเชียรเพชร. 2545. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ดอกธูปฤาษี.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิไท ตาทอง . 2560. **น้ำเสีย.** แหล่งที่มา: www.yala.ac.th, 10 มกราคม 2560

ไมตรี จิรไมตรี. 2551. การพัฒนาถังดักไขมันโดยการดูดซับด้วยกาบมะพร้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิทวัส จิรัฐพงศ์ และ กฤษณเวช ทรงธนศักดิ์. 2554. การศึกษาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจากของเหลือทิ้งจากพืชเพื่อใช้ในการผลิตแผ่นฟิล์มพลาสติกชีวภาพ. ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2560. **ปริมาณน้ำบนโลก.** แหล่งที่มา: http://adeq.or.th, 10 มกราคม 2560.

Cao, T.T. and Zhang, Y.Q. 2016. Processing and characterization of silk sericin from Bombyx mori and its application in biomaterials and biomedicines. **Materials Science and Engineering *C*** *61: 940–952.*

Hori, K., Flavier, M.E., Kuga, S., Lam, T.B.T and Iiyama, K. 2000. Excellent oil absorbent kapok [Ceiba pentandra (L.) Gaertn.] fiber. **The Japan Wood Research Society** 46: 401-404.

Lim, T.T. and Huang, X. 2007. Evaluation of hydrophobicity/oleophilicity of kapok and its. **Industrial Crops and Products** 26: 125-134.

Qiao, X., Wang, L., Shao, Z., Sun, K. and Miller, R. 2015. Stability and rheological behaviors of different oil/water emulsions stabilized by natural silk fibroin. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects** 475: 84-93.

การพยากรณ์การผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในประเทศไทย ด้วยการวิเคราะห์ด้วยอนุกรมเวลา

Predictions of Refine Production and Consumption of Petroleum Products in Thailand by Time Series Analysis.

ณัฐพล ดีเสมอ[1*]

Nutthapon Deesamer[1*]

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ (Crude oil) แก๊สธรรมชาติ (Natural gas) และแก๊สธรรมชาติของเหลว (Condensate) ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ก๊าซหุงต้ม น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด น้ำมันเตา เป็นต้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการใช้ในภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร ภาคคมนาคมขนส่ง หรือแม้กระทั่งทางด้านการไฟฟ้าก็จำเป็นที่จะต้องใช้น้ำมันเตาในการผลิตไฟฟ้าและอื่นๆ อีกมากมาย หากขาดซึ่งผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมก็อาจทำให้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจภายในประเทศเป็นอย่างมาก

ด้วยเหตุนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการพยากรณ์หาค่าแนวโน้มของการผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมภายในประเทศไทยจากข้อมูลในอดีตตั้งแต่ พ.ศ. 2545 ถึง พ.ศ. 2559 โดยจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจและใช้อนุกรมเวลา 2 ตัวเข้ามาช่วยในการพยากรณ์ คือ การหาค่าแนวโน้มด้วย Least Square Method และ การพยากรณ์ทางธุรกิจด้วย Long – Term Forecast ว่าแนวโน้มในอนาคตจะมีความต้องการผลิตและใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปในทิศทางใด เพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ โปรแกรม Pycharm IDE และภาษา Python

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม, Least Square Method, Long – Term Forecast

ABSTRACT

Petroleum products get from refined Crude oil, Natural oil and Condensate. Get products such as LPG, gasoline, diesel, kerosene, fuel oil, etc. So that petroleum products are very important about use in industry, household, agriculture, transportation or even electricity are need to used fuel oil to generate electric, etc. If the lack of petroleum products may affect the domestic economy greatly.

Hence, it aims to forecast the trend of refine production and consumption of petroleum products in Thailand. Use information from 2002 to 2016, classified by economic sectors, use time series 2 options to help in forecasting the trend is to find a Least Square Method and Business Forecast with long-term forecast. That trend in the future, there will be a refine production and consumption of petroleum products to go in any direction. To cope with the situation that will arise in the future. The tools used to develop, including Pycharm IDE program and Python language.

Keyword : petroleum products, least square method, long –term forecast

---

[1] สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Computer Science, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University, Radsada Sub-district , Muang District, Phuket Province 83000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์(Corresponding author, e-mail) : : jus.newlife@gmail.com

บทนำ

ปิโตรเลียม หมายถึง น้ำมันที่ได้จากหินหรือน้ำมันดิบ มิองค์ประกอบหลัก 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน และอาจมีธาตุอโลหะชนิดอื่นปนอยู่ด้วย เช่น กำมะถัน ออกซิเจน และไนโตรเจน และปิโตรเลียมสามารถเป็นได้ทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ในปัจจุบันหรือแม้กระทั่งอนาคต เรายังไม่สามารถทราบถึงอัตราการเติบโตของการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในประเทศไทยได้อย่างแน่ชัด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาว่า ประเทศไทยมีความต้องการในการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในอนาคตเป็นอย่างไร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการรับมือกับสถานการณ์ในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาแนวโน้มการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในปี พ.ศ. 2560 ไปจนถึง พ.ศ. 2565
2. เพื่อหาแนวโน้มการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในปี พ.ศ. 2560 ไปจนถึง พ.ศ. 2565
3. เพื่อทำให้ทราบแนวโน้มการบริโภคตามสาขาเศรษฐกิจทั้งหมด 7 สาขา ได้แก่ การเกษตร, เหมืองแร่, อุตสาหกรรม , การไฟฟ้า, ก่อสร้าง, บ้านพักที่อยู่อาศัยและการค้า และ การคมนาคมขนส่ง

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพยากรณ์หายอดการผลิตและบริโภคของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมภายในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน รวบรวมโดยสำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ และข้อมูลมีลักษณะเป็นรายปี ระดับประเทศ แหล่งที่มาของข้อมูลคือ รายงานการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในประเทศไทย จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 – พ.ศ.2559 โดยปัจจัยที่นำมาศึกษาเบื้องต้นมีดังนี้

1. Refine	การผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม
2. Consumption	การบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทั้งหมด
2.1. Agriculture	การเกษตร
2.2. Mining	เหมืองแร่
2.3. Manufacturing industry	อุตสาหกรรม
2.4. Electricity	การไฟฟ้า
2.5. Construction	ก่อสร้าง
2.6. Residential and Commercial	บ้านพักที่อยู่อาศัยและการค้า
2.7. Transportation	การคมนาคมขนส่ง

โดยใช้เทคนิคทฤษฎีทางสถิติหาจำนวนการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมด้วยวิธีดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยการหาค่าแนวโน้มโดยใช้ Least Square Method
2. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยการพยากรณ์ทางธุรกิจโดยใช้ Long – Term Forecast

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบจำนวนหรือปริมาณที่แน่นอนของการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมภายในประเทศไทยและเป็นตัวช่วยในการกำหนดนโยบายและเป้าหมายในการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในอนาคต
2. ได้ทราบถึงความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมจากสาขาเศรษฐกิจทั้ง 7 สาขา
3. ได้ทราบผลการคำนวณที่แตกต่างระหว่าง Least Square Method และ Long – Term Forecast

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้

   เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม ประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

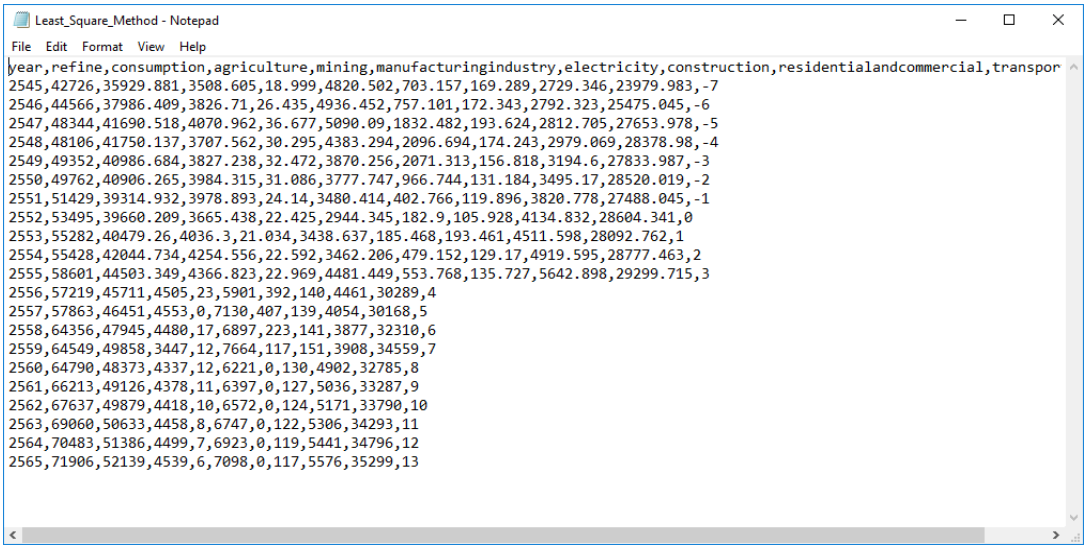
   1.1. Pycharm IDE เป็นซอฟต์แวร์ที่รองรับภาษา python ใช้สำหรับเขียนโปรแกรม

   1.2. ภาษา Python

   1.3. คอมพิวเตอร์, Laptop

2. การเตรียมข้อมูล

   นำข้อมูลที่เดิมที่ได้จากการเก็บรวบรวมของสำนักสถิติพยากรณ์ สำนักงานสถิติแห่งชาติ มาแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ CSV (Comma Separated Value) เพื่อใช้ในการเขียนโปรแกรมดังภาพที่1



ภาพที่ 1 ข้อมูลในรูปแบบไฟล์ CSV

3. ทฤษฎีและสมการที่ใช้ในการพยากรณ์การผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมมีดังต่อไปนี้

   3.1. Least Square Method คือ วิธีกำลังสองน้อยสุดมีสมการดังนี้

$$\hat{y} = a + bx \tag{1}$$

โดย $\hat{y}$ คือ ค่าอนุกรมเวลาที่ต้องการประมาณ

a คือ ระยะตัดแกน y

b คือ แทนความชันของเส้นตรง

x คือ แทนเวลาที่เก็บ (ปี, เดือน, วัน, ไตรมาสต์)

ในการคำนวณค่า $\hat{y}$ ต้องกำหนดค่า x โดยมีข้อแม้ว่า

3.1.1. ถ้าจำนวนข้อมูลเป็นเลขคี่ ให้ใช้ปีที่อยู่กึ่งกลางของข้อมูล มีค่า $x = 0$ สำหรับปีที่อยู่ก่อนปีกึ่งกลางให้มีค่า x เป็น -1, -2, -3,...ส่วนปีที่อยู่หลังปีกึ่งกลางให้มีค่า x เป็น 1, 2, 3,...ตามลำดับ

3.1.2. ถ้าจำนวนข้อมูลเป็นเลขคู่ ให้กำหนดปีที่อยู่กึ่งกลางมีค่า $x = 1$ และ $x = -1$ ปีที่อยู่ก่อนจุดพเริ่มต้นให้มีค่า x เป็น -3, -5, -7,... ส่วนปีที่อยู่หลังจุดเริ่มต้นให้มีค่า x เป็น 3, 5, 7,... ตามลำดับ

หลังจากทำการกำหนดค่า x เรียบร้อยแล้วก็คำนวณค่า a และ b จากสูตร

$$a = \bar{y} \quad (1.1)$$

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} \quad (1.2)$$

3.2. Long – Term Forecast คือ ข้อมูลที่นำมาใช้พยากรณ์ระยะยาวเป็นข้อมูลรายปีมีสมการดังนี้

$$T = (ax + b)\left(\frac{(100+z)}{100}\right) \quad (2)$$

โดย T คือ ค่าพยากรณ์ระยะยาว

a คือ ระยะตัดแกน y

b คือ ความชันของเส้นตรง

x คือ แทนเวลาที่เก็บ

z คือ สภาพวัฏจักรที่สูงกว่าปกติ (%)

3.2.1. ค่า Z กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 3.70 โดยอ้างอิงข้อมูลจาก บริษัท ปตท.

$$a = \frac{\sum y}{n} \quad (2.1)$$

$$b = \frac{\sum xy}{x^2} \quad (2.2)$$

4. เขียนโปรแกรม

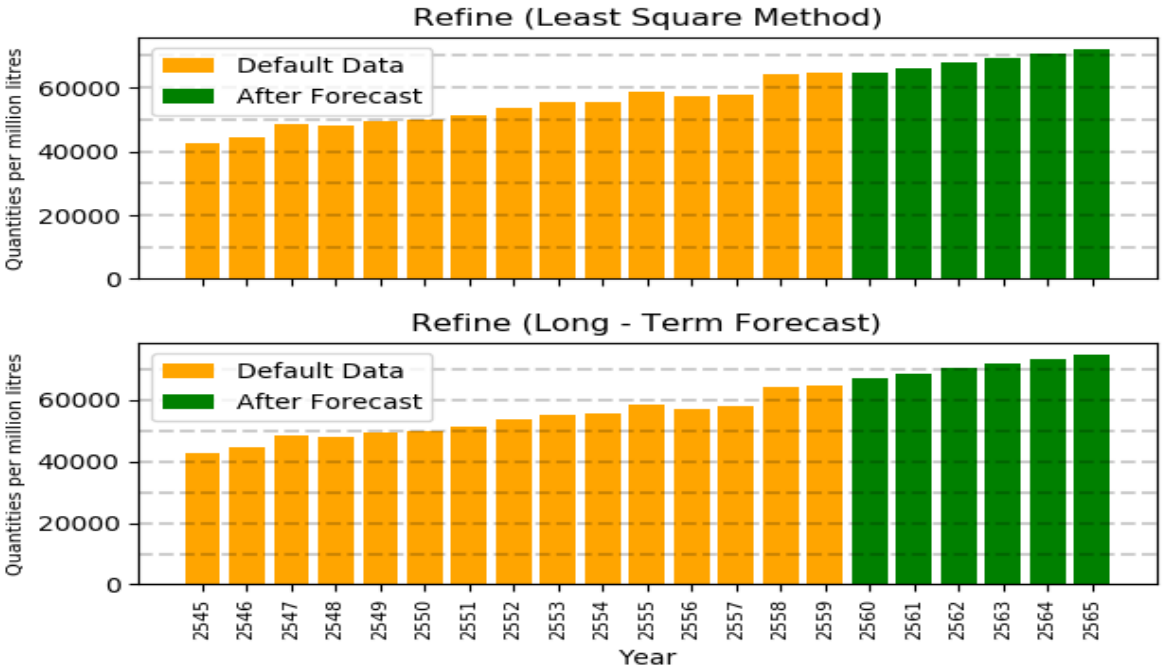
โปรแกรมถูกเขียนโดยใช้ซอฟต์แวร์ Pycharm IDE และใช้ภาษา Python เป็นตัวกลางในการเชื่อมระหว่างโปรแกรมกับข้อมูลที่ได้ทำการเตรียมไว้ในข้อ (2) ของการดำเนินการวิจัย (ไฟล์ CSV) รวมถึงใช้สมการในข้อ (3) ของการดำเนินงานวิจัย คำนวณหาผลลัพธ์และแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ

ผลและวิจารณ์ผล

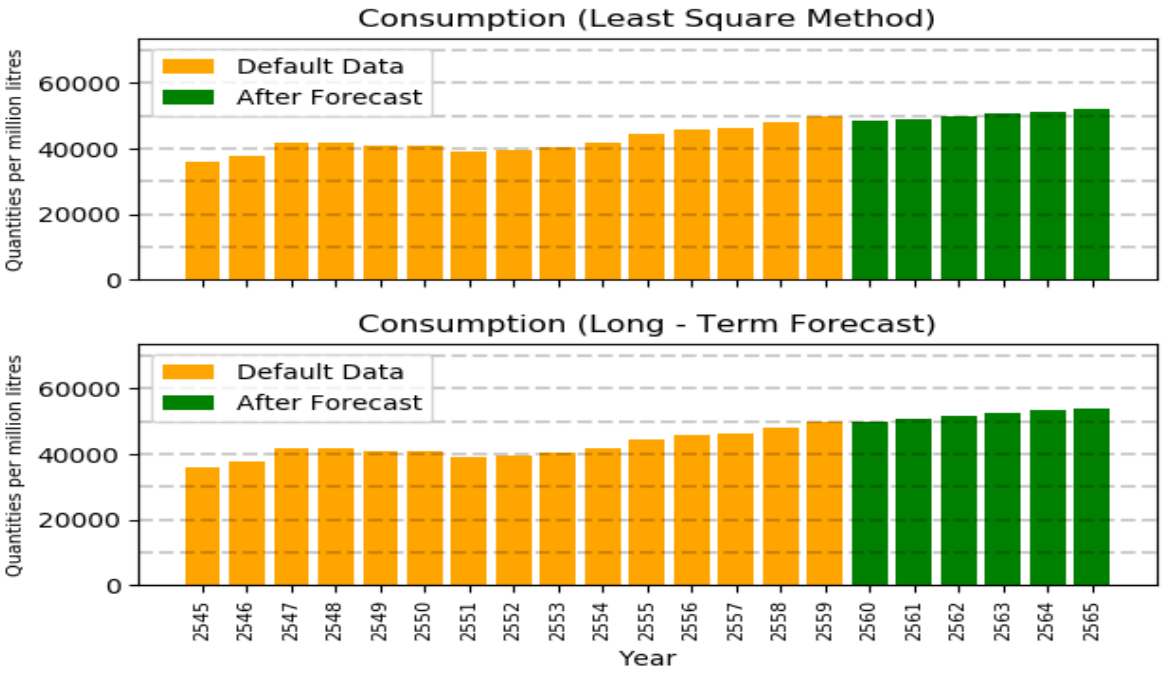
Default Data หมายถึง ข้อมูลเดิม

After Forecast หมายถึง ข้อมูลหลังจากทำการพยากรณ์

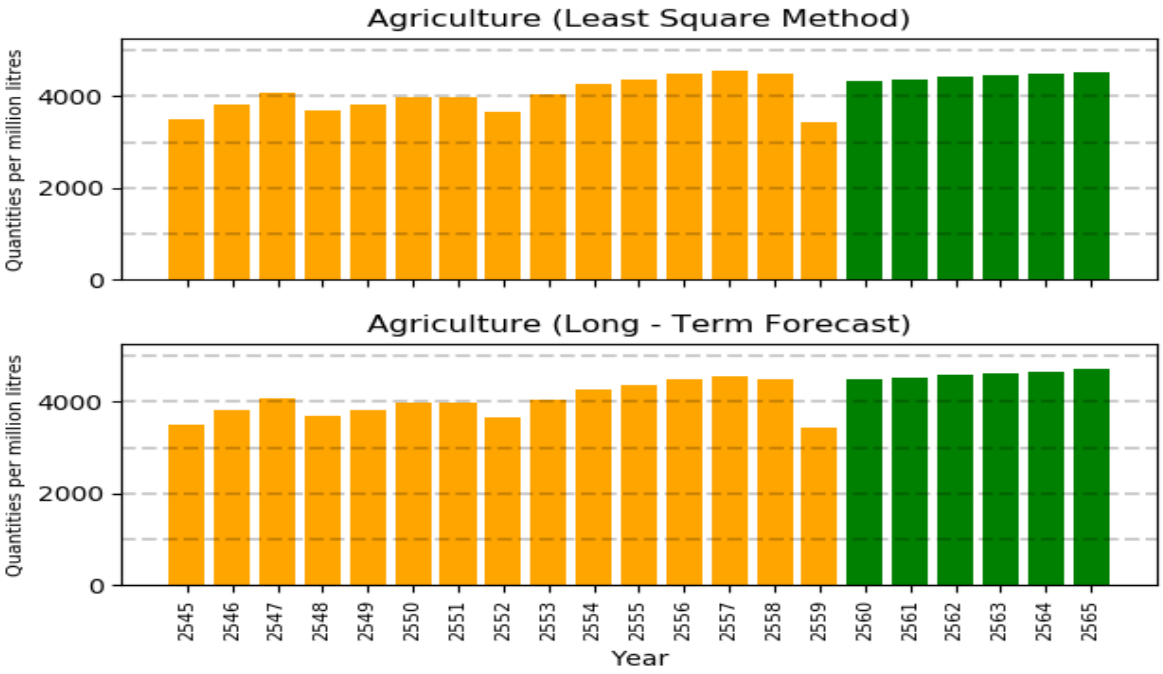
หน่วย : ปริมาตรต่อหน่วยเป็นล้านลิตร



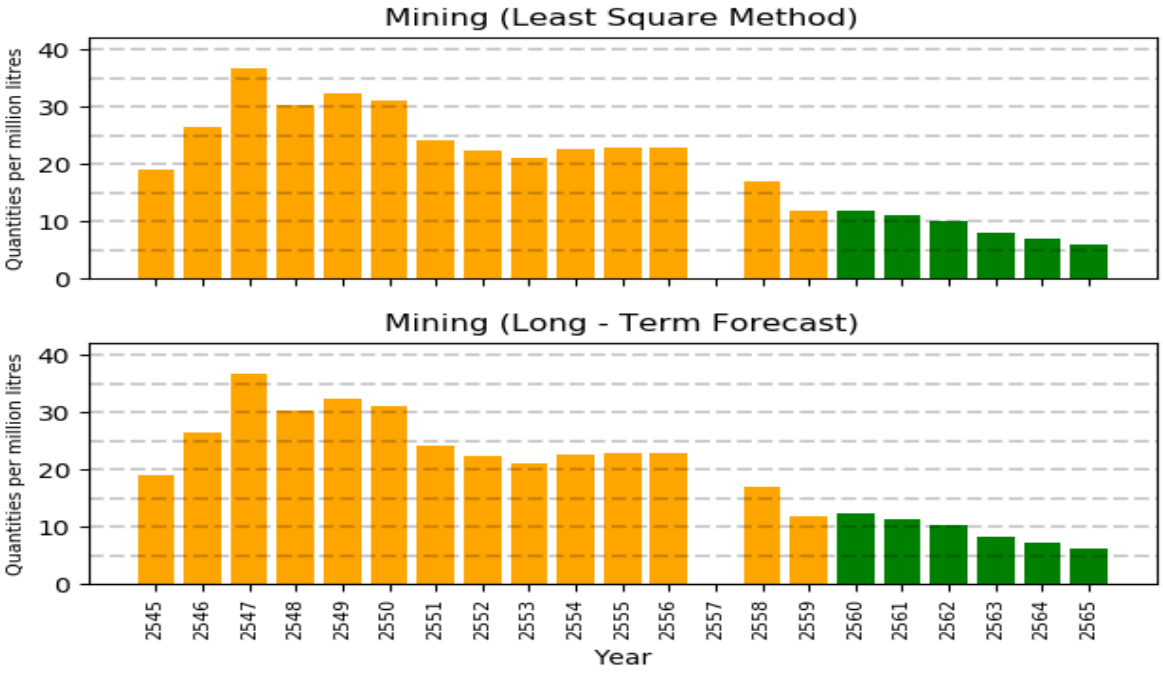
ภาพที่ 2 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม



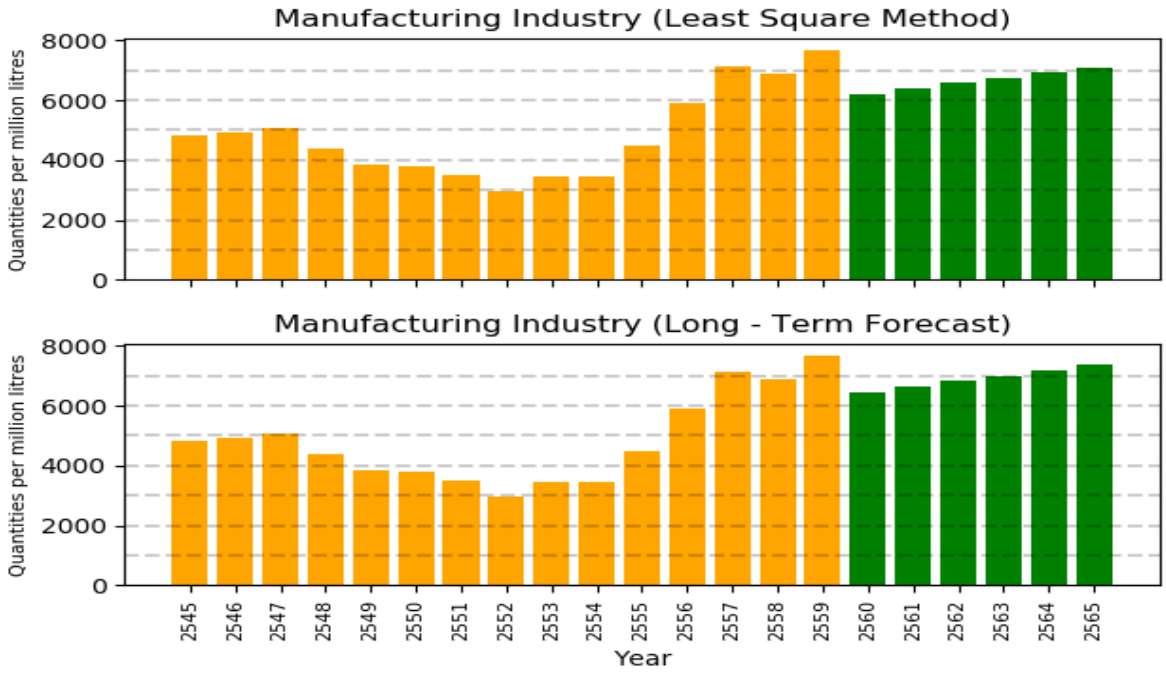
ภาพที่ 3 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมทั้งหมด



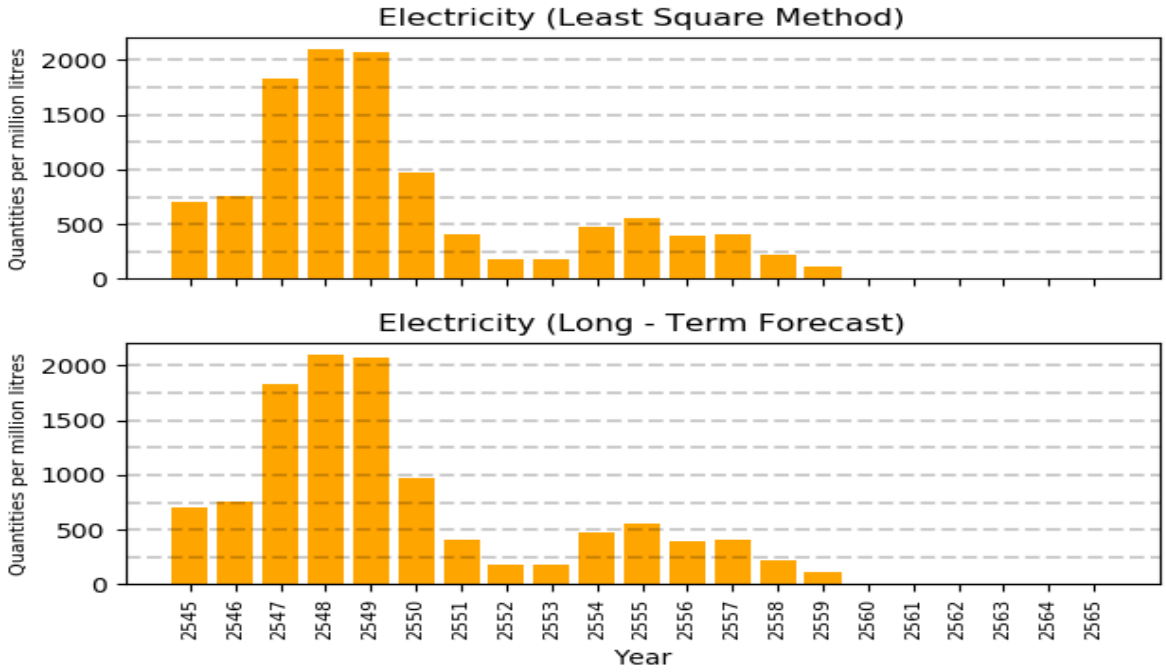
ภาพที่ 4 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการเกษตร



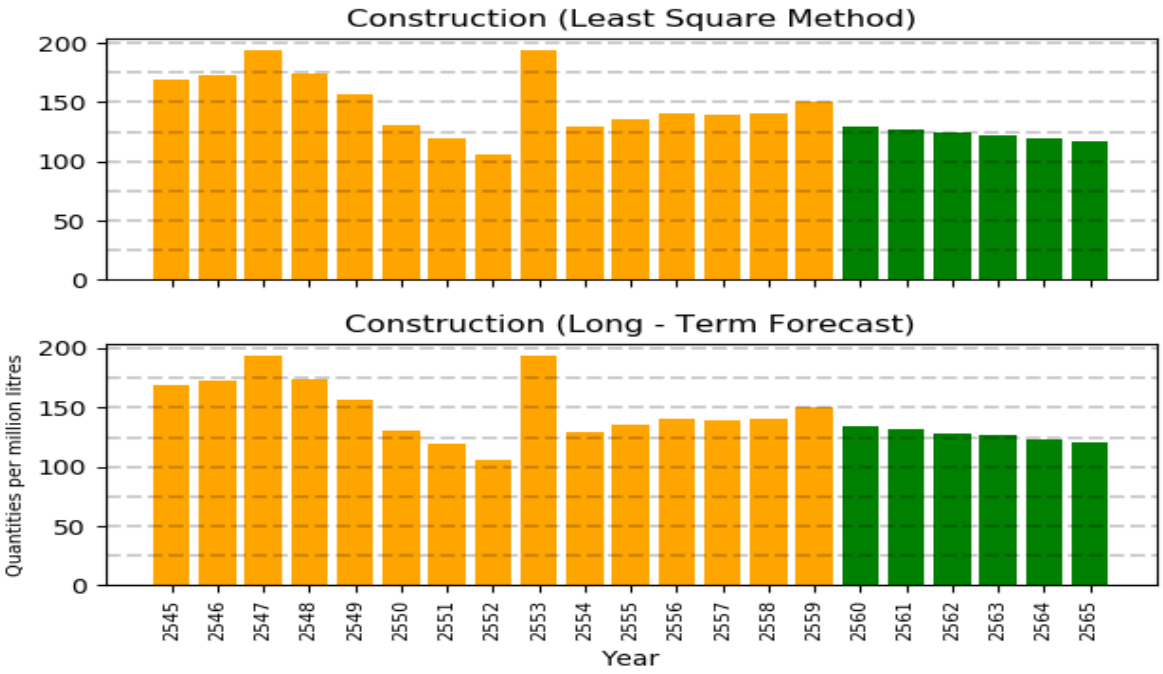
ภาพที่ 5 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการทำเหมืองแร่



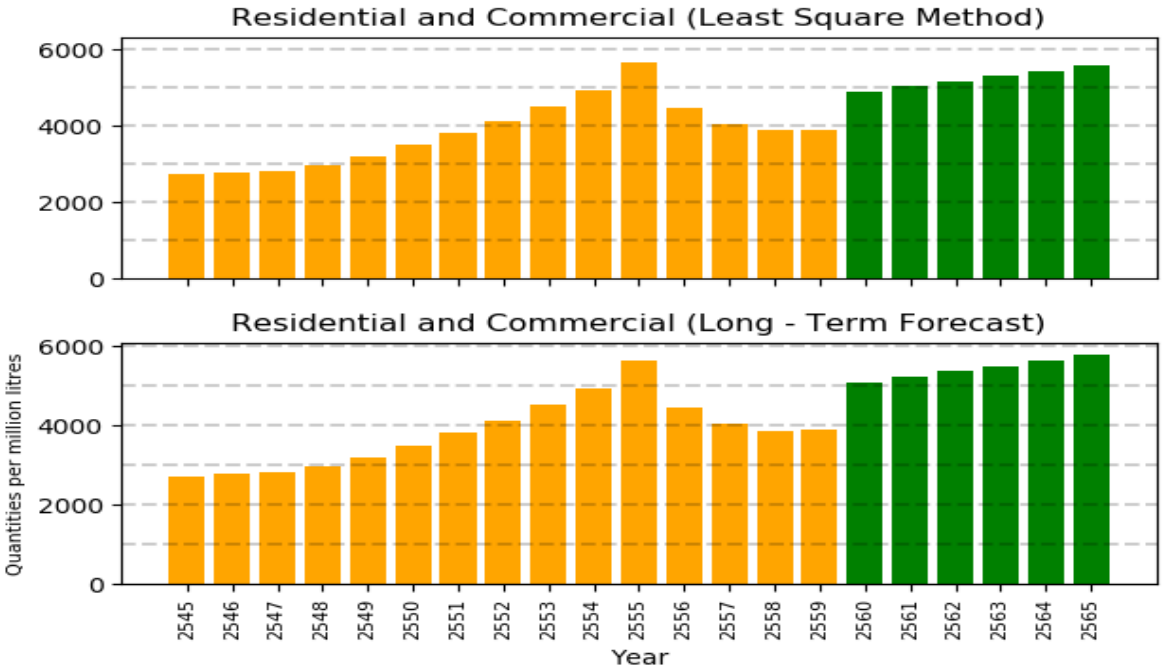
ภาพที่ 6 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของอุตสาหกรรม



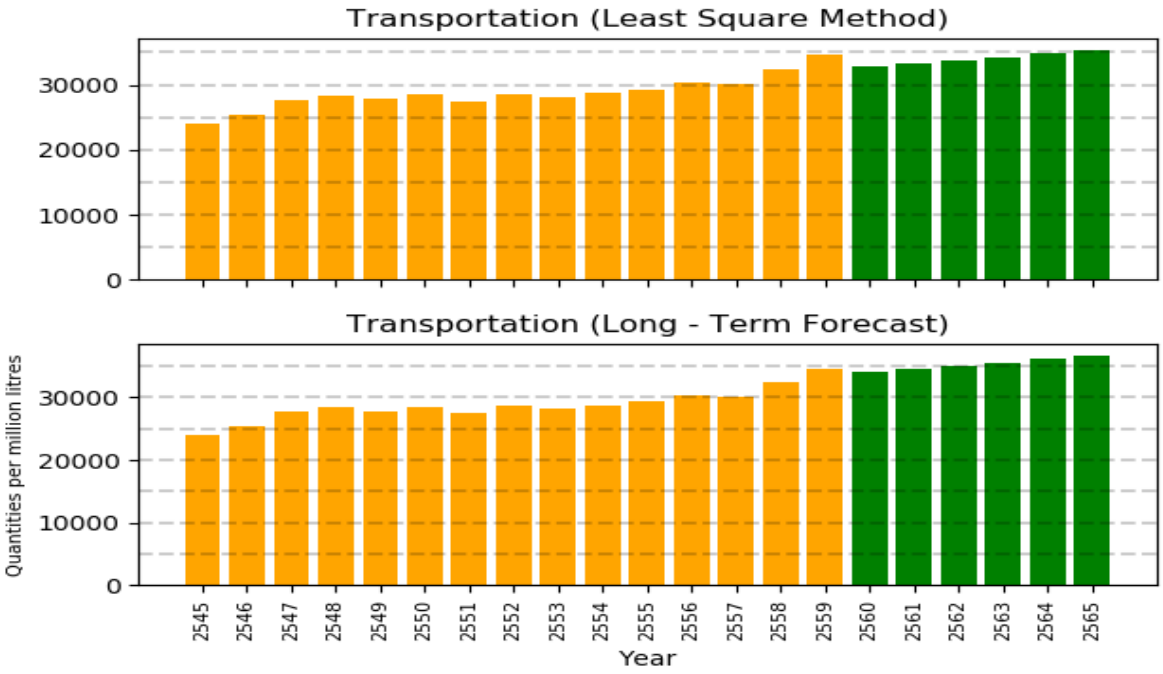
ภาพที่ 7 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการไฟฟ้า



ภาพที่ 8 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการก่อสร้าง



ภาพที่ 9 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของบ้านพักที่อยู่อาศัยและการค้า



ภาพที่ 10 ปริมาณการบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมของการคมนาคมขนส่ง

สรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการพยากรณ์การผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมในปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2565

ปี	การผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (ปริมาตรต่อล้านลิตร)		การบริโภคทั้งหมด (ปริมาตรต่อล้านลิตร)	
	Least Square Method	Long – Term Forecast	Least Square Method	Long – Term Forecast
2560	64,790	67,122	48,373	50,114
2561	66,213	68,663	49,126	50,944
2562	67,637	70,140	49,879	51,725
2563	69,060	71,615	50,633	52,506
2564	70,483	73,091	51,386	53,287
2565	71,906	74,567	52,139	54,068

ตารางที่ 2 ผลการพยากรณ์ปริมาณการบริโภคปิโตรเลียมของสาขาการเกษตรและเหมืองแร่

ปี	การเกษตร (ปริมาตรต่อล้านลิตร)		เหมืองแร่ (ปริมาตรต่อล้านลิตร)	
	Least Square Method	Long – Term Forecast	Least Square Method	Long – Term Forecast
2560	4,337	4,493	12	12
2561	4,378	4,540	11	11
2562	4,418	4,581	10	10
2563	4,458	4,623	8	8
2564	4,499	4,665	7	7
2565	4,539	4,707	6	6

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการบริโภคปิโตรเลียมของสาขาอุตสาหกรรมและการไฟฟ้า

ปี	อุตสาหกรรม (ปริมาตรต่อล้านลิตร)		การไฟฟ้า (ปริมาตรต่อล้านลิตร)	
	Least Square Method	Long – Term Forecast	Least Square Method	Long – Term Forecast
2560	6,221	6,445	0	0
2561	6,397	6,634	0	0
2562	6,572	6,815	0	0
2563	6,747	6,997	0	0
2564	6,923	7,179	0	0
2565	7,098	7,361	0	0

ตารางที่ 4 ผลการพยากรณ์ปริมาณการบริโภคปิโตรเลียมของสาขาการก่อสร้างและบ้านพักที่อยู่อาศัยและการค้า

ปี	ก่อสร้าง (ปริมาตรต่อล้านลิตร)		บ้านพักที่อยู่อาศัยและการค้า (ปริมาตรต่อล้านลิตร)	
	Least Square Method	Long – Term Forecast	Least Square Method	Long – Term Forecast
2560	130	135	4,902	5,078
2561	127	132	5,036	5,222
2562	124	129	5,171	5,362
2563	122	127	5,306	5,502
2564	119	123	5,441	5,642
2565	117	121	5,576	5,782

ตารางที่ 5 ผลการพยากรณ์ปริมาณการบริโภคปิโตรเลียมของสาขาการคมนาคมขนส่ง

ปี	การคมนาคมขนส่ง (ปริมาตรต่อล้านลิตร)	
	Least Square Method	Long – Term Forecast
2560	32,785	33,965
2561	33,287	34,519
2562	33,790	35,040
2563	34,293	35,562
2564	34,796	36,083
2565	35,299	36,605

จากการทดลองพบว่าการพยากรณ์ด้วย Long – Term Forecast จะมีปริมาณการผลิตและบริโภคผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่สูงกว่า Least Square Method เนื่องจาก Long – Term Forecast มีปัจจัยทางด้านการเจริญเติบโตของสภาพวัฏจักรที่สูงขึ้น ซึ่งหมายถึงแนวโน้มการเติบโตของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่เพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปีของประเทศไทยมีค่าเท่ากับ 3.7 เปอร์เซ็นต์ต่อปี มีเพียงเหมืองแร่ที่มีปริมาณความต้องการลดน้อยลงและการไฟฟ้าที่อาจเลิกใช้ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมหรือน้ำมันเตาไปเลย สาเหตุมาจากราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นรวมไปถึงการพัฒนาถ่านหินลิกไนต์ที่เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง เป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำและการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำยังมีบทบาทที่สำคัญต่อแนวทางการลดการพึ่งพาผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์อรรถพล ปิลไล อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำเพิ่มเติม และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี พรผล ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือโดยตลอดจนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้ทำวิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ และคุณแม่ ที่คอยให้การช่วยเหลือเรื่องของปัจจัยด้านงบประมาณต่างๆ

สุดท้ายนี้ หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องประการใด ทางผู้จัดทำวิจัยขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องเหล่านั้น และผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์กับทุกๆคนไม่มากก็น้อย

เอกสารอ้างอิง

Wikipedia. ความหมายของปิโตรเลียม แหล่งที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/ปิโตรเลียม

ปิโตรเลียมแหล่งที่มา: http://www.scimath.org/lesson-chemistry/item/7157-petroleum

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. วิกฤติการณ์น้ำมัน แหล่งที่มา: http://www.egat.co.th/index.php? option=com_content&view=article&id=10&Itemid=151

ปตท. การค้าขายผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียม แหล่งที่มา: http://www.pttplc.com/th/about/business/ptt-owned-business/international-trading-unit/pretoleum-petrochemical/pages/petroleum-product.aspx

สำนักงานสถิติแห่งชาติแหล่งที่มา: http://www.nso.go.th/sites/2014

Prasertcbs. CHULALONGKORN BUSINESS SCHOOL. Python for Data science Available source: Matplotlib Available source: https://matplotlib.org/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.yticks.html

Data Camp. Data Scientist with PythonAvailable source: https://www.datacamp.com/

การบำบัดน้ำผิวดินด้วยเม็ดบีดสารสกัดจากมะรุม

Treatment of Surface Water using Moringa Extract Beads

ปทุมทิพย์ ปราบพาล[1*] และ ขนิษฐา เจริญลาภ[2]

Pathumthip Prabphane[1*] and Khanittha Charoenlarp[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำผิวดินด้วยเม็ดบีดสารสกัดจากเมล็ดมะรุมเป็นสารรวมตะกอนตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุมที่สกัดน้ำมันและไม่สกัดน้ำมันเวลาในการกวนและ เวลาในการรวมตะกอน ความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุม คือ 10, 20 และ 30 กรัมต่อลิตร เวลาในการกวน คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที และเวลาในการรวมตะกอน คือ 15, 30, 45 และ 60 นาที ผลการวิเคราะห์การลดลงของความขุ่นและความกระด้าง พบว่า ภาวะที่เหมาะสมที่สุด คือ ความเข้มข้นสารสกัดมะรุมแบบสกัดน้ำมัน 10 กรัมต่อลิตร เวลาในการกวน 30 นาที และเวลาในการรวมตะกอน 60 นาที

คำสำคัญ : การรวมตะกอน, สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ, มะรุม, เม็ดบีด, ความกระด้าง, ความขุ่น

ABSTRACT

The objective of this research was to study the optimum conditions for the surface water treatment using moringa seed extract bead as a coagulant. The studied variables were as following: the extract concentration of moringa seed and defatted moringa seed, the stirring time and the flocculation time. The moringa seed extract concentration were 10, 20 and 30 g/L. The stirring time were 15, 30, 45 and 60 min. The flocculation time were 15, 30, 45 and 60 min. The reduction of turbidity and hardness were analyzed. It was found that the optimum conditions were the extract concentration of 10 g/L defatted moringa seed, 30 min of stirring time and 60 min of flocculation time.

Keyword: flocculation, natural coagulant, Moringa, beads, hardness, turbidity.

---

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

[1] Division of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ragamangala University of Technology Krungthep, Sathon District, Bangkok, 10120, Thailand

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

[2] Division of Textile Chemical Engineering, Faculty of Textile Industry, Ragamangala University of Technology Krungthep, Sathon District, Bangkok, 10120, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pathumthip.t@mail.rmutk.ac.th

บทนำ

น้ำผิวดินเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำประปา หรือ น้ำใช้ มักมีปัญหาความขุ่นและความกระด้างจากกระบวนการตามธรรมชาติหรือจากของเสียต่างๆที่มนุษย์ก่อขึ้นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตน้ำประปาคือ ขั้นตอนของการตกตะกอนแขวนลอยเพื่อลดความขุ่นของน้ำซึ่งเรียกว่าโคแอกกูเลชัน (coagulation) เนื่องจากความขุ่นหรือสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็กที่เรียกว่าอนุภาคแขวนลอย(colloidal particles) ไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยตัวเองในเวลาที่จำกัด ทำให้คงสภาพแขวนลอยในน้ำหรือเรียกว่า มีเสถียรภาพในน้ำการมีเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์เกิดขึ้นจากสาเหตุสำคัญสองประการ คือ ขนาดของอนุภาคและประจุตามธรรมชาติของอนุภาค กระบวนการโคแอกกูเลชันเป็นการทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์และรวมอนุภาคให้เป็นก้อนฟลอก(floc)ซึ่งสามารถตกตะกอนได้ง่ายและเร็วขึ้น ปัจจุบัน ในชนบทยังมีการใช้สารส้มแกว่งน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติเพื่อให้สิ่งปนเปื้อนตกตะกอน ก่อนจะเติมน้ำยาหยดทิพย์หรือด่างทับทิมเพื่อฆ่าเชื้อโรค สารเคมีหลักที่ใช้ในกระบวนการโคแอกกูเลชันเรียกว่า โคแอกกูแลนต์ (coagulant) หรืออาจเรียกว่า ฟลอกกูแลนต์ (flocculant)และสารเคมีที่ช่วยให้โคแอกกูแลนต์มีประสิทธิภาพดีขึ้นเรียกว่าโคแอกกูแลนต์เอด (coagulant aid) หรือ ฟลอกกูแลนต์เอด (flocculant aid) สารโคแอกกูแลนต์ที่นิยมใช้มากที่สุดคือสารส้ม (alum, $Al_2(SO_4)_3.14.3H_2O$) ส่วนโคแอกกูแลนต์เอดที่นิยมใช้ คือ สารพอลิเมอร์สังเคราะห์ หรือสารพอลิอิเล็กโทรไลต์แต่เนื่องจากสารทั้งสองเป็นสารเคมีที่สังเคราะห์ขึ้นและมีราคาค่อนข้างแพง นอกจากนั้นการใช้สารส้มและปูนขาวก่อให้เกิดแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4$) ซึ่งเป็นความกระด้างถาวร

มีรายงานการวิจัยพบว่าสารส้มมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นสาเหตุหนึ่งของการโรคสมองเสื่อม (Alzhemer's disease) (United Nations World Water Assessment Program, 2003.; และนอกจากนี้ พบว่าสารโคแอกกูแลนต์ที่ได้จากสารอินทรีย์สังเคราะห์จากอะคริลาไมด์(acrylamide)มีความเป็นพิษต่อระบบประสาท และเป็นสารก่อมะเร็ง (Mallevialle, J., et al., 1984)ด้วยเหตุผลข้างต้นนี้จึงได้ศึกษาทดลองหาสารเคมีเสริมจากธรรมชาติเนื่องจากพอลิอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งเป็นพอลิเมอร์สำหรับใช้เป็นสารเคมีเสริมนั้นเป็นจำพวกแป้ง หรือโปรตีน ผู้วิจัยได้ทดลองใช้แป้งและโปรตีนจากเมล็ดพืชต่างๆ ได้แก่ มะรุม ข้าวโพด ถั่วเหลือง มะขาม มาใช้ทดลองเพื่อทดแทนสารเคมีเหล่านี้ พบว่าสามารถลดความขุ่นได้85% และลดความกระด้างได้ 68% (ปทุมทิพย์ ปราบพาล และ ขนิษฐา เจริญลาภ, 2556) อย่างไรก็ตามการใช้งานก็ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากสารสกัดในรูปของเหลวที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายนั้นบูดง่าย แต่สำหรับรูปแบบที่เป็นเม็ดบีดนั้น มีลักษณะทางกายภาพเป็นของแข็งสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย สามารถเตรียมได้โดยการสร้างเม็ดบีดด้วยการใช้อัลจิเนตเจล (alginate gel) ผสมกับสารสกัด งานวิจัยนี้สนใจการเตรียมเม็ดบีดผสมกับสารสกัดเมล็ดมะรุม เพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา และการใช้งาน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

1.1 การเตรียมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่สกัดน้ำมันและไม่ได้สกัดน้ำมัน

ทดลองเตรียมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่สกัดน้ำมันและไม่ได้สกัดน้ำมัน โดยนำเมล็ดมะรุมมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40°C เป็นเวลา 1 วัน แกะเปลือกออกแล้วบดเมล็ดเนื้อในเมล็ดมะรุมให้เป็นผงละเอียด และร่อนด้วยตะแกรงขนาดประมาณ 0.4 มิลลิเมตร เตรียมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่ไม่ได้สกัดน้ำมันโดยนำผงเมล็ดเนื้อในเมล็ดมะรุม 10 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.5 โมล/ลิตร ปริมาตร 1 ลิตร โดยผสมในเครื่องปั่นเป็นเวลา 10 นาที แล้วกรองด้วยผ้ามัสลินและเครื่องกรองสุญญากาศ นำส่วนใสมาใช้งาน ส่วนการเตรียมสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่สกัดน้ำมัน ทำการทดลองโดยนำผงเมล็ดเนื้อในเมล็ดมะรุม 10 กรัม สกัดน้ำมันด้วยเฮกเซน 100 มิลลิลิตร กรองด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ นำกากที่แห้งแล้วมาสกัดเหมือนกับผงมะรุมที่ไม่ได้สกัดน้ำมัน ทำการทดลองซ้ำ โดยเพิ่มผงเมล็ดเนื้อในเมล็ดมะรุมเป็น 20 และ 30 กรัม

1.2 การสังเคราะห์เม็ดบีดผสมสารสกัดเมล็ดมะรุม

ละลายผงวุ้นโซเดียมอัลจิเนต 3 กรัม ด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร เติมสารสกัดมะรุมจากข้อ 1.1 ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วหยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่เตรียมจากแคลเซียมคลอไรด์ 10 กรัมในน้ำ100 มิลลิลิตร โดยใช้หลอดฉีดยาดูดสารผสมที่ได้หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ทิ้งให้เม็ดบีดแข็งตัวประมาณ 30 นาที แล้วกรองเม็ดบีด ผึ่งลมให้แห้งแล้ววัดขนาด

1.3 การเตรียมน้ำผิวดินสังเคราะห์

น้ำผิวดินจากธรรมชาติมีสมบัติไม่คงที่ ขึ้นกับแหล่งน้ำและฤดูกาล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้น้ำผิวดินที่สังเคราะห์ขึ้นมา เพื่อให้ปริมาณของสารที่ผลต่อความกระด้างและความขุ่นในน้ำผิวดินมีค่าคงที่ การเตรียมน้ำผิวดินมีวิธีดังนี้

1.3.1 การเตรียมน้ำผิวดินที่มีความกระด้าง ชั่งแคลเซียมคลอไรด์ 0.304 กรัม ผสมแมกนีเซียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรท0.304 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร สารละลายที่ได้มีความกระด้าง 342 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เป็นสารละลายเผื่อใช้ (stock solution)

1.3.2 การเตรียมน้ำผิวดินที่มีความขุ่น เตรียมสารละลายความขุ่นเผื่อใช้ 4,000 NTU ทำได้โดยชั่งไฮดราซีน ซัลเฟต ($N_2H_4H_2SO_4$) 2.5 กรัม ต่อน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ผสมกับ เฮกซะเมทิลีน เตตระมีน ($C_6H_{12}N_4$) 25 กรัม ต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในอุณหภูมิ 20 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ด้วยเม็ดบีดผสมสารสกัดเมล็ดมะรุม

2.1 เตรียมน้ำผิวดินสังเคราะห์ที่มีค่าความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU และ ค่าความกระด้าง 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำสารละลายที่เตรียมได้ 4,000 NTU มา 125 มิลลิลิตร และ เติมแคลเซียมคลอไรด์ 0.415 กรัม แมกนีเซียมคลอไรด์เฮกซะไฮเดรท 0.456 กรัม ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดความขุ่นเริ่มต้นและความกระด้างเริ่มต้น แล้วทำการทดลองโดยนำน้ำผิวดินสังเคราะห์ที่เตรียมได้ปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2.2 เติมเม็ดบีดที่เตรียมได้ 2 กรัม แล้วกวนด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

2.3 ตั้งทิ้งให้ตกตะกอนแล้วนำสารละลายส่วนบนมาวิเคราะห์ค่าความขุ่นและความกระด้าง

2.4 ทำซ้ำตั้งแต่ ข้อ (2.1)-(2.3) โดยเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ดังนี้ เม็ดบีดจากสารสกัดจากเมล็ดมะรุมที่สกัดน้ำมันและไม่ได้สกัดน้ำมัน ปริมาณของเม็ดบีดมะรุมเวลาในการบำบัด และเวลาในการรวมตะกอน

2.5 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำผิวดินจากดัชนีคุณภาพน้ำดิบก่อนและหลังบำบัด คือ ค่าความกระด้างและความขุ่น

3. การวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำ

วิเคราะห์ความขุ่นน้ำผิวดินสังเคราะห์ด้วยเครื่อง Turbidity Meter วิเคราะห์ความกระด้างที่เหลือของน้ำโดยการหาปริมาณของ Ca^{2+}, Mg^{2+} ในน้ำสามารถทำได้โดยการไทเทรตกับสารละลายอีดีทีเอ มีวิธีการดังนี้

3.1 ปิเปตตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2 เติมอีริโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ 5 หยด จะเกิดเป็นสีม่วงแดง เติมสารละลายบัฟเฟอร์ 5 มิลลิลิตร

3.3 ไทเทรตกับสารละลายอีดีทีเอ 0.01 โมลาร์ ไทเทรตจนถึงจุดยุติคือสีม่วงแดงเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน แล้วบันทึกผล

4. การทดลอง จาร์เทส

ทำการทดลอง เพื่อศึกษาปรับสภาพน้ำผิวดิน สังเคราะห์ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ศึกษาผลของตัวแปร 2 ตัว คือ ความขุ่น และ ความกระด้าง วิธีการทดลอง ที่ค่าความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU และค่าความกระด้าง 600 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยนำสารละลายที่เตรียมได้ 4,000 NTU มา 25 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกระด้าง 175 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปวัดความขุ่นเริ่มต้น และความกระด้างเริ่มต้น แล้วทำการทดลองดังนี้

4.1 นำน้ำผิวดินสังเคราะห์ที่ค่าความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU และค่าความกระด้าง 600 มิลลิกรัมต่อลิตร จากสารละลายที่เตรียมได้ 4,000 NTU มา 25 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกระด้าง 175 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร จำนวน 4 บีกเกอร์

4.2 ใส่เม็ดบีดมะรุมใส่สารสกัดชนิด ก ปริมาณ 2 กรัม นำไปเข้าเครื่องจาร์เทส ยี่ห้อ Flocculator รุ่น SWI กวนความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 60 นาที ดังรูปที่ 1

หมายเหตุ : ชนิด ก เป็นสารสกัดที่ได้จากมะรุม 10 กรัม

ชนิด ข เป็นสารสกัดที่ได้จากมะรุม 20 กรัม

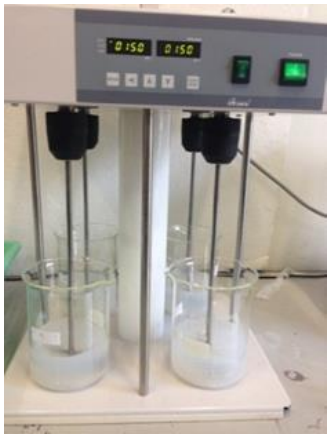
ชนิด ค เป็นสารสกัดที่ได้จากมะรุม 30 กรัม

4.3 แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเวลา 60 นาที

4.4 นำน้ำใสที่ผ่านการทิ้งให้ตกตะกอนแล้วทำการตรวจหาความขุ่น และ ความกระด้าง

4.5 ทำการทดลองที่ 4.2 – 4.4 ซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของเม็ดบีดเป็นชนิด ข และ ค ตามลำดับ

4.6 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดโดยศึกษาการลดลงของความขุ่น และการลดลงของความกระด้าง ที่ได้จากการตกตะกอน แล้วเลือกปริมาณสารสกัดชนิด ก, ข และ ค ที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 1 เครื่องจาร์เทส ยี่ห้อ Flocculator รุ่น SWI

ผลและวิจารณ์ผล

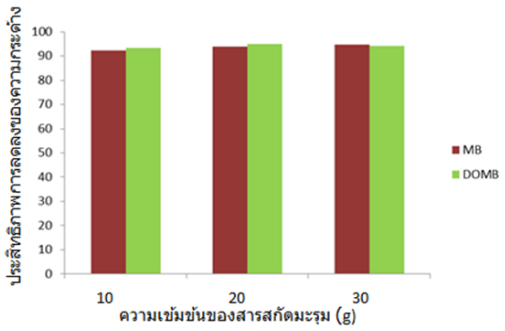
ทำการทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการลดความขุ่นและความกระด้าง ด้วยการทดลองจาร์เทส โดยกำหนดให้ความขุ่นเท่ากับ 500 NTU และความกระด้าง 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในการทดลองนี้เตรียมผิวดินสังเคราะห์ได้ความขุ่นเริ่มต้นเท่ากับ 485 NTU ค่าความกระด้างเริ่มต้นเท่ากับ 452 มิลลิกรัมต่อลิตร

1. ศึกษาประสิทธิภาพของความเข้มข้นของสารสกัด

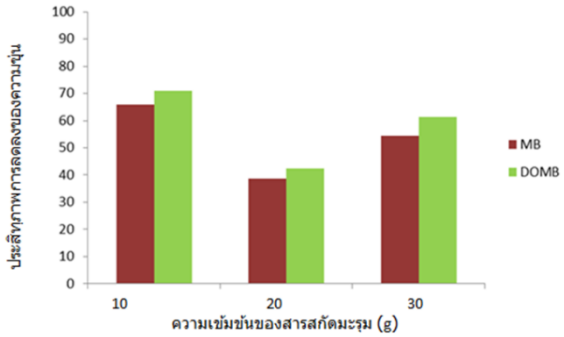
การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดเมล็ดมะรุมในการลดความขุ่นและความกระด้างปริมาณเมล็ดมะรุมที่ใช้ในการสกัด แบบ MB และแบบ DOMB ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้ 10, 20 และ 30 กรัม โดยใช้ปริมาณเม็ดบีด 2 กรัม ในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ 200 มิลลิลิตร

หมายเหตุ : MB สารสกัดมะรุมแบบไม่สกัดน้ำมัน

DOMB สารสกัดมะรุมแบบสกัดน้ำมัน



ภาพที่ 2 อิทธิพลของความเข้มข้นสารสกัดเมล็ดมะรุมที่มีต่อการลดลงของความขุ่น



ภาพที่ 3 อิทธิพลของความเข้มข้นสารสกัดเมล็ดมะรุมที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง

จากรูปที่ 2 – 3 จากการทดลองใช้สารสกัดเมล็ดมะรุมบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ พบว่าสารสกัดเมล็ดมะรุม 10 กรัม มีประสิทธิภาพในการลดลงของความขุ่นสูงกว่าสารสกัดเมล็ดมะรุม 20 และ 30 กรัม เพราะในปริมาณสารสกัดเมล็ดมะรุม 10 กรัม สามารถลดความขุ่นได้พอดี เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุม พบว่า ทำให้ประสิทธิภาพความขุ่นลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากน้ำที่มีความขุ่นน้อยต้องใช้โคแอกกูแลนท์ จำนวนมากจึงจะเกิดโคแอกกูเลชั่นได้ดี ในทางตรงกันข้ามน้ำที่มีความขุ่นสูง อาจใช้โคแอกกูแลนท์น้อยกว่า เหตุผลคือน้ำที่มีความขุ่นต่ำจะมีโอกาสสัมผัสระหว่างอนุภาคน้อย ดังนั้นแม้ว่าการทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์จะเกิดขึ้นแล้วก็ตาม โคแอกกูเลชั่นอาจไม่เกิดได้ดีเท่าที่ควร การใช้โคแอกกูแลนท์ปริมาณสูงก็เพื่อสร้างผลึกจำนวนมาก จากการทดลองพบว่าสารสกัดเมล็ดมะรุม 10 กรัม แบบ DOMB มีประสิทธิภาพในการลดความขุ่นและความกระด้างได้ดีกว่า แบบ MB เพราะในเมล็ดมะรุมได้มีน้ำมันที่เรียกว่า กรดโอเลอิก ชนิดไม่อิ่มตัว ได้สกัดออก เพราะว่าน้ำมันในเมล็ดมะรุมส่งผลให้น้ำขุ่น และเป็นไขและง่ายต่อการกรองไม่เกิดการอุดตันต่อภาชนะที่ใช้

2. ศึกษาประสิทธิภาพของเวลาในการกวน

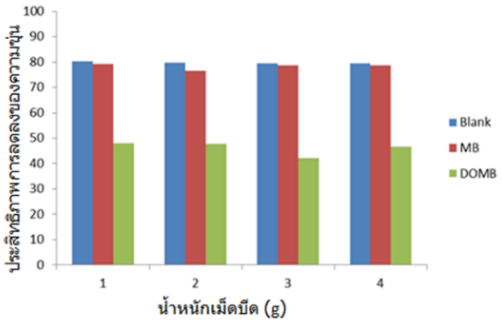
ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของการกวนเร็วและกวนช้าในเวลาต่างๆ หาเวลาการกวนเร็วและกวนช้าโดยเลือกใช้เม็ดบีดจากความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุมที่เหมาะสมจากข้อ 1 คือ 10 กรัม ใช้ปริมาณเม็ดบีด 1, 2, 3 และ 4 กรัม ในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ ดังนี้

แบบ A = กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา = 1 นาที

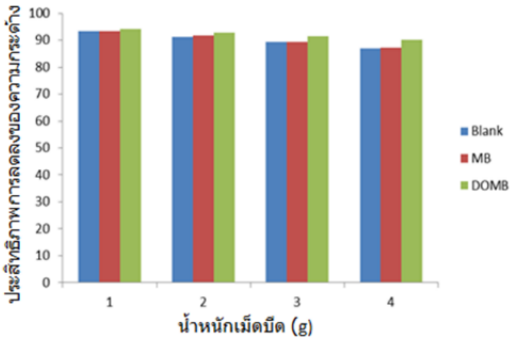
= กวนช้า 30 รอบต่อนาที เวลา = 30 นาที

แบบ B = กวนช้า 30 รอบต่อนาที เวลา = 30 นาที

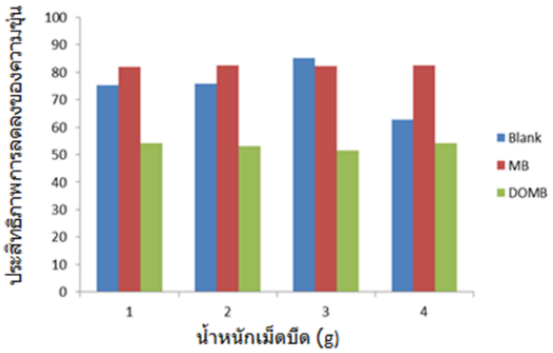
แบบ C = กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา = 1 นาที



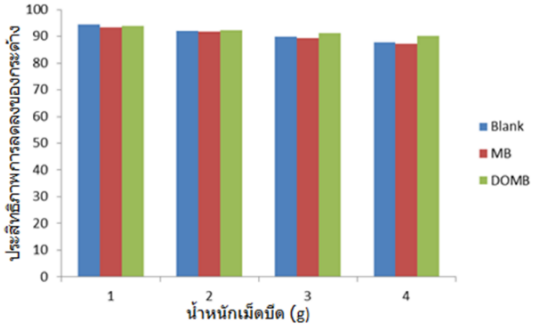
ภาพที่ 4 อิทธิพลของการกวนเร็วและกวนช้า แบบ A ที่มีต่อการลดลงของความขุ่น



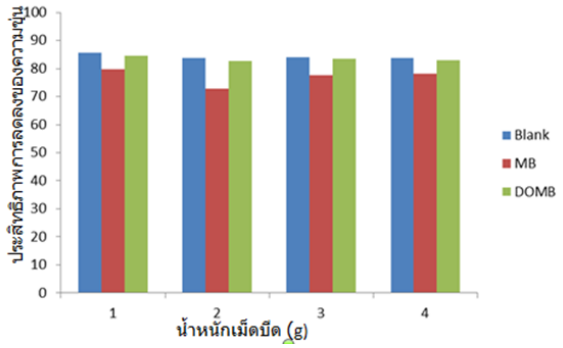
ภาพที่ 5 อิทธิพลของการกวนเร็วและกวนช้า แบบ A ที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง



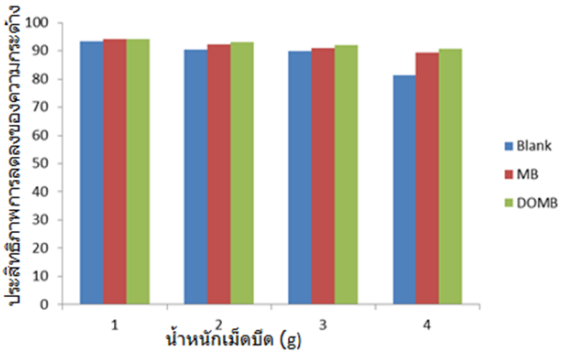
ภาพที่ 6 อิทธิพลของการกวนช้า แบบ B ที่มีต่อการลดลงของความขุ่น



ภาพที่ 7 อิทธิพลของการกวนช้า แบบ B ที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง



ภาพที่ 8 อิทธิพลของการกวนเร็ว แบบ C ที่มีต่อการลดลงของความขุ่น

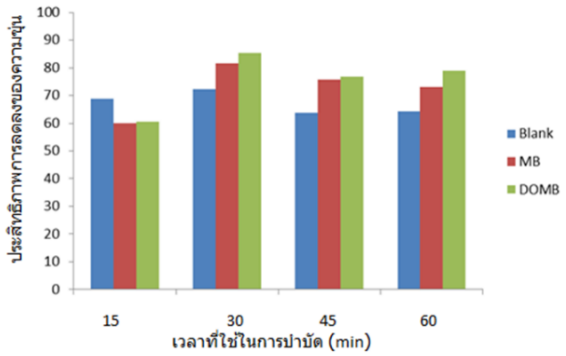


ภาพที่ 9 อิทธิพลของการกวนเร็ว แบบ C ที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง

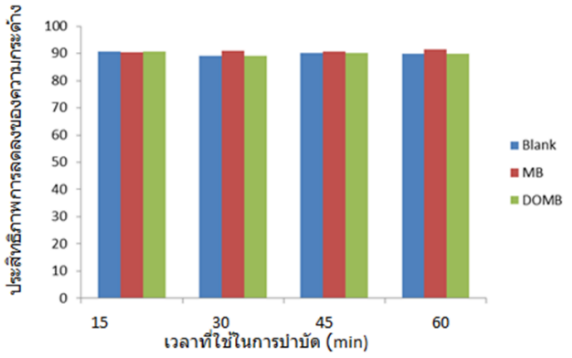
จากภาพที่ 4 – 9 พิจารณาเวลาที่เหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการกวน พบว่าเวลาที่ใช้ในการกวนที่เหมาะสม คือ แบบ A จากการทดลอง แบบ B กวนช้า และ แบบ C กวนเร็ว จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับแบบ A มีประสิทธิภาพการลดลงของความกระด้างที่เท่ากับ แบบ B และ แบบ C ในการลดลงของความขุ่นเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมีค่าการลดลงที่มากกว่า แบบ B และ แบบ C แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากันและ ประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นน้อยลง เนื่องจากเกิดลักษณะการรวมตะกอนแบบ ออร์โธไคเนติคฟล๊อคกูเลชัน เป็นการทำให้อนุภาคคอลลอยด์ต่างๆ เคลื่อนที่ไปมาจนกว่าจะมีการสัมผัสเกิดขึ้นเช่นการกวนน้ำหรือบังคับให้น้ำไหล ด้วยความเร็วที่เปลี่ยนแปลง ทำให้อนุภาคคอลลอยด์มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่ต่างกันจึงมีการสัมผัสเกิดขึ้น และจับเกาะติดกันเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้น การเคลื่อนที่ต้องไม่เร็วจนเกินไป มิฉะนั้นฟล๊อคที่เกิดขึ้นอาจแตก และหลุดออกจากกัน ประสิทธิภาพการลดลงของค่าความขุ่นจะดีหรือไม่ขึ้นกับเวลาในการกวน ส่วนค่าความกระด้าง การใช้เวลานานขึ้นไม่ได้มีผลมากนัก ควรใส่สารช่วยตกตะกอนเพียงเล็กน้อยเพราะโอกาสที่อนุภาคต่างๆ จะมาชนและจับตัวกันมีมาก เพราะประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นและความกระด้าง ที่มีค่าลดลงไปในทางเดียวกัน เนื่องจากใช้กวนเร็วเพื่อให้สัมผัสกันทั่วถึง กวนช้าเพื่อรวมตะกอน จากการทดลองพบว่าแบบ A และ DOMB ที่ใช้ปริมาณเม็ดบีด 1 กรัม เพราะว่ามีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน แต่พบว่าความขุ่นความกระด้าง จากการคำนวณมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้ปริมาณสารที่น้อย

3. ศึกษาประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการบำบัด

ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการบำบัด ณ เวลาต่างๆ ทำการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการบำบัด โดยเลือกแบบ A คือ กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา 1 นาที แปรค่าเวลาในการกวนช้า 30 รอบต่อนาที ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้ 15, 30, 45 และ 60 นาที โดยใช้เม็ดบีด จากความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุม 10 กรัม ใช้ปริมาณเม็ดบีดที่เหมาะสมจากข้อ 2 คือ 1 กรัม ในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์



ภาพที่ 10 อิทธิพลของเวลาในการบำบัด ที่มีต่อการลดลงของความขุ่น

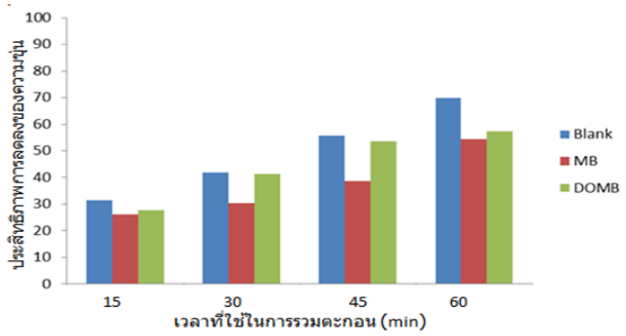


ภาพที่ 11 อิทธิพลของเวลาในการบำบัด ที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง

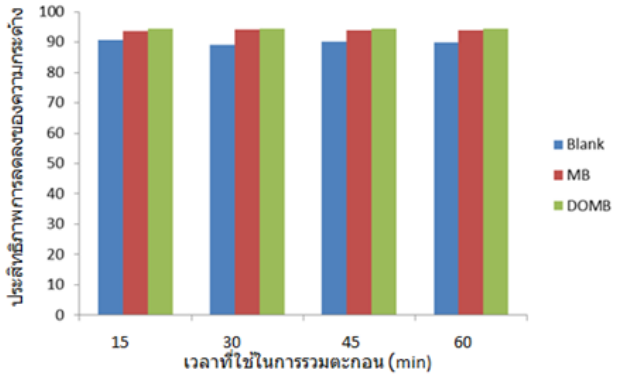
จากภาพที่ 10 – 11 พิจารณาเวลาที่เหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการบำบัด พบว่าเวลาที่ใช้ในการบำบัด ที่เหมาะสมคือ 30 นาที มีประสิทธิภาพการลดลงของความกระด้างที่เท่ากันกับ 15, 45 และ 60 นาที ในการลดลงของความขุ่ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วมีค่าการลดลงที่มากกว่า 15, 45 และ 60 นาที แต่เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น 45 และ 60 นาที มีประสิทธิภาพที่เท่ากัน เมื่อเพิ่มเวลาประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นน้อยลงเนื่องจากเกิดความปั่นป่วนของน้ำในตอนแรกการกวนเร็วในขณะที่มีการเติมสารช่วยตกตะกอนเพื่อให้สารกระจายทั่วถึงและช่วยเพิ่มอัตราการชนกันระหว่างอนุภาคความขุ่นกับสารเคมีให้มากขึ้นโอกาสที่จะจับตัวเป็นฟล๊อคจะเพิ่มขึ้นการกวนช้าต้องการให้ฟล๊อคลอยตัวอยู่ในน้ำได้โดยไม่ตกตะกอนอัตราการเกิดฟล๊อค ในระยะแรกจะมีอนุภาคมาชนกันถี่มากเท่าใดอัตราการเกิดจับตัวก็มากขึ้นเท่านั้นซึ่งนอกจากจะช่วยเพิ่มจำนวนฟล๊อคแล้วยังเพิ่มน้ำหนักและขนาดของฟล๊อคอีกด้วย ทำให้จมตัวได้ง่ายขึ้น

4. ศึกษาประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน

ทำการทดลองศึกษาประสิทธิภาพของเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน ณ เวลาต่างๆ ทำการทดลองหาเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน โดยเลือกแบบ A คือ กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา 1 นาที กวนช้า 30 รอบต่อนาที เวลาที่เหมาะสมจากข้อ 3 คือ 30 นาที แปรค่าเวลาในการทิ้งไว้ให้รวมตะกอน ซึ่งมีค่าดังต่อไปนี้ 15 , 30, 45 และ 60 นาที โดยใช้เม็ดบีด จากความเข้มข้นของสารสกัดเมล็ดมะรุม 10 กรัม ใช้ปริมาณเม็ดบีด 1 กรัม ในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์



ภาพที่ 12 อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน ที่มีต่อการลดลงของความขุ่น



ภาพที่ 13 อิทธิพลของเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน ที่มีต่อการลดลงของความกระด้าง

จากภาพที่ 12 – 13 พิจารณาเวลาที่เหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน พบว่าเวลาที่ใช้เวลาที่ใช้ในการรวมตะกอน ที่เหมาะสมคือ 60 นาที ในการลดลงของความขุ่นเมื่อเวลามากขึ้นประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นมีค่ามากขึ้น แต่มีประสิทธิภาพการลดลงของความกระด้างที่เท่ากัน กับ 15, 30 และ 45 นาที เนื่องจากเกิดการสัมผัสของอนุภาคคอลลอยด์ อาจเกิดขึ้นได้เองโดยอาศัยการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคคอลลอยด์กระทบกันเองหรือถูกชนโดยโมเลกุลของน้ำ เนื่องจาก การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ การสัมผัสแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย จึงอาจกล่าวได้ว่า การเคลื่อนที่แบบบราวเนียนเรียกว่า Perikinetic Flocculation ลักษณะฟล๊อคที่เกิดจากการจับตัวของอนุภาคคอลลอยด์นั้น ในบางครั้งจะมีขนาดไม่ใหญ่พอที่จะตกตะกอนได้ในเวลาอันรวดเร็ว จึงต้องมีการกวนช้าเพื่อให้ฟล๊อคเล็กๆ มีโอกาสจับตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นไปอีกถ้าหากกวนเร็วหรือแรงเกินไปจะเกิดแรงเฉือนทำให้ฟล๊อคแตกออกได้การใส่สารเคมีจำพวกพอลิเมอร์หรือ Polyelectrolytes ซึ่งจัดเป็นพวกฟล๊อคกูแลนต์จะช่วยเพิ่มอัตราการรวมตัวเป็นฟล๊อคขนาดใหญ่ได้ง่าย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลความเข้มข้นของสารสกัดมะรุม

ผลของสารสกัดมะรุมมี 2 แบบ MB และ DOMB น้ำหนักที่ใช้ปริมาณดังต่อไปนี้คือ 10, 20 และ 30 กรัม เม็ดบีดที่เหมาะสมที่สุด คือ เม็ดบีดที่ผสมสารสกัดมะรุม 10 กรัม แบบ DOMB มีประสิทธิภาพในการบำบัด การลดลงความกระด้างสูง เทียบเท่ากับสารสกัดที่มีความเข้มข้นมาก โดยพิจารณาจากการใช้ความเข้มข้นของสารสกัดน้อยแต่ให้ประสิทธิภาพการลดลงความกระด้างมาก

2. ผลของเวลาในการกวน

ผลของเวลาในการกวนที่ใช้ คือ แบบ A = กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา = 1 นาที กวนช้า 30 รอบต่อนาที เวลา = 30 นาที

แบบ B = กวนช้า 30 รอบต่อนาที เวลา = 30 นาที

แบบ C = กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เวลา = 1 นาที เวลาในการกวนที่เหมาะสม คือ แบบ A เพราะ มีประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นและความกระด้าง ที่มีค่าลดลงไปในทางเดียวกัน เนื่องจากใช้กวนเร็วเพื่อให้สัมผัสกันทั่วถึงกวนช้าเพื่อรวมตะกอน จากการทดลองพบว่าแบบ A เหมาะสมที่สุดและเป็นไปตามทฤษฎี

3. ผลของเวลาที่เหมาะสมในการบำบัด

ผลของการลดลงความขุ่นและความกระด้าง ที่ใช้เวลาในการบำบัด ที่แตกต่างกันคือ 15, 30, 45 และ 60 นาที เวลาในการบำบัดที่เหมาะสม คือ เวลา 30 นาที เพราะว่า มีร้อยละการลดลงของความขุ่นสูง เป็นเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์

4. ผลของเวลาที่เหมาะสมในการรวมตะกอน

ผลของการลดลงความขุ่นและความกระด้าง ที่ใช้เวลาในการรวมตะกอนที่แตกต่างกันคือ 15, 30, 45 และ 60 นาที เวลาในการรวมตะกอนที่เหมาะสม คือ 60 นาที เพราะ มีประสิทธิภาพการลดลงของความขุ่นมาก

พิจารณาผลในภาพรวม พบว่า ภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำผิวดินสังเคราะห์ที่มีค่าความขุ่นเริ่มต้น 500 NTU และ ค่าความกระด้างเริ่มต้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร ควรใช้เม็ดบีดความเข้มข้นสารสกัดมะรุม 10 กรัม แบบ DOMB โดยบำบัดแบบ A คือ กวนเร็ว 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาทีแล้วกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นใช้เวลาในการรวมตะกอนเป็นเวลา 60 นาทีจะทำให้ได้ประสิทธิภาพในการลดลงของความขุ่นและความกระด้างเหมาะสมที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2559 ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้โอกาส เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

บริษัทวอเทอร์เน็ทจำกัด(มหาชน). 2541. “ความสำคัญของน้ำต่อชีวิต”. [ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก: http://www.waternetplc.com/th. (วันที่สืบค้น16 ตุลาคม 2557)

“คนอินเดียมีน้ำสะอาดใช้ด้วยมะรุม” ม.ป.ป.[ออนไลน์]เข้าถึงได้จาก: http://www.green world.or.th /greenworld/foreign/729. (วันที่สืบค้น10 สิงหาคม 2557)

Pritchard, M., Mkandawire, T., Edmondson, A., O’Neill, J.G., Kululanga, G., 2009. “Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi”.**Physics and chemistry of the Earth Journal** 34, 799-805.

Bache, D., Gregory, R., 2007. Flocs in Water Treatment. IWA Publishing, London

กรกมล พิพัฒน์พฤศิกุล และ ทวีพร เอี่ยมจงจันทร์. 2555. การปรับสภาพน้ำผิวดินโดยใช้เมล็ดพืชเป็นสารรวมตะกอน. ปริญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

สรรพคุณและประโยชน์ของมะรุม 78 ข้อ. 2556. “มะรุม” [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: http://frynn.com. (วันที่สืบค้น 31 มีนาคม 2558)

มาริสา จาตุพรพิพัฒ์. 2551. การผลิตหูฉลามเทียมจากเจลาตินและโซเดียมแอลจิเนต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โชคชัย วนภู. 2550. การผลิตอัลจิเนทโดยเชื้อ Azotobacter vinelandii และการประยุกต์ใช้ในการตรึงเอนไซม์เพื่อการอุตสาหกรรม. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

“คุณภาพของแอลจิเนต” ม.ป.ป. [ออนไลน์]เข้าถึงข้อมูลได้จาก: www.lib.ku.ac.th/KUthesis/ 2548. (วันที่สืบค้น 1 เมษายน 2558)

“การศึกษาคุณสมบัติของแอลจิเนต” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: www.research gate .net/publication/39027957. (วันที่สืบค้น27 กันยายน 2557).

Daniel Ramos-Jaimea, Ismael López-Juárezb, Pedro Pereza. 2013. “Effect of process parameters on robotic GMAW bead area estimation”.p.398–399.

“แหล่งน้ำธรรมชาติบนโลก” ม.ป.ป. [ออนไลน์]เข้าถึงข้อมูลได้จาก http://www.rmutphysics. com/charud/naturemystery/sci3/geology/8/index_ch_8-1.htm. (วันที่สืบค้น 13พฤษภาคม2558)

“คุณภาพและมาตรฐานน้ำ” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: https://www.google.co.th/. (วันที่สืบค้น 13พฤษภาคม 2558)

“สมบัติของน้ำ”ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3/chapter3_water2.htm. (วันที่สืบค้น 29 กันยายน 2557)

การสร้างรวมตะกอน. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก:www.sut.ac.th/im/data/ww0505b .pd. (วันที่สืบค้น16 กุมภาพันธ์ 2558)

กระบวนการ Coagulation และ Flocculation ม.ป.ป.[ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: www.mwa.co.th/ewt_dl_link.php?nid=441.(วันที่สืบค้น 22 มีนาคม 2558)

กระบวนการรวมตะกอน. ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: www.il.mahidol.ac.th/e-media/ecology/chapter3.htm.(วันที่สืบค้น25มีนาคม 2558)

“การตกตะกอนทางเคมี” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จากwww.yala.ac.th/links/pitai /Link/Link%204.1.html(วันที่สืบค้น 26มีนาคม 2558)

ณัฐนาถ ประสมศรี. 2537. โคแอนกูแลนต์และโคแอนกูแลนต์เอดจากเมล็ดมะรุม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรมหาวิทยาลัย.

อิชยา จันทร์ศรี, ธนพงศ์ โรจนชีวินสุภร และ ปิยวัช สุขสาราญ. 2548. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของส่วนต่างๆ ของต้นมะรุม (Moringa oleifera Lam.) ในการตกตะกอนน้ำ.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์หาวิทยาลัย.

Davor Zeljezic a, Marija Bjelis b, Marin Mladinic.2015. “Evaluation of the mechanism of nucleoplasmic bridge formation due to premature telomere shortening in agricultural workers exposed to mixed pesticides”: Indication for further studies. p.45-47.

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่การตรวจสอบ. “คุณภาพน้ำ”. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: http://envimining. dpim.go.th/modules.php?m=env _check &op=detailenv_check&enck=110&gr=. (วันที่สืบค้น 15 พฤษภาคม 2558)

เอกลักษณ์ ทวีโรจนกุล. 2009. Microencapsulation เทคโนโลยีจิ๋วแต่แจ๋ว. Technology Promotion Mag.August-September 2009, Vol.36 No.206.http://www.tpa.or.th /publisher/pdfFileDownloadS/TN206B_p39-42.pdf

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2010. โครงการจัดทำแผนบูรณาการน้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินทั่วประเทศ [online]Available:http://conjgis. dgr.go.th/conjcenter/MIS/Content.aspx?id=1(Retrieved Sep 13, 2011)

ปทุมทิพย์ ปราบพาล และขนิษฐา เจริญลาภ. 2556. การผลิตน้ำใช้อย่างเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยสารโคแอกกูแลนต์จากธรรมชาติ. รายงานการวิจัยงบประมาณแผ่นดิน 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

Abdel-Shafy, H.I., and Abdel-Basier, S.E. 1991. Chemical treatment of industrial wastewater. **Environmental Management Health.** 2(3): 19-23.

Ademiluyi A. (1988) Sludge conditioning with Moringa seeds. Envier . Int . 14, 59 – 63.

American Water Works Association (AWWA). 1998. Water quality and treatment: **A Handbook of Community Water Supplies,** 20th ed. McGraw-Hill, New York.

Barth V. H., Habs M., Klute R., Miiller S. and Tauscher B. 1982. Water treatment on **Moringa oleifera. Chem.** *z.* 106 (2), 75-78.

Bensadok, K., Benemmar, S., Lappiicque, F., and Nezzal, G. 2008. Electrocoagulation of cutting oil emulsion using aluminium plate electrodes**, J. Hazardous Materials**. 152; 423-430.

Bromley, D., Gamal El-Din,M., Smith, D.W. 2002. A low cost treatment process to reduce phosphorus and suspended solids in liquid wastes from animal farm operations, In: proceedings of the fourth international livestock waste management symposium and technology expo Malaysia society of animal production, Penang, Malaysia, 215.

Folkard, G., Sutherland, J. and Reya Al- Khalili, U.K. 1995. Natural coagulants - A sustainable approach, 21st WEDC Conference.

Hammer, M.J. 1996**. Water and wastewater technology,** 3rd, United States of America: Prentice-Hall, Inc. 519p.

Jahn S. A. A. 1986. Proper use of African natural coagulants for rural water supplies:

Muyibi, S.A., Okufu, C.A., 1995. Coagulation of low turbidity surface water with Moringa oleifera seeds. Int. J. Environ. Stud. 48, 263– 273.

Ndbigengesere, A., Narasiah, K.S., 1998. Quality of water treated by coagulation using Moringa oleifera seeds. Water Res. 32 (3), 781– 791.

Ndbigengesere, A., Narasiah, K.S., Talbot, B.G., 1995. Active agent and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. Water Res. 29 (2), 703–710.

Tatsi, A.A., Zouboulis, A.I., Matis, K.A., Samara, P. 2003. Coagulation-flocculation pre-treatment of sanitary landfill leachates. Chemosphere. 53: 737-744.

United Nations World Water Assessment Program. 2003. Water for people, water for life. Barcelona.

Nilanjana Rao, “Use of Plant Material as Natural Coagulants for Treatment for Waste Water” 2005 [online] Available: http://www.vi sionriviewpoint.com/article.asp?articleid=48 (Retrieved Sep 13, 2011)

เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

Sucker Grass and Leaf Debris Versatile

จงรักษ์ เนียมสวรรค์[1*]และ สมคิด สมนักพงษ์[1]

Jongrak Niamsawan [1*] and Somkid Somnukpong[1]

บทคัดย่อ

ในสถานศึกษาและสถานที่ราชการต่าง ๆ ในประเทศไทยนิยมปลูกต้นไม้ เพื่อให้ภายในสถานศึกษา และสถานที่ราชการดูสวยงามและร่มรื่น แต่ต้นไม้เหล่านี้ ก็สร้างปัญหาให้กับผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลรักษาความสะอาด ยากต่อการทำความสะอาด จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของเครื่องจักรที่อำนวยความสะดวกในการดูดเก็บเศษใบไม้ได้มีการศึกษาไว้ ผู้จัดทำจึงคิดที่จะพัฒนาปรับปรุงเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงาน ศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้ และเพื่อใช้ในการทำความสะอาดสถานที่ต่าง ๆ ให้รวดเร็วขึ้น โดยการคิดค้นเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ถือว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์ด้านการประกอบอาชีพให้กับประชาชนทั่วไป จากการสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ พบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยในระดับที่ดี ($\overline{X}$=4.006 S.D.=0.040) โดยพิจารณาเป็นด้าน ๆ คือ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและ เศษใบไม้อเนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$=3.975 S.D.=0.297) ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับดี ($\overline{X}$=4.3 S.D.=0.265) ด้านประสิทธิภาพการทำงานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$=3.9 S.D.=0.141) ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$= 3.85 S.D.=0.212) สมรรถนะเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยใช้ระดับความเร็วรอบได้สูงสุดที่ 3,600 รอบ/นาที สามารถดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้สูงสุดมีค่าเฉลี่ย 176.47 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คำสำคัญ : เครื่องดูดเศษหญ้า

---

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิต แผนกช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

[1] Department of Production Technology , Faculty of Machine Shop, Kamphaengphet Technical College , Sub-district Mueng, District Mueng, Kamphaengphet Province 62000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : jongrak.nsw@gmail.com

ABSTRACT

In schools and government offices in the countries planted trees to within schools and government buildings look beautiful and peaceful. janitor or who is responsible for maintaining cleanliness in government offices and educational institutions each year, because these trees are deciduous in the dry season. (January to March), the leaves are deciduous, dropping to the ground, which leaves them with a lighter when the wind blew so easily blown so hard to clean, clean, generally, that are swept together in a pile. then put the trash, which is very slow in the storage and dusts it with dust, etc. of various diseases, such as allergies. From document research education that relate , of the machine that offer the convenience in sucking picks leaf leavings has the education keeps , person proceed the project will then think to develop to adjust suck grass leavings and leaf multi-purpose leavings , for yes in cleaning has in all place fast goes up , decrease the symptoms vacates to disgorge can angry

with , and the analysis searches suck grass leavings and leaf multi-purpose leavings are regarded as are side invention develop the quality of life that general people. By constructing and developing a vacuum cleaner, Have a comment The average level of good ($\bar{x}$ = 4.006 S.D. = 0.040) was considered in terms of materials used in the construction of vacuum and grass. The leafy versatility ($\bar{x}$ = 3.975 SD = 0.297) was found to be good ($\bar{x}$ = 4.3 SD = 0.265). ($\bar{X}$ = 3.9 SD = 0.141). The manual operation of the sucker and leaf scraper was moderate ($\bar{x}$ = 3.85 SD = 0.212). Grass and leaf debris by using multi-level speeds up to 3,600 rev / min can suck up leaves, grass clippings and debris with an average of 176.47 kg / hr.

Keyword: Sucker grass

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในสถานศึกษาและสถานที่ราชการต่าง ๆ ในประเทศไทยนิยมปลูกต้นไม้เพื่อให้ภายในสถานศึกษาและสถานที่ราชการดูสวยงามและร่มรื่น ต้นไม้ที่นิยมนำมาปลูกส่วนมากจะเป็นไม้ยืนต้นหรือไม้มงคลต่าง ๆ แต่ต้นไม้เหล่านี้ก็สร้างปัญหาให้กับนักการภารโรง หรือผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการดูแลรักษาความสะอาดภายในสถานที่ราชการและสถานศึกษา เพราะในแต่ละปีต้นไม้จะมีการผลัดใบในช่วงฤดูแล้ง (เดือนมกราคม–เดือนมีนาคม) จึงทำให้ใบไม้ที่ผลัดใบหล่นลงบนพื้น ยากต่อการทำความสะอาด โดยทั่วไปนั้นการทำความสะอาดเศษใบไม้จะกวาดรวมกันเป็นกอง แล้วนำใส่ถังขยะซึ่งเป็นวิธีที่ช้าและยังทำให้เกิดฝุ่นละอองอีกด้วย อีกทั้งฝุ่นเหล่านั้นยังเป็นต้นเหตุของโรคต่าง ๆ มากมายอีกด้วย เช่น โรคภูมิแพ้

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้จัดทำเห็นถึงสภาพปัญหาจากการเก็บทำความสะอาดของนักการภารโรงหรือผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบที่ต้องการทำความสะอาด ซึ่งจะต้องใช้คนเป็นจำนวนมาก เสียเวลา และเป็นวิธีที่ช้า ในการทำความสะอาด

ด้วยเหตุผลกล่าวข้างต้น ผู้จัดทำมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้อเนกประสงค์ ที่สามารถดูดเศษใบไม้ใส่กระสอบได้ตามต้องการ มีกลไกที่เหมาะสม สะดวกต่อการใช้งานปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงาน อีกทั้งลดเวลาในการทำงานได้อีกวิธีหนึ่งด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยใช้ระบบไซโคลน เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยทำการทดสอบการทำงานในบริเวณ วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร โดยเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้สามารถดูดเก็บใบไม้ที่มีขนาดความกว้างไม่เกิน 6 เซนติเมตรและสามารถดูดเก็บใบไม้แห้งเท่านั้น ใช้เครื่องยนต์ HONDA ความเร็วรอบ 3,600 รอบ/นาที เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการหมุนใบพัดเพื่อสร้างแรงลม เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ มีขนาดความกว้าง 750 มิลลิเมตร ความยาว 1,500 มิลลิเมตร ถังเก็บมีความสูง 250 มิลลิเมตร กว้าง 250 มิลลิเมตร ข้อเกี่ยวกระสอบเก็บเศษหญ้าและใบไม้ ความสูง 650 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Ø) 300 มิลลิเมตร ถังดักเก็บฝุ่นละออง ความสูง 270 มิลลิเมตร กว้าง 420 มิลลิเมตร ปากดูดสามารถเปลี่ยนใช้เป็นท่อดูดได้ เพื่อสะดวกในการดูดเก็บในบริเวณที่ปากดูดเข้าไม่ถึง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์จำนวน 1 เครื่อง

1.4.2 ลดเวลาในการเก็บเศษหญ้าและใบไม้

1.4.3 ลดอาการเมื่อยล้าในการเก็บเศษหญ้าและเศษใบไม้

1.4.4 อำนวยความสะดวกในการเก็บเศษหญ้าและเศษใบไม้ให้กับผู้ที่ประกอบอาชีพเก็บกวาดและ ทำความสะอาดในสถานที่ราชการ สนามกีฬา สนามฟุตบอล หรือสนามกอล์ฟ เป็นต้น

1.4.5 นำเศษหญ้าและเศษใบไม้ไปต่อยอดในการทำปุ๋ยอินทรีย์แล้วบรรจุขายเพื่อเกิดรายได้

1.4.6 เป็นเครื่องทุ่นแรงให้กับผู้ประกอบอาชีพ

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบไซโคลน

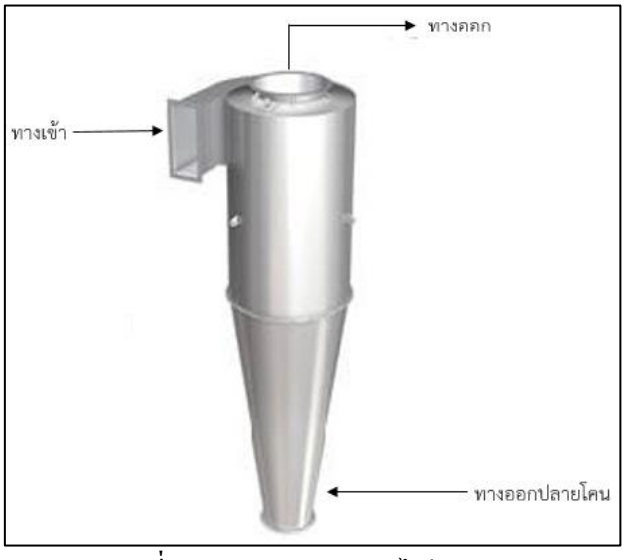
เครื่องเก็บฝุ่นเชิงกล (Mechanical Collectors) เป็นเครื่องมือที่แยกฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊สหรืออากาศ โดยใช้แรงถ่วง หรือแรงเฉื่อยกระทำบนอนุภาคหรือทั้ง 2 อย่าง ตัวอย่างเครื่องเก็บฝุ่นประเภทนี้ ได้แก่ ถังตกอนุภาค (gravity settling chambers) และไซโคลน (cyclone collectors) ไซโคลนเป็นเครื่องมือสำหรับแยกอนุภาคออกจากอากาศ โดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสอากาศหมุนวน (vortex) จึงสามารถแยกอนุภาคออกจากอากาศได้ การเกิดกระแสวนทำได้โดยการให้อากาศไหลเข้าสู่ไซโคลนในแนวสัมผัส หรือแนวแกน กลไกในการจับอนุภาค (collection Mechanisms) กลไกที่ใช้เก็บอนุภาคในไซโคลนมี 2 อย่าง คือ

1) แรงหนีศูนย์กลางหรือแรงเหวี่ยง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสอากาศมีการหมุนทำให้อนุภาคถูกเหวี่ยงไปยังผนังของไซโคลน

2) แรงถ่วง เมื่ออนุภาคเคลื่อนถึงผนังของไซโคลนแล้ว อนุภาคที่หนักจะได้รับแรงถ่วงทำให้อนุภาคตกลงไปที่ถังพักข้างล่าง

หลักการทำงานของระบบไซโคลน

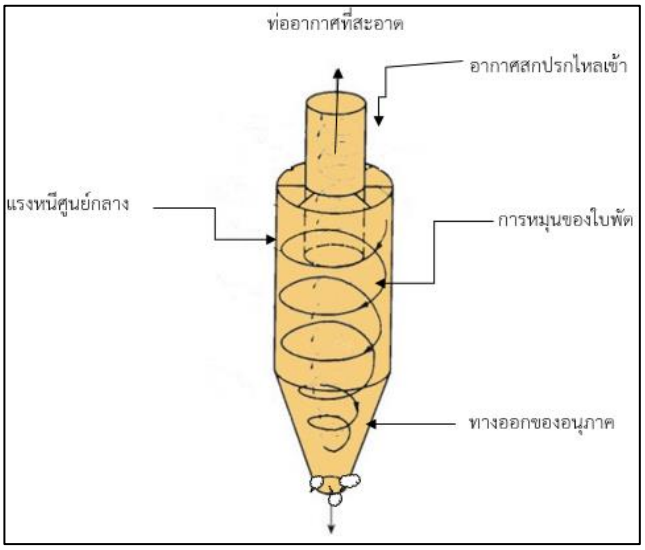
ไซโคลนประกอบด้วยส่วนรูปทรงกระบอก และมีปลายเป็นรูปโคนอากาศ เคลื่อนเข้าสู่ไซโคลน ในแนวสัมผัสที่ใกล้ส่วนบนของเครื่อง ด้วยความเร็วประมาณ 30 เมตรต่อวินาที เมื่ออากาศผ่านเข้ามาในไซโคลนจะเกิดกระแสวนเรียกว่า Mnvortex ซึ่งทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลน กระแสวนนี้จะเคลื่อนลงจนถึงจุดหนึ่งที่อยู่เกือบปลายโคน อากาศจะหมุนกลับเป็นกระแสวนที่เล็กกว่าเดิม เรียกว่า Core vortex และเคลื่อนที่ขึ้นไปตามตัวไซโคลนจนออกไปทางท่อออกที่อยู่ส่วนบนของเครื่องนั่นคือ มีกระแสวน 2 ชั้น (double vortex) เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน สำหรับอนุภาคที่ถูกเหวี่ยงไปยังผนังของไซโคลนจะเคลื่อนที่ลงไปยังส่วนปลายของโคนไปยังถังพัก (Hopper) เนื่องจากแรงถ่วง ส่วนอากาศที่ไม่มีอนุภาคก็จะหมุนออกไปทางท่อออกที่อยู่ส่วนบนของไซโคลนดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของไซโคลน (Cyclone)

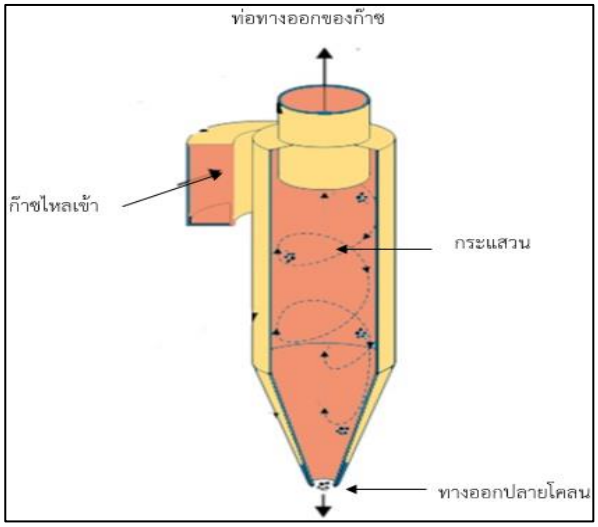
ชนิดของไซโคลนสามารถแบ่งเป็น 2 ชนิด

ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (Axial-gas-entrycyclone) เป็นไซโคลนที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน มักเป็นไซโคลนขนาดใหญ่ที่มีทางเข้าอาจเป็นด้านบนหรือด้านล่าง โดยไซโคลนที่มีทางเข้าทางด้านล่างมักใช้ในการดักจับฝุ่นละอองที่ปนมากับหยดน้ำ หลังจากผ่านสครับเบอร์ โดยก๊าซจะไหลเข้ามาในทางด้านล่างตามแนวสัมผัส ทำให้เกิดกระแสก๊าซไหลวนขึ้น และไหลออกทางด้านบน ส่วนละอองน้ำที่มีขนาดใหญ่ จะถูกเหวี่ยงลงด้านล่างเพื่อแยกออกจากกระแสก๊าซ สำหรับไซโคลนที่มีทางเข้าทางด้านบนมักใช้ในการดักจับฝุ่น ซึ่งมีลักษณะท่อทางเข้าตามแนวสัมผัสที่ส่วนบนของไซโคลน เกิดกระแสก๊าซวนลงสู่ด้านล่าง และกลับขึ้นมาด้านบนออกทางท่อออก โดยฝุ่นจะถูกแรงเหวี่ยงและตกลงสู่ด้านล่างแยกออกจากกระแสก๊าซดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวแกน (Axial-gas- entry cyclone)

ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัส (Tangential-gas-entry cyclone) เป็นไซโคลนขนาดเล็ก ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าไซโคลน ตามแนวสัมผัส เนื่องด้วยไซโคลนชนิดนี้จะทำให้เกิดกระแสก๊าซที่มีขนาดเล็ก และมีความเร็วของกระแสก๊าซมากกว่าไซโคลนชนิดแรก โดยกระแสก๊าซจะเข้าตามแนวนอนตั้งฉาก กับตัวไซโคลน พร้อมเกิดกระแสวนหลักหมุนลงสู่ด้านล่าง และกลับขึ้นด้านบนออกสู่ท่อออก โดยฝุ่นจะถูกแยกออกจากกระแสก๊าซด้วยแรงเหวี่ยง และตกลงสู่ด้านล่างของไซโคลนส่วนใหญ่ไซโคลนทำมาจากเหล็กคาร์บอน หรือใช้โลหะหรือเซรามิคใดก็ได้ ถ้าต้องการใช้ในงานที่มีอุณหภูมิสูง การกัดกร่อนและสึกกร่อน แต่ผิวภายใน ต้องเรียบ เนื่องจากไซโคลนเป็นเครื่องมือที่ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ ดังนั้นการเดินเครื่องจึงง่าย และไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก นอกจากนี้ไซโคลนอาจแบ่งออกเป็นแบบที่ใช้กันทั่วไป (Conventional Cyclones) และแบบที่มีประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Cyclone) ซึ่งมีขนาดเล็ก (Body Diameter) (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 3 ฟุต หรือ 0.9 เมตร ส่วนไซโคลนทั่ว ๆ ไปมีขนาดตั้งแต่ 4 - 12 ฟุตหรือ 1.2 - 3.6 เมตร) ประสิทธิภาพของไซโคลน 3 ชนิด คือ ไซโคลนที่มีประสิทธิภาพสูง ไซโคลนที่ใช้กันทั่วไป และไซโคลน ที่รับอัตราการไหลสูง (High Efficiency Cyclone) ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ไซโคลนที่ก๊าซไหลเข้าตามแนวสัมผัส (Tangential-gas- entry cyclone)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ความเร็วรอบ หมายถึง ความเร็วรอบของจุดใดจุดหนึ่งบนผิวงาน ซึ่งมีใช้ในการหมุนของพูลเล่ย์ (Pulley) ล้อหินเจียระไน มีหน่วยวัดเป็นรอบต่อนาที (rpm) ซึ่งงานเหล่านี้จะต้องหมุนเร็วมาก แต่ความเร็วรอบ เมื่อมาใช้กับงานกัด งานกลึง งานไส จะเรียกว่าความเร็วตัด มีหน่วยวัดเป็นเมตรต่อนาที สูตรที่ใช้คำนวณความเร็วรอบ ก็คือ สูตรคำนวณความเร็วตัดนั่นเองแต่คูณด้วย 60 เพื่อเปลี่ยนเวลาเป็นวินาที

การคำนวณหากำลังของมอเตอร์ เมื่อต้องการจะคำนวณหามอเตอร์จะได้ F นิวตัน ที่กระทำสัมผัสกับเพลาทำให้เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ n รอบต่อนาที ขณะที่เพลาหมุนไป 1 รอบ สามารถหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้ การคำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ ขณะที่เพลาหมุนไป 1 รอบ สามารถคำนวณหาได้ ดังแสดงในสมการที่ 1 สมการที่ใช้คำนวณหาระยะทางที่เคลื่อนที่

$$S = 2\pi r \tag{1}$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณหางานที่เพลากระทำต่อวินาที

$$WF = F\ x\ 2\pi r\ x\ n \tag{2}$$

2.1.4.3 การคำนวณหาแรงบิด สามารถคำนวณได้ ดังแสดงในสมการที่ 2 สมการที่ใช้ในการคำนวณหาแรงบิด เพราะฉะนั้น การคำนวณหากำลังมอเตอร์สามารถคำนวณหาได้ ดังแสดง ในสมการที่ 3

$$P = \frac{2\pi Tn}{60} \tag{3}$$

เมื่อ P คือ กำลังที่เพลารับแรงจากมอเตอร์มีหน่วยเป็น วัตต์ (w) หรือกิโลวัตต์ (KW)

T คือ โมเมนต์แรงบิด มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร

N คือ ความเร็วรอบของเพลา มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที rpm (1 รอบ = 2 เรเดียน)

r คือ รัศมีของเพลามีหน่วยเป็นเมตร

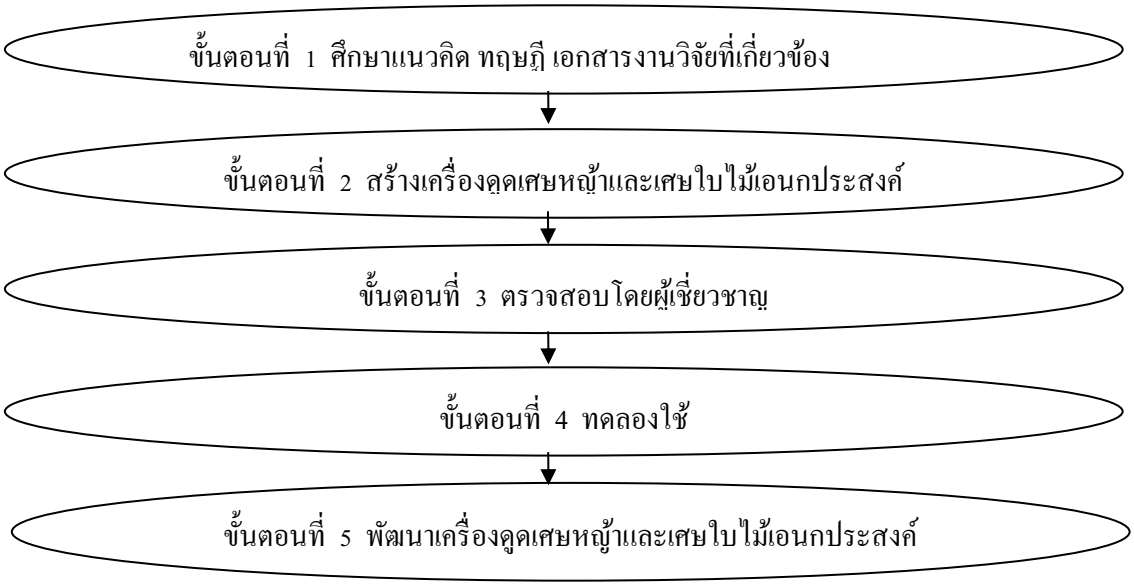
จากสูตร $$\pi = \frac{16T}{\pi D^3} \quad (4)$$

เพราะฉะนั้น $$T = \frac{\tau \pi D^2}{6} \quad (5)$$

วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ได้ศึกษาข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการทำงานของเครื่องดูดเศษหญ้า และเศษใบไม้เอนกประสงค์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนประกอบและการทำงานของการดูดเศษใบไม้ ทฤษฎีการออกแบบ การคำนวณ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ผู้จัดทำได้จำแนกขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ ออกเป็น 5 ขั้นตอนย่อยดังนี้



ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเก็บเศษใบไม้ในแบบต่าง ๆ ตลอดจนปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตโครงสร้างเหล็ก และด้านเครื่องยนต์ จึงนำข้อมูลมารวบรวมวิเคราะห์เพื่อสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 จัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ อุปกรณ์มีดังนี้

1. เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว x 2 นิ้ว
2. เหล็กแป๊บขนาด Ø 32 มิลลิเมตร
3. เหล็กฉาก ขนาด 2 นิ้ว
4. เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร
5. เหล็กเพลาขนาด Ø 30 มิลลิเมตร
6. ตุ๊กตา 4 ตัว

7. ล้อใหญ่ 2 ล้อเล็ก 1 ล้อ

8. เครื่องยนต์ 160 cc จำนวน 1 เครื่อง

2.2 นำเหล็กกล่องตัดตามขนาด โดยนำมาเชื่อมประกอบเป็นโครงสร้าง และทำการติดตั้งล้อเลื่อน ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เชื่อมประกอบโครงสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

2.3 นำโครงสร้างมาติดตั้งชุดหัวดูด และติดตั้งถังเก็บ ดังภาพที่ 3.2





ภาพที่ 3.2 ทำการติดตั้งชุดปากดูด และถังเก็บ

2.4 นำเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์มาพ่นสี ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ทำการพ่นสีเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

หลังจากผู้จัดทำได้สร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ และได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในด้านเครื่องยนต์ ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโครงสร้าง ซึ่งเป็นอาจารย์จากวิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร จำนวน 3 ท่าน เสนอแนะให้ปรับปรุงโครงสร้างให้มีขนาดเล็กลงกว่าเดิม และให้สามารถมองเห็นด้านหน้าได้ชัดเจน

ขั้นตอนที่ 4 ทดลองใช้

ในขั้นตอนนี้ผู้จัดทำได้นำเครื่องดูดเศ ของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ และข้อเสนอแนะ เพื่อนำมาพัฒนาในระยะต่อไป





ภาพที่ 3.4 การทดลองใช้เครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

ขั้นตอนที่ 5 พัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

หลังจากได้ทดลองใช้ ผู้จัดทำได้พัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ตามข้อเสนอแนะ ของผู้เชี่ยวชาญและนักการภารโรง ให้มีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

ผลการดำเนินงาน

จากการออกแบบและสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ ได้ทำการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้อเนกประสงค์ โดยการดูดเก็บเศษใบไม้ที่ความเร็วรอบ 2,000 - 3,600 รอบต่อนาที ซึ่งมีความเร็วที่แตกต่างกัน โดยใช้ใบพัดที่มีใบพัดจำนวน 6 ใบ และทำการออกแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักการภารโรงของวิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร เพื่อหาประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

การสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้อเนกประสงค์มีการหาประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1. หาประสิทธิภาพ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ ของกลุ่มตัวอย่างโดยการสอบถาม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยในระดับปานกลาง ($\overline{X}$=3.975 S.D.=0.297)โดยพิจารณา ที่ความแข็งแรงทนทาน ($\overline{X}$=4.0 S.D.=0.666) หาง่าย ($\overline{X}$=4.3 S.D.=0.823) ราคาถูก ($\overline{X}$=3.6 S.D.=1.074) การบำรุงรักษาซ่อมแซม ($\overline{X}$=4.0 S.D.=0.666)

ตารางที่ 1 หาประสิทธิภาพ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. มีความแข็งแรงทนทาน	4.0	0.666	ดี
2. หาง่าย	4.3	0.823	ดี
3. ราคาถูก	3.6	1.074	ปานกลาง
4. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม	4.0	0.666	ดี
รวม	3.975	0.297	ปานกลาง

2. หาประสิทธิภาพ ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการสอบถาม พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยในระดับดี ($\bar{X}$=4.3 S.D.=0.265) โดยพิจารณาที่การประหยัดเวลา ($\bar{X}$=4.2 S.D.=0.632) การทำงานไม่ซับซ้อน ($\bar{X}$=4.6 S.D.=0.516) ความปลอดภัยในการใช้งาน ($\bar{X}$=4.1 S.D.=0.567)

ตารางที่ 2 หาประสิทธิภาพ ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ประหยัดเวลา	4.2	0.632	ดี
2. การทำงานไม่ซับซ้อน	4.6	0.516	ดี
3. ความปลอดภัยในการใช่งาน	4.1	0.567	ดี
รวม	4.3	0.265	ดี

3. หาประสิทธิภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ ของกลุ่มตัวอย่าง โดยการสอบถาม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=3.9 S.D.=0.141) โดยพิจารณาเป็นรายการดังนี้ มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ ($\bar{X}$=4.0 S.D.=0.816) สามารถดูดเศษใบไม้ได้รวดเร็ว ($\bar{X}$=3.8 S.D.=0.632)

ตารางที่ 3 หาประสิทธิภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. มีประสิทธิภาพในการทำงานตามวัตถุประสงค์	4.0	0.816	ดี
2. ทำการดูดเก็บเศษใบไม้ได้รวดเร็ว	3.8	0.632	ปานกลาง
รวม	3.9	0.141	ปานกลาง

4. หาประสิทธิภาพ ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ ของกลุ่มตัวอย่างโดยการสอบถาม พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นมีค่าเฉลี่ยในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 3.85 S.D.=0.212) โดยพิจารณาที่วิธีอ่านเข้าใจง่าย ($\bar{X}$=4.0 S.D.=0.542) มีลำดับขั้นตอนชัดเจน ($\bar{X}$=3.7 S.D.=0.674)

ตารางที่ 4 หาประสิทธิภาพ ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. วิธีใช้อ่านเข้าใจง่าย	4.0	0.542	ดี
2. มีลำดับขั้นตอนการทำงานชัดเจน	3.7	0.674	ปานกลาง
รวม	3.85	0.212	ปานกลาง

การหาสมรรถนะเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

1. เมื่อทำการทดลองเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์โดยใช้ใบพัด 6 ใบ ที่ความเร็วรอบที่ 2,000 รอบ/นาที โดยนำเศษหญ้าและเศษใบไม้น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเก็บ 1.48 นาที สามารถทำการดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้ได้โดยเฉลี่ย 121.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. เมื่อทำการทดลองเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ใช้ใบพัด 6 ใบ ที่ความเร็วรอบที่ 3,200 รอบ/นาที โดยนำเศษหญ้าและเศษใบไม้น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเก็บ 1.20 นาที สามารถทำการเศษหญ้าและเศษใบไม้ได้โดยเฉลี่ย 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3. เมื่อทำการทดลองเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้โดยใช้ใบพัด 6 ใบ ที่ความเร็วรอบที่ 3,600 รอบ/นาที โดยเศษหญ้าและเศษใบไม้น้ำหนัก 3 กิโลกรัม ใช้เวลาในการเก็บ 1.02 นาที สามารถทำการดูดเศษหญ้าและใบไม้ได้โดยเฉลี่ย 176.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาทดลอง การออกแบบและสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ และทดสอบหาสมรรถนะเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยสามารถสรุปผลการศึกษาทดลองและข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

สรุปผลการทดลอง

1. การสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์มีการหาประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

จากการสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยการทำแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักการภารโรงของวิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร พบว่า กลุ่มตัวอย่าง มีความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ยในระดับที่ดี ($\bar{X}$=4.006 S.D.=0.040) โดยพิจารณาเป็นด้าน ๆ คือ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและ เศษใบไม้อเนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=3.975 S.D.=0.297) ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$=4.3 S.D.=0.265) ด้านประสิทธิภาพการทำงานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=3.9 S.D.=0.141) ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$= 3.85 S.D.=0.212) ดังตารางแสดงผลดังต่อนี้

ตารางที่ 5 หาประสิทธิภาพ ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
1. ประสิทธิภาพ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์	3.975	0.297	ปานกลาง
2. ประสิทธิภาพ ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์	4.3	0.265	ดี
3. ประสิทธิภาพ ด้านประสิทธิภาพการทำงานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์	3.9	0.141	ปานกลาง
4. ประสิทธิภาพ ด้านคู่มือการใช้งานเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์	3.85	0.212	ปานกลาง
รวม	4.006	0.040	ดี

ตารางที่ 6 สรุปผลการสร้างและพัฒนาเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์

ลำดับที่	ความเร็วรอบ (rpm)	เวลาในการเก็บ (min)	น้ำหนักใบไม้หลังจากการเก็บ kg	อัตราการดูดใบไม้ Kg/hr	หมายเหตุ
1	2,000	1.48	3	121.62	
2	3,200	1.20	3	150	
3	3,600	1.02	3	176.47	

จากการทดลองหาสมรรถนะเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยใช้ระดับความเร็วรอบ ได้สูงสุดที่ 3,600 รอบ/นาที สามารถดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้สูงสุดมีค่าเฉลี่ย 176.47 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

จากการที่ได้ทำการศึกษาทดลองหาสมรรถนะของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้อเนกประสงค์ ผู้จัดทำได้ศึกษาวิธีการดูดของเครื่องดูดเศษหญ้าและเศษใบไม้เอนกประสงค์ โดยผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. พัฒนาให้สามารถเคลื่อนที่ไปได้อย่างสะดวก
2. พัฒนาให้สามารถดูดใบไม้ที่เปียกน้ำได้
3. พัฒนาให้มีขนาดเล็กลง
4. พัฒนาให้มีน้ำหนักลดลง
5. พัฒนาให้มีการใช้ระบบเป่า

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกฝ่าย ขอบคุณแผนกช่างกลโรงงาน วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ในการดำเนินงานรวมทั้งให้กำลังใจเป็นแรงเสริมในการผลักดันให้งานประสบผลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กิตติชัย ปิ่นวิเศษ, จามร สุขคง, ฉัตรชัย พงศ์ทองคำ และ ลือสันติ ลุยจันทร์. 2541. “การออกแบบและสร้างเครื่องพ่นทราย” ปริญญานิพนธ์ **สาขาวิชา** เทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

กิตติพันธ์ คุณานันทกิจ. 2540. “ระบบการบำรุงรักษา และ วิธีการใช้งานเครื่องตัดโลหะแผ่น โดยการประยุกต์ใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการบริหารงานบำรุงรักษา” ปริญญานิพนธ์โครงงานศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชา วิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เกียรติกุล บูรณาภา. 2554. “การออกแบบสร้างเครื่องกัดลอกไม้” ปริญญานิพนธ์โครงงานศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

คมพันธุ์ เทียมเพชร และ ธวัชชัย แซ่เล้า. 2540. “การออกแบบเครื่องต้นแบบอุปกรณ์จับยึดและระบบขับเคลื่อนสำหรับการเชื่อมท่ออัตโนมัติในแนวราบควบคุมด้วยระบบนิวเมติคส์” ปริญญานิพนธ์โครงงานศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุญญศักดิ์ ใจจงกิจ. 2524. “อนุกรมช่างอุตสาหกรรม 4 ช่างขึ้นรูปแปรรูปโลหะเบื้องต้น” สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พัฒนา เนตรสุวรรณ. 2547. “ต้นแบบพัดลมอุตสาหกรรม” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (สวท.)

สมปอง เฮงจินดา, สมบูรณ์ หนูจันทร์ และ อำนวย อนุนาท. **2545.** “อุปกรณ์ทดสอบแรงเสียดทานระหว่างสายพานกับล้อขับ” ปริญญานิพนธ์ **สาขาวิชา** เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมพร มีแก้ว, สมภพ ทองปลิว, วันชัย นภสิทธิ์จินดา, ธาดา คำล้ำเลิศ และ อดุล เดวันดี. 2541. “การออกแบบและสร้างเครื่องทอดปาท่องโก๋ระบบกึ่งอัตโนมัติ” ปริญญานิพนธ์ **สาขาวิชา** เทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบเครื่องกล) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Shigley, J. S., Mischke, C. R., & Budynas R. G. 2008. Mechanical Engineering Design, 8th ed., New York: McGraw-Hill.

Pratt, D., & Ainley, J. 1996. Construction of meanings for geometric construction: two contrasting cases. International Journal of Computers for Mathematical Learning, 1(3), 293–322.

การศึกษาโอ่งสำหรับย่างไก่ด้วยการประยุกต์ใช้ขดลวดทำความร้อน

Study of Jar for Roast Chicken Apply with Heater

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์[1*] ทนงศักดิ์ น้อยคง[1] และ ภานุพงศ์ เกตุสุวรรณ์[1]

Kittisak Srisawas[1*] Tanongsak Noikong[1] and Panupong Katesuwan[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาการประยุกต์ใช้งานขดลวดทำความร้อนสำหรับโอ่งสำหรับย่างไก่ เพื่อนำมาใช้แทนการอบไก่ที่พบตามร้านค้าที่เป็นแบบเปิดโล่งโดยนำโอ่งซึ่งเป็นเอกลักษณ์เครื่องใช้ครัวเรือนของไทยมาใช้สำหรับการอบและรักษาความร้อนไม่ให้ไหลออกสู่บรรยากาศอย่างรวดเร็ว ผลการศึกษามุ่งเน้นในการทดสอบเพื่อหาค่าสมรรถนะในการอบของเครื่อง การออกแบบและสร้างเลือกใช้โอ่งมาใช้เป็นตัวโครงสร้างห้องอบโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางปากโอ่ง 44 เซนติเมตร ความสูง 55 เซนติเมตร เจาะรูด้านข้างเพื่อใส่ขดลวดความร้อนแบบตัวยูจำนวน 3 ตัว ฐานโอ่งเจาะรูเพื่อติดตั้งชุดจับยึดตัวไก่โดยแกนจับยึดตัวไก่สามารถหมุนได้ผ่านชุดมอเตอร์ การควบคุมการย่างใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิ 0-300 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองสมรรถนะในการย่าง 2 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ปรับตั้งอุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส พบว่า ไก่น้ำหนักตัวก่อนย่าง 0.9 กิโลกรัม ภายหลังการย่างมีน้ำหนัก 0.7 กิโลกรัม ลดลง 0.2 กิโลกรัม และไก่น้ำหนักตัวก่อนย่าง 1.4 กิโลกรัม ภายหลังการย่างมีน้ำหนัก 1.1 กิโลกรัม ลดลง 0.3 กิโลกรัม กระแสไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้ประมาณ 0.13 แอมป์ การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ 100 องศาเซลเซียส เท่ากับ 3,456.60 พันจูล มีค่าสมรรถนะทางความร้อนเท่ากับร้อยละ 11.88 การตรวจวัดที่ 150 องศาเซลเซียส เท่ากับ 8,660.28 พันจูล มีค่าสมรรถนะทางความร้อนเท่ากับร้อยละ 4.95 การตรวจวัดที่ 200 องศาเซลเซียส เท่ากับ 9,564.84พันจูล มีค่าสมรรถนะทางความร้อนเท่ากับร้อยละ 5.88

คำสำคัญ: โอ่ง, ไก่, การอบ

[1] สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Bankrang, Muang Phitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kittisakd_s@rmutl.ac.th

ABSTRACT

The studied to apply heater for jar was roasted chicken. This study used electric heater to setup within jar for roast chcken which is represented roast chicken general by open air type. This study selected jar with diameter about 44 cm, height about 55 cm. Side of jar is drilled holes to put heater type U about 3 set. Base of jar is drilled holes to put broche which is rotated by motor set. Temperature is controlled by thermostat set between 0-300 °C. Primary of testing performance is divided 2 times. Each test used about 1.5 hours. The chicken weight before of test was about 0.9 and 1.4 kg respectively. First case, after to be roasted is decreased weight from 0.9 kg to 0.7 kg. Second case, after to be roasted is decreased weight from 1.4 kg to 1.1 kg. Both case difference of weight was about 0.2 and 0.3 kg respectively. The measurement of current value was about 0.13 A. Result of measuring of electrical energy was about 3,456.60 kJ at 100 °C, 660.28 kJ at 150 °C and 9,564.84 kJ at 200 °C.

Keyword: jar, chicken, roast

บทนำ

ปัจจุบันโอ่งอบไก่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการทำอาหาร โดยเฉพาะการอบเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ เป็ด หมู เป็นต้น เพื่อนำวัตถุดิบที่ใช้อบนั้นมาใช้ในการทำเป็นอาหาร อีกทั้งยังเป็นอาชีพที่ส่งเสริมรายได้ให้กับชาวบ้านในการทำโอ่งสำหรับอบไก่จำหน่าย และจัดจำหน่ายไก่ที่ผ่านการอบด้วย เนื่องจากมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ที่ผ่านการอบที่แตกต่างกันนั้นเอง การอบไก่มีวิธีการอบได้หลายวิธี หากใช้เครื่องมือโดยเฉพาะโอ่งที่ช่วยในการอบนั้นก็สามารถใช้เชื้อเพลิงได้หลากหลาย ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้นั้นมีวัตถุประสงค์ในการเกิดความร้อนสำหรับอบ และการอบนั้นมีหลายรูปแบบของแต่ละท่านจะนำมาประยุกต์ใช้ โดยเฉพาะโอ่งอบระบบไฟฟ้าที่ไม่สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ทำลายธรรมชาติและสะดวกรวดเร็วในการอบอีกด้วย

ฮีตเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ให้พลังงานความร้อนให้กับอากาศหรือเป็นอุปกรณ์ให้พลังงานความร้อนกับน้ำหรือน้ำยาเคมี ส่วนที่ใช้ทำเป็นตัวนำความร้อน เช่น ในโลหะ ฮีตเตอร์แท่ง ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ ฮีตเตอร์รัดท่อ ฮีตเตอร์แผ่น เป็นต้น ทางคณะผู้วิจัยศึกษาจึงมีแนวคิดในการใช้งานขดลวดความร้อนไฟฟ้าสำหรับการอบไก่ภายในโอ่งและทดสอบหาสมรรถนะของโอ่งอบไก่ด้วยขดลวดความร้อนไฟฟ้า

จากการศึกษางานวิจัยหรือวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและวิจัยนี้พบว่า

พรเจตน์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาตู้อบกุนเชียงหมูพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟาเรด พบว่าการนำเอาพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าแบบอินฟาเรด มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนในตู้อบแห้ง อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิในการอบแห้ง มีพัดลมเป็นตัวช่วยให้อากาศหมุนวนโดยการพาความร้อนให้กระจายทั่วภายในตู้อบ ผลการทดลองพบว่าค่าไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละครั้ง และค่าเฉลี่ยพลังงานในการอบแต่ละครั้งพบว่า กรณีอบด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้า ค่าเฉลี่ยพลังงานในการอบเท่ากับ 10.88 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 48.96 บาท กรณีอบด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์ ค่าเฉลี่ยพลังงานในการอบเท่ากับ 5.98 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 26.91 บาท กรณีอบตู้เปล่าด้วยฮีตเตอร์อินฟาเรด ค่าเฉลี่ยพลังงานในการอบเท่ากับ 7.12 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 32.04 บาท กรณีอบตู้เปล่าด้วยความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์อินฟาเรด ค่าเฉลี่ยพลังงานในการอบเท่ากับ 4.82 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 21.69 บาท จากการเปรียบเทียบระหว่างการอบกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 จะเห็นได้ว่าการอบกรณีที่ 2 สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ถึง 22 บาท

กิตติศักดิ์ และวริศ ได้ศึกษาการศึกษาตู้อบปลาสลิดพลังงานความร้อนจากแผงโซล่าร่วมกับขดลวดทำความร้อน พบว่าการนำเอาพลังงานความร้อนที่ได้จากแสงอาทิตย์มาใช้กับตู้อบและมีการนำเอาพลังงานความร้อนจากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้ามาเสริมในช่วงไม่มีแสงอาทิตย์ เพื่อช่วยให้การอบแต่ละครั้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง โครงสร้างชุดสร้างอากาศร้อนประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จำนวน 2 แผงพื้นที่รับแสงรวม 2.37 ตารางเมตรและขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าขนาด 1,000 วัตต์จำนวน 2 ตัว ปริมาณความจุในการอบ 10 กิโลกรัม การทดลองใช้ปลาสลิดเป็นวัตถุดิบภายใต้อุณหภูมิระหว่าง 50°C - 60°C โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,029.96 kJ/kg H_2O_{evap} คิดเป็น 56.1% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 220 นาที กรณีที่ 2 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดทำความร้อนไฟฟ้า พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 7,071.07 kJ/kg H_2O_{evap} คิดเป็น 37.96% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที กรณีที่ 3 ใช้อากาศร้อนที่ได้จากขดลวดทำความร้อนไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบมีค่าเท่ากับ 4,980 kJ/kg H_2O_{evap} คิดเป็น 45.38% โดยใช้เวลาในการอบต่อครั้งเท่ากับ 120 นาที จากข้อมูลที่ได้สามารถสรุปได้ว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการอบสำหรับกรณีที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรณีที่ 3 และ 2 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้ามระยะเวลาในการอบกรณีที่ 1 ใช้เวลามากกว่ากรณีที่ 2 และ 3 จุดคุ้มทุนของการศึกษาทั้ง 3 กรณี มีค่า 0.67, 0.67 และ 0.65 ปีตามลำดับ

ฉัตร และคณะ ได้นำเสนอผลการศึกษาระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจูด ได้มีการสร้างแผงรับรังสีอาทิตย์พื้นที่รับแสงขนาด 8.64 m^2 ใช้น้ำเป็นวัสดุพาความร้อนผ่านระบบท่อทองแดงไปแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศใน

ห้องอบแห้งที่มีความจุ 22.5 m^3 ใช้ปั๊มน้ำขนาด 745.7 W ควบคุมอัตราการไหลของน้ำร้อนด้วยอัตรา 0.025 kg/s ระบบอบแห้งใช้ขดลวดทำความร้อนขนาด 6 kW เป็นแหล่งความร้อนเสริมโดยใช้การควบคุมผ่านระบบ PLC ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการอบแห้งเสื่อกระจูดจำนวน 22 กิโลกรัม ใช้อุณหภูมิ 40-60 °C ใช้เวลาในการอบ 16 ชั่วโมงต่อเนื่อง ได้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของการอบแห้งเท่ากับ 41.5% และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเสื่อกระจูดเท่ากับ 45°C สามารถลดความชื้นในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นจาก 167.03% เหลือ 9.56% มาตรฐานแห้ง ซึ่งได้เสื่อกระจูดที่มีคุณภาพดี แห้งเร็วและแข็งแรงมีกำลังต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 165 นิวตัน

เถลิงราช และคณะ ได้นำเสนอผลการศึกษาการอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบยางแผ่นดิบคุณภาพดีความชื้นเริ่มต้น 25-40% dry basis ขนาด 10-15 แผ่นต่อครั้ง ทำการอบที่อุณหภูมิ 40-70 °C มีปริมาณความเร็วลมร้อนที่ 0.7 m/s เมื่อผ่านการอบจะได้ยางที่ความชื้นเท่ากับ 0.5% dry basis และสิ้นเปลืองพลังงาน 8-20 MJ/kg H_2O_{evap} สามารถสรุปได้ว่าการอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนมีอัตราการอบแห้งเร็วกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และการตากแห้งของยางแผ่นแบบตามธรรมชาติ ในส่วนของคุณภาพยางที่ผ่านการอบอยู่ในเกณฑ์ดี (เกรด 1-3) ทุกเงื่อนไข

อนิรุทธิ์ และสมบัติ ได้นำเสนอผลการศึกษาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ โดยมีหลักการทำงานคืออากาศภายในเครื่องอบแห้งเมื่อได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์แล้วจะมีความชื้นสัมพัทธ์และมีความหนาแน่นลดลงและลอยตัวขึ้นสูงผ่านชั้นวางผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอบแห้งอากาศร้อนจะพาความชื้นออกจากผลิตภัณฑ์แล้วไหลออกจากเครื่องอบแห้งไปสู่อากาศแวดล้อมที่ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C จะมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้ง 30-40 °C และความเร็วลม 0.45 m/s ส่วนชนิดพาความร้อนแบบบังคับเป็นเครื่องอบแห้งที่ใช้พัดลมช่วยในการพาความร้อนภายในเครื่องอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้มักมีแผงรับรังสีแยกออกจากตัวเครื่องและมีการหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนด้วยที่ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ 650.5 W/m^2 และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม 32.3 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในเครื่องอบแห้งจะอยู่ในช่วง 45-65 °C ที่อัตราเร็วลม 0.56-0.94 m/s

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างโอ่งอบไก่ด้วยขดลวดความร้อนไฟฟ้า

1 นำโอ่งเจาะรูเพื่อใส่ฮีตเตอร์ตัวยู 3 ตัว ตัววัดความร้อน และเจาะรูฐานกลางโอ่งเพื่อใส่ไม้แกนเสียบไก่ สแตนเลส อีกทั้งเจาะรูช่วงฐานโอ่งเพื่อระบายน้ำมันที่อบไก่

2 ติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด ได้แก่ ฮีตเตอร์ ตัววัดความร้อน และไม้แกนเสียบไก่โดยนำน็อตของตัวอุปกรณ์นั้นๆ ยึดในรูที่เจาะตามโอ่ง

3 ยกโอ่งขึ้นรถเข็นที่มีการประกอบล้อรถเรียบร้อยแล้ว เพื่อทำการต่อสายไฟ โดยเชื่อมต่อกับตัวฮีตเตอร์ต่อขนานทั้งหมดเข้าสู่กล่องควบคุมวงจรที่ได้ติดข้างรถเข็น ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบด้วย ตัวปรับอุณหภูมิ ทามเมอร์ตั้งเวลา เบรกเกอร์ สวิตซ์ไฟ ปุ่มกด ปุ่มเตือน ตัวดีเลย์ และเชื่อมต่อสายไฟกับปลั๊กไฟให้เรียบร้อย

4 นำสแตนเลสแผ่นเรียบประกอบปิดบนรถเข็นเพื่อปิดบังโอ่งสำหรับอบ และอากาศที่จะมารบกวน

5 เจาะช่องใส่ถาดเพื่อรองรับช่องระบายน้ำมันเวลาอบไก่ไว้ที่ข้างตัวรถเข็น และนำฝาสแตนเลสมาคลอบปิดบนโอ่งสำหรับอบไก่ไว้เป็นอันเสร็จสิ้น

2. การทดสอบ

การทดสอบแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลการใช้องค์ประกอบทางไฟฟ้าและสมรรถนะการทำงานของโอ่งอบไก่ด้วยขดลวดความร้อนไฟฟ้า



ภาพที่ 1 ชิ้นงานที่ใช้ทำการทดลอง



ภาพที่ 2 ชุดควบคุมไฟฟ้าและความร้อน





ภาพที่ 3 การวางตำแหน่งขดลวดความร้อนไฟฟ้าภายในชุดทดลอง



ภาพที่ 4 การจัดตำแหน่งของวัตถุดิบภายในชุดทดลอง





ภาพที่ 5 วัตถุดิบก่อนการอบ และการวัดค่าน้ำหนักวัตถุดิบหลังการอบ

3. สมการที่ใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ผลการศึกษา

ความชื้นในวัสดุ

$$m_d = \frac{w-d}{d} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ

M_d คือ เปอร์เซ็นต์ความชื้นมาตรฐานแห้ง

w คือ น้ำหนักเริ่มต้นของวัสดุชื้น (kg)

d คือ น้ำหนักของวัสดุแห้ง (kg)

พลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำจากวัตถุ

$$Q = m_w h_{fg} \quad (2)$$

เมื่อ

Q คือ ค่าพลังงานความร้อน (kJ)

h_{fg} คือ ค่าความร้อนแฝง (Latent Heat) ของไอน้ำที่ความดันบรรยากาศ (2,257 kJ/kg)

m_w คือ มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัตถุดิบ (kg)

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล หรือผลการศึกษาและอภิปรายผล

1. การทำงานของขดลวดความร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิปรับตั้ง 100 °C ทำการทดสอบในระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานของขดลวดความร้อนในระยะเวลา 1 ชั่วโมง อุณหภูมิปรับตั้ง 100 °C

สภาวะการทำงาน	ระยะเวลาการทำงานรวม (min)	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (%)
เริ่มทำงาน (On)	39	65
หยุดทำงาน (Off)	21	35
รวม	60	100

ตารางที่ 2 การทดสอบการทำงานของขดลวดความร้อนในระยะเวลา 0.5 ชั่วโมง อุณหภูมิปรับตั้ง 150 °C

สภาวะการทำงาน	ระยะเวลาการทำงานรวม (min)	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (%)
เริ่มทำงาน (On)	27	90
หยุดทำงาน (Off)	3	10
รวม	30	100

ตารางที่ 3 การทดสอบการทำงานของขดลวดความร้อนในระยะเวลา 0.5 ชั่วโมง อุณหภูมิปรับตั้ง 200 °C

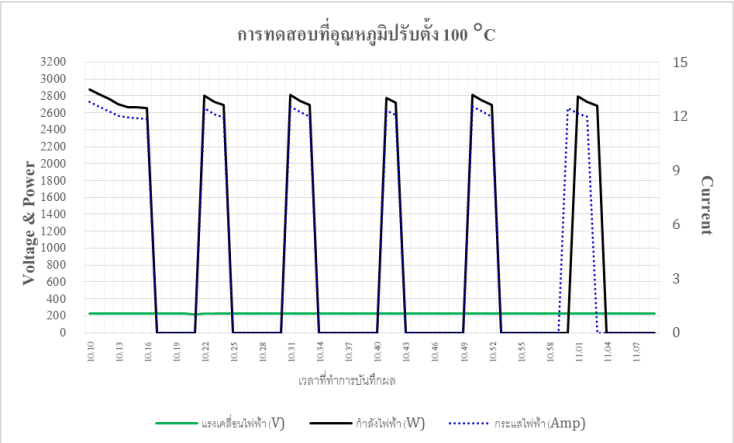
สภาวะการทำงาน	ระยะเวลาการทำงานรวม (min)	เปอร์เซ็นต์การทำงาน (%)
เริ่มทำงาน (On)	30	100
หยุดทำงาน (Off)	0	0
รวม	30	100

จากผลการทดสอบการอบไก่ที่ระยะเวลารวมที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาการทำงานของขดลวดความร้อนไฟฟ้าตามตารางที่ 1 ถึง ตารางที่ 3 พบว่าการทดสอบที่อุณหภูมิปรับตั้งที่ 100 องศาเซลเซียส มีการทำงานของขดลวดความร้อนไฟฟ้าที่ 65 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 150 และ 200 องศาเซลเซียส การทำงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 90 และ 100 เปอร์เซ็นต์

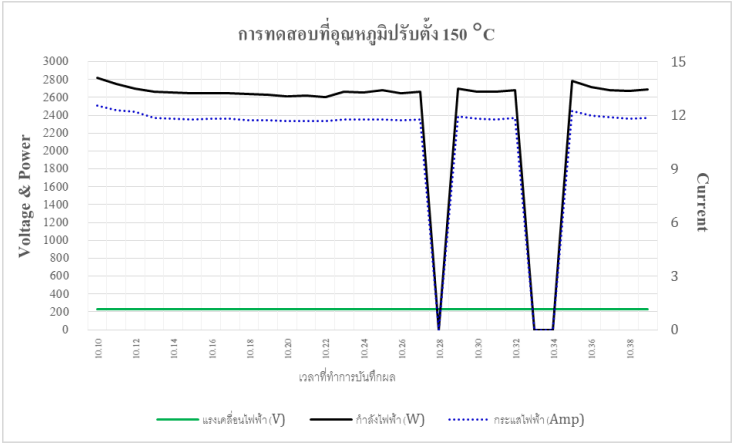
2. ข้อมูลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของวัตถุดิบ

ตารางที่ 4 ข้อมูลการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของวัตถุดิบที่แต่ละอุณหภูมิปรับตั้ง

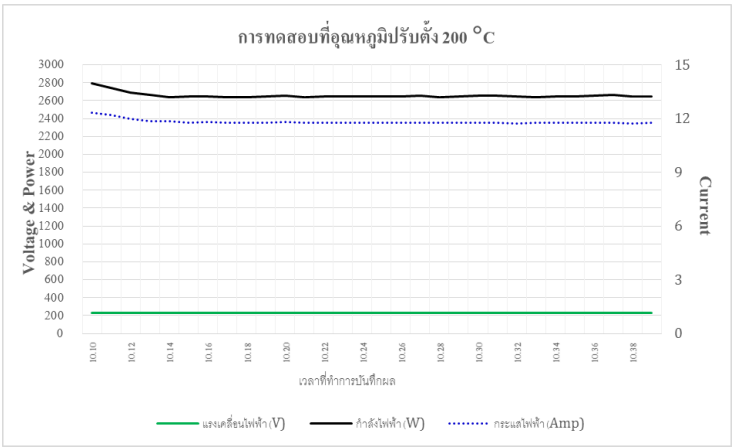
อุณหภูมิที่ปรับตั้ง	น้ำหนักก่อนการอบ (g)		น้ำหนักหลังการอบ (g)		ความแตกต่างของน้ำหนัก (g)	
	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2	ตัวที่ 1	ตัวที่ 2
ที่ 100 °C	1276	1343	1141	1296	135	47
ที่ 150 °C	1053	1135	987	1011	66	124
ที่ 200 °C	1141	1296	1053	1135	88	161
ที่ 300 °C	900	1400	700	1100	100	300



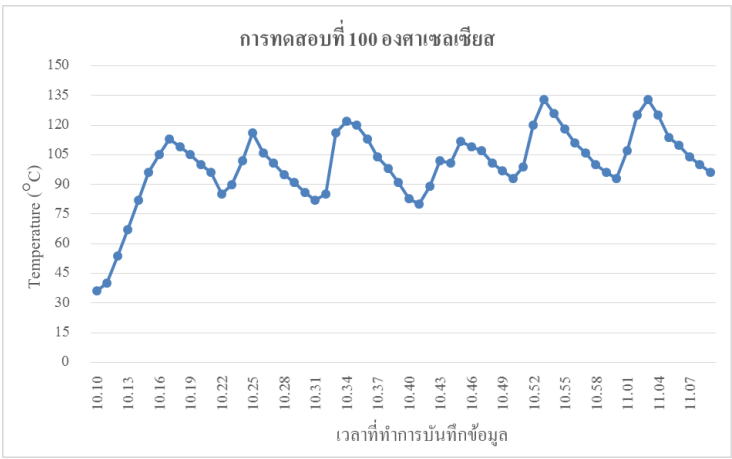
ภาพที่ 6 ข้อมูลการตรวจวัดทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิปรับตั้ง 100 องศาเซลเซียส



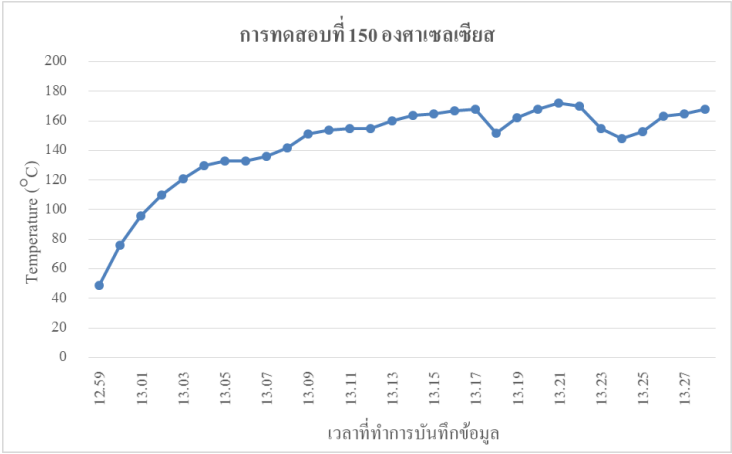
ภาพที่ 7 ข้อมูลการตรวจวัดทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิปรับตั้ง 150 องศาเซลเซียส



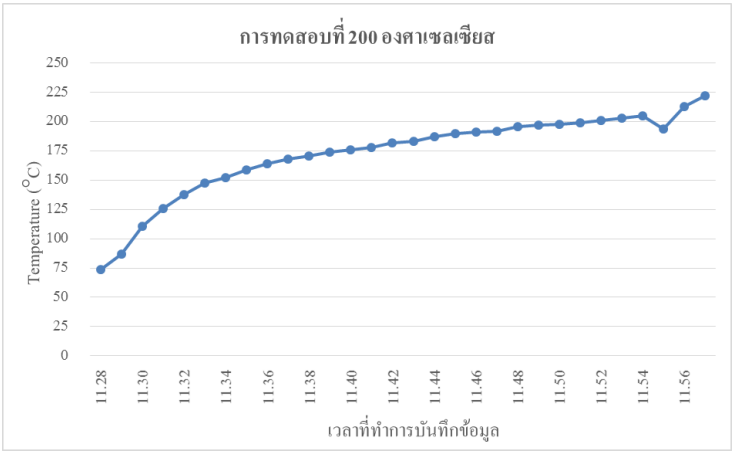
ภาพที่ 8 ข้อมูลการตรวจวัดทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิปรับตั้ง 200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 9 ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในที่อุณหภูมิปรับตั้ง 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 10 ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในที่อุณหภูมิปรับตั้ง 150 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 11 ข้อมูลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในที่อุณหภูมิปรับตั้ง 200 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 5 การคำนวณสมรรถนะของชุดทดลอง

อุณหภูมิที่ปรับตั้ง	ค่าความชื้นรวมที่ลดลง (kg)	พลังงานความร้อน (kJ)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kJ)	สมรรถนะของเครื่อง (%)
ที่ 100 °C	.182	410.774	3,456.60	11.88
ที่ 150 °C	.190	428.83	8,660.28	4.95
ที่ 200 °C	.249	561.993	9,564.84	5.88

จากผลการคำนวณตามตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าที่ 100 °C สมรรถนะของชุดทดลองที่ดีกว่าอีก 2 การทดลอง แต่ทั้งนี้ระยะเวลาในการทดลองเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่สุกสามารถรับประทานได้จะใช้เวลาที่นานกว่าอีก 2 การทดลอง ในทางกลับกันการเพิ่มอุณหภูมิจะได้การระเหยน้ำในวัตถุดิบที่รวดเร็วกว่าแต่จะมีการใช้พลังงานที่มากกว่าส่งผลให้สมรรถนะต่อหน่วยการระเหยน้ำต่ำกว่าการทดลองที่อุณหภูมิปรับตั้งที่ 100 °C

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าระดับความร้อนที่ใช้ในการอบมีผลต้องการรักษาอุณหภูมิภายในชุดทดลองและการทำงานของขดลวดความร้อนไฟฟ้า การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำมีผลต่อการลดความชื้นในเนื้อวัตถุดิบแต่เป็นไปในลักษณะการลดไขมันใต้ผิวจากชั้นนอกแบบค่อยเป็นค่อยไปทำให้ต้องใช้เวลาในการอบที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันหากมีการปรับอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้นการลดความชื้นในเนื้อวัตถุดิบจะทำได้ดียิ่งขึ้น แต่จะมีผลต่อสีผิวของเนื้อวัตถุดิบ โดยเฉพาะบริเวณที่ใกล้กับแหล่งให้พลังงาน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่สนับสนุนด้านเครื่องมือและเครื่องวัด รวมถึงพื้นที่ในการใช้ศึกษาและทดลอง

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ และ คณะ. 2558. การศึกษาตู้อบปลาสลิดพลังงานความร้อนจากแผงโซล่าร่วมกับขดลวดทำความร้อน, น. 376-377. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 (6th RMUTNC).** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน, นครราชสีมา.

กิตติศักดิ์ ศรีสวัสดิ์ และ วริศ จิตต์ธรรม. 2559. การศึกษาตู้อบปลาสลิดพลังงานความร้อนจากแผงโซล่าร่วมกับขดลวดทำความ. **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก** 9(2): 20-30.

ธีรเดช ใหญ่บก และ คณะ. 2552. การพัฒนากระบวนการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานร่วมแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าภายใต้สภาพภูมิอากาศภาคใต้ของประเทศไทย. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ** 12(3): 109-118.

พรเจตน์ ขัดสาย และคณะ. 2553. ตู้อบกุนเชียงหมูพลังงานความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าร่วมกับแสงอาทิตย์. ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก.

ฉัตร ผลนาค และคณะ. 2552. ระบบอบแห้งพลังงานรังสีอาทิตย์สำหรับการอบแห้งกระจูด. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 12(3) : หน้า 99-108.

เฉลิงราช นิลเชื้อวงศ์ และคณะ. 2552. การอบแห้งยางแผ่นผึ่งแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบลมร้อนและเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับวิสาหกิจและกลุ่มสหกรณ์สวนยางพาราขนาดย่อม. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา**. 17(2) : หน้า 50-59.

เสริม จันทร์ฉาย และยุทธศักดิ์ บุญรอด. 2548. การพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับประเทศไทย. น. 147-150. *ใน* **รายงานการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1**. ชลบุรี : โรงแรมแอมบาสเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน.

อนิรุทธิ์ ต่ายขาว และสมบัติ. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาความร้อนแบบธรรมชาติและชนิดพาความร้อนแบบบังคับ. **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย**. 7(2) : หน้า 23-31.

เครื่องล้างลูกละมุด

Sapodilla Cleaning Machine

อมร อ้นกรอง[1] ณรงค์พล ประสพ[1] และ นัฐพงษ์ มั่งมี[1]

Amorn Onkrong[1] Narongpol Parsop[1] and Nattapong Mangmee[1]

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องล้างลูกละมุด เพื่อเป็นการลดแรงงานคนและลดระยะเวลาในการล้างลูกละมุด เครื่องล้างลูกละมุดใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, ปั๊มน้ำ, และพัดลม เครื่องล้างลูกละมุดมีการทำงานสองช่วงคือ การฉีดน้ำและการเป่าลม มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ขับกรงขัดผิวลูกละมุดสามารถกลับทิศทางการหมุนได้ ปั๊มน้ำทำหน้าที่ฉีดพ่นละอองน้ำเพื่อให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวของลูกละมุด พัดลมทำหน้าที่เป่าลมหลังจากขัดผิวลูกละมุดแล้วให้แห้ง

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุด คณะผู้จัดทำได้ทำการทดสอบโดยการล้างลูกละมุดจำนวน 300 กิโลกรัม ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดโดยการล้างลูกละมุดที่ 1 กิโลกรัม ถึง 10 กิโลกรัม เพื่อหาค่าเวลาในการล้างลูกละมุดที่ดีที่สุดในแต่ละกิโลกรัม โดยทำการล้างที่กิโลกรัมละ 5 ครั้ง โดยมีผลการทดสอบการทำความสะอาดลูกละมุดของเครื่องล้างลูกละมุดอยู่ในระดับ 95 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : เครื่องล้างละมุด, ลูกละมุด,ไมโครคอนโทรลเลอร์

ABSTRACT

This paper is design and build sapodilla cleaning machine for reduce labor and shorten time to clear. Sapodilla Cleaning Machine with microtroller control direction of rotation of dc motor, water pump, and fan sapodilla cleaning machine have two working sessions is water injection and blowing the wind. Dc motor officiate drive the cage skin scrub of Sapodilla can back reverse rotation direction. Water pump officiate water Spray to moisturize the skin of the Sapodilla. Fan officiate blow wind after the skin scrub Sapodilla then dry

Performance testing of Sapodilla Cleaning Machine manipulator have test by cleaning Sapodilla 300kg. Cleaning performance test by cleaning 1kg to 10kg to find the best time to cleaning In each kilogram. By clean at 5 times per kilogram. The have test result cleaning Sapodilla of Sapodilla Cleaning Machine stay on level 95 percent

Keywords : Sapodilla Cleaning Machine, Sapodilla , Microcontroller

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดตาก 63000

[1] Department of Electrical Engineering , Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Lanna Tak, Mai Ngamt, Mueang Tak ,Tak 63000, Thailand

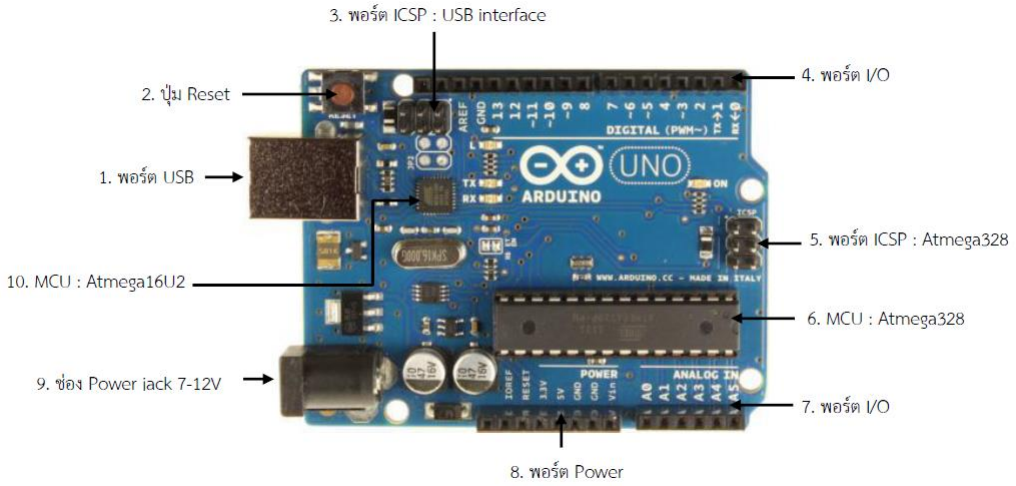
บทนำ

เนื่องจากละมุดเป็นผลไม้ไทยพื้นบ้านเป็นผลไม้ทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของจังหวัดสุโขทัย จนได้การันตีจากหน่วยงานภาครัฐให้เป็นสินค้า หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ ของอำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัยและในปัจจุบันเวลามีค่ามีผลประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของคนเราเป็นอย่างมาก ไม่ควรเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์ไม่เว้นแม้แต่การล้างลูกละมุดของชาวสวน ซึ่งมีผิวที่เป็นผงทำความสะอาดค่อนข้างยากและใช้ระยะเวลาในการล้างค่อนข้างนาน ผู้จัดทำจึงคิดโครงการเครื่องล้างลูกละมุดขึ้นมาเพื่อที่จะช่วยประหยัดเวลาในการล้างช่วยไม่ให้เสียพลังงานและใช้จำนวนคนในการล้างลูกละมุดในจำนวนมาก โดยสามารถนำเครื่องล้างลูกละมุดเคลื่อนย้ายไปใช้งานตามสวนละมุดได้โดยไม่สิ้นเปลืองเวลาในการล้างลูกละมุด

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลAVR ที่มีการพัฒนาแบบ Opened Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่ายดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลงเพิ่มเติมและพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย ความสามารถของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O



ภาพที่ 1 เค้าโครงและขาออกที่ต่อลงบอร์ด Arduino UNO R3

ที่มา: www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics

จากภาพที่ 1 ส่วนโครงสร้างของต่อลงบอร์ด Arduino UNO R3 ประกอบด้วย

1) USB Port ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2) Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

3) ICSP Port เป็น Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Comport บนAtmega16 U2

4) I/O Port Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆเพิ่มเติมด้วยเช่น Pin 0,1 เป็นขา Tx , Rx Serial , Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

5) ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Boot loader

6) MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

7) I/O Port นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้วยังเปลี่ยนเป็นช่องรับสัญญาณอนาล็อกตั้งแต่ขา A0-A5

8) Power Port ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอกประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, + 5V, GND, VIN

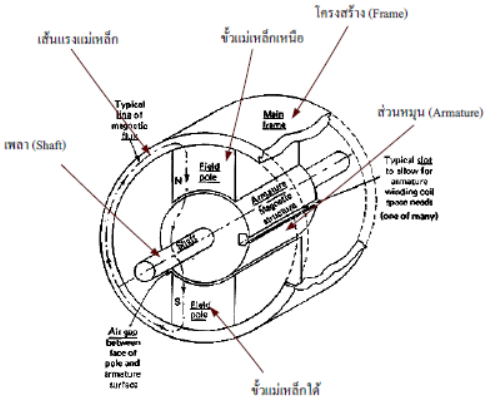
9) Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

10) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 ติดต่อกับ คอมพิวเตอร์ ผ่าน Atmaga16U2

2. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องกลชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกอย่าง ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจึงสามารถต่อให้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

2.1 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 2 เป็นส่วนประกอบหลักๆของเครื่องกล

ที่มา : http://www.kmitl .ac.th/ ~s2010730/ homework% 20sensor%20level2/ sensor1.htm

พิจารณาในภาพที่ 2 เป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงที่ประกอบด้วยสเตเตอร์ เป็นโครงสร้างภายนอกของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงที่ยึดกับขั้วแม่เหล็กเหนือ N Field Pole และขั้วแม่เหล็กใต้ S Field Pole ทำหน้าที่ส่งเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือสู่ขั้วใต้และที่สำคัญมากอีกส่วนคือส่วนหมุน (Armature) ในส่วนนี้ภายในจะพันขดลวดกรณีที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าจะทำงานเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator) กรณีที่ทำงานขับโหลดจะทำงานเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งแต่ละส่วนแสดงดังภาพ

2.2 ปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำ (Pump) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยส่งผ่านพลังงานจากแหล่งต้นกำเนิดไปยังของเหลวเพื่อทำให้ของเหลวเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งที่อยู่สูงกว่า หรือในระยะทางที่ไกลออกไป โดยจุดเริ่มต้นของเครื่องปั๊มน้ำนี้มีประวัติศาสตร์ที่ยาวนานกว่า 2,000 ปีก่อนคริสตศักราช ซึ่งในช่วงเริ่มแรกมีการใช้พลังงานที่ได้จากมนุษย์ สัตว์ ต่อมาจึงได้ใช้พลังงานจากธรรมชาติ เช่นพลังงานจากลม และน้ำเป็นแหล่งต้นกำเนิด ซึ่งในช่วงแรกเพียงเพื่อการอุปโภคบริโภคและทำการเกษตรเท่านั้น



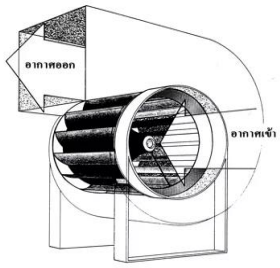
ภาพที่ 3 ปั๊มน้ำ

ที่มา : http:// www.ThaiWaterSystem.com

ในปัจจุบันเครื่องปั๊มน้ำจัดเป็นอุปกรณ์เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์อย่างมาก เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค การเกษตร คมนาคม อุตสาหกรรมตลอดจนการบำบัดน้ำเสียเพื่อรักษาสภาวะแวดล้อมที่ดีให้กับมนุษย์ ซึ่งวิวัฒนาการของเครื่องปั๊มน้ำในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปจากเดิมที่ใช้พลังงานจากแหล่งธรรมชาติมาเป็นการใช้พลังงานจากไอน้ำ จากเครื่องยนต์ และที่นิยมกันมากคือการใช้พลังงานไฟฟ้า เนื่องจากความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน

2.3.พัดลมแรงเหวี่ยง

พัดลมแรงเหวี่ยงหรือพัดลมหอยโข่ง มีชื่อมาจากลักษณะการทำงานของลม เป็นพัดลมที่ทำงานตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม



ภาพที่ 4 พัดลมแรงเหวี่ยง

ที่มา : https://www.ienergyguru.com/2015/09/fan/

ลักษณะพัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan) ลมเกิดจากการหมุนของใบพัดที่ติดกับวงล้อ โดยการหมุนของล้อจะเกิดจากต้นกำลังจากภายนอก ทั้งพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้า แรงพลังงานกลอื่นๆ ที่ใช้เพื่อขับเคลื่อนให้เกิดการเคลื่อนที่และใบพัดหมุน ได้ อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วแรงขึ้นๆ อากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวโครงพัดลม Blower Housing ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด แนวลมที่ออกจะตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลมที่มีใบพัดเป็นตัวดึงลม พลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ปากทางออกของพัดลมในแนวตั้งฉากกับเพลาของล้อพัดลม ลักษณะของใบพัดลมหอยโข่งมีหลายลักษณะ เช่น Forward Curve, Backward Curve, Backward Inclined, Backward Airfoil, Radial ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะของความดันลม ปริมาณลม ความสกปรกของอากาศ

2.4 วงจรทอนระดับแรงดัน

วงจร Buck Converter หรือ วงจร Step down converter เป็นวงจรที่ลดแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเพื่อเหมาะสมต่อการใช้งาน โครงสร้างของวงจรจะประกอบด้วยสวิทช์ที่สามารถสั่งให้ "ON" หรือ "OFF" ได้ทุกขณะตามความต้องการในทางปฏิบัติสวิทช์ที่ใช้ในวงจรจริงคืออุปกรณ์สวิทช์ชิ่งเช่น BJT , MOSFET นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆอีกเช่น Condenser , Inductance และ Diode เป็นต้น และเพื่อให้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาต์พุตมีความเป็นกระแสตรงมาก ๆ นิยมใช้วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) ซึ่งโดยมากจะใช้วงจรกรองแบบ LC เพราะมีอัตราการลดทอระดับแรงดันไฟฟ้า มีดังต่อไปนี้ สัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการผกผันกับกำลังสองของความถี่ เงื่อนไขการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบทอน

1) กระแสที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะมีค่าเท่ากัน

$$i_L(t+T) = i_L(t) \quad \text{..... (1)}$$

2) แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์

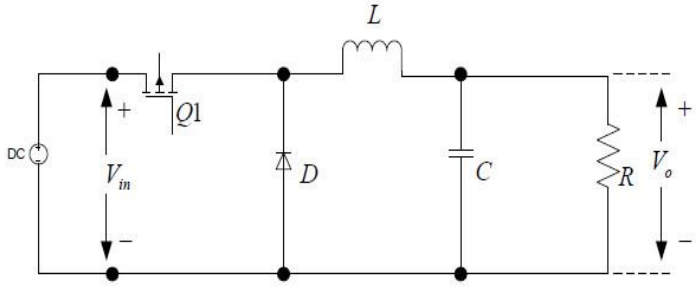
$$VL = \frac{1}{T}\int_t^{t+T} v_L(\lambda)d\lambda = 0 \quad \text{..... (2)}$$

3) กระแสไฟฟ้าของตัวเก็บประจุในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์

$$I_C = \frac{I}{T}\int_t^{t+T} i_C\,(t)dt = 0 \quad \text{..... (3)}$$

4) กำลังไฟฟ้าด้านเข้าเท่ากับกำลังไฟฟ้าเอาท์พุต

$$P_s = P_{out} \quad \text{..... (4)}$$

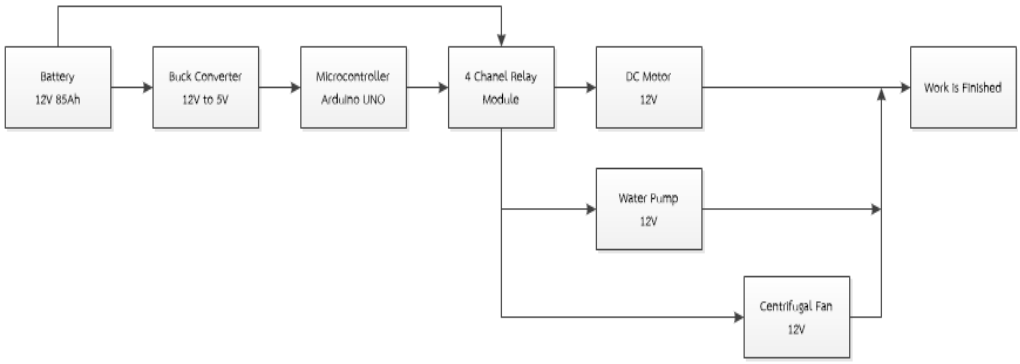


ภาพที่ 5 วงจร Buck Converter

จากภาพที่ 5 หลักการทำงานของวงจรคอนเวอร์เตอร์แบบทอนระดับแรงดันไฟฟ้า เพื่อออกแบบให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านเอาท์พุตตามที่ต้องการ คือ ต้องเริ่มจากเงื่อนไขที่ว่า แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ ในแต่ละคาบเวลามีค่าเท่ากับศูนย์

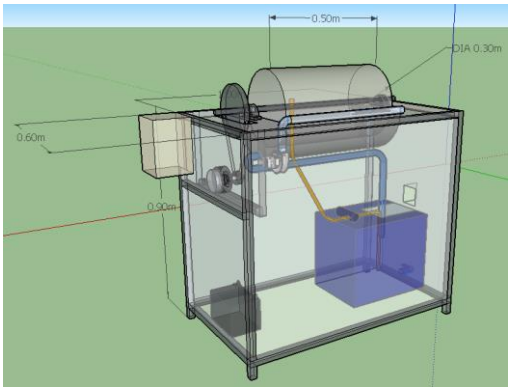
วิธีดำเนินการ

การออกแบบและการดำเนินงาน



ภาพที่ 6 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุด

จากภาพที่ 6 เมื่อทำการ Start เครื่อง เครื่องยังไม่เริ่มทำงานแต่เป็นการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรทั้งหมด เมื่อกดสวิตช์ตามน้ำหนักของลูกละมุดที่ต้องการล้าง ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มการทำงานโดยการสั่งการรีเลย์ที่ควบคุมปั๊มน้ำ (Water Pump) เริ่มทำงานและสั่งการรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ทำงานเพื่อให้มอเตอร์เริ่มทำงาน และเมื่อปั๊มน้ำหยุดการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รีเลย์ที่ควบคุมมอเตอร์พัดลม (Centrifugal Fan) เริ่มทำงานโดยที่มอเตอร์ยังทำงานต่อเนื่องตามเดิม และเมื่อมอเตอร์พัดลมหยุดการทำงานก็เป็นการเสร็จสิ้นการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุด

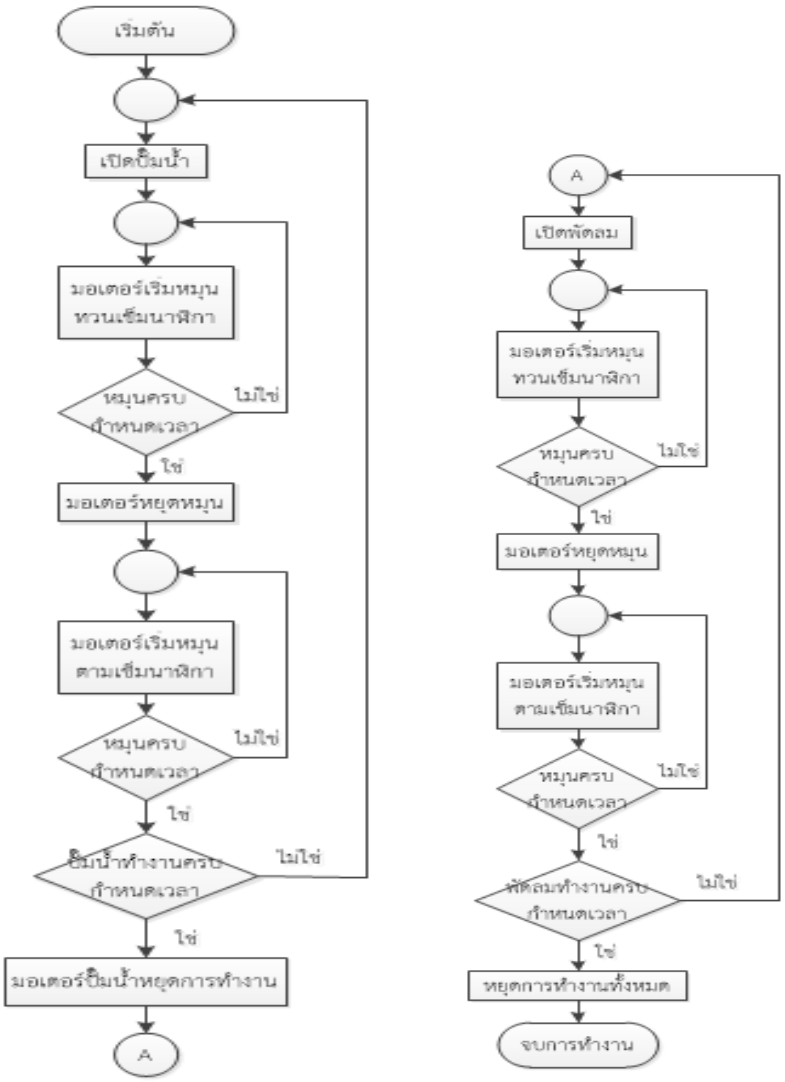


ภาพที่ 7 โครงสร้างของเครื่องล้างลูกละมุด

จากภาพที่ 7 แสดงถึงการออกแบบโครงสร้างของเครื่องล้างลูกละมุดและการจำลองตำแหน่งของอุปกรณ์ต่างๆ

หลักการทำงานและวงจรควบคุมของเครื่องล้างลูกละมุด

หลักการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุด โดยเริ่มจากโยกสวิตช์ ON ตามด้วยกดสวิตช์เลือกตามน้ำหนักที่ต้องการล้างเพื่อเริ่มการทำงาน โดย Arduino UNO เริ่มสั่งการให้รีเลย์ที่ควบคุมปั๊มน้ำเริ่มทำงานและสั่งการรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ทำงานเพื่อให้มอเตอร์เริ่มทำงาน และเมื่อปั๊มน้ำหยุดการทำงานไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้รีเลย์ที่ควบคุมมอเตอร์พัดลมเริ่มทำงานโดยที่มอเตอร์ก็จะยังทำงานต่อเนื่องตามเดิม และเมื่อมอเตอร์พัดลมหยุดการทำงานก็จะเป็นการเสร็จสิ้นการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุด



ภาพที่ 8 ผังการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

จากภาพที่ 8 การทำงานเริ่มจากปั๊มน้ำทำงานและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเริ่มทำงาน โดยเริ่มหมุนทวนเข็มนาฬิกา เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนครบตามเวลาที่กำหนดไว้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะหยุดหมุนและเริ่มหมุนตามเข็มนาฬิกา เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนครบตามเวลาที่กำหนดไว้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะหยุดหมุน โดยโปรแกรมจะทำงานวนลูปจนกว่าปั๊มน้ำทำงานครบตามกำหนดเวลาที่กำหนดไว้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและปั๊มน้ำหยุดการทำงาน และพัดลมเริ่มทำงานพร้อมกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอีกครั้งโดยที่โปรแกรมจะทำงานวนลูปตามเดิมจนกว่าพัดลมทำงานครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและพัดลมหยุดการทำงาน เป็นการสิ้นสุดการทำงานทั้งหมด

ผลและวิจารณ์ผล

ลักษณะการทำงานของเครื่องล้างผลละมุดโดยการเทผลละมุดลงบนกรงล้อหมุนของเครื่องล้างลูกละมุดจากนั้นกดปุ่มเริ่มการทำงาน เครื่องล้างลูกละมุดเริ่มทำงานในกระบวนการต่างๆ โดยอัตโนมัติเริ่มจากระบบฉีดน้ำทำความสะอาดและระบบหมุนกรงล้อเพื่อให้ผลละมุดทุกลูกมีความสะอาดเท่าๆ กันเมื่อระบบฉีดน้ำได้หยุดทำการลงระบบพัดลมเป่าแห้งเริ่มทำงานและการทำงานทั้งหมดก็จะหยุดลงตามการสั่งการของไมโครคอนโทรลเลอร์



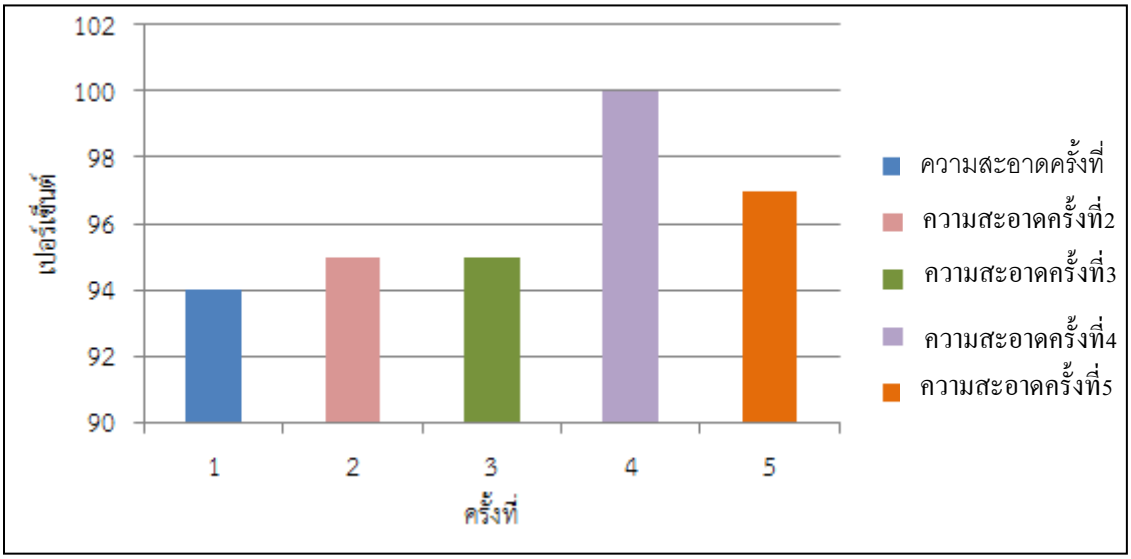
ภาพที่ 9 เครื่องล้างลูกละมุด

จากภาพที่ 9 ลักษณะการทำงานของเครื่องล้างผลละมุดโดยการเทผลละมุดลงบนกรงล้อหมุนของเครื่องล้างลูกละมุด

การทดสอบการทำงาน

ตารางที่ 1ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องล้างลูกละมุดในการล้างครั้งละ 10 กิโลกรัม

ครั้งที่	เวลาในการล้าง (นาที)	ไม่สะอาด (กิโลกรัม)		สะอาด (กิโลกรัม)		ไม่สะอาด (เปอร์เซ็นต์)		สะอาด (เปอร์เซ็นต์)	
		ช้ำ	ไม่ช้ำ	ช้ำ	ไม่ช้ำ	ช้ำ	ไม่ช้ำ	ช้ำ	ไม่ช้ำ
1	6	-	-	0.6	9.4	-	-	6	94
2	6	0.5	-	-	9.5	5	-	-	95
3	6	-	-	0.5	9.5	-	-	5	95
4	6	-	-	-	10	-	-	-	100
5	6	-	-	0.3	9.7	-	-	3	97



ภาพที่ 10 กราฟเปอร์เซ็นต์ความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 10 กิโลกรัม

จากตารางที่ 1 และภาพที่ 10 แสดงถึงการทดสอบเครื่องล้างลูกละมุดในการล้างแต่ละครั้งในเวลาที่แตกต่างกันจากการทดสอบแต่ละครั้งเป็นจำนวน 5 ครั้ง เพื่อหาเวลาการล้างที่ดีที่สุดและแสดงเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของลูกละมุดในการล้างแต่ละครั้ง

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความสะอาด

การทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาดโดยคณะผู้จัดทำจะนำมาให้ผู้ที่สนใจและเกษตรกรเป็นผู้ประเมินคุณภาพของเครื่องล้างลูกละมุดการทดสอบการล้างลูกละมุดนั้นจะใช้ลูกละมุดในการทดสอบประมาณ 300 กิโลกรัม มาทำการทดสอบการล้างเมื่อเตรียมลูกละมุดที่จะทำการทดสอบแล้วแล้วทำการล้างลูกละมุดจากนั้นเก็บค่าข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการล้างลูกละมุด



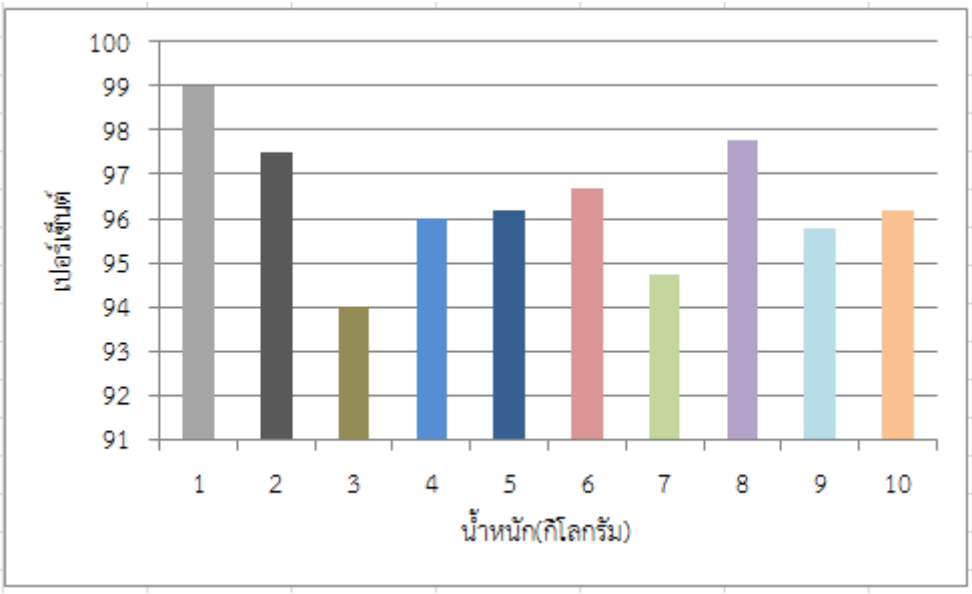
ภาพที่ 11 ผลการทดสอบก่อนล้างและหลังล้าง

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบการล้างลูกละมุดโดยการใช้แรงงานคนและการใช้เครื่องล้างลูกละมุดที่ 10 กิโลกรัม

	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	น้ำ (ลิตร)	เวลา (นาที)
คนล้าง	10	10	40
เครื่องล้าง	10	4	6

จากตารางที่ 2 แสดงถึงการเปรียบเทียบการล้างลูกละมุดระหว่างการล้างด้วยแรงงานคนและการล้างด้วยเครื่องล้างลูกละมุด การล้างด้วยแรงงานคนนั้นจะใช้เวลาในการล้างและน้ำมากกว่าการล้างด้วยเครื่องล้างลูกละมุดค่อนข้างมาก แต่การล้างด้วยการใช้แรงงานคนนั้นจะมีประสิทธิภาพในการล้างมากกว่าการล้างด้วยเครื่องล้างลูกละมุด

สรุปผลการวิจัย



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นต์ความสะอาดโดยเฉลี่ยของลูกละมุดในแต่ละช่วงน้ำหนัก

จากผลการทดสอบของเครื่องล้างลูกละมุดในการล้างลูกละมุดที่ 1 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 99 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 2 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 97.5 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 3 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 93.99 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 4 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 96 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 5 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 96.2 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 6 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 96.66 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 7 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 94.71 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 8 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 97.75 เปอร์เซ็นต์ การล้างลูกละมุดที่ 9 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบไม่ซ้ำที่ 95.77 เปอร์เซ็นต์ และการล้างลูกละมุดที่ 10 กิโลกรัมได้ค่าเฉลี่ยของความสะอาดแบบและลูกละมุดไม่เกิดความเสียหายอยู่ที่ 96.2 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมลงบน Arduino . แหล่งที่มา : http://www.prap has.com/ index.php/ 2008-11-03-14-25- 25/ 51-arduino/90-arduino-5-1-uno-r3 ,11พฤศจิกายน 2561.

ชนิดของมอเตอร์กระแสตรง. แหล่งที่มา : http://www.cr-engineer .com images/pulldown_13**,** 3 มกราคม 2561.

วงจรการต่อใช้งานของ Arduino. แหล่งที่มา : www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html , 11 พฤศจิกายน 2560.

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง . แหล่งที่มา : http://www.kmitl .ac.th/ ~s2010730/ homework% 20sensor%20level2/ sensor1.htm ,3 มกราคม 2561.

พัดลมแรงเหวี่ยง. แหล่งที่มา : https://www.ienergyguru.com/2015/09/fan/,15 พฤศจิกายน 2560.

วีรเชษฐ์ ขันเงิน และคณะ.2551. **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง.**วี.เจ.พริ้นติ้ง ,พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพฯ**.**

ปั๊มน้ำ . แหล่งที่มา : http:// www.ThaiWaterSystem.com , 15 พฤศจิกายน 2560.

อัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก ด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

The Optimum Air Velocity Ratio and Temperature For the Paddy Drying Process by Fluidized Bed Drier

ปรีดา เสมา[1*] กรีฑา สุขทั่ง[1] และ ปิยะพงษ์ วงค์ขันแก้ว[2]

Prida Sema [1*] Kreeta Sukthang [1] and Piyapong Wongkhunkeae [2]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการลดความชื้นของข้าวเปลือกตามมาตรฐานเปียก ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่พัฒนาขึ้น มีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ มอเตอร์ ฮีตเตอร์ และห้องอบ งานวิจัยนี้ทำการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดกับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ทำการทดสอบปัจจัยทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งทำการทดสอบอัตราความเร็วลม 5 ระดับ คือ 1.50,1.75, 2.00, 2.25 และ 2.50 เมตรต่อวินาที และทำการทดสอบอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส จากผลการทดสอบค่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก พบว่า ค่าอัตราความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งที่ความเร็ว 2.50 เมตรต่อวินาที ในช่วงอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นช่วงปัจจัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับการลดความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้มีค่าความชื้นตามมาตรฐานและใช้เวลาน้อยที่สุด อีกทั้งข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่พัฒนาขึ้นไม่มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก

คำสำคัญ : ฟลูอิดไดซ์เบด,ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2, เครื่องอบแห้ง

ABSTRACT

This paper presents the paddy drying process with a fluidized bed dryer. The purpose of this study was to determine the optimum air velocity and temperature for the moisture content of wet paddy at 14% moisture content. The developed Fluidized Bed Dryer has three main components consist of the motor, heater and the drying chamber. This research was tested on Fluidized bed Drier with the Phitsanulok 2 paddy Weight: 0.5 kg, which tested two factors : air velocity and drying temperature. The air velocity factor was tested five levels as 1.50, 1.75, 2.00, 2.25 and 2.50 meters per second and the temperature factor was tested 3 levels as 50,60 and 70 degree Celsius. Based on the results of the experiment, the optimum drying rate was 2.50 meters per second and the temperature range was 70 ° C for the moisture content of paddy of Phitsanulok 2 with a moisture content standards and minimum time. In addition, paddy that get by the drying process developed without fracture of the paddy.

Keywords : Fluidzied bed Drier, Phitsanulok 2 rice, Drying Machine

---

[1] สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Ban Krang, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000, Thailand

[2] สาขาเครื่องจักรกลเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

[2] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok, Ban Krang, Mueang Phitsanulok District, Phitsanulok 65000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pridasema1991@gmail.com

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำของโลกในการส่งออกสินค้าเกษตรหลากหลายชนิดโดยมีสินค้าส่งออกที่สำคัญและทำชื่อเสียงให้กับประเทศไทยมากที่สุดก็ คือ ข้าว เนื่องจากข้าวที่ผลิตจากประเทศไทยมีชื่อเสียงด้านรสชาดความนุ่มหอมจึงเป็นที่ถูกปากของผู้บริโภคอย่างมาก แต่ในปัจจุบันนี้มีผู้ผลิตและส่งออกข้าวที่เป็นคู่แข่งสำคัญของประเทศไทย เช่น เวียดนาม อินเดีย และปากีสถาน ได้เข้ามามีบทบาทในการแย่งตลาดการส่งออกข้าวจากประเทศไทยเป็นอย่างมาก ฉะนั้นการเพิ่มคุณภาพของข้าวให้ดีขึ้นโดยมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อทำให้ข้าวจากประเทศไทยสามารถแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้

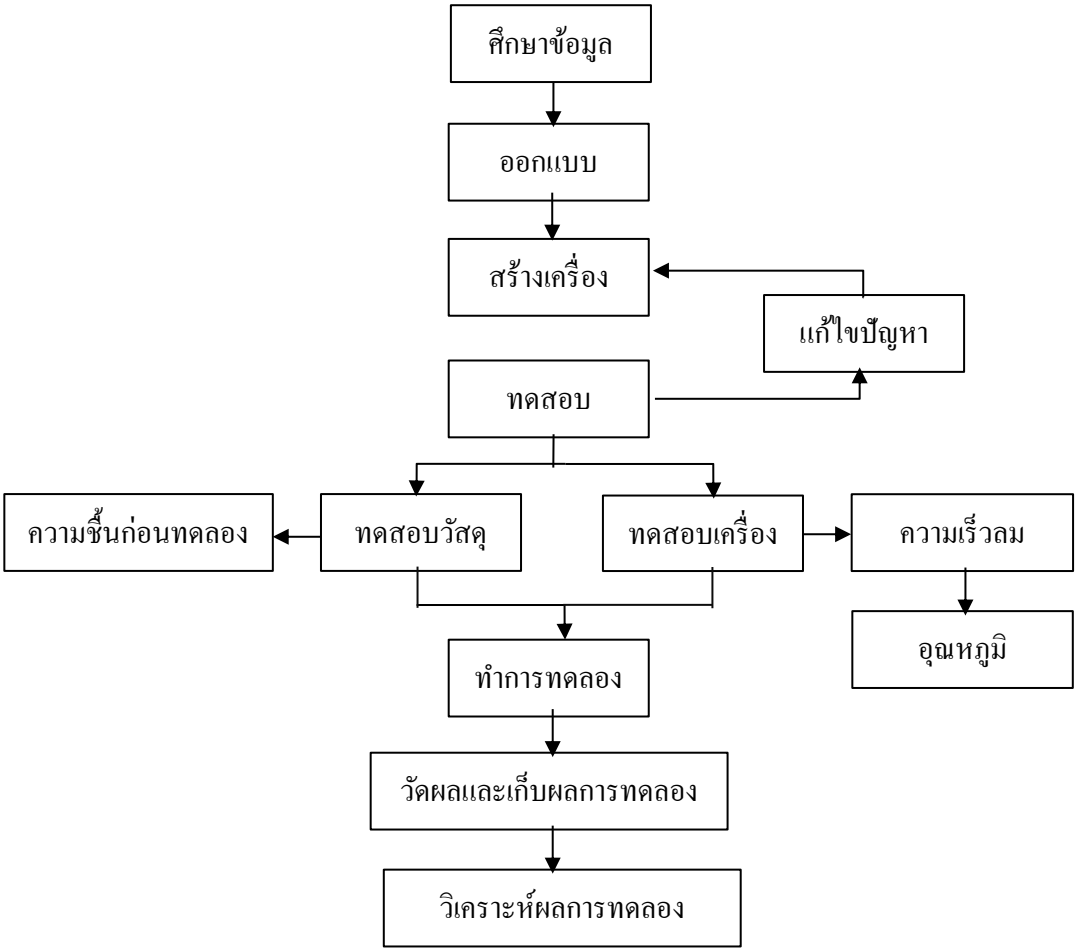
การพัฒนาคุณภาพของข้าวต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านการผลิต ได้แก่ สถานที่ปลูกข้าว แรงงาน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรู และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งปัจจัยการผลิตต่างๆ ดังกล่าวเรื่องของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวนั้นจะมีผลโดยตรงกับคุณภาพและราคาของข้าว โดยการเก็บรักษาเมล็ดข้าวเพื่อรอการขายต่อไปนั้น เน้นเรื่องการรักษาความชื้นของเมล็ดข้าวเป็นสำคัญเพราะหากเก็บเมล็ดข้าวในที่ที่มีความชื้นมากเกินไปนั้นจะทำให้เกิดเชื้อราที่สามารถสร้างสารอัลฟาทอกซิล (Alphatoxin) ซึ่งเป็น สาเหตุของการเกิดมะเร็งในตับ นอกจากนั้นแล้วราคาของเมล็ดข้าวก็จะขึ้นอยู่กับความชื้นของเมล็ดข้าวโดยถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นอยู่ในระดับ 13% จะมีราคาดีและยังสามารถเก็บได้นานถึง 4 เดือน จากข้อมูลดังกล่าวจึงมีนักวิจัยหลายท่านนำเสนอวิธีการลดความชื้นในเมล็ดข้าวที่หลากหลาย และวิธีการลดความชื้นของเมล็ดข้าวที่มีประสิทธิภาพได้แก่ การใช้เครื่องอบแห้งแบบต่างๆ อาทิเช่น เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เทคนิคอบแห้งฟลูอิดไดซ์เบดเป็นเทคนิคการอบแห้งแบบเมล็ดพืชไหลที่มีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงและเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพการอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงให้ลดลงได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากตัวกลางผลิตภัณฑ์สามารถสัมผัสกันได้ อีกทั้งสามารถนำพลังงานความร้อนที่ผ่านกระบวนการอบแห้งกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งนับว่าเป็นการประหยัดพลังงานในทางหนึ่ง แต่เนื่องจากการอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดเมื่อนำมาใช้อบเมล็ดพืชที่มีความชื้นและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องควบคุม อัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้ประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาอัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยทำการทดสอบเครื่องอบแห้งดังกล่าวกับข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ตามมาตรฐานเปียก ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

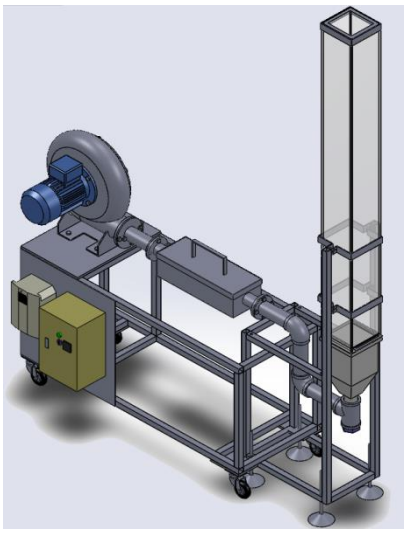
วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างและทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

เมื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว จึงได้มีการออกแบบโครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 2 จากนั้นจะทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เพื่อประเมินความสามารถในการควบคุมอัตราความเร็วลมและอุณหภูมิ และทำการตรวจสอบความชื้นของข้าวเปลือกก่อนทำการทดลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



ภาพที่ 2 โครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

โครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

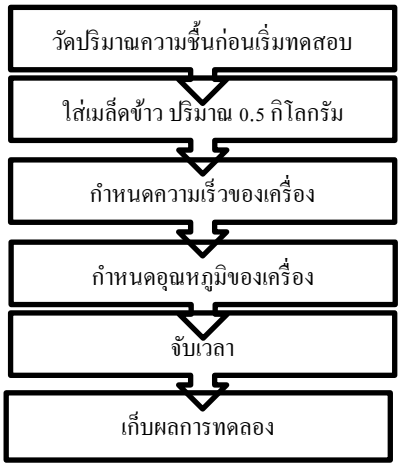
ส่วนที่ 1 เครื่องสร้างความเร็วของลม ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสสลับ 380 โวลต์ ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบสูงสุด 2,845 รอบต่อนาที ใช้สำหรับ ส่งกำลังให้ใบพัดปั่นกระแสลม มีชุดควบคุมมอเตอร์ สำหรับควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ (Induction Motor) หรือเอซีมอเตอร์ (AC Motor)

ส่วนที่ 2 เครื่องสร้างความร้อนขนาด 6 กิโลวัตต์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟูอิดไดเบดออกแบบเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าทั้งสองด้านประกอบด้ายท่อ 2 นิ้วและหน้าแปลนทรงกลมมีความยาวรวมกันทั้งหมด 55 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร ความสูง 10 เซนติเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับการติดตั้งฮีตเตอร์ ขนาด 3 กิโลวัตต์ จำนวน 2 อัน กำหนดให้ป้อนความร้อนไม่เกิน 130 องศาเซียลเซส (นฤบดี และคณะ, 2552)

ส่วนที่ 3 ส่วนห้องอบ ออกแบบเป็นตู้ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสูง 150 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตรมีฝาครอบด้านบนของห้องอบ มีตระแกรงรองข้าวด้านล่างของห้องอบ เพื่อให้เหมาะแก่การกระจายตัวของข้าวในห้องอบแห้งแบบฟูอิดไดซ์เบด และด้านล่างห้องอบจะติดตั้งช่องกระจ่ายลมในห้องอบแห้งแบบฟูอิดไดเบด ออกแบบเป็นทรงกรวยด้านล่างและต่อด้วยท่อขนาด 2 นิ้ว เพื่อให้ด้านบนเหมาะกับการรองรับห้องอบแห้งเปลือกด้านล่างเหมาะแก่การต่อลมเข้ามาเป่าข้าวเปลือก (ปิยะพงษ์ และวีรยุทธ , 2554) พบว่า ที่แบบจำลองฟลูอิดไดซ์เบดแบบ Linear Blade จะให้ค่าอัตราความเร็วการไหลของลมที่ดีและมีประสิทธิภาพทางกลร้อยละ 75

ขั้นตอนการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบปัจจัยทั้งหมด 2 ปัจจัย ได้แก่ อัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง (อิศเรศ, 2554) ซึ่งทำการทดสอบอัตราความเร็วลม 5 ระดับ คือ 1.50,1.75,2.00,2.25 และ 2.50 เมตรต่อวินาที และทำการทดสอบอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60,และ 70 องศาเซลเซียส แสดงขั้นตอนการทดลองดังภาพที่ 3 จะทำการวัดค่าปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกก่อนทำการเริ่มทดสอบ และชั่งน้ำหนักของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ให้ได้น้ำหนักปริมาณ 0.5 กิโลกรัมใส่ลงไปในห้องอบ แล้วทำการตั้งความเร็วลมและอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด แล้วทำการเก็บผลจากอัตราความเร็วลมและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่กำหนดทุกๆ 10 นาที



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

โดยวิธีการเก็บผลการทดลองจากการหาค่าความชื้นในช่วงเวลาที่กำหนด ช่วงเวลาทุก 10 นาที มีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมเครื่องวัดความชื้น ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องวัดความชื้น (Riceter J301) ยี่ห้อ KETT

2. เมื่อได้ช่วงเวลาที่ครบกำหนดแล้ว เปิดตะแกรงนำเมล็ดข้าวในห้องอบออกมา แล้วคัดเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์ 4-5 เมล็ด นำมาใส่ลงไปในถาด ดังแสดงในภาพที่ 5 ของเครื่องวัดความชื้น แล้วเสียบเข้าไปในช่องวัดของเครื่องวัดความชื้น





ภาพที่ 5 นำเมล็ดข้าวมาใส่เครื่องวัดความชื้น

3. เมื่อใส่ข้าวในเครื่องวัดค่าความชื้นเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดเครื่องวัดค่าความชื้นแล้วหมุนแกนกดของเครื่องให้ถึงเมล็ดข้าว จนเมล็ดข้าวละเอียด ดังแสดงในภาพที่ 6 แล้วรอประมวลผล



ภาพที่ 6 การหมุนแกนกดของเครื่องวัดความชื้น

4. นำค่าที่วัดได้ลงในตารางที่กำหนด ดังแสดงภาพที่ 7

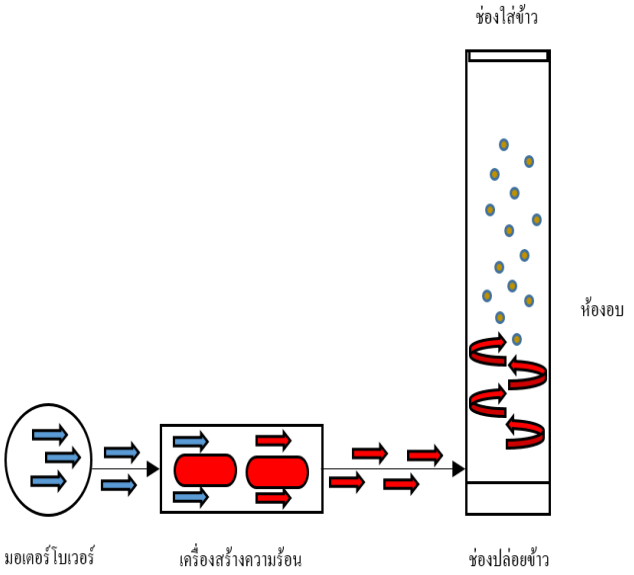


ภาพที่ 7 ค่าที่แสดงผลของเครื่องวัดความชื้น (%)

3. ผลและวิจารณ์ผล

3.1 ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

จากการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ทำการเก็บผลการทดลองจากการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ดังแสดงในภาพที่ 8 เพื่อศึกษาผลของความเร็วและอุณหภูมิของลมของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีต่อการอบแห้งเมล็ดข้าว ซึ่งได้มีการทดลองดังต่อไปนี้



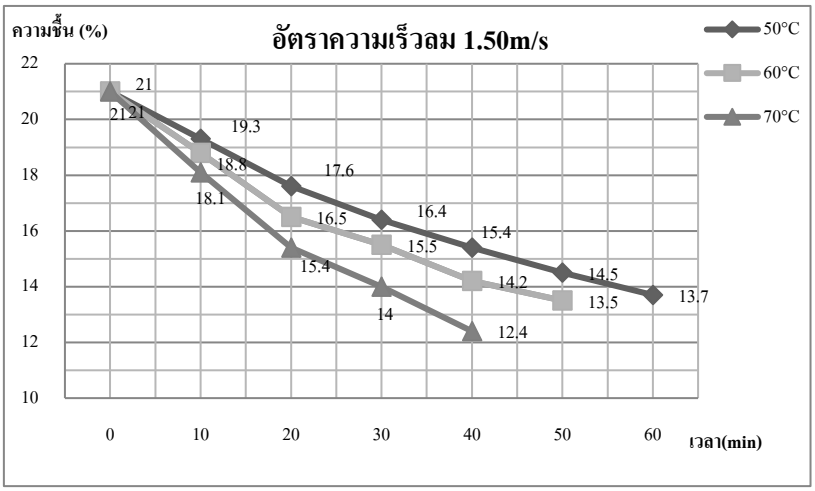
ภาพที่ 8 ลักษณะการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

อัตราความเร็วลม	อุณหภูมิ(°C)	เวลาที่ได้ความชื้น 14%	เวลาสุดท้ายที่มีผลต่อความชื้น	
		เวลา(min)	เวลา(min)	ความชื้น(%)
	50	57	60	13.7
1.50	60	43.5	50	13.5
	70	31	40	12.4
	50	55	60	13.6
1.75	60	43	50	13.5
	70	30	40	12.3
	50	45	50	13.4
2.00	60	33.5	40	12.9
	70	29.5	40	12.1
	50	45	50	13.4
2.25	60	33	40	12.6
	70	26	40	11.5
	50	45	50	13.7
2.50	60	32	40	12.4
	70	24.5	40	11.5

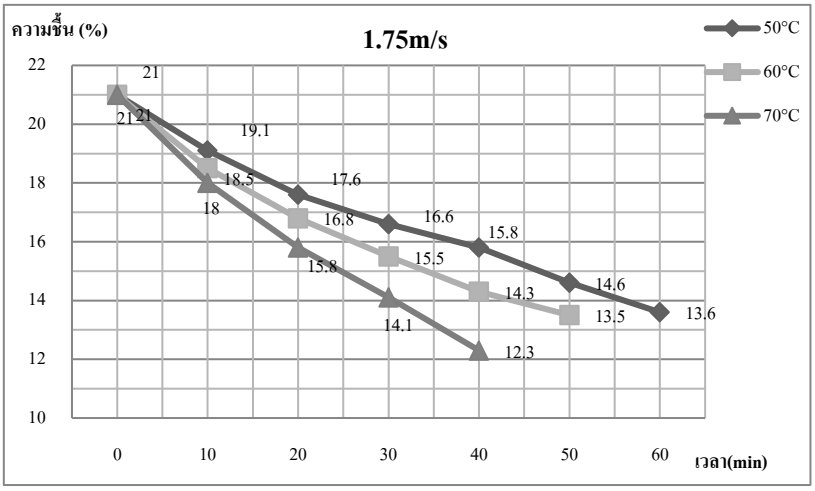
วิจารณ์ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

1. ผลการทดลองหาผลของความเร็วลมที่ 1.50 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 50,60และ70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลการทดลอง ในการลดความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 57 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 43.5 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 31 นาที เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งช่วง 3 อุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าในอัตราความเร็วลมที่ 1.50 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยที่สุด ในการลดความชื้น จากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่า จากค่าความชื้นของเมล็ดข้าวที่ 21-14 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 31 นาที เฉลี่ยแล้วจะใช้เวลา 4-5 นาที สามารถลดค่าความชื้นได้ 1 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เวลาลดค่าความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 12.5 นาที และ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 26 นาที



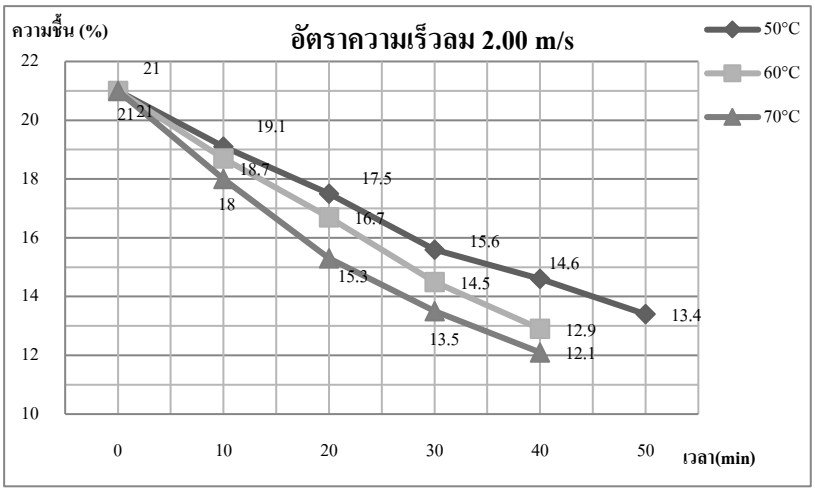
ภาพที่ 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (%)และเวลาในการอบแห้ง (min)ที่ความเร็ว 1.50 m/s

2. ผลการทดลองหาผลของความเร็วลมที่ 1.75 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 50,60และ70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลการทดลองในการลดความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 55 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 43 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 30 นาที เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งช่วง 3 อุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าในอัตราความเร็วลมที่ 1.75 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยที่สุด ในการลดความชื้น จากภาพที่ 10 จะเห็นได้ว่า จากค่าความชื้นของเมล็ดข้าวที่ 21-14 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 30 นาที เฉลี่ยแล้วจะใช้เวลา 4-5 นาที สามารถลดค่าความชื้นได้ 1 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เวลาลดค่าความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 13 นาที และ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 25 นาที



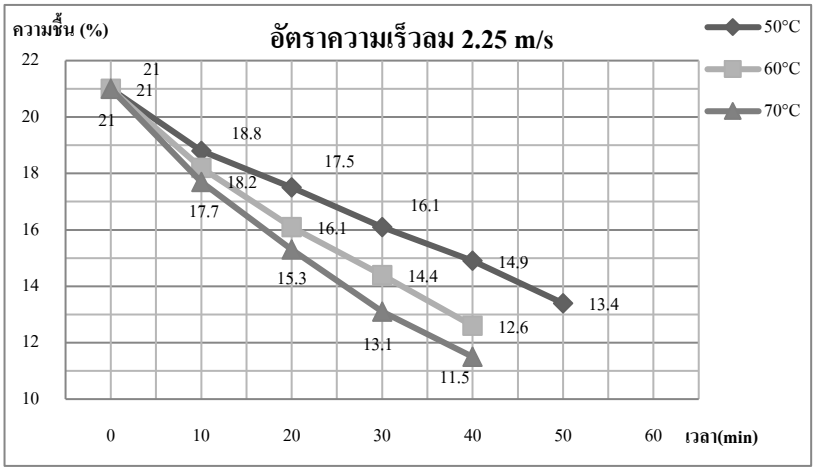
ภาพที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (%) และเวลาในการอบแห้ง (min) ที่ความเร็ว 1.75 m/s

3. ผลการทดลองหาผลของความเร็วลมที่ 2.00 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 50,60และ70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลการทดลองในการลดความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 33.5 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 29.5 นาที เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งช่วง 3 อุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าในอัตราความเร็วลมที่ 2.00 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยที่สุด ในการลดความชื้น จากภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่า จากค่าความชื้นของเมล็ดข้าวที่ 21-14 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 31 นาที เฉลี่ยแล้วจะใช้เวลา 4-5 นาที สามารถลดค่าความชื้นได้ 1 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เวลาลดค่าความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 4 นาที และ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 15.5 นาที



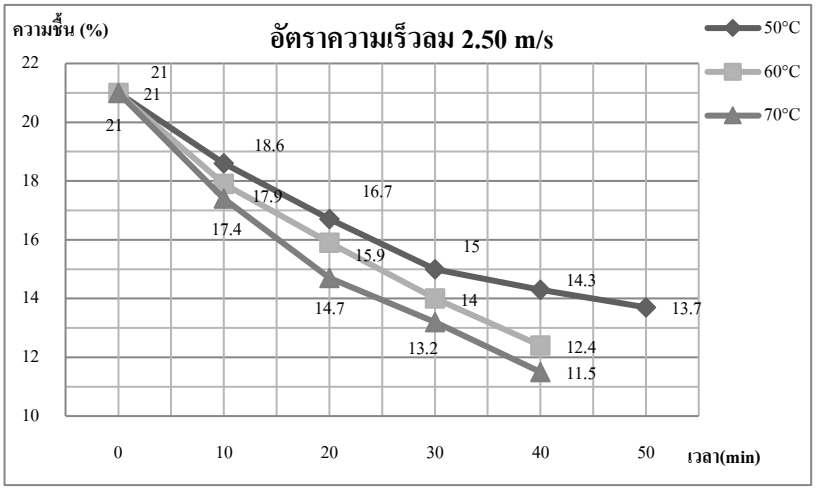
ภาพที่ 11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (%) และเวลาในการอบแห้ง (min)ที่ความเร็ว 2 m/s

4. ผลการทดลองหาผลของความเร็วลมที่ 2.25 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 50,60และ70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลการทดลองในการลดความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 33 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 26 นาที เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งช่วง 3 อุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าในอัตราความเร็วลมที่ 2.25 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยที่สุด ในการลดความชื้น จากภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่า จากค่าความชื้นของเมล็ดข้าวที่ 21-14 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 31 นาที เฉลี่ยแล้วจะใช้เวลา 3-4 นาที สามารถลดค่าความชื้นได้ 1 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เวลาลดค่าความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 7 นาที และ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 19 นาที



ภาพที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (%) และเวลาในการอบแห้ง (min)ที่ความเร็ว 2.25 m/s

5. ผลการทดลองหาผลของความเร็วลมที่ 2.50 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิ 50,60และ70 องศาเซลเซียส ซึ่งได้ผลการทดลองในการลดความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 45 นาที ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 32 นาที และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 24.5 นาที เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งช่วง 3 อุณหภูมิ แสดงให้เห็นว่าในอัตราความเร็วลมที่ 2.50 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาน้อยที่สุด ในการลดความชื้น จากภาพที่ 13 จะเห็นได้ว่า จากค่าความชื้นของเมล็ดข้าวที่ 21-14 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 31 นาที เฉลี่ยแล้วจะใช้เวลา 3-4 นาที สามารถลดค่าความชื้นได้ 1 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการใช้เวลาลดค่าความชื้นเร็วกว่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ถึง 7.5 นาที และ อุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ถึง 20.5 นาที



ภาพที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือก (%) และเวลาในการอบแห้ง (min)ที่ความเร็ว 2.50 m/s

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบค่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก พบว่า ค่าอัตราความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งที่ความเร็ว 2.50 เมตรต่อวินาที เวลา 24.50 นาที ในช่วงอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นช่วงปัจจัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับการลดความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก 2 ปริมาณ 0.5 กิโลกรัม ให้มีค่าความชื้นตามมาตรฐาน 14 เปอร์เซ็นต์ และใช้เวลาน้อยที่สุด อีกทั้งข้าวเปลือกที่ผ่านกระบวนการอบแห้งที่พัฒนาขึ้นไม่มีการแตกหักของเมล็ดข้าวเปลือก

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ โดยได้รับทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

เอกสารอ้างอิง

ปิยะพงษ์ และ วีรยุทธ. (2554). การใช้เทคนิคทางด้านพลศาสตร์ของไหลสำหรับเปรียบเทียบการความเร็วการไหลของลม.

นฤบดี ศรีสังข์ และคณะ. (2552). การอบแห้งข้าวกล้องงอกด้วยฟลูอิดไดซ์เบดแบบอากาศร้อน.

อิศเรศ วรรณทร. (2554). การศึกษาการกระจายอุณหภูมิและการกระจายอุณหภูมิและความชื้นของวัสดุพรุนในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน.

การศึกษาระดับผลกระทบของปัจจัยและต้นทุนด้านโลจิสติกส์ของอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วย ในเขตภาคเหนือตอนล่าง

The Study Of Impact Level And Logistics Cost Of Banana Processing Plants In Lower Northern Region

พินิจ บุญเอี่ยม[1*] ภาคภูมิ ใจชมพู[1] และ นรุตม์ คล้ายเคลื่อน[2]

Pinich Booniam[1*] Phakpum Jaichomphu [1] and Nirut Klaiklairn [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระดับผลกระทบของปัจจัยด้านโลจิสติกส์ของโรงงานแปรรูปกล้วยในเขตภาคเหนือตอนล่างโดยเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยจะใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ผลที่ได้พบว่าด้านเครื่องจักรและด้านวัตถุดิบของโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชน (SMCEs) มีระดับผลกระทบค่อนข้างมากเนื่องจากการขาดการวางแผนการผลิตและเครื่องจักรมีการใช้มานาน ซึ่งสอดคล้องกับปัญหาการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับงานในกิจกรรมแปรรูปกล้วยและกิจกรรมบรรจุ ในส่วนต้นทุนโลจิสติกส์กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนและวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) มีต้นทุนสินค้าคงคลังสูงที่สุดคิดเป็น 5.652 บาทต่อกิโลกรัม และ 4.249 บาทต่อกิโลกรัมตามลำดับ ด้านต้นทุนการขนส่งสินค้าวิสาหกิจชุมชนคิดเป็น 3.405 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อมคิดเป็น 1.802 บาทต่อกิโลกรัม ด้านต้นทุนการบริหารจัดการวิสาหกิจชุมชนคิดเป็น 2.788 บาทต่อกิโลกรัม และวิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อมคิดเป็น 3.249 บาทต่อกิโลกรัม

คำสำคัญ : ต้นทุนโลจิสติกส์, โรงงานแปรรูปกล้วย, วิสาหกิจชุมชน, วิสาหกิจชุมชนขนาดกลางและขนาดย่อม

ABSTRACT

This research studies in logistics effect of banana processing plants in the lower northern region. By using questionnaires and interviewing as tools in this research, the results showed that machinery and raw materials of banana in processing plant in Small and Community Enterprises (SMCEs) have several problems due to lack in planning and the machine in processing stage also used for a long time which also have same problem about using not suitable machine for processing and packaging stage. The cost of logistics in case study Small and Community Enterprises, Small and Medium Enterprises (SMEs) have high inventory costs 5.652 baht/kg and 4.249 baht/kg, respectively. The costs of transportation Small and Community Enterprises and Small and Medium Enterprises have 3.405 baht/kg and 1.802 baht/kg. The management costs of Small and Community Enterprises and Small and Medium Enterprises have 2.788 baht/kg and 3.249 baht/kg

Keywords : Logistic Costs, Banana Processing Plant, Small and Community Enterprises, Small and Medium Enterprises

---

[1]สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลบ้านกร่าง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000

[1]Department of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Bankrang, Muang Phitsanulok, Phitsanulok 65000, Thailand

[2]สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตำบลไม้งาม อำเภอเมืองตาก จังหวัดพิษณุโลก 63000

[2] Department of Industrial Education and Technology, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna, Maingam, Muang Tak, Tak 63000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : pinlch@rmutl.ac.th

บทนำ

การพัฒนาศักยภาพของวิสาหกิจชุมชนขนาดเล็ก (SMCEs) และวิสาหกิจขนาดกลาง (SMEs) ก็เป็นอีกกลไกหนึ่งที่ประเทศไทยและหลายประเทศนำมาใช้ในการเตรียมความพร้อมและเพิ่มความเข้มแข็งให้กับภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ ทั้งนี้จะต้องมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นอุตสาหกรรมเพื่อการค้า ซึ่งอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากกล้วยของไทย ซึ่งมีความสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก และได้รับความนิยมจากชาวต่างชาติ ซึ่งสิ่งสำคัญที่ควรสนใจสำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยคือเรื่องต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจกล้วยแปรรูปซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่สำคัญของต้นทุนราคาสินค้า ตั้งแต่กระบวนการต้นน้ำจนถึงกระบวนการส่งไปถึงมือลูกค้า ซึ่งที่ผ่านมากลุ่ม SMCEs และ SMEs ยังไม่ค่อยมีความเข้าใจเกี่ยวกับโลจิสติกส์มากนักและในบางส่วนมีการเก็บความลับทางธุรกิจ

โดยงานวิจัยที่มีผ่านมานักวิจัยจะมุ่งเน้นวิจัยในส่วนของกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มากขึ้นและการพัฒนาการตากกล้วยให้มีกำลังการผลิตสูงขึ้นกว่าเดิม เช่นงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์กล้วยตากบางกระทุ่มของกฤษณา (2551) ซึ่งจะเป็นการมุ่งเน้นพัฒนาการออกแบบเพื่อส่งเสริมการขายและงานวิจัยอื่นที่เน้นเปลี่ยนจากกระบวนการผลิตแบบเดิมที่ใช้การตากกับแดดโดยตรงมาเป็นการใช้โดมกรีนเฮาส์พาราโบล่า ซึ่งมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาต้นทุนและปัจจัยในกระบวนการผลิตกล้วยตากไม่มากนัก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนและระดับปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานแปรรูปกล้วย รวมถึงการศึกษากรณีตัวอย่างของต้นทุนโลจิสติกส์ที่เกิดขึ้นในโรงงาน

วิธีดำเนินการวิจัย

โดยทำการศึกษาขั้นตอนโซ่อุปทานของการแปรรูปกล้วย เพื่อนำกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการมาทำการวิเคราะห์ต้นทุนการจัดการโลจิสติกส์ และนำข้อมูลด้านต้นทุนมาทำการออกแบบแบบสอบถามเพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาถึงระดับผลกระทบของปัจจัยด้านต้นทุนโลจิสติกส์

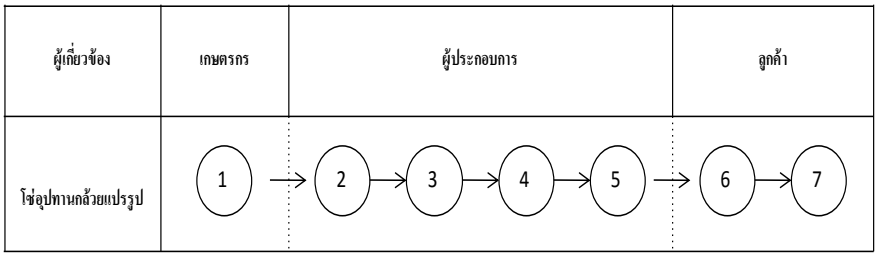
2.1 การจัดการโลจิสติกส์

โลจิสติกส์ คือ “การออกแบบและการจัดการระบบการควบคุมการเคลื่อนย้ายหรือการไหลของสินค้าและข้อมูลจากต้นทางมายังบริษัท ที่บริษัทและออกจากบริษัทไปยังลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล”หรือ “ การเคลื่อนย้ายพัสดุและข้อมูลตั้งแต่วัตถุดิบไปจนเป็นสินค้าสำเร็จรูปจากต้นทางไปยังปลายทางจนถึงผู้บริโภคโดยมีการประสานงานแต่ละขั้นตอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล” ซึ่งจะเห็นว่าโลจิสติกส์นั้นจะคลอบคลุมกิจกรรมและกระบวนการเคลื่อนย้ายสินค้าทั้งหมดทุกระดับและขั้นตอนการปฏิบัติการโดยวิธีการเชิงระบบ ซึ่งบริษัทจะทำการเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆของระบบสินค้าภายในบริษัทด้วยกัน แทนที่จะแยกปฏิบัติแต่ละกิจกรรมอย่างที่เคยทำมาและยอมรับการติดต่อและประสานงานระหว่างบริษัทและองค์กรภายนอก นอกจากนี้โลจิสติกส์จะถูกมองอย่างเป็นระบบและเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องเสมือนแม่น้ำที่ไหลผ่านภูมิประเทศที่แตกต่างกันไป ความแตกต่างของพื้นที่ภูมิประเทศจึงไม่ใช่จุดสำคัญ แต่ทว่าความสำคัญอยู่ที่การไหลของน้ำ หรือที่เรามักรู้จักในชื่อแบบจำลองห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Modeling) ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงกระบวนการไหลกันเป็นลูกโซ่

2.2 ขั้นตอนในโซ่อุปทานกล้วย

จากผลการศึกษาที่ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้เข้าใจภาพรวมของกิจกรรมในการแปรรูปกล้วยของวิสาหกิจ การไหลของอุตสาหกรรมกล้วยแปรรูป แสดงถึงขั้นตอนและผู้ที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมในการแปรรูปกล้วย ได้ดังภาพ 1 และอธิบาย

ความหมายของหมายเลขขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกิจกรรมในการแปรรูปกล้วยจากตาราง 1 ตั้งแต่กระบวนการจัดซื้อวัตถุดิบไปจนถึงการขนส่งสินค้าไปจำหน่ายและการให้บริการและการตลาด



ภาพที่ 1 ผู้เกี่ยวข้องในขั้นตอนในโซ่อุปทานกล้วยแปรรูป

ตารางที่ 1 กิจกรรมในการแปรรูปกล้วย

หมายเลข	ขั้นตอน	รายละเอียดกิจกรรม
1	การจัดซื้อกล้วย	จัดซื้อกล้วยจากเกษตรกร โดยรับซื้อกล้วยจากเกษตรกรรายย่อยและจากเกษตรกรที่ลงชื่อเป็นสมาชิกของโรงงาน
2	การรับและการจัดเก็บกล้วย	รับกล้วยจาเกษตรกร ตรวจสอบเช็คกล้วย ตามเกณฑ์ที่กำหนดและนำกล้วยไปเก็บรวมในโรงบ่ม มีผ้าคลุมปิดไม่ให้ถูกแสงแดด และความชื้น เพื่อเตรียมนำไปแปรรูป
3	กระบวนการผลิตกล้วยแปรรูป	กระบวนการผลิตแปรรูปกล้วยไปเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปโดยการเตรียมกล้วยพนักงานทำการปอกเปลือกลอกเส้นข้างและคัดกล้วยนำกล้วยที่ได้ผ่านกระบวนการอบ เก็บกล้วยคัดแยกและตัดแต่ง
4	การบรรจุ	พนักงานทำการแยกและบรรจุผลิตภัณฑ์ตามขนาด น้ำหนักและชนิดของผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปในกล่องบรรจุภัณฑ์ตามประเภทของสินค้า
5	การจัดเก็บสินค้าคงคลัง	จัดเก็บสินค้าผลิตภัณฑ์กล้วยแปรรูปโดยแยกตามชนิด ขนาด น้ำหนักในคลังสินค้าตามประเภทสินค้าและล๊อตการผลิต เพื่อเตรียมจำหน่าย
6	การขนส่งสินค้า	จัดส่งสินค้าตามคำสั่งซื้อโดยรถขนส่งของทางโรงงาน ไปยังแหล่งจำหน่าย
7	การบริการและการตลาด	การให้บริการสั่งสินค้าทางช่องทางการติดต่อทางโทรศัพท์ อินเตอร์เน็ตและการออกบูธประชาสัมพันธ์สินค้า

2.3 การสร้างแบบสอบถามและสถิติ

แบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือวิจัยที่นิยมใช้กันมากในหมู่นักวิจัยทั้งนี้เพราะการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถามเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถใช้วัดได้อย่างกว้างขวางแบบสอบถามส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของคำถามเป็นชุดๆที่ได้ถูกรวบรวมไว้อย่างมีหลักเกณฑ์และเป็นระบบเพื่อใช้วัดสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการจะวัดจากกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมายให้ได้มาซึ่งข้อเท็จจริงทั้งในอดีตปัจจุบันและการคาดคะเนเหตุการณ์ในอนาคตการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามสามารถทำได้ด้วยการสัมภาษณ์หรือให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเองสำหรับบทความนี้จะมุ่งเน้นที่การสร้างแบบสอบถามสำหรับให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเองมีการกล่าวถึงโครงสร้างของแบบสอบถามขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามและข้อเด่นข้อด้อยของการใช้แบบสอบถามที่ให้ผู้ตอบตอบด้วยตนเองเพื่อให้นักวิจัยหรือผู้ที่สนใจสามารถสร้างแบบสอบถามที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างหรือประชากรเป้าหมายอันจะนำมาซึ่งผลการวิจัยที่ความถูกต้องและเชื่อถือได้มากที่สุดดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถิติที่ใช้ในการวิจัยเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งสถิตที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นกลุ่มสถิติที่วิเคราะห์ข้อมูลแล้วพรรณนาหรือบรรยายให้เห็นลักษณะสมบัติของสิ่งที่ศึกษาหรือปรากฏการณ์ของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งอาจเป็นประชากรกลุ่มเล็กหรือกลุ่มใหญ่ได้แต่ผลที่ได้จากการศึกษานั้นจะบอกได้เพียงเฉพาะลักษณะของกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น แต่ไม่สามารถนำผลสรุปที่ได้ไปอ้างอิงหรือทำนายค่าของกลุ่มอื่นได้ สถิติเชิงพรรณนาที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล 2 กลุ่มดังนี้ (Guildford an Fruchter,1981)

1.การวัดแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง (Central Tendency) เป็นการหาค่ากลางหรือตัวแทนของข้อมูลแต่ละชุดเพื่อให้ทราบค่าตัวแทนของข้อมูลต่อไปนี้ได้แก่

1.1 มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Mean)

1.2 มัธยฐาน (Median) เป็นค่ากึ่งกลางของข้อมูลแต่ละชนิด

1.3 ฐานนิยม (Mode) เป็นค่าที่ซ้ำกันมากที่สุด

2. การวัดการกระจาย (Variation) เป็นการหาค่าความใกล้เคียงกันหรือความมากน้อยของการกระจายของข้อมูล ถ้าหากข้อมูลมีการกระจายมากแสดงว่าข้อมูลแต่ละตัวมีความแตกต่างกันมากในทางตรงข้ามกันถ้าหากข้อมูลมีการกระจายน้อยก็หมายความว่าข้อมูลแต่ละตัวมีค่าใกล้เคียงกัน สถิติที่ใช้ในการกระจายได้แก่

2.1 ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Mean Deviation, MD) เป็นค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลของกลุ่มโดยทั่วไป สถิตินี้ไม่ค่อยนิยมใช้กันมาก

2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) เป็นค่าที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูลเพื่อพิจารณาว่าคะแนนแต่ละตัวจะแตกต่างไปจากค่ากลางมากน้อยเพียงใด

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ซึ่งแบ่งระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1. ระดับปัจจัย S คือ ปัจจัยที่สำคัญค่อนข้างน้อย มีเกณฑ์การเปรียบเทียบคะแนน 0.00-1.66 คะแนน 2. ระดับปัจจัย M คือ ปัจจัยที่สำคัญระดับปานกลาง มีเกณฑ์การเปรียบเทียบคะแนน 1.66-3-33 คะแนน และ ระดับปัจจัย L คือ ปัจจัยที่สำคัญค่อนข้างมาก มีเกณฑ์การเปรียบเทียบคะแนน 3.33-5.00 คะแนน

ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์การเปรียบเทียบระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์

ระดับปัจจัย	เกณฑ์การเปรียบเทียบคะแนน	ระดับความสำคัญของปัจจัย
S	0.00-1.66	ปัจจัยที่สำคัญค่อนข้างน้อย
M	1.66-3-33	ปัจจัยที่สำคัญระดับปานกลาง
L	3.33-5.00	ปัจจัยที่สำคัญค่อนข้างมาก

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์ จากการศึกษาปัจจัยทั้ง 5 ด้านที่มีผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจโรงงานแปรรูปกล้วย มาทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของระดับความสำคัญโดยที่กำหนดค่าระดับความสำคัญ

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับผลกระทบของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจโรงงานแปรรูปกล้วยซึ่งจะเห็นว่าปัจจัยที่มีผลต่อโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนที่สุดคือด้านวัตถุดิบ (3.71) ซึ่งโรงงานเห็นว่าปัจจัยด้านวัตถุดิบเป็นการขาดแคลนกล้วยของตลาดทำให้ขาดวัตถุดิบในการผลิตส่วนปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงงานแปรรูปวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (2.63) ในด้านวัตถุดิบเช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นโรงงานแปรรูปวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีผลผลิตมากและจะต้องมีการหาวัตถุดิบในการผลิตให้มากพอที่จะตอบสนองความต้องการของตลาด

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับผลกระทบของปัจจัยด้านต้นทุนโลจิสติกส์

ด้านต้นทุนโลจิสติกส์	SMCEs			SMEs		
	$\bar{x}$	SD.	ระดับ	$\bar{x}$	SD.	ระดับ
1.ด้านพนักงาน	3.04	0.502	M	2.47	0.502	M
2.ด้านเครื่องจักร	3.33	0.875	L	2.17	0.553	M
3.ด้านวัตถุดิบ	3.71	0.693	L	2.63	0.597	M
4.ด้านบริหารจัดการ	3.11	0.570	M	2.17	0.701	M
5.ด้านเงินทุน	3.22	0.621	M	2.53	0.536	M

เมื่อทำการศึกษาระดับความสำคัญของปัจจัยพบว่าปัจจัยที่มีความแตกต่างกันคือปัจจัยทางด้านเครื่องจักรและปัจจัยทางด้านวัตถุดิบโดยโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนพบว่าเป็นปัญหาที่มีความสำคัญระดับมากส่วนโรงงานแปรรูปวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมพบว่าเป็นปัญหาที่มีความสำคัญระดับปานกลาง สรุปต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงงานแปรรูปกล้วย = ต้นทุนการขนส่งสินค้า+ต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลัง+ต้นทุนการบริหารจัดการ

ตารางที่ 4 แสดงสรุปต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจโรงงานแปรรูปกล้วยซึ่งจะเห็นว่าที่มีผลต่อโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนที่สุดคือต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลังที่ 5.652 บาท/กิโลกรัม ต้นทุนการขนส่งสินค้า 3.405 บาท/กิโลกรัม และต้นทุนการบริหารจัดการ 2.788 บาท/กิโลกรัม ส่วนต้นทุนโลจิสติกส์ของโรงงานแปรรูปวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีผลต่อโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนที่สุดคือต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลังที่ 4.249 บาท/กิโลกรัม ต้นทุนการบริหารจัดการ 3.249 บาท/กิโลกรัม และต้นทุนการขนส่งสินค้า 1.802 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับผลกระทบของปัจจัยด้านต้นทุนโลจิสติกส์

ขนาดโรงงาน	SMCEs	SMEs
ต้นทุนการขนส่งสินค้า	3.405	1.802
ต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลัง	5.652	4.249
ต้นทุนการบริหารจัดการ	2.788	3.249
รวมต้นทุน หน่วย : บาท/กิโลกรัม โลจิสติกส์	11.845	9.3

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของต้นทุนการขนส่งโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนมีต้นทุนค่าขนส่งมากกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเนื่องจากโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนมีการขนส่งไปยังลูกค้ามีระยะทางการขนส่งที่ใกล้กว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีการขนส่งไปยังลูกค้าแต่น้ำหนักที่ทำการบรรทุกมีจำกัดกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมดังนั้นเมื่อทำการคำนวณต้นทุนการขนส่งโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนจึงมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเมื่อรวมแล้วต้นทุนค่าขนส่งก็เลยมีมูลค่ามากกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลังโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีต้นทุนการจัดให้มีของคงคลังมากกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนเนื่องจากโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีปริมาณการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่มากกว่าทำให้มีต้นทุนด้านค่าน้ำค่าไฟที่สูงกว่าเพราะมีปริมาณสินค้าคงคลังที่มากกว่าดังนั้นเมื่อนำต้นทุนการจัดให้มีสินค้าคงคลังหลายๆด้านมารวมกันจึงทำให้โรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนมีต้นทุนสูงกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม

ต้นทุนการบริหารจัดการเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีต้นทุนการบริหารจัดการมากกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนเนื่องจากโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมมีการติดต่อซื้อขายในแต่ละวันมากกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนแต่ระยะเวลาที่ใช้ในการโทรติดต่อสื่อสารค่าเอกสารที่ใช้ค่าอุปกรณ์ในการจัดการคาสั่งซื้อและสารสนเทศมีต้นทุนสูงพอๆกับโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชนเมื่อทำการคำนวณต้นทุนต่อหน่วยจึงทำให้มีต้นทุนสูงกว่าโรงงานแปรรูปกล้วยวิสาหกิจชุมชน

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์การคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์และแนวทางการลดต้นทุนโลจิสติกส์ของธุรกิจอุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยในเขตภาคเหนือตอนล่างซึ่งผู้ทำวิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอเป็นลำดับดังต่อไปนี้ ระดับผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์โรงงานแปรรูปกล้วยพบว่าปัจจัยที่มีความแตกต่างกันคือปัจจัยทางด้านวัตถุดิบและปัจจัยทางด้านเครื่องจักรซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ (2551) เรื่อง สภาพปัญหาของการพัฒนาอุตสาหกรรมกล้วยตากในจังหวัดพิษณุโลก ที่ผลการประเมินปัญหาเรื่องวัตถุดิบในระดับสูง ในปัญหาคุณภาพวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตราฐานที่กำหนด และงานวิจัยของ ไกรพล (2556) เรื่องการศึกษาปัญหาและต้นทุนด้านโลจิสติกส์ของธุรกิจโรงสีข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง โดยด้านเครื่องจักร ด้านวัตถุดิบ โรงสีข้าวมีปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนโลจิสติกส์ระดับค่อนข้างมาก ส่วนระดับผลกระทบที่ศึกษาด้านพนักงาน ด้านการบริหารจัดการและด้านเงินทุนมีระดับผลกระทบปานกลาง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่สนับสนุนด้านเครื่องมือ รวมถึงพื้นที่ในการใช้ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

มารยาท โยทองยศ. (ม.ป.ป.). การสร้างแบบสอบถามเพื่อการวิจัย. สถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยกรุงเทพ.,ข้อมูลจาก http://www.bcn.ac.th/web/2007/KM_Research (วันที่สืบค้นข้อมูล 11 มกราคม 2559)

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2548). การใช้ SPSS for Window ในการวิเคราะห์ข้อมูล (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.

กัลยา วานิชย์บัญชา. (2553). การวิเคราะห์สถิติ: สถิติสำหรับการบริหารและวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 12). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาณุ บูรณจารุกร, จักรทอง ทองจัตุ และอัจฉราวดี แก้ววรรณดี. (2551). สภาพปัญหาของการพัฒนาอุตสาหกรรมกล้วยตากในจังหวัดพิษณุโลก. **Journal of Community Development Research 2008** 2(2):17-27.

ไกรพล ภักดีภูวนารถ. (2556). การศึกษาปัญหาและต้นทุนด้านโลจิสติกส์ของธุรกิจโรงสีข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ วท.ม.มหาวิทยาลัยนเศวร

Adil, B.and Vahit, K. (2008). Application of activity-based costing to a land transportation company: A case study. Int. J. Production Economics, 116, 308–324.

The Small and Medium Enterprise Agency, Japan Small and Medium Enterprise Corporation (2005). Retrieved January 23,2013,from http://www.jetro.go.jp/thailand/e_activity/pdf/logicostcalmanualpart1.pdf

Stock, J.R. and Lambert, D.M. (2001). Stategic management (4th ed.). New York: McGraw-Hill..

ศึกษาตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

Study of Solar Energy by Drying Machine

กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา[1*] ฟ้าพิไล ทวีสินโสภา[2] นพรัตน์ สุขลิ้ม[1] และ รัฐศาสตร์ พันธรักษ์[1]

Kittisak Thaweesinsopha[1*] Fapilai Thaweesinsopha[2] Nopparat Suklim[1] and Rattasant Pantarak[1]

บทคัดย่อ

โครงงานฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างชุดอบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ เพื่อหาค่าอุณหภูมิการอบแห้งแบบอัตโนมัติ และเพื่อศึกษาชุดควบคุมอุณหภูมิ โดยมีวิธีการทำงานแบ่งออกเป็นการออกแบบและสร้างชุดตู้อบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ และออกแบบวิธีการเก็บข้อมูลเพื่อวัดค่าอุณหภูมิของชุดอบแห้งที่ผลิตได้มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกตู้

ผลจากการดำเนินโครงงาน ได้ชุดอบแห้งพลังงานร่วมต้นแบบ และผลจากการทดลองของอุณหภูมิภายในตู้อบมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่46.29องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่ 32.91 องศาเซลเซียส และค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้ง เฉลี่ยอยู่ที่84.4 วัตต์ จากผลการทดลอง ณ ช่วงเวลา 9.00-17.00 น. เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการตาก และผลจากการทดลองการตากวัตถุดิบชนิดพริกพริกชี้ฟ้าทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน ผลปรากฏ ว่าวัตถุดิบทั้งต้นมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หลังจากการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน น้ำหนักที่เหลือของวัตถุดิบประมาณ 235 กรัม คิดเป็น 23.5 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : พลังงานแสงอาทิตย์, ความร้อน, อุณหภูมิ

ABSTRACT

Purpose of this project is study and design dehydrate machine with co energy to find temperature for dehydrating automatically and to study controlling temperature. By designed and built prototype machine. And designed method to collect information from measuring temperature of the machine and compared with outside

Result of the project, Agriculture Dry Machine, and tested result of temperature inside cabinet, found average temperature was 46.29°C and temperature outside the cabinet was 32.91°C, average energy that the cabinet used was 84.4 watt and found time between09.00-17.00 is suitable for dehydrating. and result of the experiment test 3 times 3 days at a time, it appears that the effects of raw material both have weight 1 kg, after the test, each 3-day 3, the rest of the raw material weight approx. 235 g, representing 23.5 percent.

Keyword: Solar Energy, Heat, Temperature

---

[1]สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัด 92150

[1] Department of Technology Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad Sub-district, Sikao District, Trang Province 92150, Thailand

[2] สาขาการโรงแรมและการท่องเที่ยว วิทยาลัยการโรงแรมและการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัด 92150

[2] Department of **Hospitality and Tourism**, Faculty of **College of Hospitality and Tourism**, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus, Maifad Sub-district, Sikao District, Trang Province 92150, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : kittisak936@gmail.com

บทนำ

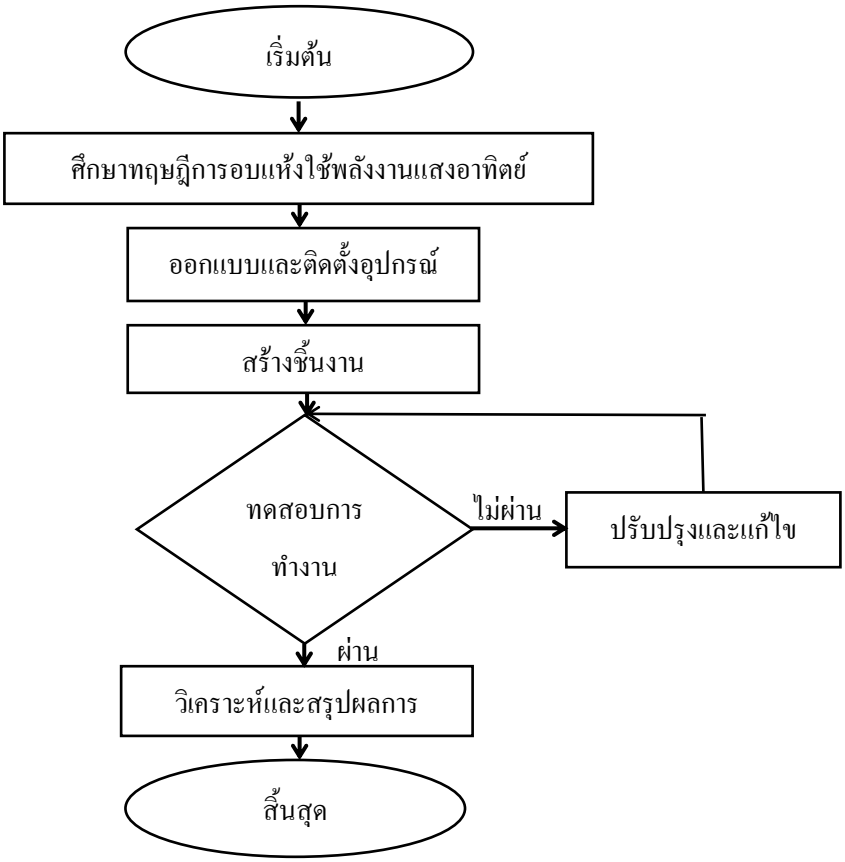
การถนอมอาหารของคนไทยเรามีหลายวิธีอาทิเช่น การดอง การเก็บไว้ในตู้เย็น เพื่อที่จะเก็บรักษาอาหารไว้ ให้สามารถอยู่ได้นานเพื่อจะนำมาประกอบอาหารในภายหลัง การอบแห้งก็เป็นหนึ่งวิธีที่สามารถถนอมอาหารได้อย่างดีเช่นกัน ตู้อบแห้งในปัจจุบันมีหลายรูปแบบ โดยสามารถแบ่งความแตกต่างของตู้อบแห้ง โดยตู้จากเชื้อเพลิงที่ใช้ในการอบแห้ง ซึ่งมีทั้งเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซ โดยของแข็งนั้นอาจเป็นเชื้อเพลิงประเภทไม้ ถ่านหรือของที่เหลือจากเกษตรหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว ของเหลวนั้นอาจเป็นน้ำหรือน้ำมัน ส่วนก๊าซอาจจะใช้ก๊าซ LPG ในการใช้ทำความร้อน ซึ่งตู้อบที่ใช้ก๊าซ LPG ในการทำความร้อนนั้น จะทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นไปถึงอุณหภูมิที่ใช้งานจะสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมาก จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงเหล่านี้สามารถสร้างมลภาวะ หรือสารเคมีตกค้างได้

ปัญหาปัจจุบันจากการตากแห้งโดยทั่วไปจะตากแห้งข้างๆถนนซึ่งเป็นพื้นที่โล่งมีแดดส่องถึง แต่จะมีปัญหาในเรื่องฝุ่นละออง มีเชื้อจุลินทรีย์ แมลงวันตอมเป็นพาหะนำเชื้อโรค และทำให้เกิดหนอนขึ้นได้ การตากอาจมีปัญหาเรื่องเชื้อราเป็นเหตุให้เก็บไว้ได้ไม่นาน ดังนั้นการอบแห้งในที่มิดชิดสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้วิธีตากแห้งด้วยแสงอาทิตย์จะมีความสะดวกและสิ้นค่าใช้จ่ายน้อย โดย เฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่ยังคงมีปัญหาในส่วนการควบคุมอุณหภูมิเมื่อมีสภาวะที่ไม่เกิดแสงจากดวงอาทิตย์จะส่งผลต่อการทำงานของตู้อบแห้ง

จากที่กล่าวมาข้างต้นคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะสร้างตู้อบแห้งโดยใช้พลังร่วมระหว่างพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากหลอดไส้ ดังนั้นการจัดทำเครื่องอบแห้งจะเป็นการช่วยเกษตรกรอีกทางหนึ่ง ทำให้อาหารถูกสุขลักษณะ ลดการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และแมลงรบกวน ได้เป็นอย่างดี

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาทฤษฎีการอบแห้งใช้พลังงานแสงอาทิตย์รวมถึงการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์และทดสอบและแก้ไข ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นำไปสู่การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยแสดงตามภาพ



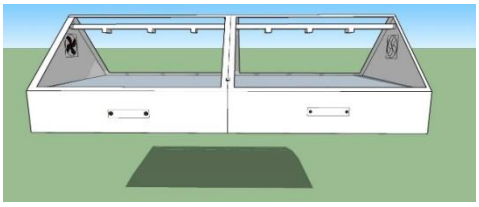
ภาพที่ 1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการ

จากภาพที่1 แสดงแผนผังการทำงานขั้นตอนและวิธีการดำเนินโครงการซึ่งประกอบด้วย1.ศึกษาทฤษฎีการอบแห้งใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 2.ออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ 3.ทดสอบและแก้ไข ตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ 4.วิเคราะห์ผลการทดลอง 5.สรุปผลการทดลอง จากข้อความข้างต้นได้ออกแบบขั้นตอนงานวิจัยออกเป็นสองรูปแบบ

1. ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ประกอบด้วย พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อนจากชุดให้ความร้อนเพิ่มเติม

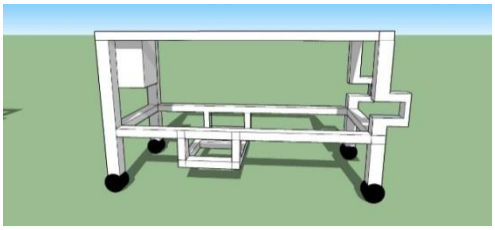
1.1 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 2 ออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากภาพที่ 2 แสดงการออกแบบด้วยการจำกัดของพื้นที่ของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้การออกแบบเพื่อให้การกระจายความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งตู้

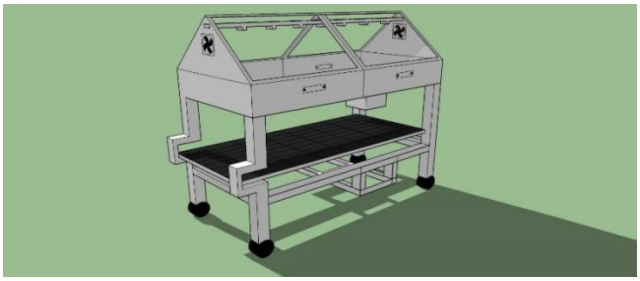
1.2 ออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 3 ออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในการออกแบบโครงสร้าง ในการติดตั้งอุปกรณ์และตู้อบแห้ง ใช้ในการทำงานเพื่อสะดวกในการรับแสงทั้งสองข้าง

1.3 ออกแบบโครงสร้างโดยรวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



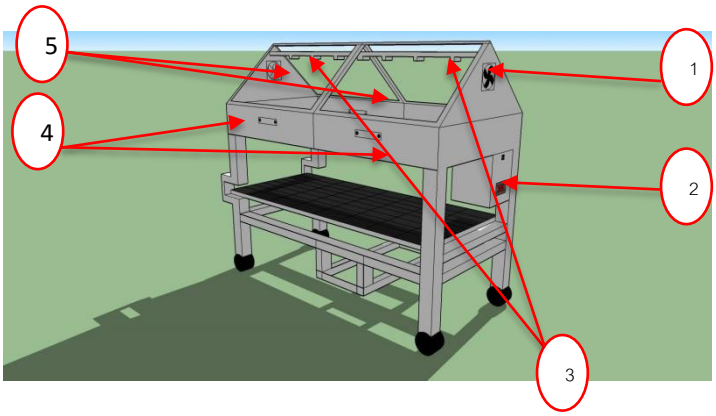
ภาพที่ 4 รวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และออกแบบโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ พอนำภาพทั้งสองมาวางด้วยกันให้เป็นชิ้นงานเดียวกัน จึงได้แบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สมบูรณ์

2. ออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล

2.1 เก็บค่าความร้อนและการใช้พลังงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบไม่มีวัดถุดิบ (No Load) หมายถึงการทดสอบตัวเครื่องแบบไม่มีวัตถุดิบในการทดลอง

2.2 เก็บค่าความร้อนและการใช้พลังงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบมีวัดถุดิบ (Load) หมายถึงการทดสอบการตากโดยมีวัตถุดิบชนิดพริกชี้ฟ้า



ภาพที่ 5 โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ หมายเลข 1 พัดลมดูดอากาศ หมายเลข 2 ชุดควบคุมอุณหภูมิ หมายเลข 3 หลอดไส้ หมายเลข 4 สำหรับใส่ถาดเพื่ออบแห้ง หมายเลข 5 กระจก

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาค้นคว้าหลักการทำงานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบควบคุมทั้งหมดมาจากโซล่าเซลล์เข้าแบตเตอรี่ โดยใช้อินเวอร์เตอร์แปลงแรงดันให้เป็น 220 Vac เพื่อนำไปจ่ายให้กับชุดความคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ จากนั้นก็เริ่มทำงานและชาร์จไฟเข้าระบบไปพร้อมกัน ในช่วงที่อุณหภูมิไม่ถึงตามที่ต้องการชุดควบคุมอุณหภูมิความร้อนก็เริ่มทำงานหลอดไฟติด พออุณหภูมิถึงตามกำหนดระบบควบคุมอุณหภูมิความร้อนก็จะตัดการทำงาน

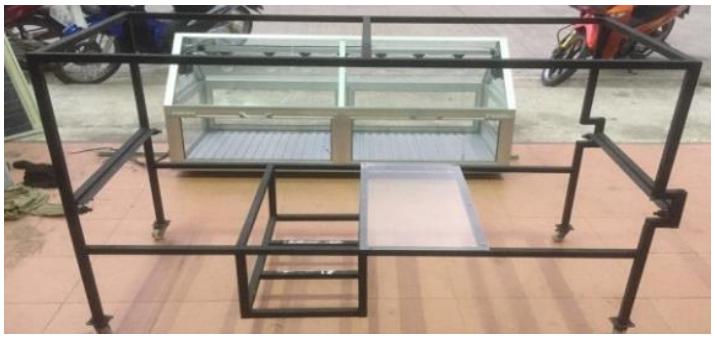
1. ผลจากการออกแบบตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 ผลจากการออกแบบโครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 6 โครงสร้างตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.2 ผลจากการโครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



ภาพที่ 7 โครงสร้างฐานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

1.3 ผลจากการออกแบบโครงสร้างโดยรวม



ภาพที่ 8 โครงสร้างรวมตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

2. ผลจากการทดลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

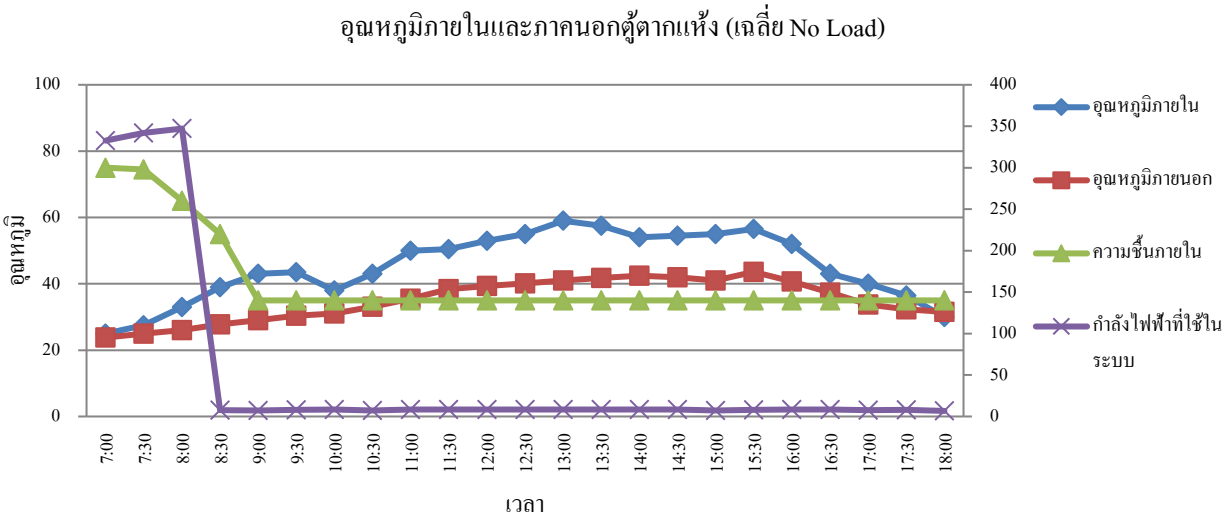
เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ ความชื้น และการใช้พลังงาน ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00น. เป็นค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ข้างต้นโดยการออกแบบเป็นชุดการทดลอง 3ครั้ง ครั้งละ3วัน

2.1 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (ไม่มีวัตถุดิบ)

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (ไม่มีวัตถุดิบ)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.0	23.8	75.0	332.6
7:30	27.5	25.0	74.5	341.8
8:00	33.0	26.0	65.0	347.2
8:30	39.0	27.8	55.0	7.8
9:00	43.0	29.0	35.0	7.3
9:30	43.5	30.4	35.0	7.9
10:00	38.0	31.1	35.0	8.6
10:30	43.0	33.1	35.0	7.4
11:00	50.0	35.5	35.0	8.6
11:30	50.5	38.4	35.0	8.6
12:00	53.0	39.4	35.0	8.6
12:30	55.0	40.1	35.0	8.6
13:00	59.0	41.0	35.0	8.6
13:30	57.5	41.8	35.0	8.6
14:00	54.0	42.4	35.0	8.5
14:30	54.5	42.0	35.0	8.6
15:00	55.0	41.0	35.0	7.1
15:30	56.5	43.6	35.0	8.2
16:00	52.0	40.7	35.0	8.6
16:30	43.0	37.3	35.0	8.6
17:00	40.0	33.8	35.0	7.8
17:30	36.5	32.3	35.0	7.9
18:00	30.0	31.5	35.0	6.7

กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (ไม่มีวัตถุดิบ)



ภาพที่ 9 อุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (ไม่มีวัตถุดิบ)

จากผลการทดลองในตารางที่ 1 ภาพที่ 9 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 59 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 41องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

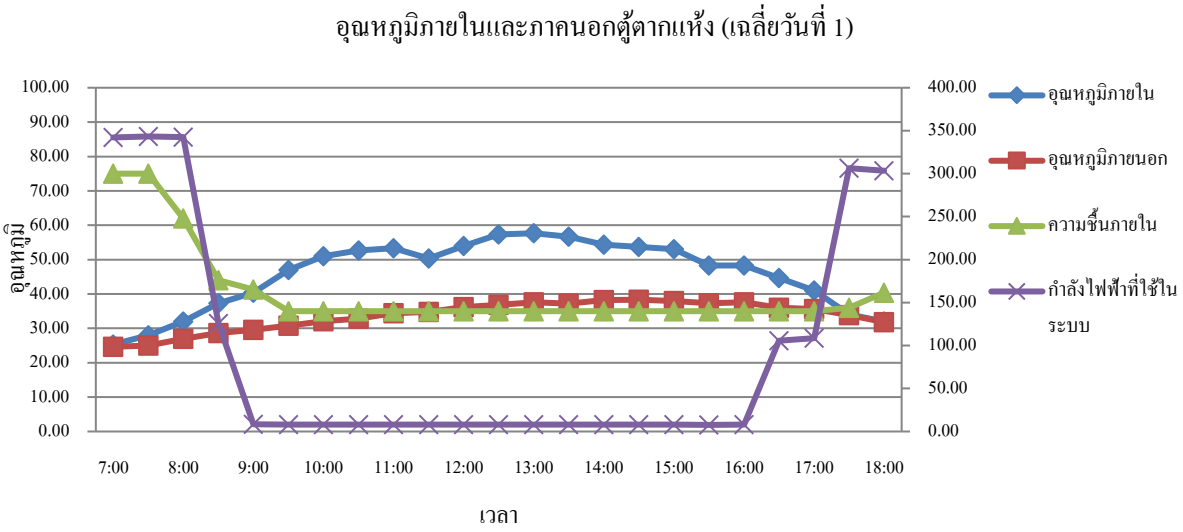
2.2 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 1)

ตารางที่ 2 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 1)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.33	24.63	75.00	342.14
7:30	28.00	25.03	75.00	343.30
8:00	32.00	26.93	62.00	342.52
8:30	37.33	28.60	44.00	125.57
9:00	40.33	29.53	41.33	8.23
9:30	47.00	30.80	35.00	8.19
10:00	51.00	32.07	35.00	8.03
10:30	52.67	32.87	35.00	7.99
11:00	53.33	34.43	35.00	8.06
11:30	50.33	34.77	35.00	8.01
12:00	54.00	36.20	35.00	7.97
12:30	57.33	36.83	35.00	7.97
13:00	57.67	37.60	35.00	7.97
13:30	56.67	37.23	35.00	7.94

14:00	54.33	38.23	35.00	8.22
14:30	53.67	38.33	35.00	8.17
15:00	53.00	37.93	35.00	8.18
15:30	48.33	37.30	35.00	7.66
16:00	48.33	37.57	35.00	7.86
16:30	44.67	36.00	35.00	105.52
17:00	41.00	35.67	35.00	108.44
17:30	34.00	33.83	36.00	306.54
18:00	32.00	31.83	40.33	303.45

กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 1)



ภาพที่ 10 อุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 1)

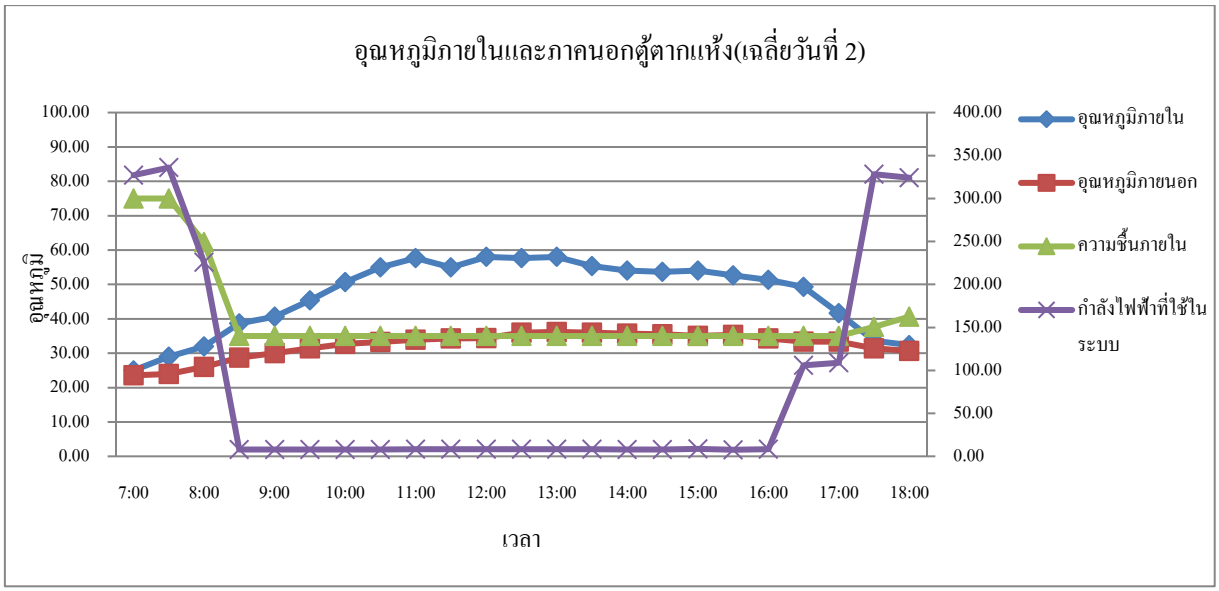
จากผลการทดลองในตารางที่ 2 ภาพที่ 10 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 57.67 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 37.60องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

2.3 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 2)

ตารางที่ 3 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 2)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.00	23.57	75.00	326.99
7:30	29.00	24.00	75.00	335.97
8:00	32.00	26.00	62.33	226.02
8:30	38.67	28.67	35.00	8.03
9:00	40.67	30.00	35.00	7.98
9:30	45.33	31.43	35.00	7.96
10:00	50.67	32.70	35.00	8.05
10:30	55.00	33.30	35.00	8.06
11:00	57.67	33.93	35.00	8.35
11:30	55.00	34.33	35.00	8.24
12:00	58.00	34.40	35.00	8.37
12:30	57.67	36.00	35.00	8.34
13:00	58.00	36.20	35.00	8.39
13:30	55.33	35.97	35.00	8.25
14:00	54.00	35.67	35.00	8.07
14:30	53.67	35.53	35.00	8.10
15:00	54.00	35.07	35.00	8.66
15:30	52.67	35.33	35.00	7.66
16:00	51.33	34.33	35.00	8.13
16:30	49.33	33.33	35.00	105.89
17:00	41.67	33.40	35.00	108.87
17:30	33.67	31.37	37.67	328.10
18:00	32.33	30.67	40.67	324.25

กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 2)



ภาพที่ 11 อุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 2)

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 ภาพที่ 11 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 58 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่ 36.2 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

2.4 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 3)

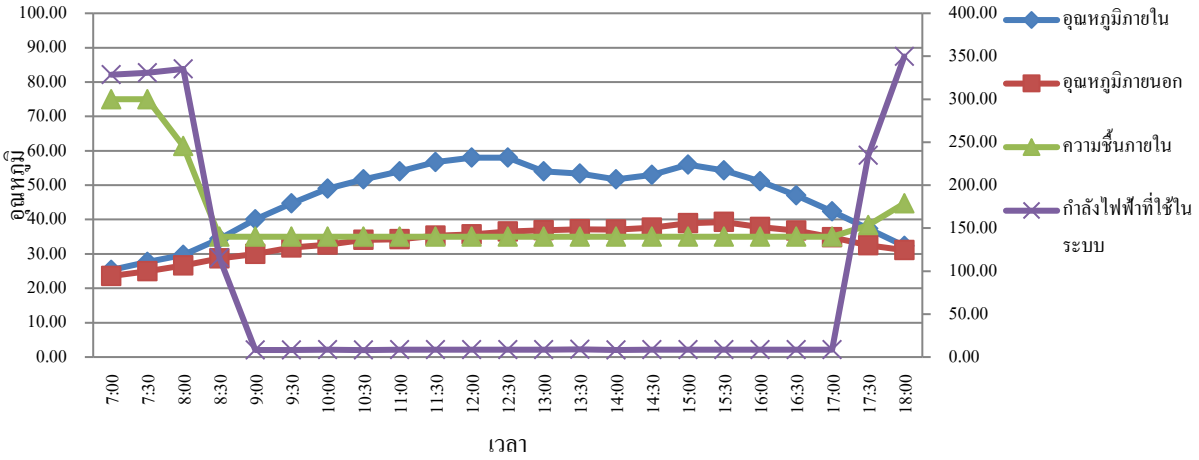
ตารางที่ 4 ผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และและค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ย วันที่ 3)

เวลา	อุณหภูมิภายใน	อุณหภูมิภายนอก	ความชื้นภายใน	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ
7:00	25.33	23.57	75.00	328.37
7:30	27.67	24.97	75.00	330.90
8:00	29.67	26.67	61.33	335.21
8:30	34.33	28.67	35.00	115.59
9:00	40.00	30.00	35.00	8.16
9:30	44.67	31.83	35.00	8.33
10:00	49.00	32.67	35.00	8.44
10:30	51.67	34.07	35.00	8.07
11:00	54.00	34.30	35.00	8.56
11:30	56.67	35.33	35.00	8.64
12:00	58.00	35.70	35.00	8.66
12:30	58.00	36.50	35.00	8.72
13:00	54.00	36.83	35.00	8.46
13:30	53.33	37.17	35.00	9.03

14:00	51.67	37.07	35.00	8.34
14:30	53.00	37.60	35.00	8.37
15:00	56.00	38.93	35.00	8.65
15:30	54.33	39.27	35.00	8.49
16:00	51.17	37.85	35.00	8.40
16:30	47.00	36.77	35.00	8.53
17:00	42.33	34.87	35.00	8.48
17:30	37.33	32.53	38.33	234.77
18:00	32.33	31.13	44.67	349.74

กราฟแสดงผลการทดลองเก็บค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 – 18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 3)

อุณหภูมิภายในและภาคนอกตู้ตากแห้ง (เฉลี่ยวันที่ 3)



ภาพที่ 12 แสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลา 07.00 –18.00 น. (เฉลี่ยวันที่ 3)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 ภาพที่ 12 เป็นการทดลองหาอุณหภูมิภายในตู้ นอกตู้ และความชื้น ตั้งแต่เวลา 07.00-18.00 น. จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิภายในสูงสุดอยู่ที่ 58 องศาเซลเซียส ภายนอกอยู่ที่36.50 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ที่ 35 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการดำเนินโครงงานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลที่ได้จากการตากแห้งของโครงงานดังกล่าวพบว่าการตากแห้งโดยทั่วไปที่พึ่งพาแสงแดดเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการตากได้ และผลผลิตในการตากระหว่างตู้อบแห้งที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตากแห้งโดยทั่วไปอย่างมีนัยยะสำคัญ

ผลการทลองตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นชนิดแรงดัน ผ่านตัวแปลงแรงดันให้เป็น 220 Vac เพื่อจ่ายแรงดันไฟให้กับตัวควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติและชุดให้ความร้อน และผลการเก็บอุณหภูมิของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการทดลอบเฉลี่ย3ครั้งของ(วันที่1)อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่45.75 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่33.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 91.21วัตต์ ผลการทดลอบเฉลี่ย3ครั้งของ(วันที่2)อุณหภูมิ

เฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่46.98 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่32.4 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 82.03 วัตต์ และผลการทดลอบเฉลี่ย3ครั้งของ(วันที่3) อุณหภูมิเฉลี่ยภายในตู้อยู่ที่46.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอกตู้อยู่ที่ 32.66 องศาเซลเซียส และค่าการใช้พลังงานเฉลี่ย 79.95วัตต์

จากการทดลองพบว่า ณ ช่วงเวลาเริ่มต้นระหว่างเวลา 07.00-09.00น.และช่วงเวลาเย็นตั้งแต่ 18.00น. ปรากฏว่า ณ ช่วงเวลาดังกล่าวมีอุณหภูมิความร้อนต่ำเนื่องจากไม่มีแสงแดดส่งผลให้ชุดควบคุมอุณหภูมิทำงานอัตโนมัติ และผลจากการทดลองการตากวัตถุดิบชนิดพริกพริกชี้ฟ้าทำการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน ผลปรากฏ ว่าวัตถุดิบเริ่มต้นมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หลังจากการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน น้ำหนักที่เหลือของวัตถุดิบประมาณ 235 กรัม คิดเป็น 23.5 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณคณะทีมงานนักศึกษาที่ใช้เวลาในการทำและสอบผลการทดลองตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

จงจิตร์ หิรัญลาภ. 2542. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. คณะพลังงานและวัสดุ สายสาขาวิชา เทคโนโลยีพลังงาน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บุหลัน พิทักษ์ผล และทัสนี สรสุชาติ,2538 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2542

นิรานาม ม.ป.ป. ความรู้เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :http://www.leonics. co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php.(26 กุมภาพันธ์ 61)

นิรานาม. ม.ป.ป. กระจก หรือการหักเหของแสง. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : http://www.scimath.org/lesson-physics/item/7244-2017. (26 กุมภาพันธ์ 61)

นิรานาม. ม.ป.ป. หลอดไส้ธรรมดา. [ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก : goo.gl/tWCKV1 (27 กุมภาพันธ์ 61)

การศึกษาความเหมาะสมเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว

Feasibility Study of Fuel Pellets Of Coconut Shell and Coconut Husk

สุระศักดิ์ ศรีปาน[1*] ชนิดา ป้อมเสน[1] ดุสิต สิงห์พรหมมาศ[2]
บุญศรี คู่สุขธรรม[3] และ อิศกฤตา โลหพรหม[1]
Surasak Sripan[1*] Chanida Pomsen[1] Dusit Singpommat[1]
Boonsri Kusuktham[2] and Itsagritta Lohaphrom[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเหมาะสมในการจัดการกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด การศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การศึกษาตัวประสานและอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด และ (2) การศึกษาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้จากอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต ระหว่างกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว จากนั้นตรวจวัดสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงอัดเม็ดได้แก่ ลักษณะรูปร่างและสมบัติทางเคมี ส่วนที่ 1 ทำการทดลองที่อัตราส่วนผสมโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ต่อแป้งมันที่อัตราส่วนต่าง ๆ คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือที่อัตราส่วน 90:10 โดยน้ำหนัก ค่าความชื้น, ค่าเถ้า, ค่าสารระเหย, และค่าความร้อน มีค่าร้อยละ 10.26, 2.89, 70.17 และ 4,691.33 kcal/kg ตามลำดับ และส่วนที่ 2 ทำการทดลองที่อัตราส่วนผสมของตัวประสานที่เหมาะสมที่สุดโดยการผสมของกะลามะพร้าวต่อเปลือกมะพร้าวที่อัตราส่วนต่างๆ คือ 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 และ 10:90 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด คือที่อัตราส่วน 90:10 โดยน้ำหนัก ค่าความชื้น ค่าเถ้า ค่าสารระเหย และค่าความร้อน มีค่าร้อยละ 10.23, 2.42 71.17 และ 4,739.56 kcal/kg ตามลำดับ โดยภาพรวมเชื้อเพลิงอัดเม็ดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7-8 มิลลิเมตร ความยาว 25-30 มิลลิเมตร การวิเคราะห์เปรียบเทียบศักยภาพพลังงานเทียบเท่าไฟฟ้า 5.53 kW-hr เทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.55 ลิตร และเทียบเท่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว 0.75 ลิตร

คำสำคัญ : เชื้อเพลิงอัดเม็ด, กะลามะพร้าว, เปลือกมะพร้าว

ABSTRACT

This research is a study of appropriate management of coconut shell and coconut shell, which are agricultural waste, by using them to produce Wood Pellets. The study is divided into 2 parts: (1) The study of the binders and proper ratio them to produce Wood Pellets. (2) Properties of the wood pellets from the proper ratio in production. Between the coconut shell and coconut Husk. Then measure the physical properties of wood pellets: morphology and chemical properties. The first experiment, the ratio of polyvinyl alcohol (PVA) to starch, which is a ratio of 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 and 10:90 by weight. The results showed that the most appropriate mixture ratio is 90: 10 by weight. Moisture content, ash content, the volatile matter and heating value have the percentage of 10.26, 2.89, 70.17 and 4,691.33 kcal/kg respectively. The second experiment is the most appropriate ratio by a mixture of coconut shell and coconut husk which are a ratio of 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 and 10:90 by weight. The results showed that the most appropriate mixture ratio is 90: 10 by weight. Moisture content, ash content, the volatile matter and heating value have the percentage of 10.23, 2.42 71.17 และ 4,739.56 kcal/kg respectively. Overall, the wood pellets with diameter of 7-8 mm and length of 25-30 mm. After the comparative analysis, it showed that of the potential energy equivalent to Electricity 5.53 kW-hr and to 0.55 liter of crude oil and 0.75 liter of LPG.

Keyword: Wood Pellets, Coconut Shell, Coconut Husk

---

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

[1] Department of Mechanical Engineering Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok 10120, Thailand

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

[2] Department of Industrial Engineering Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok 10120, Thailand

[3]สาขาวิศวกรรมเคมีสิ่งทอ คณะอุตสาหกรรมสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120

[3] Department of Textile Chemical Engneering Faculty of Textile Industrial, Rajamangala University of Technology Krungthep, Thung Maha Mek, Sathon, Bangkok 10120, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : ch.pomsen@hotmail.com

บทนำ

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยแหล่งพลังงานในประเทศไทยมีอัตราการผลิตไม่เพียงพอกับอัตราการใช้ จำเป็นต้องมีการนำเข้าพลังงานอย่างต่อเนื่อง จากรายงานของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) [1] เปิดเผยสถานการณ์การใช้พลังงาน พ.ศ. 2558 ว่าสัดส่วนการใช้พลังงานรวมทั้งประเทศไทยเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.4 ซึ่งการผลิตในประเทศลดลงร้อยละ 1.1 ส่งผลให้นำเข้าพลังงานสูงขึ้นร้อยละ 8.6 ดังนั้นจึงต้องมีการหาแหล่งพลังงานอย่าง อื่นมาใช้ทดแทนเพื่อลดปัญหาดังกล่าว แหล่งพลังงานทดแทนที่สามารถหาได้ง่ายและประเทศไทยมีศักยภาพสูงคือ พลังงานชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งสามารถนำมาแปรรูปวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเป็นพลังงานที่นิยมรูปแบบหนึ่ง คือ การอัด ขึ้นรูปเป็นเม็ดหรือแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นพลังงานสะอาด [2] ได้มีการวิจัยนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหลายชนิดมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง เช่น เส้นใยปาล์มและกะลาปาล์ม [3] ใบอ้อย [4] ซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าว [5] กิ่งสบู่ดำ [6] เปลือกทุเรียนและเปลือกมังคุด [7] ต้นไมยราบยักษ์ [8] ซึ่งเชื้อเพลิงที่ได้จากงานวิจัยเหล่านี้มีสมบัติสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนฟืนไม้ได้เป็นอย่างดี

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าใน พ.ศ.2552 ประเทศไทยมีการปลูกมะพร้าวทั้งหมด 1,380,980 และมีเศษวัสดุเหลือใช้เป็นกะลามะพร้าว 128,936.58 ตัน เปลือกมะพร้าว 464,250.95 ตัน และใน พ.ศ.2557 1,294,539 ไร่ และมีผลผลิต 1,000,320 ตัน แสดงว่าทุกๆปีประเทศไทยมีเศษวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าวจำนวนมาก ชาวสวนส่วนเผาทำลายเศษวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ซึ่งทำให้เกิดปัญหามลพิษกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นคณะนักวิจัยจึงคิดจะนำเศษวัสดุเหลือใช้จากมะพร้าว ในส่วนของกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าวมาสร้างเป็นเชื้อเพลิงอัดเม็ด เพื่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และลดปัญหามลพิษที่เกิดจาการเผาทำลาย

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเม็ดเชื้อเพลิง การแบบการอัดเม็ดเชื้อเพลิง การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเทคนิคของการผลิตของการผลิตเม็ดเชื้อเพลิงระหว่างกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเม็ดเชื้อเพลิงการการอัดเม็ดเชื้อเพลิง

การอัดแท่งเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้ใช้วิธีอัดเย็น (cold-press technique) โดยใช้น้ำแป้งมัน และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นตัวประสาน เนื่องจากมีความสามารถยึดเกาะวัสดุให้เป็นเนื้อเดียวและเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพได้ดี [9] ในขั้นตอนนี้จะทาการวิเคราะห์สมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการอัดเม็ดเชื้อเพลิง ได้แก่ กะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าวบด ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของเชื้อเพลิง และน้ำแป้งมัน และโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสาน โดยวัดค่าความร้อน (heating value) ของวัตถุดิบทั้งสองตามมาตรฐาน ASTM D3286

2. การออกแบบการวิจัย

1.1 ตัวประสานที่ใช้ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ด มี 2 ชนิดคือ แป้งมัน และโพลีไวนิล แอลกอฮอล์ (PVA) และอัตราส่วนที่ใช้ผสมกันโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 1 โดยทำการทดสอบเพื่ออัตราส่วนของตัวประสานที่มีผลค่าความร้อนที่มีค่ามากที่สุดเพื่อนำไปศึกษาส่วนผสมของวัสดุในหัวข้อ 2.2

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมโดยแปรผันกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก			
วัสดุ		วัสดุ	
กะลามะพร้าว	เปลือกมะพร้าว	PVA	แป้งมัน
50	50	90	10
50	50	80	20
50	50	70	30
50	50	60	40
50	50	50	50
50	50	40	60
50	50	30	70
50	50	20	80
50	50	10	90

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมโดยแปรผันแป้งมัน และ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก			
วัสดุ		ตัวประสาน	
กะลามะพร้าว	เปลือกมะพร้าว	PVA	แป้งมัน
90	10	90	10
80	20	90	10
70	30	90	10
60	40	90	10
50	50	90	10
40	60	90	10
30	70	90	10
20	80	90	10
10	90	90	10

1.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดเม็ดคือ กะลามะพร้าวกับเปลือกมะพร้าว และอัตราส่วนที่ใช้ผสมกันโดยน้ำหนัก ดังตารางที่ 2

2. การวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเทคนิคของการผลิตของการผลิตเม็ดเชื้อเพลิง

2.1 การวิเคราะห์ค่าความร้อนเชื้อเพลิง

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการสันดาปของเชื้อเพลิงภายใต้การทำให้สารที่ได้จากการสันดาปอย่างสมบูรณ์ของเชื้อเพลิงนั้นเย็นลงถึงอุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศ และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม หรือเมกะจูลต่อกิโลกรัมของเชื้อเพลิง ค่าพลังงานความร้อนมีวิธีการวัด 3 แบบคือ

2.1.1 ค่าความร้อนต่ำ (LHV) หมายถึง การนำเชื้อเพลิงชีวมวลหนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ดังสมการ (1) และ (2)

$$LHV = HHV - m_w h_{fg} \quad \text{เมกะจูลต่อกิโลกรัม} \quad (1)$$

หรือ $$LHV = HHV - 9\, m_{H2} H_{fg} \quad \text{เมกะจูลต่อกิโลกรัม} \quad (2)$$

2.1.2 ค่าความร้อนสูง (HHV) หมายถึง การนำเชื้อเพลิงชีวมวล 1 กิโลรัม มาทำการลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกไปให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อนที่วัด และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังสมการ (3)

$$HHV = LHV + 23.95\,(9H + M) \quad \text{เมกะจูลต่อกิโลกรัม} \quad (3)$$

2.1.3 ค่าความร้อนแห้ง หมายถึง การนำเชื้อเพลิงชีวมวลจำนวน 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำให้หมด จากนั้นนำมา เพื่อหาความร้อน และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูงดังสมการ (4)

$$HHV = 33.7 + 144\,(H - 0/8) + 9.4S \quad \text{เมกะจูลต่อกิโลกรัม} \quad (4)$$

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิง

ทดสอบหาปริมาณเถ้าของเชื้อเพลิงอัดเม็ด ณ ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลการทดสอบวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ดีที่สุด โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

สูตรการคำนวณ

$$M = (W_1 - W_2) / W_0 \times 100 \quad (5)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_1= น้ำหนักถ้วย และเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_2= น้ำหนักถ้วย (กรัม)

W_0= น้ำหนักตัวอย่าง

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทดสอบหาปริมาณความชื้นของเชื้อเพลิงอัดเม็ด ณ ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลการทดสอบวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ดีที่สุด โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดเม็ด มีวิธีการทดลองดังนี้

1. นำถ้วยที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) 15 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

2. ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก

3. นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) 20 นาที จึงนำไปชั่งน้ำหนัก

สูตรการคำนวณ

$$M = (W_3-W_4) / W_0 \times 100 \quad (6)$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3= น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_4= น้ำหนักถ้วยและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W_0= น้ำหนักตัวอย่าง

2.4 ทดสอบหาความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อเพลิง

ทดสอบหาความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของเชื้อเพลิงอัดเม็ด ณ ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลการทดสอบวิเคราะห์หาคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ดีที่สุด โดยใช้เวออร์เนียร์คาลิปเปอร์เป็นเครื่องมือวัดและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

2.5 การเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานชีวมวลกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมของวัสดุและตัวประสานของเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อค่าความร้อนที่มีค่ามากที่สุด เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองชนิดอื่น ๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า, น้ำมันดิบ, ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นต้น

ผลและวิจารณ์ผล

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทดสอบคุณสมบัติของวัตถุดิบ และทดลองทำการผลิตตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว ตามกระบวนการ และอัตราส่วนที่กำหนดไว้ และนำตัวอย่างเชื้อเพลิงอัดเม็ดไปทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะด้านความร้อน และคุณลักษณะอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการ ความเหมาะสมทางกายภาพ และคุณสมบัติของชีวมวลเพื่อนำไปใช้งาน โดยกระบวนการศึกษาวิจัยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนตัวประสานต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

จากผลการทดสอบค่าความร้อนของชีวมวลอัดเม็ดสำหรับอัตราส่วนตัวประสานที่โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 90% ต่อแป้งมัน 10% มีค่าความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 4,691.33 kcal/kg และค่าความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนของตัวประสาน โดยถ้าอัตราส่วนของแป้งมันเพิ่มขึ้นแล้ว โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ลดลง ค่าความร้อนลดลงด้วย ดังตารางที่ 3 จากผลการวิเคราะห์นำอัตราส่วนตัวประสานแป้งต่อ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ที่มีค่าดีที่ดีที่สุดไปทำการทดลองปรับอัตราส่วนกะลามะพร้าวต่อเปลือกมะพร้าวเพื่อหาค่าความร้อนและคุณสมบัติ

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนตัวประสานต่อค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดในอัตราส่วนผสมกะลามะพร้าว 50% ต่อเปลือกมะพร้าว 50% โดยน้ำหนัก

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ค่าความร้อน (kcal/kg)
วัสดุ		ตัวประสาน		
กะลามะพร้าว (%)	เปลือกมะพร้าว (%)	PVA (%)	แป้งมัน (%)	
50	50	90	10	4,691.33
50	50	80	20	4,579.33
50	50	70	30	4,464.00
50	50	60	40	4,422.00
50	50	50	50	4,360.00

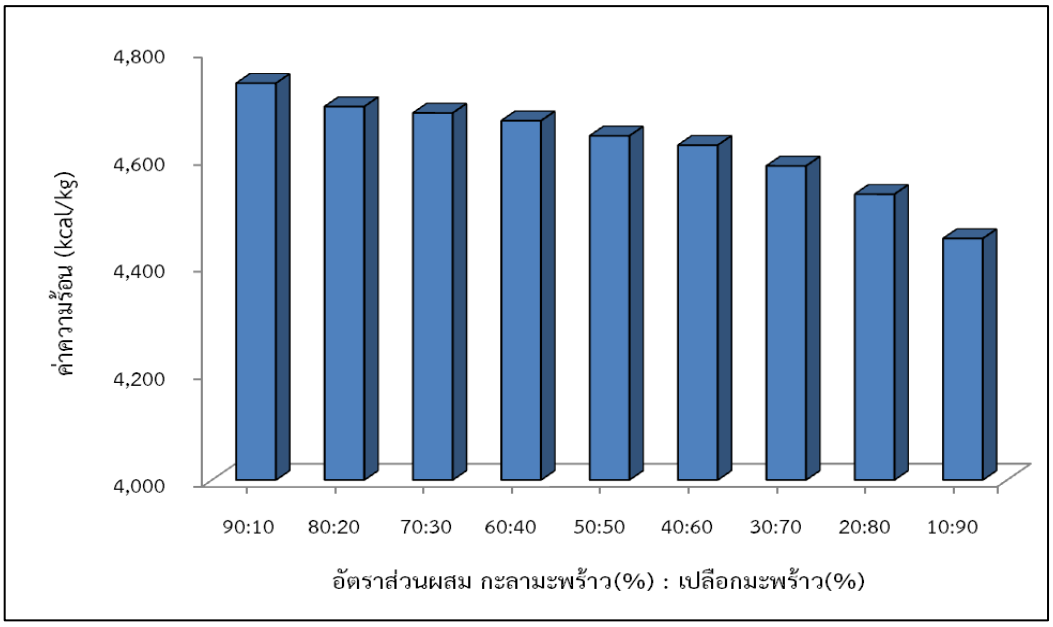
50	50	40	60	4,250.00
50	50	30	70	4,210.00
50	50	20	80	4,124.00
50	50	10	90	4,100.00

2. การวิเคราะห์ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ด จากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าวที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

จากผลการวิเคราะห์ค่าสมรรถนะค่าความร้อนที่ได้จากที่ได้จากเชื้อเพลิงอัดเม็ด จากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว โดยเป็นการผสมกะลามะพร้าวกับเปลือกมะพร้าวที่ 50:50 และพบว่าตัวประสานระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และแป้งมัน ที่ 90:10 โดยน้ำหนัก มีค่าความร้อนสูงที่สุด ดังนั้นจึงนำผลจากการวิเคราะห์ที่ได้จากห้องปฏิบัติการ มาทดลองปรับอัตราส่วนกะลามะพร้าวต่อเปลือกมะพร้าว เพื่อหาค่าความร้อนและคุณสมบัติที่ดีที่สุดต่อไป ซึ่งได้ค่าทดสอบแสดงได้ดังตารางที่ 4 ค่าความร้อนสำหรับอัตราส่วนผสมของวัสดุที่กะลามะพร้าว 90% ต่อเปลือกมะพร้าว 10% มีค่าความร้อนสูงที่สุดเท่ากับ 4,739.56 kcal/kg และค่าความร้อนมีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าวที่ลดลง โดยค่าความร้อนที่น้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 4,450.00 kcal/kg ที่อัตราส่วนกะลามะพร้าว 10% กับเปลือกมะพร้าว 90% ซึ่งค่าความร้อนที่มากที่สุดและค่าที่น้อยที่สุดแตกต่างกัน 6.11% แสดงว่าค่าความร้อนที่อัตราส่วนผสมต่างๆ มีค่าใกล้เคียงกันดังภาพที่ 1

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ค่าความร้อนของอัตราส่วนผสมของวัสดุระหว่างกะลามะพร้าว กับเปลือกมะพร้าว ในอัตราส่วนตัวประสานที่โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 90% ต่อแป้งมัน 10% โดยน้ำหนัก

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ค่าความร้อน (kcal/kg)
วัสดุ		ตัวประสาน		
กะลามะพร้าว(%)	เปลือกมะพร้าว (%)	PVA (%)	แป้งมัน (%)	
90	10	90	10	4,739.56
80	20	90	10	4,696.00
70	30	90	10	4,684.00
60	40	90	10	4,669.60
50	50	90	10	4,641.33
40	60	90	10	4,624.01
30	70	90	10	4,585.30
20	80	90	10	4,532.67
10	90	90	10	4,450.00



ภาพที่ 1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ด จากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าว

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ด

จากตารางที่ 5 พบว่าจากผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดสำหรับค่าความชื้นและเถ้า อัตราส่วนผสมของตัวประสานระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 90% ต่อแป้งมัน 10% ให้ค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 10.26% และ 2.89% ตามลำดับ และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 10.57% และ 4.94% ตามลำดับ ที่อัตราส่วนผสมของตัวประสานระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) 10% ต่อแป้งมัน 90% ค่าความชื้นกับเถ้ามีแนวแนวโน้มมากขึ้นโดยแปรผกผันกับอัตราส่วนผสมของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ส่วนสารระเหยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 70.17% และมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 67.27% ค่าสารระเหยมีแนวโน้มลดลงโดยแปรผันตามอัตราส่วนผสมของโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีการแปรผันอัตราส่วนผสมของตัวประสาน

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ความชื้น(%)	เถ้า(%)	สารระเหย(%)
วัสดุ		ตัวประสาน				
กะลามะพร้าว(%)	เปลือกมะพร้าว (%)	PVA (%)	แป้งมัน (%)			
50	50	90	10	10.26	2.89	70.17
50	50	80	20	10.30	3.15	70.17
50	50	70	30	10.34	3.40	69.45
50	50	60	40	10.38	3.66	69.08
50	50	50	50	10.42	3.92	68.72
50	50	40	60	10.45	4.17	68.36
50	50	30	70	10.49	4.43	68.00
50	50	20	80	10.53	4.68	67.63
50	50	10	90	10.57	4.94	67.27

จากตารางที่ 6 พบว่าจากผลการทดสอบคุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดสำหรับค่าความชื้นและเถ้า อัตราส่วนผสมของวัสดุระหว่างกะลามะพร้าว 90% ต่อเปลือกมะพร้าว 10% ให้ค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 10.23% และ 2.42% ตามลำดับ และมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 13.21% และ 4.30% ตามลำดับ ที่อัตราส่วนผสมของวัสดุระหว่างกะลามะพร้าว 10% ต่อเปลือกมะพร้าว 90% ค่าความชื้นกับเถ้ามีแนวแนวโน้มมากขึ้นโดยแปรผกผันกับอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าว ส่วนสาระเหยมีค่ามากที่สุดเท่ากับ 71.17% และมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 63.55% ค่าสารระเหยมีแนวโน้มลดลงโดยแปรผันตามอัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าว

ตารางที่ 6 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีการแปรผันอัตราส่วนผสมของวัสดุ

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ความชื้น(%)	เถ้า(%)	สารระเหย(%)
วัสดุ		ตัวประสาน				
กะลามะพร้าว(%)	เปลือกมะพร้าว (%)	PVA (%)	แป้งมัน (%)			
90	10	90	10	4,739.56	0.55	5.53
80	20	90	10	4,696.00	0.54	5.48
70	30	90	10	4,684.00	0.54	5.46
60	40	90	10	4,669.60	0.54	5.45
50	50	90	10	4,641.33	0.53	5.41
40	60	90	10	4,624.01	0.53	5.39
30	70	90	10	4,585.30	0.53	5.35
20	80	90	10	4,532.67	0.52	5.29
10	90	90	10	4,450.00	0.51	5.19

4. การเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานของชีวมวลอัดเม็ดกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมของวัสดุและตัวประสานของเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อค่าความร้อนที่มีค่ามากที่สุดเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองบางชนิดซึ่งได้ค่าเปรียบเทียบดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานของชีวมวลอัดเม็ดกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

อัตราส่วนผสมโดยน้ำหนัก				ค่าความร้อน (kcal/kg)	เทียบเท่าน้ำมันดิบ (ลิตร)	เทียบเท่าไฟฟ้า (kW-h)	เทียบเท่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ลิตร)
วัสดุ		ตัวประสาน					
กะลามะพร้าว(%)	เปลือกมะพร้าว(%)	PVA (%)	แป้งมัน (%)				
90	10	90	10	4,739.56	0.55	5.53	0.75
50	50	90	10	4,691.33	0.54	5.47	0.74

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีการแปรผันอัตราส่วนผสมของตัวประสานและวัสดุที่สูงที่สุดเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.55 ลิตร เทียบเท่าไฟฟ้า 5.53 kW-h และเทียบเท่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว 0.75 ลิตร

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาความเหมาะสมเชื้อเพลิงอัดเม็ดจากกะลามะพร้าวและเปลือกมะพร้าวพบว่าจากการวิเคราะห์อัตราส่วนผสมของวัสดุและตัวประสานของเชื้อเพลิงอัดเม็ดต่อค่าความร้อนที่มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 4,739.56 kcal/kg ที่อัตราส่วนผสมของกะลามะพร้าวต่อเปลือกมะพร้าว 90:10 โดยใช้ตัวประสานที่มีอัตราส่วนผสมระหว่างโพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) ต่อน้ำแป้งมัน 90:10 และเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงสิ้นเปลืองคือ พลังงานไฟฟ้า, น้ำมันดิบ, ก๊าซปิโตรเลียมเหลว พบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดเม็ดที่มีการแปรผันอัตราส่วนผสมของตัวประสานและวัสดุที่มีค่าสูงที่สุดเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานเทียบเท่าไฟฟ้า 5.53 kW-hr เทียบเท่าน้ำมันดิบ 0.55 ลิตร และเทียบเท่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว 0.75 ลิตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ หาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ผู้ให้การสนับสนุนงบประมาณ เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน 2558,สถานการณ์การใช้พลังงานรอบ 8เดือนแรก ปี 2558 ของไทย, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://energyservicecenter.go.th/?p=2940

ประลอง ดำรงค์ไทย, แท่งเชื้อเพลิงเขียวเพื่อทดแทนฟืนและถ่าน, [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dnp.go.th/research/Knowledge/green_fue l.htm

เกวลิน ไชยอำพร, 2550, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, **“เชื้อเพลิงอัดเม็ดจากเส้นใยปาล์มและกะลาปาล์ม”**

ชนินทร์ อุปถัมภ์ และสมโภชน์ สุดาจันทร์, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 **“อิทธิผลของอัตราการป้อนและความเร็วการอัดที่มีต่อสมรรถนะของชุดอัดเม็ดใบอ้อย”**

ณัฐธนัญา บุญถึง, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่, “**สมบัติทางฟิสิกส์และสมบัติทางความร้อนของถ่านอัดแท่ง จากซังข้าวโพดผสมกะลามะพร้าว โดยใช้น้ำหมักชีวภาพเป็นตัวประสาน**”

เกรียงไกร วงศาโรจน์, และคณะ, 2554, **การผลิตแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลจากสบู่ดำ**, วิศวกรรมสาร มข. 38(1): 65-72.

อัจฉรา อัศวรุจิกุลชัย, และคณะ, 2554, **การนำเปลือกทุเรียนและ เปลือกมังคุดมาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง,** น. 162-168, การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49, กรุงเทพฯ.

บัญจรัตน์ โจลานันท์, และคณะ, 2554, พลังงานทดแทนชุมชนจากเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งไมยราบยักษ์, ว.วิจัย มข. 16(1): 20-31.

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และคณะ, 2549, สมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ปาล์มน้ำมัน, การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

การจำแนกสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้การรับรู้ระยะไกล กรณีศึกษา อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช

Remote Sensing For Geo Information System : Case Study Khanom Nakon si Thammarat

อภิรัญธ์ จันทร์ทอง[1*]

Apirun Chanthong[1*]

บทคัดย่อ

การศึกษาและวิจัยการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของอำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงและดาวเทียม LANDSET 7 โดยการสร้างสีผสมเท็จ 3 ช่วงคลื่นได้แก่ Near Infrared (0.79-0.89) Shortwave Infrared (1.58-1.75) และช่วงคลื่นสีแดง (0.61-0.68) ด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งกำหนดพื้นที่สิ่งปกคลุมดินเป็นสวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน อ่างเก็บน้ำและนากุ้ง

ผลการวิจัยและเก็บข้อมูลสำรวจภาคสนาม แสดงให้เห็นว่าการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถจำแนกสิ่งปกคลุมดินได้ถูกต้องและมีความรวดเร็วในการ

คำสำคัญ : การรับรู้ระยะไกล, ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์,การจำแนก

ABSTRACT

Research land classification with satellite images and geographic Khanom Nakon-Si-Thammarat Province. Including high-resolution satellite imagery and satellite LANDSET 7 bycreating false colors, including three wavelengths Near Infrared (0.79-0.89) ShortwaveInfrared (1.58-1.75) and red wavelength range (0.61 to 0.68) with a MATLAB programwhich defines the area. What is the rubber garden Palm oil. and shrimp farm.

Research and field survey data. Showed that the use of satellite imagery to land cover classification accuracy and speed in the survey.

Keyword: Remote Sensing, GIS, Classification

---

[1] สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ตำบลท้องเนียน อำเภอขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช 80210

[1] Electrical Engineering College of Industrial Technology and Management, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Tongnien, Khanom,Nakhon Si Thammarat 80210, Thailand

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) :apirunchanthong@gmail.com

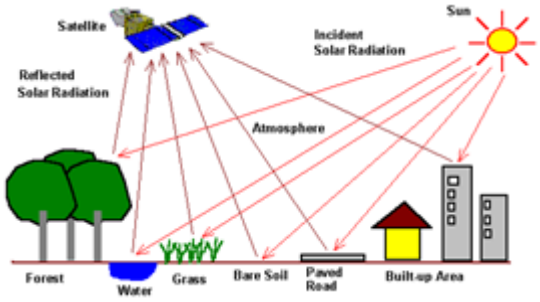
บทนำ

ปัจจุบันมีการพัฒนาและมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลข่าวสารหรือสิ่งต่างๆ ที่อยู่ที่อยู่รอบตัวที่เป็นประโยชน์เหมาะสมกับ การเปลี่ยนแปลงของโลก มาใช้ในประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ การนำเอาข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถเก็บข้อมูลได้เป็นจำวนมากในบริเวณที่กว้างโดยติดตั้งเครื่องมือวัดไว้บนเครื่องบินหรือดาวเทียมโดยอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อ แล้วทำการบันทึกภาพและนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เช่น การสำรวจสภาพแวดล้อมโลก การใช้ที่ดิน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ธรณีวิทยา และด้านภัยพิบัติ เป็นต้น

ดังนั้นในการประยุกต์ใช้ความรู้การสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote sensing) มาบูรณการใช้กับกิจกรรมการเรียนการสอนสร้างเป็นองค์ความรู้ที่เกิดประโยชน์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้และพัฒนาต่อไป

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การรับรู้ระยะไกล เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่ใช้ในการบันทึก คุณลักษณะของวัตถุต่างๆในการสะท้อน และ/หรือการแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า นั่นคือ “วัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไป ถ้าวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกัน” รีโมตเซนซิ่งจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนกและเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่างๆจากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี หลักการนี้แสดงด้วยรูปที่ 1 ขั้นตอนรีโมตเซนซิ่ง โดยแยกวัตถุ 3 ประเภท ที่ตรวจวัดโดยเครื่องวัดที่ใช้ขั้วแถบคลื่น หรือแบนด์ที่ให้คุณลักษณะทางพลังงานของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่างกัน ตลอดจนอิทธิพลต่างๆ ที่มีสัญญาณคลื่น ข้อมูลที่รับรู้ระยะไกลเหล่านี้จะผ่านกระบวนการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และ/หรือการแปลด้วยสายตา แล้วจึงนำไปประยุกต์ใช้ในด้านการเกษตร การใช้ที่ดิน ป่าไม้ ธรณีวิทยา อุทกวิทยา สมุทรศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา และสภาวะแวดล้อม



รูปที่ 1. การสำรวจข้อมูลโดยวิธีการรีโมตเซนซิ่ง

การแยกประเภทของ Remote Sensing ตามย่านความยาวคลื่น

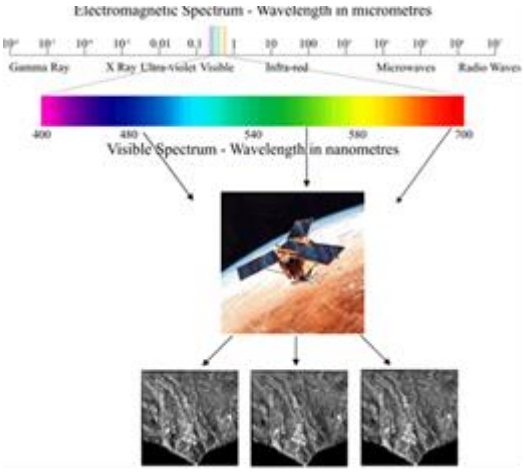
สามารถจำแนกรีโมตเซนซิ่ง ย่านความยาวคลื่นออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.รีโมตเซนซิงย่านแสงตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน

2.รีโมตเซนซิงย่านอินฟราเรดความร้อน

3.รีโมตเซนซิงย่านไมโครเวฟ

แหล่งกำเนิดพลังงาน (Energy source) สำหรับรีโมตเซนซิ่งย่านแสงตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อนดวงอาทิตย์แผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดที่ความยาวคลื่น 0.5 ไมโครเมตร ข้อมูลที่ได้จากการรับรู้ระยะไกลในย่านแสงตามองเห็นและอินฟราเรดสะท้อน ส่วนใหญ่จะขึ้นกับค่าการสะท้อนของวัตถุต่างๆบนโลก



รูปที่ 2 แบนด์ต่างๆที่ใช้ในรีโมตเซนซิ่ง

ดังนั้นรายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุจึงดูได้จากค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นต่างๆ ยกเว้นการถ่ายภาพด้วยระบบเลเซอร์ เพราะเป็นระบบที่ไม่ได้ใช้พลังงานจากดวงอาทิตย์ แต่เป็นพลังงานเลเซอร์ซึ่งเครื่องวัดผลิตขึ้นเอง

แหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้ในการรับรู้ระยะไกลย่านอินฟราเรดจะได้จากวัตถุเอง เนื่องจากวัตถุใดๆ ก็ตามที่มีอุณหภูมิในระดับปกติจะมีความสามารถแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า สูงสุดที่ความยาวคลื่นประมาณ 10 ไมโครเมตร ดังแสดงด้วยรูปที่ 2 เราสามรถเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าการแผ่รังสีเชิงคลื่น ระหว่างดวงอาทิตย์(ก) ที่อุณหภูมิ 6000o K และวัตถุ (ข) ที่อุณหภูมิปกติของโลก (ประมาณ 300o K) ทั้งเพื่อง่ายต่อการเข้าใจ จึงแสดงเส้นกราฟ ในลักษณะของเทห์วัตถุดำและมิได้แสดงเห็นค่าดูดกลืนพลังงานโดยชั้นบรรยากาศไว้ในรูปนี้จะเห็นว่าเส้นกราฟเชิงคลื่นดังกล่าวแปรผันตามค่าการสะท้อนการเปล่งรังสี และอุณหภูมิของวัตถุ เส้นกราฟของ(ก) และ (ข) ตัดกันนั้นค่าประมาณ 3.0 ไมโครเมตร ดังนั้น ย่านความยาวคลื่นที่สั้นกว่า 3.0 ไมโครเมตรจะเป็นย่านที่ดูได้จากค่าการสะท้อนเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ ย่านความยาวคลื่นมากกว่า 3.0 ไมโครเมตร ขึ้นไปจะเป็นย่านที่ตรวจวัดการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation)

วงโคจรของดาวเทียม

วงโคจรของดาวเทียมแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

วงโคจรสัมพันธ์กับโลก (Geosynchronous Orbit) วงโคจรชนิดนี้มีความเร็วของการโคจรเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก หรือการหมุนรอบแกน (Rotation Rate) ของโลก(เวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 1วันของดาราคติ) หรือเรียกว่า วงโคจรค้างฟ้าเนื่องจากมีการโคจรเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเอง และมีมุมเอียงของวงโคจร (Inclination) เท่ากับ 0 จึงเรียกว่า วงโคจรแบบคงที่ (Geostationary Orbit) เนื่องจากดูเหมือนว่าดาวเทียมไม่มีการเคลื่อนที่และลอยนิ่งอยู่เหนืออิเควเตอร์ ดาวเทียมที่มีวงโคจรชนิดนี้ จึงมีประโยชน์ที่ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวาง และวงโคจรอยู่สูงจากพื้นผิวโลกมาก เช่น ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา และดาวเทียมสื่อสาร

วงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun-Synchronous Orbit) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลกส่วนใหญ่ เช่น ดาวเทียมแลนด์แซท มีระดับความสูงจากพื้นดินต่ำกว่าวงโคจรสัมพันธ์กับโลก วงโคจรสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ หมายถึง วงโคจรที่ระนาบการโคจร (Orbital Plane) หมุนรอบตัวเองภายใน 1 ปี เช่นเดียวกับรอบการปรากฏของดวงอาทิตย์ 1 รอบในแต่ละปี ประโยชน์ของดาวเทียมที่มีวงโคจรชนิดนี้ก็คือ สามารถทำการสำรวจได้โดยรักษาค่ามุมตกกระทบของดวงอาทิตย์ให้คงที่ได้

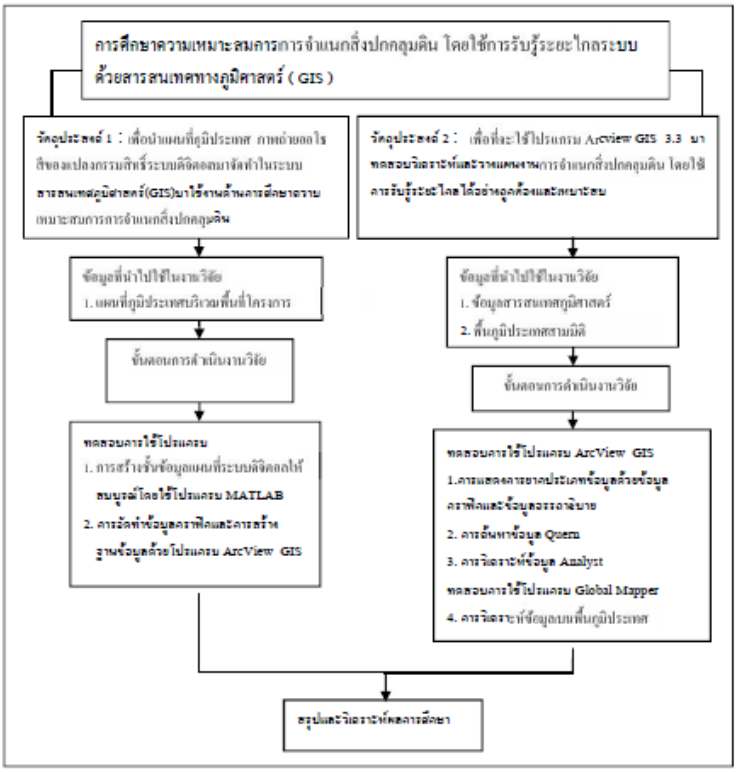
วงโคจรแบบหมุนเวียนกลับที่เดิม (Recurrent Orbit) และวงโคจรกึ่งหมุนเวียนกลับมาที่เดิม (Semi-Recurrent Orbit) ลักษณะของวงโคจรแบบหมุนเวียนกลับมาที่เดิม หมายถึง การโคจรกลับมาที่เดิมที่ตำแหน่งแนวดิ่ง (Nadir) ในรอบ 1 วัน ส่วนวงโคจรกึ่งหมุนเวียนกลับมาที่เดิมนั้น จะกลับมาที่เดิมที่ตำแหน่งแนวดิ่งในรอบ N วัน (N วันมากกว่า 1 วัน) ซึ่งวงโคจรแบบนี้มีข้อดีมากกว่า คือ สามารถครอบคลุมพื้นผิวโลกได้ทั้งหมด

ดาวเทียม LANDSAT

ลักษณะของดาวเทียม LANDSAT มีขนาดเล็ก รูปร่างลักษณะคล้ายผีเสื้อ มีน้ำหนักประมาณ 953 กิโลกรัม สูงประมาณ 3 เมตร กว้างประมาณ 1.5 เมตร มีแผงรับพลังงานจากดวงอาทิตย์คล้ายปีกสองข้าง มีความกว้างประมาณ 4 เมตร วงโคจรสูงในระดับ 900 กิโลเมตร และความเร็ว 6.5 กิโลเมตร ต่อวินาที ได้รับการออกแบบให้มี รูปร่างเพื่อปรับปรุงทางด้านความสามารถในการควบคุมวิถีโคจรของดาวเทียม เพิ่มขึ้น มีความสามารถที่เหนือกว่า LANDSAT 1 – 2 และ 3 คือ การใช้สื่อสารระบบ Tracking and Data Relay Satellite (TDRS) ที่สามารถถ่ายทอดข้อมูลจากดาวเทียมไปสู่โลกในเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาบันทึกภาพ (Real Time) ช่วยลดปัญหาเครื่องบันทึกเทปที่มีข้อจำกัดด้านอายุการใช้งาน ความสูงของการโคจรลดลงเหลือ 705 กิโลเมตร ดังนั้นจึงมีการโคจรกลับมาบันทึกภาพที่จุดเดิม เร็วกว่าคือ 16 วัน LANDSAT ที่กำลังปฏิบัติงานอยู่ในขณะนี้คือ LANDSAT 4-5 และ LANDSAT -7 ช่วงเวลา

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการการทำงานวิจัยขึ้นมาแต่ละครั้งนั้น ต้องมีแบบแผนขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน รัดกุม และถูกต้อง เพื่อให้มาซึ่งประโยชน์ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งในการทำงานวิจัยครั้งนี้ก็เช่นเดียวกันโดยมีขั้นตอนการทำงานวิจัย ดังรูปที่3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเป็นการศึกษาในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research And Development) ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาในการวิจัย
- ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาเทคนิคและวิธีการแก้ปัญหา
- ขั้นตอนที่ 3 ข้อมูลที่นำไปใช้ในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล
- ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบการใช้โปรแกรม
- ขั้นตอนที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อมูลที่นำไปใช้ในการวางโครงการนั้นมาจากหลายๆ ส่วนด้วยกัน ดังนี้

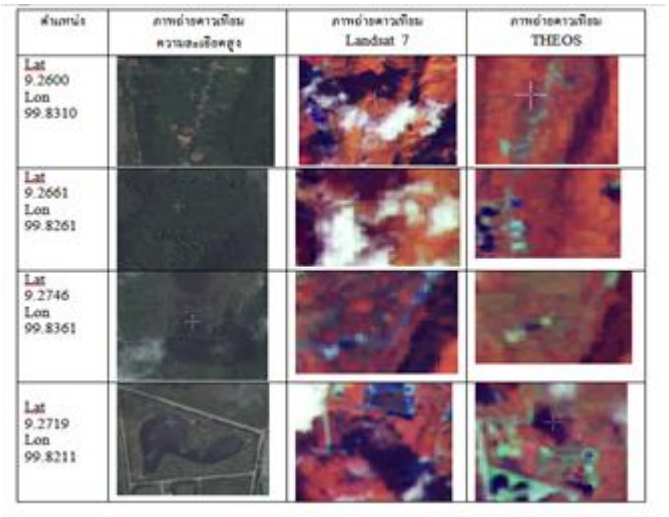
1.สำรวจเก็บข้อมูลภาคสำนักงาน ทางผู้จัดทำได้มีเก็บรวมรวมข้อมูลบางส่วนแผนที่ภูมิประเทศระบบดิจิตอล แผนที่รูปตัดตามยาว (Profile Section) ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.สำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม การเก็บรวบรวมข้อมูลทางผู้จัดทำทำการออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในบางส่วน โดยศึกษาและเก็บข้อมูลจริงจากบริเวณพื้นที่การเก็บข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม

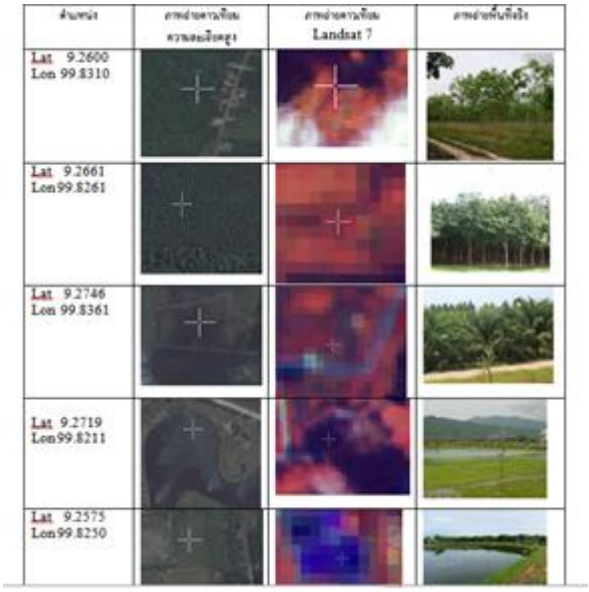
ผลการวิจัย

สำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม การเก็บรวบรวมข้อมูลทางผู้จัดทำทำการออกภาคสนามเพื่อตรวจสอบและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในบางส่วน โดยศึกษาและเก็บข้อมูลจริงจากบริเวณพื้นที่การเก็บข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยการกำหนดพิกัดที่เก็บข้อมูลดังนี้

พื้นที่สิ่งปกคุมดินเป็นสวนยางพารา	Lat.	9.2600	Lon. 99.8310
พื้นที่สิ่งปกคุมดินเป็นสวนยางพารา	Lat.	9.266	Lon 99.82610
พื้นที่สิ่งปกคลุมเป็นสวนปาล์ม	Lat.	9.2746	Lon 99.83610
พื้นที่สิ่งปกคลุมเป็นอ่างเก็บน้ำ	Lat.	9.2575	Lon 99.8250



รูปที่ 4 ผลการสำรวจด้วยภาพถ่ายดาวเทียม



รูปที่ 5 ผลการสำรวจภาคสนาม

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างการสำรวจภาคสนาม

การสำรวจ	จำแนกโดยภาพถ่ายดาวเทียม						Accuracy
	ยางพาราเล็ก	ยางพาราโต	สวนปาล์มน้ำมัน	แหล่งน้ำ	นากุ้ง	รวม	
ยางพาราเล็ก	1	-	-	-	-	1	100%
ยางพาราโต	-	1	-	-	-	1	100%
สวนปาล์มน้ำมัน	-	-	1	-	-	-	100%
แหล่งน้ำ	-	-	-	1	-	1	100%
นากุ้ง	-	-	-	-	1	1	100%
Accuracy	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาและวิจัยการจำแนกสิ่งปกคลุมดิน โดยใช้การรับรู้ระยะไกล: กรณีศึกษา อ.ขนอม จ. นครศรีธรรมราช ด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และระบบสารสารเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในครั้งนี้ได้แก่ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSET 7 สร้างสีผสมเท็จ 3 ช่วงคลื่นได้แก่ Near Infrared (0.79-0.89) Shortwave Infrared (1.58-1.75) และช่วงคลื่นสีแดง (0.61-0.68) โดยพื้นที่สิ่งปกคุมดินเป็นสวนยางพารา สวนปาล์มน้ำมัน อ่างเก็บและนากุ้ง ผลการวิเคราะห์สีที่ผสมและเปรียบเทียบสเปคตรัมสีด้วยโปรแกรม MATLAB เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง

หากนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารเทศภูมิศาสตร์มารวบรวมกันไว้ในฐานข้อมูลและมีการพัฒนาในเรื่องของการใช้งานระบบสารเทศภูมิศาสตร์ก็จะเป็นประโยชน์ในด้านของ การทำโซนนิ่ง การกำหนดผังเมือง การคำนวณพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่นยางพารา ปาล์มน้ำมัน การกำหนดระบบแผนที่นำทางท่องเที่ยวต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้การสนับสนุนงบประมาณโดยสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ปี 2554 และได้รับการความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)และสถานีวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(ภาคใต้) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

ใจ กลิ่นดาว.2542. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น. แหล่งที่มา: http://gis.dwr.go.th, 1 กันยายน 2553.

ชยกฤต ม้าลำพอง. 2547. คู่มือการใช้โปรแกรม ArcView GIS 3.3. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นันทชัย แก้วเมือง และประเสริฐ อังสรัตน์. 2546. การจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยโปรแกรม MapInfo. โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาโคกกะเทียม,จังหวัดลพบุรี.

พนม ไพแสง.2543. การจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดยโปรแกรม MapInfo และ NAGA สำหรับโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม.กรมชลประทาน, เขตสามเสน กรุงเทพมหานคร.

วรเดช จันทรศร และสมบัติ อยู่เมือง.2545. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบริหารภาครัฐ. ฝ่ายข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

วีรวัฒน์ โชคชรินทร์.2551. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcView GIS

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. มปป. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. แหล่งที่มา: http://www.gisthai.org, 9 สิงหาคม 2555.

สุเพชร กลิ่นขจร. 2547. การแสดงข้อมูลกราฟิกเชื่อมต่อกับข้อมูลอรรถาธิบายสร้างแผนที่ แสดงข้อมูล http://www.envi.psu.ac.th, 20 สิงหาคม 2555.

สมบัติ อยู่เมือง. 2550. คู่มือการใช้งานโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. แหล่งที่มา: http://www.envi.psu.ac.th, 2 กรกฎาคม 2555.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน). การพัฒนาระบบ สารสนเทศทางภูมิศาสตร์. 2553. แหล่งที่มา : http://www.gistda.or.th, 7 กรกฎาคม2555.

การศึกษาหาค่ากำลังของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์

Experimental Investigation of Power for Solar Cooker Aluminum Foil

รพีพงศ์ เปี่ยมสุวรรณ[1*] อนุชา กล่ำน้อย[2] ณรงค์ศักดิ์ โยธา[2] และ บัณฑิต กฤตาคม[3]

Rapeepong Peamsuwan[1*] Anucha Klamno[2-] Narongsak Yotha[2] and Bundit Krittacom[3]

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก โดยใช้แผงสะท้อนรังสีอาทิตย์ที่ทำจากอะลูมิเนียมฟอยล์ติดตั้งอยู่บนแพงจานพาราโบลิก ซึ่งจะทำการทดลองหากำลังความร้อนของเตาพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จากผลการศึกษาพบว่าเตาพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิน้ำได้สูงสุดถึง 98.9 ºC และจะให้กำลังเฉลี่ย 127.5 วัตต์ ซึ่งพบว่าที่อัตราความร้อนนี้สามารถนำมาประกอบอาหารได้จริง อีกทั้งอะลูมิเนียมฟอยล์นั้นเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและมีราคาถูก โดยผลสำเร็จของงานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นทางเลือกในการนำพลังงานทดแทนมาประยุกต์ใช้งานในครัวเรือน

คำสำคัญ : เตาพลังงานแสงอาทิตย์, พลังงานทดแทน, พาราโบลิก

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the parabolic solar cooker by applying aluminum foil as the trough reflective surface of the solar reflector. The solar reflector was installed on parabolic dish in order to find the power of solar furnace. The result showed that the solar cooker could produce a maximum temperature of 98.9 °C and provide a heat power of 126.7 watt. It also indicated that aluminum foil is easy to find and cheap material and the result of this research could be considered as an alternative way to use renewable energy for household.

Keyword: Solar cooker, Renewable, Parabolic

---

[1] สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Division of Applied Physics, Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Maung, Nakhonratchasima, 30000, Thailan

[2] สาขาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[2] Division of Applied Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Maung, Nakhonratchasima, 30000, Thailand

[3] ห้องปฏิบัติการวิจัยการพัฒนาในเทคโนโลยีของวัสดุพรุน สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[3] Development in Technology of Porous Materials Research Laboratory: (DiTo-Lab), Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Maung, Nakhonratchasima, 30000, Thailand

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : rapeepong.pe@rmuti.ac.th

บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีแสงอาทิตย์ให้ความร้อนตลอดทั้งปี จึงถือได้ว่าเป็นพลังงานที่มากพอสำหรับนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่สะอาด อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่สามารถเปลี่ยนรูปมาเป็นพลังงานความร้อนได้และเราสามารถนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์นี้มาใช้ประโยชน์ในการประกอบกิจกรรมต่างๆในการดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่ดีที่จะนำไปใช้งานได้จริงโดยเฉพาะในรูปของพลังงานความร้อน การประยุกต์ที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งคือการนำแสงอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหุงต้มอาหาร ทั้งนี้เพราะในทุกครัวเรือนจำเป็นต้องประกอบอาหารเพื่อรับประทานอยู่แล้ว โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ช่วยในการรวบรวมรังสีแบบรางพาราโบลามีมาอย่างต่อเนื่อง แนวคิดที่จะออกแบบแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา ตัวรับรังสีควงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะของรูปร่างผิวโค้งเป็นแบบพาราโบลาทรงกระบอก มีวัตถุสะท้อนแสงบริเวณผิวทำหน้าที่สะท้อนแสงอาทิตย์ให้ไปรวมที่จุดโฟกัส

พงศกร และคณะ (2544) ได้ศึกษาการออกแบบเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการประกอบอาหารตามความต้องการได้อย่างสะดวก โดยใช้แผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (flat plate collector) เป็นตัวดูดซับความร้อนและมีแผงสะท้อนรังสีอาทิตย์ติดตั้งอยู่ทั้งสองข้างของแผงรับรังสีอาทิตย์ตามแนวยาว พบว่าเตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์สามารถทำอุณหภูมิในการหุงต้มอาหารได้สูงสุด 105 ºC ที่รังสีอาทิตย์เฉลี่ย 500 W/m^2 สามารถหุงต้มอาหารได้ในช่วงเวลา 10.00 น. – 15.00 น. โดยมีประสิทธิภาพของระบบอยู่ที่ 26%

อดิศักดิ์ และธนาคม สุนทรชัยนาคแสง (2549) ทำการศึกษาการวิเคราะห์พารามิเตอร์และประเมินสมรรถนะของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกด้วยแบบจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ โดยระบบที่จำลองใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบรางรวมแสงพาราโบลิกรับความร้อนที่ได้ให้กับน้ำมันที่ไหลผ่านท่อรับความร้อน พบว่าความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพรวมของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนอุณหภูมิบรรยากาศที่เปลี่ยนแปลงมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่า

รุ่งทวี และสุรชัย (2553) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกับประสิทธิภาพของระบบได้แก่อัตราการไหลของน้ำในระบบและความเข้มแสงที่ได้รับ โดยทำการออกแบบและพัฒนาระบบผลิตน้ำร้อนซึ่งเป็นระบบปิดประกอบด้วยแผงรับแสงแบบแผ่นโค้งรูปพาราโบลิกและใช้กระจกเงาในการสะท้อนแสง ท่อรับแสงเป็นท่อสุญญากาศและทำการทดลองในห้องทดลองเพื่อควบคุมความเข้มแสง พบว่าอุณหภูมิของน้ำก่อนเข้ารับแสง 37 °C อุณหภูมิของน้ำที่ออกจากแผงรับแสงสูงสุด 50 °C และประสิทธิภาพของระบบประมาณ 53% ทำให้ทราบว่าอัตราการไหลของน้ำและความเข้มของแสงมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำที่ได้

สุระ และคณะ (2555) ศึกษาและออกแบบจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิคแบบปรับองศาตามดวงอาทิตย์และไม่ปรับตามดวงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับความร้อนของจานทั้งสองแบบ ผลจากการศึกษาพบว่าจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิคชนิดปรับองศาตามดวงอาทิตย์ มีประสิทธิภาพการรับความร้อนเท่ากับ 57.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วนประสิทธิภาพการรับความร้อนของ ชนิดไม่ปรับตามดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 12.77 เปอร์เซ็นต์

ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ และ ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง (2554) ได้สร้างจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา โดยทำการวิเคราะห์แบบฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิก เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมที่ทำให้การผลิตชิ้นส่วนสำหรับตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสามารถทำได้อย่างแม่นยำในเชิงตัวเลข จากการทดสอบในสภาพแสงแดด พบว่าระบบที่เหมาะสมสามารถสร้างพลังงานความร้อนได้โดยเฉลี่ย 4,180 กิโลจูล ในช่วงการทดสอบ 5 ชั่วโมง

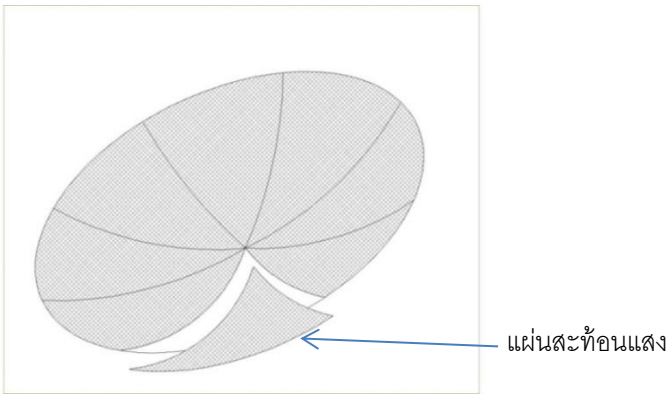
สรวิศ สอนสารี และคณะ (2557) ทำการวิจัยและพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบล่า โดยการออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศชนิดฮีทไปป์ร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบล่า ทดสอบตามมาตรฐาน ISO 9806-1 พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 78%

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแล้วข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะใช้ประโยชน์จากความร้อนของแสงอาทิตย์ โดยทำการศึกษาเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก ซึ่งรูปทรงของพาราโบลิกจะมีผิวด้านในทำด้วยวัสดุสะท้อนแสงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์ เนื่องจากเป็นวัสดุที่หาง่ายและราคาถูก ทำหน้าที่รวมแสงอาทิตย์จากการตกกระทบกับจานและสะท้อนไปรวมที่จุดโฟกัส ซึ่งเราสามารถนำความร้อนจากจุดโฟกัสนี้มาใช้เพื่อเป็นทางเลือกในการนำพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ในครัวเรือนโดยการประกอบอาหารได้อย่างเหมาะสม

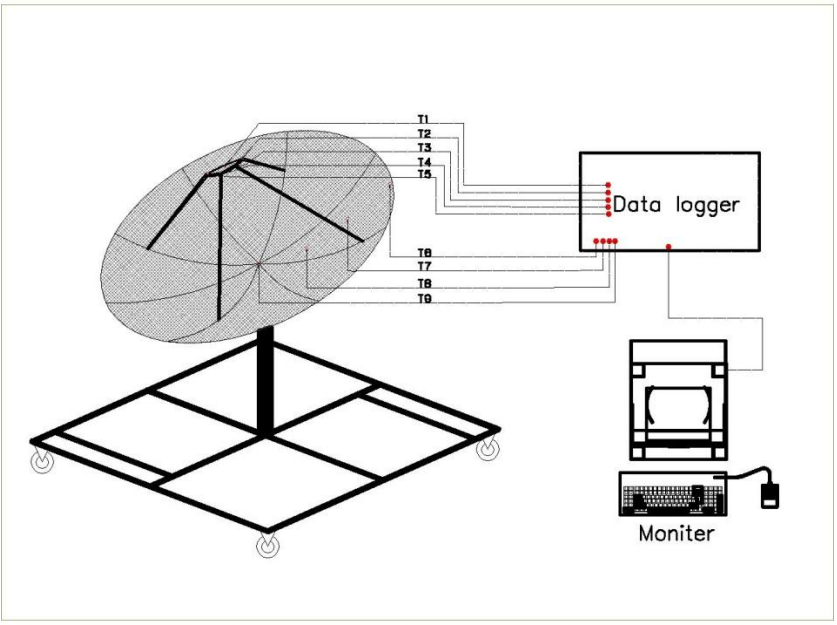
วิธีดำเนินการวิจัย

1. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการสะท้อนแสงที่ผู้วิจัยเลือกทำการทดลอง คือ อะลูมิเนียมฟอยล์ โดยนำพลาสติกลูกฟูกสีขาวมาตัดเป็นกลีบทั้งหมด 8 กลีบให้มีขนาดพอดีกับจานดาวเทียม โดยจะมีพื้นที่ที่ใช้ในการสะท้อนแสงทั้งหมด 2 ตารางเมตร ตัดวัสดุสะท้อนแสงให้มีขนาดเท่ากับกลีบของพลาสติกลูกฟูกแล้วนำมาเย็บติดกัน จากนั้นนำไปติดบนจานดาวเทียม ดังแสดงในภาพที่ 1แล้วนำไปติดตั้งบนฐานรองรับ พร้อมทั้งต่อเข้ากับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการทดลองต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสง



ภาพที่ 2 แสดงชุดอุปกรณ์การทดลอง

จากภาพที่ 2 ผู้วิจัยจะนำเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก ไปตั้งไว้ในที่โล่งแจ้งเพื่อใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ในการทำให้น้ำ 300 กรัม มีอุณหภูมิสูงที่สุด จึงได้เลือกช่วงเวลา 11.00 น. ถึง 13.00 น. ในการทำการทดลอง โดยใช้วัสดุสะท้อนแสงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์ วัดอุณหภูมิของน้ำก่อนการทดลอง และอุณหภูมิของอากาศในวันที่ทำการทดลอง จากนั้นทำการทดลองโดยนำน้ำ 300 กรัม เทใส่ในภาชนะสำหรับทดลอง แล้วนำไปวางไว้ยังจุดโฟกัส ทำการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งจะอ่านค่าด้วย Data logger จะทำการบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 1 นาที โดยจะเริ่มทดลองครั้งที่ 1 ที่เวลา 11.00 น. - 11.15 น. ครั้งที่ 2 ที่เวลา 11.45 น. - 12.00 น. และครั้งที่ 3 ที่เวลา 12.30 น. - 12.45 น. โดยจะทำการเปลี่ยนน้ำทุกครั้งสำหรับการทดลอง หลังจากทำการทดลองทุกช่วงเวลาเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการทดลองซ้ำอีกครั้งในวันถัดไปเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ก่อนนำไปวิเคราะห์ผลการทดลอง

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณหากำลัง (power) จากสมการ

$$\Delta U = Q \text{ - } W \quad (1^{st} \text{ Law of Thermodynamic}) \tag{1}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dQ}{dt} - \frac{d\Delta U}{dt} \tag{2}$$

$$\Delta T = \frac{P}{mc}\Delta t + \frac{\Delta U}{mc} \tag{3}$$

จากสมการที่ (3) จะได้

$$P = mc.Slope \quad (4)$$

และสามารถหาความชันได้ดังสมการที่ (5)

$$slope = \frac{(n \sum xy - (\sum x \sum y)}{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)} \quad (5)$$

โดยที่ P = กำลัง (W)

Q = ปริมาณความร้อน (J)

t = เวลา (s)

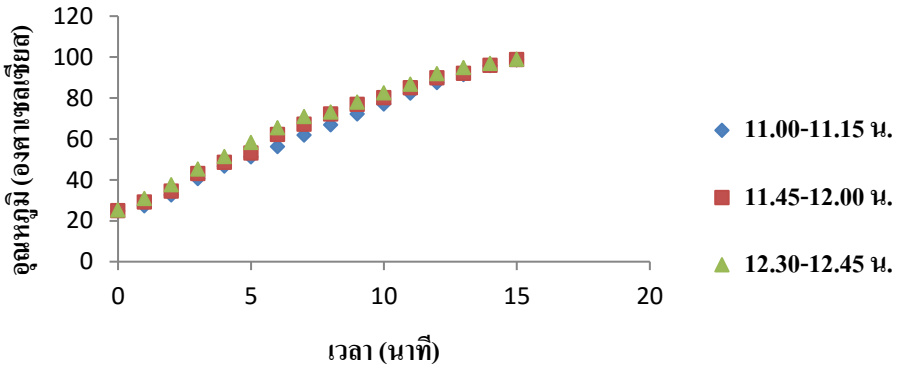
m = มวลของน้ำ 0.3 kg

c = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ 4186 $J.kg^{-1}(^{o}C)^{-1}$

VT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป (^{o}C)

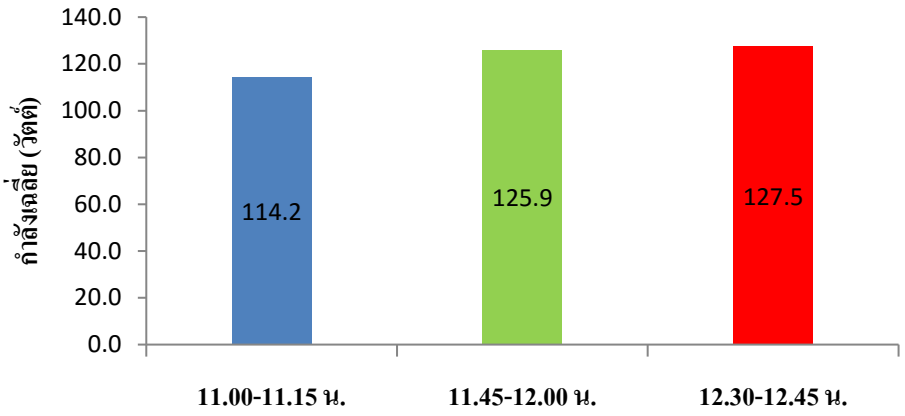
ผลและวิจารณ์ผล

จากผลการทดลองนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟ โดยให้ค่าเวลาเป็นแกน x , ค่าอุณหภูมิเป็นแกน y โดยกราฟที่ได้จะนำไปวิเคราะห์หาความชัน (Slope) ของเส้นกราฟ เพื่อนำไปหาค่ากำลังเฉลี่ยของเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก ดังแสดงในภาพที่ 3



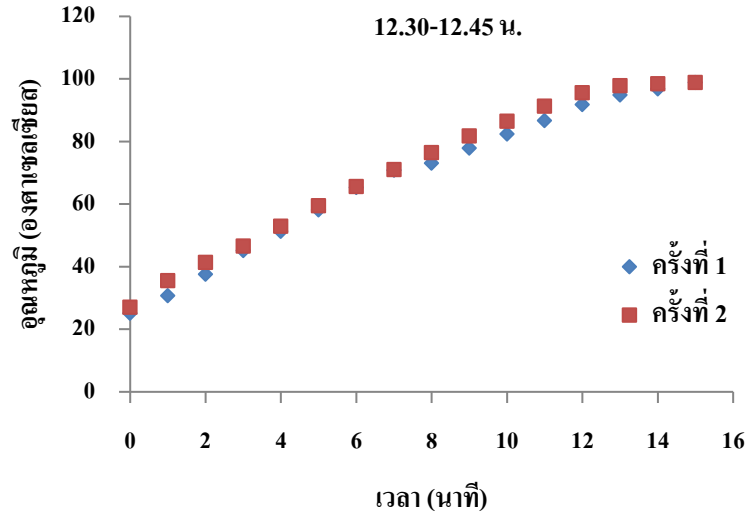
ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ช่วงเวลาต่างๆ

จากภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำในภาชนะเทียบกับเวลาตั้งแต่เวลา 11.00-13.00 น. จากผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิของน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยจะมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับทุกช่วงเวลา โดยที่เวลา 11.00-11.15 น. จะได้อุณหภูมิของน้ำสูงสุดเป็น 98.6 ^{o}C สามารถคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยได้ 114.2 วัตต์ ที่เวลา 11.45-12.00 น. จะได้อุณหภูมิของน้ำสูงสุดเป็น 98.8 ^{o}C สามารถคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยได้ 125.9 วัตต์ และที่เวลา 12.30-12.45 น.จะได้อุณหภูมิของน้ำสูงสุดเป็น 98.9 ^{o}C สามารถคำนวณค่ากำลังเฉลี่ยได้ 127.5 วัตต์ โดยกราฟกำลังเฉลี่ยจะแสดงในภาพที่ 4

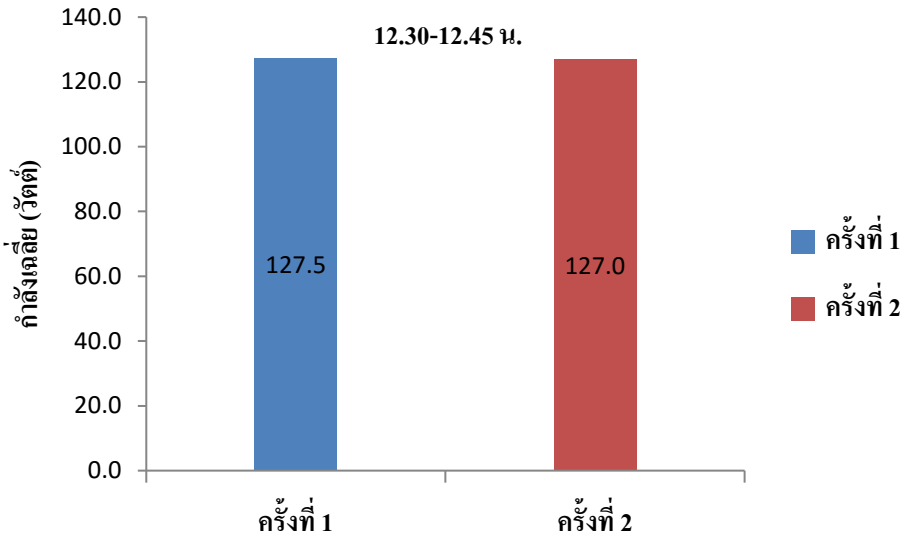


ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์กำลังเฉลี่ยที่ช่วงเวลาต่างๆ

ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของน้ำเทียบกับเวลาสำหรับการทดลองซ้ำครั้งที่ 2 ที่ช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อทดสอบความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง โดยจะใช้ช่วงเวลาที่ 3 คือ 12.30-12.45 น. พบว่าอุณหภูมิของน้ำจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยจะมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 98.9 เท่ากันทั้งสองครั้ง และสามารถหาค่ากำลังเฉลี่ยได้เท่ากับ 127.5 วัตต์ และ 127.0 วัตต์ ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งพบว่ามีความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองน้อยกว่า 1%



ภาพที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิน้ำกับเวลาที่ช่วงเวลาเดียวกัน



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบกำลังเฉลี่ยที่ช่วงเวลาเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาเตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกนี้ ได้ศึกษาหาค่ากำลังเฉลี่ยจากวัสดุสะท้อนแสงชนิดอะลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งมีพื้นที่ที่ใช้ในการสะท้อนแสงขนาด 2 ตารางเมตร โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

- เตาพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะสามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงสุดที่ 98.9 ^{o}C โดยใช้เวลาทั้งหมด 15 นาที สำหรับทุกช่วงเวลา
- เตาพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะให้กำลังสูงสุด 127.5 วัตต์ ที่ช่วงเวลา 12.30-12.45 น.
- จากการทดลองซ้ำในช่วงเวลาเดียวกันที่เวลา 12.30-12.45 น. จะพบว่าเตาพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะให้กำลังที่ใกล้เคียงกันและมีความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองน้อยกว่า 1%

จากข้อสรุปข้างต้นแสดงให้เห็นว่า เตาพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิกนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง ซึ่งถือได้ว่ามีประโยชน์อย่างมากสำหรับภาคครัวเรือน และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้เงินทุนสนับสนุนโครงการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2561 โดย “โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตามสัญญาเลขที่ NKR2561REV046” ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และได้ให้คำแนะนำในการจัดทำงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ประกอบ สุรวัฒนาวรรณ และ ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง. 2554. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการออกแบบตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลา. **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กระบี่.

รุ่งทวี ผดากาล และ สุรชัย รดาดาร. 2553. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตน้ำร้อน. **วิศวกรรมสารมก** 70(22): 96–109.

พงศกร เกิดช้าง จงจิตร หิรัญลาภ และ โจเซฟ เคดาริ่. 2544. เตาหุงต้มพลังงานแสงอาทิตย์. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 39**. ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ทางอาหาร คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

สมชัย อัครทิวา และ ขวัญจิต วงษ์ชารี. (2554**). เทอร์โมไดนามิกส์ (แปล).** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล อินเตอร์เนชันแนล เอนเตอร์ไพรส์ อิงค์.

สรวิศ สอนสารี ,วิสุทธิ์ แช่มสะอาด, สุขฤดี สุขใจ ไพฑูรย์ เหล่าดี และ ฉัตรชัย ศิริสัมพันธ์วงษ์. 2557. การพัฒนาตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา. **วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา.** 19 (2): 105 –121.

สุระ ตันดี ศุภฤกษ์ ชามงคลประดิษฐ พงษ์สิริ ;สารบรรณ และ วิษณุ ทัพทะมาตย์. 2555. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรับความร้อนของจานรับพลังงานแสงอาทิตย์พาราโบลิกชนิดปรับองศาตามดวงอาทิตย์และไม่ปรับตามดวงอาทิตย์. ใน **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 26**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, เชียงราย.

อดิศักดิ์ แก้วประเสริฐ และ ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง. 2549. การจำลองแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิค. **ในการประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเจ้าพระนครเหนือ.

การวิเคราะห์เสถียรภาพความนิ่งเฉยแบบทนทานสำหรับโครงข่ายประสาทชนิดเป็นกลาง ที่มีตัวหน่วยแปรผันตามช่วงเวลา

Robust Passivity Analysis for Neutral-type Neural Networks with Interval Time-varying Delays

อนุชา กล่ำน้อย[1] และ ณรงค์ศักดิ์ โยธา[1*]

Anucha Klamnoi[1] and Narongsak Yotha[1*]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาของการมีเสถียรภาพความนิ่งเฉยแบบทนทานสำหรับโครงข่ายประสาทชนิดเป็นกลางที่มีตัวหน่วงแปรผันตามช่วงเวลา โดยการสร้างฟังก์ชันไลปูนอฟ-คาลอฟสกี้ การประมาณค่าอสมการปริพันธ์สองชั้นในเทอมอนุพันธ์ของฟังก์ชันไลปูนอฟ-คาลอฟสกี้ และการปรับปรุงเงื่อนไขที่เพียงพอเพื่อยืนยันการมีเสถียรภาพความนิ่งเฉยแบบทนทานของโครงข่ายประสาทชนิดเป็นกลาง เงื่อนไขเสถียรภาพความนิ่งเฉยแบบทนทานที่ได้รับนั้นอยู่ในเทอมของอสมการเมทริกซ์เชิงเส้นที่ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้อัลกอริทึม และสุดท้าย ได้ทำการหาตัวอย่างเชิงตัวเลขเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา

คำสำคัญ : ความนิ่งเฉย, โครงข่ายประสาทชนิดเป็นกลาง, ตัวหน่วงแปรผันตามช่วงเวลา, อสมการปริพันธ์

ABSTRACT

This researeh was considered with problem of the robust passivity analysis for neutral-type neural networks with interval time-varying delays. By constructing an augmented Lyapunov-Krasovskii functionals (LKFs) and using the double integral inequality with approach to estimate the derivative of the LKFs, sufficient conditions ware established to ensure the robust passivity of the considered neutral-type neural networks. These robust passivity conditions are obtained in terms of linear matrix inequalities, which could be investigated easily by using standard algorithms. Finally, a numerical example was given to demonstrate the effectiveness of the proposed method.

Keyword : passivity, neutral-type neural networks, interval time-varying delay, integral inequality.

---

[1] สาขาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

[1] Department of Applied Mathematics and Statistics, Faculty of Sciences and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan, Nai-Muang Sub-district, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : narongsak.yo@rmuti.ac.th

Introduction

The problem of passivity performance analysis has also been extensively applied in many areas such as signal processing, sliding mode control, and networked control. The main idea of the passivity theory is that the passive properties of a system can keep the system internally stable. Li et al. (2005) investigated the passivity of neural networks with time-varying delay, and gave some criteria for checking the passivity of neural networks with time-varying delay. Passivity analysis for neural networks of neutral type with Markovian jumping parameters and time delay in the leakage term has been presented (Balasubramaniam et al., 2011). Robust exponential passive filtering for uncertain neutral-type neural networks with time-varying mixed delays via Wirtinger-based integral inequality has been presented (Zhang et al., 2017). Recently, a new double integral inequality for time-delay system was proposed (Park et al., 2015), which is less conservative.

These motivate our research. Motivation by above discussion, this paper investigates the robust passivity analysis for NTNNs with interval and neutral time-varying delays. Based on the constructed Lyapunov-Krasovskii functionals, free-weighting matrix approach, and double integral inequality for estimating the derivative of the Lyapunov-Krasovskii functional, the delay-dependent passivity conditions were derived in terms of LMIs, which can be easily calculated by MATLAB LMIs control toolbox. Numerical example was provided to demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed criteria.

Preliminaries

Notations: R^n is the n-dimensional Euclidean space; $R^{m\times n}$ denotes the set of $m\times n$ real matrices; I_n represents the $n-$dimensional identity matrix; $\lambda(A)$ denotes the set of all eigenvalues of A; $\lambda_{\max}(A)=\max\{\operatorname{Re}\lambda;\lambda\in\lambda(A)\}$; $C([0,t],R^n)$ denotes the set of all R^n- valued continuous functions on $[0,t]$; The notation $X\geq 0$ (respectively, $X>0$) means that X is positive semidefinite (respectively, positive definite; $\operatorname{diag}(\ldots)$ denotes a block diagonal matrix; Matrix dimensions, if not explicitly stated, are assumed to be compatible for algebraic operations.

Consider the following NTNNs with interval and neutral time-varying delays described by:

$$\begin{cases}\dot{x}(t)=-\big(A-\Delta A(t)\big)x(t)+\big(W_1-\Delta W_1(t)\big)g(x(t))+\big(W_2-\Delta W_2(t)\big)g(x(t-\tau(t)))\\ \qquad\quad+\big(W_3-\Delta W_3(t)\big)\,\dot{x}(t-h(t))+u(t),\\ y(t)=g(x(t)),\\ x(t)=\phi(t),\quad t\in[-\tau_{\max},0],\quad \tau_{\max}=\max\{\tau_2,h_2\},\end{cases}\tag{1}$$

Where $x(t)=[X_1(t),X_2(t),\ldots,X_2(t)\in R^n$ is the state of the neural, $A=\operatorname{diag}(a_1,a_2,\ldots,a_n)>0$ represents the self-feedback term, W_1,W_2 and W_3 represents the connection weight matrices, $g(\cdot)=(g_1(\cdot),g_2(\cdot),\ldots,g_n(\cdot))^T$ represents the activation functions, $\tau(t)$ and $h(t)$ represents the discrete and neutral time-varying delays, respectively, $u(t)$ and $y(t)$ represents the input and output vectors, respectively. $\phi(t)$ is an initial conditionand $\Delta W_2(t)$, $\Delta W_1(t)$, $\Delta A(t)$. $\Delta W_3(t)$ are time-varying parameter uncertainties.

Throughout this paper, we make the following assumption:

(H1) : The time-varying uncertainties $\Delta A(t)$, $\Delta W_1(t)$, $\Delta W_2(t)$ and $\Delta W_3(t)$ are of the form:

$$[\Delta A(t)\ \ \Delta W_1(t)\ \ \Delta W_2(t)\ \ \Delta W_3(t)] = HF(t)[E_A\ \ E_{w1}\ \ E_{w2}\ \ E_{w3}], \tag{2}$$

where H, E_A, E_{W1}, E_{W2} and E_{W3} are known real constant matrices, and $F(\cdot)$ is and unknown time-varying matrix function satisfying $F^T(t)F(t) \le I$.

$(\mathrm{H2})$: The variables $\tau(t)$ and $h(t)$ satisfy the following conditions:

$$0 < \tau_1 \le \tau(t) \le \tau_2, \quad \dot{\tau}(t) \le \tau_3, \ 0 \le h(t) \le h_2, \quad \dot{h}(t) \le h_3, \quad \forall t \ge 0 \tag{3}$$

where known scalars $\tau_1, \tau_2, \tau_3, h_2$ and h_3.

$(\mathrm{H3})$: The neural activation functions $g_k(\cdot),\ k = 1,2,\ldots,n,$ satisfy $g_k(0) = 0$ and for $s_1 s_2 \in R \quad s_1 \ne s_2$:

$$l_k^- \le \frac{g_k(s_1) - g_k(s_2)}{s_1 - s_2} \le l_k^+, \tag{4}$$

where l_k^-, l_k^+ are known real scalars.

Let $x(t,\phi)$ denote the state trajectory of model (1) from the above initial condition and $x(t,0)$ the corresponding trajectory with zero initial condition.

Definition 1 The system (1) is said to be passive if there exists a scalar γ such that for all $t_f \ge 0$:

$$2\int_0^{t_f} y^T(s)u(s)ds \ge -\gamma \int_0^{t_f} u^T(s)u(s)ds,$$

and for all solutions of (1) with $x(t,0)$.

Lemma 2 (Park et al., 2015). For a positive definite matrix $S > 0,$ and any continuously differentiable function $x:[a,b] \to \mathbb{R}^n$ the following inequality holds:

$$\int_a^b \dot{x}^T(s) S \dot{x}(s) ds \ \ge \ \frac{1}{b-a}\Pi_1^T S \Pi_1 + \frac{3}{b-a}\Pi_2^T S \Pi_2 + \frac{5}{b-a}\Pi_3^T S \Pi_3,$$

where

$$\Pi_1 = x(b) - x(a),$$

$$\Pi_2 = x(b) + x(a) - \frac{2}{b-a}\int_a^b x(s)ds,$$

$$\Pi_3 = x(b) - x(a) + \frac{6}{b-a}\int_a^b x(s)ds - \frac{12}{(b-a)^2}\int_a^b \int_\theta^b x(s)ds\, d\theta.$$

Lemma 3 (Zhao et al., 2017). For a positive definite matrix $S > 0,$ and any continuously differentiable function $x:[a,b] \to \mathbb{R}^n$ the following inequality holds:

$$\int_a^b \int_\theta^b \dot{x}^T(s) S \dot{x}(s) ds\, d\theta \ \ge \ 2\Pi_4^T S \Pi_4 + 4\Pi_5^T S \Pi_5 + 6\Pi_6^T S \Pi_6,$$

Where

$$\Pi_4 = x(b) - \frac{1}{b-a}\int_a^b x(s)ds,$$

$$\Pi_5 = x(b) + \frac{2}{b-a}\int_a^b x(s)ds - \frac{6}{(b-a)^2}\int_a^b \int_\theta^b x(s)ds\, d\theta,$$

$$\Pi_6 = x(b) - \frac{3}{b-a}\int_a^b x(s)ds + \frac{24}{(b-a)^2}\int_a^b \int_\theta^b x(s)ds\, d\theta - \frac{60}{(b-a)^3}\int_a^b \int_\theta^b \int_s^b x(\lambda)d\lambda ds\, d\theta.$$

Lemma 4 (Li et al., 2005) .Let H, E and $F(t)$ be real matrices of appropriate dimensions with $F(t)$ satisfying $F(t)^T F(t) \le I$. Then, for any scalar $\varepsilon > 0$:

$$HF(t)E + \left(HF(t)E\right)^T \le \varepsilon^{-1} HH^T + \varepsilon E^T E.$$

Lemma 5 (Schur complement). Given constant symmetric matrices X, Y, Z with appropriate dimensions satisfying $X = X^T$, $Y = Y^T > 0$. Then $X + Z^T Y^{-1} Z < 0$ if and only if

$$\begin{pmatrix} X & Z^T \\ Z & Y \end{pmatrix} < 0 \quad \text{or} \quad \begin{pmatrix} -Y & Z \\ Z^T & X \end{pmatrix} < 0.$$

Main result

For presentation convenience, in the following, we denote

$L^+ = \text{diag}(l_1^+, l_2^+, \ldots, l_n^+)$, $L^- = \text{diag}(l_1^-, l_2^-, \ldots, l_n^-)$,

$\zeta(t) = [x^T(t), x^T(t-\tau(t)), x^T(t-\tau_1), x^T(t-\tau_2), g^T(x(t)), g^T(x(t-\tau(t))), g^T(x(t-\tau_1)), g^T(x(t-\tau_2)), \int_{t-\tau_1}^{t} x^T(s)ds,$

$\int_{t-\tau_2}^{t} x^T(s)ds, \int_{t-\tau_1}^{t}\int_{\theta}^{t} x^T(s)ds\,d\theta, \int_{t-\tau_2}^{t}\int_{\theta}^{t} x^T(s)dsd\theta, \int_{t-\tau_1}^{t}\int_{\theta}^{t}\int_{s}^{t} x^T(\lambda)d\lambda dsd\theta, \int_{t-\tau_2}^{t}\int_{\theta}^{t}\int_{s}^{t} x^T(\lambda)d\lambda dsd\theta,$

$\dot{x}^T(t-h(t)),\ \dot{x}^T(t),\ u^T(t)\ ]^T,$

and $e_i \in \mathbb{R}^{n\times 17n}$ is defined as $e_i = [0_{n\times(i-1)n},\ I_n,\ 0_{n\times(17-i)n}]$ for $i = 1,2,\ldots,17$.

Theorem 1 Under assumptions (H1)-(H3) system (1) is passive in definition 1 if there exist real positive matrices $P \in R^{7n\times 7n}$, Q_1, Q_2, Q_3, S_1, $S_2 \in R^{n\times n}$, real positive diagonal matrices U_1, U_2, T_s, T_{ab} $(s = 1,2,3,4;\ a = 1,2,3;\ b = 2,3,4;\ a < b)$, real matrices Z_1, Z_2 and Z_3 with appropriate dimensions, and scalars $\gamma > 0$ and $\varepsilon > 0$ such that the following LMIs holds:

$$\begin{bmatrix} \Sigma + \varepsilon \mathrm{X}_2^T \mathrm{X}_2 & \mathrm{X}_1^T \\ \mathrm{X}_1 & -\varepsilon I \end{bmatrix} < 0, \tag{5}$$

$$\begin{cases} \Sigma = \sum_{i=1}^{8} \Omega_i, \\ \mathrm{X}_1 = e_1^T Z_1 H + e_{16}^T Z_2 H + e_{17}^T Z_3 H, \qquad \mathrm{X}_2 = -E_A e_1 + E_{W1} e_5 + E_{W2} e_6 + E_{W3} e_{15}, \end{cases} \tag{6}$$

where

$$\begin{cases} \Omega_1 = \Pi_1^T P\ \Pi_2 + \Pi_2^T P\ \Pi_1, \qquad \Omega_2 = (\Pi_3 + \Pi_4)^T + \Pi_3 + \Pi_4, \\ \Omega_3 = 3e_1^T Q_1 e_1 - e_3^T Q_1 e_3 - e_4^T Q_1 e_4 + 2e_5^T Q_2 e_5 - e_7^T Q_2 e_7 - e_8^T Q_2 e_8 + e_{16}^T Q_3 e_{16} - (1-\tau_3) e_6^T Q_1 e_6 - (1-h_3) e_{15}^T Q_3 e_{15}, \\ \Omega_4 = e_{16}^T(\tau_1^2 S_1 + \tau_2^2 S_1) e_{16} - \Pi_5^T S_1 \Pi_5 - 3\Pi_6^T S_1 \Pi_6 - 5\Pi_7^T S_1 \Pi_7 - \Pi_8^T S_1 \Pi_8 - 3\Pi_9^T S_1 \Pi_9 - 5\Pi_{10}^T S_1 \Pi_{10}, \\ \Omega_5 = 0.5 e_{16}^T(\tau_1^2 + \tau_2^2) S_2 e_{16} - 2\Pi_{11}^T S_2 \Pi_{11} - 4\Pi_{12}^T S_2 \Pi_{12} - 6\Pi_{13}^T S_2 \Pi_{13} - 2\Pi_{14}^T S_2 \Pi_{14} - 4\Pi_{15}^T S_2 \Pi_{15} - 6\Pi_{16}^T S_2 \Pi_{16}, \\ \Omega_6 = \sum_{s=1}^{4}(\Pi_{17}^T T_s \Pi_{18} + \Pi_{18}^T T_s \Pi_{17}) + \sum_{a=1}^{3}\sum_{b=2,b>a}^{4} \Pi_{19}^T T_{ab} \Pi_{20} + \sum_{a=1}^{3}\sum_{b=2,b>a}^{4} \Pi_{20}^T T_{ab} \Pi_{19}, \\ \Omega_7 = \Pi_{21}^T \Pi_{22} + \Pi_{22}^T \Pi_{21}, \qquad \Omega_8 = -\gamma e_{17}^T e_{17} - e_5^T e_{17} - e_{17}^T e_5, \end{cases} \tag{7}$$

with

$\Pi_1 = [e_1^T,\ e_9^T,\ e_{10}^T,\ e_{11}^T,\ e_{12}^T,\ e_{13}^T,\ e_{14}^T]^T,$

$\Pi_2 = [e_{16}^T,\ e_1^T - e_3^T,\ e_1^T - e_4^T,\ \tau_1 e_1^T - e_9^T,\ \tau_2 e_1^T - e_{10}^T, 0.5\tau_1^2 e_1^T - e_{11}^T,\ 0.5\tau_2^2 e_1^T - e_{12}^T]^T,$

$\Pi_3 = e_5^T(U_1 - U_2)e_{16}, \quad \Pi_4 = e_1^T(L^+U_2 - L^-U_1)e_{16}, \quad \Pi_5 = e_1 - e_3,$

$\Pi_6 = e_1 + e_3 - \frac{2}{\tau_1}e_9, \quad \Pi_7 = e_1 - e_3 + \frac{6}{\tau_1}e_9 - \frac{12}{\tau_1^2}e_{11}, \quad \Pi_8 = e_1 - e_4,$

$\Pi_9 = e_1 + e_4 - \frac{2}{\tau_2}e_{10}, \quad \Pi_{10} = e_1 - e_4 + \frac{6}{\tau_2}e_{10} - \frac{12}{\tau_2^2}e_{12}, \quad \Pi_{11} = e_1 - \frac{1}{\tau_1}e_9,$

$\Pi_{12} = e_1 + \frac{2}{\tau_1}e_9 - \frac{6}{\tau_1^2}e_{11}, \quad \Pi_{13} = e_1 + e_2 - \frac{3}{\tau_1}e_9 + \frac{24}{\tau_1^2}e_{11} - \frac{60}{\tau_1^3}e_{13}, \quad \Pi_{14} = e_1 - \frac{1}{\tau_2}e_{10},$

$\Pi_{15} = e_1 + \frac{2}{\tau_2}e_{10} - \frac{6}{\tau_2^2}e_{12}, \quad \Pi_{16} = e_1 + e_2 - \frac{3}{\tau_2}e_{10} + \frac{24}{\tau_2^2}e_{12} - \frac{60}{\tau_2^3}e_{14}, \quad \Pi_{17} = e_{s+4} - L^-e_s,$

$\Pi_{18} = L^+e_s - e_{s+4}, \quad \Pi_{19} = (e_{a+4} - e_{b+4}) - L^+(e_a - e_b), \quad \Pi_{20} = L^+(e_a - e_b) - (e_{a+4} - e_{b+4}),$

$\Pi_{21} = e_1^T Z_1 + e_{16}^T Z_2 + e_{17}^T Z_3, \quad \Pi_{22} = -Ae_1 + W_1 e_5 + W_2 e_6 + W_3 e_{15} + e_{17} - e_{16}.$

Proof: Consider a Lyapunov-Krasovskii functionals candidate:

$$V(x(t)) = \sum_{i=1}^{5} V_i(x(t)), \tag{8}$$

where

$$V_1(x(t)) = \eta^T(t) P \eta(t),$$

$$V_2(x(t)) = 2\sum_{k=1}^{n} \rho_k \int_0^{x(t)} [g_k(s) - l_k^- s]\,ds + 2\sum_{k=1}^{n} \nu_k \int_0^{x(t)} [l_k^+ s - g_k(s)]\,ds,$$

$$V_3(x(t)) = \sum_{i=1}^{2} \int_{t-\tau_i}^{t} [x^T(s) Q_1 x(s) + g^T(x(s)) Q_2 g(x(s))]\,ds + \int_{t-\tau(t)}^{t} x^T(s) Q_1 x(s)\,ds + \int_{t-h(t)}^{t} \dot{x}^T(s) Q_3 \dot{x}(s)\,ds,$$

$$V_4(x(t)) = \sum_{i=1}^{2} \tau_i \int_{t-\tau_i}^{t} \int_{\theta}^{t} \dot{x}^T(s) S_1 \dot{x}(s)\,ds\,d\theta,$$

$$V_5(x(t)) = \sum_{i=1}^{2} \int_{t-\tau_i}^{t} \int_{\theta}^{t} \int_{s}^{t} \dot{x}^T(\lambda) S_2 \dot{x}(\lambda)\,d\lambda\,ds\,d\theta,$$

where

$$\eta(t) = [x^T(t), \int_{t-\tau_1}^{t} x^T(s)ds, \int_{t-\tau_2}^{t} x^T(s)ds, \int_{t-\tau_1}^{t}\int_{\theta}^{t} x^T(s)dsd\theta, \int_{t-\tau_2}^{t}\int_{\theta}^{t} x^T(s)dsd\theta, \int_{t-\tau_1}^{t}\int_{\theta}^{t}\int_{s}^{t} x^T(\lambda)d\lambda dsd\theta, \int_{t-\tau_2}^{t}\int_{\theta}^{t}\int_{s}^{t} x^T(\lambda)d\lambda dsd\theta]^T$$

$U_1 = \text{diag}\{\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_n\} \geq 0$, and $U_2 = \text{diag}\{\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_n\} \geq 0$ are to be determined.

The time derivative of $V(x(t))$ can be computed as follows:

$$\dot{V}_1(x(t)) = 2\dot{\eta}^T(t) P \eta(t),$$
$$\leq\ \varsigma^T(t)\ \Omega_1\ \varsigma(t),$$

$$\dot{V}_2(x(t)) = 2\sum_{k=1}^{n} \{\ \rho_k\ \dot{x}(t)[g_k(x(t)) - l_k^- x(t)] + \nu_k\ \dot{x}(t)[l_k^+ x(t) - g_k(x(t))]\},$$
$$\leq\ \varsigma^T(t)\ \Omega_2\ \varsigma(t),$$

$$\dot{V}_3(x(t)) \leq 3x^T(t) Q_1 x(t) + \dot{x}^T(t) Q_3 \dot{x}(t) - x^T(t-\tau_1) Q_1 x(t-\tau_1) - x^T(t-\tau_2) Q_1 x(t-\tau_2) + 2g^T(x(t)) Q_2 g(x(t))$$
$$- g^T(x(t-\tau_1)) Q_2 g(x(t-\tau_1)) - g^T(x(t-\tau_2)) Q_2 g(x(t-\tau_2)) - (1-\tau_3) x^T(t-\tau(t)) Q_1 x(t-\tau(t))$$
$$- (1-h_3) \dot{x}^T(t-h(t)) Q_3 \dot{x}(t-h(t)),$$
$$=\ \varsigma^T(t)\ \Omega_3\ \varsigma(t),$$

$$\dot{V}_4(x(t)) = \dot{x}^T(t)(\tau_1^2 S_1 + \tau_2^2 S_1)\dot{x}(t) - \tau_1\int_{t-\tau_1}^{t}\dot{x}^T(s)S_1\dot{x}(s)\,ds - \tau_2\int_{t-\tau_2}^{t}\dot{x}^T(s)S_1\dot{x}(s)\,ds,$$
$$\leq \varsigma^T(t)\,\Omega_4\,\varsigma(t),$$
$$\dot{V}_5(x(t)) = 0.5\,\dot{x}^T(t)(\tau_1^2 S_2 + \tau_2^2 S_2)\dot{x}(t) - \int_{t-\tau_1}^{t}\int_{\theta}^{t}\dot{x}^T(s)S_2\dot{x}(s)\,ds\,d\theta - \int_{t-\tau_2}^{t}\int_{\theta}^{t}\dot{x}^T(s)S_2\dot{x}(s)\,ds\,d\theta,$$
$$\leq \varsigma^T(t)\,\Omega_5\,\varsigma(t),$$

where $\Omega_i, (i=1,2,3,4,5)$ is defined in (7).

From $(\mathrm{H3})$, the nonlinear function $g_k(\mathrm{x}_k)$ satisfies $l_k^- \leq \dfrac{g_k(x_k)}{x_k} \leq l_k^+, \quad k=1,2,\ldots,n, \; x_k \neq 0.$

Thus, for any $t_k > 0, (k=1,2,\ldots,\mathrm{n}),$ we have $2t_k[g_k^T(x(\theta)) - l_k^- x(\theta)][l_k^+ x(\theta) - g_k(x(\theta))] \geq 0,$ which $2[g^T(x(\theta)) - x^T(\theta)L^-]^T T[L^+ x(\theta) - g(x(\theta))] \geq 0,$ where $T = \mathrm{diag}\{t_1, t_2, \ldots, t_n\}$. Let θ be $t,\ t-\tau(\mathrm{t}),\ t-\tau_1$ and $t-\tau_2,$ replace T with $T_s(s=1,2,3,4),$ then, we have $(s=1,2,3,4)$

$$2\varsigma^T(t)\,\Pi_{17}^T\,T_s\,\Pi_{18}\,\varsigma(t) \geq 0, \tag{9}$$

Another observation from $(\mathrm{H3})$, we have $l_k^- \leq \dfrac{g_k(x(\theta_1)) - g_k(x(\theta_2))}{x(\theta_1) - x(\theta_2)} \leq l_k^+, \; k=1,2,\ldots,n.$

Thus, for any $t_k > 0, (k=1,2,\ldots,\mathrm{n}),$ and $\Lambda = g_k(x(\theta_1)) - g_k(x(\theta_2)),$ we have $2t_k[\Lambda - l_k^-(x(\theta_1) - x(\theta_2))][l_k^+(x(\theta_1) - x(\theta_2)) - \Lambda] \geq 0,$ which $2[\Lambda - L^-(x(\theta_1) - x(\theta_2))]^T T[L^+(x(\theta_1) - x(\theta_2)) - \Lambda] \geq 0,$ where $\Lambda = \mathrm{col}\{\Lambda_1, \Lambda_2, \ldots, \Lambda_n\}$. Let θ_1 and θ_2 take values in $t,\ t-\tau(\mathrm{t}),\ t-\tau_1$ and $t-\tau_2,$ replace T with $T_{ab}(a=1,2,3;\ b=2,3,4;\ b>a),$ then, we have

$$2\varsigma^T(t)\,\Pi_{19}^T\,T_{ab}\,\Pi_{20}\,\varsigma(t) \geq 0, \tag{10}$$

where $a=1,2,3,\ b=2,3,4,\ b>a.$ From (9) and (10), it can be shown that

$$\varsigma^T(t)\,\Omega_6\,\varsigma(t) \geq 0, \tag{11}$$

where Ω_6 is defined in (7).

On the other hand, for any matrices Z_1, Z_2 and Z_3 with appropriate dimensions, it is true that

$$0 = \left[x^T(t)\,\mathrm{Z}_1 + \dot{x}^T(t)\,\mathrm{Z}_2 + u^T(t)Z_3\right]\left[-(A+\Delta A)x(t) + (W_1+\Delta W_1)g(x(t)) + (W_2+\Delta W_2)g(x(t-\tau(t)))\right.$$
$$\left. + (W_3+\Delta W_3)\dot{x}(t-h(t)) + u(t) - \dot{x}(t)\right], \tag{12}$$

Therefore, we conclude that

$$\dot{V}(x(t)) - \gamma u^T(t)u(t) - 2y^T(t)u(t) \leq \sum_{i=1}^{6}\Omega_i + \left[x^T(t)\,\mathrm{Z}_1 + \dot{x}^T(t)\,\mathrm{Z}_2 + u^T(t)Z_3\right]\left[-(A+\Delta A(t))x(t) + (W_1+\Delta W_1(t))\right.$$
$$\left. \times g(x(t)) + (W_2+\Delta W_2(t))g(x(t-\tau(t))) + (W_3+\Delta W_3(t))\dot{x}(t-h(t)) + u(t) - \dot{x}(t)\right]$$
$$- \gamma u^T(t)u(t) - 2y^T(t)u(t).$$

Replacing $\Delta A(t)$, $\Delta W_1(t)$, $\Delta W_2(t)$ and $\Delta W_3(t)$ with $HF(t)E_A$, $HF(t)E_{W1}$, $HF(t)E_{W2}$ and $HF(t)E_{W3}$ respectively, so we have

$$\dot{V}(x(t)) - \gamma u^T(t)u(t) - 2y^T(t)u(t) \leq \sum + \mathrm{X}_1^T F(t)\mathrm{X}_2 + \mathrm{X}_2^T F(t)\mathrm{X}_1, \tag{13}$$

where $\sum$, X_1 and X_2 are defined in (6). By Lemma 4, it can be deduced that $\varepsilon > 0$ and

$$\dot{V}(x(t)) - \gamma u^T(t)u(t) - 2y^T(t)u(t) \leq \sum + \varepsilon^{-1}\mathrm{X}_1^T\mathrm{X}_1 + \varepsilon\mathrm{X}_2^T\mathrm{X}_2. \tag{14}$$

If we have $\sum + \varepsilon^{-1}\mathrm{X}_1^T\mathrm{X}_1 + \varepsilon\mathrm{X}_2^T\mathrm{X}_2 < 0,$ then

$$\dot{V}(x(t)) - \gamma u^T(t)u(t) - 2y^T(t)u(t) \leq 0, \tag{15}$$

for any $\varsigma(t) \neq 0$. Since $V(x(0)) = 0$ under zero initial condition, let $x(t) = 0$ for $t \in [\tau_{\max}, 0]$, after integrating (15) with respect to t over the time period from 0 to t_f, we get

$$2\int_0^{t_f} y^T(s)u(s)\,ds \geq V(x(t_f)) - V(x(0)) - \gamma\int_0^{t_f} u^T(s)u(s)\,ds \geq -\gamma\int_0^{t_f} u^T(s)u(s)\,ds.$$

Thus, the NTNNs (1) with assumptions $(\mathrm{H1})$ - $(\mathrm{H3})$ is passive in the sense of Definition 1. By the Schur complement, it is easy to verify that $\Sigma + \varepsilon^{-1}\mathrm{X}_1^T\mathrm{X}_1 + \varepsilon\mathrm{X}_2^T\mathrm{X}_2 < 0$, is equivalent to (5). This completes the proof.

Numerical Example

In this section, we present example to illustrate the effectiveness and the reduced conservatism of our result. Consider the NTNNs (1) with the following parameters:

$$A = \begin{bmatrix} 1.2 & 0 \\ 0 & 1.8 \end{bmatrix},\quad W_1 = \begin{bmatrix} -0.2 & 0.2 \\ 0.26 & 0.1 \end{bmatrix},\quad W_2 = \begin{bmatrix} -0.1 & -0.2 \\ 0.2 & 0.1 \end{bmatrix},\quad W_3 = \begin{bmatrix} -0.2 & 0 \\ 0.2 & -0.1 \end{bmatrix},\quad H = \begin{bmatrix} 0.1 & 0 \\ 0 & 0.1 \end{bmatrix},$$

$$E_A = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}, E_{W1} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.1 \\ 0.5 & 0.4 \end{bmatrix},\ E_{W2} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.2 \\ 0.1 & 0.3 \end{bmatrix},\quad E_{W3} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 \end{bmatrix},\quad \begin{matrix} 0.2 \leq \tau(t) \leq 3,\ \tau_3 = 0.5 \\ h_2 = 3,\quad h_3 = 0.5. \end{matrix}$$

The activation functions are assumed to be $g_i(x_i(t)) = 0.5(|x_i + 1| - |x_i - 1|),\ i = 1, 2.$

It is easy to see: $L^- = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix},\ L^+ = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$

Figure 1, gives the state trajectory of the NTNNs (1), the initial condition $\begin{bmatrix} x_1(t) & x_2(t) \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} 0.2 & -0.3 \end{bmatrix}^T$, which shows that the NTNNs (1) is stable.

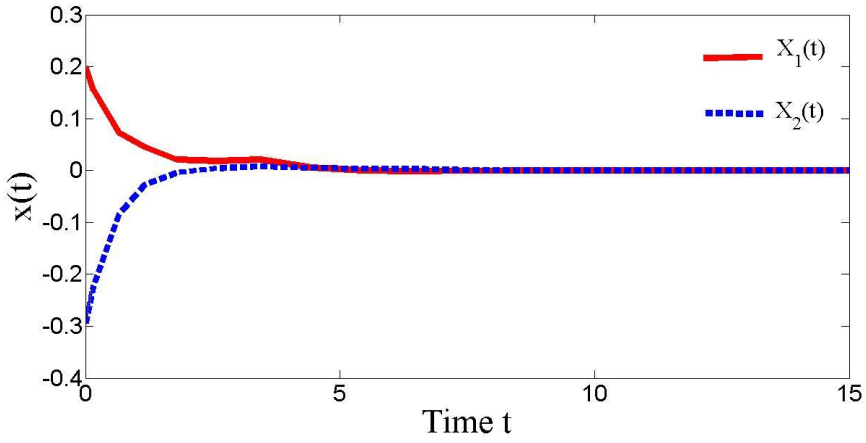


Figure 1 State trajectory of the NTNNs (1)

Using MATLAB LMIs Toolbox and by our Theorem 1 in this paper. Here we can obtain the following feasible solutions:

$$P=\begin{bmatrix}
91.7711 & 10.7739 & -5.2299 & -1.4689 & -0.0247 & -0.0414 & 8.4931 & 0.4584 & 0.0046 & -0.0017 & 5.1264 & 0.7178 & 0.0002 & 0.0001\\
10.7739 & 93.5515 & -2.8882 & -5.0273 & -0.2617 & -0.1027 & 0.5629 & 10.6902 & -0.0277 & -0.0015 & 1.4011 & 5.0119 & -0.0007 & 0.0000\\
-5.2299 & -2.8882 & 19.6994 & 0.2998 & -1.2923 & 0.1230 & 17.0559 & -0.2530 & -0.2011 & 0.0088 & -6.7314 & 0.0091 & -0.0057 & 0.0002\\
-1.4689 & -5.0273 & 0.2998 & 20.8348 & 0.0271 & -1.3688 & 0.3556 & 17.0940 & -0.0034 & -0.2131 & -0.1770 & -6.8304 & -0.0001 & -0.0059\\
-0.0247 & -0.2617 & -1.2923 & 0.0271 & 1.5851 & -0.2310 & -0.2546 & -0.0232 & 0.1958 & -0.0219 & 0.1293 & -0.0482 & 0.0051 & -0.0005\\
-0.0414 & -0.1027 & 0.1230 & -1.3688 & -0.2310 & 1.5149 & 0.0151 & -0.2822 & -0.0194 & 0.1901 & -0.0148 & 0.1038 & -0.0005 & 0.0050\\
8.4931 & 0.5629 & 17.0559 & 0.3556 & -0.2546 & 0.0151 & 57.8487 & 0.1287 & -0.0662 & 0.0003 & -17.5936 & 0.2026 & -0.0022 & -0.0001\\
0.4584 & 10.6902 & -0.2530 & 17.0940 & -0.0232 & -0.2822 & 0.1287 & 57.9658 & -0.0053 & -0.0690 & 0.2413 & -17.6995 & 0.0001 & -0.0020\\
0.0046 & -0.0277 & -0.2011 & -0.0034 & 0.1958 & -0.0194 & -0.0662 & -0.0053 & 0.0482 & -0.0022 & 0.0185 & -0.0088 & 0.0014 & -0.0001\\
-0.0017 & -0.0015 & 0.0088 & -0.2131 & -0.0219 & 0.1901 & 0.0003 & -0.0690 & -0.0022 & 0.0477 & -0.0019 & 0.0148 & -0.0001 & 0.0014\\
5.1264 & 1.4011 & -6.7314 & -0.1770 & 0.1293 & -0.0148 & -17.5936 & 0.2413 & 0.0185 & -0.0019 & 47.8718 & -0.0600 & 0.0010 & 0.0001\\
0.7178 & 5.0119 & 0.0091 & -6.8304 & -0.0482 & 0.1038 & 0.2026 & -17.6995 & -0.0088 & 0.0148 & -0.0600 & 48.0880 & -0.0015 & -0.0001\\
0.0002 & -0.0007 & -0.0057 & -0.0001 & 0.0051 & -0.0005 & -0.0022 & 0.0001 & 0.0014 & -0.0001 & 0.0010 & -0.0015 & 0.0002 & 0.0000\\
0.0001 & 0.0000 & 0.0002 & -0.0059 & -0.0005 & 0.0050 & -0.0001 & -0.0020 & -0.0001 & 0.0014 & 0.0001 & -0.0001 & 0.0000 & 0.0002
\end{bmatrix}$$

$$Q_1=\begin{bmatrix}32.2385 & 2.3985\\ 2.3985 & 39.6853\end{bmatrix}, Q_2=\begin{bmatrix}29.5823 & -6.4145\\ -6.4145 & 27.2105\end{bmatrix}, Q_3=\begin{bmatrix}69.2395 & 11.6417\\ 11.6417 & 46.8086\end{bmatrix}, S_1=10^{-9}\times\begin{bmatrix}317.0164 & -4.2475\\ -4.2475 & 321.7631\end{bmatrix},$$

$$S_2=10^{-4}\times\begin{bmatrix}0.0006 & 740.5595\\ 740.5595 & 0.0006\end{bmatrix}, U_1=\begin{bmatrix}79.3273 & 0\\ 0 & 58.3198\end{bmatrix}, U_2=\begin{bmatrix}46.1570 & 0\\ 0 & 58.3997\end{bmatrix}, Z_1=\begin{bmatrix}3.9452 & 0\\ 0 & 3.2423\end{bmatrix},$$

$$Z_2=\begin{bmatrix}2.0621 & 0\\ 0 & 1.5664\end{bmatrix}, \quad Z_3=\begin{bmatrix}3.9452 & 0\\ 0 & 3.2423\end{bmatrix}, \quad T_1=\begin{bmatrix}55.1130 & 0\\ 0 & 59.9785\end{bmatrix}, \quad T_2=\begin{bmatrix}25.8527 & 0\\ 0 & 24.2644\end{bmatrix},$$

$$T_3=\begin{bmatrix}19.0222 & 0\\ 0 & 20.0194\end{bmatrix}, \quad T_4=\begin{bmatrix}8.5334 & 0\\ 0 & 8.3796\end{bmatrix}, \quad T_5=\begin{bmatrix}7.8418 & 0\\ 0 & 7.6109\end{bmatrix}, \quad T_6=\begin{bmatrix}8.0943 & 0\\ 0 & 7.7268\end{bmatrix},$$

$$T_7=\begin{bmatrix}9.5698 & 0\\ 0 & 9.4510\end{bmatrix}, \quad T_8=\begin{bmatrix}7.9413 & 0\\ 0 & 7.8127\end{bmatrix}, \quad T_9=\begin{bmatrix}9.3587 & 0\\ 0 & 9.3286\end{bmatrix}, \quad T_{10}=\begin{bmatrix}10.2789 & 0\\ 0 & 10.1881\end{bmatrix},$$

$\gamma = 206.0849$ and $\varepsilon = 27.8749.$

Conclusion

In this paper, the robust passivity analysis for NTNNs with interval and neutral time-varying delays has been studied. By employing the Lyapunov-Krasovskii functionals method, double integral inequality was developed to guarantee the passivity performance of NTNNs. A new passivity analysis criterion has been given in terms of LMIs, which was dependent on time-varying delays. Finally, a numerical example has been presented which illustrate the effectiveness and usefulness of the proposed method.

Acknowledment

This project was supported by Rajamangala University of Technology Isan, Contract No. NKR2561REV038.

References

Xie, L.H., Fu, M.Y. and Li, H.Z. 1998. Passivity analysis and pacification for uncertain signal processing systems. **IEEE Trans Signal Process**. 46: 394-403.

Yotha, N., Botmart, T., Mukdasai, K. and Weera, W. 2017 Improved delay-dependent approach to passivity analysis for uncertain neural networks with discrete interval and distributed time-varying delays. **Vietnam J. Math**. 45 : 721-736.

Chua, L.O. 1999. Passivity and complexity. **IEEE Trans Circuits Syst I**. 46: 71-82.

Kolmanovski, V.B., Myshkis, A.D. 1992. **Applied Theory of Functional Differential Equations**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Li, C. and Liao, X. 2005. Passivity analysis of neural networks with time delay. **IEEE Trans. Circuits Syst. II, Analog Digit. Signal Process.** 52: 471-475.

Song, Q., Liang, J. and Wang, Z. 2009. Passivity analysis of discrete-time stochastic neural networks with time-varying delays. **Neurocomputing**. 72: 1782-1788.

Song, Q. and Cao, J. 2012. Passivity of uncertain neural networks with both leakage delay and time-varying delay. **Nonlinear Dyn**. 67: 1695-1707.

Zheng, D.C., Gong, C.K. and Wang, Z. 2013 New passivity conditions with fewer slack variables for uncertain neural networks with mixed delays. **Neurocomputing**. 118: 237-244.

Samidurai, R., Rajavel, S., Zhu, Q., Raja, R. and Zhou, H. 2016. Robust passivity analysis for neutral type neural networks with mixed and leakage delays. **Neurocomputing**. 175: 635-643.

Balasubramaniam, P., Nagamani, G. and Rakkiyappan, R. 2011. Passivity analysis for neural networks of neutral type with Markovian jumping parameters and time delay in the leakage term. **Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul**. 16: 4422-4437.

Zhang, X., Fan, X.F., Xue, Y., Wang, Y.T. and Cai, W. 2017. Robust exponential passive filtering for uncertain neutral-type neural networks with time-varying mixed delays via wirtinger-based integral inequality. **Internat. J. Control, Autom. Syst**. 15: 585-594.

Seuret, A. and Gouaisbaut, F. 2013. Wirtinger-based integral inequality: application to time-delay systems. **Automatica**. 49: 2860-2866.

Park, P.G., Lee, W.I. and Lee, S.Y. 2015. Auxiliary function-based integral inequalities for quadratic functions and their applications to time-delay systems. **J. Frankl Inst**. 352: 1378-1396.

Zhao, N., Lin, C., Chen, B. and Wang, Q.G. 2017. A new double integral inequality and application to stability test for time-delay systems. **Appl. Math. Lett.** 65: 26-31.

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม ด้วยเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง

Study on Optimum Conditions for Biodiesel Production from Palm Oil Using High Shear Reactor

พุทธิพร เทียมสินสังวร[1*] วีรินทร์ดา อัปมานะ[1] ศุภพงษ์ ก้าวหน้าชัยมงคล[1]
นราเกตน์ พลสอน[1] และ ศราวุธ จิตต์พินิจ[1]
Puttiporn Thiamsinsangwon[1*] Weerinda Appmana[1] Supapong Kaownaimongkol[1]
Naragate Ponsorn[1] and Sarawut Jitpinit[1]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและเมทานอลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์ในเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง และเปรียบเทียบการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มและเมทานอลในเครื่องปฏิกรณ์แบบกวนเชิงกล โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกลที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล 1:6 ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนัก และอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส จากผลที่ได้พบว่า ไบโอดีเซลสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 90 ที่เวลา 120 นาที ส่วนตอนที่ 2 ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ โดยทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล อุณหภูมิและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ จากผลที่ได้พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูง คือ ที่ความเร็วรอบ 12,500 รอบต่อนาที อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล 1:6 อุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียส และปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนัก ซึ่งได้ผลได้ไบโอดีเซลสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 98.85 ที่เวลา 30 นาที

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล, ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน, ตัวเร่งปฏิกิริยาเอกพันธุ์, เครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง

ABSTRACT

This work studied on optimum conditions for biodiesel production from palm oil using a high shear reactor. The purpose of this research is biodiesel production from palm oil and methanol using a homogeneous catalyst in a high shear reactor, study optimization for biodiesel production from palm oil and methanol using a high shear reactor, which affects to methyl ester and comparing with the production of biodiesel from palm oil and methanol using a mechanical stirrer reactor. This research was divided into 2 main parts, part 1) Study of biodiesel production from palm oil using a mechanical stirrer reactor at optimum conditions for this reactor. The molar ratio between palm oil and methanol is 1:6, NaOH catalyst is 1% by weight, and the temperature is 60ºC. It found that the highest biodiesel yield is 90% at reaction time is 120 minutes. Part 2) Study of biodiesel production from palm oil using the high shear reactor to optimized for this reactor. Which parameter that affects to methyl ester, speed round is 12,500 rpm, a molar ratio between palm oil and methanol is 1:6, the temperature is 60ºC and NaOH catalyst is 1% by weight. The highest biodiesel yield is 98.85% at reaction time is 30 minutes.

Keywords : Biodiesel, Transesterification reaction, Homogeneous catalyst, High shear reactor

---

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12110

[1]Department of Chemical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, University Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110, Thailand

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : puttiporn.t@en.rmutt.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งปิโตรเลียมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนของประชากรอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ปริมาณเชื้อเพลิงประเภทนี้มีอยู่อย่างจำกัด และการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งปิโตรเลียมยังก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาเชื้อเพลิงจากแหล่งทรัพยากรอื่นมาทดแทน ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทดแทนที่น่าสนใจมาก เนื่องจากไบโอดีเซลสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายประเภท เช่น น้ำมันที่บริโภคได้ น้ำมันที่บริโภคไม่ได้น้ำมันที่ใช้แล้ว นอกจากนี้ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสะอาด เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์กว่าน้ำมันดีเซล จึงช่วยลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ออกสู่บรรยากาศ โดยทั่วไปไบโอดีเซลเกิดจากการนำไขมันหรือน้ำมันมาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์น้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาหรือไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดดีเซลและ กลีเซอรอล เรียกว่าปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์

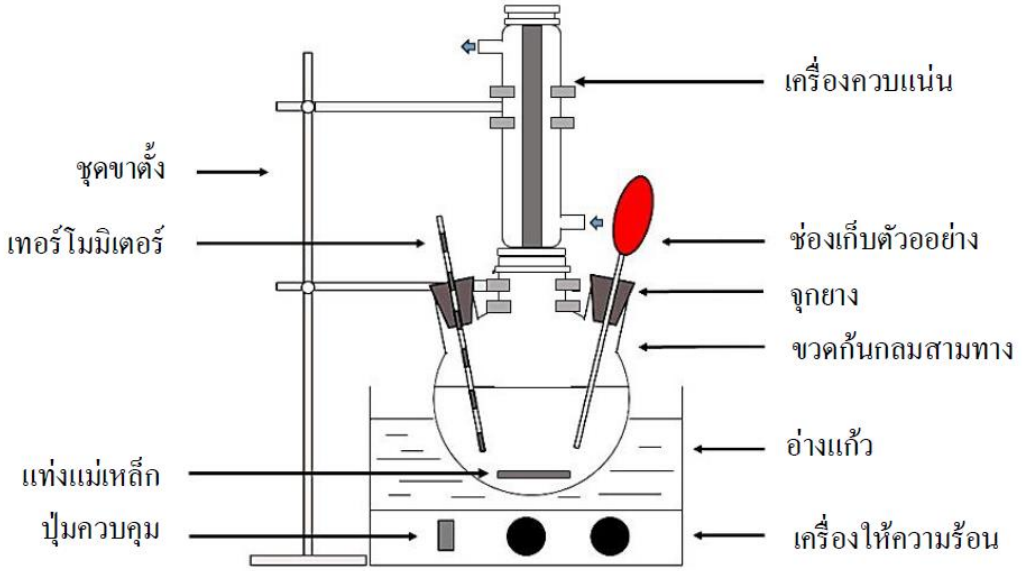
อย่างไรก็ตาม ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันของไตรกลีเซอไรด์ สามารถเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับได้และมีผลผลิตไบโอดีเซลอย่างจำกัด นอกจากนี้ยังพบปัญหาเกี่ยวกับการละลายของเมทานอลและน้ำมัน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอเครื่องปฏิกรณ์ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาข้างต้น เช่น เครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง เป็นต้น เครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง หรือโฮโมจีไนส์เซอร์ เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่น่าสนใจ จากงานวิจัยที่ผ่านมาสรุปได้ว่าประเภทของเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูงมีประสิทธิภาพสูงสำหรับการผลิตไบโอดีเซลในแง่ของการลดเวลาในกระบวนการ ซึ่งในการใช้เครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง สำหรับกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลและทางเคมีของไบโอดีเซล เนื่องจากแรงดันของเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง ทำให้เกิดปรากฏการณ์แคปวิเตชัน (cavitation) โดยลักษณะของฟองที่มีขนาดแตกต่าง จะเกิดการกระทบกันอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลต่อการผสมผสานระหว่างคุณสมบัติที่แตกต่างกันให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูงโดยศึกษาผลของปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ซึ่งได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันปาล์มกับเมทานอล อุณหภูมิและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มในเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล

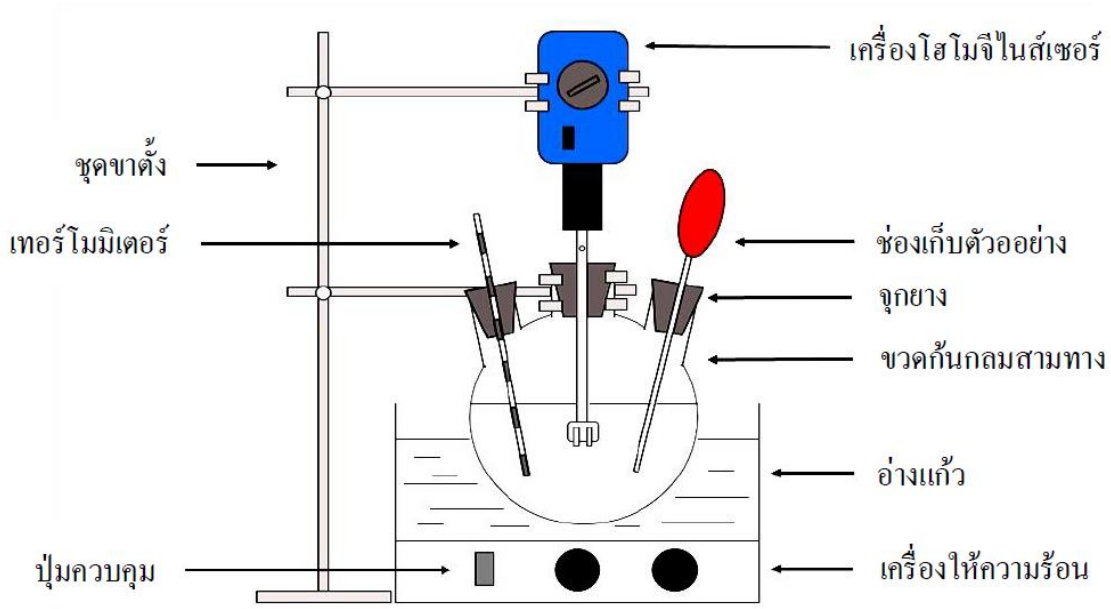
ทำการป้อนน้ำมันปาล์มกับเมทานอลในอัตราส่วน 1:6 โดยโมล เข้าสู่ขวดก้นกลมแบบสามทาง พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล ดังภาพที่ 1 โดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนักที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จากนั้นเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่เวลาต่างๆ โดยเก็บตัวอย่างครั้งละ 2 มิลลิลิตร และวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คอลัมน์แบบคาปิลลารี ZB5-HT ขนาด 0.25 มิลลิลิตร × 30 เมตร



ภาพที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล

2. ศึกษากระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์ม โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูง

เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปฏิกรณ์ชนิดแบบแรงเฉือนสูงโดยทำการศึกษาปัจจัยต่างที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอล อุณหภูมิและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่เวลาต่างๆ มาวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี คอลัมน์แบบคาปิลลารี ZB5-HT ขนาด 0.25 มิลลิลิตร × 30 เมตร

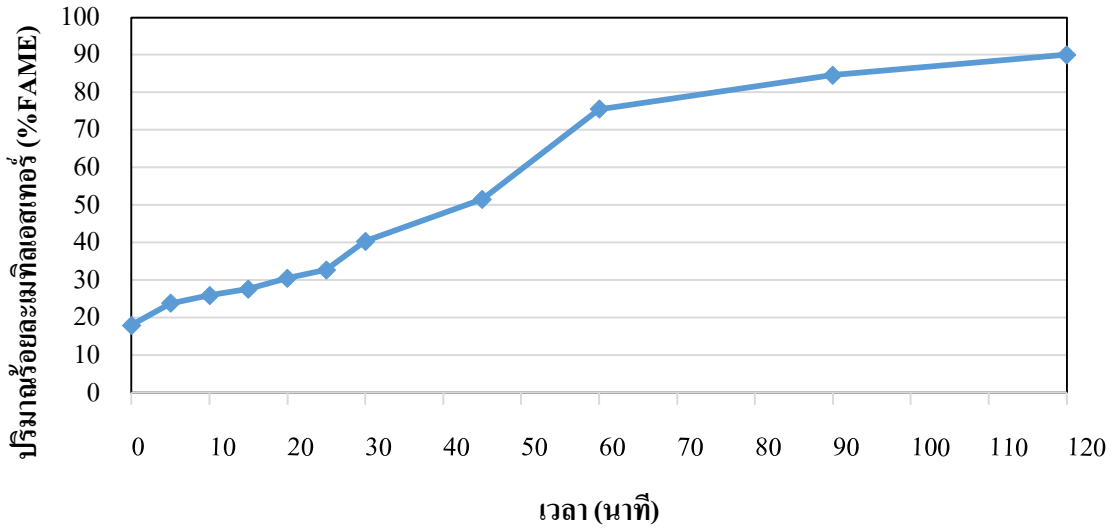


ภาพที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง

ผลและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล

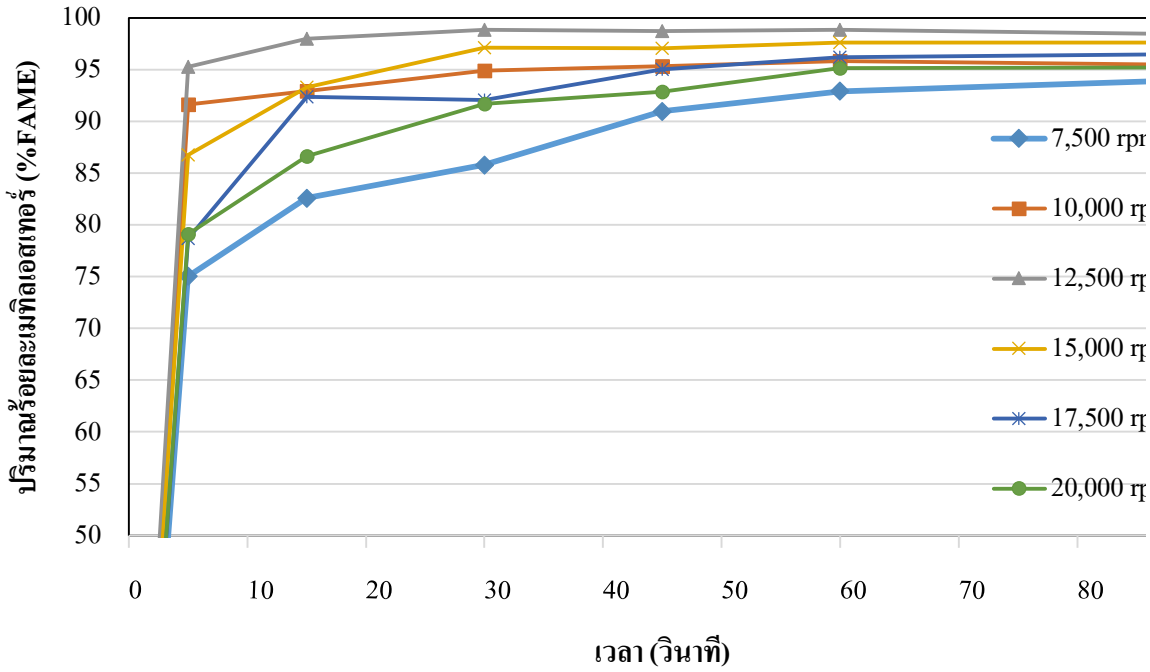
เครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกลเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่นิยมใช้ผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไป ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์ชนิดนี้ใช้เวลาในการผลิตไบโอดีเซล 2-4 ชั่วโมง จึงจะได้ผลได้ไบโอดีเซลตามมาตรฐานกำหนด นอกจากนี้ยังใช้พลังงานน้อยและค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ข้อจำกัดของเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล คือ การถ่ายโอนมวลและความร้อนต่ำ อีกทั้งขนาดของเครื่องปฏิกรณ์มีขนาดใหญ่ จากภาพที่ 3 แสดงผลได้ของเครื่องปฏิกรณ์ค่อนข้างช้าเนื่องจากใช้ระยะเวลานานในการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเตอริฟิเคชั่น จากการทดลองพบว่าผลได้ของไบโอดีเซลเป็นร้อยละ 90 ที่เวลา 120 นาที ซึ่งผลได้ไบโอดีเซลที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากข้อจำกัดต่างๆ ของเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในการผสม อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันและเมทานอล อุณหภูมิและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสม เป็นต้น



ภาพที่ 3 ผลของการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบการกวนเชิงกล

2. ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูง

2.1 ผลของความเร็วรอบในการผสมที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ พบว่าร้อยละผลได้ไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นจาก 75.04 เป็น 95.29 เมื่อเพิ่มความเร็วผสมขึ้นจาก 7500 รอบต่อนาทีถึง 12500 รอบต่อนาทีที่เวลาในการทำปฏิกิริยา 5 นาที นอกจากนี้การเพิ่มความเร็วรอบในการผสมมากเกิน 12500 รอบต่อนาที ทำให้ปริมาณเมทิลเอสเทอร์ลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันกับเมทานอล อุณหภูมิและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ อีกทั้งความเร็วรอบที่ต่ำเกินไป ส่งผลให้อัตราการผสมลดลงและไม่สามารถลดข้อจำกัดในเรื่องการถ่ายโอนมวลได้ จึงเกิดปฏิกิริยาได้เพียงบางส่วน ดังนั้นความเร็วรอบในการผสมที่ดีที่สุด คือ 12500 รอบต่อนาที ทำให้ผลได้ไบโอดีเซลผ่านมาตรฐานร้อยละ 96.50 ที่ความเร็วรอบ 12500 รอบต่อนาที ผลได้ไบโอดีเซลสูงสุด คือ ร้อยละ 98.85 ที่เวลา 30 นาที ดังภาพที่ 4



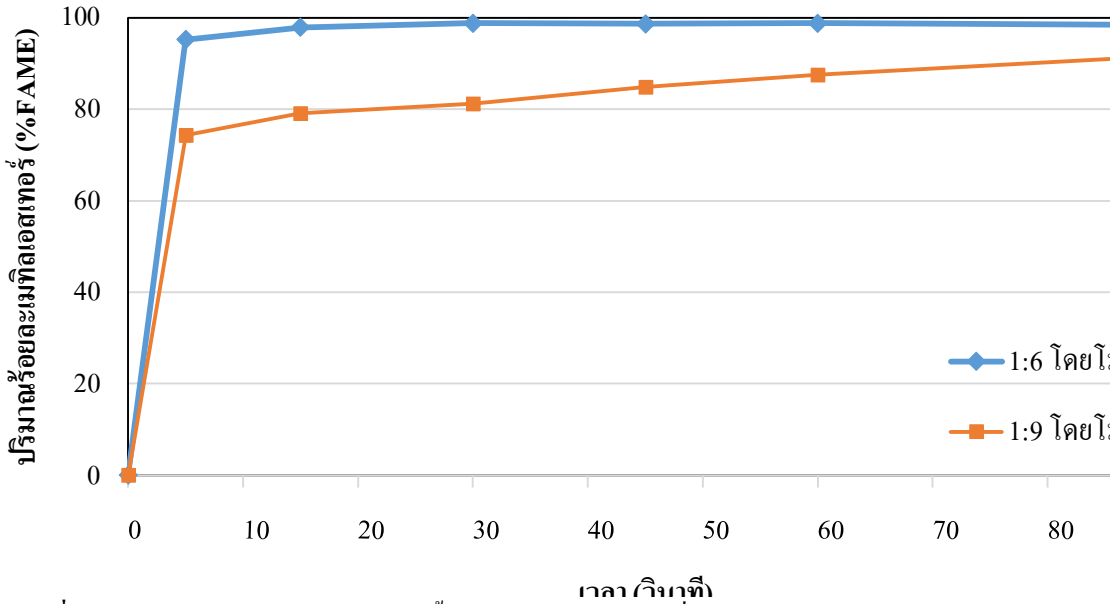
ภาพที่ 4 ผลของความเร็วรอบที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเตอร์

2.2 ผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ จากปริมาณสารสัมพันธ์ของการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นโดยใช้ 1 โมลของน้ำมัน(ไตรกลีเซอไรด์) ทำปฏิกิริยากับ 3 โมลของเมทานอล ได้ผลผลิต 3 โมลกรดไขมันเป็นเมทิลเอสเตอร์ และ 1 โมลของผลผลิตพลอยได้เป็นกลีเซอรอล ดังสมการ

$$\text{Triglyceride} + 3CH_3OH \leftrightarrow 3CH_3COOR + \text{Glycerol}$$

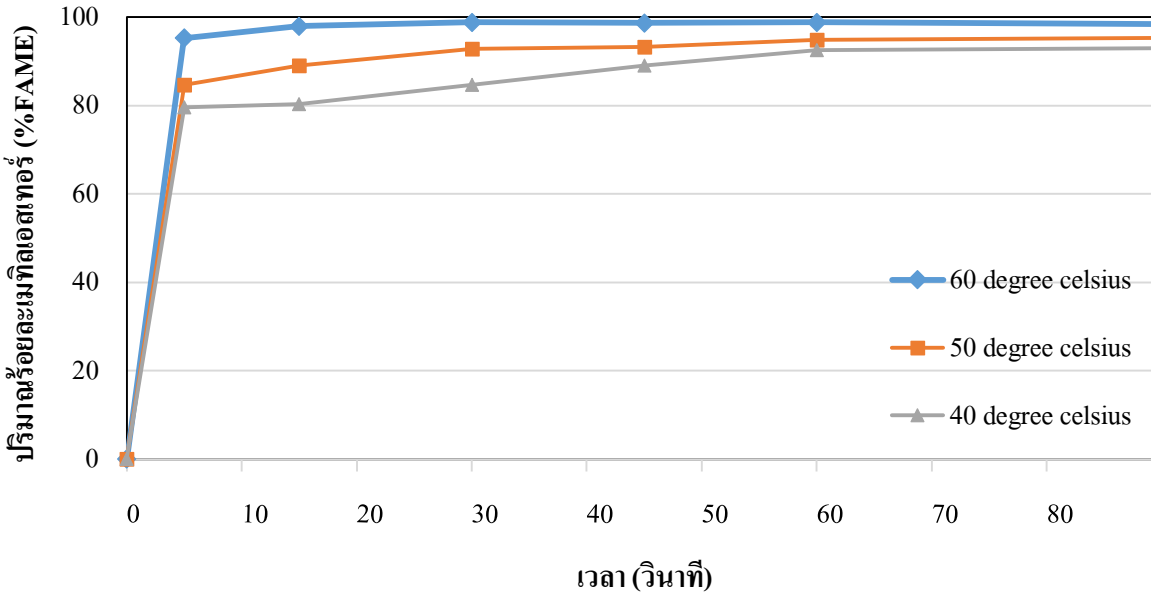
อย่างไรก็ตามจำนวนของเมทานอลที่มากเกินไปมักใช้สำหรับการขยับสมดุลของการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นไปทางด้านผลิตภัณฑ์ ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของอัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันกับเมทานอลต่อผลผลิตไบโอดีเซลในระหว่างกระบวนการทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มกับเมทานอลที่อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลที่แตกต่างกัน

พบว่า ผลได้ไบโอดีเซลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณของเมทานอลที่ใช้และค่าผลได้ไบโอดีเซลสามารถขึ้นได้สูงสุดถึงร้อยละ 98.85 โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลเป็น 1:6 อย่างไรก็ตามผลได้ไบโอดีเซลจะลดลงก็ต่อเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเมทานอลที่มากกว่า 1:6 ผลได้ไบโอดีเซลลดลงจากร้อยละ 95.29 เป็น 85.15 ที่เวลา 5 นาที เมื่ออัตราส่วนโดยโมลของน้ำมันต่อเมทานอลเพิ่มขึ้นจาก 1:6 ไปเป็น 1:9 เนื่องจากอัตราส่วนโดยโมลของเมทานอลที่มากเกินไป ทำให้เมทานอลดึงกลีเซอรอลและไบโอดีเซลบางส่วนเข้าไปละลายกับเมทานอล จึงส่วนผลให้ผลได้ไบโอดีเซลมีค่าลดลง



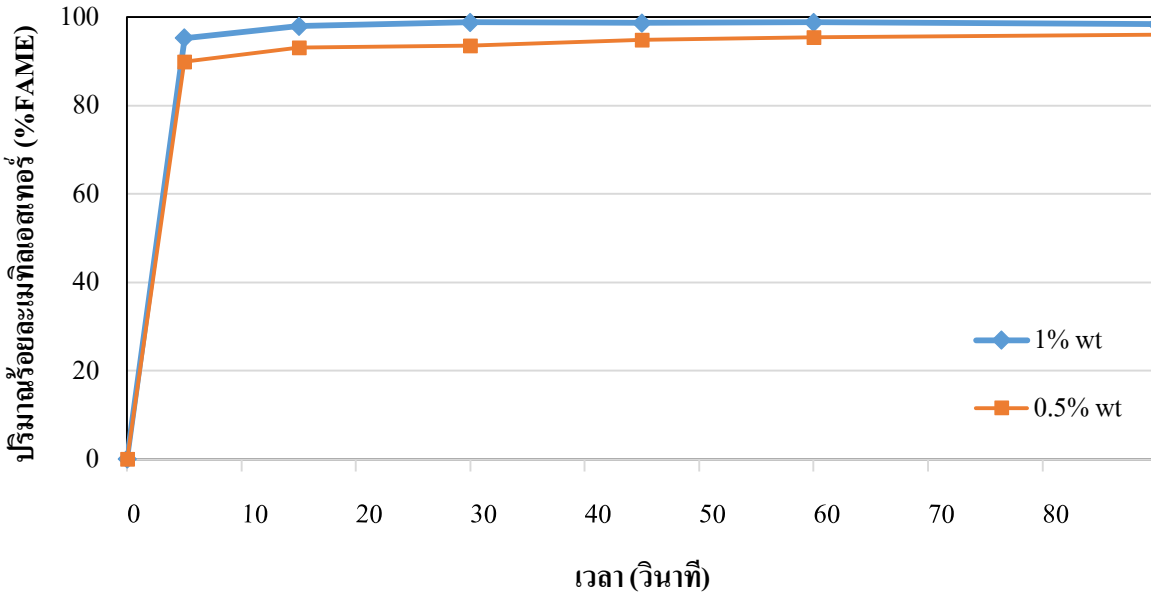
ภาพที่ 5 ผลของอัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันปาล์มกับเมทานอลที่ส่งผลต่อปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์

2.3 ผลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ พบว่าที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จากผลการทดลองพบว่าร้อยละผลได้ไบโอดีเซลจาก 36.69 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 98.85 ภายในเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ซึ่งไตรกลีเซอไรด์ (น้ำมัน) จะไม่ละลายในแอลกอฮอล์เนื่องจากลักษณะที่มีขั้วและไม่มีขั้วของแอลกอฮอล์และน้ำมัน ตามลำดับ ดังนั้น การผลิตไบโอดีเซลผ่านปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันและแอลกอฮอล์จะถูกควบคุมโดยข้อจำกัดของการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นในระบบที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันของเมทานอล น้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยา จึงได้ใช้การกวนอย่างต่อเนื่องในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งผลของอุณหภูมิในการถ่ายโอนความร้อนของสารตั้งต้นในเมทานอล น้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยาไม่เป็นเนื้อเดียวกันนั้นพบว่า ที่อัตราความเร็วรอบของการกวนคงที่ อัตราการถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นเป็นจะสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิของปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อการถ่ายโอนมวลสูงขึ้นอุณหภูมิของปฏิกิริยาก็จะสูงไปด้วย ดังนั้น ร้อยละผลได้ไบโอดีเซลจึงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งจะส่งผลให้การถ่ายโอนมวลของสารตั้งต้นในระบบมีค่าเพิ่มมากขึ้นด้วย และพบว่าร้อยละผลได้ไบโอดีเซลมีค่าสูงสุดเป็น 98.85 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิลดลง 40-50 องศาเซลเซียส (ซึ่งอยู่ต่ำกว่าจุดเดือดของเมทานอล) ทำให้ได้ร้อยละผลได้ไบโอดีเซลต่ำลง เพราะเมทานอลยังไม่ถึงจุดเดือด ทำให้สารผสมทำปฏิกิริยาเพียงบางส่วน แต่เมื่อปฏิกิริยาได้ดำเนินการที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เมทานอลเกิดปฏิกิริยาเกือบทั้งหมดของสารผสมในปฏิกิริยาและเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซล



ภาพที่ 6 ผลของอุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อปริมาณร้อยละเมทิลเอสเทอร์

2.4 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์ จากภาพที่ 7 พบว่าผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไดรอกไซด์ส่งผลต่อร้อยละผลได้ไบโอดีเซล ในช่วงปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชั่นของน้ำมันปาล์มและเมทานอลที่สภาวะคงที่ ที่อัตราส่วนโดยโมลระหว่างน้ำมันกับเมทานอล คือ 1:6 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีค่าร้อยละผลได้ไบโอดีเซล 98.85 โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ 1% โดยน้ำหนัก จากการลดของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาให้น้อยกว่า 1% โดยน้ำหนัก นำไปสู่การลดลงของผลได้ไบโอดีเซล เพราะ ข้อจำกัดของการใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา คือ ถ้าใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยเกินไป ทำให้ผลได้ไบโอดีเซลลดลง เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดเบสจะเปลี่ยนไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันพืชไปเป็นสารเมทิลเอสเทอร์ ดังนั้นถ้าน้อยเกินไปจะทำให้ไตรกลีเซอไรด์เปลี่ยนไปเป็นสารเมทิลเอสเทอร์ได้ไม่หมดและถ้าใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากเกินไปอาจทำให้เกิดปฏิกิริยาข้างเคียง คือ ปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชั่นหรือสบู่ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งผลได้ไบโอดีเซลลดลง เมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาลดลงจาก 1% โดยน้ำหนัก ไปเป็น 0.5% โดยน้ำหนัก ทำให้ผลได้ไบโอดีเซลต่ำกว่าที่ 1% โดยน้ำหนัก ดังนั้น อัตราผลผลิตไบโอดีเซลลดลงเมื่อใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาน้อยหรือมากกว่า 1% โดยน้ำหนัก ด้วยเหตุนี้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนักเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด



ภาพที่ 7 ผลของปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ส่งผลต่อปริมาณเมทิลเอสเทอร์

2.5 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซลระหว่างเครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกลกับเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง พบว่าเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูงให้ค่าประสิทธิภาพผลผลิต 0.0026 กรัมต่อจูล ซึ่งมากกว่าเครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกลที่มีค่าประสิทธิภาพผลผลิต 0.0019 กรัมต่อจูล นอกจากนี้ค่าคงที่ในการเกิดปฏิกิริยาของเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูงเท่ากับ 0.5180 min^{-1} ซึ่งมีค่ามากกว่าเครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกลเท่ากับ 0.0091 min^{-1} แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่รวดเร็วและบริสุทธิ์กว่าเครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกล เนื่องจากมีการถ่ายโอนมวลสูง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล ณ สภาวะที่เหมาะสม

ผลการดำเนินงาน	เครื่องปฏิกรณ์แบบกวนเชิงกล	เครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูง (ณ สภาวะที่เหมาะสม)
เข้าสู่สภาวะสมดุล (นาที)	90 (84.60%)	5 (95.29%)
ผลได้ตามมาตรฐาน ASTM (นาที)	-	15 (97.47%)
กำลังที่ใช้ (วัตต์)	20.7	120
พลังงานที่ใช้ (จูล)	111,780	108,000
Yield efficiency (กรัมต่อจูล)	0.0019	0.0026

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มด้วยเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง พบว่า ความเร็วรอบที่ 12500 รอบต่อนาที อัตราส่วนระหว่างน้ำมันกับเมทานอล 1:6 อุณหภูมิที่ใช้เกิดปฏิกิริยา 60 องศาเซลเซียสและปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1% โดยน้ำหนัก คือ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งผลได้ไบโอดีเซลสูงสุดที่ได้จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 98.85 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกล

และเครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูง พบว่าร้อยละผลได้ไบโอดีเซลสูงสุด ณ สภาวะที่เหมาะสมจะได้ประมาณร้อยละ 90 และ 98 ตามลำดับ ซึ่งเครื่องปฏิกรณ์แบบแรงเฉือนสูงสามารถลดเวลาการผลิตไบโอดีเซลจากเดิมที่เครื่องปฏิกรณ์การกวนเชิงกลใช้เวลา 2-4 ชั่วโมง แต่เครื่องปฏิกรณ์แรงเฉือนสูงใช้เวลาเพียง 5-15 นาที ในการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งได้ร้อยละผลได้ประมาณ 97 ซึ่งผ่านมาตรฐาน ASTM อยู่ที่ร้อยละ 96.5

เอกสารอ้างอิง

D. Darnoko, M. Cheryan, Kinetics of palm oil transesterification in a batch reactor, Journal of the American Oil Chemists' Society 77 (2000) 1263–1267.

G. Kafuku, M.K. Lam, J. Kansedo, K.T. Lee, M. Mbarawa, Croton megalocarpus oil: a feasible non-edible oil source for biodiesel production, Bioresource Technology 101 (2010) 7000 –7004

G. Sahu, L.M. Das, B.K. Sharma, S.N. Naik, Pilot Plant study on biodiesel production from karanja and jatropha oils, Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering 6 (2011) 38–43.

J. Xu, G. Xiao, Y. Zhou, J. Jiang, Production of biofuels from high-acid-value waste oils, Energy & Fuels 25 (2011) 4638–4642.

K.F. Yee, J. Kansedo, K.T. Lee, Biodiesel Production from palm oil via heterogeneous transesterification: optimization study,Chemical Communications 197, (2010) 1597–1611.

L.T. Thanh, K. Okitsu, Y. Sadanaga, N. Takenaka, Y. Maeda, H. Bandow, Ultrasoundassisted production of biodiesel fuel from vegetable oils in a small scale circulation process, Bioresource Technology 101(2010) 639–645

M. Satyanarayana, C. Muraleedharan, A Comparative study of vegetable oil methylesters (biodiesels), Energy 36 (2011) 2129–2137.

M. Satyanarayana, C. Muraleedharan, Comparative studies of biodiesel production from rubber seed oil, coconut oil, and palm oil including thermogravimetric analysis, EnergySources Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects 33 (2011) 925–937.

S. Jain, M.P. Sharma, Kinetics of acid base catalyzed transesterification of jatropha curcas oil, Bioresource Technology 101 (2010) 7701–7706.

S. Jain, M.P. Sharma, Biodiesel production from jatropha curcas oil, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 3140–3147.

P.R. Gogate, R.K. Tayal, A.B. Pandit, Cavitation: a technology on the horizon, Current Science 91 (2006) 35– 46.

W.B. Cheng, F.Y. Su, G.Y.Wu, Y.P. Yao, Analysis on the clean production technology of processing waste edible oils to biodiesel, Materials for Renewable Energy & Environment(ICMREE), 2011International Conference on, 1, 2011, pp. 449–455.

W.N.N. Wan Omar, N.A.S. Amin, Biodiesel production from waste cooking oil over alkaline modified zirconia catalyst, Fuel Processing Technology 92 (2011) 2397–2405.

Y.H. Taufiq-Yap, H.V. Lee, R. Yunus, J.C. Juan, Transesterification of non-edible jatropha curcas oil to biodiesel using binary Ca\Mg mixed oxide catalyst: effect of stoichiometric (2011) 342–347.

V.L. Gole, P.R. Gogate, A review on Intensification of synthesis of biodiesel from sustainable feed stock using sonochemical reactors, Chemical Engineering and Processing:Process Intensification 53(2012)1–9.

V.S. Sutkar, P.R. Gogate, Design aspects of sonochemical reactors: techniques for understanding cavitational activity distribution and effect of operating parameters, Chemical Engineering Journal 155 (2009) 26–36.

ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส โดยใช้โปรแกรม พีแอลซี

Controlling of Single Phase Motor Experiment Set Using PLC

นุชจิเรศ แก้วสกุล[1*] และ กรภัทร เฉลิมวงค์[1]

Nutjired Kheowsakul[1*] and Korrapat Chaleamvongt [1]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอ ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส โดยใช้โปรแกรม พีแอลซี โดยมีวัตถุประสงค์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการสนับสนุนการเรียนการสอน ในวิชาที่เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์โดยอาศัยหลักการทำงานของพีแอลซี ในการควบคุมมอเตอร์เพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มทักษะและความรู้ให้แก่ผู้เรียนที่ศึกษาในสาขาไฟฟ้ากำลังและอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ (1) การเขียนพีแอลซี ในส่วนนี้จะนำวงจรทั้ง 5 วงจรที่อยู่ในขอบเขตและใบทดลองมาเขียน ซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์ การเขียนวงจรในพีแอลซีนั้นต้องแปลงวงจรไฟฟ้าให้เป็นวงจรแลดเดอร์ก่อน มีทั้งวงจรควบคุมและวงจรกำลัง เพื่อนำควบคุมมอเตอร์ได้ (2) ส่วนของการควบคุมมอเตอร์ โดยใช้คำสั่งจากพีแอลซี ซึ่งทำหน้าที่การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนและปรับเปลี่ยนทิศทางได้ตามใบทดลองและยังสามารถควบคุมความเร็วโดยใช้มอเตอร์ควบคุมมอเตอร์ด้วยกัน

จากการทดลองการใช้งานชุดควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส โดยใช้พีแอลซี สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้ง 5 วงจร ได้แก่ 1. วงจรการเริ่มเดินสวิตช์ปุ่มกดและคอนเทคเตอร์ (หมุนขวา) 2. วงจรการเริ่มเดินสวิตช์ปุ่มกดและคอนเทคเตอร์ (หมุนซ้าย) 3. วงจรกลับทางหมุนกดสวิตช์ที่สองทำงาน 4. วงจรกลับทางเดินแบบจ๊อกกิ้ง 5. วงจรกลับทางหมุนไฟฟ้าหนึ่งเฟส เปรียบเทียบในการเรียนการสอนปกติ พบว่าเมื่อมีชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงาน การทำงานก็จะแสดงผลผ่านหลอดไฟ ตลอดจนมีแมกเนติกส์ คอนเทคเตอร์และโอเวอร์โหลดรีเลย์ จะช่วยในการควบคุมและการทำงานของตัวชุดทดลองนี้

คำสำคัญ : มอเตอร์, พีแอลซี, คอนแทคเตอร์

ABSTRACT

Research Papers is single phase motor control experiment kit was designed to create a device that supports teaching and learning. The subject of motor control based on the principle of PLC to guideline for enhancing skills and knowledge for students in electrical and electronic engineering. Single phase motor control experiment kit is divided into two main sections: (1) PLC program. In this section, the five circuits in the boundary and the experimental circuit are written which is the circuit in the motor control. The Writing circuit in PLC must be converted Ladder circuit before, both control and power circuits to control the motor. (2) Motor control section using the command from PLC, which controls the electric motor, rotates and changes direction according to the test plate and can also be controlled by the motor control.

From experiment with single phase motors using PLC can be controlled in 5 circuits: (1) Start circuit, switch-on and contactor (Forward Contac) (2) Start circuit, switch-on (Reverse Contac). (3) Reversing after stop to work (4) Reversing by Jogging (5) Reversing single phase. Comparison in normal teaching, it was found that the experimental set of motor control make students understand the principles. The work will be reflected through the light. There are magnetic contactor and overload relays will assist in controlling and working the kit.

Keyword: Motor, PLC, contactor

---

[1]หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 2/1 ถนนราชดำเนินนอก ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา 90000

[1]Program in Electronics and Telecommunication Engineering,Faculty of Industrial Education and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya., 2/1 Ratchadamnoen Nok, Bo Yang, Muang, Songkhla 900000, Thailand

[*]ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail) : nut2222@hotmail.com

บทนำ

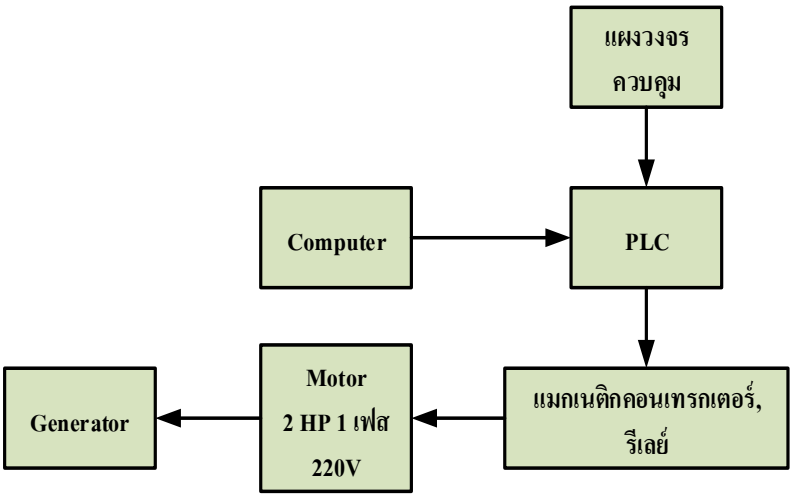
ในปัจจุบันการศึกษาได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆมากมาย เช่น หนังสือ วารสาร เว็บไซด์ โทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวกับการศึกษา ได้อย่างสะดวกสบาย แต่ในสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้ ล้วนเป็นการศึกษาในด้านทฤษฎีเท่านั้น ซึ่งการศึกษาทางด้านการลงมือปฏิบัติมีน้อยมาก เป็นเหตุให้ผู้เรียนมีทักษะในด้านการลงมือปฏิบัติน้อย แต่ในทางการศึกษาที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด จะต้องมีการเรียนรู้ในด้านทฤษฎีและปฏิบัติควบคู่กันไป โดยเฉพาะการเรียนในด้านวิศวกรรม เป็นการเรียนที่ยากต่อการทำความเข้าใจ ถ้าผู้เรียนได้ศึกษาแต่ด้านทฤษฎีอย่างเดียว จะทำให้ผู้เรียนไม่มีทักษะในด้านการปฏิบัติงานและไม่สามารถทำงานจริงได้

โครงงานนี้จึงนำเสนอ สื่อการเรียนการสอนทางด้านการปฏิบัติเกี่ยวกับ การต่อวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งการควบคุมมอเตอร์ นี้เป็นความรู้พื้นฐานที่มีความสำคัญมากต่อการเรียนในสาขาไฟฟ้ากำลังและสาขาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมโดยอาศัยหลักการทำงานของโปรแกรม พีแอลซี เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดย พีแอลซี ทำหน้าที่เป็นการสร้างชุดคำสั่ง ขับให้วงจรทำงานในรูปแบบต่างๆ ตามที่เราได้ออกแบบไว้ เพื่อที่จะให้วงจร สามารถควบคุมการทำงานของ มอเตอร์ให้เสถียร ตามที่เราออกแบบในโปรแกรม พีแอลซี ไว้

ดังนั้นงานการสร้างชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์นี้จึงมีประโยชน์อย่างมากในการศึกษาที่เกี่ยวกับการทำงานของมอเตอร์และยังช่วยเป็นสื่อการสอนให้ผู้เรียนในภาคปฏิบัติและก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้นรวมถึงการนำโปรแกรม พีแอลซี มาประยุกต์ใช้เช่นกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

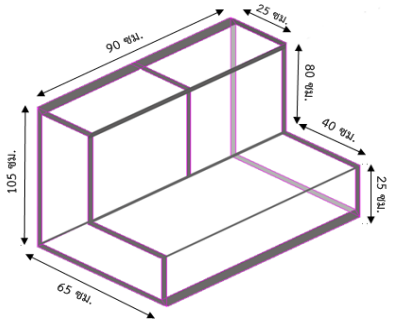
1.กรอบแนวคิด



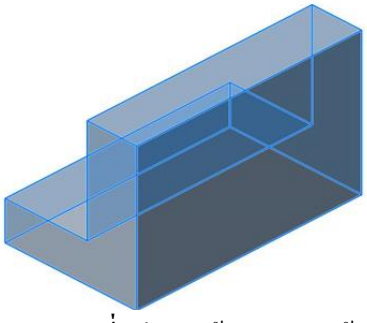
ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิด

ใช้คอมพิวเตอร์ในการเขียนพีแอลซี หรือสามารถเลือกโหลดโปรแกรมพีแอลซี ให้ทำการควบคุมแมกเนติกคอนแทรกเตอร์ ในการให้มอเตอร์ทำงานตามที่ต้องการ

2. การออกแบบโครงสร้าง



ภาพที่ 2 โครงสร้างภายนอก



ภาพที่ 3 โครงสร้างภายนอก ด้านหลัง

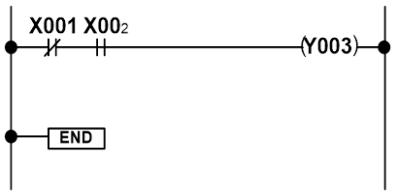


ภาพที่ 4 โครงสร้างชุดทดลอง

โครงสร้างออกแบบ โดยคำนึงถึงการจัดการวางอุปกรณ์แมกเนติกต่างๆ ให้สามารถเลือกต่อใช้งานได้หลายหลายโปรแกรม วางมอเตอร์อยู่ในส่วนที่ปลอดภัย เรียงลำดับการจัดวางอุปกรณ์ ตามลำดับวงจร

ผลและวิจารณ์ผล

1. ด้านซอฟต์แวร์



ภาพที่ 5 แลดเดอร์วงจรเริ่มเดินสวิตช์ปุ่มกดและคอนเทคเตอร์ (หมุนขวา)

X001 หมายถึง AND = เป็นการนำค่าสภาวะของอินพุต เอาต์พุต ตัวตั้งเวลา ตัวนับ ซีพต์รีจิสเตอร์ หรือรีเลย์ภายในที่กำหนดมาทำลอจิก AND กับค่าสภาวะปัจจุบัน

X002 หมายถึง NOT = เป็นการกระทำลอจิก NOT กับค่าสภาวปัจจุบัน โดยปกติแล้ว คำสั่งนี้จะหมายถึงหน้าสัมผัสปกติปิดของอุปกรณ์ต่างๆ ของ PLC โดยจะใช้ร่วมกับ LOAD AND และ OR

Y003 หมายถึง OUTPUT =รีเลย์ทำงานแบบมีไฟจ่ายคอยล์ทำงาน

2.การทดสอบการนำวงจรไปควบคุมมอเตอร์

ตารางที่ 1 การทดสอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า ¼ แรง โวลต์ 220

การทดสอบ	ครั้งที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.U1,Z1 และ U2,Z2 มอเตอร์จะหมุนไปทางขวา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.U1,Z2 และ U2,Z1 มอเตอร์จะหมุนไปทางซ้าย	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่าการทดลองของมอเตอร์ไฟฟ้า ¼ แรง โวลต์ได้มีการทดลองหมุนขวาเป็นจำนวน 10 ครั้ง มอเตอร์สามารถทำงานได้ตามปกติและหมุนไปทางขวาได้ตามกำหนดและการทดลองให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้ายเป็นจำนวน 10 ครั้ง มอเตอร์สามารถทำงานได้ตามปกติและหมุนไปทางซ้ายได้ตามกำหนดเช่นกัน

ตารางที่ 2 การทดสอบการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์

การทดสอบ	ครั้งที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.กระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เกิน 10 แอมแปร์ โอเวอร์โหลดรีเลย์จะตัดการทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.กดปุ่ม“ทริป”มอเตอร์หยุดทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าการทดสอบการทำงานของโอเวอร์โหลดรีเลย์ซึ่งโอเวอร์โหลดรีเลย์จะตัดการทำงานทุกครั้งเมื่อมีกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์เกิน10 แอมแปร์และสามารถกดปุ่ม“ทริป” ให้มอเตอร์หยุดทำงานทั้ง 10 ครั้งเช่นกัน

ตารางที่ 3 การทดสอบการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์

การทดสอบ	ครั้งที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.จ่ายแรงดันไฟฟ้า โวลต์ เข้าแมกเนติกคอนแทก 220 เตอร์ทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.T1,T2,T3 จะทำงานเมื่อคอยล์แมกเนติกคอนแทก เตอร์ทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

สรุปได้ว่าเมื่อทดสอบการทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์และจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะทำงานทั้ง 10 ครั้ง รวมถึงจุดที่จะปล่อยกระแสไฟฟ้าจากการเหนี่ยวนำของขดลวดด้วยจะทำงานเมื่อคอยล์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำงานทั้ง 10 ครั้งเช่นกัน

สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานการจัดทำโครงงานชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟสโดยใช้โปรแกรมพีแอลซี โดยได้ทดสอบการทำงานต่างๆเพื่อทดสอบการทำงานและหาข้อบกพร่อง รวมทั้งอุปสรรคและปัญหาที่พบได้ทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยสรุปผลการดำเนินการไว้ดังนี้

ชุดทดลองการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส โดยใช้โปรแกรมพีแอลซี มีประสิทธิภาพและทำงานได้ ในส่วนของการควบคุมมอเตอร์นั้น แบ่งออกเป็นสองส่วนหลักๆ ด้วยกัน คือ คือ 1.การเขียนโปรแกรมพีแอลซีเพื่อควบคุมมอเตอร์ 2 ส่วนของวงจรกำลังที่จะนำมาควบคุมมอเตอร์ ส่วนการควบคุมโดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมพีแอลซี 5 วงจรที่อยู่ในใบการ

ทดลองมาเขียน ซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์สามารถใช้ได้ทั้ง 1 เฟสและ 3 เฟส ซึ่งการเขียนวงจรในโปรแกรมพีแอลซีนั้น จะต้องแปลงเป็นวงจรไฟฟ้าให้เป็นวงจรแลดเดอร์ก่อน มีทั้งวงจรควบคุมและวงจรกำลังโดยผู้ทดลองสามารถเขียนวงจรในโปรแกรมพีแอลซี เพื่อนำควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ส่วนของการควบคุมมอเตอร์ ในส่วนนี้จะเป็นการควบคุมโดยใช้คำสั่งจากโปรแกรมพีแอลซี ซึ่งทำหน้าที่การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าให้หมุนและปรับเปลี่ยนทิศทางได้ตามใบทดลองและยังสามารถควบคุมความเร็วโดยใช้มอเตอร์ควบคุมมอเตอร์ด้วยกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบิดามารดา น้องสเนล ผู้เป็นแรงใจในการทำงาน และเป็นตัวอย่างของการขยันต่อการทำงานเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

กฤษ เฉยไสย. 2557. **หลักการควบคุมมอเตอร์.**แหล่งที่มา http://kpp.ac.th/elearning/elearning3/book-11.html, 16 มีนาคม 2559.

คณาจารย์จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลร่วมกับกับสำนักพัฒนาเทคนิคนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2543**. โปรแกรมเมเบิลคอนโทรลเลอร์**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ ทองประศร. 2555. **การควบคุมระบบอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี**. แหล่งที่มา https://research.rdi.ku.ac.th ,16 มีนาคม 2559.

ณรงค์ ชอนตะวัน. 2538**. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ**. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอราวัณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ ตันชีวะวงศ์. 2547. **ระบบ PLC.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)**,** กรุงเทพฯ.

ลือชัย โพธิ์วิชัย.**ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์**. แหล่งที่มา : http://www.research-system.siam.edu ,16 มีนาคม 2559.

วิจิตร บุญยธโรกุล. 2537. **ระบบควบคุมมอเตอร์**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, กรุงเทพฯ

สามารถ โนนสะอาด และ อนุวัฒน์ จันทะกา. 2555. **การควบคุมกระบวนการโดยใช้พีแอลซี (PLC)และ(Lab View)**. โครงการของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

สุเถียร เกียรติสุนทร. 2558. **พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ

สมพงษ์ บุณธรรมจินดา.2538**. หลักการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้า.** เอช.เอ็น.กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ

สราวุฒิ สุจิตจร.2546.**การควบคุมอัตโนมัติ.** : เพียร์สัน เอ็นดูเคชั่น อินโดไซน่า , กรุงเทพฯ

สุเถียร เกียรติสุนทร. 2539. **พื้นฐานวิศวกรรมและระบบควบคุมในกระบวนการอุตสาหกรรม.** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

อำนาจ ทองผาสุข,วิทยา ประยงค์พันธ์.2543. **การควบคุมมอเตอร์.**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์, กรุงเทพฯ

อนุชา หิรัญวัฒน์, นฤพนธ์ พนากุลชัยวิทย์, สมชัย ตรีรัตนจารุ. 2557. **การควบคุมอัตโนมัติและการประยุกต์ใช้ PLC**. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ธนินชัด., นนทบุรี :

คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10
และ การประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย กำหนดจัดการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 ระหว่างวันที่ 1-3 สิงหาคม 2561 ณ โรงแรมเรือรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดตรัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเวทีเผยแพร่ผลงานในระดับชาติและระดับนานาชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและด้านสังคมศาสตร์ของคณาจารย์ นักวิจัย นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป อีกทั้งเพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์การพัฒนางานวิจัยในสาขาวิชาต่างๆ รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการระหว่างคณาจารย์นักวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล และบุคลากรของหน่วยงาน จึงแต่งตั้งคณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 10 และการประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9 ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการฝ่ายอำนวยการ ประกอบด้วย

1.	อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	ประธานกรรมการ
2.	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	รองประธานกรรมการ
3.	รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	รองประธานกรรมการ
4.	รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร	กรรมการ
5.	รองอธิการบดีฝ่ายวางแผนและพัฒนา	กรรมการ
6.	รองอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา	กรรมการ
7.	รองอธิการบดีฝ่ายกิจการพิเศษ	กรรมการ
8.	รองอธิการบดีประจำวิทยาเขตตรัง	กรรมการ
9.	รองอธิการบดีประจำวิทยาเขตนครศรีธรรมราช	กรรมการ
10.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์สำราญ ขวัญยืน)	กรรมการ
11.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสนอ สะอาด)	กรรมการ
12.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน)	กรรมการ
13.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์องอาจ อินทร์สังข์)	กรรมการ
14.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกสินทร์ พัฒนมณี)	กรรมการ
15.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูเกียรติ อักษรศรี)	กรรมการ
16.	คณบดีคณะบริหารธุรกิจ	กรรมการ
17.	คณบดีคณะศิลปศาสตร์	กรรมการ
18.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	กรรมการ
19.	คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	กรรมการ
20.	คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี	กรรมการ

21.	คณบดีคณะเกษตรศาสตร์	กรรมการ
22.	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	กรรมการ
23.	คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร	กรรมการ
24.	คณบดีคณะสัตวแพทยศาสตร์	กรรมการ
25.	คณบดีคณะเทคโนโลยีการจัดการ	กรรมการ
26.	คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง	กรรมการ
27.	คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี	กรรมการ
28.	ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและการจัดการ	กรรมการ
29.	ผู้อำนวยการวิทยาลัยรัตภูมิ	กรรมการ
30.	ผู้อำนวยการวิทยาลัยการโรงแรมและการท่องเที่ยว	กรรมการ
31.	ผู้อำนวยการสำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน	กรรมการ
32.	ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ	กรรมการ
33.	ผู้อำนวยการสถาบันทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กรรมการ
34.	ผู้อำนวยการสำนักงานนิติการ	กรรมการ
35.	ผู้อำนวยการกองกลาง	กรรมการ
36.	ผู้อำนวยการกองคลัง	กรรมการ
37.	ผู้อำนวยการกองนโยบายและแผน	กรรมการ
38.	ผู้อำนวยการกองบริหารงานบุคคล	กรรมการ
39.	ผู้อำนวยการกองประชาสัมพันธ์	กรรมการ
40.	ผู้อำนวยการกองพัฒนานักศึกษา	กรรมการ
41.	ผู้อำนวยการกองวิเทศสัมพันธ์และการประกันคุณภาพ	กรรมการ
42.	ผู้อำนวยการกองออกแบบและพัฒนาอาคารสถานที่	กรรมการ
43.	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและเลขานุการ
44.	รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
45.	รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
47.	รองผู้อำนวยการฝ่ายสารสนเทศการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

2. คณะกรรมการฝ่ายดำเนินงาน ประกอบด้วย

1.	รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน)	รองประธานกรรมการ
3.	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา	รองประธานกรรมการ
4.	รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยี	กรรมการ

5.	รองผู้อำนวยการฝ่ายสารสนเทศการวิจัย	กรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพจน์ มลิวัลย์	กรรมการ
7.	นายเชิด คงห้อย	กรรมการ
8.	นางสาวบุญบรรจง สายลาด	กรรมการ
9.	นางสาวเกศินี ใหมคง	กรรมการ
10.	นางสาวหทัยรัตน์ หนักแน่น	กรรมการ
11.	นางสาวประภาพร หนูคงรักษ์	กรรมการ
12.	นางสาวธารทิพย์ สุวรรณเวลา	กรรมการ
13.	นายอดิศักดิ์ เกลี้ยงตะพงศ์	กรรมการ
14.	นางสาวนฤนาฎ ชูทิพย์	กรรมการ
15.	นางสาวภรณีย ยี่ถิ้น	กรรมการ
16.	นางดาริณี รักษ์ทอง	กรรมการ
17.	นางสาวรัตน์วิภา ขุนเพ็ชร์	กรรมการ
18.	นางสาวศศิธร ดีใหญ่	กรรมการ
19.	นางสาวปุณฑริก เกิดทิพย์	กรรมการ
20.	นางสาวภิสาย ขุนทอง	กรรมการ
21.	นางสาวตุลยดา อุดมศิลป์	กรรมการ
22.	นายสุขรัฐจิต มงคลศิริเจริญ	กรรมการ
23.	นายเอกชัย ซ้ายศรี	กรรมการ
24.	นายสุริยัณห์ ขำแจ้ง	กรรมการ
25.	นายอภิชาติ คัญทะชา	กรรมการ
26.	นางสาวปุญญิศา สมจริง	กรรมการ
27.	รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหารงานทั่วไป สถาบันวิจัยและพัฒนา	กรรมการและเลขานุการ
28.	นายสุวรรณ พรมเขต	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
29.	นางสาวจริญาภรณ์ เพชรสามสี	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

3. คณะกรรมการฝ่ายจัดการประชุมวิชาการ ประกอบด้วย

1.	รองศาสตราจารย์สุวัจน์ ธัญรส	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์องอาจ อินทร์สังข์	รองประธานกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกสินทร์ พัฒนมณี	รองประธานกรรมการ
4.	รองศาสตราจารย์ณัฐทิตา โรจนประศาสน์	กรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประเสริฐ ทองหนูนุ้ย	กรรมการ

6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทชัย ชูศิลป์	กรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยาภรณ์ อรมุต	กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัลลภา พัฒนา	กรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศรี เพ็ญประไพ	กรรมการ
10.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สงรักษ์	กรรมการ
11.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาณุ พร้อมพุทธางกูร	กรรมการ
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้อมจิตต์ แก้วไทย อันเดร	กรรมการ
13.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญหทัย ใจเปี่ยม	กรรมการ
14.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยรัตน์ จุสปาโล	กรรมการ
15.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวนีย์ ชัยเพชร	กรรมการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประพจน์ มลิวัลย์	กรรมการ
17.	สัตวแพทย์หญิงเมธาสุ จันทร์รอด	กรรมการ
18.	นายกีรติ อินทรวิเศษ	กรรมการ
19.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพร ธารางกูร	กรรมการและเลขานุการ
20.	นางสาวบุญบรรจง สายลาด	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
21.	นางสาวนฤนาฎ ชูทิพย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

4. คณะกรรมการฝ่ายประสานงานผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความวิชาการ ประกอบด้วย

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพร ธารางกูร	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์นพรัตน์ มะเห	รองประธานกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อังคณา ใสเกื้อ	กรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ลักษมี วิทยา	กรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัตนาพร อนันตสุข	กรรมการ
6.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระริน เครือวรพันธุ์	กรรมการ
7.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์มาหามะสูไฮมี มะแซ	กรรมการ
8.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนันทา ข้องสาย	กรรมการ
9.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนากรณ์ ดำสุด	กรรมการ
10.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สกุลรัตน์ แสนปุตะวงษ์	กรรมการ
11.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันดี นวนสร้อย	กรรมการ
12.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศทิวัส ยอดล้ำ	กรรมการ
13.	ว่าที่ร้อยตรีหญิงสุพัชชา ชูเสียงแจ้ว	กรรมการ
14.	สัตวแพทย์หญิงวิภาวี แสงสร้อย	กรรมการ

15.	รองศาสตราจารย์ทรรศนีย์ คีรีศรี	กรรมการ
16.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุมณฑา ดำรงเลาหพันธ์	กรรมการ
17.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล	กรรมการ
18.	นางสาวณัฐนีภรณ์ น้อยเสงี่ยม	กรรมการ
19.	นางสาววรรธนพร ชีววุฒิพงศ์	กรรมการ
20.	นางสาวปิยะนารถ อรรคไกรสีห์	กรรมการ
21.	นางสาวคุลิกา ธนะเศวตร	กรรมการ
22.	นางสาวขวัญตา ตันติกำธน	กรรมการ
23.	นางสาวบุษราคัม ทองเพชร	กรรมการ
24.	นายพิชิต เพ็งสุวรรณ	กรรมการ
25.	นางกัลยาณี ทองเลี่ยมนาค	กรรมการ
26.	นายอาคม ลักษณะสกุล	กรรมการ
27.	นางเพ็ญพร เกิดสุข	กรรมการ
28.	นางพัชรินทร์ บุญนุ่น	กรรมการ
29.	นางสาวสุดคนึง ณ ระนอง	กรรมการ
30.	นางสาวพิมล เที่ยงธรรม	กรรมการ
31.	นางอาริษา โสภาจารย์	กรรมการ
32.	นางสาวกิตติมา ตันติหาชัย	กรรมการ
33.	Mr.Daniel Edward Guiney	กรรมการ
34.	Mr.Steven Embree	กรรมการ
35.	นางสาวสมพร มณีโชติ	กรรมการ
36.	นางสาวฐิตินารถ คำยอด	กรรมการ
37.	Mr.Ryan R.Dominguez	กรรมการ
38.	Ms.Mitchelle R.Juaban	กรรมการ
39.	Mr.Lauro Sadaran Dequina Jr.	กรรมการ
40.	นางสาวเกศินี ใหมคง	กรรมการ
41.	นางสาวธารทิพย์ สุวรรณเวลา	กรรมการ
42.	นางสาวนฤนาฏ ชูทิพย์	กรรมการ
43.	นางสาวบุญบรรจง สายลาด	กรรมการและเลขานุการ
44.	นางสาวภรณีย ยี่ถิ้น	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

5. คณะกรรมการฝ่ายจัดทำรวมเล่มบทคัดย่อ (Books of Abstract) และรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ (Proceedings) ประกอบด้วย

1.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภิรักษ์ สงรักษ์	ประธานกรรมการ
2.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติกร ขันแกล้ว	รองประธานกรรมการ
3.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน	กรรมการ
4.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาตรี หอมเขียว	กรรมการ
5.	ผู้ช่วยศาสตราจารย์จารุวัฒน์ เจริญจิต	กรรมการ
6.	นายสุดนัย เครือหลี	กรรมการ
7.	นายนเรศ ขวัญทอง	กรรมการ
8.	นายอนุชิต วิเชียรชม	กรรมการ
9.	นายศุภวัฒน์ อินทร์เกิด	กรรมการ
10.	นายกฤดิกร แก้ววงศ์ศรี	กรรมการ
11.	นายโกสินทร์ ทีปรักษพันธ์	กรรมการ
12.	นางสาวศิรินันทร์ นาพอ	กรรมการ
13.	นางสาวหทัยรัตน์ หนักแน่น	กรรมการและเลขานุการ
14.	นางสาวนฤนาฏ ชูทิพย์	กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ