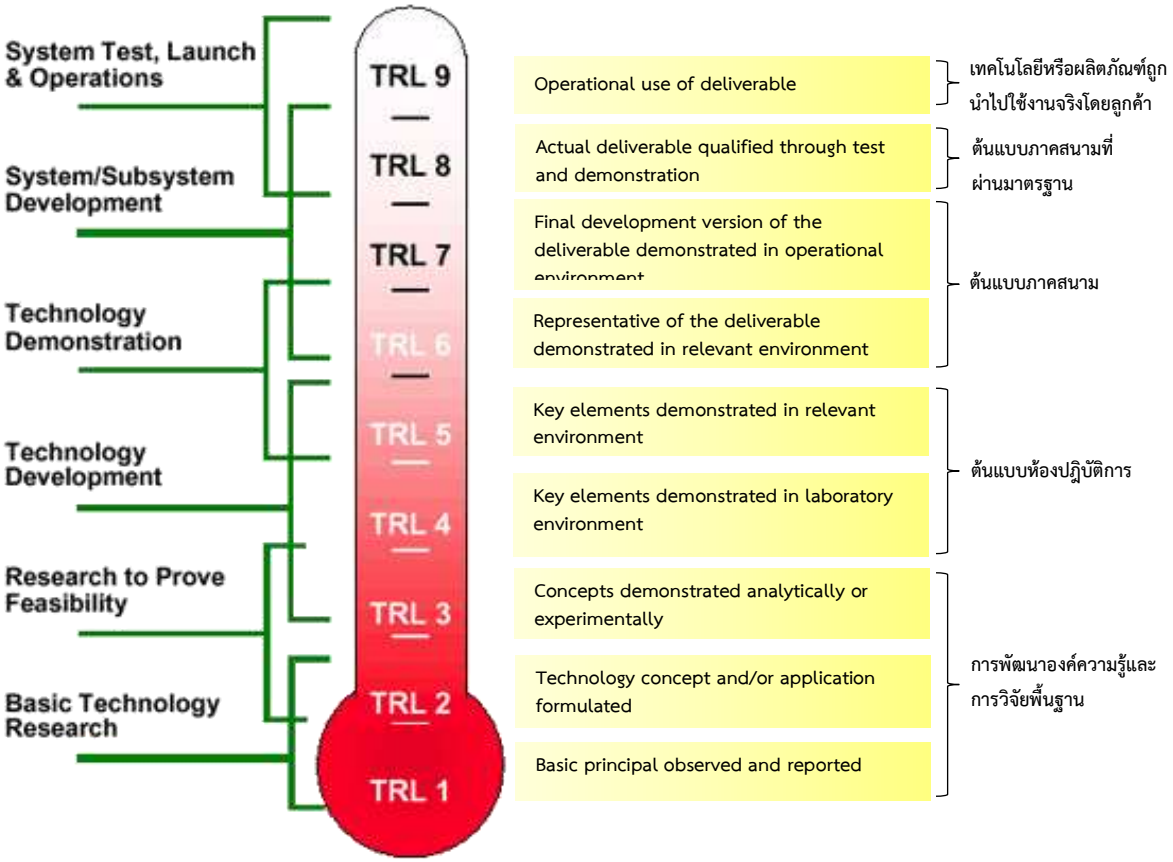
คำอธิบายและตัวชี้บ่งชี้เกี่ยวกับระดับของ Technology Readiness Level (TRL: 1 - 9)

TRL เป็นเครื่องมือบริหารจัดการโครงการหรือโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างนักพัฒนาเทคโนโลยีกับผู้ที่จะนำเทคโนโลยีไปถ่ายทอดสู่ลูกค้า และสามารถเปรียบเทียบความพร้อมและเสถียรภาพของเทคโนโลยี ระหว่างเทคโนโลยีที่แตกต่างกันได้



คำอธิบายและตัวบ่งชี้ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีสู่อุตสาหกรรม (TRL: 1 - 9)

หน่วยทรัพย์สินทางปัญญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ระดับที่	TRL: Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวบ่งชี้	ตรวจสอบ
1	Basic principles observed and reported.	**การศึกษาค้นพบและข้อสังเกตพื้นฐาน:** เป็นงานวิจัยที่มีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีต่ำที่สุด โดยเป็นงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ขั้นเริ่มต้นก่อนการเปลี่ยนแปลงไปสู่งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ซึ่งอาจรวมถึงเอกสารการศึกษาองค์ประกอบขั้นพื้นฐานของเทคโนโลยี <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ โดยมีการจำแนกหลักการในการรองรับเทคโนโลยี - เอกสารอ้างอิง เพื่อระบุได้ว่า ใครทำอะไร ที่ไหน เมื่อใด	1) มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงการทบทวนวรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และมีการสังเคราะห์ผลจากบทความวิจัย ที่นำไปสู่การเรียบเรียงองค์ความรู้เป็นบทความปริทัศน์ หรือเอกสารสรุปผลงานวิจัย	1. ☐
2	Technology concept and/or application formulated.	**การสร้างแนวคิดทางเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์สูตรทางเทคโนโลยี:** เป็นการประดิษฐ์ขั้นเริ่มต้น โดยเป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อข้อสังเกตการประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานมาสู่การประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งอาจยังไม่ได้มีการพิสูจน์ หรือวิเคราะห์รายละเอียดเพื่อสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งขึ้นได้ <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> ผลงานการตีพิมพ์ หรือเอกสารอ้างอิงที่มีเค้าโครงของการประยุกต์ใช้หลักการ และมีการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนแนวคิดนั้น ๆ	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 1 2) มีผลการทดลองหรือการวิเคราะห์เบื้องต้น ที่สามารถสนับสนุนสมมติฐานหรือช่องว่างของความรู้ที่ขาดไป	1. ☐ 2. ☐
3	Analytical and experimentally critical function and/or characteristic	**การวิเคราะห์และทดลองหน้าที่หลัก และ/หรือ การพิสูจน์องค์ประกอบของแนวคิด:** เป็นขั้นเริ่มต้นของงานวิจัย โดยต้องมีทั้งการศึกษาวิเคราะห์และการศึกษาทดลอง เพื่อคาดการณ์ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบอัตลักษณ์ในการแยกองค์ประกอบของเทคโนโลยี	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 2 2) มีผลิตภัณฑ์ต้นแบบ/แบบจำลอง ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาในห้องปฏิบัติการ	1. ☐ 2. ☐

ระดับที่	TRL: Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวบ่งชี้	ตรวจสอบ
	proof of concept.	<u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - บันทึกผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ที่น่าสนใจ และเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์คาดการณ์ระบบย่อยที่มีความสำคัญ - เอกสารอ้างอิง เพื่อระบุได้ว่า ในการทดสอบและเปรียบเทียบการดำเนินงานเหล่านั้น ใครทำอะไร ที่ไหน เมื่อใด		
4	Component and/or breadboard validation in laboratory environment.	**การตรวจสอบองค์ประกอบ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในระดับห้องปฏิบัติการ:** เป็นองค์ประกอบทางเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่ได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ชิ้นส่วนสามารถทำงานด้วยกันได้ ซึ่งอาจมีความละเอียดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบในขั้นตอนท้าย <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - แนวคิดของระบบที่ได้ผ่านการพิสูจน์แล้ว และมีผลจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ - เอกสารอ้างอิง ว่า ใครทำอะไร ที่ไหน เมื่อไร - ข้อมูลการคาดการณ์วิธีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) และผลการทดลองที่แตกต่างจากเป้าหมายที่คาดไว้	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 3 2) มีเลขคำขอจากการยื่นขอจดทรัพย์สินทางปัญญา ที่เป็นผลงานที่ได้จากการวิจัย หรือ 3) มีบทความวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติ (TCI กลุ่ม 2 ขึ้นไป) หรือระดับนานาชาติ ที่ปรากฏในฐานข้อมูลการจัดอันดับวารสาร SJR	1. ☐ 2. ☐ 3. ☐
5	Component and/or breadboard validation in relevant environments.	**การทดสอบองค์ประกอบ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง:** เทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากันอย่างมีนัยสำคัญเพิ่มขึ้น โดยองค์ประกอบพื้นฐานทางเทคโนโลยีได้ถูกประกอบเข้ากับชิ้นงานส่วนต่าง ๆ และถูกทดสอบในสถานการณ์จำลอง	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 4 2) มีผลิตภัณฑ์ต้นแบบ/แบบจำลอง ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาในห้องปฏิบัติการ และมีผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	1. ☐ 2. ☐

ระดับที่	TRL: Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวบ่งชี้	ตรวจสอบ
		<u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการในสถานการณ์จำลองของระบบอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ที่ได้ประกอบให้เข้ากันกับชิ้นส่วนต่าง ๆ - การระบุความแตกต่างของสถานการณ์จำลองและสถานการณ์จริงที่ตั้งไว้ - การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ - การระบุปัญหาที่พบ - การชี้ให้เห็นว่าสิ่งที่ได้ทำการทดลองมีความใกล้เคียงหรือสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้	ในสถานการณ์จำลองการใช้งานจริง	
6	System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environments.	**การทดลองโมเดลของระบบหลักและระบบย่อย หรือต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง:** โมเดลตัวอย่างหรือต้นแบบที่พัฒนาต่อจากขั้นที่ 5 ได้ถูกทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง และเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว เช่น อาจรวมถึงการทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการที่มีความละเอียดสูง หรือการทดสอบในภาคสนาม <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการของต้นแบบที่ใกล้เคียงการนำไปใช้ได้จริง - การระบุความแตกต่างของสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบกับสถานการณ์จริง - การระบุว่าใครเป็นผู้ทำการทดสอบ - การเปรียบเทียบการทดสอบกับผลที่คาดไว้ - การระบุปัญหาที่พบ	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 5 2) มีผลิตภัณฑ์/แบบจำลอง ที่ผ่านการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง และมีผลการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับห้องปฏิบัติการ	1. ☐ 2. ☐

ระดับที่	TRL: Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวบ่งชี้	ตรวจสอบ
		- การระบุแผนการดำเนินงานทางเลือก หรือแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาก่อนไปสู่ขั้นต่อไป		
7	System prototype demonstration in an operational environment.	**การทดลองต้นแบบในภาคสนาม:** ต้นแบบที่มีความใกล้เคียงกับระบบที่จะใช้จริง โดยเป็นการพัฒนาต่อจากขั้นที่ 6 โดยการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์การทำงานจริง <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - ผลทดสอบต้นแบบในสถานการณ์จริง - การระบุว่าใครเป็นผู้ทำการทดสอบ - การเปรียบเทียบการทดสอบกับผลที่คาดไว้ - การระบุปัญหาที่พบ - การระบุแผนการดำเนินงาน ทางเลือก หรือแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาก่อนไปสู่ขั้นต่อไป	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 6 2) มีเลขจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา ที่เป็นผลงานที่ได้จากการวิจัย และ 3) มีบทความวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติ (TCI กลุ่ม 1 ขึ้นไป) หรือระดับนานาชาติ ที่ปรากฏในฐานข้อมูลการจัดอันดับวารสาร SJR และ 4) มีผลิตภัณฑ์/แบบจำลอง ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยผ่านการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์การทำงานจริงแล้ว	1. ☐ 2. ☐ 3. ☐ 4. ☐
8	Actual system completed and qualified through test and demonstration.	**ระบบจริงที่มีความสมบูรณ์ มีคุณภาพ และผ่านการทดสอบและทดลองแล้ว:** เทคโนโลยีที่ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานขั้นสุดท้ายภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว โดยขั้นนี้จะเป็นขั้นปลายทางของการพัฒนาระบบที่พร้อมส่งมอบให้ลูกค้า/ผู้ใช้งาน <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - ผลทดสอบการทำงานของระบบที่ประกอบเข้ากับระบบเดิมภายใต้ภาวะแวดล้อมจริง โดยผลการทดสอบต้องสอดคล้องกับความต้องการที่คาดหวัง	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 7 2) มีผลิตภัณฑ์/แบบจำลอง ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยผ่านการพิสูจน์และผ่านมาตรฐานเรียบร้อยแล้ว	1. ☐ 2. ☐

ระดับที่	TRL: Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวบ่งชี้	ตรวจสอบ
		- ผลการประเมินความต้องการใช้จริง - การระบุที่ค้นพบ - การระบุแผนการดำเนินงาน ทางเลือก หรือพร้อมแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาก่อนไปสู่ขั้นสุดท้าย		
9	Actual system proven through successful mission operations.	**ผลงานที่พร้อมส่งมอบและสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยผ่านการพิสูจน์เรียบร้อยแล้ว:** เทคโนโลยีที่พร้อมส่งมอบไปสู่การใช้งานจริง จนสามารถทดสอบการใช้งานและการติดตามผลการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง <u>ข้อมูลสนับสนุน</u> - รายงานผลการทดสอบการใช้งานจริง และรายงานการติดตามประเมินผล	1) ระดับเดียวกับระดับที่ 8 2) มีการนำผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ หรือมีการซื้อสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร/สิทธิบัตรการออกแบบ จากผู้ประกอบการ	1. ☐ 2. ☐