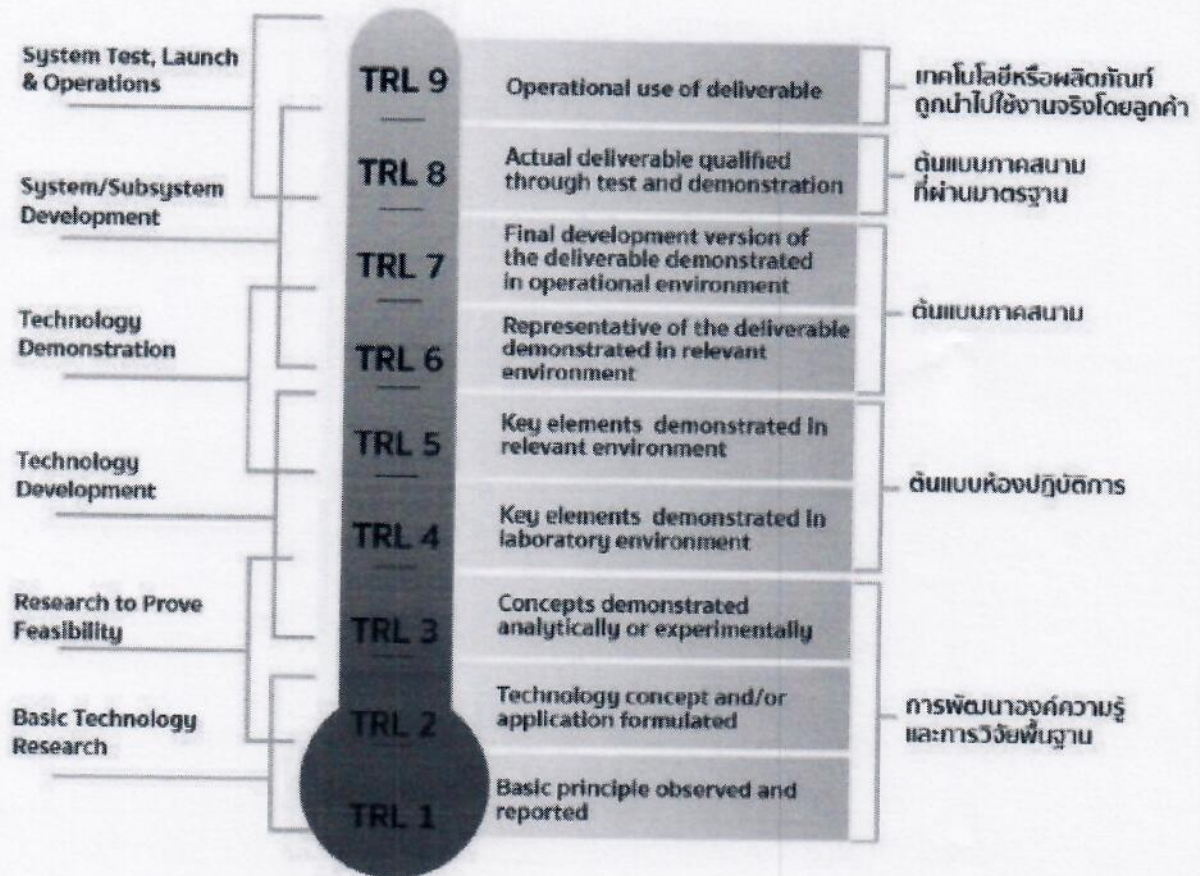


คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับของ Technology Readiness Level (TRL: 1 – 9)

TRL เป็นเครื่องมือบริหารจัดการโครงการหรือโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกัน ระหว่างนักพัฒนาเทคโนโลยีกับผู้ที่จะนำเทคโนโลยีไปถ่ายทอดสู่ลูกค้า และสามารถเปรียบเทียบความพร้อมและ เสถียรภาพของเทคโนโลยี ระหว่างเทคโนโลยีที่แตกต่างกันได้



คำอธิบายระดับความพร้อมของเทคโนโลยีผู้อุตสาหกรรม
(TRL-Technology Readiness Levels Definitions)

ระดับที่	TRL-Technology Readiness Levels	คำอธิบาย	ตัวอย่างผลงาน: คอมพิวเตอร์ช่วยวางแผนการจัดฟัน	ตัวอย่างผลงานด้านพื้นฐาน: ฟัน/ฟันรื้อตัว
1	Basic principles observed and reported	<p>การศึกษาข้อค้นพบและข้อสังเกตพื้นฐาน:</p> <p>เป็นงานวิจัยที่มีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีต่ำที่สุด โดยเป็นงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ขั้นเริ่มต้นก่อนการแปลงไปสู่งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ซึ่งอาจรวมถึงเอกสารการศึกษาองค์ประกอบขั้นพื้นฐานของเทคโนโลยี</p> <p>ข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ โดยมีการจำแนกหลักการในการรองรับเทคโนโลยี - เอกสารอ้างอิง เพื่อระบุได้ว่า ใครทำอะไร ที่ไหน เมื่อใด 	<p>แสดงถึงแนวคิดการวิจัยพื้นฐานที่สามารถประยุกต์ใช้ในซอฟต์แวร์ หรือคุณสมบัติพื้นฐานของอัลกอริทึม ซึ่งจะมีในข้อเสนอโครงการ</p>	<p>เอกสารสรุปผลการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานของเทคโนโลยีตั้งแต่สิ่งที่เคยมีในอดีต โดยระบุอ้างว่ามีใคร ทำการศึกษาเรื่องอะไร ได้ผลอย่างไร ที่ใด และเมื่อใด</p>
2	Technology concept and/or application formulated	<p>การสร้างแนวคิดทางเทคโนโลยี และการหรือ การประยุกต์สู่ตราทางเทคโนโลยี:</p> <p>เป็นการประดิษฐ์ขั้นเริ่มต้น โดยเป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อข้อสังเกต การประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานมาสู่การประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งอาจยังไม่ได้มีการพิสูจน์ หรือวิเคราะห์รายละเอียดเพื่อสนับสนุน</p> <p>ข้อมูลสนับสนุน</p> <p>ผลการตีพิมพ์ หรือเอกสารอ้างอิงที่มีเค้าโครงของการประยุกต์ใช้หลักการ และมีการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนแนวคิดนั้นๆ</p>	<p>แสดงแนวคิดที่จะพัฒนา และสรุปการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์</p>	<p>มีการสร้างแนวคิดด้านเทคโนโลยี และการ การประยุกต์ใช้</p>

3	<p>Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof of concept</p>	<p>การวิเคราะห์และทดลองหน้าที่หลัก และการพิสูจน์องค์ประกอบของแนวคิด: เป็นขั้นเริ่มต้นของงานวิจัย โดยต้องมีทั้งการศึกษาวิเคราะห์และการศึกษาทดลอง เพื่อคาดการณ์ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบอัตลักษณ์ในการแยกองค์ประกอบของเทคโนโลยี ข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - บันทึกผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อวัดค่าพารามิเตอร์ที่น่าสนใจ และเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ผลการประเมินย่อยที่มีความสำคัญ - เอกสารอ้างอิง เพื่อระบุได้ว่า ในการทดสอบและเปรียบเทียบการดำเนินงานเหล่านั้นใครทำอะไรมากกว่า เมื่อใด 	<p>แสดงการวิเคราะห์หรือผลการทดลองในแนวคิดใหม่</p> <p>สร้างประชากร หรือ คู่ผสมพันธุ์พืชหรือสัตว์ได้สำเร็จแล้ว</p>
4	<p>Component and/or breadboard validation in laboratory environment</p>	<p>การตรวจสอบองค์ประกอบ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในระดับห้องปฏิบัติการ:</p> <p>เป็นองค์ประกอบทางเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่ได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ทุกชิ้นส่วนสามารถทำงานด้วยกันได้ ซึ่งอาจมีความละเอียดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบในขั้นตอนท้ายข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - แนวคิดของระบบที่ได้ผ่านการพิสูจน์แล้ว และมีผลจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ - เอกสารอ้างอิง ว่า ใครทำอะไร เมื่อไร - ข้อมูลการคาดการณ์วิธีการใช้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) และผลการทดลองที่แตกต่างจากเป้าหมายที่คาดหวัง 	<p>แสดงว่าแต่ละองค์ประกอบหรือระบบย่อยได้มีการต่อเชื่อมกัน และผ่านการทดลองในสภาพแวดล้อมห้องปฏิบัติการ</p> <p>พันธุ์พืชหรือสัตว์ผ่านการคัดเลือกประชากรที่มีลักษณะตามเป้าหมาย โดยการปลูกหรือเลี้ยงทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ/โรงเรือน (Green house)/ฟาร์มปศ</p>

<p>5</p> <p>Component and/or breadboard validation in relevant environment</p>	<p>การทดสอบของอุปกรณ์ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง:</p> <p>เทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากันอย่างมีนัยสำคัญเพิ่มขึ้น โดยองค์ประกอบพื้นฐานทางเทคโนโลยีได้ถูกประกอบเข้ากับชิ้นส่วนต่างๆ และถูกทดสอบในสถานการณ์จำลอง</p> <p><u>ข้อมูลสนับสนุน</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการในสถานการณ์จำลองของระบบอุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ที่ได้ประกอบให้เข้ากันกับชิ้นส่วนต่างๆ -การระบุความแตกต่างของสถานการณ์จำลองและสถานการณ์จริงที่ดูได้ -การเปรียบเทียบผลการทดสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ -การระบุปัญหาที่พบ -การชี้ให้เห็นว่าสิ่งที่ได้ทำการทดลองมีความใกล้เคียงหรือสอดคล้องกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ 	<p>แสดงว่าแต่ละองค์ประกอบหรือระบบย่อยได้รับการต่อเชื่อมกัน และผ่านการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่เลียนแบบ เช่น ถ้าเป้าหมายคือทำงานได้อยู่บนมือถือ ก็ทดสอบบน Emulator ในพื้นาน</p>	<p>พันธมิตรหรือผู้ร่วมการคัดเลือกประชากรที่มีลักษณะตามเป้าหมาย โดยการปลูกหรือเลี้ยงทดสอบในระดับสถานที่ทดลอง (แหล่งที่มีการดูแล/ควบคุม) ในพื้นาน</p>
--	---	--	---

6	<p>System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment</p>	<p>การทดลองโมเดลของระบบหลักและระบบย่อย หรือต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง: โมเดลตัวอย่างหรือต้นแบบที่พัฒนาต่อจากขั้นที่ 5 ได้ถูกทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง และ เป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่างๆ เรียบร้อย แล้ว อาจรวมถึงการทดสอบต้นแบบในหัวข้อปฏิบัติการที่มีละเอียดสูง หรือการทดสอบใน ภาคนาม</p> <p><u>ข้อมูลสนับสนุน</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการของต้นแบบที่ถือผลการนำไปใช้ได้จริง - การระบุความแตกต่างของสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบกับสถานการณ์จริง - การระบุว่าใครเป็นผู้ทำการทดสอบ - การเปรียบเทียบการทดสอบกับผลที่คาดหวัง - การระบุปัญหาที่พบ - การระบุแผนการดำเนินงาน ทางเลือก หรือแนวทางการปฏิบัติในการแก้ไขหากก่อนไปสู่ขั้นต่อไป 	<p>แสดงว่าระบบเทคโนโลยี หรือต้นแบบผ่านการ ทดสอบในสภาวะแวดล้อมที่ เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ใช้งาน กำหนดว่าต้องใช้งานได้บน Windows Vista, Windows 7, Windows 8 ก็จะต้องทดสอบให้ผ่านให้ หมด</p> <p>พันธุ์พืชหรือสัตว์ผ่านการ คัดเลือกประชากรที่มีลักษณะ ตามเป้าหมาย โดยการปลูกหรือ เลี้ยงทดสอบในระดับสถานที่ที่ มีการ challenge ด้วยลักษณะที่ ต้องการ จำนวนหลายพื้นที่ (Multi- location)</p>
---	--	--	---

<p>7</p> <p>System prototype demonstration in an operational environment.</p>	<p>การทดลองต้นแบบในภาคสนาม:</p> <p>ต้นแบบที่มีความใกล้เคียงกับระบบที่จะใช้จริง โดยเป็นการพัฒนาต่อจากขั้นที่ 6 โดยการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์การทำงานจริง</p> <p>ข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลทดสอบต้นแบบในสถานการณ์จริง - การระบุว่าใครเป็นผู้ทำการทดสอบ - การเปรียบเทียบการทดสอบกับผลที่คาดหวัง - การระบุปัญหาที่พบ - การระบุแผนการดำเนินงาน ทางเลือก หรือแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาก่อนไปสู่ขั้นต่อไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เทคนิคคอมพิวเตอร์วาดลายเส้นเซฟโฟลเมตริกซ์ บนแผ่นภาพเอกซเรย์ • การจำลองในหน้าตาข้างหลังการรักษาทางทันตกรรมจัดฟันและผ่าตัด • การวิเคราะห์แบบจำลองฟันใน 2 มิติและการจำลองจากโพลกัศรีระใน 3 มิติ จากภาพรังสีด้านหน้าและด้านข้าง 	<p>พันธุ์พืชหรือสัตว์ผ่านการคัดเลือกประชากรที่มีลักษณะตามเป้าหมาย โดยการปลูกทดสอบหรือเลี้ยงในระดบแปลงเกษตรกร</p>
<p>8</p> <p>Actual system completed and qualified through test and demonstration.</p>	<p>ระบบจริงที่มีความสมบูรณ์ มีคุณภาพ และผ่านการทดสอบและทดลองแล้ว</p> <p>เทคโนโลยีที่ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานขั้นสุดท้ายภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว โดยขั้นนี้จะระบุเงื่อนไขทางการพัฒนาที่พร้อมส่งมอบให้ลูกค้า / ผู้ใช้งาน</p> <p>ข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - ผลการทดสอบการทำงานของระบบที่ประกอบเข้ากับระบบเดิมภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง - โดยผลการทดสอบต้องสอดคล้องกับความต้องการที่คาดหวัง - ผลการประเมินความต้องการใช้งานจริง - การระบุปัญหาที่ค้นพบ - การระบุแผนการดำเนินงาน ทางเลือก หรือแนวทางปฏิบัติในการแก้ไขปัญหาก่อนไปสู่ขั้นสุดท้าย 	<p>ผ่านการทดสอบด้านความแม่นยำการใช้งานจริงกับมนุษย์ โดยทันตแพทย์ ซึ่งจะต้องมีการขออนุมัติจากอนุกรรมการจริยธรรมของมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง</p>	<p>พันธุ์พืชหรือสัตว์ผ่านการทดสอบ และรับรองมาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง ตามที่ลูกค้า/ผู้ใช้คาดหวัง พร้อมส่งมอบให้ลูกค้า หรือถูกบูรณาการเข้ากับระบบของลูกค้า/ผู้รับประโยชน์แล้ว</p>
<p>9</p> <p>Actual system proven through successful mission operations.</p>	<p>ผลงานที่พร้อมส่งมอบและสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยผ่านการพิสูจน์เรียบร้อยแล้ว:</p> <p>เทคโนโลยีที่พร้อมส่งมอบไปสู่การใช้งานจริง จนสามารถทดสอบการใช้งานและสามารถติดตามผลการใช้งานได้อย่างเนื่อง</p> <p>ข้อมูลสนับสนุน</p> <ul style="list-style-type: none"> - รายงานผลการทดสอบการใช้งานจริง และรายงานการติดตามประเมินผล 	<p>ได้มีการใช้งานจริงไประยะเวลาหนึ่ง จนเป็นที่ยอมรับเรียบร้อยแล้ว</p>	<p>พันธุ์พืช/สัตว์ถูกนำไปขยายผลจริงในแปลงเกษตรกร</p>

Source: Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance" (PDF). United States Department of Defense. April 2011.