พฤศจิกายน 2563

คู่มือการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level-TRL) ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม | OFFICE OF INDUSTRIAL ECONOMICS

TGI

สวทช NSTDA

TARA Thai Automation and Robotics Association

1. หลักการและเหตุผล

สถาบันไทย – เยอรมัน ได้รับมอบหมายให้ดำเนินโครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ จากกองนโยบายอุตสาหกรรมรายสาขา 1 สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ซึ่งภายในโครงการสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรมได้มอบหมายให้ดำเนินการจัดทำฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติจำนวน 7 ฐานข้อมูลดังนี้

1. ฐานข้อมูลผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ
2. ฐานข้อมูลเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศ
3. ฐานข้อมูลที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเคลื่อนไหวของการพัฒนาอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของไทยและประเทศที่มีความสำคัญ ข้อมูลด้านตลาด ข่าวสาร และสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง
4. ฐานข้อมูลผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ
5. ฐานข้อมูลสถิตินำเข้า-ส่งออกอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของประเทศไทย
6. ฐานข้อมูลสถิตินำเข้า-ส่งออกอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติของประเทศที่สำคัญ 4 ประเทศ
7. ฐานข้อมูลมาตรการที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ ในส่วนของฐานข้อมูลเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศ จะต้องดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในประเทศ เช่น เทคโนโลยีด้าน Machine Vision หรือ AS/RS ตลอดจนการจัดทำเกณฑ์เพื่อจัดระดับเทคโนโลยี ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

สถาบันไทย-เยอรมัน ร่วมกับ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสมาคมผู้ประกอบการระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ไทย (TARA) ร่วมกันจัดทำคู่มือการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level-TRL) ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของคู่มือฯ

เพื่อเป็นคู่มือในการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

3. ความหมายของการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) และการประยุกต์ใช้ TRL ในต่างประเทศ

การประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) คิดค้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1974 โดย Stan Sadin นักวิจัยขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติหรือองค์การนาซ่า (National Aeronautics and Space Administration - NASA) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประเมินระดับความพร้อมของการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ในโปรแกรมการบิน โดยในช่วงแรกมี 7 ระดับ โดยมีประวัติความเป็นมาโดยย่อ ดังนี้

ค.ศ. 1990 - องค์การนาซ่า ได้ขยายเพิ่มเติมคำจำกัดความของ TRL เป็น 9 ระดับ และเป็นครั้งแรกที่มีการประยุกต์ใช้ TRL ทั้งภายในและภายนอกองค์การนาซ่า

ค.ศ. 1995 - Mr. John C. Mankins ได้มีการตีพิมพ์เผยแพร่คำจำกัดความและคำอธิบายรายละเอียดของ TRL แต่ละระดับอย่างเป็นทางการในสมุดปกขาว (White Paper)

NASA อธิบายว่า ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) คือ การบ่งชี้ระดับความพร้อมและเสถียรภาพของเทคโนโลยีตามบริบทการใช้งาน ตั้งแต่เป็นวัตถุดิบ องค์ประกอบสำคัญ อุปกรณ์ และกระบวนการทำงานทั้งระบบ

ก่อนที่จะมีการบูรณาการเทคโนโลยีเป็นระบบ[1] โดยมีรายละเอียดตามรูปที่ 1 (อ้างอิงจากการรวบรวมข้อมูลโดย สวทช.) ดังนี้

TRL 1: หลักการพื้นฐานได้รับการพิจารณาและมีการรายงาน (Basic principles observed and reported)

TRL 2: มีการสร้างแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์ใช้ (Technology concept and/or application formulated)

TRL 3: มีการทดลองและวิเคราะห์หน้าที่หลัก และ/หรือ มีการพิสูจน์ความเป็นไปได้ของแนวคิด (Analytical and experimental critical function and/or characteristic proof-of- concept)

TRL 4: การทดสอบองค์ประกอบ และ/หรือ บอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (breadboard) ในสภาวะแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ (Component and/or breadboard validation in laboratory environment)

TRL 5: การทดสอบองค์ประกอบ และ/หรือ บอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (breadboard) ในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Component and/or breadboard validation in relevant environment)

TRL 6: การทดสอบแบบจำลองของระบบหรือระบบย่อย หรือต้นแบบในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจเป็นภาคพื้นดินหรืออวกาศ (System/subsystem model or prototype demonstration in a relevant environment (ground or space)

TRL 7: การทดสอบต้นแบบระบบในสภาวะแวดล้อมอวกาศ (System prototype demonstration in a space environment)

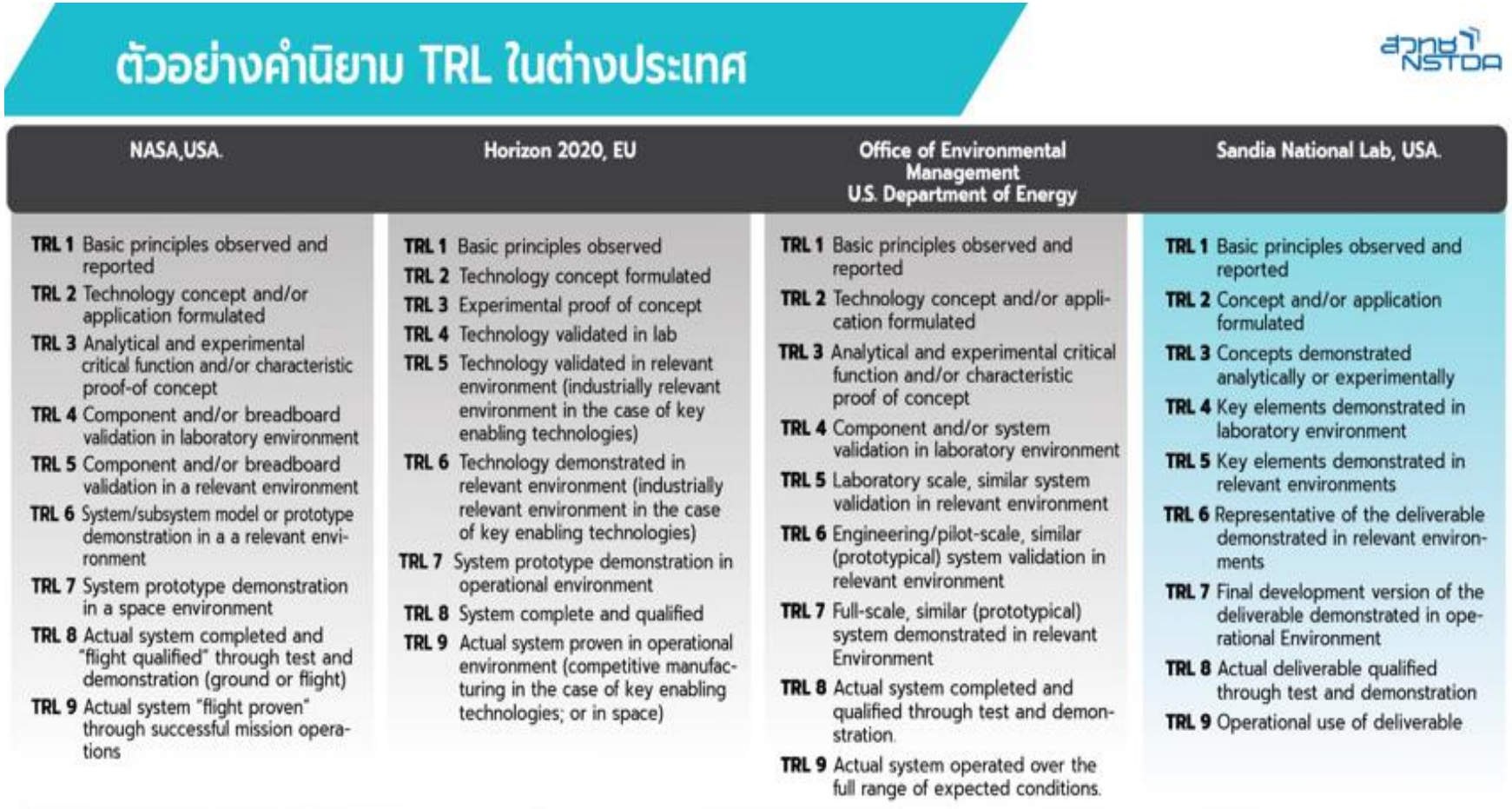
TRL 8: ระบบจริงเสร็จสมบูรณ์และมีคุณสมบัติผ่านการทดสอบและสาธิตบนภาคพื้นดินหรือในอวกาศ (Actual system completed and “flight qualified” through test and demonstration (ground or flight)

TRL 9: ระบบจริงได้รับการพิสูจน์ทางการบิน โดยภารกิจสำเร็จ (Actual system “flight proven” through successful mission operations)

[1] Space Systems Engineering, version 1.0 “Technology Module: Technology Readiness Levels (TRLs)” 2008

นอกเหนือจากคำนิยาม TRL ฉบับดั้งเดิมของ NASA แล้วยังมีคำนิยาม TRL ของหน่วยงานอื่นๆที่ประยุกต์จาก NASA เช่น โครงการ Horizon 2020 ของสหภาพยุโรป กระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา และ Sandia National Laboratories (รายละเอียดตามภาพที่ 1)

ภาพที่ 1: ตัวอย่างคำนิยาม TRL ในต่างประเทศ



ที่มา: รวบรวมโดย สวทช. จาก https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html:
http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf
Technology Readiness Assessment Report, Office of Environmental Management U.S. Department of Energy, 2010; Sandia National Labs "Measuring the Maturity of a Technology: Guidance on Assigning a TRL", October 2007.

นอกจากกระทรวงพลังงาน และศูนย์ปฏิบัติการวิจัยแห่งชาติซานเดีย ในสหรัฐอเมริกาแล้วยังมีกระทรวงความมั่นคงแห่งมาตุภูมิ กระทรวงกลาโหม องค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือ (North Atlantic Treaty Organization: NATO) ในสหรัฐอเมริกาที่ประยุกต์ใช้ TRL อีกทั้งในยุโรปก็มีการประยุกต์ใช้ TRL ในองค์การอวกาศยุโรป (European Space Agency: ESA) องค์การด้าน การวิจัยและเทคโนโลยีของยุโรป (European Association of Research and Technology Organizations: EARTO) กระทรวงกลาโหมแห่งสหราชอาณาจักร องค์การศึกษาวิจัยอวกาศแห่งชาติฝรั่งเศส (Centre national d'études spatiales) ขณะเดียวกัน ในหลายประเทศก็มีการประยุกต์ใช้การประเมิน TRL เช่น กระทรวงอุตสาหกรรมของแคนาดา และ องค์การสำรวจอวกาศญี่ปุ่น (Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA) เป็นต้น (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2: ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ TRL ในต่างประเทศ

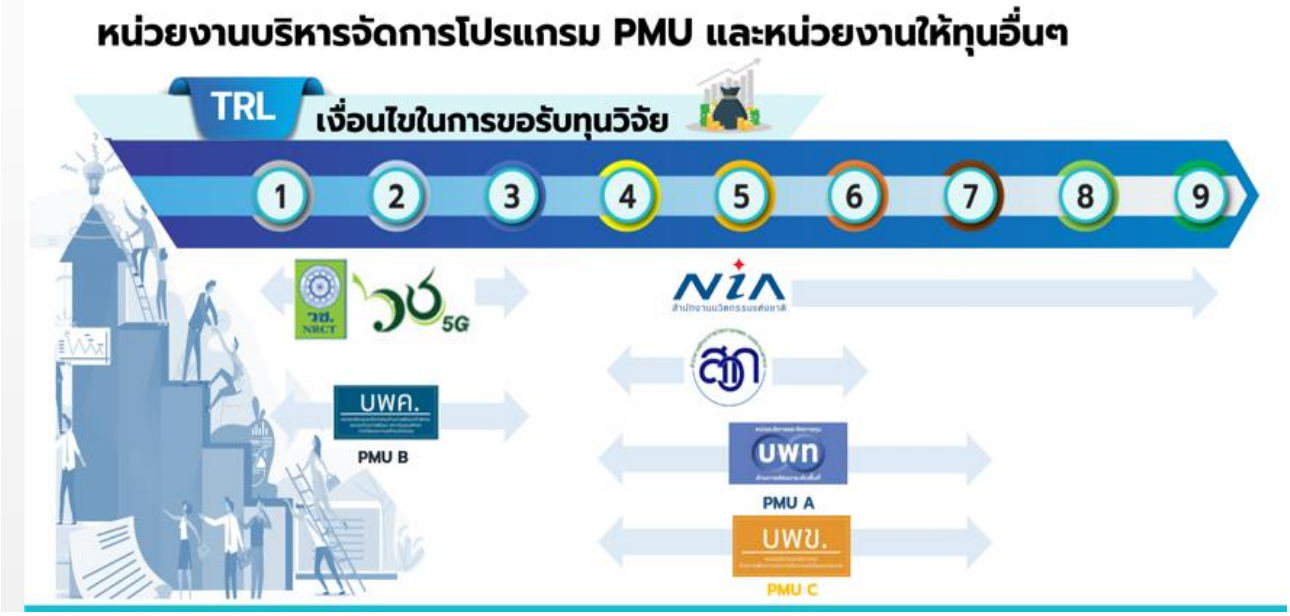
ที่มา: รวบรวมโดย สวทช.

4. การประยุกต์ใช้ TRL เพื่อการให้ทุนในประเทศไทย

หน่วยบริหารจัดการให้ทุนวิจัยรวม 6 แห่งของประเทศไทย ได้กำหนดเงื่อนไขในการขอรับทุนวิจัยที่ให้ระบุ TRL เป็นส่วนหนึ่งในคุณสมบัติสำคัญของการยื่นข้อเสนอโครงการวิจัย ทั้งนี้ ในแต่ละแหล่งทุนจะประกาศรับข้อเสนอโครงการในระดับ TRL ที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของแต่ละหน่วยงานให้ทุน เช่น หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) และหน่วยบริหารจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ประกาศรับข้อเสนอโครงการระหว่าง TRL4-7 ขณะที่หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน

และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัย และสร้างนวัตกรรม (บพค.) และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประกาศรับข้อเสนอโครงการระหว่าง TRL1-3 เป็นต้น (แผนภาพที่ 3)

ภาพที่ 3: ตัวอย่างการประยุกต์ TRL เพื่อการให้ทุนในประเทศไทย



ที่มา: รวบรวมโดย สวทช.

5. คำจำกัดความและรายละเอียด TRL 9 ระดับของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

คณะผู้เชี่ยวชาญจัดทำเกณฑ์ประเมินระดับการพัฒนาของเทคโนโลยี ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้การระบุคำจำกัดความ TRL และข้อมูลสนับสนุนเพื่อยืนยันระดับ TRL จากคู่มือการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) ของ สวทช.เวอร์ชั่น 2.2 จึงสรุปเป็นเกณฑ์แบบประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ (รายละเอียดตามตารางที่ 1) ดังนี้

เกณฑ์แบบประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) ในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

ชื่อโครงการ .....

ประเภทของงาน (เครื่องมือ กระบวนการ ระบบ ซอฟต์แวร์?).....

โจทย์/ปัญหาจากหน่วยงาน (ลูกค้า*) ชื่อ .....

บริษัท SI ที่ทำวิจัยเพื่อแก้ปัญหาชื่อ.....

TRL ปัจจุบันก่อนเริ่มโครงการวิจัย (ประเมินตอนยื่นข้อเสนอโครงการขอทุน) คือ .....

TRL เป้าหมายเมื่อจบโครงการ (ประเมินตอนยื่นข้อเสนอโครงการขอทุน) คือ .....

TRL ที่ได้จริงเมื่อจบโครงการ (ประเมินตอนตรวจปิดโครงการ) คือ .....

ผู้จัดทำ..... หน่วยงาน .....

เบอร์ติดต่อ ..... E-Mail .....

*ลูกค้า มี 2 ประเภท

1) ลูกค้าที่เป็นเจ้าของโจทย์วิจัย ซึ่งเป็นผู้นำผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการไปใช้ในการแก้ปัญหาในบริษัทของตนเอง

2) ลูกค้าที่เป็นบริษัทที่จะนำผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการไปผลิตขายในจำนวนมากในตลาด

ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เครื่องมือ ระบบ ซอฟต์แวร์ ที่วิจัยหรือพัฒนาขึ้น

หมายเหตุ: 1. การถ่ายทอดเทคโนโลยีเกิดขึ้นได้ในทุกระดับ TRL

2. กรณีโครงการต่อยอด ต้องมีการประเมินระดับ TRL ก่อนเสนอโครงการ

3. กรณีโครงการพัฒนาใหม่ต้องระบุ TRL เป้าหมาย

ระดับ	คำนิยาม	หลักฐานประกอบ
TRL1	**หลักการพื้นฐานได้รับการพิจารณาและมีการรายงาน** ***คำอธิบาย*** มีการพิจารณาหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนหลักการสำคัญของเทคโนโลยี โดยมีการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review/Prior art)	☐ เอกสารสรุปการทบทวนที่มาปัญหา/โจทย์วิจัย/แนวคิดในการแก้ไขปัญหา (ควรวิเคราะห์ร่วมกับลูกค้า* ถ้ามี) โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของข้อเสนอโครงการ..... ☐ ระบุลูกค้าเป้าหมายหรือตลาดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของข้อเสนอโครงการ..... ☐ หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หรือผลศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) .....
TRL2	**มีการสร้างแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์ใช้** ***คำอธิบาย*** เริ่มทำการศึกษาวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อยืนยันหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้	☐ แบบร่างต้นแบบ (Drawing) /Concept design หรือแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม (Flow Chart) โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของข้อเสนอโครงการ..... ☐ ขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของข้อเสนอโครงการ..... ☐ ข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ของงานวิจัย โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของข้อเสนอโครงการ..... หรือแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการนี้ (Market Analysis/Pre-Impact Assessments
TRL3	**แนวคิดได้ถูกสาธิตด้วยการวิเคราะห์ จำลอง หรือทดลอง** ***คำอธิบาย*** ผลการศึกษาวิจัย จำลอง ทดลอง หรือ วิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ว่า หลักการนั้นเป็นไปได้ (Proof-of-concept)	☐ Proof of concept /ผลการวิเคราะห์หรือทดลองพิสูจน์ความเป็นไปได้ของหลักการ เช่น ผลการ simulation hardware/software เบื้องต้น โปรดระบุว่า อยู่ส่วนใดของรายงานโครงการงวดที่ 1 ..... หรือ แนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ ผลการศึกษารวบรวมข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้

ระดับ	คำนิยาม	หลักฐานประกอบ
TRL4	**องค์ประกอบที่สำคัญหรือบอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (Breadboard) ได้ถูกสาธิตและพิสูจน์ในระดับห้องปฏิบัติการแล้ว** ***คำอธิบาย*** องค์ประกอบที่สำคัญ ได้ถูกประกอบเข้ากันเพื่อให้ชิ้นส่วนทำงาน ด้วยกันได้ โดยเป็นการทดสอบวัสดุ วิธีการ หรือกระบวนการในระดับ small scale และต้นแบบผ่านการสาธิตและพิสูจน์ในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถ แก้ไขปัญหาเฉพาะเรื่อง รวมทั้งแสดงให้เห็นมุมมองของการทำงานหลักๆ สามารถทำงานได้ตามที่คาดหวังได้ในสภาพแวดล้อมระดับห้องปฏิบัติการ สภาวะแวดล้อมระดับห้องปฏิบัติการ คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการของผู้วิจัย และมีการกำหนด Specification ชัดเจน	☐ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในสภาวะควบคุมในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI (System Integrator) (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป (สามารถทำงานได้ตามฟังชั่นพื้นฐาน) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ ผลการทดสอบ (Test Run) ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI สอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบได้ตามฟังชั่นพื้นฐานที่กำหนดไว้ ในระดับห้องปฏิบัติการ โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ.....
TRL5	**TRL 5 : องค์ประกอบที่สำคัญหรือบอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (Breadboard) ได้ถูกสาธิตและพิสูจน์ในสภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (Simulated environments)** ***คำอธิบาย*** องค์ประกอบที่สำคัญได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันกับองค์ประกอบสนับสนุนของต้นแบบจริง และผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (ในระดับ TRL นี้ยังไม่ได้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความสวยงาม) (สภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (Simulated environments)คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการของผู้วิจัย โดยเพิ่มระดับความเข้มข้นของสภาวะแวดล้อมที่ทดสอบ หรือ เป็นการทดสอบชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและ integrate เข้ากับระบบในโรงงาน SI)	☐ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและ integrate เข้ากับระบบในโรงงาน SI แล้วสามารถทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนด (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ ผลการทดสอบ (Test Run) ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบสอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบที่แสดงว่าองค์ประกอบสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ ทำงานได้สมบูรณ์ในสภาวะที่ Integrate เข้ากับระบบของโรงงาน SI โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ.....

ระดับ	คำนิยาม	หลักฐานประกอบ
TRL6	**ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่พร้อมเป็นสิ่งส่งมอบ ได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานจริง** ***คำอธิบาย*** ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่พร้อมเป็นสิ่งส่งมอบได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานจริง (Relevant environment) ซึ่งหมายถึง ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่มีผลเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จ/ล้มเหลวในการทำงานของระบบต้นแบบ ได้ถูกควบคุมให้เหมือนกับสภาวะทำงานจริง (สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Relevant environments) คือ การทดสอบในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกับสภาวะแวดล้อมของลูกค้าตัวจริง	☐ ระบุว่า สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Relevant environments คือ ทดสอบที่ไหน เพื่อแสดงให้เห็นว่าต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ (*ที่มี Function และ Form เหมือน ผลิตภัณฑ์จริง)* ได้ผ่านพิสูจน์ว่าทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนดใน Relevant environment (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบทำงานได้ในระบบในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ.....
TRL7	**ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการขั้นสุดท้าย ได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะทำงานจริง** ***คำอธิบาย*** ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการขั้นสุดท้ายได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะทำงานจริง (Operational environment) ซึ่งหมายถึง สภาพแวดล้อมจริงในการทำงานของระบบ (ต้นแบบ) ที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จ/ล้มเหลวในการทำงานของระบบได้	☐ มาตรฐานการทดสอบ/วิธีการทดสอบที่น่าเชื่อถือ ที่สามารถยืนยัน Specification และ Requirement ของลูกค้า โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบสุดท้ายใช้งานได้ในสภาวะทำงานจริงของลูกค้าที่ใช้งานจริง และสอดคล้องกับความต้องการที่จะใช้งาน โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ มีหลักฐานแสดงการยอมรับของลูกค้า (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า)

ระดับ	คำนิยาม	หลักฐานประกอบ
		โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ.....
TRL8	**เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการที่ส่งมอบจริง ได้ผ่านการทดสอบและสาธิต** **คำอธิบาย** เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการที่ส่งมอบจริง ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานตามมาตรฐานของผู้ใช้/มาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) / กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) หรือถูกบูรณาการเข้ากับระบบของลูกค้า/ผู้ใช้งานแล้ว (TRL8 ต้องทำให้ได้คุณภาพตามที่ขายได้ทั่วไปในตลาด)	☐ คู่มือสำหรับการผลิต/คู่มือสำหรับการใช้งาน โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... ☐ ผลการทดสอบการใช้งานในสภาวะการทำงานจริงโดยลูกค้า โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ ผลการทดสอบเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ (ถ้ามี) โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ..... ☐ ผลการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้ โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม..... หรือระบุว่าอยู่ส่วนใดของรายงานปิดโครงการ.....
TRL9	**การใช้งานเทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการอย่างต่อเนื่อง** ***คำอธิบาย*** เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการถูกนำไปใช้งานจริง และติดตามผลการใช้งานอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่เหมาะสม โดยหากมีข้อบกพร่อง ต้องดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย	☐ หลักฐานการจำหน่ายในท้องตลาด โปรดแนบเอกสารเพิ่มเติม.....

ที่มา: ประยุกต์จากคู่มือการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) ของ สวทช.เวอร์ชั่น 2.2

6. ตัวอย่าง เอกสารประกอบ TRL แต่ละระดับ: ประเภทหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
TRL1	**หลักการพื้นฐานได้รับการพิจารณาและมีการรายงาน** ***คำอธิบาย*** มีการพิจารณาหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนหลักการสำคัญของเทคโนโลยี โดยมีการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review/Prior art) ☐ เอกสารสรุปการทบทวนที่มาปัญหา/โจทย์วิจัย/แนวคิดในการแก้ไขปัญหา (ควรวิเคราะห์ร่วมกับลูกค้า* ถ้ามี) ☐ ระบุลูกค้าเป้าหมายหรือตลาดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ☐ หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์หรือผลศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี)	แสดงถึงการทบทวนที่มาปัญหาและแนวทางที่จะใช้ระบบอัตโนมัติในการแก้ไข พร้อมระบุลูกค้าเป้าหมายหรือความต้องการจากลูกค้า ซึ่งจะถูกระบุอยู่ใน หัวข้อหลักการและเหตุผล ในข้อเสนอโครงการ ☑เอกสารสรุปการทบทวนที่มาปัญหา/โจทย์วิจัย/แนวคิดในการแก้ไขปัญหา (ควรวิเคราะห์ร่วมกับลูกค้า* ถ้ามี) ☑ระบุลูกค้าเป้าหมายหรือตลาดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้
TRL2	**มีการสร้างแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์ใช้** ***คำอธิบาย*** เริ่มทำการศึกษาวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อยืนยันหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้ ☐ แบบร่างต้นแบบ (Drawing) /Concept design หรือแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม (Flow Chart) ☐ ขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน ☐ ข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ของงานวิจัย ☐ ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการนี้ (Market Analysis/Pre-Impact Assessments)	แสดงถึงแนวคิดด้านการพัฒนาระบบอัตโนมัติเพื่อนำมาแก้ไขปัญหา รูปแบบการดำเนินงานเดิมก่อนนำระบบอัตโนมัติมาใช้ พร้อมกำหนดแบบร่าง (Drawing) /Concept design หรือแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม (Flow Chart) กำหนดขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน ข้อกำหนดทางเทคนิค ตลอดจนผลกระทบทางเศรษฐกิจที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ ซึ่งจะถูกระบุอยู่ใน 1.หัวข้อแนวคิดการพัฒนาต้นแบบ (แบบร่างแนวคิด) 2.คุณสมบัติทางเทคนิคของระบบต้นแบบ ในข้อเสนอโครงการ ☑ แบบร่างต้นแบบ (Drawing) /Concept design หรือแนวคิดการพัฒนาโปรแกรม (Flow Chart) ☑ ขอบเขตและวิธีการดำเนินงาน ☑ ข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ของงานวิจัย

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
TRL3	**แนวคิดได้ถูกสาธิตด้วยการวิเคราะห์ จำลอง หรือทดลอง** ***คำอธิบาย*** ผลการศึกษาวิจัย จำลอง ทดลอง หรือ วิเคราะห์เพื่อพิสูจน์ว่า หลักการนั้นเป็นไปได้ (Proof-of-concept) ☐ Proof of concept /ผลการวิเคราะห์หรือทดลองพิสูจน์ความเป็นไปได้ของหลักการ เช่น ผลการ simulation hardware/software เบื้องต้น ☐ ผลการศึกษารวบรวมข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้	แสดงถึงผลการวิเคราะห์หรือทดลองพิสูจน์ความเป็นไปได้ของหลักการ และการการศึกษารวบรวมข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้ ซึ่งจะถูกระบุอยู่ในรายงานงวดที่ 1 ☑ Proof of concept /ผลการวิเคราะห์หรือทดลองพิสูจน์ความเป็นไปได้ของหลักการ เช่น ผลการ simulation hardware/software เบื้องต้น ☐ ผลการศึกษารวบรวมข้อมูลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้
TRL4	**องค์ประกอบที่สำคัญหรือบอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (Breadboard) ได้ถูกสาธิตและพิสูจน์ในระดับห้องปฏิบัติการแล้ว** ***คำอธิบาย*** องค์ประกอบที่สำคัญ ได้ถูกประกอบเข้ากันเพื่อให้ชิ้นส่วนทำงาน ด้วยกันได้ โดยเป็นการทดสอบวัสดุ วิธีการ หรือกระบวนการในระดับ small scale และต้นแบบผ่านการสาธิตและพิสูจน์ในระดับห้องปฏิบัติการ สามารถ แก้ไขปัญหาเฉพาะเรื่อง รวมทั้งแสดงให้เห็นมุมมองของการทำงานหลักๆ สามารถทำงานได้ตามที่คาดหวังได้ในสภาพแวดล้อมระดับห้องปฏิบัติการ สภาวะแวดล้อมระดับห้องปฏิบัติการ คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการของผู้วิจัย และมีการกำหนด Specification ชัดเจน ☐ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและทำงานได้ตามที่ ออกแบบไว้ในสภาวะควบคุม	แสดงถึงองค์ประกอบที่สำคัญของระบบได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันและสามารถทำงานได้ในห้องปฏิบัติการของ SI โดยการทดสอบสามารถทำงานได้ตามฟังชั่นพื้นฐานของระบบ และมีผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับได้ในห้องปฏิบัติการของ SI ซึ่งจะถูกระบุอยู่ในรายงานงวดที่ 2 ☑ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ในสภาวะควบคุมในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI (System Integrator) (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) ☑ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป (สามารถทำงานได้ตามฟังชั่นพื้นฐาน) ☑ ผลการทดสอบ (Test Run) ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI สอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบได้ตามฟังชั่นพื้นฐานที่กำหนดไว้ในระดับห้องปฏิบัติการ

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
	ในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI (System Integrator) (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) ☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป (สามารถทำงานได้ตามฟังชั่นพื้นฐาน) ☐ ผลการทดสอบ (Test Run) ต้นแบบในห้องปฏิบัติการ/Workshop ของ SI สอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบได้ตามฟังชั่นพื้นฐานที่กำหนดไว้ ในระดับห้องปฏิบัติการ	
TRL5	**องค์ประกอบที่สำคัญหรือบอร์ดทดลองอิเล็กทรอนิกส์จำลอง (Breadboard) ได้ถูกสาธิตและพิสูจน์ในสภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (Simulated environments)** ***คำอธิบาย*** องค์ประกอบที่สำคัญได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันกับองค์ประกอบสนับสนุนของต้นแบบจริง และผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (ในระดับ TRL นี้ยังไม่ได้มีการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีความสวยงาม) (สภาวะเลียนแบบที่ใกล้เคียงสภาวะแวดล้อมจริง (Simulated environments) คือ การทดสอบในห้องปฏิบัติการของผู้วิจัย โดยเพิ่มระดับความเข้มข้นของสภาวะแวดล้อมที่ทดสอบ หรือ เป็นการทดสอบชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและ integrate เข้ากับระบบในโรงงาน SI) ☐ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและ integrate เข้า กับระบบในโรงงาน SI แล้ว	แสดงถึงองค์ประกอบที่สำคัญของระบบได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันและสามารถทำงานได้ในห้องปฏิบัติการมีสภาวะใกล้เคียงกับโรงงานของลูกค้า โดยการทดสอบสามารถทำงานได้ตามฟังชั่นพื้นฐานของระบบ และมีผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งจะถูกระบุอยู่ในรายงานงวดที่ 2 ☑ ชิ้นส่วนสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกประกอบเข้าด้วยกันและ integrate เข้ากับระบบในโรงงาน SI แล้วสามารถทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนด (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) ☑ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) ☑ ผลการทดสอบ (Test Run) ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบสอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบที่แสดงว่าองค์ประกอบสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ ทำงานได้สมบูรณ์ในสภาวะที่ Integrate เข้ากับระบบของโรงงาน SI

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
	สามารถทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนด (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) ☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) ☐ ผลการทดสอบ (Test Run) ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบสอดคล้องกับ Specification และมีผลการทดสอบที่แสดงว่าองค์ประกอบสำคัญของต้นแบบผลิตภัณฑ์ ทำงานได้สมบูรณ์ในสภาวะที่ Integrate เข้ากับระบบของโรงงาน SI	
TRL6	**ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่พร้อมเป็นสิ่งส่งมอบ ได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานจริง** ***คำอธิบาย*** ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการที่พร้อมเป็นสิ่งส่งมอบได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานจริง (Relevant environment) ซึ่งหมายถึง ปัจจัยของสิ่งแวดล้อมที่มีผลเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จ/ล้มเหลวในการทำงานของระบบต้นแบบ ได้ถูกควบคุมให้เหมือนกับสภาวะทำงานจริง (สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Relevant environments) คือ การทดสอบในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกับสภาวะแวดล้อมของลูกค้าจริง ☐ ระบุว่า สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Relevant environments คือ ทดสอบที่ไหน เพื่อแสดงให้เห็นว่าต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ (*ที่มี Function และ Form เหมือน ผลิตภัณฑ์จริง)* ได้ผ่านพิสูจน์ว่าทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนดใน Relevant environment (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ)	แสดงถึงองค์ประกอบที่สำคัญของระบบได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันและสามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานจริงโดยการทดสอบสามารถทำงานได้และมีรูปแบบของเครื่องตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ และผ่านการทดสอบการทำงานตาม Specification ที่กำหนด และมีผลการทดสอบเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งจะถูกระบุอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์ ☑ ระบุว่า สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Relevant environments คือ ทดสอบที่ไหน เพื่อแสดงให้เห็นว่าต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ (*ที่มี Function และ Form เหมือน ผลิตภัณฑ์จริง)* ได้ผ่านพิสูจน์ว่าทำงานได้ตาม Specification ที่กำหนดใน Relevant environment (อาจเป็นการแสดงผลผ่านการถ่ายวิดีโอ) ☑ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) ☑ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบทำงานได้ในระบบในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า)

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
	☐ วิธีการทดสอบที่เป็นที่ยอมรับ (มีความแม่นยำ/น่าเชื่อถือ) ☐ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบทำงานได้ในระบบในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า)	
TRL7	**ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการขั้นสุดท้าย ได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะทำงานจริง** ***คำอธิบาย*** ต้นแบบของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการขั้นสุดท้ายได้ผ่านการสาธิตและพิสูจน์การใช้งานในสภาวะทำงานจริง (Operational environment) ซึ่งหมายถึง สภาพแวดล้อมจริงในการทำงานของระบบ (ต้นแบบ) ที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องต่อความสำเร็จ/ล้มเหลวในการทำงานของระบบได้ ☐ มาตรฐานการทดสอบ/วิธีการทดสอบที่น่าเชื่อถือ ที่สามารถยืนยัน Specification และ Requirement ของลูกค้า ☐ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบสุดท้ายใช้งานได้ในสภาวะทำงานจริงของลูกค้าที่ใช้งานจริง และสอดคล้องกับความต้องการที่จะใช้งาน ☐ มีหลักฐานแสดงการยอมรับของลูกค้า (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า)	แสดงว่าระบบเทคโนโลยีหรือต้นแบบผ่านการทดสอบในสภาวะแวดล้อมของลูกค้า โดยระบบสามารทำงานเชื่อมต่อกัน และสามารถบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวได้จริง มีการระบุวิธีการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน โดยวิธีการที่น่าเชื่อถือ และแสดงหลักฐานการยอมรับของลูกค้า ซึ่งจะถูกระบุอยู่ในรายงานฉบับสมบูรณ์ ☑ มาตรฐานการทดสอบ/วิธีการทดสอบที่น่าเชื่อถือ ที่สามารถยืนยัน Specification และ Requirement ของลูกค้า ☑ ผลการทดสอบแสดงว่าต้นแบบสุดท้ายใช้งานได้ในสภาวะทำงานจริงของลูกค้าที่ใช้งานจริง และสอดคล้องกับความต้องการที่จะใช้งาน ☑ มีหลักฐานแสดงการยอมรับของลูกค้า (มีจำนวนการทดสอบและระยะเวลาการทดสอบที่เพียงพอและยอมรับได้ในทางสถิติ หรือยอมรับได้จากลูกค้า)

ระดับ	คำนิยามและหลักฐานประกอบ	ตัวอย่างผลงาน :ระบบตัดและบรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวอัตโนมัติ
TRL8	**เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการที่ส่งมอบจริง ได้ผ่านการทดสอบและสาธิต** **คำอธิบาย** เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการที่ส่งมอบจริง ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานตามมาตรฐานของผู้ใช้/มาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) / กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (ถ้ามี) หรือถูกบูรณาการเข้ากับระบบของลูกค้า/ผู้ใช้งานแล้ว (TRL8 ต้องทำให้ได้คุณภาพตามที่ขายได้ทั่วไปในตลาด) ☐ คู่มือสำหรับการผลิต/คู่มือสำหรับการใช้งาน ☐ ผลการทดสอบการใช้งานในสภาวะการทำงานจริงโดยลูกค้า ☐ ผลการทดสอบเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ (ถ้ามี) ☐ ผลการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้	มีคู่มือสำหรับการผลิต/คู่มือสำหรับการใช้งาน และผลการทดสอบการใช้งานโดยลูกค้าและระบบมีเสถียรภาพ พร้อมผลการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้ ☑ คู่มือสำหรับการผลิต/คู่มือสำหรับการใช้งาน ☑ ผลการทดสอบการใช้งานในสภาวะการทำงานจริงโดยลูกค้า ☑ ผลการทดสอบเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ (ถ้ามี) ☑ ผลการรับรองมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง หรือมาตรฐานที่สามารถเทียบเคียงได้
TRL9	**การใช้งานเทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการอย่างต่อเนื่อง** ***คำอธิบาย*** เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์/กระบวนการถูกนำไปใช้งานจริง และติดตามผลการใช้งานอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่เหมาะสม โดยหากมีข้อบกพร่อง ต้องดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย ☐ หลักฐานการจำหน่ายในท้องตลาด	แสดงหลักฐานการจำหน่ายในท้องตลาดซึ่งมีการติดตามผลการใช้งานแล้วอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่เหมาะสม โดยหากมีข้อบกพร่อง ต้องดำเนินการแก้ไขให้เรียบร้อย ☑ หลักฐานการจำหน่ายในท้องตลาด