**คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับของ Technology Readiness Level (TRL: 1 - 9) TRL**

เอกสารแนบ 2

|  |  |
| --- | --- |
| Technology Readiness Level: TRL | |
| 9 | ผลงานที่พร้อมส่งมอบและนำไปใช้ได้จริง |
| 8 | ต้นแบบภาคสนามที่ผ่านมาตรฐาน |
| 7 | ทดลองต้นแบบในภาคสนาม |
| 6 | ทดลองโมเดลระบบหลักและระบบย่อยหรือต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง |
| 5 | องค์ประกอบสำคัญได้ถูกสาธิตในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง |
| 4 | องค์ประกอบสำคัญได้ถูกสาธิตใน Lab |
| 3 | วิเคราะห์ ทดลองและพิสูจน์องค์ประกอบแนวลึกทุกมิติ |
| 2 | ค้นหาตัวแปรของสมมติฐาน |
| 1 | ศึกษาและตั้งข้อสังเกต พิสูจน์สมมติฐาน |

**ชุดคำถามเพื่อประเมินระดับทางเทคโนโลยีโดยละเอียดจากผู้เชี่ยวชาญ**

| **TRL 1: ศึกษาและตั้งข้อสังเกต พิสูจน์สมมติฐาน** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| มีการเสนอแนวคิดกระบวนการที่สมเหตุสมผล |  |  |  |
| มีหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนแนวคิด |  |  |  |
| มีการรายงานการสังเกตทางวิทยาศาสตร์ |  |  |  |
| มีการพัฒนาสูตรทางคณิตศาสตร์หรือวิทยาศาสตร์ของแนวคิด |  |  |  |
| มีการคำนวณโดยสังเขปเพื่อสนับสนุนแนวคิด |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 1  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 2: ค้นหาตัวแปรของสมมติฐาน** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| มีการกำหนดข้อกำหนดการทำงาน |  |  |  |
| มีการรายงานผลการศึกษาเชิงวิเคราะห์ ในเอกสารที่ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ |  |  |  |
| มีการระบุโซลูชันการออกแบบที่เป็นไปได้ |  |  |  |
| มีการระบุส่วนประกอบพื้นฐานของเทคโนโลยีและมีลักษณะบางส่วน |  |  |  |
| มีการบันทึกการคาดการณ์ประสิทธิภาพสำหรับแต่ละองค์ประกอบ |  |  |  |
| มีการศึกษาเบื้องต้น (การศึกษาที่ทำโดยไม่มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ) ยืนยันความเป็นไปได้ของการจำลอง กระบวนการอย่างง่าย |  |  |  |
| การวิเคราะห์เบื้องต้นยืนยันหลักการทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน |  |  |  |
| มีการทดสอบการตรวจสอบแนวคิดที่ออกแบบด้วยข้อมูลสังเคราะห์ |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 2  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 3: วิเคราะห์ ทดลองและพิสูจน์องค์ประกอบแนวลึกทุกมิติ** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| การทดลองสามารถคาดการณ์  ของส่วนประกอบเทคโนโลยีได้ |  |  |  |
| มีการศึกษาเชิงวิเคราะห์ยืนยันการคาดการณ์ประสิทธิภาพ |  |  |  |
| มีการสร้างตัวชี้วัดประสิทธิภาพเทคโนโลยีหรือระบบ |  |  |  |
| มีข้อเท็จจริงวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่สามารถจำลองทำซ้ำได้ |  |  |  |
| มีการยืนยันคุณสมบัติและประสิทธิภาพของเทคโนโลยีหรือระบบด้วยสมการ หรือตัวแปร |  |  |  |
| การทดลองหรือการสร้างแบบจำลองและการจำลอง ตรวจสอบการทำนายประสิทธิภาพของความสามารถของเทคโนโลยีได้ |  |  |  |
| มีหลักฐานงานวิจัยที่เผยแพร่แล้วว่าการรวมเทคโนโลยีและส่วนประกอบของระบบประสบความสำเร็จ |  |  |  |
| มีการระบุเทคนิคการออกแบบและ/หรือพัฒนา |  |  |  |
| มีการเริ่มการศึกษาการปรับสเกล |  |  |  |
| มีการวิเคราะห์ทางเลือก |  |  |  |
| มีการระบุความเสี่ยงและมีการบริหารความเสี่ยง |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 3  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 4: องค์ประกอบสำคัญได้ถูกสาธิตใน Lab** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| ข้อกำหนดของระบบได้รับการสรุปและ จัดทำเป็นเอกสารแล้ว |  |  |  |
| ข้อกำหนดการออกแบบได้มาจากความ ต้องการของระบบ |  |  |  |
| มีการปรับปรุงการวัดประสิทธิภาพของ ระบบ |  |  |  |
| มีการสร้างต้นแบบเทคโนโลยีที่ปรับขนาด ได้ |  |  |  |
| มีการแสดงประสิทธิภาพของส่วนประกอบ ในระดับห้องปฏิบัติการ |  |  |  |
| การออกแบบกระบวนการร่างมีความ สมบูรณ์ |  |  |  |
| มีการแสดงคุณลักษณะด้านประสิทธิภาพ ของเครื่องต้นแบบ |  |  |  |
| การจำลองกระบวนการตรวจสอบความ เป็นไปได้ของกระบวนการอย่างเต็ม รูปแบบ |  |  |  |
| มีการระบุวัสดุกระบวนการวิธีการและ เทคนิคการออกแบบ |  |  |  |
| มีส่วนประกอบของระบบครบถ้วนและ เพียงพอ |  |  |  |
| เริ่มมีการศึกษาบูรณาการกับการใช้งานอื่น |  |  |  |
| มีการระบุปัจจัยต้นทุน |  |  |  |
| มีการริเริ่มโปรแกรมการจัดการความเสี่ยง อย่างเป็นทางการและบูรณาการกับการ จัดการโครงการ |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 4  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 5: องค์ประกอบสำคัญได้ถูกสาธิตในสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| มีข้อกำหนดของส่วนต่อประสานของ ระบบ (ภายในและภายนอก) |  |  |  |
| สินค้าและบริการต้นแบบได้รับการพัฒนาในระดับนี้ |  |  |  |
| การวัดกระบวนการมีความเที่ยงตรงสูง |  |  |  |
| ต้นแบบทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นจริง |  |  |  |
| ส่วนประกอบแต่ละชิ้นได้รับการตรวจสอบ และรับรองโดยการทดสอบแล้ว |  |  |  |
| มีการทดสอบการขอบเขตที่ยอมรับได้ ส่วนประกอบแต่ละรายการแล้ว |  |  |  |
| การรวมโมดูล / ฟังก์ชันที่สำคัญ ถูกแสดง ในห้องปฏิบัติการ |  |  |  |
| มีการระบุปัญหาและความน่าเชื่อถือด้าน คุณภาพแล้ว |  |  |  |
| กระบวนการออกแบบการใช้งานจริงได้รับการสรุป |  |  |  |
| มีการจัดทำแผนบริหารความเสี่ยง และได้ ดำเนินการแล้ว |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 5  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 6: ทดลองโมเดลระบบหลักและระบบย่อยหรือต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| ต้นแบบได้รับการทดสอบใน สภาพแวดล้อมการทำงานที่เกี่ยวข้อง |  |  |  |
| มีการตรวจสอบและตรวจสอบคุณสมบัติ ของประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมการ ทำงานที่จำลองขึ้น |  |  |  |
| มีการทดสอบต้นแบบในสภาพแวดล้อม การทำงานที่เกี่ยวข้อง |  |  |  |
| มีรายการวัสดุและอุปกรณ์ภายนอก |  |  |  |
| ส่วนประกอบของสินค้าหรือบริการ ต้นแบบนั้นสามารถทำงานร่วมกันได้ใน การทดสอบการแก้ปัญหาจริง |  |  |  |
| มีการสาธิตความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม อย่างเต็มที่ |  |  |  |
| มีการรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาที่มี ความน่าเชื่อถือ และระบบสนับสนุน เพียงพอ |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 6  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 7: ทดลองต้นแบบในภาคสนาม** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการได้รับการ ทดสอบภายใต้สภาวะ เพื่อหาข้อจำกัด และจุดผิดปกติ |  |  |  |
| ส่วนประกอบแบบจำลองเป็นตัวแทนของ ส่วนประกอบการผลิตจริง |  |  |  |
| มีการทดสอบการปฏิบัติงานของ กระบวนการในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง |  |  |  |
| มีข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความ น่าเชื่อถือการบำรุงรักษาและการ สนับสนุนที่มีอยู่ |  |  |  |
| มีอุปกรณ์และวัสดุสำหรับกระบวนการ ผลิตจริง |  |  |  |
| มีต้นแบบแสดงรูปแบบความพอดีและ ฟังก์ชันจริง |  |  |  |
| มีการตรวจสอบกระบวนการทำงาน และ ตรวจสอบความถูกต้องกับระบบที่มีอยู่ |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 7  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 8: ต้นแบบภาคสนามที่ผ่านมาตรฐาน** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| ทุกองค์ประกอบของเทคโนโลยี / ระบบ รูปแบบพอดีและฟังก์ชันเข้ากันได้ |  |  |  |
| รูปแบบเทคโนโลยี / ระบบความเหมาะสม และฟังก์ชันเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อม การทำงานจริง |  |  |  |
| มีรูปแบบของเทคโนโลยี / ระบบความ เหมาะสมและฟังก์ชันที่แสดงให้เห็นใน สภาพแวดล้อมการทำงาน |  |  |  |
| วัสดุทั้งหมดในการผลิตและพร้อมใช้งาน |  |  |  |
| การรวบรวมข้อมูลการบำรุงรักษาและการ สนับสนุนเสร็จสมบูรณ์ |  |  |  |
| เอกสารการบำรุงรักษาเสร็จสมบูรณ์และอยู่ภายใต้การควบคุมการกำหนดค่า |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 8  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

| **TRL 9: ผลงานที่พร้อมส่งมอบและนำไปใช้ได้จริง** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| รายการประเมิน | หลักฐาน  (มี/ไม่มี) | ผลประเมิน | ความเห็น |
| เทคโนโลยี / ระบบทำงานตามที่กำหนดไว้ ในเอกสารแนวคิดการดำเนินงาน |  |  |  |
| มีการปรับใช้เทคโนโลยี / ระบบใน สภาพแวดล้อมการทำงานที่ต้องการ |  |  |  |
| มีการแสดงเทคโนโลยี / ระบบอย่างสมบูรณ์ |  |  |  |
| มีการทดสอบและประเมินผลการ ปฏิบัติงานสำเร็จแล้วและจัดทำเป็น เอกสาร |  |  |  |
| มีการออกแบบตามเป้าหมายต้นทุน |  |  |  |
| มีการระบุและบรรเทาปัญหาด้านความปลอดภัย / ผลข้างเคียง |  |  |  |
| สรุปผลการประเมิน TRL ระดับ 9  🞎 ผ่านการประเมิน 🞎 ไม่ผ่านการประเมิน | | | |
| ความเห็นเพิ่มเติม (ถ้ามี)  ……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………… | | | |

**คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับของ Societal Readiness Level – SRL**

เอกสารแนบ 3

Societal Readiness Level – SRL คือ ระดับความพร้อมของความรู้และเทคโนโลยีทางด้านสังคม ที่ใช้ในการประเมินระดับความพร้อมของความรู้และเทคโนโลยีทางด้านสังคม องค์ความรู้ เทคโนโลยี กระบวนการ การแก้ปัญหา สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมทั้งด้านสังคม เป็นเครื่องมือที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกัน ในการบริหารจัดการโครงการ โปรแกรมทางด้านสังคม รายละเอียดดังนี้

SRL 1 – การวิเคราะห์ปัญหาและกำหนดความพร้อมของความรู้และเทคโนโลยีทางด้านสังคมที่มี - (identifying problem and identifying societal readiness)

SRL 2 – การกำหนดปัญหา การเสนอแนวคิดในการพัฒนาหรือการแก้ปัญหาและคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น และระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องในโครงการ (formulation of problem, proposed solution(s) and potential impact, expected societal readiness; identifying relevant stakeholders for the project.)

SRL 3 – ศึกษา วิจัย ทดสอบแนวทางการพัฒนาหรือแก้ปัญหาที่กำหนดขึ้นร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง (initial testing of proposed solution(s) together with relevant stakeholders)

SRL 4 – ตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหาโดยการทดสอบในพื้นที่นำร่องเพื่อยืนยันผลกระทบตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และดูความพร้อมขององค์ความรู้และเทคโนโลยี (problem validated through pilot testing in relevant environment to substantiate proposed impact and societal readiness)

SRL 5 – แนวทางการแก้ปัญหาได้รับการตรวจสอบ ถูกนำเสนอแก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง area (proposed solution(s) validated, now by relevant stakeholders in the area)

SRL 6 – ผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมอื่น และดำเนินการกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นเพื่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นไปได้ (solution (s) demonstrated in relevant environment and in co‐operation with relevant stakeholders to gain initial feedback on potential impact)

SRL 7 – การปรับปรุงโครงการและ/หรือการแนวทางการพัฒนา การแก้ปัญหา รวมถึงการทดสอบการแนวทางการพัฒนา การแก้ปัญหาใหม่ในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (refinement of project and/or solution and, if needed, retesting in relevant environment with relevant stakeholders)

SRL 8 – เสนอแนวทางการพัฒนา การแก้ปัญหาในรูปแบบแผนการดำเนินงานที่สมบูรณ์ และได้รับการยอมรับ (proposed solution(s) as well as a plan for societal adaptation complete and qualified)

SRL 9 – แนวทางการพัฒนาและการแก้ปัญหาของโครงการได้รับการยอมรับและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้  
กับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ (actual project solution (s) proven in relevant environment)