การพิจารณาใช้ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (Technology Readiness Levels: TRL สำหรับโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของประเทศไทย

อิสระ อมตะชีวะ

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมป้องกันประเทศในกลุ่มประเทศตะวันตกหรือสหภาพยุโรปที่มีความก้าวหน้าไปก่อนหน้าประเทศในทวีปเอเชียได้คิดค้นและนำเข้าใช้ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (TRL) ในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีป้องกันประเทศโดยมีผลสำเร็จเป็นที่ประจักษ์ การวิเคราะห์ให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้ TRL สำหรับการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีป้องกันประเทศ อีกทั้งการกระตุ้นเตือนให้นำเข้าใช้ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีเพื่อเป็นเครื่องมือสำคัญในการขับเคลื่อนโครงการวิจัยและพัฒนาอาวุธยุทโธปกรณ์และเทคโนโลยีทางทหาร จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการกำหนดทิศทางของแผนที่นำทางอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทยให้เดินหน้าต่อไปได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

คำสำคัญ : Technology Readiness Levels, ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี, งานวิจัยและพัฒนา, อุตสาหกรรมป้องกันประเทศ, เทคโนโลยีทางทหาร, การบริหารจัดการโครงการ

Meaningful Consideration in the Usage of Technology Readiness Levels for Defence Technology Research and Development Projects in Thailand

Issara Amatacheewa

Abstract

Truth be told that Western Defence Industry, was many years, began to develop prior to the initiation of its counterpart activity within Asian continent. Technology Readiness Levels as a concept was conceived by the West as Research and Development organisations such as NASA confronting difficulties in its project works. It is proved that, by utilizing Technology Readiness Levels, any project could be managed in far better manners throughout. Whether the subjects in question are resources such as schedule, budget, manpower, etc. Therefore, it is imperative that urging researchers to comply with Technology Readiness Levels (as an inevitable tool) in Thailand's Defence Technology Research and Development Projects must be persuaded. Hence, Research and Development of Defence Technology should never omit this highly significant tool. It is undeniable that Technology Readiness Levels deem to have a high impact in master planning of Defence Technology Roadmap in Thailand in order to achieve the most sufficient and sustainable local armament and defence technology.

Keywords : Technology Readiness Level, Project Management, Defence Technology, Defence Industry, Research and Development

1. บทนำ

ในกระบวนการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมขึ้นมาใหม่นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการสั่งสมประสบการณ์และฐานข้อมูลให้แก่เจ้าหน้าที่ขององค์กร อีกทั้งเมื่อองค์กรใดองค์กรหนึ่งไม่ว่าจะเป็นมหาวิทยาลัยที่เน้นทำการวิจัยเพื่อการศึกษาหรือบริษัทเอกชนที่เน้นการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อป้อนเข้าสู่ท้องตลาด ไม่ว่าจะเป็นการริเริ่มโครงการใหม่หรือการกระทำต่อเนื่องซึ่งต่อยอดมาจากโครงการเดิม องค์กรเหล่านี้จำเป็นต้องพิจารณาเสียก่อนว่า ขณะนั้นเสถียรภาพและศักยภาพทางเทคโนโลยีที่ตนครอบครองอยู่ในระดับใด ทั้งนี้ก็เพื่อตอบคำถามในประเด็นที่ว่าภายใต้เทคโนโลยีหลักนั้นมีเทคโนโลยีย่อยใดบ้างที่สามารถทำการวิจัยและพัฒนาได้เอง หรือต้องได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer จากสถาบันภายนอก ดังนั้นการ “รู้เรา” ถึงระดับ TRL ของตนเองจะมีส่วนช่วยอย่างมากในการตัดสินใจว่าจะทำการวิจัยและพัฒนาองค์ประกอบย่อยใดขึ้นเอง (Make) หรือต้องตัดสินใจซื้อ (Buy) และรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) จากแหล่งที่มาภายนอกองค์กร การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพจะส่งผลรวมไปสู่ความสำเร็จในการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ขึ้นเพื่อนำมาใช้งานเองภายในประเทศหรือเพื่อจำหน่ายสร้างรายได้เข้าสู่ภาคเศรษฐกิจ การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างอาวุธยุทโธปกรณ์สำหรับใช้งานภายในประเทศและผลิตสำหรับส่งออกเป็นสินค้าในตลาดอุตสาหกรรมป้องกันประเทศก็หนีไม่พ้นการใช้แนวความคิดดังกล่าวในการบริหารจัดการ

ด้วยเหตุนี้ การมีมาตรฐานสากลเพื่อวัดค่าระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Technology Readiness Level หรือ TRL จึงได้ถือกำเนิดขึ้น (พัฒนาโดยองค์การ NASA และมีองค์กรสำคัญ ๆ ในโลกหลายแห่งได้นำไปปรับแต่งใช้ตามความเหมาะสม อาทิเช่น Homeland Security, Department of Energy, Federal Aviation Administration, European Space Agency, Department of Defense, DARPA และ Naval Research Laboratory [1]

2. นิยามของ TRL และคำจำกัดความของระดับต่าง ๆ ของ TRL

“TRL คือการบ่งชี้ระดับความพร้อมและเสถียรภาพของเทคโนโลยีตามบริบทการใช้งาน ตั้งแต่วัตถุดิบ องค์ประกอบสำคัญ อุปกรณ์ และกระบวนการทำงานทั้งระบบก่อนที่จะมีการบูรณาการเทคโนโลยีเป็นระบบ” [2] โดยมีคำสำคัญอีกคำหนึ่งที่เกี่ยวข้องกันโดยตรงคือ Technology Readiness assessment หรือ TRA [3]

ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (TRL) ตามนิยามถูกแบ่งเป็นระดับ (Level) 1-9 ดังต่อไปนี้ (ที่มา: Sandia National Lab, USA และคำจำกัดความภาษาไทยจาก สวทช. [4] [5]

Level 1 : Basic principles observed and reported (การศึกษาค้นพบและข้อสังเกตพื้นฐาน เป็นงานวิจัยที่มีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีต่ำที่สุด โดยเป็นงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ขั้นเริ่มต้น

ก่อนการเปลี่ยนแปลงไปสู่งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ซึ่งอาจรวมถึงเอกสารการศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานของเทคโนโลยี

Level 2 : Technology concept and/or application formulated (มีการสร้างแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือการประยุกต์สูตรทางเทคโนโลยี เป็นการประดิษฐ์ขั้นเริ่มต้น โดยเป็นการศึกษาขั้นพื้นฐานต่อข้อสังเกตการประยุกต์ใช้หลักการพื้นฐานมาสู่การประดิษฐ์คิดค้น ซึ่งอาจยังไม่ได้มีการพิสูจน์หรือวิเคราะห์รายละเอียดเพื่อสนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งขึ้นได้

Level 3 : Analytical and experimentally critical function and/or characteristic proof of concept (การวิเคราะห์และทดลองหน้าที่หลัก และ/หรือการพิสูจน์องค์ประกอบของแนวคิด เป็นขั้นเริ่มต้นของงานวิจัย โดยต้องมีทั้งการศึกษาวิเคราะห์และการศึกษาทดลอง เพื่อคาดการณ์ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบอัตลักษณ์ในการแยกองค์ประกอบของเทคโนโลยี

Level 4 : Component and/or breadboard validation in laboratory environments (การตรวจสอบองค์ประกอบ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในระดับห้องปฏิบัติการ เป็นองค์ประกอบทางเทคโนโลยีขั้นพื้นฐานที่ได้ถูกประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้ชิ้นส่วนสามารถทำงานด้วยกันได้ ซึ่งอาจมีความละเอียดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบในขั้นตอนสุดท้าย

Level 5 : Component and/or breadboard validation in relevant environments (การทดสอบองค์ประกอบ และ/หรืออุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง (breadboard) ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง เทคโนโลยีที่ช่วยให้อุปกรณ์ที่ใช้ทดลองได้ถูกเชื่อมต่อเข้ากันอย่างมีนัยสำคัญเพิ่มขึ้น โดยองค์ประกอบพื้นฐานทางเทคโนโลยีได้ถูกประกอบเข้ากับชิ้นงานส่วนต่าง ๆ และถูกทดสอบในสถานการณ์จำลอง

Level 6 : System/subsystem model or prototype demonstration in relevant environments (การทดลองโมเดลของระบบหลักและระบบย่อย หรือต้นแบบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง โมเดลตัวอย่างหรือต้นแบบที่พัฒนาต่อจาก Level 5 ได้ถูกทดสอบในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง และเป็นตัวแทนในการก้าวไปสู่เทคโนโลยีที่มีความพร้อมและผ่านการทดลองด้านต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว เช่น อาจรวมถึงการทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการที่มีความละเอียดสูง หรือการทดสอบในภาคสนาม

Level 7 : System prototype demonstration in an operational environment (การทดลองต้นแบบในภาคสนาม ต้นแบบที่มีความใกล้เคียงกับระบบที่จะใช้จริง โดยเป็นการพัฒนาต่อจาก Level 6 โดยการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์การทำงานจริง

Level 8 : Actual system completed and qualified through test and demonstration (ระบบจริงที่มีความสมบูรณ์ มีคุณภาพ และผ่านการทดสอบและทดลองแล้ว เทคโนโลยีที่ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานขั้นสุดท้ายภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้ว โดยขั้นนี้จะเป็นขั้นปลายของการพัฒนาระบบที่พร้อมส่งมอบให้ลูกค้า/ผู้ใช้งาน

Level 9 : Actual system proven through successful mission operations (ผลงานที่พร้อมส่งมอบและสามารถนำไปใช้งานได้จริง โดยผ่านการพิสูจน์เรียบร้อยแล้ว เทคโนโลยีที่พร้อมส่งมอบไปสู่การใช้งานจริง จนสามารถทดสอบการใช้งานและการติดตามผลการใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง

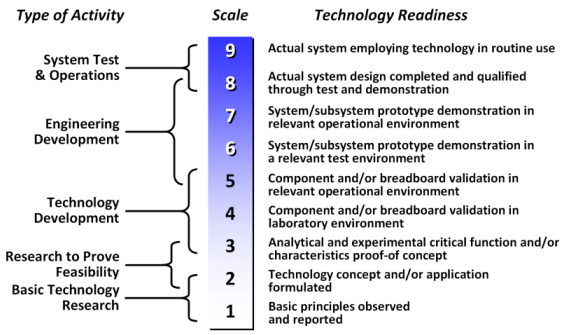
จากการระบุระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (TRL ข้างต้นเป็น 9 ระดับนั้น สามารถจัดกลุ่มให้เป็นกลุ่มย่อย เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจได้ ดังต่อไปนี้ [6]

Level 1-3 : Basic (พื้นฐาน) หรือ Idea (แนวความคิด)

Level 4-5 : Prototype (ต้นแบบ)

Level 6-7 : Validation (ตรวจสอบ/พิสูจน์ความเที่ยงตรง)

Level 8-9 : Production (ผลิตภัณฑ์)



รูปที่ 1 การระบุระดับและการจัดหมวดหมู่ของ TRL

3. ความสัมพันธ์ของ TRL กับการบริหารจัดการโครงการวิจัยและพัฒนา

“TRL เป็นเครื่องมือบริหารจัดการโครงการหรือโปรแกรมที่นำมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมกัน ระหว่างนักพัฒนาเทคโนโลยีกับผู้ที่จะนำเทคโนโลยีถ่ายทอดสู่ลูกค้า และสามารถเปรียบเทียบความพร้อมและเสถียรภาพของเทคโนโลยี ระหว่างเทคโนโลยีที่แตกต่างกันได้” [4]

ตัวอย่างของประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า TRL มีความสำคัญในการเป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยและพัฒนา (R&D Tools) องค์กรที่ทำหน้าที่วิจัยและพัฒนาไม่เพียงแต่ใช้ TRL สำหรับโครงการวิจัยเพื่อการศึกษาเท่านั้น แต่ TRL ยังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง เมื่อมีความประสงค์เพื่อต่อยอดนำผลงานวิจัยออกสู่ตลาดเชิงพาณิชย์ [7] [8]

ในระหว่างการบริหารจัดการโครงการวิจัยและพัฒนานั้น TRL สามารถช่วยบ่งชี้ได้ว่ามีความจำเป็นหรือไม่ว่าจะต้องได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer เพื่อช่วยให้เสถียรภาพและศักยภาพของเทคโนโลยีที่ครอบครองอยู่เกิดการพัฒนาก้าวหน้าต่อไปได้ โดยการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นเกิดขึ้นได้ในทุกระดับ TRL ขึ้นอยู่กับความพร้อมและศักยภาพของผู้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี [2]

เพื่อก้าวให้ทันต่อยุคสมัยของเทคโนโลยีนวัตกรรมใหม่ ซึ่งมีการพัฒนาก้าวกระโดดไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดในการนำเอาองค์ความรู้เกี่ยวกับระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (TRL) เข้ามาใช้ในการบริหารจัดการโครงการวิจัยฯ เพื่อสนับสนุนให้โครงการวิจัยและพัฒนาภายในประเทศไม่หยุดชะงัก สามารถดำเนินการต่อไปได้ตามสภาพความพร้อมและศักยภาพของบุคลากรภายในประเทศ

หากมีการแยกย่อยระบบของโครงการที่อยู่ระหว่างการดำเนินการวิจัยและพัฒนาอยู่ขึ้นมา จะเห็นได้ว่าในการสร้างนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ขึ้นมาใหม่ ผลผลิตสุดท้ายที่ต้องการจะประกอบขึ้นมาด้วยองค์ประกอบของเทคโนโลยีหลาย ๆ ด้าน นอกจาก TRL จะบ่งชี้ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีที่ครอบครองอยู่ระหว่างดำเนินโครงการแล้ว ยังช่วยให้กลุ่มผู้บริหารโครงการสามารถตัดสินใจได้ว่าเทคโนโลยีย่อยใดมีความเป็นไปได้ที่จะประสบผลสำเร็จหากทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นเอง (Make และยังมีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อปฏิบัติเช่นนั้น ในทางกลับกันเทคโนโลยีย่อยบางอย่างอาจมีราคาในการจัดหาไม่สูงนัก หรือเป็นไปได้ยากที่จะวิจัยและพัฒนาให้สำเร็จได้ด้วยศักยภาพของทีมงานวิจัยที่มีอยู่ ดังนั้น กลุ่มผู้บริหารโครงการก็สมควรที่จะเดินหน้าทำการจัดหา (Buy) เพื่อให้โครงการวิจัยฯ ไม่เกิดการสะดุดหยุดชะงักและสามารถดำเนินโครงการวิจัยฯ ต่อไปได้โดยไม่เสียเวลา

TRL มีบทบาทเสริมโดยเป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผนในวงจรการวิจัยและพัฒนาที่หมุนวนเวียนเป็นวัฏจักร การทำการประเมินค่า TRL จึงเปรียบเหมือนการลงทุนที่จะทำให้ทราบถึงสถานะปัจจุบันขององค์กรว่าอยู่ใน TRL ระดับใด และสร้างระดับ TRL เป้าหมายที่ต้องการไปให้ถึงโดยอ้างอิงมาจากพันธกิจขององค์กร การพิจารณาประเมินค่า TRL จะต้องจัดทำขึ้นตั้งแต่ก่อนเริ่มต้นโครงการวิจัยฯ ในช่วงระหว่างที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) นั่นจะทำให้เห็นได้ว่าเมื่อเริ่มต้นโครงการวิจัยฯ จะมี Subsystem (ระบบย่อย) ในครอบครองอยู่ที่ระดับ TRL ที่แตกต่างกัน ซึ่งจุดประสงค์ปลายทางของโครงการวิจัยฯ คือ การทำให้ระดับ TRL ที่ด้อยกว่า สามารถพัฒนาให้ทันกันและบรรลุระดับ TRL ที่เป็นเป้าหมายว่าจะมีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด เมื่อเป็นเช่นนี้การกำหนดกฎเกณฑ์ (Criteria) ที่ใช้วัดประเมินค่า TRL จึงต้องมีความสอดคล้องและจัดให้เป็นไปตามตัวแปร (Parameters) ของโครงการวิจัยฯ เพื่อให้ TRL สามารถบ่งชี้ระดับความสามารถ (Competency Levels) ที่มีอยู่ได้

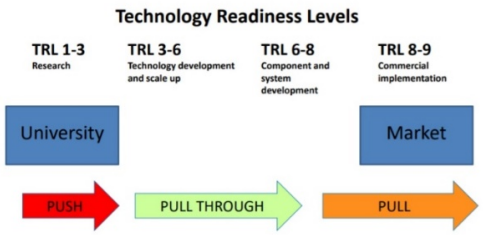
การประเมินค่า TRL ของโครงการวิจัยฯ ยังช่วยให้องค์กรสามารถรวมจุดสนใจไปยังเทคโนโลยีเป้าหมายหรือเทคโนโลยีหลัก (Key Technology) ได้ โดยเทคโนโลยีหลักจะถูกตั้งเป็นเป้าหมาย เพื่อสร้างศักยภาพที่ยั่งยืนที่องค์กรต้องบรรลุให้จงได้ เมื่อพิจารณาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบย่อยใดแล้วพบว่า เทคโนโลยีที่ต้องใช้นั้นเป็นเทคโนโลยีที่เก่าและมีผู้ที่มีความเชี่ยวชาญอยู่แล้ว ก็ควรแสวงหาจากภายนอก (Outsourcing) ไม่ควรที่จะทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นเอง แต่หากเทคโนโลยีหลัก (Key Technology) ที่ต้องใช้ในระบบย่อยใดนั้นองค์กรไม่มีอยู่ในครอบครอง และถ้าหากเทคโนโลยีหลัก (Key Technology) ดังกล่าวนั้นเป็นเป้าหมายขององค์กรด้วยแล้วก็มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการลงทุนคิดค้นขึ้นเอง และยังต้องคำนึงไปถึงการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property อีกด้วย หากทำการวิจัยและพัฒนาได้เป็นผลสำเร็จ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า TRL เป็นเครื่องมือช่วยกำหนดแนวทางการดำเนินโครงการการวิจัยและพัฒนา (TRL ช่วยในการบริหารจัดการเวลา เงิน และทรัพยากรที่เข้ามาเกี่ยวข้อง ให้

โครงการวิจัยฯ ดำเนินไปให้ทันต่อเวลาและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน) ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของการเขียนแผนปฏิบัติการ (Action Plan) ขององค์กร การทำแผนการดำเนินธุรกิจ (Business Plan) และการสร้างแผนที่นำทางด้านเทคโนโลยี (Technology Roadmap)

4. การนำ TRL มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและพัฒนาในประเทศไทย

จากบทบรรยายของ ดร.สุวิทย์ เมษินทรีย์ รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงพาณิชย์ ได้อธิบายว่าวิสัยทัศน์เชิงนโยบายไทยแลนด์ 4.0 มีลักษณะอย่างไรนั้น ทำให้รับทราบได้ว่านายกรัฐมนตรีมีความมุ่งมั่นที่จะปรับเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจของประเทศไทยไปสู่ “Value-Based Economy” หรือ “เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม” [9] ซึ่งทำให้การรับถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำมาต่อยอดสำหรับโครงการวิจัยและพัฒนาสร้างนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีใหม่ขึ้นเพื่อใช้งานเองภายในประเทศหรือเพื่อจำหน่ายเป็นรายได้เข้าประเทศนั้นเป็นหนึ่งในจุดมุ่งหมายที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

สวทช. เป็นองค์กรตัวอย่างที่ได้นำ TRL เข้ามาใช้เพื่อการบริหารจัดการโครงการวิจัยฯ [7] ถึงแม้ว่า สวทช. จะยังไม่ได้มุ่งเน้นการนำผลงานวิจัยเข้าสู่เชิงพาณิชย์ แต่ก็ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีที่ทำให้สถาบันและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ ในประเทศไทยเริ่มเล็งเห็นถึงความสำคัญของเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการงานวิจัยและพัฒนาชนิดนี้



รูปที่ 2 ก้าวจากสถาบันวิจัยสู่ตลาดผลิตภัณฑ์ [10]

กระบวนการประยุกต์ใช้ TRL ในโครงการวิจัยและพัฒนาจะสอดคล้องและผันแปรไปตามระดับ TRL ภายในหน่วยงานวิจัย ซึ่งทำให้กลุ่มผู้วิจัยต้องสามารถประเมินได้เสียก่อนว่าระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีของโครงการวิจัยฯ ของตนอยู่ในระดับใดแล้วจึงสามารถวิเคราะห์เพื่อแสวงหาหนทางปฏิบัติต่อไป เพื่อนำผลงานจากการวิจัยในระดับมหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยพัฒนา (TRL : 1-3 ก้าวไปสู่การสร้างต้นแบบ (TRL : 3-6 ทดสอบการใช้งาน การตรวจสอบมาตรฐาน (TRL : 6-8) จนกระทั่งสามารถสร้างเป็นผลิตภัณฑ์สมบูรณ์แบบ (TRL : 8-9) ที่สามารถสร้างบทบาทในตลาดเทคโนโลยีได้

5. ความตระหนักรู้ด้านระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีของ สทป.

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป. ในฐานะที่เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่วิจัยและพัฒนายุทโธปกรณ์ให้กับกองทัพไทยได้นำ TRL เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการโครงการวิจัยและพัฒนายุทโธปกรณ์ เพื่อให้เกิดความก้าวหน้าในโครงการวิจัยฯ มีความคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดในวงเงินงบประมาณที่ได้รับ โดยมีความสอดคล้องกับปริมาณจำนวนเนื้องานและขนาดของ

โครงการวิจัยฯ ที่ สทป. มีศักยภาพในการบริหารจัดการได้ ซึ่งนั่นก็คือ สทป. ได้ใช้ TRL เป็นมาตรวัดในการวางแผนการพัฒนาระบบ (System Development Plan) เพื่อให้ระบบของยุทโธปกรณ์ในโครงการวิจัยและพัฒนาที่เริ่มต้นที่ระดับ TRL ของระบบย่อยที่แตกต่างกัน สามารถค่อย ๆ ลดช่องว่างลงและท้ายที่สุดเป้าหมายคือ การทำให้ TRL ของระบบย่อยทั้งหมดเท่ากันเมื่อโครงการวิจัยฯ ประสบความสำเร็จภายในระยะเวลาและงบประมาณที่กำหนด นอกจากนี้ TRL (ผนวกรวมกับ MRL : Manufacturing Readiness Level) ยังเป็นเครื่องมือตรวจสอบเพื่อใช้ในการบ่งชี้ว่าเทคโนโลยีใด สทป. (หรือองค์กรอื่น ๆ ต้องทำการเจรจาต่อรองเพื่อให้ได้รับการชดเชยทางยุทธพาณิชย์ (Offset Program) อีกด้วย เหตุผลก็เนื่องมาจากรายการตรวจสอบตามนโยบายการชดเชยทางยุทธพาณิชย์ (Checklist of Offset Policy) นั้น ก็มาจากการพิจารณาใช้ TRL เป็นเกณฑ์กำหนดนั่นเอง TRL จึงเป็นทั้งตัวชี้วัดความพร้อมทางเทคโนโลยี เครื่องมือเฝ้าติดตามผลการดำเนินโครงการวิจัยฯ และเป็นตัวชี้วัด (KPI) ของโครงการวิจัยฯ ไปด้วยในคราวเดียวกัน

6. สรุป

TRL เป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการโครงการวิจัยและพัฒนาที่เป็นมาตรฐานสากล และเป็นที่ยอมรับในระดับนานาชาติ การนำ TRL เข้ามาประยุกต์ใช้ในโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อการสร้างยุทโธปกรณ์สำหรับใช้งานเองภายในประเทศ หรือนำออกสู่ตลาดสินค้าอุตสาหกรรมป้องกันประเทศระดับภูมิภาคหรือระดับโลก เพื่อสร้างรายได้ให้ประเทศนั้น มีความเป็นไปได้ว่าจะประสบความสำเร็จ หากนักวิจัยมีความรู้และความเข้าใจในการประเมินระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่อุตสาหกรรมในโครงการวิจัยฯ ที่ตนเองมีส่วนรับผิดชอบว่า ระดับ TRL ที่มีอยู่ในขณะนี้อยู่ในระดับใดและเทคโนโลยีย่อยที่เกี่ยวข้องในโครงการวิจัยฯ นั้น ส่วนใดสามารถพัฒนาขึ้นได้เอง หรือส่วนใดมีจำเป็นต้องได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถพัฒนาก้าวทันระดับพัฒนาการด้านอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของประเทศอื่น ๆ ได้

หาก “โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ”ได้ผ่านการพิจารณาระดับความพร้อมทางเทคโนโลยี (TRL) ทั้งในขั้นต้นก่อนเริ่มโครงการวิจัยฯ และมีการทบทวนเป็นระยะ ๆ ระหว่างที่ดำเนินโครงการวิจัยฯ เพื่อปรับปรุงพัฒนาระดับ TRL ให้เป็นวงรอบแล้วนั้น การบริหารจัดการโครงการวิจัยฯ จะสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น และมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจพบข้อสงสัยตลอดจนอุปสรรคหรือข้อขัดข้อง ก่อนที่สิ่งดังกล่าวอาจจะกลายเป็นปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้โดยง่าย ดังนั้นการใช้ระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีหรือ TRL มาเป็นหนึ่งในข้อพิจารณาในทุกห้วงเวลาของการดำเนินโครงการวิจัยฯ จะมีส่วนช่วยอย่างมาก ส่งผลให้โครงการวิจัยฯ ก้าวไปสู่ความสำเร็จ สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้ยุทโธปกรณ์ที่ผ่านการวิจัยและพัฒนาโดย สทป. สามารถผ่านการตรวจสอบมาตรฐานของคณะกรรมการกำหนดมาตรฐาน

ยุทโธปกรณ์ (กมย. และถูกนำเข้าใช้ประจำการในเหล่าทัพได้อย่างเต็มความภาคภูมิ

7. เอกสารอ้างอิง

[1] “Technology Readiness Scale”, http://redstone.us.com/technical-readiness-level-scale/

[2] “การประเมินความพร้อมของงานวิจัย เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมด้วย Technology Readiness Level”, สวทช., http://bps.moph.go.th/new_bps/sites/default/files/9%20TRL.pdf

[3] “Final Report of the NASA Technology Readiness Assessment (TRA) Study Team”, https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170005794.pdf

[4] “คำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับระดับของ Technology Readiness Level (TRL: 1-9)”, https://www.nrms.go.th/FileUpload/AttatchFile/News/25610912110618049394 4.pdf

[5] “Technology Readiness Assessment Guide”, Best Practices for Evaluating the Readiness of Technology for Use in Acquisition Programs and Projects; U.S. Government Accountability Office, https://www.gao.gov/assets/680/679006.pdf

[6] “Measure Your Technology Readiness Level-TRL, how technology ready is your service/product?”, www.cloudwatchhub.ed

[7] “Technology Readiness Levels: ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีสู่อุตสาหกรรม”, สวทช., https://www.nstda.or.th/th/nstda-knowledge/144-km-knowledge/3317-technology-readiness-levels

[8] “คู่มือ ข้อเสนอกิจกรรมบริหารจัดการโครงการวิจัย ประกอบการเสนอของบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561”, https://www.nrms.go.th/FileUpload/AttatchFile/News/25601109165746291769 4.pdf

[9] “ประเทศไทย 4.0 โมเดลเศรษฐกิจใหม่”, บวร เทศารินทร์, http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223

[10] “การปฏิรูประบบวิจัยของประเทศ”, รศ.ดร.พีระพงศ์ ทีฆสกุล, http://kb.hsri.or.th/dspace/bitstream/handle/11228/4431/hsri-retreat-Perapong-Tekasakul.pdf?sequence=1