

## ตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ ที่มีต่อประสิทธิภาพและคุณภาพ ในการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ

ประพันธ์ สุรปภา<sup>1</sup> และ วรภัทร ไพรีเกรง<sup>2</sup>

Received: 23 April 2025; Revised: 26 July 2025; Accepted: 4 August 2025

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพ 3 ระยะ ที่ผนวกเข้ากับการบริหารโครงการ เพื่อยกระดับประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ ตัวแบบนี้ประกอบด้วย การตรวจสอบคุณภาพอย่างเป็นระบบใน 3 ช่วงของโครงการ ได้แก่ การตรวจสอบความครบถ้วนของงานกับ (1) ขอบเขตงาน (Scope of Work – SOW), (2) ข้อกำหนดในสัญญาจ้าง (Terms of Reference – TOR) และ (3) มาตรฐาน ISO/IEC 29110 โดยมีเป้าหมายเชิงรุกในการลดความล่าช้าและลดงานแก้ไขหลังส่งมอบ

การวิจัยใช้การทดลองแบบกึ่งทดลอง โดยเปรียบเทียบโครงการ 91 โครงการที่ใช้ตัวแบบ (ปี พ.ศ. 2558–2567) กับ 31 โครงการที่ใช้เฉพาะกระบวนการมาตรฐาน ISO/IEC 29110 (ปี พ.ศ. 2554–2557) ผลลัพธ์ชี้ว่า ตัวแบบ 3 ระยะช่วยให้การส่งมอบตรงต่อเวลาและคุณภาพของงานดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มที่ใช้ตัวแบบสามารถส่งมอบงานก่อนกำหนดได้มากถึง 53.9% ของงวดงาน เทียบกับ 15.3% ของกลุ่มควบคุม และงวดงานส่งมอบถึง 99.3% ไม่มีการแก้ไขงานภายหลัง (กลุ่มควบคุม 93.9%) การทดสอบ Mann-Whitney U ยืนยันว่ากลุ่มที่ใช้ตัวแบบมีประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ การวิเคราะห์เส้นทางยังแสดงว่า กิจกรรมตรวจสอบคุณภาพทั้ง 3 ระยะ มีอิทธิพลเชิงบวกต่อผลลัพธ์โครงการอย่างมีนัยสำคัญ โดยตัวแบบสามารถอธิบายความแปรปรวนของประสิทธิภาพการส่งมอบได้ประมาณ 40.5% และของคุณภาพการส่งมอบประมาณ 19.3% ผลการวิจัยนี้ เน้นย้ำคุณค่าของการควบคุมคุณภาพเชิงรุกตั้งแต่ต้นจนจบโครงการ ตัวแบบ 3 ระยะที่เสนอเป็นแนวทางเชิงป้องกันที่สามารถประยุกต์ใช้จริงเพื่อลดความล่าช้าและเพิ่มความสำเร็จของโครงการซอฟต์แวร์ภาครัฐ

**คำสำคัญ:** การตรวจสอบคุณภาพ 3 ระยะ, ประสิทธิภาพการส่งมอบ, คุณภาพการส่งมอบ, โครงการซอฟต์แวร์ภาครัฐ, ISO/IEC 29110

\*Corresponding author E-mail: a.kmitl-nida@emworkgroup.com

<sup>1</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

<sup>2</sup> หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

## A 3-Phase Quality Inspection Model for Improving Delivery Efficiency and Quality in Government Software Development Projects

Praphan Surapapha<sup>1</sup> and Worapat Paireekreng<sup>2</sup>

Received: 23 April 2025; Revised: 26 July 2025; Accepted: 4 August 2025

### Abstract

This research presents a model for efficient, high-quality delivery of government software development projects using a 3-phase quality inspection method integrated into the project management process to address delays and reduce post-delivery rework. Inspections are systematically applied at three key checkpoints throughout the project lifecycle, verifying that project deliverables are complete, accurate and consistent with (1) the Scope of Work (SOW), (2) the Terms of Reference (TOR) and (3) the ISO/IEC 29110 standard.

A quasi-experimental study compared an experimental group of 91 projects (2015–2024) using the 3-phase model with a control group of 31 projects (2011–2014) that followed only the standard ISO/IEC 29110 process. Both groups delivered all project milestones on time, but the experimental group achieved much higher delivery efficiency. Over half of its milestones (53.9%) were completed ahead of schedule, compared to only 15.3% for the control group. Delivery quality was also slightly higher in the experimental group: 99.3% of its milestones required no post-delivery rework, versus 93.9% in the control group. A Mann–Whitney U test confirmed that the experimental group's superior delivery efficiency and quality were statistically significant ( $p < .01$ ). These results indicate that the 3-phase inspection mechanism enables defects to be detected and corrected early, significantly reducing delays and the need for post-delivery rework. A path analysis further confirmed that all three inspection phases have a significant positive impact on both delivery efficiency and quality. These findings underscore the value of proactive quality control from a project's beginning to its end. Incorporating periodic inspections into project management processes can facilitate project delivery that is "faster and of higher quality." This preventive approach can be practically applied to address late delivery issues and significantly enhance the success of government software development projects.

**Keywords:** 3 Phase Quality Inspection; Delivery Efficiency; Delivery Quality; Government Software Projects; ISO/IEC 29110

---

\*Corresponding author E-mail: a.kmitl-nida@emworkgroup.com

<sup>1</sup> Doctor of Philosophy Program in Information Technology, College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University

<sup>2</sup> Doctor of Philosophy Program in Information Technology, College of Engineering and Technology, Dhurakij Pundit University

## 1. บทนำ

โครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐมีบทบาทสำคัญในการยกระดับประสิทธิภาพการดำเนินงานของภาครัฐและการให้บริการประชาชนให้ทันสมัย สอดรับกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไป (สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI), 2563; สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA), 2567) แต่ปัญหาความล่าช้าในการส่งมอบงานโครงการไอทียังคงเกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศไทยและทั่วโลก โดยรายงาน CHAOS 2020 ระบุว่า โครงการไอทีทั่วโลกมีเพียงร้อยละ 31 เท่านั้น ที่ส่งมอบได้สำเร็จตามเวลาที่กำหนดและงบประมาณที่ตั้งไว้ อีกถึงร้อยละ 69 ประสบปัญหาล่าช้าหรือใช้จ่ายเงินเกินงบประมาณ (The Standish Group, 2020) ผลสำรวจดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Taghi Zadeh & Kashef ที่ศึกษาโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ 1,500 โครงการทั่วโลก พบว่า โครงการกว่าร้อยละ 69 ประสบปัญหาส่งมอบงานล่าช้ากว่ากำหนด และมีค่าใช้จ่ายเกินงบประมาณโดยเฉลี่ยถึงร้อยละ 27 (Taghi Zadeh, M., & Kashef, R., 2022) รวมไปถึงผลศึกษาร่วมระหว่าง McKinsey & Oxford ยังพบอีกว่า โครงการไอทีขนาดใหญ่มีการส่งมอบช้ากว่าแผนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 7 และใช้งบประมาณเกินกว่าที่ตั้งไว้ถึงร้อยละ 45 ขณะที่คุณค่าที่ได้กลับต่ำกว่าคาดการณ์ถึงร้อยละ 56 (Bloch, M., Blumberg, S., & Laartz, J., 2012) นอกจากนี้หลักฐานเชิงประจักษ์จากรายงานผลการเบิกจ่ายงบประมาณภาพรวมของประเทศไทย ณ สิ้นไตรมาส 4 ปีงบประมาณ พ.ศ.2567 พบว่า การเบิกจ่ายงบลงทุนในภาพรวมล่าช้าและต่ำกว่าเป้าหมายถึงร้อยละ 9.85 (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2567) ข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าปัญหาความล่าช้าในการส่งมอบงานเป็นปัญหาเรื้อรังที่จำเป็นต้องหาแนวทางแก้ไข เพื่อบรรเทาความเสียหายอย่างเร่งด่วน ทั้งในแง่ของโอกาสทางเศรษฐกิจ ประสิทธิภาพในการให้บริการประชาชน ความเชื่อมั่นของสาธารณะและนักลงทุน ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเติบโตและการพัฒนาอย่างยั่งยืนของประเทศโดยส่วนรวม

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งของความล่าช้าในการส่งมอบงาน คือการบริหารโครงการที่ขาดประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพและการบริหารโครงการ แม้ปัจจุบันจะมีมาตรฐานกระบวนการและแนวปฏิบัติที่เป็นที่ยอมรับทางด้านวิศวกรรมซอฟต์แวร์และการบริหารโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ เช่น Capability Maturity Model Integration (CMMI) (SEI, 2010), Project Management Body of Knowledge (PMBOK) (PMI, 2017; PMI, 2021) และ Systems and Software Life Cycle Profiles and Guidelines for Very Small Entities (VSEs) หรือที่รู้จักในชื่อมาตรฐาน ISO/IEC 29110 (ISO/IEC, 2018) ซึ่งถูกนำมาใช้ในภาครัฐและเอกชนไทยอย่างแพร่หลาย แต่ในการปฏิบัติจริงยังพบข้อจำกัดที่ทำให้ไม่สามารถบรรลุผลลัพธ์ตามที่คาดหวังได้อย่างเต็มที่ ในหลายกรณี (Laporte et al., 2013; Mesquida & Mas, 2014; Siddoo & Wongsai, 2017; Jirapanthong, 2019) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียวในโครงการภาครัฐไทย ยังไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาคุณภาพและความล่าช้าได้อย่างสมบูรณ์ รวมไปถึงกระบวนการตรวจรับงานของภาครัฐแบบดั้งเดิมยังไม่มีการตรวจสอบคุณภาพของงานในทุกขั้นตอน ส่งผลให้งานส่งมอบหลายโครงการต้องถูกนำกลับไปแก้ไขซ้ำบ่อยครั้ง สะท้อนว่าการมีมาตรฐานเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะป้องกันความล่าช้าและปัญหาคุณภาพงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการเพิ่มกลไกควบคุมคุณภาพระหว่างดำเนินโครงการเข้ามาเสริม เพื่อช่วยลดความล่าช้าและลดงานแก้ไขหลังส่งมอบอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้งานวิจัยก่อนหน้าของผู้วิจัย (ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง, 2567) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบแนวทางตรวจสอบคุณภาพการส่งมอบงานระหว่างการใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียวกับวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ ที่มีการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เข้ามาใช้ร่วมด้วย พบว่า วิธีการ 3 ระยะช่วยให้ส่งมอบงานตรงตามสัญญา (ไม่มีโครงการใดถูกปรับเนื่องจากล่าช้า) และทำให้งานที่ส่งมอบส่วนใหญ่มีคุณภาพสูงกว่า (งานส่งมอบ ~99% สมบูรณ์ไม่มีแก้ไขภายหลัง) เมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐานเดิม โดยความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ (ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง, 2567) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวยังไม่ได้มีการนำเสนอตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ อย่างเป็นระบบ สำหรับบริบทโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐของประเทศไทย รวมถึงยังไม่ได้อธิบายกลไกภายในหรือปัจจัยเชิงกระบวนการที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพโดยละเอียด ซึ่งเป็นช่องว่างองค์ความรู้ (Knowledge Gap) ด้านการบริหารโครงการเชิงรุก ที่เป็นแรงจูงใจให้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาโมเดลเชิงป้องกันแบบ 3 ระยะนี้ขึ้นมา

ดังนั้น งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งพัฒนาต่อยอดวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะให้เป็น “ตัวแบบ” (Model) ที่ผนวกเข้ากับกระบวนการบริหารโครงการอย่างเป็นระบบ และประเมินประสิทธิผลของตัวแบบนี้ในการแก้ไขปัญหาความล่าช้าและยกระดับ

คุณภาพการส่งมอบงานซอฟต์แวร์ภาครัฐ โดยทำการวิจัยเชิงกึ่งทดลองกับโครงการจริงเพื่อให้ได้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น คาดหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยเติมเต็มองค์ความรู้ด้านการบริหารโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐเชิงรุก และนำเสนอแนวทางใหม่ที่จะช่วยให้การส่งมอบงานของโครงการ “เสร็จเร็วและมีคุณภาพ” มากขึ้นกว่าที่เป็นอยู่

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 พัฒนาตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ ที่ผนวกการใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ร่วมกับการบริหารโครงการ เพื่อแก้ปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าและลดงานแก้ไขหลังส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ

2.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงาน ระหว่างโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐที่ใช้ตัวแบบตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ กับโครงการที่ใช้การตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียว โดยวัดผลลัพธ์ด้านประสิทธิภาพจากความตรงต่อเวลาในการส่งมอบงาน และด้านคุณภาพจากความสมบูรณ์ของงานที่ส่งมอบ

2.3 วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยภายในตัวแบบ 3 ระยะ ที่มีต่อประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ เพื่อให้ทราบว่าการตรวจสอบคุณภาพแต่ละระยะ (ระยะที่ 1, 2 และ 3) ส่งผลเชิงสถิติต่อความสำเร็จของโครงการอย่างไร และปัจจัยใดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการกำหนดผลลัพธ์โครงการ

## 3. ทบทวนวรรณกรรม : แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 3.1 แนวคิดการควบคุมคุณภาพเชิงรุก (Built-in Quality)

Built-in Quality หมายถึง แนวคิดในการสร้างคุณภาพให้ฝังอยู่ในกระบวนการทำงานตั้งแต่ต้นทาง โดยมุ่งเน้นการควบคุมคุณภาพเชิงรุกแทนการตรวจจับและแก้ไขปัญหาเชิงรับเมื่อสายเกินไป (Deming, 1982) แนวคิดนี้มีรากฐานมาจากอุตสาหกรรมผลิตและการพัฒนาซอฟต์แวร์สมัยใหม่ที่เชื่อว่า “คุณภาพไม่สามารถเพิ่มเข้าไปทีหลังได้ แต่ต้องถูกสร้างขึ้นมาพร้อมกับตัวผลิตภัณฑ์หรือบริการตั้งแต่แรก” (Deming, 1982) กล่าวคือ คุณภาพของงานจะถูกกำหนดโดยกระบวนการออกแบบและการดำเนินงานตั้งแต่เริ่มต้น มากกว่าจะอาศัยการตรวจสอบขั้นสุดท้ายเพียงอย่างเดียว การดำเนินงานตามแนวคิด Built-in Quality จึงช่วยลดโอกาสเกิดข้อบกพร่องหรือความผิดพลาด ลดความสูญเสียจากการต้องแก้ไขงานหรือทำซ้ำในภายหลัง ตลอดจนลดต้นทุนค่าเสียโอกาสที่อาจเกิดขึ้นในโครงการได้อย่างมีนัยสำคัญ (PMI, 2017; PMI, 2021) แนวคิด Built-in Quality สอดคล้องกับหลักการบริหารคุณภาพสมัยใหม่อื่น ๆ เช่น การบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Management : TQM) ของเดมมิ่ง (Deming, 1982) ซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลก แนวทางเหล่านี้ล้วนมุ่งเน้น “การป้องกันปัญหามากกว่าการแก้ไขปัญหาเมื่อสายเกินไป” เพื่อสร้างคุณภาพตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำของกระบวนการ (Deming, 1982; PMI, 2017)

### 3.2 มาตรฐาน ISO/IEC 29110

ISO/IEC 29110 คือชุดมาตรฐานสากลทางวิศวกรรมระบบและซอฟต์แวร์ ที่มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า “Systems and Software Life Cycle Profiles and Guidelines for Very Small Entities (VSEs)” จัดทำขึ้นโดยความร่วมมือระหว่างองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization : ISO) และคณะกรรมการระหว่างประเทศว่าด้วยมาตรฐานสาขาอิเล็กทรอนิกส์ (International Electrotechnical Commission : IEC) เพื่อเป็นแนวทางกระบวนการสำหรับองค์กรหรือโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็กมากที่มีบุคลากรไม่เกิน 25 คน (ISO/IEC, 2018) มาตรฐานนี้นำเสนอ “Process Profile” ที่ปรับย่อมาจากมาตรฐานกระบวนการขนาดใหญ่ เช่น ISO/IEC 12207 และ ISO/IEC 15288 เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของ VSEs โดยครอบคลุมทั้งกระบวนการจัดการโครงการ (Project Management) และกระบวนการวิศวกรรมซอฟต์แวร์พื้นฐาน (Software Implementation) เพื่อให้ผู้พัฒนาซอฟต์แวร์รายเล็กสามารถดำเนินงานได้อย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพแม้จะมีทรัพยากรอย่างจำกัดก็ตาม (Laporte et al., 2013; Laporte et al., 2014) ในประเทศไทย มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ได้รับการส่งเสริมและนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์อย่างแพร่หลายทั้งในภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อยกระดับคุณภาพการ

ดำเนินโครงการไอทีให้เป็นระบบมาตรฐานยิ่งขึ้น งานวิจัยหลายชิ้นรายงานว่ แม้มาตรฐานนี้จะช่วยสร้างระเบียบวิธีที่เป็นรูปธรรมให้กับโครงการไอที แต่การใช้ ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอที่จะแก้ไขปัญหาความล่าช้าและปัญหาคุณภาพงานได้อย่างสมบูรณ์ในบริบทจริงของภาครัฐไทย เนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อความสำเร็จ เช่น ความตระหนักรู้และการยอมรับในองค์กร วัฒนธรรมการทำงาน และความพร้อมของบุคลากร (Siddoo & Wongsai, 2017) ขณะเดียวกัน มีรายงานประสบการณ์การปรับใช้มาตรฐานดังกล่าวกับกระบวนการ Agile ที่ชี้ให้เห็นว่าจำเป็นต้องปรับให้เหมาะกับบริบทของโครงการเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดี (Jirapanthong, 2019) ดังนั้น ในการใช้งานจริง หน่วยงานหลายแห่งจึงเริ่มพิจารณาการผสานมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เข้ากับแนวปฏิบัติการบริหารโครงการอื่น ๆ ที่มีอยู่ เช่น การปรับให้สอดคล้องกับกรอบแนวทางของ PMBOK หรือ CMMI (Capability Maturity Model Integration) เพื่อเติมเต็มส่วนที่มาตรฐานอาจไม่ได้ระบุไว้อย่างละเอียด และเพิ่มประสิทธิผลในการควบคุมโครงการให้มากยิ่งขึ้น (Mesquida & Mas, 2014)

### 3.3 แนวทาง PMBOK (Project Management Body of Knowledge) และแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality: COQ)

PMBOK คือแนวทางการบริหารโครงการที่รวบรวมองค์ความรู้และแนวปฏิบัติที่เป็นเลิศในการบริหารโครงการ จัดทำโดยสถาบันบริหารโครงการแห่งสหรัฐอเมริกา (Project Management Institute : PMI) และได้รับการยอมรับในระดับสากล PMBOK ประกอบด้วยกระบวนการบริหารโครงการ 5 กลุ่ม และองค์ความรู้ 10 ด้าน เช่น การจัดการขอบเขต เวลา ต้นทุน คุณภาพ ความเสี่ยง และอื่น ๆ ซึ่งแต่ละด้านมีแนวทางปฏิบัติเพื่อให้โครงการประสบความสำเร็จตามเป้าหมาย สำหรับด้านการจัดการคุณภาพโครงการ PMBOK ได้แนะนำกระบวนการทั้งในการวางแผนคุณภาพ (Plan Quality Management), การบริหารคุณภาพ (Manage Quality) และการควบคุมคุณภาพ (Control Quality) ตลอดอายุโครงการ โดยมุ่งให้เกิดการประกันว่ากระบวนการและผลลัพธ์ของโครงการจะสอดคล้องกับความต้องการและมาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เกิดข้อบกพร่องร้ายแรงในขั้นสุดท้าย (PMI, 2017) แนวทาง PMBOK นี้สอดคล้องกับหลักการเชิงป้องกันของ TQM และ Built-in Quality ที่กล่าวไว้ข้างต้น กล่าวคือ ส่งเสริมการสร้างคุณภาพแทรกในทุกขั้นตอนของโครงการ มากกว่าการตรวจจับข้อผิดพลาดเมื่อสิ้นสุด ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงการส่งมอบงานล่าช้าหรือไม่ได้คุณภาพ

หนึ่งในเครื่องมือสำคัญภายใต้การจัดการคุณภาพโครงการตาม PMBOK คือแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (COQ) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของโครงการทั้งทางตรงและทางอ้อม (PMI, 2021) COQ ครอบคลุม “ต้นทุนทั้งหมดที่ใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคุณภาพ” ร่วมกับ “ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพที่ต่ำกว่ามาตรฐาน” ของโครงการหรือผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยสามารถจำแนกออกเป็นสองส่วนหลัก ได้แก่ ต้นทุนเพื่อการปฏิบัติตามคุณภาพ (Cost of Conformance) ซึ่งได้แก่ค่าใช้จ่ายในการป้องกันและประเมินคุณภาพ เช่น การฝึกอบรมบุคลากร, การวางแผนคุณภาพ, การทดสอบและตรวจสอบคุณภาพระหว่างดำเนินโครงการ และ ต้นทุนจากความไม่เป็นไปตามคุณภาพ (Cost of Non-Conformance) ซึ่งได้แก่ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากความล้มเหลวหรือข้อบกพร่องของงาน เช่น ค่าแก้ไขงานที่บกพร่องก่อนส่งมอบ, ค่าเสียหายที่ต้องชดเชยหรือค่าปรับเมื่อส่งมอบงานล่าช้าหรือไม่เป็นไปตามสัญญา รวมถึงความสูญเสียชื่อเสียงหรือความพึงพอใจของผู้ใช้ (PMI, 2017; PMI, 2021) แนวคิด COQ เน้นให้ผู้บริหารโครงการตระหนักว่าการลงทุนทรัพยากรเพื่อการป้องกันตั้งแต่แรก เช่น การอบรมและพัฒนาบุคลากร, การวางระบบทดสอบที่ดี, การตรวจสอบความถูกต้องของงานในแต่ละระยะ จะช่วยลด “ต้นทุนความล้มเหลว” ที่เกิดขึ้นภายหลังอย่างมีนัยสำคัญ ในทางปฏิบัติ ทุกๆ จำนวนเงินที่ใช้ไปกับการป้องกันและประกันคุณภาพ ย่อมคุ้มค่ากว่าการต้องมาจ่ายเงินเพื่อแก้ไขปัญหาผิดพลาดหรือความล่าช้าที่หลัง (Deming, 1982; PMI, 2017) กล่าวได้ว่ากุญแจสำคัญของการบริหารต้นทุนคุณภาพคือการลดต้นทุนรวมของคุณภาพโดยการใช้จ่ายให้เพียงพอกับการป้องกันเพื่อให้ต้นทุนความล้มเหลวต่ำที่สุด (PMI, 2017)

อย่างไรก็ตาม ในการดำเนินโครงการภาครัฐแบบดั้งเดิมที่ผ่านมา มักพบว่าการบริหารคุณภาพยังเน้นไปที่การตรวจรับงานขั้นสุดท้ายเป็นหลัก โดยไม่มีการตรวจสอบหรือควบคุมคุณภาพอย่างเป็นระบบในระหว่างกระบวนการดำเนินงานทุกขั้นตอน ส่งผลให้งานที่ส่งมอบหลายโครงการต้องถูกส่งกลับมาแก้ไขซ้ำหลังการส่งมอบบ่อยครั้ง สะท้อนให้เห็นว่าการมีมาตรฐาน เช่น ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียวหรือการตรวจรับงานเมื่อจบโครงการเท่านั้น ไม่เพียงพอที่จะป้องกันความล่าช้าและปัญหา

คุณภาพงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (SEI, 2010) การนำแนวคิด COQ มาใช้ร่วมกับมาตรฐานเหล่านี้จึงเป็นการเพิ่มกลไกเชิงป้องกันเข้ามาช่วยเสริม ลดความเสี่ยงที่จะเกิดความล้มเหลวในการส่งมอบงานลงอย่างเป็นรูปธรรม

**ตารางที่ 1** การเปรียบเทียบแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (COQ) กับแนวทางควบคุมคุณภาพแบบดั้งเดิมในโครงการภาครัฐไทย (เรียบเรียงโดยผู้วิจัย)

ประเด็นการบริหารคุณภาพ	ตามแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (COQ)	แนวทางปฏิบัติเดิมของภาครัฐ
แนวทางการควบคุมคุณภาพ	เน้นการป้องกันปัญหาเชิงรุกตั้งแต่ต้นน้ำของโครงการ เพื่อไม่ให้เกิดข้อบกพร่องภายหลัง (Proactive Quality Control)	เน้นการตรวจจับและแก้ไขปัญหาเมื่อสิ้นสุดขั้นตอน หรือหลังส่งมอบงาน (Reactive Quality Control)
การตรวจสอบคุณภาพระหว่างดำเนินงาน	มีการตรวจสอบ/ประกันคุณภาพในทุกๆ ระยะสำคัญของโครงการ เช่น ทบทวนความต้องการ, ทดสอบระหว่างพัฒนา, ตรวจสอบผลลัพธ์ย่อย เพื่อค้นหาข้อผิดพลาดทันทีที่เกิดขึ้น	ไม่มีการตรวจสอบคุณภาพอย่างเป็นระบบระหว่างทาง ตรวจสอบคุณภาพเมื่อถึงขั้นตอนสุดท้ายของการส่งมอบงานเป็นหลัก ทำให้หลายปัญหาอาจถูกพบเมื่อโครงการสิ้นสุดลง (SEI, 2010)
การลงทุนด้านคุณภาพ	จัดสรรทรัพยากรสำหรับกิจกรรมป้องกันและตรวจสอบ เช่น การฝึกอบรมทีมงาน, การวางแผนคุณภาพ, การทดสอบคุณภาพระหว่างทำโครงการ ซึ่งเพิ่มต้นทุนช่วงต้นแต่ลดปัญหาในระยะยาว (PMI, 2017)	ลงทุนด้านคุณภาพระหว่างการดำเนินงานน้อยมากหรือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น ทำให้สุดท้ายต้องเสียค่าใช้จ่ายกับการแก้ไขข้อบกพร่องและความล่าช้าที่เกิดขึ้นหลังส่งมอบ (ต้นทุนความล้มเหลวสูง)
ต้นทุนคุณภาพรวมของโครงการ	ต่ำกว่า เมื่อพิจารณาทั้งวงจรชีวิต ต้นทุนการป้องกันและตรวจสอบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนความล้มเหลว (การแก้ไขงาน/ความเสียหาย) ลดลงอย่างมาก (PMI, 2017)	สูงกว่า แม้ต้นทุนในช่วงระหว่างการดำเนินงานจะต่ำ แต่ต้นทุนความล้มเหลวที่ตามมาหลังส่งมอบ เช่น งานแก้ไข, ค่าปรับ, ผลกระทบเชิงลบ กลับสูงกว่า ทำให้ต้นทุนรวมของโครงการเพิ่มขึ้น

**ตารางที่ 1** แสดงการเปรียบเทียบแนวทางการบริหารคุณภาพระหว่างแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (COQ) ซึ่งเน้นการควบคุมคุณภาพเชิงป้องกันตลอดโครงการ กับแนวทางปฏิบัติเดิมของภาครัฐที่มุ่งตรวจจับและแก้ไขปัญหาเมื่อสิ้นสุดโครงการเป็นหลัก ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าแนวคิด COQ ให้ความสำคัญกับการ “สร้างคุณภาพให้ถูกต้องตั้งแต่แรก” มากกว่าการ “แก้ไขข้อผิดพลาดในตอนหลัง” ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนรวมด้านคุณภาพลดลง ในขณะที่แนวทางเดิมอาจดูเหมือนประหยัดค่าใช้จ่ายในขั้นต้น แต่กลับต้องแบกรับต้นทุนความล้มเหลวที่สูงกว่าในระยะยาว เช่น ค่าแก้ไขงานล่าช้าและค่าปรับที่เกิดจากการส่งมอบงานที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลง, ผลกระทบเชิงลบต่าง ๆ เป็นต้น

**3.4 การบริหารประสิทธิภาพมูลค่าที่ได้รับ (Earned Value Management : EVM)**

EVM คือแนวคิดและเทคนิคการบริหารโครงการที่ใช้ในการวัดความก้าวหน้าและประเมินประสิทธิภาพของโครงการอย่างเป็นรูปธรรม โดยบูรณาการขอบเขตงาน เวลา และต้นทุนของโครงการเข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้บริหารโครงการสามารถติดตามได้ว่าโครงการดำเนินไปตามแผนที่วางไว้เพียงใด ทั้งนี้ของปริมาณงานและงบประมาณที่ใช้ (PMI, 2017) หลักการของ EVM คือการกำหนดมูลค่าของงานที่ควรจะได้เสร็จในแต่ละจุดเวลา (Planned Value : PV) เปรียบเทียบกับมูลค่าของงานที่ทำเสร็จ

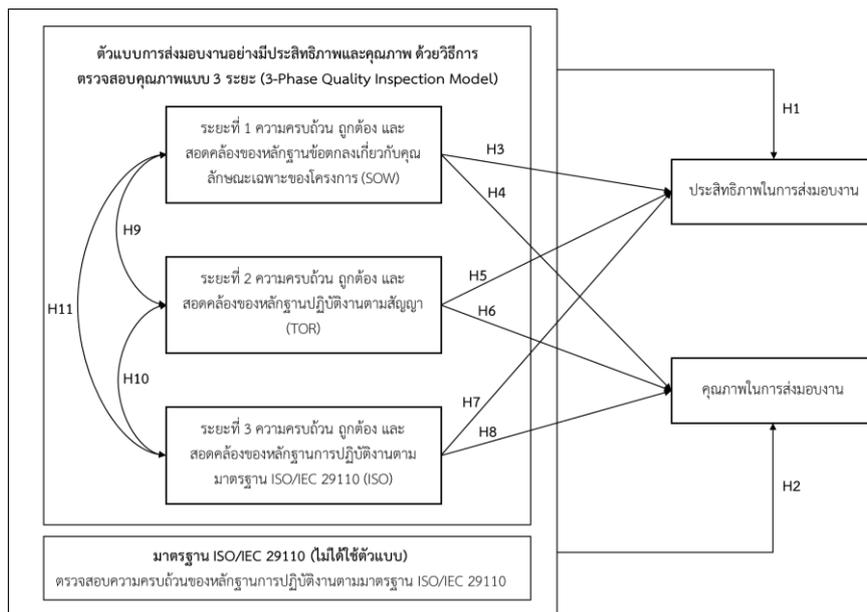
จริงในจุดเวลานั้น (Earned Value : EV) และต้นทุนที่ใช้ไปจริง (Actual Cost : AC) แล้วคำนวณเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ เช่น Schedule Performance Index (SPI) และ Cost Performance Index (CPI) เป็นต้น โดยในบริบทของงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับ SPI ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างมูลค่างานที่ทำได้จริงกับมูลค่างานที่วางแผนไว้ ( $SPI = EV/PV$ ) เพื่อประเมินว่าโครงการที่ดำเนินอยู่เร็วกว่ากำหนด ตรงตามกำหนด หรือช้ากว่ากำหนดขนาดไหน (PMI, 2020) หากค่า SPI มีค่าเท่ากับ 1 แสดงว่าโครงการทำได้ตรงตามแผนพอดี ค่า SPI มากกว่า 1 หมายถึงโครงการดำเนินงานได้เร็วกว่าแผน (ทำงานเสร็จมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ในช่วงเวลานั้น) ในทางตรงข้าม หากค่า SPI ต่ำกว่า 1 แสดงว่าโครงการล่าช้ากว่าแผนที่กำหนดไว้ แนวทาง EVM ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในมาตรฐานการบริหารโครงการสากล และมีการจัดทำมาตรฐานเฉพาะทางในชื่อ “PMI’s The Standard for Earned Value Management” (PMI, 2020) เพื่อเป็นกรอบวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศสำหรับการประยุกต์ใช้ EVM ในหลากหลายอุตสาหกรรม การใช้ EVM ช่วยให้ผู้บริหารโครงการสามารถติดตามทั้งความก้าวหน้าเชิงเวลาและการใช้ทรัพยากรของโครงการได้อย่างใกล้ชิด ทำให้สามารถระบุปัญหาความล่าช้าหรือการใช้จ่ายเกินงบประมาณได้ตั้งแต่เริ่มแรก และดำเนินการแก้ไขได้ทันทีที่ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการบริหารเชิงป้องกันที่เน้นการควบคุมโครงการอย่างโปร่งใสและต่อเนื่อง แทนการรอให้ปัญหาเกิดขึ้นแล้วจึงแก้ไข ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิด EVM มาประยุกต์ใช้ในกรวัดผลลัพธ์ด้าน “ประสิทธิภาพเวลา” ของตัวแบบ 3 ระยะ โดยใช้ค่า SPI เป็นตัวแทนเชิงปริมาณของประสิทธิภาพในการส่งมอบงานตามกำหนดการ ซึ่งช่วยให้สามารถเปรียบเทียบความตรงต่อเวลาของการส่งมอบงานระหว่างโครงการที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะกับโครงการรูปแบบเดิมได้อย่างเป็นรูปธรรมและเที่ยงตรงยิ่งขึ้น (PMI, 2020)

### 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาความล่าช้าและคุณภาพต่ำในการส่งมอบงานโครงการเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Project) โดยเฉพาะโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ เป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจในวงวิชาการและวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับสากลและในประเทศไทยชี้ให้เห็นว่า สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากกระบวนการบริหารโครงการและการควบคุมคุณภาพที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ เมื่อเทียบกับความซับซ้อนของโครงการสมัยใหม่ ตัวอย่างเช่น รายงาน CHAOS Report 2020 ของ Standish Group ระบุว่าโครงการ IT ขนาดใหญ่ทั่วโลกยังคงมีอัตราความล้มเหลวสูง และมักประสบปัญหางบประมาณบานปลายหรือส่งมอบล่าช้ากว่าแผน (The Standish Group, 2020) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Taghi Zadeh & Kashef (2022) ที่พบว่าความซับซ้อนของโครงการ IT มีความสัมพันธ์กับโอกาสเกิด Cost overrun และ Schedule delay อย่างมีนัยสำคัญ (Taghi Zadeh & Kashef, 2022) สำหรับบริบทประเทศไทย สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI) และสำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA) ได้ชี้ให้เห็นถึงความท้าทายของระบบราชการไทยในการพัฒนาโครงการดิจิทัล ที่มีงบประมาณล่าช้าและส่งผลกระทบต่อศักยภาพการแข่งขันของประเทศ จำเป็นต้องมีการปฏิรูประบบและกระบวนการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว (TDRI, 2563; DGA, 2567) ในด้านแนวทางแก้ไขปัญหาคูณภาพของกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์และการบริหารโครงการถือเป็นกุญแจสำคัญ งานวิจัยหลายชิ้นได้เสนอการประยุกต์ใช้มาตรฐานและกรอบการทำงานต่าง ๆ เพื่อยกระดับคุณภาพและประสิทธิภาพของโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ ตัวอย่างเช่น มีการนำเสนอกรณีศึกษาการพัฒนาโครงการซอฟต์แวร์ขนาดเล็กโดยใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ซึ่งพบว่าสามารถปรับปรุงกระบวนการให้มีระเบียบและตรวจสอบได้มากขึ้น (Laporte et al., 2013; Laporte et al., 2014) นอกจากนี้ พบว่ามีหลายปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ในโครงการภาครัฐไทย เช่น การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง ความชัดเจนของคู่มือมาตรฐาน และทักษะความรู้ของทีมงาน เป็นต้น (Siddoo & Wongsai, 2017) มีรายงานด้วยว่าการปรับใช้มาตรฐานดังกล่าวกับกระบวนการแบบ Agile จำเป็นต้องมีความยืดหยุ่นและปรับให้เข้ากับบริบทของโครงการ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยควรลดขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนและเพิ่มเติมกิจกรรมที่มาตรฐานยังขาดอยู่ให้เหมาะสมกับทีมพัฒนาแบบ Agile (Jirapanthong, 2019) นอกจากการใช้มาตรฐานกระบวนการโดยตรงแล้ว ยังมีงานวิจัยที่พยายามผสมผสานมาตรฐานเข้ากับกรอบการบริหารโครงการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น งานวิจัยชิ้นหนึ่งได้เสนอโปรแกรมปรับปรุงการบริหารโครงการที่ผนวกแนวทางของ ISO/IEC 29110 เข้ากับแนวปฏิบัติของ PMBOK โดยมุ่งสร้างความสอดคล้องระหว่างกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับองค์กรขนาดเล็กกับหลักการบริหารโครงการสากล เพื่อให้การดำเนินงานมีโครงสร้างและติดตามประเมินผลได้ง่ายขึ้น (Mesquida & Mas, 2014) อย่างไรก็ตาม แนวทางของ Mesquida & Mas ดังกล่าวยัง

ไม่ได้เน้นมิติการควบคุมคุณภาพเชิงรุกหลายระยะดังเช่นตัวแบบ 3 ระยะที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ และยังไม่ได้มุ่งเป้าไปที่บริบทเฉพาะของการตรวจรับงานของหน่วยงานภาครัฐไทย ที่มีลักษณะสัญญาจ้างและขั้นตอนการตรวจสอบเอกสารเฉพาะตัว ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยปัจจุบันจึงถือได้ว่ามีความแตกต่างและเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยการพัฒนา “ตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ” ที่ผลานมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เข้ากับแนวคิดการบริหารโครงการ เช่น PMBOK, COQ, EVM เพื่อสร้างกลไกควบคุมคุณภาพเชิงป้องกันในแต่ละช่วงวิกฤตของโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ และทำการทดสอบประสิทธิผลของตัวแบบนี้ ด้วยระเบียบวิธีวิจัยเชิงกึ่งทดลองกับโครงการจริง งานวิจัยก่อนหน้าของผู้วิจัยพบว่า การตรวจสอบคุณภาพการส่งมอบงานแบบ 3 ระยะ (ที่มีการประยุกต์ใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ร่วมด้วย) ช่วยให้โครงการส่งมอบงานได้ตรงเวลาตามสัญญามากกว่า และส่งมอบงานได้คุณภาพสูงกว่าวิธีการมาตรฐานเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มที่ใช้วิธีแบบ 3 ระยะมีงานส่งมอบสมบูรณ์ในครั้งเดียวประมาณ 99% เทียบกับประมาณ 94% ในกลุ่มที่ใช้วิธีเดิม (ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง, 2567) การทดสอบทางสถิติยืนยันว่า ความแตกต่างทั้งด้านประสิทธิภาพเวลาและคุณภาพมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ดอกย้ำประโยชน์ของการตรวจสอบคุณภาพเชิงรุกระหว่างดำเนินโครงการได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งก่อนยังไม่ได้นำเสนอรายละเอียดองค์ประกอบหรือกลไกภายในของตัวแบบ 3 ระยะอย่างเป็นระบบ และไม่ได้วิเคราะห์อย่างชัดเจนว่า ปัจจัยการตรวจสอบคุณภาพในระยะใดส่งผลต่อความสำเร็จด้านประสิทธิภาพ (เวลา) และคุณภาพมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร (ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง, 2567) ซึ่งนับเป็นช่องว่างทางองค์ความรู้ที่สำคัญ ดังนั้น งานวิจัยฉบับปัจจุบันจึงได้ต่อยอดจากข้อค้นพบดังกล่าว โดยจัดทำตัวแบบ 3 ระยะที่มีโครงสร้างชัดเจนยิ่งขึ้น ผลานองค์ความรู้จากมาตรฐานและทฤษฎีต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น และดำเนินการประเมินผลเชิงลึกทั้งในระดับองค์ประกอบภายในตัวแบบและผลลัพธ์ปลายทางของโครงการอย่างเป็นระบบ เพื่อยืนยันถึงประสิทธิผลของแนวทางเชิงป้องกันในการบริหารโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ อันจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งแวดวงวิชาการและการนำไปประยุกต์ใช้จริงในภาครัฐต่อไปในอนาคต

#### 4. กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยเชิงเหตุและผล

รูปภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยนี้เป็นกรอบแนวคิดเชิงเหตุและผล (Causal Framework) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ “ตัวแบบการส่งมอบงานอย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพ ด้วยวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ (3-Phase Quality Inspection Model)” และตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ “ประสิทธิภาพและ

คุณภาพการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ" โดยมีสมมติฐานหลัก (H1, H2) ว่า การใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ (กลุ่มทดลอง) จะส่งผลให้ประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐดีขึ้นกว่าการไม่ใช้ หรือใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบเดิม คือ มาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียว (กลุ่มควบคุม) กรอบแนวคิดนี้ยังคำนึงถึงตัวแปรควบคุม (Control Variables) ที่อาจมีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาถึงตัวแปรควบคุมที่สำคัญ เช่น ประเภทของโครงการ ขนาดของโครงการ (งบประมาณและระยะเวลา) ทีมงานผู้พัฒนาในกรอบขององค์กร/หน่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็กมาก (Very Small Entities : VSEs) และเทคโนโลยีที่ใช้ ตัวแปรควบคุมเหล่านี้จะถูกนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ผลการวิจัยมีความแม่นยำและสามารถอ้างอิงเชิงเหตุและผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

## 5. สมมติฐานการวิจัย

H1: โครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ จะมีประสิทธิภาพในการส่งมอบงานสูงกว่าโครงการที่ไม่ได้ใช้ตัวแบบดังกล่าว

H2: โครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ จะมีคุณภาพในการส่งมอบงานสูงกว่าโครงการที่ไม่ได้ใช้ตัวแบบดังกล่าว

H3: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานข้อตกลงคุณลักษณะเฉพาะของงาน (Scope of Work (SOW)) มีผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพในการส่งมอบงาน

H4: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานข้อตกลงคุณลักษณะเฉพาะของงาน (Scope of Work (SOW)) มีผลกระทบเชิงบวกต่อคุณภาพในการส่งมอบงาน

H5: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามสัญญาจ้าง (Terms of Reference (TOR)) มีผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพในการส่งมอบงาน

H6: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามสัญญาจ้าง (Terms of Reference (TOR)) มีผลกระทบเชิงบวกต่อคุณภาพในการส่งมอบงาน

H7: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการดำเนินงานตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มีผลกระทบเชิงบวกต่อประสิทธิภาพในการส่งมอบงาน

H8: การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการดำเนินงานตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มีผลกระทบเชิงบวกต่อคุณภาพในการส่งมอบงาน

H9: ความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานข้อตกลงคุณลักษณะเฉพาะของงาน (Scope of Work (SOW)) มีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบสองทางกับความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามสัญญาจ้าง (Terms of Reference (TOR))

H10: ความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามสัญญาจ้าง (Terms of Reference (TOR)) มีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบสองทางกับความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110

H11: ความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มีความสัมพันธ์เชิงบวกแบบสองทางกับความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องของหลักฐานข้อตกลงคุณลักษณะเฉพาะของงาน (Scope of Work (SOW)) ในโครงการ

## 6. ระเบียบวิธีวิจัย

### 6.1 ลักษณะการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) โดยใช้การวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลย้อนหลังของโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม (Control Group) และกลุ่มทดลอง (Experimental Group) ซึ่งเปรียบเทียบกับกันภายใต้บริบทจริงโดยไม่มีการสุ่มแบ่งกลุ่ม (Non-Randomized) ในลักษณะของ “Nonequivalent Control Group” (Cook, T. D., & Campbell, D. T., 1979) ซึ่งเหมาะสมกับงานวิจัยนี้ที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ เช่น โครงการภาครัฐที่ดำเนินไปในเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้กลุ่มโครงการที่เสร็จสิ้นแล้วในอดีตมาเป็นกลุ่มควบคุม เทียบกับกลุ่มทดลองซึ่งเป็นโครงการที่ดำเนินการภายใต้ตัวแบบใหม่นี้

ตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะที่ใช้ในการวิจัยนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยผลานองค์ความรู้จากมาตรฐาน ISO/IEC 29110 (ISO/IEC, 2018), แนวทางการบริหารโครงการ Project Management Body of Knowledge (PMBOK) (PMI, 2017; PMI, 2021) ด้วยแนวคิดต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality : COQ) เพื่อสร้างกลไกควบคุมคุณภาพเชิงรุกในแต่ละช่วงวิกฤตของโครงการ ที่มักเป็นจุดตรวจงานที่เป็นความเสี่ยงต่อการผิดสัญญาและอาจนำไปสู่การต้องเสียค่าปรับอันเนื่องมาจากส่งมอบงานล่าช้า และ/หรือไม่ปฏิบัติตามข้อตกลงของสัญญา และ/หรือปฏิบัติงานไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน/จรรยาบรรณในทางวิชาชีพ จุดตรวจสอบทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ การตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และความสอดคล้องของผลการดำเนินงาน/ผลลัพธ์ของงานกับ (1) ข้อตกลงขอบเขตของงาน (Scope of Work (SOW)), (2) ข้อกำหนดที่ระบุในสัญญาจ้าง (Terms of Reference (TOR)) และ (3) ข้อคำนึงถึงความสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ทั้ง 3 ระยะนี้ถือเป็นช่วงวิกฤตที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดความล่าช้าในการส่งมอบงานและการเกิดข้อบกพร่องด้านคุณภาพ หากปราศจากการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ การใช้ตัวแบบนี้จึงตอบสนองต่อปัญหาเชิงโครงสร้างที่พบในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐโดยตรง ทั้งในประเด็นของการส่งมอบล่าช้าและการต้องแก้ไขงานซ้ำภายหลังการส่งมอบ

ในแง่ของการวัดผลตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผลลัพธ์ของตัวแบบ 3 ระยะ แบ่งเป็น 2 มิติหลัก ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) และด้านคุณภาพ (Quality) โดยมีมิติด้านประสิทธิภาพจะวัดจากอัตราการส่งมอบงาน “ตรงเวลา” หรือ “ก่อนกำหนด” และจำนวนวันเฉลี่ยที่ส่งมอบก่อนเวลา ส่วนมิติด้านคุณภาพจะวัดจากสัดส่วนของงานที่ไม่ต้องแก้ไขเพิ่มเติมภายหลังส่งมอบ และจำนวนข้อผิดพลาดที่ตรวจพบและแก้ไขได้ก่อนการส่งมอบจริง ตัวชี้วัดเหล่านี้สะท้อนเป้าหมายของการส่งมอบงานโครงการในภาครัฐ ซึ่งให้ความสำคัญกับ “การตรงเวลา” และ “คุณภาพของผลลัพธ์” ตามเกณฑ์การประเมินผู้รับจ้างในสัญญาจ้างของหน่วยงานรัฐโดยทั่วไป นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำแนวคิดการบริหารประสิทธิภาพมูลค่าที่ได้รับ (Earned Value Management : EVM) (PMI, 2020) เข้ามาประกอบ โดยใช้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการดำเนินงานตามกำหนดการ (Schedule Performance Index : SPI) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนความมีประสิทธิภาพเชิงเวลา ทั้งนี้ การไม่มีการแจ้งแก้ไขงานภายหลังจากที่ส่งมอบและการไม่ต้องเสียค่าปรับอันเนื่องมาจากผิดสัญญากับหน่วยงานภาครัฐ ถือเป็นเครื่องชี้วัดความครบถ้วนและถูกต้องในการส่งมอบงานอย่างมีประสิทธิภาพและคุณภาพ สำหรับโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐตามนิยามที่ใช้ในงานวิจัยนี้

### 6.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยได้จากโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ของหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ (1) กลุ่มควบคุม เป็นโครงการที่ดำเนินงาน ก่อน การนำตัวแบบ 3 ระยะมาใช้ (ระหว่างปี พ.ศ. 2554–2557) จำนวน 31 โครงการ (รวม 98 งานส่งมอบ) โดยโครงการเหล่านี้ใช้กระบวนการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียว และ (2) กลุ่มทดลอง เป็นโครงการที่ดำเนินงาน หลังจาก มีการนำตัวแบบ 3 ระยะมาใช้ (ระหว่างปี พ.ศ. 2558–2567) จำนวน 91 โครงการ (รวม 282 งานส่งมอบ) โดยโครงการกลุ่มทดลองจะมีการ

ดำเนินกิจกรรมตรวจสอบคุณภาพ 3 ระยะ (ซึ่งรวมถึงการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาใช้ร่วมด้วย) ทั้ง 2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นโครงการที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในแง่ขอบเขตงานและประเภทระบบ โดยเป็นการจ้างพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดกลางถึงใหญ่จากผู้รับจ้างภายนอกหน่วยงานของรัฐประเทศไทย

ตารางที่ 2 สรุปเปรียบเทียบคุณลักษณะพื้นฐานของโครงการระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ลักษณะพื้นฐานของโครงการ	กลุ่มทดลอง (ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ)	กลุ่มควบคุม (มาตรฐาน ISO/IEC 29110)
ประเภทโครงการ	1. ระบบให้บริการประชาชน (e-Service), 2. ระบบงานหลังบ้าน (Back-Office System), 3. ระบบสารสนเทศตามนโยบายภาครัฐ และอื่น ๆ	1. ระบบให้บริการประชาชน (e-Service), 2. ระบบงานหลังบ้าน (Back-Office System), 3. ระบบสารสนเทศตามนโยบายภาครัฐ และอื่น ๆ
ขนาดโครงการ (งบประมาณและระยะเวลา)	งบประมาณและระยะเวลาสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผันตรง, กิจกรรมหลักสำคัญของโครงการในแต่ละงวดงานที่สัมพันธ์กับ Software Development Life Cycle ใช้ระยะเวลาไม่แตกต่างกันมากนัก	งบประมาณและระยะเวลาสัมพันธ์กันในลักษณะแปรผันตรง, กิจกรรมหลักสำคัญของโครงการในแต่ละงวดงานที่สัมพันธ์กับ Software Development Life Cycle ใช้ระยะเวลาไม่แตกต่างกันมากนัก
เทคโนโลยีที่ใช้	อยู่ในกลุ่มเทคโนโลยี Web/Mobile Application : Front-end/Back-end /Database รวมถึงภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ เป็นภาษากลุ่มเดียวกัน, แตกต่างเพียงเล็กน้อยในประเด็นของเวอร์ชันตามช่วงเวลาของการพัฒนาระบบ	อยู่ในกลุ่มเทคโนโลยี Web/Mobile Application : Front-end/Back-end /Database รวมถึงภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ เป็นภาษากลุ่มเดียวกัน, แตกต่างเพียงเล็กน้อยในประเด็นของเวอร์ชันตามช่วงเวลาของการพัฒนาระบบ
ทีมงานผู้พัฒนา	อยู่ในกรอบของหน่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก (Very Small Entities: VSEs)	อยู่ในกรอบของหน่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็ก (Very Small Entities: VSEs)

### 6.3 เครื่องมือและการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบบันทึกผลการตรวจสอบสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลโครงการ (Data Collection Form) และแบบตรวจสอบคุณภาพตามตัวแบบ 3 ระยะ (Quality Checklist) ข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ ตัวชี้วัดผลลัพธ์โครงการด้านประสิทธิภาพการส่งมอบงาน วัดจากการตรงต่อเวลาในการส่งมอบแต่ละงวดงาน และระยะเวลาที่ส่งมอบงานก่อนหรือช้ากว่ากำหนดในแต่ละงวด และตัวชี้วัดด้านคุณภาพการส่งมอบงาน วัดจากสถานะความสมบูรณ์ของงานที่ส่งมอบในแต่ละงวดงานว่าต้องมีการแก้ไขหลังส่งมอบหรือไม่ รวมถึงตัวชี้วัดกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยจะเก็บข้อมูลในแต่ละระยะของตัวแบบ (หรือตามมาตรฐานเดิม) เช่น ผลคะแนนการดำเนินการตรวจสอบความครบถ้วน ถูกต้อง และสอดคล้องในระยะ SOW, TOR และ ISO ของทุกงวดงานในแต่ละโครงการ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังได้รวบรวมข้อมูลลักษณะโครงการและปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อใช้ควบคุมการวิเคราะห์ เช่น ประเภทโครงการ, ขนาดของโครงการ (งบประมาณและระยะเวลา) เป็นต้น โดยข้อมูลทั้งหมดได้รับจากรายงานและเอกสารส่งมอบของโครงการในอดีต ที่จัดเก็บโดยผู้ควบคุม/ผู้รับผิดชอบโครงการตามสัญญาว่าจ้าง โดยใช้แบบฟอร์มบันทึกผลการตรวจสอบ (Data Collection Form) และแบบตรวจสอบคุณภาพ (Quality Checklist) ในการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมด ซึ่งจะถูกนำมาประเมินตัวชี้วัดผลลัพธ์ในลักษณะเดียวกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกันได้อย่างเที่ยงตรง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของเครื่องมือวิจัยดังกล่าว เพื่อให้มั่นใจว่าแบบบันทึกผลการตรวจสอบที่ใช้เก็บข้อมูลมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ โดยมีผลการประเมิน (Index of Item-Objective Congruence : IOC) อยู่ในเกณฑ์

ยอมรับได้ทุกข้อ รวมไปถึงผู้วิจัยยังได้นำแบบบันทึกผลการตรวจสอบ (Data Collection Form) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลโครงการจริงควบคู่กับไปกับแบบตรวจสอบคุณภาพตามตัวแบบ 3 ระยะ (Quality Checklist) ซึ่งผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้ว และนำไปทดสอบความเที่ยงของเครื่องมือ (Reliability) โดยผู้เชี่ยวชาญจนมั่นใจว่าเครื่องมือวิจัยมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ โดยค่าความสอดคล้องระหว่างผู้เชี่ยวชาญ (Cohen's Kappa) อยู่ที่  $\sim 0.8$  ซึ่งบ่งชี้ว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมีความเห็นตรงกันในระดับ "ดีมาก" (Substantial to Excellent agreement)

## 7. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

- ขั้นตอนที่ 1** เพื่อทดสอบสมมติฐาน H1–H2 (วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 และ 2.2) ผู้วิจัยคำนวณสถิติเชิงพรรณนา (ค่าเฉลี่ย, มัธยฐาน, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) เพื่ออธิบายลักษณะการกระจายตัวของตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานของโครงการทั้งสองกลุ่ม จากนั้นดำเนินการทดสอบสมมติฐาน H1 และ H2 โดยใช้สถิติ Mann–Whitney U test เปรียบเทียบค่ามัธยฐานของคะแนนประสิทธิภาพและคะแนนคุณภาพระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง เนื่องจากผลการทดสอบเบื้องต้น (Shapiro–Wilk) พบว่า ตัวแปรผลลัพธ์บางตัวไม่ได้กระจายแบบปกติ จึงเลือกใช้การทดสอบแบบไม่อิงพารามิเตอร์เพื่อความเหมาะสม
- ขั้นตอนที่ 2** เพื่อทดสอบสมมติฐาน H3–H8 (วัตถุประสงค์ข้อที่ 2.3 ประเด็นที่ 1 : ระยะที่ 1, 2, 3 ส่งผลเชิงสถิติต่อประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบ) ผู้วิจัยใช้ข้อมูลเฉพาะของโครงการในกลุ่มทดลอง (91 โครงการ) คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ Spearman's rho ระหว่างคะแนนการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละระยะทั้งสาม (ระยะที่ 1 : SOW, ระยะที่ 2 : TOR, ระยะที่ 3 : ISO) กับคะแนนประสิทธิภาพและคะแนนคุณภาพโดยรวมของโครงการ เพื่อประเมินความสัมพันธ์เชิงสถิติว่ากิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละระยะมีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์โครงการมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้สาเหตุที่เลือกใช้สัมประสิทธิ์แบบ Spearman's rho (non-parametric) แทนแบบ Pearson's correlation เนื่องจากตัวแปรคะแนนผลลัพธ์บางตัวไม่ได้มีการแจกแจงปกติและอยู่ในรูปข้อมูลเชิงอันดับ ทำให้สถิติไม่อิงพารามิเตอร์อย่าง Spearman's rho จึงเหมาะสมสำหรับการวัดความสัมพันธ์ในกรณีนี้
- ขั้นตอนที่ 3** เพื่อทดสอบสมมติฐาน H9–H11 และวิเคราะห์ตัวแบบเชิงสาเหตุ (วัตถุประสงค์ข้อ 2.3 ประเด็นที่ 2 : ปัจจัยใดที่มีน้ำหนักความสำคัญมากที่สุดในการกำหนดผลลัพธ์ของโครงการ) ผู้วิจัยสร้าง แบบจำลองเส้นทาง (Path Model) เชื่อมโยงปัจจัยทั้ง 3 ระยะ (คะแนนการตรวจสอบระยะ SOW, TOR, ISO) กับผลลัพธ์โครงการ (คะแนนประสิทธิภาพและคุณภาพ) จากข้อมูลโครงการกลุ่มทดลองทั้งหมด แล้วใช้ซอฟต์แวร์ Mplus เวอร์ชัน 7 ในการวิเคราะห์ Path Analysis ด้วยวิธีการประมาณค่าสูงสุดแบบปรับความแข็งแกร่ง (Robust ML [MLR]) ซึ่งเหมาะสมกับข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่ปกติ ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเบื้องต้นเพื่อป้องกันปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระที่สูงเกินไป (Multicollinearity) โดยพบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทั้งสามอยู่ในระดับปานกลาง (ประมาณ  $\rho \approx 0.3–0.5$ ) และได้ตรวจสอบการกระจายตัวของข้อมูลแล้ว เพื่อให้มั่นใจว่าตัวแบบเส้นทางที่สร้างขึ้นมีความสมเหตุสมผลทางสถิติ จากนั้นจึงคำนวณค่าความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง  $\beta$ ) ของปัจจัยแต่ละตัว และประเมินความสอดคล้องของตัวแบบกับข้อมูลผ่านดัชนี CFI/TLI (Comparative Fit Index/Tucker-Lewis Index) ซึ่งบ่งบอกสัดส่วนความกลมกลืนของตัวแบบ (ค่า  $> 0.90$  ถือว่า ดี, ค่าเข้าใกล้ 1 ยิ่งดีมาก) และดัชนี RMSEA/SRMR (Root Mean Square Error of Approximation/Standardized Root Mean Residual) ซึ่งบ่งบอกถึงความคลาดเคลื่อนของตัวแบบ (ค่า  $< 0.05$  ถือว่า ดี, ค่าเข้าใกล้ 0 ยิ่งดีมาก) ทั้งนี้หากตัวแบบมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงค่อยแปลผลค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางเพื่อตอบสมมติฐาน H9–H11 อย่างครบถ้วน

ตารางที่ 3 สรุปการทดสอบสมมติฐานและเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุประสงค์การวิจัย / สมมติฐาน	การวิเคราะห์ที่ดำเนินการ	สถิติ/เครื่องมือที่ใช้
เปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพระหว่างกลุ่ม (H1–H2)	เปรียบเทียบค่ามัธยฐานตัวชี้วัดผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มทดลอง เทียบกับ กลุ่มควบคุม	Mann–Whitney U test (non-parametric)
ประเมินความสัมพันธ์ของปัจจัยในตัวแบบกับผลลัพธ์ (H3–H8)	คำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการตรวจสอบแต่ละระยะกับคะแนนผลลัพธ์โครงการ (ใช้ข้อมูลกลุ่มทดลอง)	Spearman's rho (non-parametric)
ทดสอบตัวแบบเชิงสาเหตุ (H9–H11)	สร้างแบบจำลองเส้นทางและวิเคราะห์อิทธิพลเชิงสาเหตุของปัจจัยทั้ง 3 ระยะต่อผลลัพธ์โครงการ (ใช้ข้อมูลกลุ่มทดลอง)	Path Analysis (เครื่องมือ Mplus 7, MLR estimator) พร้อมตรวจดัชนี CFI, TLI, RMSEA, SRMR

## 8. ผลการวิจัย

### 8.1 การเปรียบเทียบผลการส่งมอบงานระหว่างกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ

โครงการทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างสามารถส่งมอบงานได้ตรงตามกำหนดเวลา 100% ทุกงวดงาน โดยไม่มีงวดงานใดส่งล่าช้า (สะท้อนว่าทั้งสองวิธีมีพื้นฐานความตรงต่อเวลาในการส่งมอบที่ดีพอควร) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเชิงประสิทธิภาพด้านเวลา พบความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญดัง ตารางที่ 4 กล่าวคือ กว่าครึ่งของงวดงานทั้งหมดในกลุ่มทดลอง (53.9%) สามารถส่งมอบได้ก่อนกำหนด เทียบกับกลุ่มควบคุมที่มีงวดงานเพียง 15.3% ที่ส่งมอบก่อนกำหนด (แตกต่างกันประมาณ 38.6%) นอกจากนี้ หากพิจารณาจำนวนวันส่งมอบงานล่วงหน้าเฉลี่ยต่อหนึ่งงวดงาน กลุ่มทดลองส่งมอบงานได้เร็วกว่าอย่างเด่นชัด โดยส่งก่อนกำหนดเฉลี่ย ~4.50 วันต่อหนึ่งงวดงาน (บางโครงการในกลุ่มทดลองส่งมอบล่วงหน้าได้มากที่สุดถึง 77 วัน) ขณะที่กลุ่มควบคุมส่งมอบล่วงหน้าเฉลี่ยเพียง ~0.25 วันต่องวดงานเท่านั้น

ตารางที่ 4 ภาพรวมสถิติการส่งมอบงานของโครงการกลุ่มที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ เทียบกับกลุ่มที่ใช้วิธีมาตรฐานเดิม

ตัวชี้วัดการส่งมอบงาน	กลุ่มทดลอง (ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ) จำนวน 91 โครงการ, 282 งวดงาน*	กลุ่มควบคุม (มาตรฐาน ISO/IEC 29110) จำนวน 31 โครงการ, 98 งวดงาน*
อัตราส่งมอบตรงเวลาทุกงวดงาน	100%	100%
สัดส่วนงวดงานที่ส่งมอบก่อนกำหนด	53.9% ของงวดงาน (ส่งล่วงหน้าเฉลี่ย ~4.50 วัน)	15.3% ของงวดงาน (ส่งล่วงหน้าเฉลี่ย ~0.25 วัน)
สัดส่วนงวดงานที่ส่งมอบสมบูรณ์ในครั้งเดียว (ไม่มีการแก้ไขงานภายหลังส่งมอบ)	99.3% ของงวดงาน	93.9% ของงวดงาน

\*หมายเหตุ “งวดงาน” หมายถึง ส่วนการส่งมอบงานตามสัญญาของแต่ละโครงการ (หนึ่งโครงการประกอบด้วยหลายงวดงาน)

จากข้อมูลใน ตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าโครงการที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ มีประสิทธิภาพด้านเวลาสูงกว่าอย่างชัดเจน กลุ่มทดลองไม่เพียงแต่ส่งมอบงานทันตามกำหนดทุกงวดเหมือนกลุ่มควบคุม หากแต่กว่า 50% ของงวดงานสามารถส่งมอบ

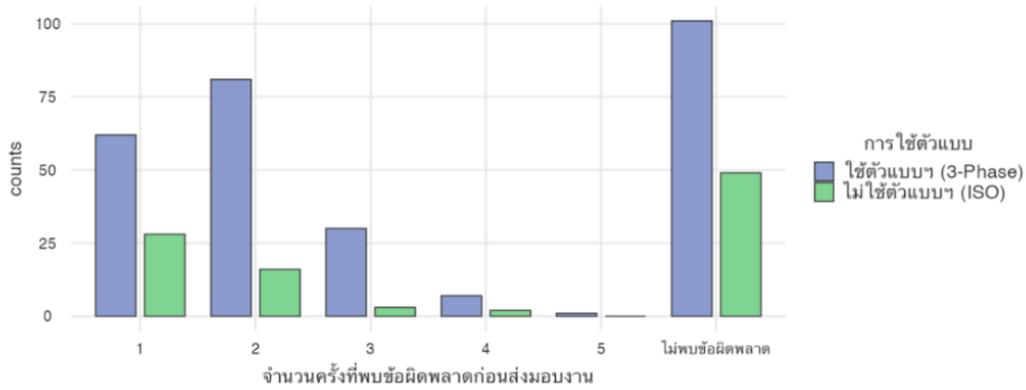
ได้ก่อนกำหนด (เทียบกับ ~15% ในกลุ่มควบคุม) ซึ่งหมายความว่า โครงการในกลุ่มทดลองจำนวนมากสามารถดำเนินงานได้เร็วกว่าแผนจนส่งมอบงานได้ล่วงหน้า ช่วยให้งานเสร็จเร็วขึ้นและลดความเสี่ยงที่จะล่าช้า ส่วนกลุ่มควบคุมยังคงต้องใช้เวลานานถึงกำหนดส่งหรือเกือบทั้งหมดของเวลาโครงการจึงจะส่งมอบได้ นอกจากนี้ กลุ่มทดลองยังมีคุณภาพการส่งมอบดีกว่าเล็กน้อย โดยโครงการกลุ่มทดลองแทบไม่เกิดกรณีที่ต้องแก้ไขงานเพิ่มเติมภายหลังเลย (งานที่จะต้องแก้ไขคิดเป็นเพียง ~0.7% ของทั้งหมด) ขณะที่กลุ่มควบคุมมีงานส่งมอบที่ต้องแก้ไขภายหลังประมาณ 6.1% ของงานทั้งหมด แสดงให้เห็นว่ากลุ่มที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ สามารถ “ทำครบและถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก” ได้มากกว่าในเชิงสัดส่วน แม้ว่าความแตกต่างด้านคุณภาพเชิงเปอร์เซ็นต์จะไม่มาก (ทั้ง 2 กลุ่มมีมาตรฐานคุณภาพงานสูงใกล้เคียงกันอยู่แล้ว) แต่เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญ โดยผลการทดสอบ Mann–Whitney U สำหรับทั้งตัวชี้วัดด้านประสิทธิภาพและด้านคุณภาพ (สรุปใน ตารางที่ 5) สนับสนุนสมมติฐาน H1 และ H2 อย่างชัดเจน

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ Mann–Whitney U เปรียบเทียบคะแนนประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานระหว่างโครงการที่ใช้และไม่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ

ตัวแปรผลลัพธ์	ค่าสถิติ U	ระดับนัยสำคัญ (p)	ส่วนต่างค่ามัธยฐาน (กลุ่มทดลอง – กลุ่มควบคุม)	ขนาดเอฟเฟกต์ (r)
ประสิทธิภาพการส่งมอบงาน	7,600	< .001	~+1.00	0.450 (สูง)
คุณภาพการส่งมอบงาน	13,070	.001	~+0.05	0.054 (ต่ำ)

ผลการทดสอบใน ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพการส่งมอบงานของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ( $p < .001$ ) โดยมีส่วนต่างคะแนนเฉลี่ยประมาณ +1.0 และขนาดเอฟเฟกต์ระดับสูง ( $r \approx 0.45$ ) ส่วนคุณภาพการส่งมอบงานของกลุ่มทดลองก็สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นกัน ( $p = .001$ ) แม้ว่าส่วนต่างคะแนนเฉลี่ยจะน้อยมาก (~+0.05) และขนาดเอฟเฟกต์ในทางปฏิบัติอยู่ในระดับต่ำ ( $r \approx 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับที่กล่าวว่า คุณภาพงานของทั้งสองกลุ่มอยู่ในเกณฑ์สูงใกล้เคียงกัน แต่กลุ่มทดลองยังคงดีกว่าเล็กน้อยในเชิงสถิติ ที่สำคัญคือ กลุ่มทดลองเกือบไม่มีงานที่ต้องแก้ไขหลังส่งมอบเลย ต่างจากกลุ่มควบคุมที่ยังมีบางส่วนต้องตามแก้หลังส่งมอบ ดังนั้น ตัวแบบ 3 ระยะ จึงพิสูจน์ให้เห็นถึงศักยภาพในการช่วยให้โครงการสามารถ “ทำครบและถูกต้องตั้งแต่ครั้งแรก” ลดปัญหาหน่วงและล่าช้าที่เกิดจากการส่งมอบงานที่ไม่สมบูรณ์ได้จริง

รูปภาพที่ 2 แสดงจำนวนข้อผิดพลาดเฉลี่ยที่ตรวจพบก่อนการส่งมอบงานต่อหนึ่งงาน เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มโครงการที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ กับกลุ่มที่ไม่ใช้ตัวแบบ จะเห็นว่ากลุ่มที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ ตรวจพบข้อผิดพลาดระหว่างดำเนินโครงการมากกว่า (เฉลี่ย ~1.231 ครั้ง/งาน) เทียบกับกลุ่มควบคุม (เฉลี่ย ~0.785 ครั้ง/งาน) ซึ่งข้อผิดพลาดเหล่านั้นได้รับการแก้ไขเรียบร้อยก่อนถึงขั้นตอนส่งมอบจริง ส่งผลให้งานส่วนใหญ่ของกลุ่มที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ ถูกต้องสมบูรณ์ตั้งแต่ส่งมอบ ในขณะที่ข้อผิดพลาดบางส่วนของกลุ่มควบคุมไปปรากฏในขั้นตอนตรวจรับสุดท้ายและต้องมีการแก้ไขหลังส่งมอบ



**รูปภาพที่ 2** จำนวนข้อผิดพลาดเฉลี่ยที่พบก่อนการส่งมอบงานต่อหนึ่งงวดงานกลุ่มใช้ตัวแบบ 3 ระยะ พบ ~1.231 ครั้ง/งวดงาน เทียบกับ กลุ่มควบคุม ~0.785 ครั้ง/งวดงาน)

จากผลการวิจัยข้างต้นโดยสรุป สามารถ **ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.1 (สมมติฐาน H1-H2)** ได้ว่า โครงการที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ มีทั้งประสิทธิภาพในการส่งมอบงานที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และคุณภาพการส่งมอบงานโดยรวมดีกว่าเล็กน้อย เมื่อเทียบกับโครงการที่ใช้วิธีมาตรฐานเดิม การใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ตามปกติสามารถช่วยให้โครงการส่งมอบงานได้ตรงเวลาในระดับที่น่าพอใจแล้วก็จริง แต่การเพิ่มกลไกตรวจสอบคุณภาพระหว่างทางทั้ง 3 ระยะเข้ามาช่วยเสริมทำให้การส่งมอบงานรวดเร็วขึ้นไปอีก และลดความผิดพลาดของงานที่ส่งมอบลงอย่างเห็นได้ชัดเจน

### 8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในตัวแบบกับผลลัพธ์โครงการ

ในการ **ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 2.2** ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลของโครงการกลุ่มทดลองทั้งหมด (91 โครงการ) เพื่อประเมินว่ากิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละระยะทั้งสามส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการอย่างไร ผลการคำนวณค่าสหสัมพันธ์ Spearman's rho พบว่าคะแนนการดำเนินการตรวจสอบในระยะที่ 1, ระยะที่ 2 และระยะที่ 3 แต่ละระยะมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับต่ำถึงปานกลาง ทั้งคะแนนประสิทธิภาพการส่งมอบและคะแนนคุณภาพการส่งมอบของโครงการ และทั้งหมดมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สนับสนุนสมมติฐาน H3-H8 ทุกข้อ โดยพบว่าปัจจัยทุกด้านในตัวแบบ 3 ระยะ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับประสิทธิภาพของโครงการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับปานกลาง ( $\rho \sim 0.344-0.569, p < .01$ ) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับคุณภาพของโครงการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับต่ำถึงปานกลาง ( $\rho \sim 0.276-0.362, p < .01$ ) ดังแสดงใน **ตารางที่ 6** กล่าวคือ โครงการที่ดำเนินกิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพแต่ละระยะได้ครบถ้วนสมบูรณ์ มีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโดยรวมดีกว่าโครงการที่ดำเนินการตรวจสอบได้ไม่ครบถ้วน นอกจากนี้ ยังพบว่าคะแนนการตรวจสอบในแต่ละระยะมีความสัมพันธ์เชิงบวกซึ่งกันและกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < .01$ ) รองรับสมมติฐาน H9-H11 กล่าวคือ โครงการที่ตรวจสอบได้ดีในระยะที่ 1 ก็มักจะตรวจสอบได้ดีในระยะอื่น ๆ ด้วย โดยเฉพาะระยะที่ 1 (SOW) กับระยะที่ 3 (ISO) ที่มีความสัมพันธ์กันสูงที่สุด ( $\rho \sim 0.459$ ) สะท้อนว่าหากโครงการใดวางรากฐานการตรวจสอบที่ดีตั้งแต่เริ่มต้นในระยะ SOW ก็มักจะรักษาคุณภาพได้ดีต่อเนื่องไปจนถึงระยะสุดท้าย (ISO)

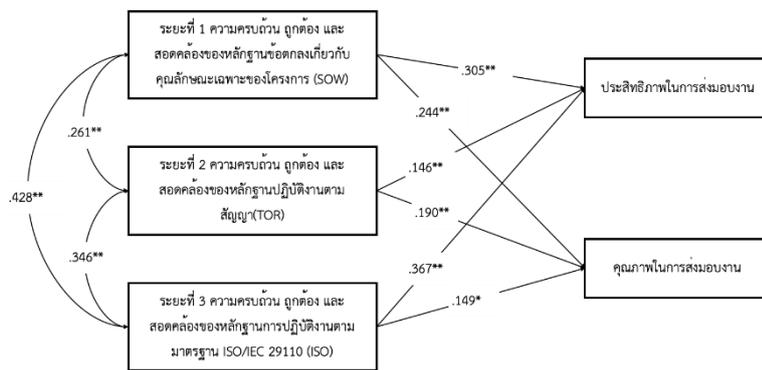
ตารางที่ 6 สหสัมพันธ์สเปียร์แมน (ρ) ระหว่างคะแนนตัวชี้วัดการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะกับผลลัพธ์โครงการ

ปัจจัย (ระยะตรวจสอบคุณภาพ)	ρ กับประสิทธิภาพ	ρ กับคุณภาพ
ระยะที่ 1 : SOW กับผลลัพธ์ของงาน	0.504**	0.362**
ระยะที่ 2 : TOR กับผลลัพธ์ของงาน	0.344**	0.276**
ระยะที่ 3 : ISO/IEC 29110 กับผลลัพธ์ของงาน	0.569**	0.284**

\*\* (n = 91 โครงการกลุ่มทดลอง, p < .01)

### 8.3 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบเชิงสาเหตุ (Path Analysis)

เมื่อทำการวิเคราะห์เส้นทางเพื่อทดสอบอิทธิพลเชิงสาเหตุของปัจจัยทั้ง 3 ระยะต่อผลลัพธ์โครงการ (ประสิทธิภาพ และคุณภาพ) พบว่า ตัวแบบมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (CFI = 1.000, TLI = 1.000, RMSEA = 0.000, SRMR = 0.000) โดยค่า CFI และ TLI ที่เข้าใกล้ 1.0 รวมถึงค่า RMSEA และ SRMR ที่เข้าใกล้ 0.0 ยืนยันได้ว่าตัวแบบมีความตรงกับข้อมูลในระดับดีมาก และค่าสัมประสิทธิ์เส้นทางของทุกปัจจัยเป็นบวกและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รองรับสมมติฐาน H3–H8 ครบทุกข้อ กล่าวคือ ปัจจัยทั้ง 3 ระยะของตัวแบบ 3 ระยะต่างมีอิทธิพลเชิงบวกต่อทั้ง ประสิทธิภาพและคุณภาพของโครงการ แต่ละปัจจัยมีน้ำหนักอิทธิพลแตกต่างกันไป โดย ระยะที่ 3 (การตรวจสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110) มีอิทธิพลต่อทั้งประสิทธิภาพ ( $\beta \approx 0.367, p < .01$ ) และคุณภาพ ( $\beta \approx 0.149, p < .01$ ) ของโครงการมากที่สุด รองลงมาคือ ระยะที่ 1 (การตรวจสอบ SOW) ซึ่งส่งผลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพ ( $\beta \approx 0.305, p < .01$ ) และคุณภาพ ( $\beta \approx 0.244, p < .01$ ) ในระดับรองลงมา ส่วน ระยะที่ 2 (การตรวจสอบ TOR) ก็มีอิทธิพลเชิงบวกต่อทั้งประสิทธิภาพ ( $\beta \approx 0.146, p < .01$ ) และคุณภาพ ( $\beta \approx 0.190, p < .01$ ) เช่นกัน แม้น้ำหนักจะน้อยที่สุดใน 3 ปัจจัยแต่ก็ยังส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงใน รูปภาพที่ 3



$\chi^2 = 233.978, df = 7, p\text{-value} = 0.000, CFI = 1.000, TLI = 1.000, RMSEA = 0.000, SRMR = 0.000$   
 \* p-value < .05, \*\* p-value < .01

รูปภาพที่ 3 ตัวแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Path Analysis) แสดงปัจจัยทั้ง 3 ระยะของตัวแบบ 3 ระยะที่มีอิทธิพลเชิงบวกต่อประสิทธิภาพและคุณภาพโครงการ

โดยสรุปผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และตัวแบบเชิงสาเหตุข้างต้นในกลุ่มทดลอง **ตอบวัตถุประสงค์ข้อที่ 23** ได้ว่า ทุกองค์ประกอบของตัวแบบ 3 ระยะที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ต่างมีความสำคัญและส่งผลเชิงบวกต่อความสำเร็จของโครงการ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของการสร้างคุณภาพในทุกขั้นตอนของการบริหารโครงการ ไม่ใช่เพียงการตรวจรับคุณภาพในช่วงท้ายโครงการเท่านั้น

## 9. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโครงการซอฟต์แวร์ภาครัฐ ระหว่างวิธีการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานเดิม (ISO/IEC 29110) กับวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ ที่ผนวกการใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 เข้าไปร่วมด้วย ผลการวิจัยเชิงสถิติได้แสดงให้เห็นความแตกต่างของผลลัพธ์จากทั้งสองแนวทางอย่างชัดเจน ดังที่พบว่าแม้การใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 เพียงอย่างเดียว จะช่วยให้โครงการส่วนใหญ่ส่งมอบงานได้ตรงเวลาและมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีแล้ว (โครงการกลุ่มควบคุม 93.9% ของวงงานที่ส่งมอบไม่มีงานวนซ้ำกลับมาแก้ไขภายหลัง) แต่การเสริมด้วยการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะนั้น ช่วยยกระดับผลลัพธ์ให้ดียิ่งขึ้นไปอีก โดยกลุ่มโครงการที่ใช้ตัวแบบ 3 ระยะ มีงานส่งมอบที่สมบูรณ์ในครั้งเดียวสูงถึง 99.3% ของทั้งหมด และครึ่งหนึ่งของวงงานสามารถส่งมอบได้ก่อนกำหนด เวลาส่งมอบจริงยังเร็วกว่ากำหนดที่ต้องส่งมอบเฉลี่ยแล้วหลายวัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งใช้มาตรฐานเดิม ผลการทดสอบสมมติฐานยืนยันว่า โครงการที่ใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะมีประสิทธิภาพและคุณภาพดีกว่าโครงการที่ใช้วิธีมาตรฐานเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าหลายชิ้น ตัวอย่างเช่น Galvan et al. (2015) ได้ศึกษาการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 ไปใช้กับกระบวนการแบบ Agile และพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการโครงการซอฟต์แวร์ได้จริง นอกจากนี้ Laporte et al. (2013) และ Laporte, Hébert & Mineau (2014) รวมถึง Tremblay et al. (2019) ต่างรายงานว่าการประยุกต์ใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ในองค์กรซอฟต์แวร์ขนาดเล็กและขนาดกลางช่วยปรับปรุงกระบวนการและคุณภาพโครงการได้อย่างมีนัยสำคัญ ลดความเสี่ยงและปัญหาในการดำเนินโครงการลง ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้จึงสอดคล้องกับแนวทางของงานเหล่านั้น และชี้ให้เห็นว่าแม้การใช้มาตรฐาน ISO/IEC 29110 ตามปกติจะเป็นพื้นฐานที่ดี แต่การเพิ่มกลไก “ตรวจสอบคุณภาพระหว่างทาง” ตามตัวแบบ 3 ระยะ เข้ามาจะช่วยเสริมให้การส่งมอบงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (ส่งมอบได้เร็วกว่าแผน) และรักษาคุณภาพได้ดียิ่งขึ้นอีกระดับหนึ่ง ถือเป็น การเพิ่มคุณค่าจากแนวทางมาตรฐานเดิมอย่างมีสาระสำคัญ

นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ยังสนับสนุนสมมติฐาน H3-H8 ว่ากิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละระยะของตัวแบบ 3 ระยะ ต่างมีส่วนช่วยผลักดันความสำเร็จของโครงการอย่างมีนัยสำคัญ โดยในด้านประสิทธิภาพของโครงการการตรวจสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 (ระยะที่ 3 : ISO/IEC 29110) แสดงบทบาทโดดเด่นที่สุด รองลงมาคือ การตรวจสอบขอบเขตงาน (ระยะที่ 1 : SOW) และตามมาด้วยการตรวจสอบข้อกำหนดในสัญญา (ระยะที่ 2 : TOR) ในขณะที่ในด้านคุณภาพของโครงการการตรวจสอบขอบเขตงาน (ระยะที่ 1 : SOW) แสดงบทบาทชัดเจนที่สุด ตามมาด้วยการตรวจสอบข้อกำหนดในสัญญา (ระยะที่ 2 : TOR) และการตรวจสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 (ระยะที่ 3 : ISO/IEC 29110) โดยลำดับ อย่างไรก็ตาม ถึงเมื่ออิทธิพลของแต่ละปัจจัยจะมากน้อยแตกต่างกันก็ตาม แต่ก็ยังถือได้ว่ามีส่วนส่งเสริมผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน แนวโน้มนี้ชี้ให้เห็นว่าการดำเนินการควบคุมคุณภาพอย่างเข้มข้นครอบคลุมตั้งแต่เริ่มโครงการไปจนจบโครงการนั้น ให้ผลดีต่อความสำเร็จโดยรวม โดยไม่สามารถละเลยกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งไปได้ หากโครงการใดให้ความสำคัญกับการจัดการรากฐานของงาน (SOW) และการปฏิบัติงานตาม TOR อย่างรัดกุมตั้งแต่ต้น รวมถึงดำเนินงานตามมาตรฐานคุณภาพสากล ISO/IEC 29110 อย่างครบถ้วนในขั้นสุดท้าย ย่อมมีแนวโน้มที่จะส่งมอบงานได้ตรงเวลาร่วมกับคุณภาพที่ดีกว่า โครงการที่ไม่ได้ดำเนินการตรวจสอบเหล่านี้อย่างจริงจัง ขณะเดียวกัน เราพบข้อมูลตามสมมติฐาน H9-H11 ว่าปัจจัยใดในแต่ละระยะที่มีความสัมพันธ์ส่งเสริมกัน กล่าวคือโครงการที่ตรวจสอบได้ดีในระยะต้น ก็มักจะตรวจสอบได้ดีในระยะถัดไปด้วย สะท้อนถึงความสำคัญของการสร้างคุณภาพให้ต่อเนื่อง ตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำของโครงการ แนวคิดนี้สอดคล้องกับแนวทางการบริหารโครงการ PMBOK (PMI, 2017; PMI, 2021) รวมไปถึงแนวคิดการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร (Total Quality Management : TQM) (Deming, W. E. (1982) ที่มีมาอย่างยาวนานและได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางทั่วโลก ซึ่งทั้งหมดนี้ล้วนเป็นแนวทางการบริหารจัดการเชิงรุก ที่มุ่งเน้นการป้องกันปัญหามากกว่าการแก้ไขปัญหาเมื่อสายเกินไปทั้งสิ้น

## 10. ความใหม่และคุณภาพการทางวิชาการ

งานวิจัยนี้มีความใหม่อยู่ที่การพัฒนา “ตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ” สำหรับบริบทโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐของประเทศไทย ซึ่งเป็นการผสมผสานการตรวจสอบคุณภาพระหว่างดำเนินโครงการเข้ากับมาตรฐานการบริหารโครงการและมาตรฐานคุณภาพ ISO/IEC 29110 อย่างเป็นระบบ ครอบคลุมตลอดทั้งกระบวนการของการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ จากการสืบค้นยังไม่พบว่า มีการศึกษาหรือเสนอแนวทางเดียวกันนี้มาก่อนในบริบทหน่วยงานภาครัฐของประเทศไทย ผลการวิจัยที่ได้จึงถือเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ใหม่ ที่ยืนยันแนวคิดการควบคุมคุณภาพเชิงรุก (Built-in Quality) ว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานจริง และให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ช่วยเติมเต็มช่องว่างความรู้งานวิจัยด้านการบริหารโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐ โดยต่อยอดจากผลงานก่อนหน้าของ ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง (2567) ที่เน้นเปรียบเทียบเชิงผลลัพธ์ มาสู่งานวิจัยฉบับนี้ที่ลงลึกถึงกลไกภายในของตัวแบบและประเมินองค์ประกอบต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ องค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับ สามารถใช้เป็นพื้นฐานให้นักวิจัยหรือผู้สนใจในอนาคตพัฒนาแนวทางบริหารโครงการเชิงป้องกันรูปแบบอื่น ๆ หรือปรับปรุงตัวแบบนี้ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 11. คุณภาพการเชิงปฏิบัติ

นอกเหนือจากการสร้างองค์ความรู้ใหม่แล้ว งานวิจัยนี้ยังมีประโยชน์เชิงประยุกต์อย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากตัวแบบ 3 ระยะที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงได้ทันที หน่วยงานภาครัฐในฐานะผู้ว่าจ้างและบริษัทผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ในฐานะผู้รับจ้าง สามารถปรับใช้ตัวแบบนี้เป็นแนวทางมาตรฐานในการบริหารและควบคุมคุณภาพโครงการ เพื่อช่วยให้การส่งมอบงานเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีคุณภาพสูงขึ้น ลดความเสี่ยงที่จะเกิดความล่าช้าหรือส่งมอบงานบกพร่อง ตัวแบบดังกล่าวไม่จำกัดเฉพาะบริบทภาครัฐเท่านั้น บริษัทเอกชนที่พัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดใหญ่ หรือโครงการที่มีความสำคัญก็อาจนำแนวคิดการตรวจสอบแบบ 3 ระยะ ไปปรับใช้ในกระบวนการภายใน เพื่อเสริมความเข้มแข็งในการส่งมอบงานได้เช่นกัน ผู้บริหารโครงการและทีมงานสามารถใช้ตัวแบบนี้เป็นกรอบในการตรวจเช็คคุณภาพงานเป็นระยะ ป้องกันปัญหาตั้งแต่เริ่มแรกแทนที่จะมาตรวจเจอเมื่อสิ้นสุดโครงการ ซึ่งมักสายเกินไปและแก้ไขยากกว่า

## 12. ข้อจำกัดของการวิจัย

งานวิจัยเชิงทดลองครั้งนี้มีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการแปลความหมายและใช้งานผลลัพธ์ที่ได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยเชิงทดลองทั่วไปอื่น ๆ โดยประการแรก กลุ่มตัวอย่างโครงการที่ใช้ในการศึกษาอยู่ในวงจำกัดเฉพาะโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ของหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทยเท่านั้น บริบทขององค์กรภาครัฐไทยอาจมีลักษณะแตกต่างจากองค์กรภาคเอกชนหรือหน่วยงานของประเทศอื่น ๆ ดังนั้น ผลการวิจัยที่ได้ อาจไม่สามารถสรุปอ้างอิงหรือขยายไปยังบริบทที่นอกเหนือจากนี้ได้โดยตรง จึงควรมีการทดสอบเพิ่มเติมกับโครงการในบริบทอื่น ๆ เพื่อยืนยันว่า กรอบตัวแบบที่เสนอสามารถปรับใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย ประการต่อมา การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองในงานวิจัยนี้ อาศัยข้อมูลโครงการที่ดำเนินงานในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (กลุ่มควบคุมจากโครงการช่วงปี พ.ศ. 2554–2557 ส่วนกลุ่มทดลองจากโครงการช่วงปี พ.ศ. 2558–2567) แม้ว่าผู้วิจัยจะพยายามคัดเลือกโครงการทั้งสองกลุ่มให้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด เช่น ประเภทของโครงการ ขนาดของโครงการ (งบประมาณและระยะเวลา) ทีมงานผู้พัฒนาในกรอบขององค์กร/หน่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ขนาดเล็กมาก (Very Small Entities : VSEs) และเทคโนโลยีที่ใช้ใกล้เคียงกัน เพื่อควบคุมความแตกต่างระหว่างกลุ่ม แต่ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมและเทคโนโลยีภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ก็ยังอาจมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของโครงการได้ โดยที่ไม่ได้เกิดจากการใช้ตัวแบบ 3 ระยะโดยตรง ตัวอย่างเช่น ความก้าวหน้าทางเครื่องมือการพัฒนาซอฟต์แวร์หรือโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT ในช่วงปีหลัง ๆ ย่อมเอื้อให้การพัฒนาระบบมีความรวดเร็วและมีคุณภาพขึ้นโดยภาพรวม ซึ่งปัจจัยภายนอกเหล่านี้เป็นสิ่งที่ควบคุมได้ยากในสถานการณ์จริง ประการสุดท้าย

ขอบเขตของการวิจัยครั้งนี้ มุ่งประเมินเฉพาะผลลัพธ์เชิงปริมาณด้านประสิทธิภาพเวลาและคุณภาพงานที่ส่งมอบจากการใช้ตัวแบบ 3 ระยะเท่านั้น โดยยังไม่ได้นำผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพอย่างละเอียดถึงสาเหตุหรือรูปแบบของข้อบกพร่องที่ตรวจพบในแต่ละระยะ ตลอดจนยังไม่ได้นำศึกษาปัจจัยด้านอื่น ๆ เช่น ด้านทีมงานและบุคลากร วัฒนธรรมองค์กร กระบวนการทำงานภายใน หรือเทคโนโลยีเครื่องมือเสริมเพิ่มเติม ที่อาจส่งผลร่วมกับการใช้ตัวแบบ 3 ระยะด้วย ดังนั้น ผลการวิจัยนี้ควรถูกตีความภายใต้บริบทและขอบเขตที่จำกัดดังกล่าว และการประยุกต์ใช้องค์ความรู้หรือข้อค้นพบไปยังบริบทอื่น ควรกระทำด้วยความระมัดระวัง ผู้ที่จะนำตัวแบบหรือข้อเสนอแนะจากงานวิจัยไปใช้จริง พึงพิจารณาปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ร่วมด้วย และควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของตัวแบบนี้ในบริบทที่แตกต่างออกไปสำหรับอนาคต

### 13. ข้อเสนอแนะ

จากข้อค้นพบที่ได้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะทั้งในการนำตัวแบบไปปรับใช้จริงและสำหรับการศึกษาในอนาคตดังต่อไปนี้ ประการแรก ข้อเสนอแนะเชิงปฏิบัติ หน่วยงานภาครัฐในฐานะผู้ว่าจ้าง และบริษัทผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ในฐานะผู้รับจ้าง ควรพิจารณานำวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ (ที่มีการนำมามาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาใช้ร่วมด้วย) ไปปรับใช้กับการดำเนินงานของโครงการจริงให้มากขึ้น แนวทางนี้ควรถูกประยุกต์ใช้ในโครงการหลากหลายประเภทเพิ่มเติมเพื่อยืนยันผลลัพธ์เชิงประจักษ์ในวงกว้าง ตลอดจนสร้างความมั่นใจว่า ตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพเชิงรุกที่น่าเสนอสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นในสถานการณ์ที่หลากหลาย เช่น ในโครงการซอฟต์แวร์ภาคเอกชนที่อาจมีโครงสร้างองค์กร กฏระเบียบ และขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างจากภาครัฐ, การปรับใช้ขององค์กร/บริษัท/หน่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ไม่ได้มีขนาดที่เล็กมาก (Non-VSEs) อาทิ วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises : SMEs) หรือองค์กรขนาดใหญ่ (Large Enterprise) หรือการประยุกต์ใช้ในโครงการที่ใช้วิธีแบบ Agile ซึ่งมีรอบการพัฒนาสั้นและเน้นการส่งมอบบ่อยครั้ง เป็นต้น ซึ่งไม่ได้จำกัดเฉพาะเพียงบริบทตัวอย่างในงานวิจัยนี้เท่านั้น นอกจากนี้ ในการนำตัวแบบไปใช้จริงควรพิจารณาประยุกต์ใช้เครื่องมือหรือระบบช่วยสำหรับการตรวจสอบคุณภาพแบบอัตโนมัติ หรือใช้เทคโนโลยีอัจฉริยะ (AI : Artificial Intelligence) บูรณาการร่วมกันไปด้วย เช่น เครื่องมือช่วยตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของเอกสารหรือซอร์สโค้ดในแต่ละระยะการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบอัจฉริยะ เป็นต้น การใช้เครื่องมือที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มความเร็วและความแม่นยำในการตรวจสอบระหว่างดำเนินโครงการ ลดภาระงานและความผิดพลาดของบุคลากร ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของงานวิจัยก่อนหน้านี้ว่า การเสริมตัวแบบ 3 ระยะด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ จะยิ่งช่วยให้กระบวนการตรวจสอบคุณภาพเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม ประการที่สอง ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ/การวิจัยในอนาคต ควรมีการศึกษาวิจัยที่มุ่งวิเคราะห์เชิงลึกถึงกลไกการทำงานภายในของตัวแบบ 3 ระยะในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดยิ่งขึ้น รวมถึงทดลองเปรียบเทียบกับแนวทางหรือกรอบการบริหารโครงการรูปแบบอื่น ๆ ตามที่ได้กล่าวถึงไว้แล้วในส่วนการอภิปรายผล เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเกี่ยวกับแนวทางการบริหารโครงการเชิงป้องกัน (Preventive/Project management approach) อันจะเป็นประโยชน์ในการต่อยอดหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโครงการในบริบทที่หลากหลายต่อไปในอนาคต อีกทั้งการวิจัยเพิ่มเติมอาจพิจารณาศึกษาปัจจัยสนับสนุนอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตการวิจัยครั้งนี้ เช่น ปัจจัยด้านการบริหารทรัพยากรมนุษย์, โครงสร้างทีมงาน หรือการจัดการความเสี่ยงควบคู่ไปด้วย เพื่อให้ได้มุมมองที่ครอบคลุมยิ่งขึ้น และช่วยยืนยันถึงความแข็งแกร่งของตัวแบบ 3 ระยะ ในมิติที่กว้างขวางกว่างานวิจัยในครั้งนี้ รวมไปถึงการวิจัยในอนาคต ควรคำนึงถึงการควบคุมปัจจัยแทรกซ้อนต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การทำวิจัยแบบคู่ขนานในช่วงเวลาเดียวกัน หรือการใช้วิธีทางสถิติ เช่น ANCOVA เพื่อควบคุมปัจจัยแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น

### 14. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาตัวแบบการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะขึ้น เพื่อตอบโจทย์การแก้ปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าและลดงานแก้ไขหลังส่งมอบงานโครงการซอฟต์แวร์ภาครัฐ โดยทำการประเมินเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานเดิมและศึกษากลไกภายในของตัวแบบอย่างครอบคลุม ผลลัพธ์การวิจัยยืนยันว่า ตัวแบบ 3 ระยะมีประสิทธิภาพสูงในการปรับปรุงการส่งมอบงาน โครงการที่

ใช้ตัวแบบสามารถส่งมอบงานได้ตรงเวลาทุกงวดงาน (100%) โดยมากกว่าครึ่งของงานส่งมอบก่อนกำหนด และงานส่งมอบเกือบทั้งหมด (99%+) ถูกต้องสมบูรณ์ในครั้งเดียว ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากโครงการที่ใช้วิธีมาตรฐานเดิม นอกจากนี้ ยังพบว่ากิจกรรมการตรวจสอบคุณภาพในแต่ละระยะของตัวแบบ ล้วนมีส่วนช่วยให้โครงการประสบความสำเร็จมากขึ้น โดยเฉพาะการตรวจสอบตามมาตรฐานคุณภาพสากล ISO/IEC 29110 ที่มีอิทธิพลสูงสุด ผลการวิจัยนี้ถือเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ใหม่ที่สนับสนุนแนวคิดการควบคุมคุณภาพเชิงรุกตลอดโครงการ (Built-in Quality) และมีส่วนเติมเต็มองค์ความรู้ด้านการบริหารโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐในเชิงวิชาการ ทั้งยังมีประโยชน์เชิงปฏิบัติที่หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำตัวแบบนี้ไปใช้จริง เพื่อยกระดับการส่งมอบงานได้ทันที อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีขอบเขตจำกัดเฉพาะบริบทโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐของประเทศไทย และเป็นการศึกษาแบบกึ่งทดลองที่ไม่ได้ควบคุมตัวแปรทุกอย่าง การประยุกต์ใช้ผลการวิจัยในบริบทอื่นจึงควรกระทำโดยระมัดระวัง พร้อมกับดำเนินการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อยืนยันประสิทธิผลของตัวแบบในบริบทที่ต่างออกไป อนึ่ง เพื่อให้เกิดการต่อยอดองค์ความรู้ งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งวิเคราะห์รายละเอียดเชิงลึกของกลไกตัวแบบและเปรียบเทียบกับแนวทางอื่น ๆ ตามที่ได้เสนอไว้ ซึ่งจะช่วยให้ได้มาซึ่งแนวทางที่เหมาะสมที่สุดในการบริหารโครงการซอฟต์แวร์ในบริบทที่หลากหลายต่อไป

## 15. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณหน่วยงานภาครัฐทุกแห่งที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัทที่ปรึกษาโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ภาครัฐประเทศไทย (ซึ่งไม่ประสงค์ออกนาม) ที่กรุณาเปิดให้เข้าถึงเอกสาร รายงานการส่งมอบงาน และข้อมูลเชิงลึกด้านกระบวนการควบคุมคุณภาพ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลหลักอันทรงคุณค่าของงานวิจัยนี้

ขอแสดงความซาบซึ้งอย่างยิ่งต่อ คุณอัจฉรินทร์ พัฒนพันธ์ชัย อธิบดีปลัดกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม, คุณชัยณรงค์ โชไชย อธิบดีผู้ตรวจราชการกระทรวงพาณิชย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เผชญิชัยภักดิ์ ไชยสิทธิ์ อธิบดีเลขาธิการที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย ในฐานะ “ครู” ผู้เป็นแรงบันดาลใจสำคัญที่เกื้อหนุนให้ผู้วิจัยมุ่งมั่นต่อเนื่องจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณสถาบันการศึกษา คณาจารย์ ผู้ทรงคุณวุฒิ ครอบครัวตลอดถึงพี่เพื่อนน้องผู้ร่วมงาน อันเป็นที่รัก และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ทั้งที่เอ่ยนามและมิได้เอ่ยนาม ซึ่งมอบคำปรึกษา และการสนับสนุนทั้งทางวิชาการและจิตใจ ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย พลังใจและความกรุณาจากทุกท่าน มีส่วนสำคัญยิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จสมบูรณ์

## 16. เอกสารอ้างอิง

- ประพันธ์ สุรปภา และ วรภัทร ไพรีเกรง. (2567). การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและคุณภาพการส่งมอบงานโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ของหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทย ด้วยวิธีการตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 29110 กับวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบ 3 ระยะ ที่มีการนำมาตรฐาน ISO/IEC 29110 มาใช้ร่วมด้วย. วารสารบริหารธุรกิจ, 14(2), 65–82.
- สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI). (2563). ปาฐกถา: รัฐและระบบราชการไทยกับความท้าทายข้างหน้าของประเทศ. ค้นเมื่อ จาก <https://tdri.or.th/2020/10/speech-dr-prasam/>
- สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (DGA). (2567). แผนพัฒนารัฐบาลดิจิทัลของประเทศไทย พ.ศ. 2566–2570. DGA.
- สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2567). รายงานผลการเบิกจ่ายงบประมาณภาพรวมของประเทศ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567. ค้นเมื่อ จาก [http://web.parliament.go.th/view/82/News\\_Detail/2567/1577/TH-TH](http://web.parliament.go.th/view/82/News_Detail/2567/1577/TH-TH).
- Bloch, M., Blumberg, S., & Laartz, J. (2012). Delivering large-scale IT projects on time, on budget, and on value. *McKinsey Quarterly*, 27, 2-7.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings*. Houghton Mifflin.

- Deming, W. E. (1982). **Out of the crisis**. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering Study.
- Galvan, S., Mora, M., O'Connor, R. V., Acosta, F., & Alvarez, F. (2015). A compliance analysis of agile methodologies with the ISO/IEC 29110 project management process. **Procedia Computer Science**, 64, 188–195.
- ISO/IEC. (2018). **ISO/IEC 29110-4-1:2018 Systems and software engineering—Lifecycle profiles for Very Small Entities (VSEs)—Part 4-1: Profile specifications: Generic profile group**. International Organization for Standardization.
- Jirapanthong, W. (2019). Experience in applying of ISO 29110 to agile software development. **Journal of Information Science and Technology**, 9(1), 63–70.
- Laporte, C. Y., Hébert, C., & Mineau, C. (2014). Development of a social network website using the new ISO/IEC 29110 standard developed specifically for very small entities. **Software Quality Professional**, 16(4), 4–25.
- Laporte, C. Y., O'Connor, R., & Fanmuy, G. (2013). International systems and software engineering standards for very small entities. **CrossTalk: The Journal of Defense Software Engineering**, 24(3), 28–33.
- Mesquida, A.-L., & Mas, A. (2014). A project management improvement program according to ISO/IEC 29110 and PMBOK®. **Journal of Software: Evolution and Process**, 26(9), 846–854.
- Project Management Institute (PMI). (2017). **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)**. (6th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2020). **The Standard for Earned Value Management**. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Project Management Institute (PMI). (2021). **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)**. (7th ed.). Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Siddoo, V., & Wongsai, N. (2017). Factors influencing the adoption of ISO/IEC 29110 in Thai government projects. **International Journal of Information Technologies and Systems Approach**, 10(1), 22–44.
- Software Engineering Institute (SEI). (2010). **CMMI® for development**. Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon University.
- The Standish Group. (2020). **CHAOS Report 2020**. Standish Group International.
- Zadeh, M. T., & Kashef, R. (2022). The impact of IT projects complexity on cost overruns and schedule delays. **Journal of Software Engineering**, 16(1), 1–15.
- Tremblay, N., Menaceur, J., Poliquin, D., & Laporte, C. Y. (2019). Implementing systems engineering and project management processes in a Canadian company – overview and results achieved. **Journal of Software Engineering and Applications**, 13(2), 89–98.