

Academic Article

TPACK IN THAI EDUCATION FROM 2020 - 2024

TPACK ในการศึกษาไทยช่วงปี 2020 - 2024

Received: November 19, 2024

Revised: December 25, 2024

Accepted: January 2, 2025

Thanakorn Muangkluay^{1*} Patchara Nualpan² Pongprapan Pongsophon³ and Jeerawan Ketsing⁴

ธนากร ม่วงกล้วย^{1*} พัชระ นวลปาน² พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ³ และจิระวรรณ เกษสิงห์⁴

¹⁻⁴Faculty of Education, Kasetsart University

¹⁻⁴คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*Corresponding Author, E-mail: thanakorn.mua@ku.th

Abstract

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) is a conceptual framework that integrates technology with subject-specific teaching knowledge to design effective learning management for teachers. This article aim to present the application of the TPACK framework in Thai education during the period from 2020 to 2024. The study gathers related articles on TPACK from the Thai Journals Online (ThaiJO) database by using the keyword “TPACK” and selecting only articles from TCI Tier 1 and Tier 2 journals, resulting in a total of 49 relevant articles. A systematic literature review reveals that from 2020 to 2024 in Thailand, the TPACK framework was used to design learning management in response to the changing circumstances during the COVID-19 pandemic. It has been applied across, including educational administration, teacher development, evaluation of teachers’ learning management designs, and the integration of the TPACK framework with Professional Learning Communities (PLCs). This integration fosters collaborative educational development, supporting the sustainable improvement of educational quality. TPACK is a significant framework that can be applied in diverse ways to promote educational development, ultimately leading to the design of learning management that effectively enhances students’ learning skills.

Keywords: TPACK, TPACK in Thai, Thai Education

บทคัดย่อ

ความรู้ในเนื้อหาพหาวิธีสอนและเทคโนโลยี (Technological pedagogical content knowledge) หรือ TPACK เป็นกรอบแนวคิดที่บูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับความรู้ด้านการสอนในเนื้อหาวิชาต่างๆ เพื่อนำไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพของครู โดยบทความนี้ต้องการนำเสนอการนำกรอบแนวคิด TPACK ไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาของไทยในช่วงปี 2020 – 2024 ซึ่งมาจากการรวบรวมบทความที่เกี่ยวข้องกับกรอบแนวคิด TPACK จากกระบบฐานข้อมูลวารสารอิเล็กทรอนิกส์กลางของประเทศไทย (Thai Journals Online : ThaiJO) โดยใช้คำค้น “TPACK” และคัดเลือกเฉพาะบทความในวารสาร TCI Tier 1 และ Tier 2 พบบทความที่เกี่ยวข้องกับกรอบแนวคิด TPACK จำนวน 49 บทความ จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ (Systematic review) พบว่าในช่วงปี ค.ศ. 2020 – 2024 ในประเทศไทยมีการนำกรอบแนวคิด TPACK ไปออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 การออกแบบการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มสาระต่างๆ งานบริหารการศึกษา กรอบแนวคิด TPACK กับการพัฒนาครู การประเมินการออกแบบการจัดการเรียนรู้อย่างครู รวมถึง การนำกรอบแนวคิด TPACK มาบูรณาการร่วมกับชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ ทำให้เกิดการร่วมมือกันพัฒนาการศึกษา ช่วยยกระดับคุณภาพการศึกษาได้อย่างยั่งยืน กรอบแนวคิด TPACK ถือเป็นกรอบแนวคิดที่มีความสำคัญ และสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย เพื่อให้เกิดการพัฒนาวงการการศึกษา นำไปสู่การออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างเต็มประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ทีแพค ทีแพคในประเทศไทย การศึกษาไทย

บทนำ (Introduction)

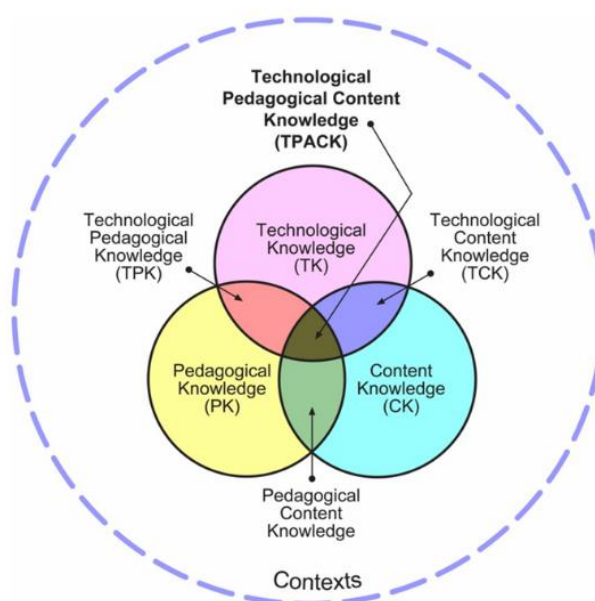
ช่วงระหว่างปี ค.ศ. 2020-2024 นับเป็นช่วงเวลาสำคัญที่ทั่วโลกต้องปรับตัวอย่างเร่งด่วนจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้รูปแบบการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมต้องเปลี่ยนไปสู่การเรียนการสอนออนไลน์อย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงนี้ถือเป็น “วิกฤต” สำหรับครูหลายคนที่ไม่คุ้นชินกับการใช้เทคโนโลยีในชั้นเรียน แต่ขณะเดียวกันก็เป็น “โอกาส” ในการเสริมสร้างศักยภาพและพัฒนาทักษะด้านดิจิทัลที่สำคัญของการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ส่งผลให้การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมต้องปรับเปลี่ยนไปสู่รูปแบบออนไลน์ โดยเฉพาะครูวิทยาศาสตร์ ที่สามารถนำเทคโนโลยีเข้ามาผสมผสานกับการสอนในเชิงปฏิบัติการและการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้เชิงทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Equitable Education Fund, 2021) การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ร่วมกับกระบวนการเรียนการสอนจึงกลายเป็นหัวใจสำคัญที่ครูและนักการศึกษาจำเป็นต้องให้ความสำคัญ โดยในประเทศไทยการใช้เทคโนโลยีในการศึกษาเริ่มเป็นที่สนใจมากขึ้น ถึงจุดเปลี่ยนสำคัญในการผลักดันให้การศึกษาไทยต้องปรับตัวเข้าสู่รูปแบบการเรียนการสอนออนไลน์อย่างเร่งด่วน ด้วยการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในยุคปัจจุบัน ทั้งครูและนักเรียนต้องพร้อมรับกับการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอน โดยครูจำเป็นต้องมีนวัตกรรมทางการศึกษา มีทักษะการสอนที่ทันสมัย มีเทคนิคการสอนสมัยใหม่ การเรียนรู้และทำความเข้าใจในศาสตร์วิชาใหม่ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้น ความเข้าใจทั้งแนวคิดและธรรมชาติของวิชา ตลอดจนทัศนคติของตนเองต่อการเรียนการสอนในยุคดิจิทัลที่สามารถ ตอบสนองผู้เรียนที่แตกต่างและหลากหลายเพื่อให้อาจพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะการคิดขั้นสูงและมีพฤติกรรมที่ เปลี่ยนไปตามความต้องการในศตวรรษที่ 21 (Mathuros, 2024, pp. 45-56) โดยการที่ครูจะสามารถจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปตามธรรมชาติของวิชาด้วยวิธีการสอนและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองผู้เรียนที่ต่างกันอย่างหลากหลายได้นั้น ครูเองจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องของเนื้อหาวิชาที่สอน ความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยีและนำความรู้ทั้ง 3 ด้านมาบูรณาการและออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิด TPACK

กรอบแนวคิด TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) พัฒนาขึ้นโดย Mishra และ Koehler ในปี ค.ศ. 2006 เพื่อให้ครูสามารถนำเทคโนโลยีมาผสมผสานกับการสอนเนื้อหาวิชาการและวิธีการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำแนวคิด PCK ของ Shulman (1986) มาพัฒนาต่อยอด จากเดิม Shulman แบ่งความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge หรือ CK) และความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge หรือ PK) ออกเป็นสองส่วนแยกกัน กรอบแนวคิด TPACK ได้แสดงถึงการซ้อนทับและการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Knowledge หรือ TK) เนื้อหา และการสอน รวมทั้งความรู้ที่ผสมผสานกันของ TPK (Technological Pedagogical Knowledge) TCK (Technological Content Knowledge) และ PCK (Pedagogical Content Knowledge) ดังที่กล่าวว่า TPACK หมายถึงการที่ครูมีความเชี่ยวชาญในความรู้ทางวิชาชีพเพื่อการวางแผนและการสอนที่ผสมผสานเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yeh et al., 2021) กรอบแนวคิด TPACK มีองค์ประกอบของความรู้หลายด้าน เช่น ความรู้พื้นฐานของเนื้อหาและเทคโนโลยีเฉพาะทาง เพื่อช่วยให้ครูสามารถออกแบบการสอนที่ผสมผสานเทคโนโลยีได้ (Voogt et al., 2013) ซึ่งกรอบนี้ได้ถูกนำไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรพัฒนาครูในหลากหลายวิชา (Harris & Hofer, 2011; Jimoyiannis, 2010; So & Kim, 2009)

Figure 1

The TPACK framework and its knowledge components.

กรอบแนวคิด TPACK และองค์ประกอบด้านต่างๆ



ที่มา: Koehler and Mishra (2009)

เพื่อช่วยให้ครูเข้าใจถึงการใช้เทคโนโลยีในห้องเรียนที่ไม่ใช่เพียงแค่การนำเครื่องมือเทคโนโลยีมาใช้ แต่ต้องคำนึงถึงความสอดคล้องกับวิธีการสอนและเนื้อหาวิชาด้วย การนำแนวคิด TPACK มาใช้มีความสำคัญต่อการศึกษาไทยอย่างมาก เนื่องจากการศึกษาในยุคดิจิทัลต้องการครูที่มีทักษะการสอนแบบผสมผสานระหว่างการใช้เทคโนโลยีและวิธีการสอนแบบดั้งเดิม ครูต้องสามารถออกแบบการเรียนรู้แบบผู้รู้ TPACK ทั้งในห้องเรียน (Face-to-Face Learning) และการเรียนออนไลน์ (Online Learning) เพื่อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างยืดหยุ่นและเข้าถึงได้ง่าย แนวคิด TPACK เป็นกรอบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในการเรียนการสอนออนไลน์และการสอนในห้องเรียนจริง โดยเน้นการเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีการสอน

เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการเรียนรู้ แนวคิด TPACK จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูพัฒนาทักษะในการสร้างสรรค์การสอนที่ทันสมัย ตอบโจทย์การเรียนรู้ของนักเรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยส่งเสริมให้ครูพัฒนาทักษะในการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนั้น TPACK ยังมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนนโยบายด้านการศึกษาในประเทศไทย เช่น การออกแบบ การเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงการแพร่ระบาดของโควิด 19, การออกแบบการเรียนการสอนในรูปแบบของ On-Demand, การออกแบบคอร์สการเรียนออนไลน์ต่างๆ เป็นต้น ครูสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนตามนโยบายของ กระทรวงศึกษาธิการที่เน้นการนำ ICT มาพัฒนาระบบการศึกษาและการเรียนรู้ของนักเรียนในทุกภูมิภาค (Office of the Secretary of the Educational Technology Development Fund, 2020) แนวคิด TPACK ช่วยให้ครูสามารถผสมผสานเทคโนโลยีกับเนื้อหา และวิธีการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้ที่เท่าเทียมและมีคุณภาพมากขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับ เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ด้านการศึกษาที่มุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ ครอบคลุมทุกกลุ่มคน บทความนี้จึงมี วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์แนวโน้มของการนำ TPACK มาใช้ในวงการศึกษาของประเทศไทยในช่วงปี 2020-2024 เนื่องจากเป็น ช่วงที่การศึกษาไทยต้องมีการปรับตัวจากการจัดการเรียนรู้แบบเดิม พัฒนาเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในยุคดิจิทัลรวมถึงการสำรวจว่า เทคโนโลยีใดบ้างที่ถูกนำมาใช้ร่วมกับการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและประสิทธิภาพของการเรียนรู้ ที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้อง กับกรอบแนวคิด TPACK นี้ บทความนี้จึงมุ่งเน้นการสำรวจและวิเคราะห์ทิศทางของ TPACK ในบริบทของการศึกษาไทย เพื่อสะท้อนให้เห็นถึง ความเปลี่ยนแปลงและความท้าทายที่วงการการศึกษาไทยต้องเผชิญในยุคดิจิทัล โดยจากบทความทั้งหมด 49 บทความ ผู้เขียนได้พบขอบเขตของการนำกรอบแนวคิด TPACK ไปปรับใช้ในประเด็นทางการศึกษาหลากหลายประเด็น โดยมีได้พบเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นสิ่งที่กรอบแนวคิด TPACK นั้นเกี่ยวข้องโดยตรง เพียงด้านเดียว แต่ยังพบในด้านการบริหารหลักสูตรวิชาการ การประเมินการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครู การพัฒนาครู โดยใช้ TPACK ร่วมกับ PLC

การประยุกต์ใช้ TPACK กับกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้

กรอบแนวคิด TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ครูสามารถนำ เทคโนโลยีมาผสมผสานกับการสอนเนื้อหาวิชาการและวิธีการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยการนำเอากรอบแนวคิด TPACK มาใช้ ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ที่ผ่านมาในประเทศไทยมีการนำเอากรอบแนวคิด TPACK มาประยุกต์ใช้กับการออกแบบ การจัดการเรียนรู้อย่างมากมาย ทั้งการจัดการเรียนรู้ทั้งในห้องเรียน (Face-to-Face Learning) และการเรียนออนไลน์ (Online Learning) เพื่อให้เพื่อให้เกิดการจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ หรือบรรลุตามวัตถุประสงค์การพัฒนาผู้เรียนตามที่ตั้ง ไว้ กรอบแนวคิด TPACK เป็นตัวช่วยอย่างมากในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นกรอบแนวคิดที่สามารถทำให้ครูสามารถ เลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม โดยจะต้องสอดคล้องกันทั้ง 3 ส่วน คือ ความรู้เนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และเทคโนโลยีที่ เลือกใช้ ในการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 โดยใช้กรอบแนวคิด TPACK นั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ในหลากหลายด้านผสมผสานกันทั้งความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge) ความรู้ด้าน วิธีการสอน (Pedagogical Knowledge) และความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge) โดยเน้นไปที่การจัดการเรียนรู้ ในลักษณะของการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความท้าทายการคิดของผู้เรียน กระตุ้นให้ ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ให้อิสระในการวางแผนการทำงานร่วมกัน และลงมือ ปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้จนได้ข้อค้นพบ หรือองค์ความรู้ใหม่ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับผู้เรียน ในการเรียนออนไลน์ ครูต้องคำนึงถึงความพร้อมด้านอุปกรณ์ การเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ไม่เสียค่าธรรมเนียม ไม่ก่อปัญหาในด้านของภาระค่าใช้จ่ายให้แก่ผู้เรียน (Jantorn et al., 2024, pp. 434-450)

นอกจากนี้ ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 การจัดการเรียนรู้ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจากเดิมการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนปกติ (On site) ต้องมีการเพิ่มรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online) เพิ่มเติมเข้ามา การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบผสมผสาน ในการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 นั้นต้องปรับการจัดการเรียนรู้ โดยนำสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความต่อเนื่องในการจัดการเรียนรู้ (Kaewkongpan & Choothong, 2022, pp. 34-49)

อย่างไรก็ตาม การนำกรอบแนวคิด TPACK มาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้นั้นมีเพียงแต่ใช้ความรู้ ทั้ง 3 ด้าน อันประกอบด้วย ด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และด้านเทคโนโลยีเพียงเท่านั้น แต่ครูยังต้องพิจารณาถึงด้านอื่นๆ อีกมากมาย อันแตกต่างกันไปตามแต่ละบริบท เช่น ความพร้อมของนักเรียนทางด้านร่างกาย การได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว ความแตกต่างทางด้านวัฒนธรรม ความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ หรือแม้กระทั่งสถานะทางเศรษฐกิจของครอบครัว เพื่อไม่ก่อปัญหาทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจ ภาระค่าใช้จ่ายของนักเรียนและครอบครัว นอกจากจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้แล้ว ยังก่อให้เกิดความเท่าเทียมทางการศึกษา และเป็นแนวทางป้องกันปัญหาทางด้านจิตใจจากความไม่พร้อมในการเรียนรู้ของนักเรียนได้อีกด้วย

TPACK ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์

การพัฒนาการเรียนการสอนในยุคดิจิทัลจำเป็นต้องบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับการสอนที่สอดคล้องกับเนื้อหาของแต่ละรายวิชา ซึ่งกรอบแนวคิด TPACK ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ครูสามารถปรับตัวและเลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม กรอบแนวคิด TPACK ประกอบด้วย การผสมผสานความรู้ด้านเนื้อหา การสอน และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม จากการค้นคว้าพบงานวิจัยที่มีการนำกรอบแนวคิด TPACK มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำนวน 8 บทความ โดยพบงานวิจัยที่มีการนำเอากรอบแนวคิดมาใช้ในการออกแบบและจัดการเรียนรู้ทั้งในวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา วิชาเคมี และวิชาฟิสิกส์ โดยแต่ละรายวิชานั้นมีการแนวทางในการพัฒนาแนวการสอนที่ผสมผสานการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีที่ช่วยส่งเสริมการทดลอง การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เกิดการคิดเชิงวิพากษ์ และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา อันเป็นไปตามเป้าหมายหลักของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) คือ ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยอิงจากความรู้เดิมผ่านกระบวนการมีส่วนร่วม ที่กระตุ้นให้เกิดการวิเคราะห์และแก้ปัญหา ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ผ่านการตั้งคำถาม การทดลอง และการค้นพบคำตอบด้วยตนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ เกิดเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มีความหมาย ตัวอย่างเช่น

ในวิชาชีววิทยา การศึกษาองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตซึ่งบางตัวอย่างที่นำมาศึกษานั้นมีขนาดเล็ก หรือมีรายละเอียดซับซ้อนที่ยากต่อการศึกษา การนำเทคโนโลยี AR มาใช้เพื่อสร้างแบบจำลองเสมือนของสิ่งมีชีวิตและระบบภายในร่างกาย ทำให้นักเรียนสามารถเห็นภาพโครงสร้างของเซลล์ พันธุกรรม และระบบชีวภาพต่างๆ ได้อย่างชัดเจน ประสบการณ์เสมือนเหล่านี้ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมและความเข้าใจของนักเรียน อีกทั้งยังช่วยให้สามารถเรียนรู้สิ่งที่ยากต่อการมองเห็นหรือเข้าถึงได้ในห้องเรียนทั่วไป เช่น กลไกของ DNA การแบ่งเซลล์ และการพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

ในวิชาเคมี การศึกษาสารต่างๆ ในระดับอะตอม โมเลกุลเป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ครูผู้สอนสามารถใช้วัตถุหรือแบบจำลอง 3 มิติเพื่อแสดงโครงสร้างโมเลกุลและปฏิกิริยาเคมีเป็นการนำ TPACK มาใช้ในการสอนที่ทำให้ผู้เรียนมองเห็นการเปลี่ยนแปลงและการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระดับโมเลกุล หรือสามารถใช้โปรแกรมจำลองการทดลอง (Simulation Software) เพื่อให้นักเรียนสามารถทดลองปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ และสังเกตผลลัพธ์ของปฏิกิริยาได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมีที่มีความเสี่ยง ทำให้มีความปลอดภัยและลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรในห้องปฏิบัติการ

ในวิชาฟิสิกส์ การศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่ซับซ้อนนั้นเรื่องที่ทำได้อาจและอาจไม่เป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ครูใช้โปรแกรมจำลองการทดลองที่นำเสนอปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่ซับซ้อน เช่น การเคลื่อนที่ แรง หรือการชนผ่าน Simulation Software หรือ AR ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถปรับค่าตัวแปรและสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้แบบเรียลไทม์ เช่น การใช้ AR เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุในอวกาศ การวัดความเร่ง และการคำนวณพลังงาน ทำให้นักเรียนสามารถเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดทางฟิสิกส์ที่ยากจะสังเกตเห็นในชีวิตประจำวันได้อย่างชัดเจน

การใช้ TPACK เพื่อออกแบบการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและช่วยให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินการทักษะที่สำคัญ ได้แก่ การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างแบบจำลองและสื่อเสมือนทำให้ผู้เรียนสามารถคิดเชิงวิเคราะห์ สังเกต ตั้งคำถาม และตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ที่จำลองขึ้นได้ ทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลายเป็นกระบวนการที่มีความหมายมากขึ้น การสร้างประสบการณ์การเรียนรู้เชิงลึก โดยเทคโนโลยีอย่าง AR หรือโปรแกรมจำลองการทดลองช่วยให้นักเรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหา สร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่เหมือนจริงและลงมือปฏิบัติได้ การเห็นผลลัพธ์ของการทดลองหรือการทำงานของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทันทีช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงบันดาลใจในการเรียน

แม้การนำ TPACK มาปรับใช้จะมีประโยชน์ แต่ก็มีความท้าทายที่ต้องพิจารณา ทั้งในด้านการเตรียมความพร้อมของครูที่ต้องมีทักษะที่หลากหลายทั้งในด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิธีการสอน ซึ่งต้องการการฝึกอบรมและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หรือข้อจำกัดด้านทรัพยากร โดยการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง เช่น AR หรือโปรแกรมจำลองการทดลอง ต้องใช้ทรัพยากรที่อาจไม่สามารถเข้าถึงได้ทุกโรงเรียน โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล ในด้านการปรับตัวของนักเรียนบางกลุ่มที่อาจต้องการเวลาในการปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ซึ่งครูจำเป็นต้องให้คำแนะนำและสนับสนุนเพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีอย่างเต็มที่ การนำ TPACK ไปใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียนในยุคดิจิทัล โดยช่วยให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้ นอกจากนี้ ยังช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการทดลองจริงในผู้เรียน โดยการผสมผสานเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น AR วิดีทัศน์ และโปรแกรมจำลองการทดลองจะให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีคุณค่าและทันสมัย แม้ว่าจะมีความท้าทาย แต่ด้วยการสนับสนุนจากองค์กรการศึกษาและการพัฒนาทักษะของครู TPACK จะเป็นส่วนสำคัญในการเสริมสร้างการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัล

นอกจากรายวิชาวิทยาศาสตร์ยังพบบทความวิจัยที่น่าสนใจ TPACK มาประยุกต์กับรายวิชาอื่นๆ โดยพบบทความจำนวน 7 บทความที่นำ TPACK มาใช้เพื่อสนับสนุนการคิดคำนวณและการแก้ปัญหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ เช่น การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณ การใช้ซอฟต์แวร์ช่วยฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถเห็นภาพการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาเชิงคำนวณได้ดีขึ้น ในการจัดการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ

พบการประยุกต์ใช้ TPACK ใน 5 บทความ โดยเฉพาะในวิชาภาษาอังกฤษ มีการใช้เทคโนโลยีช่วยส่งเสริมทักษะการฟัง พูด อ่าน และเขียน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการใช้งานภาษาในสถานการณ์จริงผ่านการใช้แอปพลิเคชันและสื่อดิจิทัล

ส่วนรายวิชาในการจัดการเรียนรู้ศิลปะ ดนตรี และนาฏศิลป์ มีการศึกษาการใช้ TPACK จำนวน 3 บทความ ในวิชาดนตรีและศิลปะ โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการสร้างผลงานศิลปะและการเรียนรู้ทักษะทางดนตรี เช่น การใช้ซอฟต์แวร์สร้างภาพหรือเสียงเพื่อฝึกทักษะเฉพาะด้านและการสร้างชิ้นงานที่สะท้อนความคิดสร้างสรรค์

ในการจัดการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม พบว่ามีกรนำ TPACK มาปรับใช้เพียง 1 บทความ โดยใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารความรู้ทางประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม และศาสนา เพื่อสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและมีมุมมองที่กว้างขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น เกิดบรรยากาศแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นเรียน นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

ในภาพรวมจากการศึกษา การนำกรอบแนวคิด TPACK ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และรายวิชาอื่นๆ จำเป็นต้องเริ่มต้นด้วยการกำหนดมโนทัศน์หลักของการเรียนรู้ ค้นหาวิธีการสอนที่เหมาะสมกับมโนทัศน์นั้น แล้วจึงหาเทคโนโลยีที่ช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ให้ตรงประเด็น วิธีการนี้จะช่วยให้การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพในบริบทเฉพาะของแต่ละหน่วยการเรียนรู้

TPACK กับกลไกในด้านการบริหารหลักสูตรวิชาการ

TPACK เป็นกรอบแนวคิดที่ผสมผสานการใช้ความรู้ในเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี เพื่อยกระดับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพ และพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ โดย TPACK นั้นไม่ได้มีความสำคัญเฉพาะในด้านการจัดการเรียนรู้เท่านั้น แต่ในมุมมองการบริหารหลักสูตรวิชาการ หากผู้บริหารการศึกษา มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิด TPACK จะช่วยสนับสนุนผู้บริหารในการพัฒนาแนวทางการจัดการศึกษา การสนับสนุนทรัพยากร และการส่งเสริมการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครูและการเรียนรู้ของนักเรียน ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่วงการการศึกษา

การที่ผู้บริหารจะส่งเสริมให้ครูผู้สอนสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ตามกรอบแนวคิด TPACK นั้น ผู้บริหารจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจใน TPACK เป็นอย่างดีเพื่อที่จะสามารถส่งเสริม สนับสนุนการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนได้ ผู้บริหารจะต้องมีภาวะผู้นำทางการศึกษา โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบที่สุดคือ การสนับสนุนเชิงเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน รองลงมาคือ การใช้เทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน จริยธรรมในการใช้เทคโนโลยี การใช้เทคโนโลยีพัฒนาความเป็นเลิศทางวิชาชีพ การใช้เทคโนโลยีในการบริหารงาน การมีวิสัยทัศน์ทางเทคโนโลยี และการใช้เทคโนโลยีในการวัดและประเมินผล ตามลำดับ อีกทั้งปัจจัยเหล่านี้ยังสามารถร่วมกันอภิปรายความแปรปรวนของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หลักการ TPACK ทั้ง 3 องค์ประกอบคือ ความรู้เชิงเทคโนโลยี ความรู้เชิงวิธีการสอน และความรู้เชิงเนื้อหาได้อีกด้วย (Madema & Wongsupaluk, 2022, pp. 265-281)

นอกจากนี้ TPACK Model ยังมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการบริหารสถานศึกษาในพื้นที่นาร่องนวัตกรรมการศึกษาสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปัตตานี โดยนำกรอบแนวคิด TPACK มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนในเขตพื้นที่นาร่องนวัตกรรมการศึกษาดังกล่าว โดยผลการศึกษาพบว่า สภาพการใช้ TPACK ในการจัดการเรียนรู้โรงเรียนนาร่องพื้นที่นาร่องนวัตกรรมการศึกษาดังกล่าว มีองค์ประกอบหลากหลายตามกรอบแนวคิด TPACK ดังนี้

ในด้านการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ จัดเตรียมความพร้อมและบริการเครื่องมืออุปกรณ์ การสร้างความตระหนักรู้ด้านเทคโนโลยี การสร้างครูแกนนำด้านเทคโนโลยี ด้านวิธีการสอน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง การสร้างสื่อและแหล่งเรียนรู้ และด้านของเนื้อหา ได้แก่ การรวมตัวชี้วัดหรือมาตรฐานการเรียนรู้โดยรวมตัวชี้วัดที่มีความสอดคล้องกัน ทำให้ตัวชี้วัดลดลงแต่เนื้อหาวิชายังคงเดิมทำให้ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วยเวลาที่น้อยลง และนักเรียนได้เรียนรู้ในรูปแบบของการเชื่อมโยงเนื้อหาที่มีความใกล้เคียงกัน การสร้างเครือข่ายที่มีส่วนร่วมในการออกแบบหลักสูตร การพัฒนาครูที่มีความเชี่ยวชาญในเนื้อหา ทั้งนี้การบูรณาการเทคโนโลยี เนื้อหา และวิธีสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นต้องมีการนิเทศการจัดการเรียนรู้สู่ชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาการร่วมกับการสร้างแรงจูงใจในการจัดการเรียนรู้ (Buntham & Chusuwan, 2024, pp. 213-223)

การประเมินการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครู ตามกรอบแนวคิด TPACK

การประเมินการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครู ตามกรอบแนวคิด TPACK เป็นกระบวนการที่สำคัญในการวิเคราะห์ความเหมาะสม และประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ครูสามารถพัฒนาการออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

โดยมุ่งเน้นให้การจัดการเรียนรู้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียน การประเมินตามกรอบ TPACK นั้นจะพิจารณาตามองค์ประกอบทั้งสาม ได้แก่ ความรู้ในเนื้อหา ความรู้ด้านวิธีการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยี รวมถึงการบูรณาการทั้งสามองค์ประกอบ

ปัจจุบันในกระบวนการผลิตครูนั้นยังพบปัญหาในการประเมินความสามารถด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี สำหรับนักศึกษาครูนั้นยังเป็นไปด้วยความยากลำบากสำหรับการประเมินทั้งด้านเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีร่วมกัน อีกทั้งยังขาดรูปแบบการประเมินที่ชัดเจน แบบประเมินที่สร้างขึ้น ไม่แน่ว่าสามารถวัดได้จริงหรือไม่ วิธีการประเมินยังขาดความหลากหลาย และการประเมินรายบุคคลเป็นสิ่งที่สามารถทำได้ที่ยั่งยืน ทั้งนี้การประเมินความสามารถด้านเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี สำหรับนักศึกษาครูนั้นควรเริ่มต้นจากการส่งเสริมให้อาจารย์และนักศึกษาครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิด TPACK ก่อนจะพัฒนาเครื่องมือในการประเมินให้มีความหลากหลาย รวมถึงการสร้างเกณฑ์การประเมินที่มีความชัดเจน และอาศัยการประเมินตามสภาพจริง (Thiradechochai & Phusee-on, 2023, pp. 85-99)

การประเมินความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนั้นสามารถทำได้ด้วยเครื่องมือที่หลากหลาย การประเมินตนเองเป็นหนึ่งในวิธีการ ที่ทำให้ครูสามารถเกิดการทบทวนตนเอง สะท้อนคิด และทำให้เกิดความต้องการพัฒนาดตนเองอย่างต่อเนื่อง การประเมินตนเองความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนั้น ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ คือ ความรู้ด้านเนื้อหา, ความรู้ด้านวิธีสอน, ความรู้ด้านเทคโนโลยี, ความรู้ด้านเทคโนโลยีผสมผสานความรู้เนื้อหา, ความรู้ด้านเทคโนโลยีผสมผสานวิธีสอน, ความรู้เนื้อหาผสมผสานวิธีสอน และ ความรู้เนื้อหาผสมผสานวิธีการสอน และเทคโนโลยี (Kaewsri et al., 2023)

การประเมินความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี นั้นสามารถประเมินได้อย่างหลากหลายด้วยเครื่องมือที่ต่างกันอย่างออกไป การกำหนดตัวชี้วัดในการประเมินเป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถใช้ในการประเมินความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีได้ เช่น Bosuwan et al., (2024, p. 103-115) ได้ทำการศึกษาและกำหนดตัวชี้วัดและกลุ่มโปรไฟล์ความพร้อมในการใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนของครุวิทยาศาสตร์ โดยตัวชี้วัดความพร้อมในการใช้ห้องปฏิบัติการเสมือนของครุวิทยาศาสตร์นั้น ประกอบด้วย 3 ตัวชี้วัด คือ 1) สมรรถนะทางเทคโนโลยีตามโมเดล TPACK 2) ทักษะคิดต่อการใช้เทคโนโลยี และ 3) ทรัพยากรห้องปฏิบัติการ โดยสร้างเครื่องมือที่มีลักษณะเป็นมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับแบบลิเคิร์ต

นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาเครื่องมือวัดสมรรถนะครูผู้สอนสะเต็มตามกรอบ TPACK – STEM โดยเป็นเครื่องมือที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดสมรรถนะครูสะเต็มซึ่งสามารถใช้วัดความรู้ ความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้ ของครูในการจัดการเรียนรู้สะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องมือมีลักษณะเป็นแบบสอบถามที่มีโครงสร้างเป็นแบบพหุมิติภายในข้อคำถาม (multidimensional item) (Phanprom et al., 2021, pp. 49-64)

อย่างไรก็ตาม การประเมินความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีนั้นยังไม่มีเครื่องมือที่มีมาตรฐาน และได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย จึงมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดอย่างมากมายหลากหลายเช่น Homjan and Imboonta (2021, pp.84-97) ได้พัฒนาโมเดลการวัดองค์ประกอบของ TPACK โดยสร้างโมเดลการวัดการรับรู้ความสามารถของนักศึกษาครูด้านการบูรณาการความรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK ในนักศึกษาครู มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่ง อันประกอบไปด้วยตัวแปรแฝง 7 ตัวแปร และตัวแปรที่สังเกตได้ 35 ตัวแปร และยังพบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

โดยสรุปเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครู ตามกรอบแนวคิด TPACK นั้นควรมีเนื้อหาการประเมินที่ครอบคลุมในทุกด้านตามกรอบแนวคิด TPACK มิใช่เพียงแค่ 3 ด้านอันได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านวิธีสอน และด้านเทคโนโลยี ควรลงรายละเอียดการประเมินไปตามด้านต่างๆ ที่มีการทักซ้อนกันของ 3 ด้านหลักด้วย อีกทั้งการประเมินนั้นควรได้ข้อมูลจากแหล่งที่หลากหลาย ทั้งตัวผู้สอน ผู้เรียน และผู้สังเกตจากภายนอก เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลมายืนยันและให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

TPACK กับการพัฒนาครู ผ่านชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ

ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community: PLC) เป็นแนวทางในการพัฒนาศักยภาพและคุณภาพของครู โดยมุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาร่วมกันอย่างเป็นระบบในโรงเรียนหรือในเครือข่ายวิชาชีพ โดยเป้าหมายหลักของ PLC คือ การสร้างและส่งเสริมบรรยากาศแห่งการเรียนรู้ที่ยั่งยืนเพื่อให้ครูสามารถพัฒนาและปรับปรุงวิธีการสอนที่ตอบโจทย์ต่อความต้องการและตามศักยภาพของผู้เรียนอย่างแท้จริง ซึ่งเมื่อ PLC มาใช้ร่วมกันกับ TPACK จะทำให้เกิดการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ตอบสนองความต้องการตามยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป ที่ผ่านมามีการนำ TPACK มาใช้ร่วมกันกับ PLC ในหลากหลายแง่มุม อาทิ Thinwiangthong et al. (2022, pp. 115-129) ได้นำเสนอแนวการปฏิบัติการสอนคณิตศาสตร์วิธีใหม่ที่บูรณาการความรู้เนื้อหาสาระวิธีสอนและเทคโนโลยีในวงจรชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ แนวทางการสอนที่เน้นการแก้ปัญหา (PSA) อันประกอบไปด้วยวงจรการปฏิบัติงานสอนร่วมกัน 3 ขั้นตอน อันประกอบไปด้วย 1) การร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ TPACK (Plan – TPACK) 2) การร่วมกันสอนและสังเกตการเรียนรู้โดยใช้ TPACK (Do – TPACK) และ 3.การร่วมกันสะท้อนผลการสอนและการเรียนรู้โดยใช้ TPACK (See – TPACK) ทั้งนี้ทั้งหมดในทุกขั้นตอนทั้ง Plan, Do, See ทีม PLC จะร่วมกันพิจารณาทุกส่วนตามกรอบแนวคิด TPACK คือ 1) ส่วนของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ (Mathematics Content) 2. วิธีสอน (Pedagogy) และ 3. เทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนการสอน (Instructional Technology) โดยร่วมกันสอนตามแผนที่วางไว้ทั้งหมด 3 ขั้นตอนเป็นวงจรต่อเนื่องกันส่งผลให้สมาชิกในทีม PLC สามารถนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ และยังส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์เต็มศักยภาพ

Figure 2

A new mathematics teaching practice model that integrates content knowledge, teaching methods and technology in the professional learning community cycle

รูปแบบการปฏิบัติการสอนคณิตศาสตร์วิธีใหม่ที่บูรณาการความรู้เนื้อหาสาระวิธีสอนและเทคโนโลยีในวงจรชุมชนการเรียนรู้เชิงวิชาชีพ



ที่มา: Thinwiangthong et al. (2022)

ในขณะเดียวกัน Poonpaiboonpipat (2022, pp. 1601-1620) ได้ทำการพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยี สำหรับครูคณิตศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานด้วยกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ โดยการสร้างเครือข่ายชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ สำหรับครูคณิตศาสตร์ที่จัดการเรียนรู้แบบผสมผสานตามขั้นตอนของกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน (Lesson Study) เป็นวงจรตามรูปแบบชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพอันประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน Plan – See – Reflect อย่างเป็นรูปธรรมและมีจุดเน้นสำคัญ ที่เริ่มต้นจากการที่ผู้เข้าร่วมชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพด้วยความสมัครใจ โดยในทีมประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ โดยในทีมร่วมหันทนสะท้อนการปฏิบัติของทีม ผู้เข้าร่วมทีมต้องมีความรู้สำคัญที่สนับสนุนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน โดยผู้เข้าร่วมในทีมที่มีความต้องการที่จะพัฒนาตนเอง และมีความเข้าใจในสภาพปัญหาที่ทางทีมต้องการแก้ไขร่วมกัน หลังการเข้าร่วมกระบวนการพัฒนาบทเรียนร่วมกัน ผู้เข้าร่วมในทีมทุกคนมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ ตามกรอบแนวคิด TPACK การเปลี่ยนแปลงสำคัญที่เกิดขึ้นคือ ครูใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือหลักและให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีและครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

การประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPACK ร่วมกันกับ ชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพนั้นเป็นการรวมกันของครูผู้สอนที่เผชิญปัญหาการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน รวมถึงมีความกระตือรือร้นที่จะแก้ไขปัญหาการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของตนเอง โดยการนำเอากรอบแนวคิด TPACK มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของทีม ผ่านความร่วมมือภายในทีมทั้งการร่วมมือกันออกแบบการจัดการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิด TPACK ร่วมกันวิพากษ์ให้ข้อเสนอแนะแผนการจัดการเรียนรู้ของสมาชิกในทีม จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง ร่วมกันสังเกตชั้นเรียนอย่างเป็นมิตรตามกรอบแนวคิด TPACK และร่วมกันสะท้อนผลการจัดการเรียนการสอน การสังเกตชั้นเรียน เพื่อร่วมกันปรับปรุง พัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดโดยโดยใช้กรอบแนวคิด TPACK เป็นเครื่องมือ

การรวมกันของชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (Professional Learning Community : PLC) กับ TPACK เป็นแนวทางที่น่าสนใจในการพัฒนาการสอนและยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ในโรงเรียน โดยเน้นการแลกเปลี่ยนความรู้ ความร่วมมือ และการพัฒนาตนเองของครูในกลุ่มการเรียนรู้เพื่อพัฒนาวิชาชีพ โดยไม่ใช่เพียงแค่การพัฒนาการจัดการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นการส่งเสริมวัฒนธรรมการเรียนรู้ร่วมกันในโรงเรียน ซึ่งสามารถนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ยั่งยืนในระบบการศึกษา

TPACK เป็นกรอบแนวคิดที่ช่วยครูในการพัฒนาการสอนโดยผสมผสานความรู้ด้านเทคโนโลยี, ความรู้ด้านวิธีการสอน และความรู้ในเนื้อหาวิชา เข้าด้วยกันเพื่อให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและตอบสนองความต้องการของนักเรียนของนักเรียนในยุคศตวรรษที่ 21 การใช้ TPACK ในการพัฒนาการสอนของครูช่วยให้ครูสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวิธีสอนอย่างเหมาะสม เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ แต่ก่อนที่ครูจะสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้ตามกรอบแนวคิด TPACK นั้น จำเป็นต้องมีกระบวนการในการพัฒนาครูทั้งครูก่อนประจำการ และครูประจำการ เช่น Phuaohan et al. (2022, pp.159-169) ได้ทำการพัฒนาส่งเสริมความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีของนักศึกษาครุวิทยาการศึกษาศาสตร์ โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการเชิงวิพากษ์แบบมีส่วนร่วม โดยพัฒนานักศึกษาครูในรายวิชาการจัดการเรียนรู้ ที่ส่งเสริมให้นักศึกษาครุวิทยาการศึกษาศาสตร์ ให้เกิดความรู้เนื้อหาผนวกวิธีสอน และเทคโนโลยี พร้อมติดตามผลการเปลี่ยนแปลงเมื่อนักศึกษาออกปฏิบัติการสอนในภาคสนามเป็นกรณีศึกษา โดยในรายวิชานี้กระบวนการให้นักศึกษาเกิดการคิดวิพากษ์ การฝึกปฏิบัติและการสะท้อนคิด พบว่า นักศึกษาส่วนมากมีความกังวลว่าตนเองมีความรู้ด้านเนื้อหาไม่เพียงพอที่จะเลือกวิธีสอนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมกันได้ จึงนำหัวข้อดังกล่าวมาเป็นหัวข้อในการฝึกปฏิบัติ ช่วยให้นักศึกษาครูมีความสามารถในการผนวกเนื้อหา เทคโนโลยีที่ส่งเสริมเนื้อหาและวิธีสอนได้ดียิ่งขึ้น ในทิศทางเดียวกัน Kittivarakul et al. (2023, pp. 94-109) ได้ทำการพัฒนานิสิตครูซึ่งมีความรู้ด้านวิธีสอน และความรู้ด้านเนื้อหาแต่ยังขาดความรู้ด้านเทคโนโลยี โดยผ่านกระบวนการพัฒนาทั้งหมด 5 ขั้นตอน และประเมินจากแผนการจัดการเรียนรู้และชิ้นงานที่นิสิตครูกลุ่มเป้าหมายออกแบบขึ้นตามเกณฑ์ประเมิน TPACK ของนิสิตครูคณิตศาสตร์ พบว่าคะแนนคะแนนด้านการบูรณาการความรู้ด้านเทคโนโลยีกับเนื้อหาผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด

ไม่เพียงแต่การพัฒนาครูก่อนประจำการที่กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น การพัฒนาครูประจำการให้มีความรู้ ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK โดยก่อนจะพัฒนาครูให้มีความรู้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดนั้น การสำรวจมุมมองของครูก็นับเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้ทราบว่าก่อนการพัฒนานั้นครูมีมุมมองอย่างไรเกี่ยวกับการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK โดยพบว่าครูมีการรับรู้ความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK รายด้านทั้ง 3 ด้าน คือ เนื้อหาสาระวิธีสอน ด้านเนื้อหาสาระเทคโนโลยี และด้านความรู้เนื้อหาสาระวิธีสอนและเทคโนโลยี อยู่ในระดับมาก และเมื่อแบ่งกลุ่มตามประสบการณ์สอนพบว่าครูที่มีประสบการณ์สอนไม่เกิน 1 ปี มีการรับรู้ความสามารถโดยรวมของตนเองมากที่สุด ส่วนในกลุ่มอื่นๆ อยู่ในระดับมาก (Niyomsap et al., 2023, pp. 203-217)

Torkrasae et al. (2023, pp. 217-232) ได้ทำการพัฒนาเว็บไซต์การฝึกอบรมการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาการคำนวณตามกรอบแนวคิด TPACK สำหรับครู โดยพัฒนาเว็บไซต์การฝึกอบรมขึ้นเพื่อพัฒนาครูประจำการในสังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ชัยนาท ให้มีความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK สำหรับการสอนในรายวิชาวิทยาการคำนวณ ซึ่งเป็นครูผู้สอนในรายวิชาที่ไม่ตรงตามวิชาเอกที่สำเร็จการศึกษา หลังการพัฒนาด้วยเว็บไซต์ฝึกอบรมพบว่าครูได้รับความรู้ด้านเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น เกิดความรู้ ความเข้าใจในการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ อีกทั้งครูยังสามารถดัดแปลงการจัดการเรียนรู้ ที่สามารถจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจได้มีนักเรียนเกิดความสงสัย

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ดำเนินโครงการพัฒนานักเรียนอย่างมีคุณภาพด้วยการจัดประสบการณ์เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และสะเต็มศึกษา ตามแผนปฏิบัติงานปีงบประมาณ 2563 เพื่อพัฒนาครูผู้สอนตั้งแต่ระดับปฐมวัยจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีตามแนวทาง สะเต็มศึกษา โดยบูรณาการร่วมกับ 4 หน่วยงาน จากสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น (สถ.) และสำนักงานศึกษากรุงเทพมหานคร (กทม.) ทั่วประเทศและข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK) อาจเนื่องจากความรู้ด้านเทคโนโลยีกำลังอยู่ในสถานะของการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็ว ความรู้ทั้งหลายจึงอาจล้าสมัยได้ในเวลาอันรวดเร็ว ครูวิทยาศาสตร์จึงควรติดตามและเรียนรู้เทคโนโลยีอย่างสม่ำเสมอ (Kaewsri et al., 2023, pp. 11-18)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Recommendations)

จากการศึกษาและวิเคราะห์แนวโน้มการนำกรอบแนวคิด TPACK มาปรับใช้ในระบบการศึกษาไทยระหว่างปี 2020 ถึง 2024 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 ที่ส่งผลให้การศึกษาไทยต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบอย่างรวดเร็วสู่การเรียนการสอนแบบออนไลน์ แสดงให้เห็นว่ากรอบแนวคิด TPACK มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้ครูและบุคลากรทางการศึกษาเข้าใจถึงการผสมผสานเทคโนโลยีกับเนื้อหาและวิธีการสอนที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียนที่แตกต่างกันหลากหลายในยุคดิจิทัล ทั้งนี้กรอบแนวคิด TPACK ไม่เพียงแต่เสริมสร้างการเรียนการสอนในห้องเรียนเท่านั้น แต่ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการศึกษาระดับโรงเรียนและมหาวิทยาลัยได้เป็นอย่างดี

จากที่กล่าวข้างต้นทางคณะผู้เขียนตระหนักได้ว่ากรอบแนวคิด TPACK มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาสมรรถนะของครูด้านการผสมผสานเทคโนโลยีกับการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นจึงเสนอให้กระทรวงศึกษาธิการกำหนดนโยบายเชิงบูรณาการเพื่อส่งเสริม และพัฒนาสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ของครูตามกรอบแนวคิด TPACK ดังนี้ 1) กำหนดให้กรอบแนวคิด TPACK เป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐานวิชาชีพครูในหลักสูตรการผลิตครู เพื่อส่งเสริมและพัฒนาให้ครูมีสมรรถนะการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK ตั้งแต่ออกเป็นครูประจำการ 2) จัดสรรงบประมาณสนับสนุนการพัฒนาทรัพยากรดิจิทัลและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีในสถานศึกษา เพื่อให้ครูสามารถใช้ทรัพยากรเทคโนโลยีเพื่อการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ 3) ส่งเสริมการสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) ที่เน้นการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPACK

4) สนับสนุนให้องค์การทางวิชาชีพ ทั้งคุรุสภาและสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) พัฒนาสื่อการสอน และคู่มือการนำกรอบแนวคิด TPACK ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาต่างๆ 5) ส่งเสริมการวิจัยเพื่อติดตามและประเมินผล การใช้กรอบแนวคิด TPACK ในการพัฒนาการเรียนการสอน และ 6) พัฒนาแพลตฟอร์มดิจิทัลที่เป็นแหล่งรวบรวมทรัพยากร การเรียนรู้และแนวปฏิบัติที่ดีในการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPACK เพื่อให้ครูสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวก ทั้งนี้ข้อเสนอแนะ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้นอาจจะเป็นแนวทางที่จะช่วยในการยกระดับคุณภาพการศึกษาไทย และพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

References

- Bosuwan, K., Traiwichitkhun, D., & Srisuttiyakron, S. (2024). Indicators and profile group of readiness in using virtual laboratory of science teacher. *Journal of Education Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 7(22), 103-115.
- Buntham, A., & Chusuwan, R. (2024). Guidelines for learning management based on the TPACK model concept in the Sandbox-Pilot schools under Pattani secondary education area office. *Sikkha Journal of Education*, 11(1), 213-223.
- Equitable Education Fund. (2021). *New Diseases Creating a 'New World of Learning': The Future of Thai Education in the Post-COVID-19 Era*. Retrieved October 31, 2024, from <https://www.eef.or.th/future-of-thai-education-after-covid19/>
- Harris, J. B., & Hofer, M. J. (2011). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) in action. *Journal of Research on Technology in Education*, 43(3), 211-229.
- Homjan, W., & Imboonta, B. (2021). The development ability measurement model of TPACK framework knowledge integration of pre-service of Surin Rajabhat University. *Journal of Humanities and Social Sciences Mahasarakham University*, 40(4), 84-97.
- Jantom, B., Chiangnoon, S., Tanboriboon, Y., & Songwiwat, Y. (2024). TPACK model online learning. *Rajapark Journal*, 18(56), 434-450.
- Kaewkongpan, K., & Choothong, C. (2022). The development of technological pedagogical content knowledge (TPACK) by blended learning management under the pandemic of COVID-19 virus. *Journal of Education Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 5(13), 34-49.
- Kaewsri, T., Sengsri, S., & Kongmanus, K. (2023). A study of the result of Self-Assessment in technological pedagogical and content knowledge (TPACK) of science teachers for the secondary educational service area office Kamphaeng Phet. *Journal of Professional Routine to Research*, 10(1), 11-18.
- Kittivarakul, V., Piasai, K., & Hajisalah, S. (2023). Result of teaching knowledge for TPACK of pre-service mathematics teachers with pedagogical knowledge and content knowledge. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 14(1), 94-109.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issue in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

- Khongmalai, O., & Chommai, B. (2023). Factor affecting the acceptance of block-based programming in Thai schools. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus*, 34(2), 46-59.
- Lasak, P., Chaichowarat, R., & Saeueng, A. (2024). When teacher educator use design thinking (DT) to design learning experiences for mathematics student teacher. *Journal of Teaching English*, 4(3), 1-10.
- Madema, M., & Wongsupaluk, N. (2022). Factors affective the teaching process using the integration of technological pedagogical content knowledge (TPACK) of school administration in primary educational service area office Pattani: MIMIC analysis. *Journal of Educational Studies*, 16(2), 265-281.
- Mathuros, S. (2024). Management Education Online in the NEW NORMAL COVID-19. *Rajapark Journal*, 15(40), 45-56.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Muangtam, W., & Poonputta, A. (2024). The development of integrated learning TPACK model in exponent of seventh-grade student. *Journal of Education Technology and Communications Faculty of Education Mahasakham University*, 7(21), 80-89.
- Niyomsap, N., Sirithanyarat, C., Tabsai, B., Rattanasiri, K., Kokruea, C., Buacharoen, T., ...Kokruea, N. (2023). In-service teacher perspective on instructional design based on the technological pedagogical content knowledge approach. *Journal of Educational Studies*, 17(2), 203-217.
- Office of the Secretary of the Educational Technology Development Fund. (2020). *Technology Development Fund Strategic Plan For education 2020-2022*. Retrieved October 31, 2024, from <http://edf.moe.go.th/web/wp-content/uploads/2019/11/P1.pdf>
- Pakdeewanich, L., Dibyamandala, J., & Mangkhang, C. (2024). Guidelines for communicative English speaking skill development using TPACK model in language education with project-based language learning for students in digital era. *Journal of MCU Social Science Review*, 13(1), 436-447.
- Phankhat, O., & Boonprasert, U. (2024). Developing science learning activities via technological pedagogical content knowledge in the topic of heat with changes of substances for seventh-grade students. *Educational Academic Journal Bangkokthonburi University*, 12(1), 71-86.
- Phanprom, K., Traiwichitkhun, D., & Sriklau, K. (2021). Development of STEM teacher's competencies measurement instrument using TPACK-STEM framework. *Journal of Education measurement, Mahasarakham University*, 27(1), 49-64.
- Pipatsrisawat, S. (2024). A development of blended learning management science model based on technological pedagogical content knowledge (TPACK) theory to promote English communication abilities of undergraduate students in private educational institutions. *Panyapiwat Journal*, 16(1), 267-291.
- Polsue, S., & Buaraphan, K. (2023). Teaching by integrating STEM education and technological pedagogical content knowledge: new dimension for Thailand teacher 4.0. *Journal of Education Silapakorn University*, 21(1), 21-45.

- Poonpaiboonpipat, W. (2022). Development of technological pedagogical content knowledge for mathematics teacher which implement blended learning through professional learning community. *Journal of Multidisciplinary in Humanities and Social Sciences*, 5(4), 1601-1620.
- Pun-iad, S., Wattanachai, M., & Buorod, C. (2024). Development of instructional guidelines for specialized vocational military schools to enhance teacher's instructional design abilities in the digital disruption age: a case study of the administration school, *Naval Administration Department. Integrated Social Science Journal Faculty of Social Science and Humanities, Mahidol University*, 11(1), 89-111.
- Phumphrakon, N., Sri-gran, K., & Homjan, S. (2023). The factor analysis of teachers' competency measurement model in knowledge integration based on the conceptual framework of technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) in Buriram primary Education Service Area Office 2. *Academic Journal of Curriculum and Instruction Sakon Nakhon Rajabhat University*, 15(44). 97-107.
- Phuaphan, N., Kijkuakul, S., & Chanunan, S. (2022). Development of an innovative methods course supporting pre-service science teachers' technological pedagogical and content knowledge: a critical participatory action research. *Journal of Education and Innovation*, 24(2), 156-169.
- Rueangsawat, W., & Srisa-ard, S. (2022). TPACK for science learning: TPACK for biology learning. *Journal of Educational Review Faculty of Education in MCU*, 9(1), 197-221.
- Srisunakrua, A., Khamhaengpol, A., & Pansupawat, A. (2023). Development of scientific literacy of mathayomsuksa 3 students on the topic of daily materials using inquiry model (5E) combined with TPACK. *Journal of Humanities and Social Science Nakhon Phanom University*, 13(3), 295-309.
- Setkhumbong, T. (2023). Blended learning vai social media-based collaborative learning model using Research-based learning to enhance TPACK abilities of pre-service. *Rajapark Journal*, 17(51), 303-321.
- So, H. J., & Kim, B. (2009). Learning about problem based learning: Student teachers integrating technology, pedagogy and content knowledge. *Australasian Journal of Educational Technology*, 25(1), 101-116.
- Tiengyoo, K., Sotaro, S., & Thaithae, S. (2024). Second-order confirmatory factor analysis of 21st century mathematics teaching predicament among secondary mathematics teachers in Secondary Educational Service Area Office Lopburi. *Science Essence Journal*, 40(1), 1-17.
- Thinwiangthong, S., Ya-amphan, D., & Woranetsudathip, N. (2022). New normal mathematics teaching practice integrating technological pedagogical content knowledge in Cycle of Professional Learning Community. *Journal of Education Khon Kaen University*, 45(1), 115-129.
- Thiradechochai, R., & Phusee-on, S. (2023). A study of current conditions, problem, and guidelines for developing an ability evaluation model of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for pre-service teachers. *Research and Development Institute Journal of Chaiyaphum Rajabhat University*, 5(2), 85-99.

- Tokrasae, M., Puttasem, D., & Dee-aim, K. (2023). The development of web based training for learning management of computing science based on TPACK concept for teachers under Chainat Primary Educational Service Area Office. *Social Sciences Research and Academic Journal*, 18(2), 217-232.
- Voogt, J., Fisser, P., Pareja, R. N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – A review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121.
- Waisuwan, Y., & Nakin, S. (2023). The development of English reading skills for grade 4 students with bottom-up teaching approach using the TPACK model. *Karu Sima Journal*, 6(2), 42-50.
- Yeh, Y. F., Chan, K. K. H., & Hsu, Y. S. (2021). Toward a framework that connects individual TPACK and collective TPACK: A systematic review of TPACK studies investigating teacher collaborative discourse in the learning by design process. *Computers and Education*, 171, Article 104238.
DOI: 10.1016/j.compedu.2021.104238