

Journal of Digital Education and Learning Engineering

ดำเนินการวารสารโดย สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้

แนวโน้มโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ

Trends in Professional Development Programs for Teachers in Computational Thinking: A Systematic Literature Review

เทพธิดา เขียวคำ¹, วรินทร์ พูนไพลย์พัฒน์^{2*}, และ พัชรินทร์ ปัญจบุรี^{3,4}

Theptithut Kheawkham¹, Wanintorn Poonpaiboonpipat^{2*} & Patcharin Panjaburee^{3,4}

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม¹, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร^{2*}, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น³, และ สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้⁴

Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Thailand¹, Faculty of Education, Naresuan University, Thailand², Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand³, Digital Education and Learning Engineering Association, Thailand⁴

Received: July 30, 2025 Revised: August 23, 2025 Accepted: September 9, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 127 ชิ้น คัดเลือกงานวิจัยโดยใช้เกณฑ์กรอบแนวคิดของ Petticrew and Roberts (2008) ร่วมกับ Espinal et al. (2024) อย่างเป็นระบบจนได้ จำนวนผลงานวิจัยทั้งสิ้น 42 ชิ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มผลลัพธ์การเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านวิทยาการคำนวณโดยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดที่สำคัญจำนวน 5 กรอบแนวคิด ประกอบด้วย กรอบ TPACK (Mishra and Koehler, 2006) กรอบ Bloom's Revised Taxonomy (Armstrong, 2010) กรอบ Computational Thinking in Mathematics and Science (Weintrop, 2016) กรอบ ICAP (Chi, 2009) และกรอบรูปแบบการสอนเขียนโปรแกรม (Espinal et al., 2024) ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด แบ่งเป็น 4 หัวข้อ พบว่า 1. กรอบแนวคิด TPACK Model: ด้านยุทธวิธีการสอนด้านเนื้อหา (65 %) ด้านเทคโนโลยีที่สามารถใช้พัฒนาความรู้ด้าน CT (19 %) และด้านความรู้ ความเข้าใจด้าน CT (16 %) 2. ตามกรอบแนวคิด Bloom's Revised Taxonomy: ด้านความเข้าใจ (43 %) ด้านการนำไปใช้ (31 %) ด้านการวิเคราะห์ (14 %) ด้านการสร้างสรรค์ (7 %) และด้านการประเมินผล (5 %) 3. กรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy: ด้านการแก้ปัญหาเชิงคำนวณ (52 %) ด้านการปฏิบัติทางด้านข้อมูล (21 %) ด้านการคิดเชิงระบบ (17 %) และด้านการสร้างแบบจำลองและการจำลอง (10%) และ 4. รูปแบบสำหรับการสอนเขียนโปรแกรม จำแนกตามระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน: กิจกรรม Unplugged Activities (48%) โดยแบ่งเป็นระดับ Constructive (36%) และระดับ Interactive (12%) กิจกรรม Block-based Programming (33%) โดยแบ่งเป็นระดับ Constructive (21%) และระดับ

*Corresponding author

Email address: wanintorns@nu.ac.th

Interactive (12%) และกิจกรรม Text-based Programming (19%) โดยแบ่งเป็นระดับ Constructive (14%) และระดับ Interactive (5%) ตามลำดับ

คำสำคัญ: โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพ การคิดเชิงคำนวณ การทบทวนวรรณกรรม

Abstract

This study presents a systematic literature review of 127 research articles on teacher professional development (TPD) in computational thinking (CT). Articles were identified and screened following Petticrew and Roberts (2008) and mapped to the programming-instruction typology of Espinal et al. (2024), yielding 42 studies for in-depth analysis. The review examines trends in learning outcomes and technologies used in CT-focused TPD programs, integrating five conceptual frameworks: TPACK (Mishra & Koehler, 2006), Bloom's Revised Taxonomy (Armstrong, 2010), the Computational Thinking in Mathematics and Science taxonomy (Weintrop, 2016), the ICAP framework (Chi, 2009), and programming-instruction models (Espinal et al., 2024). The findings reveal four key dimensions. (1) Within TPACK, 65% of studies emphasized pedagogical content knowledge (PCK), 19% focused on technological content knowledge (TCK), and 16% on content knowledge (CK) specific to CT. (2) By Bloom's Revised Taxonomy, 43% emphasized understanding, followed by applying (31%), analyzing (14%), creating (7%), and evaluating (5%). (3) Using the Computational Thinking in Mathematics and Science taxonomy, 52% addressed computational problem solving, 21% data practices, 17% systems thinking, and 10% modeling and simulation. (4) Regarding programming-instruction models by level of learner engagement, 48% employed unplugged activities (36% constructive; 12% interactive), 33% used block-based programming (21% constructive; 12% interactive), and 19% used text-based programming (14% constructive; 5% interactive).

Keywords: Professional Development Programs, Computational Thinking, Literature Review

■ บทนำ

การคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking: CT) เป็นแนวคิดที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลว่ามีความสำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยมีจุดกำเนิดจากการสอนภาษาโปรแกรม Logo ซึ่ง Seymour Papert ได้พัฒนาและนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดเชิงฮิวริสติกและวิธีการที่เป็นระบบ (Feurzeig and Lukas, 1972; Papert, 1996) ต่อมา Wing (2006) ได้ให้นิยาม CT ว่าเป็นการคิดและแก้ปัญหาในเชิงนามธรรมที่มีความแตกต่างจากการเขียนโปรแกรมทั่วไป โดย Barr and Conery (2011) ได้ให้องค์ประกอบของ CT คือ ความมั่นใจในการจัดการกับความซับซ้อน ความพากเพียรในการทำงานกับปัญหาที่ยาก ความสามารถในการยอมรับความคลุมเครือ ความสามารถในการจัดการกับปัญหาที่ไม่มีคำตอบที่แน่ชัด สื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อีกทั้ง Brennan and Resnick (2012) บิดาแห่งโปรแกรม Scratch ได้แบ่ง CT เป็น 3 มิติหลักประกอบด้วย แนวคิดการคำนวณ (Computational Concepts) แนวปฏิบัติในการคำนวณ (Computational practices) และมุมมองเชิงคำนวณ (Computational perspectives) อีกทั้ง Angeli et al. (2016) กล่าวว่า CT เป็นกระบวนการคิดที่ใช้องค์ประกอบของนามธรรม (Abstraction): การลบลักษณะหรือ

คุณสมบัติบางอย่างออกจากวัตถุและสามารถระบุได้เพื่อลดให้เหลือเพียงลักษณะสำคัญพื้นฐาน การสรุปโดยทั่วไป (Generalization): การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาโดยใช้คำทั่วไป การแยกย่อย (Decomposition): การแบ่งปัญหาที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อยที่จัดการได้ง่ายขึ้น การคิดเชิงอัลกอริทึม (Algorithmic Thinking): การใช้ลำดับขั้นตอนหรือคำสั่งที่แม่นยำเพื่อแก้ปัญหา และการดีบั๊ก (Debugging): การตรวจหาและแก้ไขข้อผิดพลาด

ปัจจุบันทั่วทั้งโลกได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากรในประเทศของตนเองเพื่อรองรับกับยุค AI และความสอดคล้องกับแผนการพัฒนาแรงงานฝีมือทั่วไปสู่แรงงานขั้นสูง (High-Skilled Labor) ตามความต้องการของโลก (OECD, 2018) โดยจากการตื่นตัวในครั้งนี้จึงเกิดการส่งเสริมให้บุคลากรในประเทศ มีความจำเป็นและความต้องการในการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในระบบการศึกษาอย่างเร่งด่วน แต่เนื่องจากเป็นองค์ความรู้ที่ใหม่ และได้มีการส่งเสริมอย่างเฉียบพลันเพื่อให้ทันกับยุค AI ที่มีความรวดเร็ว และสามารถเปลี่ยนได้อย่างตลอดเวลา จากการศึกษาของ Lee et al., 2011; Grover and Pea, 2013; Wang et al., 2019; Espinal et al., 2024) พบปัญหาหลักที่ติดปัญหาเชิงโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่จำกัดออกไป โดยพบความท้าทายที่มีความคล้ายคลึงกัน คือ ปัญหาการขาดแคลนครูผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญในการส่งเสริมทักษะ CT ให้กับนักเรียนในประเทศของตน โดยหลาย ๆ ประเทศได้พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการสร้างโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูที่เน้นการบูรณาการ CT เข้าสู่หลักสูตรระดับ K-12 แม้ว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา จีน ออสเตรเลีย และแคนาดา ได้เริ่มดำเนินการสนับสนุนด้าน CT อย่างจริงจัง โดยได้มีการบรรจุเข้าไปในหลักสูตรของประเทศ แต่งานวิจัยที่ผ่านมายังคงเน้นไปที่การส่งเสริมผ่านนักเรียนโดยตรงมากกว่าการส่งเสริมโปรแกรมด้านการพัฒนาครูทั้งครูที่จบทางสาขาคอมพิวเตอร์โดยตรง หรือไม่จบโดยตรง รวมถึงกลุ่ม (Preservice-Teacher) PST ที่ยังพบว่ามีการส่งเสริมและการพัฒนาที่น้อยมากทั้ง ๆ ที่จัดเป็นกลุ่มเป้าหมายที่สำคัญอีกกลุ่มหนึ่ง

สำหรับประเทศไทยรายวิชาวิทยาการคำนวณยังเป็นวิชาที่ค่อนข้างใหม่โดยเริ่มมีการบรรจุในหลักสูตรเมื่อปี พ.ศ. 2561 และเพิ่งครบทุกระดับชั้นเมื่อปี พ.ศ. 2564 ทำให้ประเทศของเราเกิดปัญหาเฉกเช่นเดียวกับ นานาประเทศที่เคยประสบพบเจอมาแล้ว กล่าวคือ ปัญหาด้านการขาดแคลนบุคลากรทางการศึกษาที่สอนในรายวิชานี้ เนื่องจากสถาบันผลิตครูยังไม่มีหลักสูตรเฉพาะทางที่เกี่ยวข้องโดยตรง ทางโรงเรียนจึงแก้ไขโดยใช้ครูคอมพิวเตอร์ก่อน หากไม่มีค่อยเรียงลำดับกันไปตามบุคลากรทางการศึกษาครูที่เหลืออยู่ จึงก่อให้เกิดปัญหาดังกล่าวขึ้น แต่ถึงกระนั้นทาง Ministry of Education (2017) ก็ได้มีนโยบายต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมทักษะ Coding เช่น หลักสูตรการจัดการเรียนรู้วิทยาการคำนวณสำหรับครูชั้นสูง (Coding for Teacher Plus: C4T Plus) แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามช่อง Youtube หรือ Website และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ThaiMooc เป็นต้น แต่จากการสำรวจในงานวิจัยของ Chetiyawan and Chenaksara (2023) พบว่า ครูยังมีความต้องการโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพที่ส่งเสริมและบูรณาการเกี่ยวกับ CT ในห้องเรียนทั้งในด้านองค์ความรู้ด้านเนื้อหา ยุทธวิธีการสอน และวิธีการเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม

จากปัญหาดังกล่าวที่ได้กล่าวไปเพื่อเป็นการส่งเสริมให้เกิดงานวิจัยที่มุ่งเน้นการสร้างโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครูด้าน CT ที่มีความทันสมัย จึงมีความจำเป็นที่ต้องสร้างแหล่งทบทวนวรรณกรรมเพื่อใช้สำหรับเป็นแหล่งอ้างอิงที่มีความทันสมัยสอดคล้องกับการพัฒนากำลังคนทั่วทั้งโลกโดยผู้วิจัยได้กำหนดคำถามวิจัย คือ ผลลัพธ์การเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านวิทยาการคำนวณในช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2025 ในฐานข้อมูล Scopus มีแนวโน้มเป็นอย่างไร

จุดประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาแนวโน้มผลลัพธ์การเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านวิทยาการคำนวณ

■ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดจำนวน 5 กรอบแนวคิด ประกอบด้วย

(1) กรอบแนวคิด TPACK (Technological Pedagogical and Content Knowledge) ของ Mishra and Koehler (2006) โดยใช้สำหรับอธิบายถึงชุดความรู้ประเภทต่างๆ ที่นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูจำเป็นต้องมีเพื่อการบูรณาการเทคโนโลยีเข้ากับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีเนื้อหาเฉพาะด้านอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

- 1) ความรู้ด้านเนื้อหา (Content Knowledge): ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี ความคิด กรอบแนวคิด หลักฐาน และการพิสูจน์ รวมไปถึงการกำหนดแนวปฏิบัติและแนวทางต่างๆ
- 2) ความรู้ด้านการสอน (Pedagogical Knowledge): เกี่ยวข้องกับความรู้ด้านวิธีการสอนทั่วไป เช่น ความเข้าใจวิธีการเรียนรู้ของนักเรียน การจัดการชั้นเรียนโดยทั่วไป การวางแผนการสอน และทักษะการประเมินผลนักเรียน
- 3) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technological Knowledge): แสดงถึงความรู้เกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีในภาพรวม

(2) กรอบแนวคิด Bloom's Revised Taxonomy ของ Armstrong (2010) โดยใช้สำหรับจัดหมวดหมู่และระบุระดับการรู้คิดของผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและชัดเจนตามแต่ละชั้น ประกอบด้วย

- 1) การจดจำ (Remembering): การระลึกถึงข้อเท็จจริงหรือข้อมูลพื้นฐาน
- 2) ความเข้าใจ (Understanding): ความสามารถในการอธิบายแนวคิดหรือข้อมูลต่างๆ
- 3) การนำไปใช้ (Applying): การนำความรู้หรือทักษะไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
- 4) การวิเคราะห์ (Analyzing): การแยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนต่างๆ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์
- 5) การประเมิน (Evaluating): การตัดสินคุณค่าของข้อมูลหรือแนวคิด โดยอาศัยเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้
- 6) การสร้างสรรค์ (Creating): การสร้างหรือผลิตชิ้นงานหรือแนวคิดใหม่จากความรู้ที่มีอยู่เดิม

(3) กรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy ของ Weintrop (2016) โดยใช้สำหรับจัดหมวดหมู่เชิงปฏิบัติการเพื่อประยุกต์ใช้การคิดเชิงคำนวณในห้องเรียน ประกอบด้วย

- 1) การปฏิบัติการด้านข้อมูล (Data Practice): การนำเครื่องมือมาใช้เพื่อเก็บรวบรวม สร้าง แก้ไข วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล
- 2) การสร้างแบบจำลองและการจำลอง (Modeling and Simulation): การปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างการทดสอบ และปรับปรุง รวมถึงการแสดงผลเชิงคำนวณของระบบในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเชิงแนวคิดที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา
- 3) การแก้ปัญหาเชิงคำนวณ (Computational Problem Solving): การปฏิบัติการที่ใช้แนวทางเชิงระบบในการจัดการกับความท้าทายหรือภารกิจ โดยอาศัยเครื่องมือและเทคนิคเชิงคำนวณ
- 4) การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking): กระบวนการสืบค้น และทำความเข้าใจระบบ การบูรณาการข้อมูลหลายรูปแบบ เพื่อมองปรากฏการณ์อย่างรอบด้านโดยเน้นย้ำถึงความเชื่อมโยง และการพึ่งพาอาศัยกันขององค์ประกอบต่างๆ ภายในระบบเพื่อทำความเข้าใจอย่างเป็นขั้นตอน

(4) กรอบแนวคิด ICAP (Interactive – Constructive – Active – Passive) ของ Chi (2009) โดยใช้สำหรับอธิบายระดับการมีส่วนร่วม (Engagement) ของผู้เรียนในเชิงกระบวนการคิด ประกอบด้วย

1) รูปแบบ Active: ผู้เรียน “ลงมือทำ” หรือ “ตอบสนอง” กับข้อมูล/สื่อการสอนอย่างใดอย่างหนึ่งทางกายภาพหรือทางการกระทำ

2) รูปแบบ Constructive: ผู้เรียน “สร้าง” หรือ “สร้างความหมายใหม่” (Generating New Inferences) ขึ้นจากเนื้อหาที่เรียน โดยเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของตนเอง หรือเรียบเรียงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตนเอง

3) รูปแบบ Interactive: ผู้เรียนมี “ปฏิสัมพันธ์สองทาง” ในลักษณะแลกเปลี่ยน (Dialogue) กับผู้อื่นหรือระบบ/สื่อ ที่สามารถตอบสนองแบบโต้กลับ (Contingent Responses) ซึ่งส่งผลให้เกิดการ “สร้างความหมายร่วม” ระหว่างคู่สนทนา

(5) กรอบแนวคิดรูปแบบสำหรับการสอนเขียนโปรแกรม ของ Espinal et al. (2024) โดยใช้สำหรับจัดหมวดหมู่โปรแกรมอบรมที่เกี่ยวข้องกับการสอนเขียนโปรแกรมและการพัฒนาความคิดเชิงคำนวณประกอบด้วย

1) รูปแบบ Block-based Programming: แนวทางการเขียนโปรแกรมโดยอาศัย “บล็อก (Block)” ซึ่งปรากฏในรูปภาพหรือสัญลักษณ์ที่สามารถลากและวาง (Drag-and-Drop) เพื่อนำมาต่อกันเป็นลำดับคำสั่งช่วยลดความซับซ้อนของไวยากรณ์ (Syntax) เช่น Scratch, Blockly, App Inventor เป็นต้น

2) รูปแบบ Text-based Programming: การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้รูปแบบ “ข้อความ” (text) โดยผู้เรียนหรือผู้ใช้ต้องพิมพ์คำสั่งตามไวยากรณ์ที่กำหนดอย่างเคร่งครัด (Strict Syntax) เช่น Python, C, Java, JavaScript เป็นต้น

3) รูปแบบ Unplugged Activities: กิจกรรมการเรียนรู้แนวคิดหรือหลักการด้านคอมพิวเตอร์ และความคิดเชิงคำนวณ โดยไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด ๆ โดยผู้เรียนจะได้จำลองกระบวนการคิดเป็นขั้นตอน (Algorithmic Process) ผ่านกิจกรรมเชิงกายภาพหรือการใช้สื่อรูปแบบอื่น ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจพื้นฐานอย่างเป็นรูปธรรม เช่น กิจกรรมเกมกระดาน-ดินสอ การจำลองการทำงานของอัลกอริทึมด้วยบทบาทสมมุติ บอร์ดเกมที่เน้นตรรกะเชิงคำนวณ เป็นต้น

■ วิธีดำเนินการวิจัย

ทีมผู้วิจัยได้ทำการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดของ Petticrew and Roberts (2008) ร่วมกับ Espinal et al. (2024) มาใช้สำหรับเป็นขั้นตอนการคัดเลือกวารสารที่ใช้ในการทบทวนวรรณกรรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 การกำหนดคำถาม (Define the Question): การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อดูแนวโน้มผลลัพธ์การเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านวิทยาการคำนวณ จึงได้มีการนิยามคำถามวิจัย คือ ผลลัพธ์การเรียนรู้และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านวิทยาการคำนวณในช่วงปี ค.ศ. 2020 ถึง ค.ศ. 2025 ในฐานข้อมูล Scopus มีแนวโน้มเป็นอย่างไร

2.2 การรวมกลุ่มที่ปรึกษาหรือคณะกรรมการที่ปรึกษา (Consider Drawing Together a Steering or Advisory Group): ทีมผู้วิจัย มีจำนวน 3 ท่านประกอบด้วย 1) อาจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ โดยปัจจุบันกำลังศึกษาต่อระดับปริญญาเอกด้านคณิตศาสตร์ศึกษา 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ และ 3) รองศาสตราจารย์ที่มีความเชี่ยวชาญด้านการคิดเชิงคำนวณ

2.3 การดำเนินการค้นคว้าวรรณกรรมและคัดกรองเอกสารอ้างอิง (Carry Out the Literature Search and Screen the References): การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบนี้ได้ดำเนินการผ่านฐานข้อมูล SCOPUS โดยทีมผู้วิจัยได้

กำหนดคำค้นหลักสำหรับการค้นหา ได้แก่ 1) “Professional Development for Teachers” และ “Computational Thinking” 2) “Pre-Service Teachers Program” และ “Computational Thinking”

2.4 ประเมินงานวิจัยที่คงเหลือจากเกณฑ์คัดเข้าหรือคัดออก (Assess the Remaining Studies Against the Inclusion/Exclusion Criteria): กระบวนการค้นคว้าเกิดขึ้นระหว่าง ค.ศ. 2020 ถึงเดือนมีนาคม ค.ศ. 2025 โดยกรอบระยะเวลาในการตีพิมพ์ผลงานอยู่ระหว่างปี ค.ศ. 2020 ถึงปี ค.ศ. 2025 เพื่อความทันสมัยของงานวิจัย โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกในงานวิจัยนี้ตามที่กำหนดตามรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1

รายละเอียดเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก

หัวข้อการคัดเข้า	รายละเอียดของบทความ
ประเภท	โปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูในระดับ K-12
ช่วงปี	ค.ศ. 2020 ถึง 2025
องค์ประกอบ	กรอบ TPACK (Mishra & Koehler, 2006) กรอบ Bloom’s Revised Taxonomy (Armstrong, 2010) กรอบ Computational Thinking in Mathematics and Science (Weintrop, 2016) กรอบ ICAP (Chi, 2009) และกรอบรูปแบบการสอนเขียนโปรแกรม (Espinal et al., 2024)
หัวข้อการคัดออก	รายละเอียดของบทความ
องค์ประกอบ	ขาดรายละเอียดของการศึกษา, ไม่น่าเชื่อถือ และไม่ได้เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณอย่างแท้จริง

2.5 การสกัดข้อมูล การประเมินเชิงวิพากษ์ และการสังเคราะห์จากงานวิจัยเบื้องต้น (Data Extraction, Critical Appraisals, and Synthesis of the Primary Studies):

1) การสกัดข้อมูล: ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลที่สำคัญจากบทความ เช่น กลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มเป้าหมาย ผลลัพธ์การเรียนรู้ และเทคโนโลยีที่ใช้ในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ

2) การประเมินเชิงวิพากษ์: ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด Understanding by Design ของ Wiggins and McTighe (2005) มาช่วยวิเคราะห์ ประกอบด้วย

(2.1) เนื้อหาและเป้าหมายการเรียนรู้: ระบุว่าโปรแกรมเหล่านี้มุ่งเน้นพัฒนาครูในด้านใดบ้าง เช่น ความรู้ทางด้านเนื้อหา (CK) วิธีการสอน (PK) หรือเทคโนโลยีที่ใช้ในการสอน (TK) ตามกรอบแนวคิด TPACK

(2.2) กลยุทธ์หรือวิธีการประเมินผล: ศึกษาว่าโปรแกรมเหล่านี้ใช้วิธีการประเมินที่สอดคล้องกับแนวทางของ Bloom’s Revised Taxonomy หรือสอดคล้องกับ Computational Thinking in Mathematics and Science ด้านใด

(2.3) ประสบการณ์และแหล่งเรียนรู้ที่ผู้เข้าร่วมได้รับ: ศึกษาว่าโปรแกรมที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมใช้โปรแกรมประเภทใด และคือโปรแกรมใด มีความทันสมัยและครอบคลุมหรือไม่

3) การสังเคราะห์ข้อมูล: ผู้วิจัยนำผลลัพธ์การเรียนรู้ที่รวบรวมได้มาจัดกลุ่มโดยใช้

(3.1) กรอบแนวคิด TPACK เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพว่ามุ่งเน้นด้านใด

(3.2) กรอบแนวคิดของ Bloom’s Revised Taxonomy เพื่อจำแนกระดับกระบวนการคิดที่โปรแกรมมุ่งพัฒนา เช่น การทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน การนำไปประยุกต์ใช้ เป็นต้น

(3.3) กรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science เพื่อระบุประเภทของผลงานวิจัย เช่น การคิดเชิงระบบ การแก้ปัญหาการคิดเชิงคำนวณ การปฏิบัติการด้านข้อมูล เป็นต้น

(3.4) กรอบ ICAP ใช้เพื่อจำแนกประเภทของรูปแบบการสอน เช่น Constructive Interactive หรือ Active

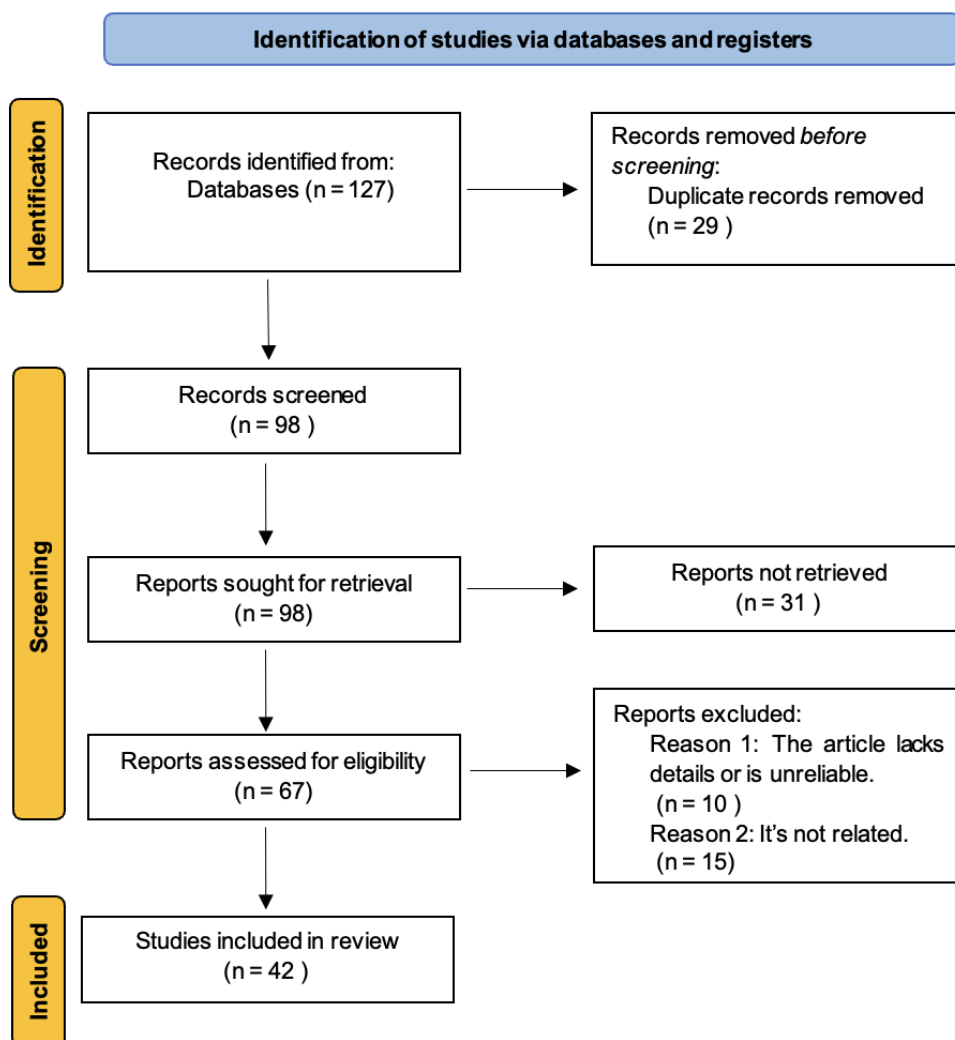
(3.5) กรอบรูปแบบการสอนเขียนโปรแกรม เพื่อจำแนกประเภทของกิจกรรม เช่น Unplugged Activities Block-Based Programming หรือ Text-Based Programming

จากนั้นทีมผู้วิจัยทำการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยใช้ผู้ประเมินจำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ด้านการงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ โดยใช้ค่า Percent Agreement โดยทำการสุ่มตรวจสอบจำนวน 3 บทความ ต่อ 1 ท่าน พบว่าผู้ประเมินทั้ง 3 ท่าน ให้ผลการประเมินตรงกันทุกกรณีทั้ง 8 รายการ คิดเป็นร้อยละ 100 ของความสอดคล้องทั้งหมดแสดงถึงความน่าเชื่อถือในกระบวนการประเมิน

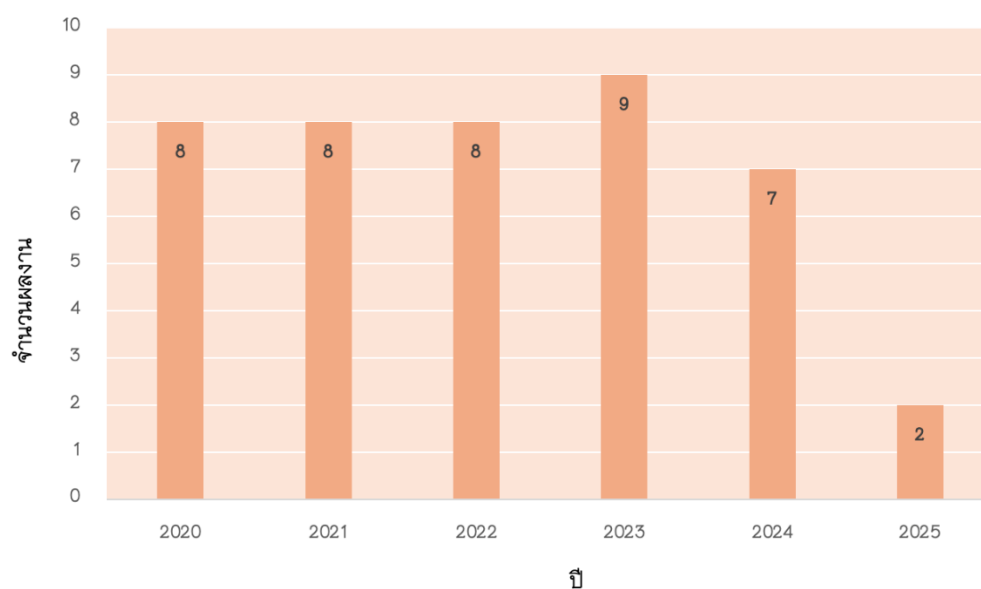
■ ผลการวิจัย

จากการสืบค้นตามสตริง (Search String) โดยใช้ข้อความ ประกอบด้วย 1) “Professional Development for Teachers” and “Computational Thinking” และ 2) “Pre-Service Teachers Program” และ “Computational Thinking” ทีมผู้วิจัยพบบทความจำนวนทั้งหมด 127 บทความ จากนั้นตรวจสอบ เบื้องต้นผ่านการใช้โปรแกรม Rayyan พบบทความที่มีความซ้ำซ้อนกัน (Duplicate Records) จำนวน 29 บทความ จึงได้ทำการตัดบทความที่ซ้ำเหล่านั้นออก จนเหลือจำนวน 98 บทความ จากนั้นทีมผู้วิจัยทำการดาวน์โหลดไฟล์บทความทั้งหมด พบว่ามีบทความจำนวน 31 บทความ ที่ไม่สามารถทำการดาวน์โหลดได้ ส่งผลให้จำนวนบทความเหลือจำนวน 67 บทความ เมื่อได้บทความเหล่านั้นมาแล้ว ทีมผู้วิจัยได้ตรวจสอบบทความคัดย่อ ร่วมกับการใช้เกณฑ์การรับเข้า และเกณฑ์การคัดออก โดยได้ตัดบทความที่ขาดรายละเอียดของการศึกษา หรือบทความที่ไม่น่าเชื่อถือ (The Article Lacks Details or is Unreliable) จำนวน 10 บทความ และบทความที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพครู ด้านการคิดเชิงคำนวณอย่างแท้จริง (It's not Related) จำนวน 15 บทความ อีกทั้งผู้วิจัยได้มีการตรวจสอบด้านภาษาที่นำมาใช้ในการเขียนบทความ พบว่าไม่มีบทความใดใช้ภาษาที่แตกต่างจากภาษาอังกฤษโดยภายหลังการกลั่นกรองบทความวิจัย (Filtering) ทั้งหมดตามเงื่อนไขที่ได้กล่าวไป ทีมผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกบทความทั้งหมด จำนวน 43 บทความสำหรับนำมาใช้เพื่อการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบในครั้งนี้ โดยแสดงขั้นตอนตามรูปแบบของ PRISMA ดังแสดงในภาพที่ 1

จำนวนงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาวิชาชีพในด้านการคิดเชิงคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยใน 2023 มีจำนวนบทความที่ตีพิมพ์มากที่สุดถึง 9 บทความ รองลงมาคือ ปี 2020-2022 จำนวนบทความที่ตีพิมพ์จำนวน 8 บทความ ในปี 2024 จำนวนบทความที่ตีพิมพ์จำนวน 7 บทความและ ในปี 2025 จำนวนบทความที่ตีพิมพ์ จำนวน 2 บทความ ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยมีข้อสังเกตในปี 2024-2025 ที่มีจำนวนน้อยลงเนื่องจากการสำรวจถึงเดือนมีนาคม ค.ศ. 2025 และบทความส่วนใหญ่ยังไม่รองรับการดาวน์โหลด เนื่องจากมีความทันสมัยเป็นอย่างมากแม้จะใช้ VPN ในการเข้าถึงบทความดังกล่าวแล้ว



ภาพที่ 1. แผนภาพ PRISMA

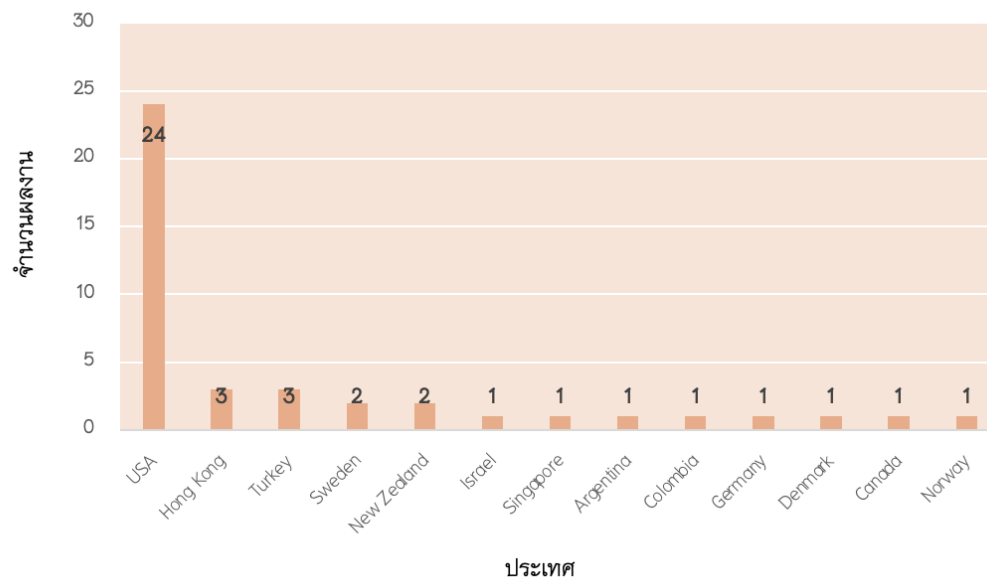


ภาพที่ 2. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อปีที่เผยแพร่

ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อผลการวิจัยเป็น 4 ประเด็นโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ประเทศและแหล่งตีพิมพ์

นักวิจัยส่วนใหญ่ที่ทำการเผยแพร่บทความ คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 24 ผลงาน ตามมาด้วย ฮองกง (เขตปกครองพิเศษของสาธารณรัฐประชาชนจีน) และประเทศตุรกี จำนวน 3 ผลงาน ประเทศสวีเดนและประเทศนิวซีแลนด์ จำนวน 2 ผลงาน และอีกจำนวน 8 ประเทศ ประเทศละ 1 ผลงาน เช่น ประเทศอิสราเอล ประเทศสิงคโปร์ และประเทศอาเจนตินา เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อประเทศที่เผยแพร่ผลงาน

แหล่งตีพิมพ์ที่พบบ่อยที่สุดสำหรับบทความที่ทำการสืบค้นทั้งหมด ประกอบด้วย

- 1) SIGCSE จำนวน 12 บทความ
- 2) Computers & Education จำนวน 6 บทความ
- 3) Conference/Proceedings จำนวน 5 บทความ
- 4) Others จำนวน 20 บทความ โดยเป็นการกระจายผลงานที่ตีพิมพ์อย่างละ 1 วารสาร เช่น Teaching and Teacher Education, MDPI, Journal for STEM Education Research เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

แหล่งตีพิมพ์ต่อจำนวนบทความ

แหล่งตีพิมพ์	จำนวนบทความ (เรื่อง)
SIGCSE	12
Computers & Education	6
Conference/Proceedings	5
Others	20
รวม	43

2. ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK Model

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด TPACK Model ตามการให้คำนิยามของ Espinal Espinal et al. (2024) โดยได้ให้คำนิยามที่สอดคล้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณตาม หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มีจำนวน 3 ด้าน ประกอบด้วย

1) ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับยุทธวิธีการสอนด้านเนื้อหา (PCK) เช่น การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่ใช้คอมพิวเตอร์ (Unplugged Learning Activities) และขั้นตอนการใช้-การดัดแปลง-การสร้าง (Use-Modify-Create) โดยความรู้ในรูปแบบนี้ยังครอบคลุมถึงการแนะนำแนวคิดที่ยากต่อการเรียนรู้และการแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียน (Misconceptions) ร่วมด้วย

2) ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่สามารถใช้พัฒนาความรู้ด้าน CT (TCK) เช่น การใช้เครื่องมือทางคอมพิวเตอร์อย่าง NetLogo, NetTango, Scratch, MakeCode เป็นต้น

3) ผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจด้าน CT (CK) เช่น CT คืออะไร ทำไมจึงสำคัญ การเรียนถึงความหมาย แนวคิดที่สำคัญการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือการสร้างแบบจำลองเชิงคำนวณ เป็นต้น

โดยภาพรวมของผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK Model ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 65% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านยุทธวิธีการสอนด้านเนื้อหา ตัวอย่างเช่น

1) งานวิจัยที่ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของครูภายหลังการเข้าร่วม PD ที่เน้นการบูรณาการ CT เข้ากับกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งเน้นให้ครูพัฒนายุทธวิธีการสอน ผ่านการใช้ Inquiry-Based Science ส่งเสริมและฝึกฝนครูให้คิดวิเคราะห์ถึงวิธีการจัดการเรียนรู้ CT ที่สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ

2) งานวิจัยที่มุ่งเน้นให้ครูบูรณาการออกแบบกิจกรรม STEM ที่บูรณาการ CT โดยเน้นที่กลยุทธ์การสอนและการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของผู้เรียน เช่น การใช้กิจกรรมแก้ปัญหา “ออกแบบตะกร้ากระดาษ” จุดเด่นคือเน้นการเรียนรู้เรื่องวิธีการวางแผนการสอน CT (Planning & Implementation) และการประเมินความเข้าใจของนักเรียน

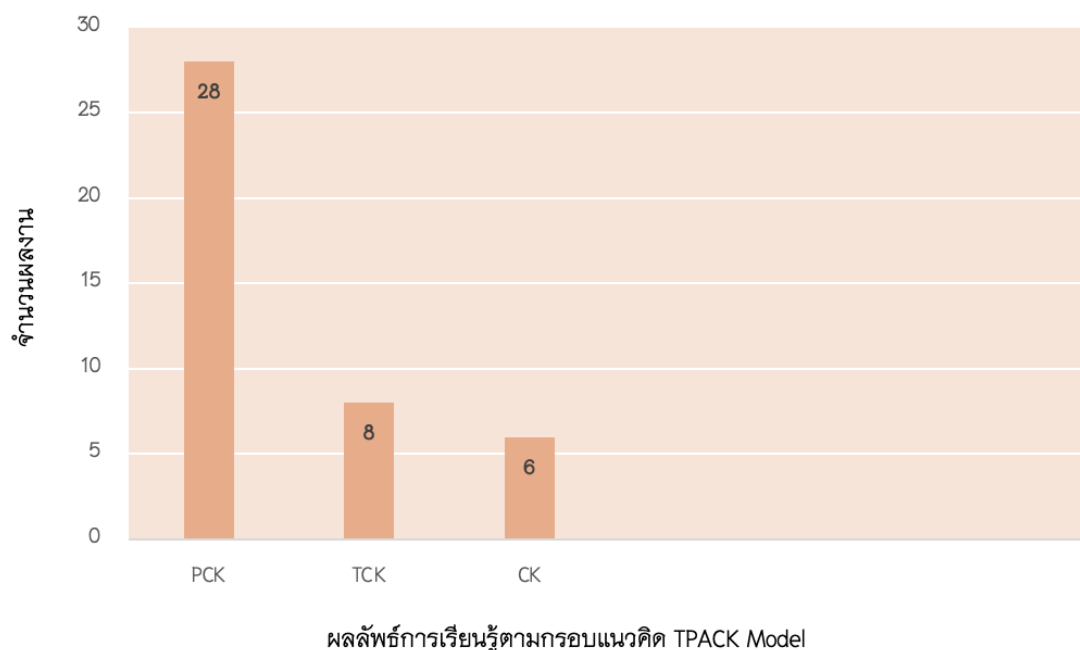
3) งานวิจัยที่มุ่งเน้นให้ครู Preservice และ Inservice ร่วมกันออกแบบและสะท้อนผลการใช้กิจกรรมการสอนเขียนโค้ดในวิชาคณิตศาสตร์ในรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยเน้นกลยุทธ์การวางแผนการสอน การสะท้อนผล และการเชื่อมโยงเนื้อหา

- 19% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านเทคโนโลยีที่สามารถใช้พัฒนาความรู้ด้าน CT ตัวอย่างเช่น

1) งานวิจัยที่ฝึกให้ครูออกแบบกิจกรรม CT โดยใช้เครื่องมือเขียนโค้ด เช่น Scratch และ Bee-Bots เพื่อเสริมสร้างการเข้าใจแนวคิด CT เช่น การคิดเชิงลำดับ และการวางแผนแบบเป็นลำดับขั้นตอน โดยครูได้ฝึกใช้เครื่องมือดังกล่าวให้สอดคล้องกับบริบทของเนื้อหาสาระรายวิชา เช่น วิทยาศาสตร์และสังคมศึกษา

2) งานวิจัยที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีของครู ผ่านการฝึกใช้ NetLogo และ MakeCode ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนจัดการเรียนการสอน เช่น การจำลองวงจรไฟฟ้า หรือพฤติกรรมของฝูงนก เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ของเทคโนโลยีกับแนวคิด CT อย่างเป็นระบบ

3) งานวิจัยที่ให้ครูได้ใช้เทคโนโลยีการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch, Bee-Bots หรือ Ozobots เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ CT อย่างมีเป้าหมาย โดยเน้นให้ครูทดลองใช้เครื่องมือจริง เช่น การให้ครูออกแบบบทเรียนโดยใช้หุ่นยนต์เพื่อสอนเรื่องการวนซ้ำ และเงื่อนไข รวมกับการสร้างสถานการณ์ให้เด็กได้เรียนรู้ CT ผ่านการเขียนโค้ดแก้ปัญหาเฉพาะเรื่องในบริบทโรงเรียนของตนเอง



ภาพที่ 4. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK Model

- 16% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านความรู้ ความเข้าใจด้าน CT ตัวอย่างเช่น

1) งานวิจัยที่ให้ครูเข้าใจแนวคิดหลักของ CT ผ่านการอภิปราย ความหมาย องค์ประกอบ และความสำคัญของ CT ต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยเน้นให้ครูเข้าใจอย่างลึกซึ้งว่า CT คืออะไร และสามารถถ่ายทอดได้ในรูปแบบที่เหมาะสมกับระดับชั้นของตน

2) งานวิจัยที่เน้นการพัฒนาแนวคิด CT ผ่านการออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์ เช่น การเรียนรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารโดยใช้แนวคิดของ Pattern Recognition, Decomposition และ Abstraction โดยไม่ได้ใช้เทคโนโลยี

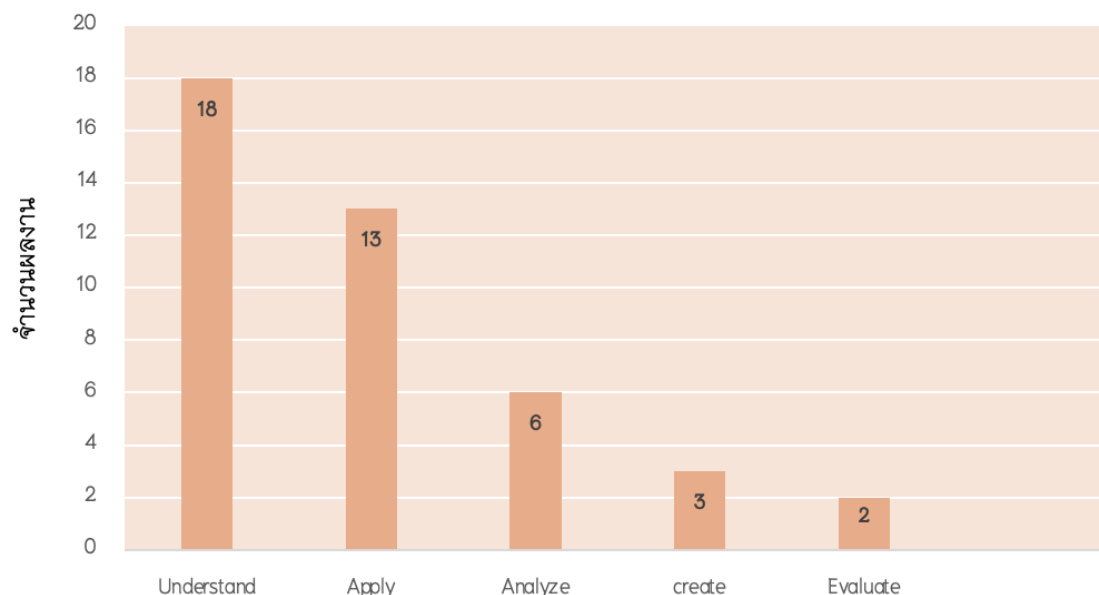
3) งานวิจัยที่ศึกษาว่าครูมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของ CT กับ “การเขียนโปรแกรม” อย่างไร โดยให้นิยามความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดการเขียนโค้ดกับ CT เพื่อสะท้อนว่าเนื้อหาของ CT นั้นถูกเข้าใจอย่างถูกต้องหรือไม่

3. ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Bloom’s Revised Taxonomy

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด Bloom’s Revised Taxonomy ของ Armstrong (2010) โดยได้ให้นิยามที่สอดคล้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ ตามหัวข้อ 1.2 ในหัวข้อ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มี จำนวน 5 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 43% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านความเข้าใจ ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูเรียนรู้แนวคิด CT ผ่านกิจกรรมการสังเกตบทเรียนจากวิดีโอ และอภิปรายส่วนประกอบของ CT ที่ปรากฏขึ้นในชั้นเรียนจริง
- 2) ครูเข้าใจนิยามของ Abstraction, Algorithm, Decomposition ผ่านกรณีศึกษาและกิจกรรมกลุ่มย่อยที่แยกวิเคราะห์ตัวอย่างกิจกรรม
- 3) ครูเรียนรู้ CT ผ่านบทเรียนออนไลน์และการประเมินก่อนเรียน-หลังเรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจต่อองค์ประกอบหลักของ CT



ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Bloom's Revised Taxonomy

ภาพที่ 5. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Bloom's Revised Taxonomy

- 31% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการนำไปใช้ ตัวอย่างเช่น
 - 1) ครูนำแนวคิด CT ไปออกแบบกิจกรรมในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น การวางแผนการทดลองโดยใช้แนวคิด Algorithm และ Debugging
 - 2) ครูทดลองใช้เครื่องมือเขียนโค้ด เช่น Ozobot กับบทเรียนการคำนวณระยะทาง เพื่อฝึกการออกแบบเส้นทางที่มีเงื่อนไข
 - 3) วงจรไฟฟ้า และนำไปใช้กับนักเรียน พร้อมสะท้อนว่าผู้เรียนเข้าใจแนวคิด Loop อย่างไร
- 14% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการวิเคราะห์ ตัวอย่างเช่น
 - 1) ครูวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียนจากชิ้นงาน Scratch โดยใช้ Rubric ที่แยกองค์ประกอบ CT เช่น การใช้ Loop และ Condition
 - 2) ครูวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้แบบ collaborative coding ผ่านวิดีโอบันทึก และ Coding Logs
 - 3) ครูใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เพื่อวิเคราะห์ความเข้าใจ CT ที่เกิดขึ้นจริงระหว่างนักเรียนในกิจกรรมแบบจำลอง
- 7% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านสร้างสรรค์ ตัวอย่างเช่น
 - 1) ครูสร้างกิจกรรม CT ที่ผนวกกับปัญหาในชุมชน เช่น การออกแบบระบบขนส่งจำลองโดยใช้แนวคิด Abstraction และ Simulation
 - 2) ครูออกแบบสื่อการสอนดิจิทัลโดยใช้ Scratch เพื่อช่วยนักเรียนฝึก Decomposition ผ่านเกมเชิงเนื้อหา
 - 3) ครูสร้างหน่วยการเรียนรู้ใหม่ทั้งหน่วย โดยบูรณาการ CT กับการเรียนรู้แบบ PBL และมีการวางแผนการประเมินอย่างเป็นระบบ

- 5% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการประเมิน ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูประเมินความเหมาะสมของกิจกรรม CT-integrated STEM ที่ต้นแบบ โดยใช้แบบฟอร์มประเมินร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ
- 2) ครูใช้แบบประเมิน self-assessment ตรวจสอบความสามารถในการใช้ CT และให้ข้อเสนอแนะเพื่อนร่วมกลุ่ม

4. ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบ แนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy ของ Weintrop (2016) โดยได้ให้คำนิยามที่สอดคล้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ ตามหัวข้อ 1.3 ในหัวข้อ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง มี จำนวน 4 ด้าน ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 52% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการแก้ปัญหาเชิงคำนวณ ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูใช้เครื่องมือ Scratch และ Blockly เพื่อออกแบบกิจกรรมฝึกฝนการลำดับคำสั่งและการใช้เงื่อนไขในรูปแบบเกมการศึกษา
- 2) ครูฝึกออกแบบโจทย์เขียนโค้ดเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เช่น เส้นทางเดินของหุ่นยนต์ในสถานการณ์สมมติ
- 3) ครูฝึกให้นักเรียนสร้างอัลกอริทึมโดยใช้ Pseudocode และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการแก้ปัญหา

- 21% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการปฏิบัติทางด้านข้อมูล ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูออกแบบบทเรียนที่นักเรียนเก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิในพื้นที่ แล้วนำข้อมูลมาทำกราฟเปรียบเทียบและอธิบายแนวโน้ม
- 2) กิจกรรมที่ให้ครูใช้ Google Sheets เพื่อให้นักเรียนจัดระเบียบข้อมูลการเติบโตของพืชและวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย
- 3) ครูออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนทำการรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง และใช้กราฟเป็นเครื่องมือสื่อสารการวิเคราะห์ข้อมูล

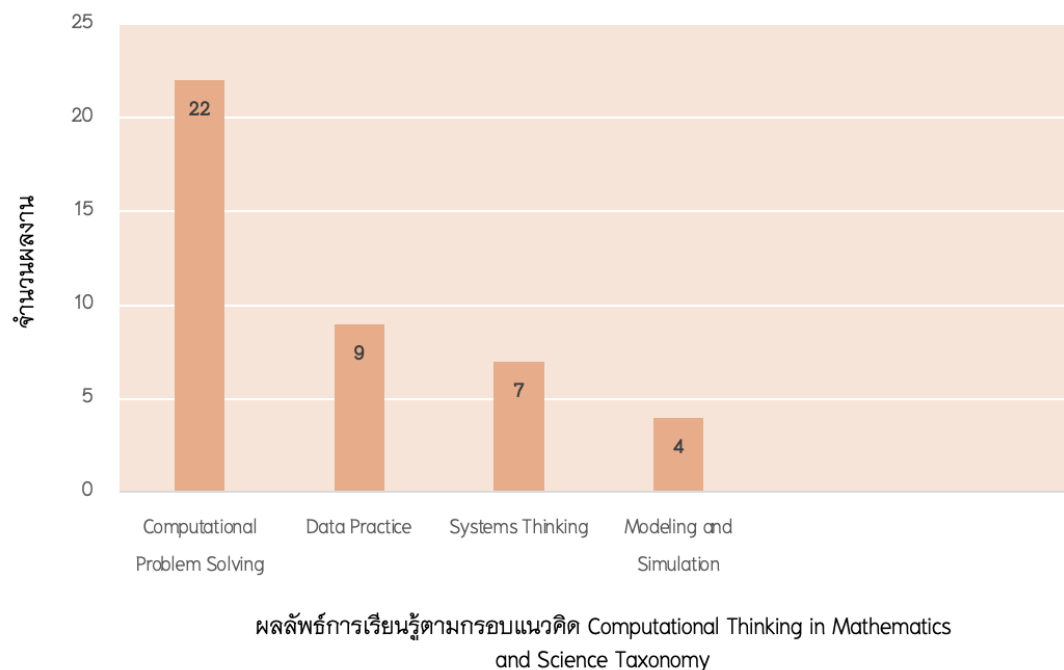
- 17% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้านการคิดเชิงระบบ ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูออกแบบการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยในระบบ เช่น ระบบนิเวศหรือระบบน้ำ
- 2) กิจกรรมที่ให้นักเรียนใช้ Ozobot จำลองระบบจราจร แล้วครูสะท้อนว่านักเรียนเรียนรู้การคิดแบบระบบได้จากการจัดการปัจจัยร่วมกัน
- 3) ครูนำเสนอผังแสดงองค์ประกอบและความเชื่อมโยงของระบบ เช่น วัฏจักรน้ำ โดยให้นักเรียนใช้การ์ด CT เพื่อแสดงความเข้าใจ

- 10% ของผลงานวิจัย ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การสร้างแบบจำลองและการจำลอง ตัวอย่างเช่น

- 1) ครูใช้ NetLogo ให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองการแพร่เชื้อ เพื่อสำรวจผลของการเปลี่ยนตัวแปรในระบบ
- 2) ครูให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของสัตว์ในระบบนิเวศ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไข

- 3) ครูฝึกออกแบบกิจกรรมที่ให้นักเรียนจำลองการเติบโตของพืชตามปัจจัยต่าง ๆ และสังเกตผลผ่าน simulation



ภาพที่ 6. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy

5. รูปแบบสำหรับการสอนเขียนโปรแกรม จำแนกตามระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กรอบแนวคิด การสอนเขียนโปรแกรม ของ Espinal et al. (2024) และกรอบแนวคิด ICAP ของ Chi (2009) โดยได้ให้คำนิยามที่สอดคล้องกับโปรแกรมการพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูด้านการคิดเชิงคำนวณ ตามหัวข้อ 1.4 และ 1.5 ในหัวข้อ หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากภาพที่ 7 พบว่าจากการวิเคราะห์ข้อมูลการสอนเขียนโปรแกรมในงานวิจัยจำนวน 42 ชิ้น โดยสามารถจำแนกได้เป็น 3 รูปแบบหลัก ได้แก่ Unplugged Activities, Block-based Programming และ Text-based Programming โดยมีการวิเคราะห์ร่วมกับระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในรูปแบบ Constructive และ Interactive ดังนี้

- รูปแบบกิจกรรม Unplugged Activities เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุดในงานวิจัย คิดเป็น 48% ของงานทั้งหมด โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 36% และในระดับ Interactive จำนวน 12% ตัวอย่างเช่น

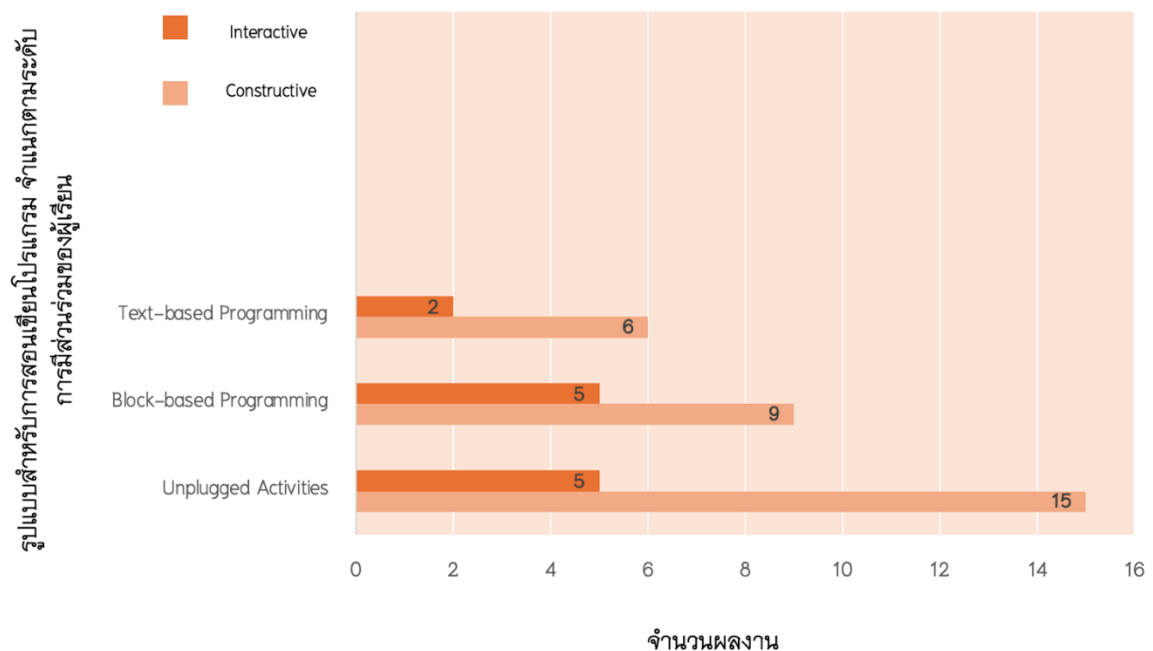
- 1) งานที่ส่งเสริมให้ครูออกแบบกิจกรรมที่ใช้การตัดกระดาษหรือสร้างเกมจำลองสถานการณ์เพื่อส่งเสริม CT โดยไม่ใช้คอมพิวเตอร์
- 2) งานที่ครูใช้กระดาษแผ่นใหญ่ วาดแผนภาพการแก้ปัญหาเพื่อฝึกการคิดเป็นลำดับขั้น
- 3) งานที่ครูใช้การจำลองการทำงานของคอมพิวเตอร์ผ่านการเคลื่อนไหวร่างกายของนักเรียน

- รูปแบบกิจกรรม Block-based Programming คิดเป็น 33% ของงานทั้งหมด โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 21% และในระดับ Interactive จำนวน 12% ตัวอย่างเช่น

- 1) งานที่ครูฝึกใช้ Scratch หรือ MakeCode ร่วมกับการออกแบบกิจกรรมสะท้อนผลการเรียนรู้
- 2) งานที่นักเรียนออกแบบเกมหรือฉากจำลองสถานการณ์ด้วย block-based tools และสะท้อนแนวคิด CT ที่เรียนรู้
- 3) งานที่ส่งเสริมให้ครูเรียนรู้วิธีการใช้ Scratch อย่างลึกซึ้ง แล้วนำไปปรับใช้กับวิชาอื่น เช่น วิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์

• รูปแบบกิจกรรม Text-based Programming คิดเป็น 19% ของงานทั้งหมด โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 14% และในระดับ Interactive จำนวน 5% ตัวอย่างเช่น

- 1) งานที่ครูใช้ Python ในการเรียนรู้ CT ผ่านการวิเคราะห์โค้ดของผู้เรียน
- 2) งานที่ฝึกให้ครูเข้าใจหลักการ Decomposition และ Abstraction ผ่านการเขียนโปรแกรมจริง
- 3) งานที่ครูฝึกวิเคราะห์การเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้เทคนิค Process Mining จากโค้ดที่เขียน



ภาพที่ 7. แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนผลงานต่อรูปแบบสำหรับการสอนเขียนโปรแกรม จำแนกตามระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

■ อภิปรายผล

ผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการอภิปรายผลเป็น 2 ประเด็น โดยมีรายละเอียดดังนี้

แนวโน้มการบูรณาการสำหรับการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของครู

แนวโน้มการพัฒนาความรู้ของครูในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพด้านการคิดเชิงคำนวณมีการบูรณาการองค์ความรู้หลากหลายมิติโดยเฉพาะในกรอบ TPACK Bloom's Revised Taxonomy และ Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาที่ครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหา การสอน และเทคโนโลยี โดยมีรูปแบบการเรียนรู้ที่

เน้นการปฏิบัติ การวิเคราะห์เชิงระบบ และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ในมิติของ TPACK ผลการวิจัยพบว่า 65% ของโปรแกรมมุ่งพัฒนาด้านยุทธวิธีการสอนด้านเนื้อหาซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของการเตรียมครูให้สามารถวางแผนและจัดการเรียนรู้ CT ที่สอดคล้องกับวิธีการสอนเฉพาะเนื้อหา (Espinal et al., 2024) ดังนั้น โครงการพัฒนาครูควรกำหนดเส้นทางการเรียนรู้จากกิจกรรมไม่ใช่คอมพิวเตอร์และการสืบเสาะ (Inquiry-Based Science) สู่การเขียนรหัสแบบบล็อก แล้วต่อยอดเป็นการสร้างแบบจำลองหรือการจำลองสถานการณ์ เพื่อยึดโยงการคิดเชิงคำนวณกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบ (Luo et al., 2023) ด้านเทคโนโลยีที่สามารถใช้พัฒนาความรู้ด้าน CT คิดเป็น 19% มีการเน้นพัฒนาการใช้เครื่องมือทางเทคโนโลยีอย่าง Scratch, MakeCode, Bee-Bots, และ NetLogo เพื่อออกแบบการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับ ด้านเนื้อหา CT คิดเป็น 16 % สำหรับช่วยเสริมความเข้าใจเชิงแนวคิดของ CT ซึ่งจำเป็นต่อการถ่ายทอดไปยังผู้เรียน (Çiftçi & Topçu, 2023)

เมื่อพิจารณาตามกรอบของ Bloom's Revised Taxonomy ผลลัพธ์การเรียนรู้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ โดย 43% ของงานวิจัยเน้นการพัฒนา ด้านความเข้าใจ เช่น การเรียนรู้ Abstraction และ Decomposition ผ่านวิดีโอและกรณีศึกษา ส่วนระดับการนำไปใช้ คิดเป็น 31% แสดงถึงความพยายามให้ครูนำความรู้ไปใช้จริง เช่น การเขียนโค้ดร่วมกับการสอน วิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ (Musaeus et al., 2023) อย่างไรก็ตาม ระดับที่สูงขึ้นอย่าง ด้านการสร้างสรรค และการประเมินผลยังพบได้น้อยมาก (7% และ 5% ตามลำดับ) ซึ่งสะท้อนถึงความท้าทายในการพัฒนาครูให้คิดอย่างสร้างสรรค์และประเมินการเรียนรู้ CT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yadav and Berges, 2019) เพื่อนำไปใช้สำหรับการพัฒนาชั้นเรียนให้มีมิติการเรียนรู้ที่สูงขึ้นต่อไป ดังนั้นโครงการพัฒนาครูในอนาคต ควรกำหนดเป้าหมายปลายทางที่ระดับประเมิน และสร้างสรรค์ตั้งแต่ต้นทางจากนั้นออกแบบลำดับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ค่อย ๆ ยกระดับจากกิจกรรมไม่ใช่คอมพิวเตอร์ไปสู่แบบบล็อก การสร้างแบบจำลองจากข้อมูลจริง และการสื่อสารเหตุผลของอัลกอริทึม เนื่องจากผลลัพธ์การเรียนรู้ดังกล่าวจัดเป็นกลไกสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานที่สูงขึ้นของชั้นเรียนได้

สำหรับกรอบ Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy ของ Weintrop (2016) งานวิจัยส่วนใหญ่ 52% เน้นด้าน การแก้ปัญหาเชิงคำนวณ เช่น การออกแบบอัลกอริทึมแก้ปัญหาด้วย Scratch หรือ Blockly ดังนั้นโครงการพัฒนาครูควรออกแบบเส้นทางการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาเชิงอัลกอริทึม ไปสู่การใช้ข้อมูลจริง การสร้าง ปรับแบบจำลอง และการอธิบายความหมายของแบบจำลองนั้น รองลงมาคือ ด้านการปฏิบัติทางข้อมูล คิดเป็น 21% เช่น การใช้ข้อมูลจากการทดลองในชั้นเรียนเพื่อทำกราฟหรือวิเคราะห์ผล ด้านการคิดเชิงระบบ คิดเป็น 17 % และด้านการสร้างแบบจำลองและการจำลอง คิดเป็น 10 % ซึ่งพบได้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับด้านอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นผลจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือและทักษะของครูที่ยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเพียงพอในด้านการสร้างแบบจำลองหรือการคิดเป็นระบบ แนวโน้มของการพัฒนาความรู้เชิงบูรณาการในโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพครูด้าน CT ยังเน้นที่ความเข้าใจเนื้อหาและกลยุทธ์การสอนมากกว่าการพัฒนาแนวคิดระดับสูงหรือการปฏิบัติเชิงลึก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Espinal et al. (2024) ที่ระบุว่า การออกแบบโปรแกรมส่วนใหญ่ยังเน้นการสร้างความรู้พื้นฐาน มากกว่าการส่งเสริมการออกแบบ การประเมิน หรือการเรียนรู้แบบ Self-Regulated Learning

ในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยของ Wongchai and Sawangmek (2023) ได้ชี้ให้เห็นถึงการจัดการเรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมเพื่อพัฒนาความก้าวหน้าด้านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นการเข้าใจเนื้อหาและรูปแบบการจัดกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนเป็นหลัก เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chongcharoen (2024) ที่เน้นการจัดการศึกษาดิจิทัลโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพของผู้เรียน โดยยังไม่ปรากฏแนวทางการพัฒนาความคิดขั้นสูงหรือการบูรณาการ CT อย่างชัดเจน

แนวโน้มการบูรณาการสำหรับการสอนเขียนโปรแกรมเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของครู

การสอนเขียนโปรแกรมถือเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านการคิดเชิงคำนวณ ของครูผู้สอน โดยเฉพาะในบริบทของการพัฒนาวิชาชีพสำหรับนักศึกษาครูใน

ระดับปริญญาตรีและครูประจำการในศตวรรษที่ 21 โดยแนวคิดเรื่อง CT ที่ริเริ่มโดย Wing (2017) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างเป็นระบบ แก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ และสื่อสารกับเทคโนโลยีได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกัน Papert (1996) ได้เสนอแนวทาง “Constructionism” ซึ่งเน้นว่าผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งซึ่งผ่านการสร้างสิ่งของที่มีความหมายต่อพวกเขาเอง ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับรูปแบบการสอนเขียนโปรแกรมในปัจจุบันที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในระดับต่าง ๆ ตามกรอบ ICAP (Chi, 2009) ได้แก่ Constructive และ Interactive

จากผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยฉบับนี้ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการสอนเขียนโปรแกรมมีความเชื่อมโยงกับระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในเชิงคุณภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกิจกรรมแบบ Unplugged Activities ได้รับความนิยมมากที่สุด โดยพบว่ามีส่วนกิจกรรมในระดับ Constructive คิดเป็น 36% และ Interactive คิดเป็น 12% รูปแบบกิจกรรมนี้มักเน้นการออกแบบกระบวนการคิดเชิงคำนวณผ่านสื่อที่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์ เช่น การตัดกระดาษ สร้างเกม หรือจำลองอัลกอริทึมด้วยการเคลื่อนไหวของร่างกาย ซึ่ง Brennan and Resnick (2012) ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมเหล่านี้สามารถกระตุ้นทั้งมิติของ Concepts (แนวคิด CT) Practices (การปฏิบัติ CT) และ Perspectives (มุมมองของผู้เรียนต่อ CT) ได้อย่างสมดุล อีกทั้งยังสามารถช่วยให้ครูที่ไม่มีพื้นฐานด้านคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจ CT ผ่านบริบทที่เป็นรูปธรรมได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้ง กิจกรรมแบบ Block-based Programming เช่น Scratch, MakeCode และ Blockly ปรากฏในงานวิจัยถึง 33% โดยมีการออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านการลากบล็อกคำสั่งมาสร้างโค้ดอย่างสร้างสรรค์ กิจกรรมส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้เน้นให้ครูเข้าใจตรรกะของโปรแกรมผ่านการลงมือปฏิบัติและการสะท้อนความเข้าใจในระดับ Constructive คิดเป็น 21% และ Interactive คิดเป็น 12% ตัวอย่างเช่น การออกแบบเกมการศึกษา การจำลองสถานการณ์ หรือการสร้างแบบจำลองสำหรับสื่อสารแนวคิด CT ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1996) ที่เน้นให้ผู้เรียน “เรียนรู้ผ่านการสร้าง (Learning-by-Making)” ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในกลุ่มครูสายวิชาอื่นที่นอกเหนือจากครูที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการคิดเชิงคำนวณ เช่น วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่ต้องการเครื่องมือสนับสนุน การบูรณาการ CT สำหรับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน และ กิจกรรมแบบ Text-based Programming ปรากฏในงานวิจัยเพียง 19% โดยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการส่งเสริมระดับ Constructive คิดเป็น 14% และ Interactive คิดเป็น 5% เท่านั้น ความท้าทายของรูปแบบนี้คือระดับความยากของเนื้อหาที่สูงขึ้น เช่น การเรียนรู้ภาษา Python หรือ Java ซึ่งต้องการความเข้าใจด้านไวยากรณ์และโครงสร้างโปรแกรมที่แม่นยำ (Weintrop et al., 2016; Brennan & Resnick, 2012) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยบางชิ้นได้แสดงให้เห็นว่า Text-based Programming มีศักยภาพสูงในการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การประเมินโค้ด และการสร้างชิ้นงานใหม่ (Monjela et al., 2022; Gabriele et al., 2021) ซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลายในระดับการฝึกอบรมครู จึงควรมีการส่งเสริมและบูรณาการด้านดังกล่าวเพื่อพัฒนาให้ครูมีศักยภาพที่สูงขึ้นต่อไป

การบูรณาการสำหรับการจัดการเรียนการสอน

การพัฒนาครูด้านคิดเชิงคำนวณควรออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ก้าวสู่ขั้นของการวิเคราะห์ ประเมิน และสร้างสรรค์ (Espinal et al., 2024; Yadav & Berges, 2019) โดยควรเริ่มจากเขียนโปรแกรมแบบไม่ใช่คอมพิวเตอร์ การใช้คำสั่งแบบบล็อก และการสร้างแบบจำลอง ตามลำดับเพื่อขยายจากการแก้ปัญหาไปสู่การคิดเชิงระบบโดยเน้นลำดับทักษะการอ่าน การอธิบาย และการปรับแก้เกี่ยวกับความเข้าใจเชิงอัลกอริทึม (Monjela et al., 2022; Gabriele et al., 2021) โดยผนวกเข้ากับสถานการณ์ปัญหาเชิงบริบทจริงของนักเรียน (Weintrop, 2016; Papert, 1996; Brennan & Resnick, 2012) อีกทั้งควรส่งเสริมการใช้ระบบพัฒนาวิชาชีพครูเพื่อให้ครูเกิดการแลกเปลี่ยนและสร้างองค์ความรู้ ด้านเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยี (Luo et al., 2023) ดังนั้น การบูรณาการสำหรับการจัดการเรียนการสอนในอนาคตควรพัฒนาโปรแกรมฝึกอบรมที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาครูให้ไปถึงผลลัพธ์การเรียนรู้ในระดับ TPACK หรือขั้นการคิดในระดับที่สูงขึ้นอย่าง การประเมินและความสร้างสรรค์ ควบคู่กับการบูรณาการกรอบคิดเชิงคำนวณในบริบทที่หลากหลายทางวัฒนธรรมต่อไป

■ บทสรุปจากการวิจัย

ผลการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบจำนวน 42 ผลงานที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มที่สำคัญในด้านผลลัพธ์การเรียนรู้จากโปรแกรมพัฒนาวิชาชีพสำหรับครูในบริบทของวิทยากรคำนวณ แบ่งออกเป็น 5 หัวข้อประกอบด้วย

1) ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด TPACK Model พบว่า 65% ให้ความสำคัญกับงานทางด้านยุทธวิธีการสอน ด้านเนื้อหา 19% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน เทคโนโลยีที่สามารถใช้พัฒนาความรู้ด้าน CT และ 16% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน ความรู้ ความเข้าใจด้าน CT ตามลำดับ

2) ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Bloom's Revised Taxonomy พบว่า 43% ให้ความสำคัญกับงานทางด้านความเข้าใจ 31% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การนำไปใช้ 14% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การวิเคราะห์ 7% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การสร้างสรรค์ และ 5% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การประเมินผล ตามลำดับ

3) ผลลัพธ์การเรียนรู้ตามกรอบแนวคิด Computational Thinking in Mathematics and Science Taxonomy พบว่า 52% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การแก้ปัญหาเชิงคำนวณ 21% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การปฏิบัติทางด้าน ข้อมูล 17% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การคิดเชิงระบบ และ 10% ให้ความสำคัญกับงานทางด้าน การสร้างแบบจำลอง และการจำลอง ตามลำดับ

4) รูปแบบสำหรับการสอนเขียนโปรแกรม จำแนกตามระดับการมีส่วนร่วมของผู้เรียน พบว่า รูปแบบกิจกรรม Unplugged Activities เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุดในงานวิจัย คิดเป็น 48% โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 36% และในระดับ Interactive จำนวน 12% รูปแบบกิจกรรม Block-based Programming คิดเป็น 33% โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 21% และในระดับ Interactive จำนวน 12% และรูปแบบกิจกรรม Text-based Programming คิดเป็น 19% โดยแบ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในระดับ Constructive จำนวน 14% และในระดับ Interactive จำนวน 5% ตามลำดับ

■ ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1) ครูผู้สอน: ออกแบบกิจกรรมที่เน้นประเด็น การวิเคราะห์ การประเมิน และการสร้างสรรค์ โดยควรออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับปัญหาในชีวิตจริง

2) ผู้พัฒนาโปรแกรม: กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ให้ครอบคลุมความรู้ด้านเนื้อหา วิธีสอน และเทคโนโลยีที่ช่วยการเรียนรู้ เพื่อนำไปสู่ระดับการเรียนรู้ที่สูงขึ้น เช่น การวิเคราะห์ และการประเมิน เป็นต้น

3) สำหรับผู้กำหนดนโยบาย: ส่งเสริม พัฒนา เผยแพร่สื่อและเทคโนโลยี เช่น แพลตฟอร์มเขียนโค้ด Text-based (Python, Java) หรือ Simulation Tools ที่ใช้งานง่ายและมีคู่มือประกอบ เพื่อสนับสนุนการนำไปใช้จริงในห้องเรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ครูผู้สอน: เก็บหลักฐานจากห้องเรียนจริง เพื่อติดตามการนำสิ่งที่อบรมไปใช้ และดูผลของการเรียนโค้ดตัวอักษรต่อทักษะประเมินและความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน

2) ผู้พัฒนาโปรแกรม: ทดลองบทเรียนที่เชื่อมจากบล็อกไปโค้ดตัวอักษรควบคุมเครื่องมือจำลอง พร้อมพัฒนาและทดสอบเครื่องมือวัดการคิดเชิงคำนวณที่ประเมินได้หลายด้าน

3) ผู้กำหนดนโยบาย: สนับสนุนวิจัยเชิงออกแบบร่วมโรงเรียนในบริบททรัพยากรจำกัด จัดทุนและมาตรฐานเครื่องมือวัด และผลักดันให้ผลวิจัยถูกใช้จริงและขยายต่อ

■ References

- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). A K–6 computational thinking curriculum framework: Implications for teacher knowledge. *Educational Technology & Society*, 19(3), 47–57.
- Armstrong, P. (2010). *Bloom's Taxonomy*. Vanderbilt University Center for Teaching. <https://cft.vanderbilt.edu/guidesub-pages/blooms-taxonomy>.
- Barr, V., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20–23.
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. In Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA), Vancouver, Canada.
- Chongcharoen, K. (2024). Digital school management: A case study of successful schools for integrating digital technology to develop the quality of learners. *Journal of MCU Philosophy Review*, 7(1), 75–88.
- Chetiyawan, N., & Chenaksara, N. (2024). The administration of computing science subject. *Journal of MCU Philosophy Review*, 7(1), 75–88.
- Chi, M. T. H. (2009). Active-constructive-interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 73–105. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x>
- Çiftçi, S., & Topçu, A. (2023). Investigating the impact of a professional development program on preservice teachers' computational thinking skills and teaching self-efficacy. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3487–3510. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11420-z>
- Espinal, A., Pinto, G., Ochoa, S. F., Vinueza, M., & Robles, H. (2024). A systematic literature review of professional development programs for teachers in computational thinking. *ACM Transactions on Computing Education*, 24(2), Article 27. <https://doi.org/10.1145/3632144>
- Feurzeig, W., & Lukas, G. (1972). *Logo programming language*. Bolt, Beranek and Newman Inc.
- Gabriele, F., Ottaviano, S., & Santangelo, V. (2021). Teaching computational thinking: Teacher training and evaluation. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 17(1), 73–81. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1135314>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Lee, S. J., Francom, G. M., & Nuatomue, J. (2022). Computer science education and K-12 students' computational thinking: A systematic review. *International Journal of Educational Research*, 114, <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102008>

- Luo, Y., Lee, J., & Recker, M. (2023). Designing learning activities for teachers to integrate computational thinking into K–12 classrooms. *Computers & Education*, 197. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104731>
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and core contents of science areas (the B.E. 2560 (A.D. 2017) revised version) based on Thailand's basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Office of the Basic Education Commission.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Monjelat, N., Cúneo, C., & Ibañez, J. (2022). Development of pedagogical content knowledge in computational thinking: A proposal of teacher training with Scratch. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 11(1), 55–72. <https://doi.org/10.7821/naer.2022.1.755>
- Musaeus, P., Misfeldt, M., Ejning-Duun, S., & Mosgaard, M. A. (2023). Teacher professional development in computational thinking: A review of studies. *Education and Information Technologies*, 28, 8473–8500. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11855-5>
- OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). <https://www.voced.edu.au/content/ngv%3A79286>
- Papert, S. (1996). *The connected family: Bridging the digital generation gap*. Longstreet Press.
- Petticrew, M., and Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- G. P. Wiggins, and J. McTighe. 2005. *Understanding by Design*. ASCD.
- Wang, X., Wu, Y., Wang, H., & Chen, G. (2019). Professional development for K-12 teachers to promote computational thinking: A literature review. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(5), 1223–1238. <https://doi.org/10.1002/cae.22114>
- Wiggins, G. P., and McTighe, J. (2005). *Understanding by design*. ASCD.
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., and Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education. *Communications of the ACM*, 60(4), 33–35. <https://doi.org/10.1145/2994591>
- Wongchai, C., & Sawangmek, S. (2023). Guidelines for enhancing learning progress in science about living things for 4th grade students using adaptive learning with board games. *Journal of Graduate Research*, 14(2), 50–65.
- Yadav, A., & Berges, M. (2019). Computer science pedagogical content knowledge. *ACM Transactions on Computing Education*, 19(3), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3303770>