

Instructional Guidelines for Promoting Computational Thinking of Lower Secondary Students

แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

Watcharaporn Puengpo* and Charinee Triwaranyu

วัชรารมณ์ พึ่งโพธิ์ และ ชาริณี ตริวารัญญ์

Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

*Corresponding author: watcharaporn@sbp.ac.th

Received May 6, 2025 ■ Revised July 9, 2025 ■ Accepted July 14, 2025 ■ Published December 4, 2025

Abstract

This study aimed to propose instructional guidelines for promoting computational thinking of lower secondary school students. The research was conducted in three phases: 1) investigating instructional guidelines through structured interviews with five experts and stakeholders, 2) synthesizing relevant instructional guidelines from 21 research studies using a structured research data extraction form; and 3) presenting a complete set of instructional guidelines validated through a focus group discussion involving five experts and stakeholders, using a standardized focus group protocol. Data from all three phases were analyzed using content analysis. The findings indicated five key areas for instructional guidelines: 1) Learning objectives should explicitly include key features of computational thinking components. 2) Contents should be contextualized, connected to real-life situations, and age-appropriate for students. 3) Learning management should emphasize student-centered and constructivist approaches through instructional methods that promote hands-on activities and the use of effective questioning techniques. 4) Learning media and resources should include both unplugged and plugged activities to achieve positive effects. 5) Measurement and evaluation should focus on competency-based assessment, emphasizing the evaluation of thinking processes rather than solely outcomes and utilizing scenario-based assessments that provide constructive feedback or suggestions to students.

Keywords: instructional guidelines, computational thinking, lower secondary students

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น การดำเนินการวิจัยมี 3 ระยะ ได้แก่ 1) การศึกษาแนวทางจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง 2) การสังเคราะห์แนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 21 เรื่อง โดยใช้แบบบันทึกข้อมูลงานวิจัย และ 3) การนำเสนอแนวทางฉบับสมบูรณ์ที่ผ่านการตรวจสอบจากการสนทนากลุ่มโดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม การวิจัยทั้งสามระยะนี้มีกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 5 ด้าน มีดังนี้ 1) ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ควรปรากฏคุณลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ด้วยเสมอ 2) ด้านการกำหนดเนื้อหา ควรใช้เนื้อหาที่มีบริบท/สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ใช้วิธีสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ควรใช้สื่อการเรียนรู้ทั้งที่มีลักษณะไม่ใช้คอมพิวเตอร์ (Unplugged) และใช้คอมพิวเตอร์ (Plugged) จึงจะทำให้ได้ผลดี และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล ควรวัดในเชิงสมรรถนะและเน้นไปที่การวัดกระบวนการคิดมากกว่าการวัดสิ่งที่ผลลัพธ์ ใช้แบบวัดที่เน้นสถานการณ์ และให้ข้อมูลป้อนกลับหรือคำแนะนำแก่นักเรียน

คำสำคัญ: แนวทางการจัดการเรียนการสอน, การคิดเชิงคำนวณ, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

บทนำ (Introduction)

ปัจจุบันหลายประเทศตระหนักถึงความสำคัญของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี จึงได้ปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะด้านคอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ อันเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต (Falloon, 2016) สำหรับประเทศไทย กระทรวงศึกษาธิการได้มีการปรับเปลี่ยนหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารไปสู่หลักสูตรวิทยาการคำนวณ (Computing science) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน และมีทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational thinking) ซึ่งนักเรียนสามารถนำทักษะนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ จากงานวิจัยของ Tekdal (2021) พบว่า

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015 เป็นต้นมา มีจำนวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีการบูรณาการแนวคิดนี้ในการเรียนการสอนของหลากหลายสาขาวิชาในทุกระดับชั้น มีการบรรจุการคิดเชิงคำนวณไว้ในหลักสูตรและการทดสอบระดับนานาชาติ เช่น การแข่งขันบีบราส (Bebras) ซึ่งเป็นกิจกรรมระดับโลกที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนในหลากหลายช่วงอายุ โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA รอบการประเมินปัจจุบัน PISA 2022 ก็ได้รวมการคิดเชิงคำนวณเข้ากับคณิตศาสตร์เป็นครั้งแรก และใน PISA 2025 จะมีการประเมินเพิ่มเติมด้านการเรียนรู้ในโลกดิจิทัล โดยจะมุ่งเน้นที่การประเมินการคิดเชิงคำนวณอีกด้วย (Code, 2023)

การคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นช่วงวัยที่นักเรียนกำลังพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ทักษะการคิดเชิงคำนวณเป็นรากฐานสำคัญที่เอื้อต่อการเรียนรู้ในหลากหลายวิชา ไม่เพียงเฉพาะในรายวิชาที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการคิดวิเคราะห์ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังรวมถึงรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารอย่างภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตลอดจนรายวิชาอื่น ๆ เช่น สังคมศึกษา การงานอาชีพ สุขศึกษา และพลศึกษา เป็นต้น ซึ่งสามารถบูรณาการทักษะการคิดเชิงคำนวณนี้เข้าไปในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณยังช่วยสร้างพื้นฐานในการเรียนรู้ด้านปัญญาประดิษฐ์ (AI) วิทยาการข้อมูล (Data science) และนวัตกรรมดิจิทัล ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่มีบทบาทสำคัญในโลกยุคปัจจุบันและอนาคต อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในสังคมดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการคิดเชิงคำนวณจะได้รับการส่งเสริมผ่านสาระวิชาวิทยาการคำนวณเป็นหลัก แต่ในทางปฏิบัติกลับพบว่า ยังมีข้อจำกัดในด้านเวลาเรียนและเนื้อหาที่เน้นเฉพาะด้านการเขียนโปรแกรม และขาดการบูรณาการกับรายวิชาอื่นอย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุนี้ จึงมีความจำเป็นที่ครูผู้สอนในรายวิชาอื่น ๆ ควรตระหนักถึงความสำคัญของการคิดเชิงคำนวณ และบูรณาการทักษะนี้เข้ากับการเรียนการสอนของตนเอง และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการสร้างและฝึกฝนกระบวนการคิดเหล่านี้อย่างต่อเนื่องและครอบคลุมทุกรายวิชา เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในบริบทที่หลากหลาย (Yadav et al., 2017) ทั้งนี้การคิดเชิงคำนวณยังเป็นทักษะที่บุคคลต้องได้รับการส่งเสริมตั้งแต่ระดับอนุบาลจนถึงระดับมัธยมศึกษา เพื่อให้สามารถเป็นพลเมืองในระบบการศึกษาและเศรษฐกิจดิจิทัล (Smith, 2016)

การจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในบทบาทของครูผู้สอน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะของนักเรียน ในต่างประเทศมีงานวิจัยเชิงทดลองจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ ดังเห็นได้จากงานวิจัยของ Chen et al. (2022) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนการสอนในภาพรวมที่มีต่อการคิดเชิงคำนวณ แต่ยังคงขาดงานวิจัยที่ศึกษาหรือนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ โดยเฉพาะ ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนควรเป็นแนวทางที่ชัดเจน ครอบคลุม และยืดหยุ่นต่อการนำไปปรับใช้ในรายวิชาต่าง ๆ โดยไม่จำกัดเฉพาะวิชาคอมพิวเตอร์เท่านั้น ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนนั้นจะต้องมีการศึกษาและวางแผนอย่างรอบคอบ เพื่อให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณให้ได้มากที่สุด จึงทำให้ผู้วิจัย

สนใจที่จะศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นกลุ่มนักเรียนที่อยู่ในหลักสูตรการศึกษาภาคบังคับ และควรได้รับการจัดการเรียนการสอนที่ดีให้มีความรู้และทักษะที่สำคัญเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาที่ประสบความสำเร็จในระดับขั้นที่สูงขึ้น รวมถึงการดำรงชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต โดยแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้นนั้น มาจาก 1) แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และ 2) แนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูโรงเรียน และหน่วยงานทางการศึกษาในการนำไปใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objective)

เพื่อนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

การคิดเชิงคำนวณมีจุดเริ่มต้นจาก Seymour Papert นักคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ ซึ่งเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดของคอมพิวเตอร์ในการส่งเสริมการเรียนรู้ ต่อมา Jeannette Wing ได้ขยายแนวคิดดังกล่าวและเผยแพร่สู่แวดวงการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเสนอว่าการคิดเชิงคำนวณเป็นทักษะพื้นฐานสำหรับทุกคน ไม่จำกัดเฉพาะนักวิทยาการคอมพิวเตอร์เท่านั้น (Shute et al., 2017; Wing, 2006) การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง กระบวนการคิดหรือวิธีคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่หลากหลาย โดยมีการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล เพื่อให้ได้แนวทางในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ (Angeli & Giannakos, 2020; Wing, 2006)

จากการศึกษาของ Csizmadia et al. (2015) and Porzak and Psomos (2023) พบว่า การคิดเชิงคำนวณมีองค์ประกอบสำคัญ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การแบ่งปัญหาใหญ่เป็นปัญหาย่อย (Decomposition) เป็นกระบวนการย่อยปัญหาที่ใหญ่และยากออกเป็นขั้นตอนหรือส่วนที่เล็กลงเพื่อจัดการได้ง่ายขึ้น 2) การจดจำรูปแบบ (Pattern recognition) เป็นการค้นหาคำคล้ายคลึงกันของปัญหาในแต่ละส่วน 3) การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction) เป็นการระบุและสรุปข้อมูลที่สำคัญ โดยไม่สนใจรายละเอียดที่ไม่เกี่ยวข้องและไม่จำเป็น 4) การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithms) เป็นการกำหนดขั้นตอนวิธีที่ต้องดำเนินการ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ และ 5) การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับ

สิ่งที่ต้องการหรือไม่ รวมถึงการเปรียบเทียบว่าวิธีการใดมีผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

การส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณในบริบททางการศึกษาจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ งานวิจัยจำนวนมากสนับสนุนว่าการจัดกิจกรรมแบบ Problem-based learning (PBL), Project-based learning (PjBL), Game-based learning และกิจกรรมการเขียนโปรแกรมหรือใช้เครื่องมือดิจิทัล เช่น Scratch, Blockly หรือ Micro:bit สามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ (Brennan & Resnick, 2012; Grover & Pea, 2013)

เพื่อให้เกิดการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ จึงจำเป็นต้องพิจารณาร่วมกับแนวคิดด้านการออกแบบการเรียนรู้นักวิชาการ โดย Ornstein and Hunkins (2009) ได้นำเสนอขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Taba ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาความต้องการและความจำเป็นเพื่อออกแบบหลักสูตร การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การคัดเลือกเนื้อหา การจัดลำดับเนื้อหาโดยคำนึงถึงช่วงวัยและความสนใจของนักเรียน การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ในทำนองเดียวกัน Jaiteang (2010) ได้จำแนกองค์ประกอบของการสอน

ออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านองค์ประกอบรวม ประกอบด้วย ครูหรือผู้สอน นักเรียนหรือผู้เรียน หลักสูตรหรือสิ่งที่จะสอน และด้านองค์ประกอบย่อย ประกอบด้วย การตั้งจุดประสงค์ของการสอน การกำหนดเนื้อหา การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน การใช้สื่อการสอน และการวัดและประเมินผล ทั้งสองแนวคิดนี้มีความสอดคล้องกัน และเมื่อพิจารณาร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจึงสามารถจัดหมวดหมู่ของแนวทางการจัดการการเรียนการสอนออกเป็น 5 ด้านสำคัญ ดังนี้ 1) ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านการกำหนดเนื้อหา 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล

■ วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

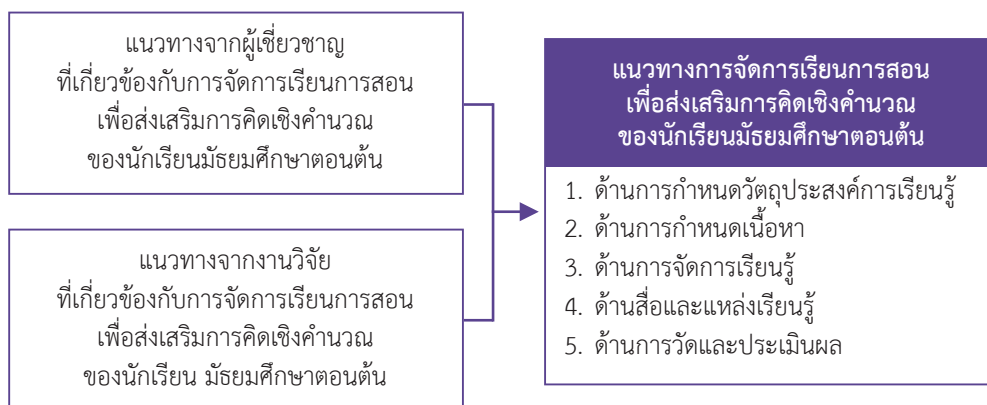
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้คำจำกัดความ องค์ประกอบ และแนวทางตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้แนวทางทั้งจากบริบทไทยและต่างประเทศ พร้อมตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ และนำไปสังเคราะห์เป็นแนวทาง (ฉบับร่าง) เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบรับรองแนวทางดังกล่าว ผ่านการจัดสนทนากลุ่มแล้วนำเสนอแนวทาง (ฉบับสมบูรณ์) ซึ่งมีรายละเอียดของกรอบแนวคิดการวิจัยและขั้นตอนการวิจัยดังนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

Figure 1

Conceptual Framework

กรอบแนวคิดการวิจัย



ขั้นตอนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมี 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

1. กลุ่มเป้าหมาย

ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษา

ตอนต้น จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ครูผู้สอนรายวิชาวิทยาการคำนวณที่มีงานวิจัยด้านการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 1 ท่าน นักวิชาการสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน และอาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญและมีความรู้ด้านการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 3 ท่าน

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

2.1.1 สืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้น

วิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสารต่าง ๆ เพื่อให้มีกรอบแนวคิดที่ชัดเจนและสามารถนำไปใช้กำหนดเป็นข้อคำถามเพื่อสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์แบบเป็นทางการ โดยใช้แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง

2.1.2 ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทางด้านความครอบคลุมเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยโดยนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามรายข้อ (IOC) พบว่า แบบสัมภาษณ์มีค่า IOC เท่ากับ 0.98 ซึ่งมีค่าดัชนีมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้

2.1.3 นำแบบสัมภาษณ์ที่แก้ไขแล้วตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแบบสัมภาษณ์จนสมบูรณ์

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 ติดต่อประสานงานไปยังผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเพื่อขอสัมภาษณ์ตามประเด็นที่กำหนด พร้อมทั้งส่งแบบสัมภาษณ์ให้ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องล่วงหน้า

2.2.2 สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยด้วยตนเอง

2.2.3 สรุปการสัมภาษณ์ ตรวจสอบคำตอบที่ได้จากการสัมภาษณ์ว่ามีความเข้าใจตรงกันหรือไม่

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยนี้ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จากนั้นนำมาสังเคราะห์และจัดหมวดหมู่ข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 2 การสังเคราะห์แนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

1. กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยเชิงทดลองทั้งของไทยและต่างประเทศที่

เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกงานวิจัย ดังนี้

1.1 เป็นงานวิจัยที่เผยแพร่ในช่วง 5 ปีย้อนหลัง (พ.ศ. 2563-2567 หรือ ค.ศ. 2020-2024) เนื่องจากเป็นช่วงปีที่มีการตีพิมพ์และการอ้างอิงการวิจัยเกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณในจำนวนมาก

1.2 อยู่ในฐานข้อมูลระดับชาติและนานาชาติที่ ก.พ.อ. กำหนด ได้แก่ TCI, Scopus, Web of Science, ERIC และอยู่ในฐานข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้รับการยอมรับและมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณ ได้แก่ IEEE, ScienceDirect, Google Scholar และ Taylor and Francis

1.3 สามารถเข้าถึงเอกสารฉบับเต็มได้ (Open access)

1.4 กลุ่มเป้าหมาย/ตัวอย่างในงานวิจัย เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

ทั้งนี้จากการคัดเลือกรงานวิจัยตามเกณฑ์ที่กำหนดพบว่า มีงานวิจัยที่เข้าข่ายตามเกณฑ์การคัดเลือก จำนวน 21 เรื่อง แบ่งออกเป็น งานวิจัยของไทย จำนวน 9 เรื่อง (ร้อยละ 42.86) งานวิจัยของต่างประเทศ จำนวน 12 เรื่อง (ร้อยละ 57.14) ซึ่งประกอบด้วย ประเทศสหรัฐอเมริกา มาเลเซีย ตุรกี จีน สิงคโปร์ สโลวาเกีย และสเปน โดยฐานข้อมูลที่ปรากฏงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากที่สุด คือ TCI จำนวน 9 เรื่อง (ร้อยละ 42.86) รองลงมา Scopus จำนวน 5 เรื่อง (ร้อยละ 23.81) Science Direct จำนวน 3 เรื่อง (ร้อยละ 14.29) Taylor and Francis จำนวน 2 เรื่อง (ร้อยละ 9.52) Google Scholar และ ERIC อย่างละ 1 เรื่อง (ร้อยละ 4.76) และไม่พบงานวิจัยที่เข้าข่ายตามเกณฑ์การคัดเลือกในฐานข้อมูล Web of Science และ IEEE

นอกจากนี้ ปีที่ตีพิมพ์งานวิจัยมากที่สุด คือ ปี พ.ศ. 2564 รองลงมา ปี พ.ศ. 2565 และ 2566 สาขาที่ผลิตงานวิจัยมากที่สุด คือ การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รองลงมา การศึกษา (Education) รายวิชาที่สอนที่พบมากที่สุด คือ วิทยาการคำนวณ และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รองลงมา คณิตศาสตร์ ระดับชั้นเรียนของนักเรียนที่พบมากที่สุด คือ มัธยมศึกษาปีที่ 1 รองลงมา มัธยมศึกษาตอนต้น จำนวนคาบเรียนที่ใช้ในงานวิจัยมากที่สุด คือ 5-10 คาบ รองลงมา 11-15 คาบ รายละเอียดดัง Table 1

Table 1

Number of Research Studies Found Based on the Studied Topics in the Areas of Publication and Learning Management
จำนวนงานวิจัยที่ค้นพบตามประเด็นที่ศึกษาในด้านการตีพิมพ์และการจัดการเรียนรู้

ประเด็นที่ศึกษา	จำนวนงานวิจัย	ร้อยละ
ปีที่ตีพิมพ์		
พ.ศ. 2563	2	9.52
พ.ศ. 2564	7	33.33
พ.ศ. 2565	5	23.81

Table 1
(continued)

ประเด็นที่ศึกษา	จำนวนงานวิจัย	ร้อยละ
พ.ศ. 2566	5	23.81
พ.ศ. 2567	2	9.52
สาขาที่ผลิตงานวิจัย		
หลักสูตรและการสอน	3	14.29
การศึกษา (Education)	4	19.05
เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา	3	14.29
การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	7	33.33
การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์	3	14.29
สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์	1	4.76
รายวิชาที่สอน		
วิทยาการคำนวณ	7	33.33
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	7	33.33
คณิตศาสตร์	6	28.57
ไม่ได้ระบุรายวิชาเฉพาะเจาะจง	1	4.76
ระดับชั้นเรียน		
มัธยมศึกษาปีที่ 1	8	38.10
มัธยมศึกษาปีที่ 2	5	23.81
มัธยมศึกษาปีที่ 3	2	9.52
มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-3)	6	28.57
จำนวนคาบเรียน		
น้อยกว่า 5 คาบ	3	14.29
5-10 คาบ	9	42.86
11-15 คาบ	4	19.05
16-20 คาบ	3	14.29
21-25 คาบ	2	9.52
รวม	21	100

2. การดำเนินการวิจัย

2.1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

2.1.1 สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลของงานวิจัย

2.1.2 ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทางด้านความครอบคลุมเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านพิจารณา ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิชุดเดียวกันกับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยในระยะที่ 1 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยโดยนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามรายชื่อ (IOC) พบว่า แบบบันทึกข้อมูลของงานวิจัยมีค่า IOC เท่ากับ 0.97 ซึ่งมีค่าดัชนีมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้

2.1.3 นำแบบบันทึกข้อมูลงานวิจัยที่แก้ไขแล้วตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาแบบบันทึกข้อมูลของงานวิจัยจนสมบูรณ์

2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.1 คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างงานวิจัย โดยพิจารณาตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างงานวิจัยที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.2.2 อ่านและทำความเข้าใจบริบทของกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยแต่ละเรื่องอย่างละเอียด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์เนื้อหาและสังเคราะห์แนวทางที่ปรากฏในงานวิจัยได้อย่างถูกต้อง

2.2.3 เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยในแต่ละเรื่อง โดยใช้เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามประเด็นสำคัญทั้งในด้านข้อมูลทั่วไปของงานวิจัย และด้านรายละเอียดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

2.2.4 จำแนกข้อมูลที่รวบรวมมาทั้งหมดให้เป็นหมวดหมู่ จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาจุดร่วมและจุดต่างที่ปรากฏในแต่ละงานวิจัย ซึ่งช่วยให้สามารถสังเคราะห์ข้อค้นพบเชิงลึกที่สะท้อนถึงแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ

2.2.5 สังเคราะห์และจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่ได้เพื่อสรุปและพัฒนาเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระบายนี้นักวิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหาที่ได้จากการสังเคราะห์แนวทางจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้ในการร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

ระยะที่ 3 การจัดสนทนากลุ่มเพื่อตรวจสอบและนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับสมบูรณ์

1. นำข้อมูลที่ได้จากระยะที่ 1 และ 2 มาใช้ในการสังเคราะห์และร่างแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยนำเสนอ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านการกำหนดเนื้อหา 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล

2. จัดสนทนากลุ่ม (Focus group) เพื่อพิจารณาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับร่าง โดยผู้ทรงคุณวุฒิและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย อาจารย์มหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญและมีงานวิจัยด้านการคิดเชิงคำนวณ จำนวน 2 ท่าน นักวิชาการสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 1 ท่าน และครูผู้สอนรายวิชาวิทยาการคำนวณที่มีประสบการณ์ในการสอน 10 ปีขึ้นไป จำนวน 2 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม มีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือทางด้านความครอบคลุมเนื้อหา ความถูกต้อง และความเหมาะสม โดยเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านพิจารณาซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิชุดเดียวกันกับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยในระยะที่ 1 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยโดยนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามรายข้อ (IOC) พบว่า แบบบันทึกการสนทนากลุ่มมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ซึ่งมีค่าดัชนีมากกว่า 0.5 ขึ้นไป ดังนั้นจึงสามารถนำไปใช้ได้

3. นำข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม มาสรุป เรียบเรียง และนำเสนอเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับสมบูรณ์

ผลการวิจัย (Results)

งานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ออกเป็น 3 ตอนตามระยะของการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 5 ท่าน ผู้วิจัยขอเสนอข้อค้นพบที่ได้ออกเป็น 2 ข้อย่อย ได้แก่ 1.1 คำจำกัดความองค์ประกอบ และพฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นการอธิบายลักษณะและขอบเขตของการคิดเชิงคำนวณ เพื่อเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนสามารถศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคำนวณได้อย่างรอบด้าน ก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ และ 1.2 แนวทางตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องมีสาระสำคัญ ดังนี้

1.1 คำจำกัดความ องค์ประกอบ และพฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคำนวณ

ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านให้ความเห็นตรงกันว่า การคิดเชิงคำนวณสามารถเป็นได้ทั้งกระบวนการคิด (Thinking process) หรือทักษะการคิด (Thinking skill) หรือความสามารถในการคิด (Thinking ability) หรือสมรรถนะการคิด (Thinking competency) ขึ้นอยู่กับบริบทของการนำไปใช้ อาทิ ในบริบทของการสอนวิชาวิทยาการคำนวณระดับประถมและมัธยมศึกษา การคิดเชิงคำนวณมักถูกมองว่าเป็นกระบวนการ ทักษะ หรือความสามารถในการคิดที่นักเรียนควรฝึกฝน ขณะที่ในบริบทของการเรียนรู้ระดับอุดมศึกษา โดยเฉพาะในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ การคิดเชิงคำนวณมักถูกตีความเป็นสมรรถนะการคิด ที่บูรณาการทั้งความรู้ ทักษะ และเจตคติในการแก้ปัญหาซับซ้อนด้วยเทคโนโลยี ทั้งนี้ ถ้าขาดบางองค์ประกอบไปจะไม่ถือว่าเป็นชุดการคิดเชิงคำนวณ เนื่องจาก 1) เราจะมองการคิดเชิงคำนวณในภาพรวมมากกว่าการแยกดูแต่ละองค์ประกอบ 2) ในปัญหาหรือสถานการณ์บางอย่างอาจมีการให้ข้อมูลในบางองค์ประกอบมาแล้ว ผู้ที่ใช้การคิดเชิงคำนวณจึงอาจไม่จำเป็นต้องใช้ความสามารถหรือแสดงออกซึ่งองค์ประกอบนั้น ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบเจอและความเชี่ยวชาญในแต่ละองค์ประกอบของผู้แก้ปัญหา แต่องค์ประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้เลย คือการออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms) เพราะสุดท้ายแล้วการคิดเชิงคำนวณจะต้องได้ขั้นตอนวิธีออกมา จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน ผู้วิจัยได้นิยามความหมายของการคิดเชิงคำนวณและกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ สรุปได้ตาม Table 2

การคิดเชิงคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ โดยมีการคิดวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล เพื่อให้ได้แนวทางในการหาคำตอบและแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำไปสื่อสารให้มนุษย์และคอมพิวเตอร์ปฏิบัติตามและแก้ไขปัญหาได้

Table 2

Components, Definitions, Behavioral Indicator and Example Activities of Computational Thinking

องค์ประกอบ คำจำกัดความ พฤติกรรมบ่งชี้ และตัวอย่างกิจกรรมของการคิดเชิงคำนวณ

องค์ประกอบ	คำจำกัดความ	พฤติกรรมบ่งชี้	ตัวอย่าง
การแยกส่วนประกอบ (Decomposition)	เป็นการจำแนกข้อมูลทั้งหมดออกเป็น ส่วน ๆ หรือการพิจารณาและแบ่งปัญหา/งาน/ส่วนประกอบใหญ่ออกเป็นส่วนย่อย เพื่อให้ความซับซ้อนของปัญหา/งานลดลงง่ายต่อการเข้าถึง จัดการ ประมวลผล และวิเคราะห์	■ พิจารณาและแบ่งปัญหา/งาน/ส่วนประกอบทั้งหมดออกเป็นส่วนย่อย ■ ระบุส่วนประกอบที่สำคัญของปัญหา/งานได้อย่างชัดเจน	■ คณิตศาสตร์: การหาผลบวกตั้งแต่ 1-200 โดยพิจารณาและแบ่งการหาผลบวกทีละคู่ เช่น $1 + 200 = 201$ $2 + 199 = 201$ ■ การงานอาชีพ: ระบุส่วนผสมและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวุ้นแบบต่าง ๆ เช่น วุ้น แม่พิมพ์
การพิจารณารูปแบบ (Pattern recognition and generalization)	เป็นการมองหาแบบแผน แนวโน้ม ความสัมพันธ์หรือลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และเชื่อมโยงกัน เพื่อกำหนดความเหมือน ความต่าง และมองเห็นภาพรวมของข้อมูลและปัญหานั้น ๆ ซึ่งนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากแบบแผนเดิมในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน	■ อธิบายรายละเอียด ความเหมือน ความต่าง หรือลักษณะที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ และเชื่อมโยงกัน ■ ระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของปัญหา/งาน ■ ทำนายแนวโน้มของคำตอบโดยสังเกตจากรูปแบบหรือความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น	■ คณิตศาสตร์: หาความสัมพันธ์ของผลบวกที่ได้แต่ละคู่ จะเห็นถึงความสัมพันธ์ลักษณะที่เชื่อมโยงกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละคู่มีผลบวกเท่ากับ 201 และมีทั้งหมด 100 คู่ ■ การงานอาชีพ: หาความเหมือน ความต่างของส่วนผสมที่ใช้ในการทำวุ้นแบบต่าง ๆ เช่น วุ้นกะทิ วุ้นน้ำหวาน เป็นต้น
การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction)	เป็นการแยกรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น สรุปความคิดรวบยอด หรือการสร้างแบบจำลองของข้อมูลระบบ หรือปัญหา เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบขั้นตอนวิธี	■ แยกรายละเอียดที่สำคัญและจำเป็นออกจากรายละเอียดที่ไม่จำเป็น ■ สรุปความคิดรวบยอด ■ สร้างแบบจำลองของข้อมูลระบบ หรือปัญหา	■ คณิตศาสตร์: ไม่จำเป็นต้องบวกตัวเลขทั้งหมดทีละตัว เช่น $1 + 2 + 3 + \dots + 200$) แต่ใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ คือ (ผลบวกของแต่ละคู่) $\times$ (จำนวนคู่) = ผลลัพธ์ เช่น $(1 + 200) \times (200 \div 2) = 20,100$ ■ การงานอาชีพ: พิจารณาเฉพาะส่วนประกอบที่มีผลต่อคุณภาพวุ้น และตัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออก
การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithms)	เป็นการออกแบบกระบวนการหาคำตอบอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย	ออกแบบ สร้าง และเขียนขั้นตอนวิธีโดยจัดเรียงลำดับขั้นตอนวิธีตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย	■ คณิตศาสตร์: ออกแบบขั้นตอนวิธีการหาผลบวกตั้งแต่ 1–200 ■ การงานอาชีพ: ออกแบบขั้นตอนวิธีการทำวุ้นกะทิ
การประเมินผล (Evaluation)	เป็นการทดสอบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบ ค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาดของขั้นตอนวิธีนั้น รวมถึงการเปรียบเทียบว่าขั้นตอนวิธีใดที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดและเป็นไปตามเงื่อนไขหรือจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังเป็นการนำขั้นตอนวิธีเดิมไปใช้กับปัญหา/งานใหม่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน	■ ทดสอบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบ พร้อมทั้งค้นหาและแก้ไขข้อผิดพลาดของขั้นตอนวิธีนั้น ■ นำขั้นตอนวิธีเดิมไปใช้กับปัญหา/งานใหม่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน	■ คณิตศาสตร์: นำขั้นตอนวิธีการหาผลบวกตั้งแต่ 1–200 ไปใช้ในการหาผลบวกจำนวนอื่น ๆ เช่น หาผลบวกตั้งแต่ 1–1,000 ■ การงานอาชีพ: นำขั้นตอนวิธีการทำวุ้นกะทิไปใช้ในการทำวุ้นแบบอื่น ๆ

ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญทุกท่านให้ความเห็นสอดคล้องตรงกันว่า “ไม่จำเป็นต้องสอนเรียงตามองค์ประกอบ สามารถสอนแยกหรือผสมผสานองค์ประกอบกันได้ สลับองค์ประกอบไปมาได้ และในบางองค์ประกอบก็สามารถที่จะทำไปพร้อมกันและทำที่ครั้งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทของปัญหาหรือสถานการณ์ที่พบเจอและความเชี่ยวชาญในแต่ละองค์ประกอบของผู้แก้ปัญหา” (Experts’ Interview, June, 2024)

1.2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ ดังนี้

การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ควรสอดคล้องกับเป้าหมายของหลักสูตรในแต่ละช่วงชั้น โดยบูรณาการกับการเรียนรู้และส่งเสริมการปฏิบัติจริงมากกว่าการท่องจำ ทั้งนี้ไม่ว่าจะใช้กรอบแนวคิด KPA (Knowledge, Process skill, Attitudes) หรือตามฐานสมรรถนะ ก็ควรสะท้อนคุณลักษณะที่สำคัญของการคิดเชิงคำนวณสำหรับการกำหนดเนื้อหา ควรเลือกเนื้อหาที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้ครบทุกองค์ประกอบหรือบางองค์ประกอบ มีการบูรณาการระหว่างรายวิชา และเชื่อมโยงกับบริบทชีวิตจริงที่เหมาะสมกับวัยของนักเรียน เช่น การสอนเกี่ยวกับแผนที่ประเทศไทย “เราอยากจะไป 10 จังหวัดทั่วภาคอีสาน และบ้านเราอยู่ริมแม่น้ำ เราจะเดินทางอย่างไรโดยใช้น้ำมันน้อยที่สุด” สำหรับการจัดการเรียนรู้ควรยึดหลักการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ใช้บริบทของปัญหาที่ท้าทายและสนุกสนานเพื่อสร้างแรงจูงใจ เน้นจัดกิจกรรมเชิงรุกที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและสามารถอธิบายหรือถ่ายทอดขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ควรใช้เทคนิคการสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ เช่น การตั้งคำถามและการใช้ผังกราฟิก สำหรับสื่อและแหล่งเรียนรู้ ควรใช้สื่อการเรียนรู้ทั้งที่มีลักษณะไม่ใช่คอมพิวเตอร์และใช้คอมพิวเตอร์จึงจะทำให้ได้ผลดี โดยสื่อการเรียนรู้ที่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์จะเหมาะกับการสอนโน้ตบุ๊ก หรือแนวคิดที่มีความเป็นนามธรรม ส่วนสื่อการเรียนรู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ที่ไม่ซับซ้อนมากนัก จะช่วยพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในระดับที่สูงขึ้น สุดท้าย การวัดและประเมินผล ควรมุ่งเน้นการประเมินกระบวนการคิดมากกว่าผลลัพธ์ ใช้เครื่องมือและวิธีการที่หลากหลาย ไม่จำกัดเพียงการสอบ แต่รวมถึงการประเมินจากการปฏิบัติจริง และควรมีการให้ข้อมูลป้อนกลับและคำแนะนำที่ช่วยให้นักเรียนนำไปปรับปรุงพัฒนาตนเอง

ตอนที่ 2 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จำนวน 21 เรื่อง ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อค้นพบที่ได้ออกเป็น 2 ข้อย่อย ได้แก่ 2.1 ผลการสังเคราะห์ข้อมูลแนวทาง และ 2.2 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ มีสาระสำคัญดังนี้

2.1 ผลการสังเคราะห์ข้อมูลแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ ดังนี้

การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีการสอดแทรกองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และสาระสำคัญของรายวิชาที่สอน โดยเรียงลำดับจากองค์ประกอบที่พบมากที่สุดไปน้อยที่สุด ได้แก่ 1) การออกแบบขั้นตอนวิธี 2) การพิจารณารูปแบบ 3) การแยกส่วนประกอบ 4) การคิดเชิงนามธรรม และ 5) การประเมินผล องค์ประกอบการประเมินผลในงานวิจัยต่างประเทศจะใช้คำว่า การทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด ซึ่งเป็นการทดสอบและปรับปรุงวิธีแก้ปัญหาให้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ สำหรับการกำหนดเนื้อหา เน้นเนื้อหาที่มีการบูรณาการแบบสหวิทยาการที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ในบริบทจริงและเกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน สำหรับการจัดการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ มีการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาและโครงงานเป็นฐาน และเน้นเทคนิคการใช้คำถาม เช่น “นักเรียนเคยเห็นบ้านหรือรถจักรยานที่สามารถส่งงานจากมือถือได้หรือไม่” เพื่อกระตุ้นความสนใจและการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน มีการใช้สื่อการเรียนรู้ทั้งที่มีลักษณะใช้และไม่ใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อส่งเสริมวิธีการคิดและทำให้นักเรียนเห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น ทำให้นักเรียนคิดได้ดี และได้ใช้ความคิดของตนเองอย่างเต็มที่ ส่วนการวัดและประเมินผลใช้แบบวัดประเภทปรนัยและอัตนัย โดยวัดเป็นสถานการณ์ที่ครอบคลุมการใช้องค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ มีการประเมินผลโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบบรรยายข้อความหรือใช้การประเมินแบบซ่อนตัว ซึ่งฝังอยู่ในกิจกรรมหรือเกมโดยไม่ให้นักเรียนรู้ตัวว่ากำลังถูกประเมิน เพื่อเก็บข้อมูลพฤติกรรมตามธรรมชาติของนักเรียนในบริบทของกิจกรรมนั้น

2.2 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นการแสดงให้เห็นภาพรวมของการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ เพื่อเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนสามารถนำไปปรับใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลาย ทั้งในรูปแบบของรายวิชาเฉพาะทางหรือการบูรณาการข้ามสาระการเรียนรู้มีสาระสำคัญ ดังนี้

จากงานวิจัยของ Mumcu et al. (2023) มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นทั้ง 5 ด้าน ดังนี้ 1) มีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยสอดแทรกและปรากฏคุณลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณครบทุกองค์ประกอบ 2) มีการบูรณาการกับเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ในบริบทจริงและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน 3) มีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาและการทำงานกลุ่ม 4) ใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีลักษณะไม่ใช่คอมพิวเตอร์ (Unplugged) โดยใช้เกมและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองและเห็นภาพได้ชัดเจน

มากขึ้น และ 5) เน้นวัดกระบวนการคิด โดยสังเกตความสามารถ และการทำงานของนักเรียนในระหว่างทำงานกลุ่ม ทั้งนี้กิจกรรม การส่งข้อมูลระหว่างผู้ส่งและผู้รับด้วยเสียงคลิกและสัญลักษณ์ มีรายละเอียด ดังนี้

1) แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน แต่ละกลุ่มจะได้รับ (1) ตัวอย่างใบงานที่เป็นตาราง 3x3 ซึ่งจะมีการลงสีไว้แล้วในแต่ละช่อง (2) กระดาษเปล่า และ (3) ดินสอสี 4 แท่ง ได้แก่ ดินสอสีเหลือง สีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว

2) ครูอธิบายรายละเอียดของกิจกรรมและให้แต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน โดยให้นักเรียนคนหนึ่งมีหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูล และที่เหลือเป็นผู้รับข้อมูล ซึ่งผู้ส่งและผู้รับข้อมูลจะต้องนั่งหันหลังให้กัน และอยู่ห่างกัน (การแยกส่วนประกอบ: Decomposition)

3) แต่ละกลุ่มมีเวลา 10 นาที ในการออกแบบ อัลกอริทึมเพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งแต่ละกลุ่มจะสามารถ

โต้ตอบกันได้โดยใช้เพียงเสียงคลิกปากกา (Clicking sound) เช่น ทำเสียงคลิกหนึ่งครั้งเพื่อใช้ดินสอสีเขียว คลิกสองครั้งเพื่อใช้สีน้ำเงิน เป็นต้น (การออกแบบขั้นตอนวิธี: Algorithms)

4) เมื่อเริ่มกิจกรรม ผู้ส่งข้อมูลจะได้รับใบงาน แผ่นใหม่ที่เป็นตาราง 3x3 ซึ่งจะมีการลงสีไว้แล้วในแต่ละช่อง จากนั้นผู้ส่งข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลตามอัลกอริทึมที่วางแผนไว้ และผู้รับข้อมูลจะทำหน้าที่ระบายสีลงในตาราง 3x3 ในกระดาษเปล่า ตามที่ผู้ส่งข้อมูลสื่อสารมา (การพิจารณารูปแบบ: Pattern recognition and generalization, การคิดเชิงนามธรรม: Abstraction และการออกแบบขั้นตอนวิธี: Algorithms)

5) เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมแล้ว จะมีการตรวจสอบความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพที่ระบายสีโดยผู้รับข้อมูล และใบงานที่ผู้ส่งข้อมูลได้รับ เพื่อดูว่ามีการระบายสีตรงตามใบงานที่กำหนดหรือไม่ (การประเมินผล: Evaluation)

Figure 2

Images From the Implementation of One of the Activities (Mumcu et al., 2023)

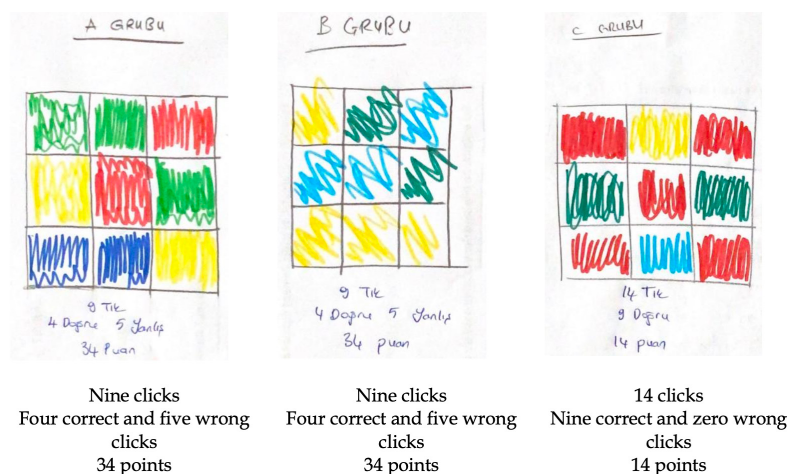
รูปภาพจากการดำเนินกิจกรรม



Figure 3

Examples Showing the Group' Solutions as a Result of the Activity (Mumcu et al., 2023)

ตัวอย่างผลการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้จากกิจกรรม



จาก Figure 3 เป็นตัวอย่างผลการแก้ปัญหาของนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้จากการใช้สูตรในการคำนวณคะแนน ดังนี้ $\text{Point} = \text{number of clicks} + (\text{number of errors} \times 5)$ กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำสุดจะเป็นกลุ่มที่ประสบความสำเร็จมากที่สุด หลักเกณฑ์ในการประเมินผลประกอบด้วย 1) ความถูกต้องของข้อมูลที่ส่ง จำนวนข้อมูลที่ส่งถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับต้นฉบับ 2) ประสิทธิภาพของกลยุทธ์ การลดจำนวนคลิกและข้อผิดพลาดในกระบวนการแก้ปัญหา และ 3) การพัฒนากลยุทธ์ การแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับปรุงวิธีการหลังจากการทดสอบครั้งแรก

ตอนที่ 3 แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับสมบูรณ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผลการสังเคราะห์งานวิจัย ซึ่งผ่านการตรวจรับรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

แนวทางที่นำเสนอในที่นี้ คือ วิธีการ ขั้นตอน หรือเทคนิคที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาของตนเอง เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วยการดำเนินการใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านการกำหนดเนื้อหา 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งครูผู้สอนสามารถใช้ดุลยพินิจในการนำไปปรับใช้ให้ยืดหยุ่นและเหมาะสมกับบริบทและเนื้อหาของแต่ละรายวิชา โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้

1. ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ควรสอดแทรกและปรากฏคุณลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณไว้ด้วยเสมอ เช่น นักเรียนสามารถแยกประเด็นปัญหาที่สำคัญต่อการแก้ปัญหาได้ (Decomposition) นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพ สัญลักษณ์ที่เป็นตัวแทนของสถานการณ์ปัญหาได้ (Abstraction) เป็นต้น และสัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัดของรายวิชาที่สอน โดยมุ่งเน้นการส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงและทักษะปฏิบัติที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน

2. ด้านการกำหนดเนื้อหา สามารถใช้เนื้อหาในทุกรายวิชาในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ ขึ้นอยู่กับความถนัดและความเข้าใจของครูผู้สอนในการนำเนื้อหาไปใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาที่ดีควรเป็นเนื้อหาที่สามารถสอดแทรกการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณได้ โดยอาจสอดแทรกบางองค์ประกอบหรือสอดแทรกได้ครบถ้วนทุกองค์ประกอบ ควรมีการบูรณาการทั้งภายในกลุ่มสาระและระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ และมีการกำหนดบริบท/สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงซึ่งเหมาะสมกับวัยของนักเรียน

3. ด้านการจัดการเรียนรู้ ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ และการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับประสบการณ์ สถานการณ์ในชีวิตจริงหรือบริบทปัญหาที่ท้าทาย รวมถึงใช้เทคนิคกระตุ้นนักเรียนให้ฝึกคิดและค้นพบด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระใน

การคิดและการแสดงออก ส่งเสริมให้ได้อภิปรายถึงแนวทางแก้ปัญหา ได้ถ่ายทอดวิธีคิด และได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยมีครูเป็นผู้แนะนำและให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของนักเรียน

4. ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ควรใช้สื่อการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย สอดคล้องกับเนื้อหา เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการของนักเรียน และครูควรจัดเตรียมสื่อในสองลักษณะสำคัญ ได้แก่ 1) สื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมโน้ตทัศน์ (Concept) เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดเชิงทฤษฎีที่มีความเป็นนามธรรมได้อย่างชัดเจน ผ่านสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมและจับต้องได้ โดยส่วนใหญ่มักเป็นสื่อลักษณะที่ไม่ใช้คอมพิวเตอร์ (Unplugged) และ 2) สื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการฝึกปฏิบัติ เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาการคิดเชิงคำนวณที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น โดยส่วนใหญ่มักเป็นสื่อลักษณะที่ใช้คอมพิวเตอร์ (Plugged) นอกจากนี้ ควรจัดสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนที่ให้นักเรียนได้ทำงานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน และควรสร้างบรรยากาศที่ปลอดภัย ปราศจากการตัดสิน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออกทางความคิดและพัฒนาการคิดเชิงคำนวณอย่างเต็มศักยภาพ

5. ด้านการวัดและประเมินผล ควรวัดในเชิงสมรรถนะและให้ความสำคัญกับกระบวนการคิดมากกว่าการตัดสินที่ผลลัพธ์ มุ่งเน้นการวัดความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้แทนการวัดที่เน้นเพียงการจดจำ ควรใช้เครื่องมือการวัดที่มีความหลากหลายและครอบคลุมทุกองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณ โดยอาจใช้แบบวัดประเภทอัตนัยหรือปรนัยชนิดเลือกตอบ หรือการวัดที่อยู่ในรูปแบบของกิจกรรม/โครงการ และควรประเมินผลความสามารถในการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปrik รวมถึงการใช้การประเมินตนเองและการประเมินเพื่อน เพื่อช่วยให้นักเรียนปรับปรุงและพัฒนาทักษะของตนเองได้ดีขึ้น

■ อภิปรายผล (Discussion)

ผู้วิจัยมีประเด็นอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. ประเด็นการอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

จากการสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง พบว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นมีความแตกต่างจากระดับชั้นอื่น ๆ โดยเฉพาะในด้านความซับซ้อนของปัญหา สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นวัยเริ่มต้นที่จะต้องฝึกให้มีความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการประกอบองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในบริบท/สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ที่จำเป็นต้องคำนึงถึงความพร้อมทางด้านจิตวิทยาและพัฒนาการตามวัย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Vygotsky ที่เน้น

บทบาทของบริบทและผู้สอนในการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านพื้นที่รอบตัวพัฒนาการ (Zone of proximal development; ZPD) โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถและศักยภาพของนักเรียนในแต่ละช่วงวัย นอกจากนี้ ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญยังสะท้อนแนวคิดที่ว่า การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณไม่จำเป็นต้องดำเนินตามลำดับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณอย่างเคร่งครัด หากแต่สามารถสอนแยกหรือผสมผสานองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างยืดหยุ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริบทหรือสถานการณ์ของปัญหาและความเชี่ยวชาญในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Denning (2017) ที่ชี้ให้เห็นว่าการคิดเชิงคำนวณไม่ควรถูกจำกัดอยู่ในกรอบโครงสร้างแบบตายตัว แต่ควรเป็นแนวคิดที่สามารถนำไปปรับใช้ได้ตามความเหมาะสมของปัญหาและสถานการณ์จริง

2. ประเด็นการอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จากการสังเคราะห์งานวิจัย

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ทั้งงานวิจัยของไทยและต่างประเทศต่างก็มีการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้โดยสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้สำหรับด้านการกำหนดเนื้อหา ทั้งงานวิจัยของไทยและต่างประเทศต่างก็มีลักษณะเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่คล้ายกัน โดยสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นเรื่องของการเขียนโปรแกรมและหุ่นยนต์ ส่วนสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เน้นเรื่องเรขาคณิตและแบบรูป อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของไทยมักสอดคล้องกับการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาวิทยาการคำนวณ ตามหลักสูตรที่ส่งเสริมแนวคิดนี้โดยเฉพาะ ในขณะที่งานวิจัยของต่างประเทศมีการจัดการเรียนการสอนที่ยืดหยุ่นมากกว่า โดยไม่นิยมจำกัดการบูรณาการไว้เฉพาะรายวิชาใดรายวิชาหนึ่ง แต่เน้นการบูรณาการข้ามศาสตร์ (Interdisciplinary) ที่เชื่อมโยงบริบทของปัญหาเข้ากับหลากหลายเนื้อหา สำหรับด้านการจัดการเรียนรู้ ทั้งไทยและต่างประเทศต่างก็เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่ให้นักเรียนสร้างความรู้จากประสบการณ์ สำหรับด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ ในไทยเน้นสื่อที่จับต้องได้และนิยมใช้ในห้องเรียนทั่วไป เช่น Scratch, Padlet, Jamboard และ Micro:bit ส่วนต่างประเทศเน้นสื่อที่ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณโดยเฉพาะ เช่น Kibotics ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มหุ่นยนต์เสมือนจริง SmartMeasure สำหรับการคำนวณและการวัด GeoAR สำหรับการเรียนรู้เรขาคณิตผ่าน AR และเกม Zoombinis ที่ส่งเสริมการคิดเชิงตรรกะและการวางแผนแก้ปัญหา สุดท้ายด้านการวัดและประเมินผล ทั้งไทยและต่างประเทศต่างก็ใช้แบบวัดทั้งอัตนัยและปรนัย รวมถึงกิจกรรมและโครงการ โดยต่างประเทศมีการขยายรูปแบบการวัดผลเพิ่มขึ้น เช่น การใช้ชุดปริศนา

เชิงตรรกะ (IACT) การใช้โจทย์ Bebras นอกจากนี้ งานวิจัยของไทยเน้นใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก ขณะที่ต่างประเทศเน้นการใช้ Likert Scale และการประเมินโครงงานตามเกณฑ์ Computational thinking scale (CTS) (Korkmaz et al., 2017)

3. ประเด็นการอภิปรายเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ฉบับสมบูรณ์

3.1 ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ปรากฏคุณลักษณะที่สำคัญขององค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณและครอบคลุมทั้งด้านความรู้ (K) ทักษะปฏิบัติ (P) และทัศนคติ (A) มีความสอดคล้องกับแนวคิดของ Brennan and Resnick (2012) ที่เสนอว่าการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณต้องอาศัยทั้ง KPA Model เพื่อให้ครอบคลุมทั้งความรู้เกี่ยวกับแนวคิดการคิดเชิงคำนวณ การฝึกฝนผ่านการลงมือปฏิบัติ และการพัฒนาทัศนคติที่เอื้อต่อการแก้ปัญหา

3.2 ด้านการกำหนดเนื้อหาที่สามารถบูรณาการทั้งภายในกลุ่มสาระและระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้ได้ โดยอาจเป็นการรวมแนวคิด ทฤษฎี หรือวิธีการจากหลากหลายเนื้อหาเข้าด้วยกัน และเชื่อมโยงกับสถานการณ์ในชีวิตจริง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสถานการณ์ (Situated learning) สอดคล้องกับ Shute et al. (2017) ที่ระบุว่า การพัฒนาการคิดเชิงคำนวณควรเป็นไปในลักษณะของการเชื่อมโยงกับบริบทจริงและบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ มีความยืดหยุ่น ครูสามารถปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน และสอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคำนวณได้ นอกจากนี้ การจัดลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแบบเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับแนวคิดหลักสูตรเกลียวสว่านหรือบันไดวน (Spiral curriculum) โดยเริ่มจากพื้นฐานและค่อย ๆ เพิ่มความซับซ้อนในระดับที่สูงขึ้น เพื่อให้มีความเหมาะสมกับพัฒนาการของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น

3.3 ด้านการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง สอดคล้องกับหลักการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญในการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์ วางแผน และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lye and Koh (2014) ที่สนับสนุนว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ นอกจากนี้ การส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันตามแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning) และการให้การชี้แนะโดยครูใช้เทคนิคการให้ข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) และการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ก็จะช่วยสนับสนุนให้นักเรียนสามารถเรียนรู้และปฏิบัติงานได้จนสำเร็จ

3.4 ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ การใช้สื่อการเรียนรู้ทั้งที่มีลักษณะไม่ใช้คอมพิวเตอร์ (Unplugged) และใช้คอมพิวเตอร์ (Plugged) เป็นการกระตุ้นความสนใจและพัฒนาการคิดเชิง

คำนวณของนักเรียนได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sentance and Csizmadia (2017) ที่พบว่า การใช้สื่อที่ไม่ใช่คอมพิวเตอร์สามารถช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดพื้นฐานของการคิดเชิงคำนวณก่อนเข้าสู่การเรียนรู้ผ่านเครื่องมือเทคโนโลยีแบบ Plugged ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาการคิดเชิงคำนวณในระดับที่สูงขึ้นได้

3.5 ด้านการวัดและประเมินผล ที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการคิดมากกว่าผลลัพธ์ สอดคล้องกับแนวคิดของ Shute et al. (2017) ที่เสนอว่า การประเมินการคิดเชิงคำนวณที่มีประสิทธิภาพควรเน้นการประเมินที่สามารถสะท้อนให้เห็นกระบวนการคิด การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบของนักเรียน ไม่ใช่เพียงผลลัพธ์สุดท้ายเท่านั้น และการใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ling et al. (2018) ที่เสนอว่า การประเมินโดยอิงเกณฑ์ (Rubric-based assessment) สามารถช่วยประเมินการคิดเชิงคำนวณในแง่ของกระบวนการแก้ปัญหาและการคิดเป็นระบบได้

■ สรุปผล (Conclusions)

แนวทางการจัดการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและผลการสังเคราะห์งานวิจัย เป็นการดำเนินการ วิธีการ ขั้นตอน หรือเทคนิค ที่ครูผู้สอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และจัดการเรียนการสอนในรายวิชาของตนเองได้ โดยแนวทางการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 2) ด้านการกำหนดเนื้อหา 3) ด้านการจัดการเรียนรู้ 4) ด้านสื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล ซึ่งได้เสนอรายละเอียดของแต่ละด้านไว้ในผลการวิจัย

การนำไปใช้ประโยชน์ ครูผู้สอนสามารถนำแนวทางนี้ไปใช้ในการออกแบบหลักสูตรหรือแผนการจัดการเรียนรู้ และทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแนวทางการจัดการเรียนการสอน โดยไม่จำเป็นต้องเป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาการคำนวณเท่านั้น ครูผู้สอนรายวิชาอื่น ๆ ก็สามารถนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนนี้ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาของตนเองได้

ผลกระทบต่อการวิชาการและสังคมที่เกิดจากการวิจัยงานวิจัยนี้มีคุณูปการต่อการวิชาการในการเสริมสร้างองค์ความรู้เชิงระบบเกี่ยวกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยครอบคลุมทั้งด้านวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา การจัดการเรียนรู้ สื่อและแหล่งเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างรอบด้าน อันเป็นการสร้างแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้และขยายผลได้ในบริบทของวิชาอื่นนอกเหนือจากวิชาวิทยาการคำนวณ ในด้านสังคมแนวทางดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ครูผู้สอนมีเครื่องมือ

ในการออกแบบการเรียนรู้ที่ตอบโจทย์การพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการคิดเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของการใช้ชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืน

แนวทางการศึกษาวิจัยต่อยอดในอนาคต ควรมีการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณในรายวิชาต่าง ๆ ให้มากขึ้น เนื่องจากการคิดเชิงคำนวณไม่ได้ถูกจำกัดอยู่เพียงการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แต่สามารถประยุกต์ใช้ได้ในทุกรายวิชา อีกทั้งควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนและนำผลการวิจัยไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อศึกษาความแตกต่างของนักเรียนในช่วงวัยที่มีพัฒนาการแตกต่างกัน

■ การมีส่วนร่วมของผู้เขียน (Author Contributions)

วรชารณ พิงโพธิ์: เขียนร่างต้นฉบับบทความ ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ออกแบบกรอบแนวคิด ออกแบบวิธีการวิจัย ดำเนินการวิจัย และสังเคราะห์ข้อมูล ชาริณี ตริวรัญญะ: ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับบทความ ออกแบบกรอบแนวคิด ตรวจสอบความถูกต้อง และกำกับดูแลการวิจัย

■ การประกาศผลประโยชน์ทับซ้อน (Declaration of Competing Interest)

ผู้เขียนขอประกาศว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษานี้

■ เอกสารอ้างอิง (References)

- Angeli, C., & Giannakos, M. (2020). Computational thinking education: Issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185>
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking* [Paper presentation]. Annual American Educational Research Association meeting. <https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf>
- Chen, Y., Wang, Y., & Li, Y. (2022, October). The effectiveness of teaching approaches in computational thinking education: A meta-analysis. *Proceedings of the 14th International Conference on Education Technology and Computers*, Spain, 386–392. <https://doi.org/10.1145/3572549.3572611>
- Code.org. (2023, June 20). *PISA's new focus on computational thinking and coding*. Medium. <https://codeorg.medium.com/pisas-new-focus-on-computational-thinking-and-coding-fbe90e456c5f>
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking: A guide for teachers*. https://eprints.soton.ac.uk/424545/1/150818_Computational_Thinking_1_.pdf
- Denning, P. J. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. <https://doi.org/10.1145/2998438>
- Falloon, G. (2016). An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. on the ipad. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 576–593. <https://doi.org/10.1111/jcal.12155>
- 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>
- Jaiteang, A. (2010). *Lak kāsōn* [Teaching principles] (5th ed.). Odean Store.
- Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72, 558–569. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005>

- Ling, U. L., Saibin, T. C., Naharu, N., Labadin, J., & Aziz, N. A. (2018). An evaluation tool to measure computational thinking skills: Pilot investigation. *National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts Herald*, 1, 606–614. <https://www.researchgate.net/publication/327882359>
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?. *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Mumcu, F., Kidiman, E., & Özding, F. (2023). Integrating computational thinking into mathematics education through an unplugged computer science activity. *Journal of Pedagogical Research*, 7(2), 72–92. <https://doi.org/10.33902/JPR.202318528>
- Ornstein, A. C., & Hunkins, F. P. (2009). *Curriculum: Foundations, principles, and issues* (5th ed). Pearson Education.
- Porzak, R., & Psomos, P. (2023). *Computational thinking for teachers and classes*. Innovatio Press. <https://wydawnictwo.wsei.eu/wp-content/uploads/2024/02/COMPUTATIONAL-THINKING.pdf>
- Sentance, S., & Csizmadia, A. (2017). Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective. *Education and Information Technologies*, 22, 469–495. <https://doi.org/10.1007/s10639-016-9482-0>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Smith, M. (2016, January 30). *Computer science for all*. The White House president Barack Obama. <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>
- Tekdal, M. (2021). Trends and development in research on computational thinking. *Education and Information Technologies*, 26(5), 6499–6529. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10617-w>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Stephenson, C., & Hong, H. (2017). Computational thinking for teacher education. *Communications of the ACM*, 60(4), 55–62. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2994591>