

ผลการใช้เทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่อง เศษส่วน และทักษะเมตาคอกนิชัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

EFFECTS OF THE CUBES TECHNIQUE COMBINED WITH METACOGNITIVE PROMPTS
ON MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY IN FRACTIONS
AND METACOGNITIVE SKILLS OF GRADE 6 STUDENTS

ธนารักษ์ คล่องใจ^{1*}

Tanaruk Klongchai^{1*}

¹ โรงเรียนบ้านหันทราย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2, ประเทศไทย

¹ Ban Han Sai School, Sa Kaeo Primary Educational Service Area Office 2, Thailand

* Corresponding author e-mail: tanaruk.moe.obec@gmail.com

Received: 08/07/2026 | Revised: 05/08/2026 | Accepted: 11/08/2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ และ (2) เปรียบเทียบทักษะเมตาคอกนิชันทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ รูปแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อน-หลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2569 โรงเรียนบ้านหันทราย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2 จำนวน 16 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ จำนวน 12 แผน มีค่าเฉลี่ยคุณภาพความเหมาะสมเท่ากับ 4.67 และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มีค่าความ

ตรงเชิงเนื้อหา อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ทุกข้อ ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.38-0.63 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 และค่าความเชื่อมั่นส่วนปรนัย (KR-20) เท่ากับ .88 และส่วนอัตนัย (α -Cronbach) เท่ากับ .95 (3) และแบบวัดทักษะเมตาคอกนิชัน ค่าความตรงเชิงเนื้อหามากกว่า 0.67 ทุกข้อ ค่าความเชื่อมั่นรายมิติอยู่ระหว่าง .79-.84 และค่าความเชื่อมั่นภาพรวมทั้งฉบับเท่ากับ .81 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(15) = 12.44, p < .001, \text{Cohen's } d = 2.74$) 2) นักเรียนมีทักษะเมตาคอกนิชันทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกด้าน ($t(15) = 9.12, p < .001, \text{Cohen's } d = 2.55$)

คำสำคัญ: เทคนิค CUBES; เมตาคอกนิทีฟพรอมต์; ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์; ทักษะเมตาคอกนิชัน; เศษส่วน; นักเรียนประถมศึกษา

Abstract

This research aimed to (1) compare the mathematical problem-solving ability in fractions of Grade 6 students before and after learning through the CUBES technique combined with Metacognitive Prompts, and (2) compare metacognitive skills in three dimensions: planning, monitoring, and evaluating, before and after instruction. The research employed a quasi-experimental design using a one-group pretest-posttest design. The sample consisted of 16 Grade 6 students in Academic Year 2026 at Ban Han Sai School, Sa Kaeo Primary Educational Service Area Office 2, selected through purposive sampling. The research instruments comprised (1) 12 lesson plans using the CUBES technique combined with Metacognitive Prompts, with a quality mean score of 4.67 and an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.67 to 1.00, (2) a mathematical problem-solving ability test with content validity (IOC) ranging from 0.67 to 1.00, difficulty indices ranging from 0.38 to 0.63, discrimination indices ranging from 0.25 to 0.75, a KR-20 reliability coefficient of .88 for the multiple-choice section, and a Cronbach's alpha coefficient of .95 for the constructed-response section, and (3) a metacognitive skills scale with content validity (IOC) greater than 0.67 for all items, dimensional reliability coefficients ranging from .79 to .84, and an overall reliability coefficient of .81. Data were analyzed using means, standard deviations, and dependent-samples t-tests. The results revealed that: 1) Students' mathematical problem-solving ability in fractions after instruction was significantly higher

than before instruction at the .05 level ($t(15) = 12.44$, $p < .001$, Cohen's $d = 2.74$). 2) Students' metacognitive skills in all three dimensions—planning, monitoring, and evaluating—after instruction were significantly higher than before instruction at the .05 level ($t(15) = 9.12$, $p < .001$, Cohen's $d = 2.55$).

Keywords: CUBES Technique; Metacognitive Prompts; Mathematical Problem-Solving Ability; Metacognitive Skills; Fractions; Primary School Students

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียน เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิเคราะห์สถานการณ์ ตัดสินใจอย่างมีเหตุผล และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันอย่างเป็นระบบ (Ozsoy, 2011) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่กำหนดให้ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นสมรรถนะหลักที่นักเรียนทุกคนต้องได้รับการพัฒนา โดยมาตรฐานการเรียนรู้ระบุชัดเจนว่าการแก้ปัญหานั้นไม่ได้หมายถึงการคำนวณได้ถูกต้องเพียงอย่างเดียว แต่ต้องครอบคลุมทักษะการอ่านโจทย์ การตีความสถานการณ์ การวางแผนกลยุทธ์ และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งล้วนเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] , 2563)

จากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วนแก่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย ผู้วิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องเศษส่วนต่ำกว่าเกณฑ์ตามที่กำหนด เมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสอบถามนักเรียนถึงสาเหตุ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่ทำไม่ได้ ไม่ได้เกิดจากการคำนวณเศษส่วนไม่เป็น แต่เกิดจากการที่ไม่รู้ว่าโจทย์กำลัง "ถาม" ให้ทำอะไร โดยพบพฤติกรรมซ้ำ ๆ สามลักษณะ ได้แก่ 1) นักเรียนเห็นตัวเลขในโจทย์แล้วรีบคำนวณทันทีโดยไม่อ่านโจทย์ให้เข้าใจก่อน 2) นักเรียนไม่สามารถแยกแยะได้ว่าข้อมูลใดในโจทย์จำเป็นและข้อมูลใดไม่เกี่ยวข้อง และ 3) นักเรียนไม่ตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้มีความสมเหตุสมผลหรือไม่ สภาพปัญหาดังกล่าวสะท้อนออกมาในผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย ปีการศึกษา 2568 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมเพียง 18.23 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศ (24.90) ระดับสังกัด สพฐ. (23.36) และระดับจังหวัดสระแก้ว (22.54) อย่างชัดเจน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [สทศ.] , 2568) โดยเฉพาะมาตรฐาน ค 1.2 ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาเศษส่วน ทศนิยม และร้อยละ นักเรียนทำได้เพียง 10.53 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยประเทศ (28.80) ถึง 18.27 คะแนน ยืนยันว่าเศษส่วนเป็นจุดอ่อนที่ชัดเจนที่สุดของนักเรียนกลุ่มนี้ นอกจากนี้ มาตรฐาน ค 1.1 ซึ่งเกี่ยวข้องกับจำนวนและการดำเนินการ นักเรียนทำได้เพียง 19.71 คะแนน ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยประเทศ (29.33) เช่นกัน สถานการณ์นี้สอดคล้องกับแนวโน้มระดับนานาชาติที่ประเทศไทยได้คะแนน PISA 2022 เพียง 394 คะแนน ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดในประวัติศาสตร์ ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ถึง 78 คะแนน (OECD, 2023)

จากการวิเคราะห์ พบว่า สาเหตุของปัญหาดังกล่าวไม่ได้อยู่ที่การขาดความรู้ด้านการคำนวณ แต่อยู่ที่การขาดทักษะการ "กำกับตนเอง" ขณะแก้ปัญหาคือ เห็นโจทย์แล้วรีบทำเลย ไม่หยุดคิดว่าโจทย์ถามอะไร ไม่ตรวจสอบว่าวิธีที่เลือกถูกหรือเปล่า ทำให้เสร็จไม่ดูว่าคำตอบสมเหตุสมผลไหม ซึ่งสอดคล้องกับที่ Schoenfeld (1985) อธิบายว่าเป็น "ปัญหาการควบคุม" (Control Problem) ซึ่งหมายความว่านักเรียนไม่ได้ขาดความรู้เรื่องการคำนวณเศษส่วน แต่ขาดความสามารถในการตัดสินใจว่าโจทย์ข้อนี้ต้องใช้วิธีไหน ต้องทำขั้นตอนไหนก่อนหลัง และจะรู้ได้อย่างไรว่าคำตอบที่ได้ถูกต้องหรือไม่ และ Veenman et al. (2004) ยืนยันว่านักเรียนที่ขาดทักษะเมตาคอกนิชัน (Metacognition) จะเลือกวิธีแก้ปัญหโดยไม่ได้ตรวจสอบว่าเหมาะสมกับสถานการณ์ในโจทย์หรือไม่ โดย Powell et al. (2020) วิเคราะห์ข้อผิดพลาดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3-6 จำนวน 111 คน พบว่าร้อยละ 68.5 ของข้อผิดพลาดเกิดจากการอ่านและตีความโจทย์ที่บกพร่อง ไม่ใช่จากการคำนวณผิดพลาด จากสภาพปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเอกสารเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และทักษะเมตาคอกนิชันของนักเรียน พบว่าแนวทางที่สามารถพัฒนาหรือเสริมสร้างทักษะดังกล่าวได้ คือ 1) เทคนิค CUBES ซึ่งเป็นกลยุทธ์การอ่านโจทย์ปัญหาแบบมีขั้นตอน และ 2) เมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (Metacognitive Prompts: MP) ซึ่งเป็นชุดคำถามที่ช่วยให้นักเรียนกำกับและตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเอง

เทคนิค CUBES (Circle the numbers, Underline the question, Box the key words, Eliminate extra information, Solve and show work) เป็นกลยุทธ์การอ่านโจทย์ปัญหาที่ใช้ตัวอักษร 5 ตัวเป็นคำช่วยจำ มีขั้นตอนที่ชัดเจน ง่าย เหมาะกับบริบทโรงเรียนขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัด โดยแต่ละขั้นตอนช่วยให้นักเรียนอ่านโจทย์อย่างเป็นระบบ ระบุข้อมูลที่จำเป็น ตัดข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องออก และแสดงวิธีทำอย่างละเอียด (Hardy et al., 2026) อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบหลักฐานเชิงประจักษ์ พบว่าเทคนิคนี้ในรูปแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดสำคัญ Powell et al. (2022) วิเคราะห์ข้อสอบ 747 ชิ้นระดับชั้น ป.3 ถึง ม.2 พบว่าขั้นตอน B (Box key words) นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 สำหรับโจทย์ขั้นตอนเดียว และน้อยกว่าร้อยละ 10 สำหรับโจทย์หลายขั้นตอน เนื่องจากการพึ่งพาคำสำคัญเพียงอย่างเดียวเป็นกลยุทธ์ที่ผิวเผินเกินไปสำหรับโจทย์เศษส่วนที่ต้องการการเข้าใจโครงสร้างความหมาย ซึ่ง Teo and Abdullah (2023) ก็พบตรงกันว่า CUBES ในรูปแบบดั้งเดิมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในการพัฒนาความสามารถแก้โจทย์ปัญหา ดังนั้น CUBES จึงต้องการการเสริมด้วยกลยุทธ์ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจโจทย์อย่างลึกซึ้งมากกว่าการมองหาคำสำคัญ

เมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (Metacognitive Prompts: MP) เป็นชุดคำถามที่ออกแบบให้นักเรียนตระหนักรู้และกำกับกระบวนการคิดของตนเองในสามมิติ ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล แนวคิดเรื่องเมตาคอกนิทีฟพรอมต์มีรากฐานมาจากทฤษฎีเมตาคอกนิชันที่อธิบายว่ามนุษย์สามารถรู้คิดเกี่ยวกับการรู้คิดของตัวเองได้ คือสามารถ "คิดเกี่ยวกับการคิด" ของตัวเองได้ (Flavell, 1979) ต่อมาจึงมีการนำแนวคิดนี้มีมาพัฒนาเป็นวิธีสอนคณิตศาสตร์ที่ชื่อว่า IMPROVE ซึ่งใช้ชุดคำถามให้นักเรียนถามตัวเองระหว่างแก้โจทย์ปัญหา ผลวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้ฝึกใช้คำถามเหล่านี้มีผลการเรียนดีกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างชัดเจนในทุกระดับชั้น (Mevarech & Kramarski, 1997) นอกจากนี้ งานวิจัยจำนวนมากทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาต่างยืนยันตรงกันว่า การสอนให้นักเรียนรู้จักถามตัวเองระหว่าง

แก้โจทย์ช่วยพัฒนาผลการเรียนคณิตศาสตร์ได้จริง และผลที่ได้ไม่ได้หายไปหลังสอบเสร็จ แต่ยังคงอยู่แม้เวลาผ่านไปหลายสัปดาห์ ซึ่งแสดงว่านักเรียนไม่ได้แค่จำวิธีทำได้ชั่วคราว แต่เปลี่ยนวิธีคิดของตัวเองจริง ๆ (Fyfe et al., 2022; Hidayat et al., 2025; Xie et al., 2024) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเห็นว่าหากนำมาเมตาคอกนิทิฟพรอมต์มาใช้ร่วมกับเทคนิค CUBES จะช่วยแก้จุดอ่อนของ CUBES แบบดั้งเดิมได้ เพราะแทนที่นักเรียนจะมองหาคำสำคัญในโจทย์แบบผิวเผิน นักเรียนจะถูกฝึกให้หยุดคิดทำความเข้าใจโจทย์อย่างแท้จริงก่อนลงมือคำนวณ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะพบว่า เทคนิค CUBES มีขั้นตอนการอ่านโจทย์ที่ชัดเจน สามารถช่วยให้นักเรียนอ่านโจทย์อย่างเป็นระบบ และเมื่อบูรณาการเมตาคอกนิทิฟพรอมต์เข้าไปในแต่ละขั้นตอนของ CUBES จะทำให้นักเรียนไม่เพียงอ่านโจทย์ได้ แต่ยังสามารถกำกับและตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองได้ด้วย ซึ่งเป็นทักษะที่นักเรียนขาดอยู่ดังที่พบจากสภาพปัญหาในห้องเรียน ทั้งนี้ โรงเรียนบ้านหันทรายเป็นโรงเรียนขนาดเล็กในจังหวัดสระแก้ว กลยุทธ์ CUBES+MP จึงมีความเหมาะสมเป็นพิเศษกับบริบทนี้ เพราะต้องการเพียงชุดคำถามและแผนการสอนที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีหรืองบประมาณเพิ่มเติม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลการใช้เทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทิฟพรอมต์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน และทักษะเมตาคอกนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2 เพื่อพัฒนานักเรียนให้สามารถอ่านโจทย์อย่างมีความหมาย แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และกำกับตนเองระหว่างเรียนรู้ได้

ทั้งนี้ ความสามารถในการอ่าน วิเคราะห์ และแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่นำเสนอในรูปแบบข้อความแล้วแปลงสถานการณ์ดังกล่าวเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และดำเนินการหาคำตอบพร้อมตรวจสอบความสมเหตุสมผล ผู้วิจัยสังเคราะห์องค์ประกอบดังกล่าวจากกระบวนการแก้ปัญหาสี่ขั้นของ Pólya (1973) ร่วมกับแนวทางการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดตามลำดับขั้นของ Newman ซึ่ง Singh et al. (2010) นำมาใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา ได้เป็น 3 ด้าน ดังนี้ ด้านการอ่าน หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อมูลเชิงปริมาณ เงื่อนไข และประโยคคำถามที่ปรากฏในโจทย์ได้ครบถ้วนถูกต้อง ด้านการวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่จำเป็นออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง ด้านการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการคำนวณตามแผนที่วางไว้จนได้คำตอบ

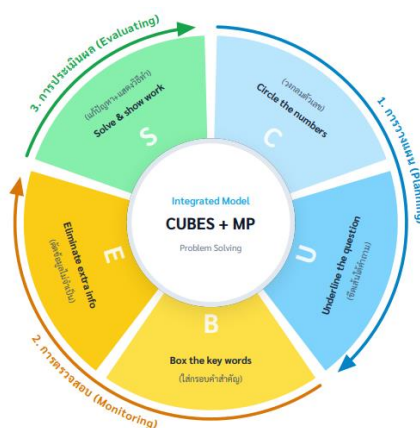
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทิฟพรอมต์
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะเมตาคอกนิชัน (Metacognitive skills) ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทิฟพรอมต์

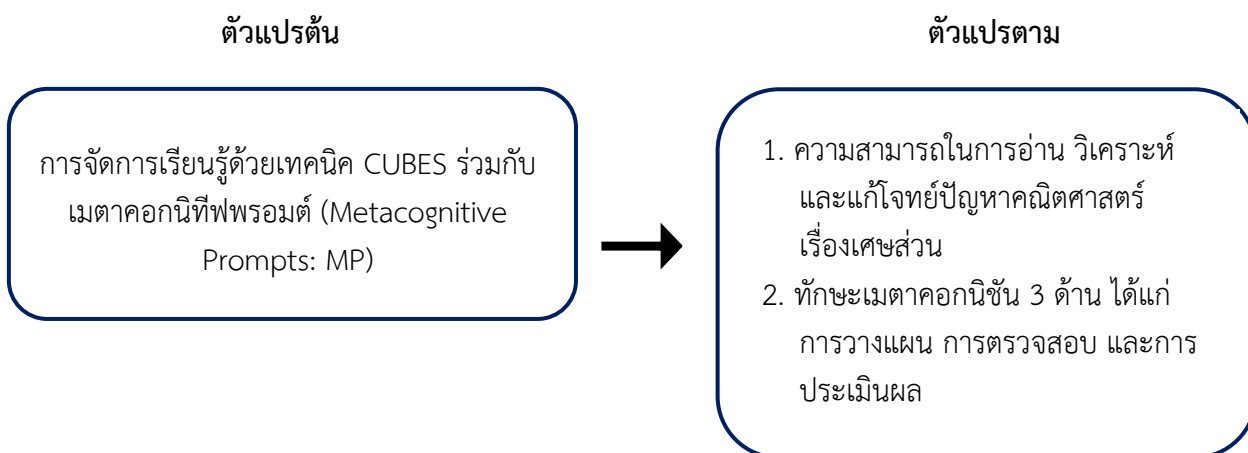
คำถามการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ มีทักษะเมตาคอกนิชันทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 รูปแบบการบูรณาการเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ มีทักษะเมตาคอกนิชัน (Metacognitive skills) ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อน-หลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design)

$$O_1 \rightarrow X \text{ (CUBES+MP Intervention)} \rightarrow O_2$$

โดยที่ O_1 = การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

X = การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES+MP จำนวน 3 สัปดาห์

O_2 = การทดสอบหลังเรียน (Posttest) ประกอบด้วย

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสระแก้ว เขต 2 ปีการศึกษา 2569 จำนวน 16 คน

- กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย จำนวน 16 คน ซึ่งเป็นนักเรียนทั้งหมดของประชากร ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้ ประการแรก โรงเรียนบ้านหันทรายเป็นโรงเรียนขนาดเล็กที่มีนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพียงห้องเดียว จึงไม่สามารถสุ่มตัวอย่างจากหลายห้องเรียนได้ ประการที่สอง ผู้วิจัยเป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ประจำชั้นดังกล่าว จึงมีข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสภาพปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียน สามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ตรงกับบริบทได้อย่างเหมาะสม และประการที่สาม นักเรียนทุกคนมีคุณสมบัติตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด กล่าวคือ (1) กำลังเรียนเนื้อหาเรื่องเศษส่วนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (2) ไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES หรือเมตาคอกนิทีฟพรอมต์มาก่อน และ (3) เข้าเรียนสม่ำเสมอตลอดภาคเรียน

2) ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย ตัวแปรต้น (Independent Variable) คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (Metacognitive Prompts: MP) และตัวแปรตาม (Dependent Variables) ประกอบด้วย 2 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน และทักษะเมตาคอกนิชัน 3 ด้าน ได้แก่ การวางแผน (Planning) การตรวจสอบ (Monitoring) และการประเมินผล (Evaluating)

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ครั้งนี้มี 3 ชนิด มีรายละเอียดต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ CUBES ร่วมกับ Metacognitive Prompts ผู้วิจัยพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 12 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 60 นาที ครอบคลุมเนื้อหาเรื่องเศษส่วนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) แต่ละแผนมีโครงสร้าง 5 ขั้นตอน ที่บูรณาการเทคนิค CUBES เข้ากับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 นำเข้าบทเรียน (5 นาที) ครูนำเสนอสถานการณ์จริงจากบริบทชุมชนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับเศษส่วน เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงของนักเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตวิธีและกระตุ้นการรู้คิด (15 นาที) ครูสาธิตการใช้เทคนิค CUBES ทีละขั้นตอน ซึ่งเป็นกลยุทธ์การอ่านโจทย์ปัญหาที่ใช้ตัวอักษร 5 ตัวเป็นคำช่วยจำ ได้แก่ C (Circle the numbers) คือวงกลมตัวเลขและปริมาณทั้งหมดในโจทย์ U (Underline the question) คือขีดเส้นใต้ประโยคคำถามเพื่อให้รู้ว่าโจทย์ถามหาอะไร B (Box the key words) คือใส่กรอบคำสำคัญที่ช่วยบอกว่าต้องใช้การดำเนินการใด E (Eliminate extra information) คือตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็นออก และ S (Solve and show work) คือลงมือแก้ปัญหาพร้อมแสดงวิธีทำ พร้อมคิดออกเสียง (Think Aloud) โดยในแต่ละขั้นตอนครูจะหยุดตั้งคำถามให้นักเรียนได้ฝึกคิดทบทวนกระบวนการของตนเอง ในขั้น C และ U ครูถามคำถามด้านการวางแผน เช่น โจทย์นี้ถามหาอะไร ข้อมูลที่จำเป็นมีอะไรบ้าง ในขั้น B และ E ครูถามคำถามด้านการตรวจสอบ เช่น วิธีที่เลือกเหมาะสมหรือไม่ ข้อมูลนี้เป็นจริงหรือเปล่า และในขั้น S ครูถามคำถามด้านการประเมินผล เช่น คำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ ขั้นที่ 3 ฝึกปฏิบัติแบบกลุ่ม (20 นาที) ครูแจกโจทย์ข้อใหม่ให้นักเรียนจับคู่หรือรวมกลุ่มเล็ก 3-4 คน แล้วฝึกใช้ขั้นตอน CUBES ด้วยตนเอง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับใบงาน ซึ่งเป็นใบงานที่มีคำถามให้นักเรียนตอบเป็นระยะ ๆ ระหว่างแก้โจทย์ เพื่อฝึกให้นักเรียนหยุดคิดทบทวนกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองในแต่ละขั้นตอน ระหว่างที่นักเรียนทำงาน ครูเดินสังเกตแต่ละกลุ่มและให้คำแนะนำเมื่อนักเรียนติดขัด ขั้นที่ 4 ฝึกปฏิบัติรายบุคคล (15 นาที) นักเรียนทำโจทย์ข้อใหม่ด้วยตนเองคนเดียว โดยใช้ขั้นตอน CUBES ทีละขั้น และเขียนลงในสมุดว่าตนเองคิดอย่างไรในแต่ละขั้นตอน เพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถใช้ CUBES+MP ได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องพึ่งพาเพื่อนหรือครู ขั้นที่ 5 สะท้อนคิด (5 นาที) ก่อนหมดคาบเรียน ครูให้นักเรียนตอบคำถามสั้น ๆ 3 ข้อ โดยนักเรียนอาจตอบปากเปล่าหรือเขียนลงสมุดสั้น ๆ เพื่อฝึกให้นักเรียนทบทวนการเรียนรู้ของตนเองเป็นประจำทุกคาบ โครงสร้าง 5 ขั้นตอนนี้ ออกแบบตามหลักการ Gradual Release of Responsibility (Pearson & Gallagher, 1983) ซึ่งค่อย ๆ ถ่ายโอนความรับผิดชอบจากครู ไปยังกลุ่ม และรายบุคคล สอดคล้องกับวงจรการเรียนรู้กำกับตนเองของ Zimmerman (2002) แผนการสอนทั้ง 12 แผน ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน คณิตศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ศึกษา และด้านจิตวิทยาการศึกษา มีค่าเฉลี่ยคุณภาพความเหมาะสมเท่ากับ 4.67 และมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบทดสอบฉบับนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่องเศษส่วน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ (60 คะแนน) ซึ่งวัดความสามารถในการเลือกวิธีแก้ปัญหที่เหมาะสม และข้อสอบ

อัตรานัยแสดงวิธีทำ จำนวน 5 ข้อ (40 คะแนน) ซึ่งวัดกระบวนการคิดอย่างละเอียด โดยแบ่งเกณฑ์การให้คะแนนอัตรานัยเป็น 3 ส่วน คือ การอ่านโจทย์และระบุข้อมูลที่จำเป็น (10 คะแนน) การเลือกวิธีและดำเนินการแก้ปัญหา (20 คะแนน) และความถูกต้องของคำตอบพร้อมการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (10 คะแนน) รวมคะแนนเต็ม 100 คะแนน ทั้งนี้ ข้อสอบทั้งสองส่วนออกแบบให้สะท้อนองค์ประกอบของความสามารถทั้ง 3 ด้านตามที่นิยามไว้ในบทนำ กล่าวคือ ส่วนปรนัยวัดองค์ประกอบทั้งสามในลักษณะบูรณาการภายในข้อเดียวกัน เนื่องจากการตอบข้อสอบแต่ละข้อให้ถูกต้อง นักเรียนต้องอ่านโจทย์ได้ครบถ้วน จำแนกข้อมูลที่จำเป็นออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องได้ และเลือกการดำเนินการที่ถูกต้อง จึงมิได้จำแนกข้อสอบรายข้อตามองค์ประกอบ ส่วนอัตรานัยแสดงวิธีทำวัดองค์ประกอบทั้งสามแยกจากกันผ่านเกณฑ์การให้คะแนน 3 ส่วนที่กล่าวข้างต้น โดยส่วนที่ 1 การอ่านโจทย์และระบุข้อมูลที่จำเป็น (10 คะแนน) สอดคล้องกับด้านการอ่าน ส่วนที่ 2 การเลือกวิธีและดำเนินการแก้ปัญหา (20 คะแนน) ครอบคลุมด้านการวิเคราะห์ในส่วนของการเลือกวิธีและด้านการแก้โจทย์ปัญหาในส่วนของการดำเนินการ และส่วนที่ 3 ความถูกต้องของคำตอบพร้อมการตรวจสอบความสมเหตุสมผล (10 คะแนน) สอดคล้องกับด้านการแก้โจทย์ปัญหา การใช้ข้อสอบสองรูปแบบร่วมกันจึงช่วยให้วัดได้ทั้งผลลัพธ์ของการแก้ปัญหาและกระบวนการคิดที่นำไปสู่คำตอบ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนขนาดเล็กเคียงกันแห่งหนึ่งในสังกัดเดียวกัน ซึ่งมีใช้กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 16 คน ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2569 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพรายข้อและหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ แบบทดสอบผ่านการตรวจสอบคุณภาพดังนี้ ค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ทุกข้อ ค่าความยากง่ายของข้อสอบส่วนปรนัยอยู่ระหว่าง 0.38-0.63 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25-0.75 สำหรับค่าความเชื่อมั่น ผู้วิจัยรายงานแยกตามลักษณะของข้อสอบแต่ละส่วน ได้แก่ ส่วนปรนัยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson ได้เท่ากับ .88 และส่วนอัตรานัยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้เท่ากับ .95

3. แบบวัดทักษะเมตาคอกนิชัน แบบวัดเป็นมาตรประเมินค่า 5 ระดับ (Likert Scale) ตั้งแต่ 1 (น้อยที่สุด) ถึง 5 (มากที่สุด) จำนวน 24 ข้อ ออกแบบเพื่อวัดทักษะเมตาคอกนิชัน 3 มิติ ตามกรอบทฤษฎีของ Flavell (1979) และ Schraw and Dennison (1994) ดังนี้ มิติการวางแผน (Planning) จำนวน 8 ข้อ วัดความสามารถในการกำหนดเป้าหมาย เลือกกลยุทธ์ และจัดลำดับขั้นตอนก่อนลงมือแก้ปัญหา มิติการตรวจสอบ (Monitoring) จำนวน 8 ข้อ วัดความสามารถในการติดตามและประเมินกระบวนการคิดของตนเองระหว่างลงมือทำ และมิติการประเมินผล (Evaluating) จำนวน 8 ข้อ วัดความสามารถในการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบและสะท้อนคิดหลังแก้ปัญหาเสร็จ แบบวัดผ่านการตรวจสอบคุณภาพดังนี้ ค่าความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ (IOC) มากกว่า 0.67 ทุกข้อ ค่าความเชื่อมั่น α -Cronbach รายมิติอยู่ระหว่าง .79-.84 และค่าความเชื่อมั่นภาพรวมทั้งฉบับเท่ากับ .81

4) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เป็นแบบการเก็บข้อมูลแบบกลุ่มเดียวที่มีการวัดผลก่อนและหลังการทดลอง (The One Group Pretest-Posttest Design) ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาค

เรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้อะหว่างวันที่ 1 ถึง 19 มิถุนายน พ.ศ. 2569 สัปดาห์ละ 4 คาบเรียน รวม 12 คาบเรียน รวมระยะเวลาดำเนินการทดลองทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงรายละเอียดการดำเนินการวิจัยให้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อสร้างแนวปฏิบัติร่วมกัน โดยกลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิเสธการเข้าร่วมกิจกรรมได้ตลอดเวลาตามที่ต้องการ

2. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลก่อนเรียน (Pretest) ด้วยเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและแบบวัดทักษะเมตาคognition และบันทึกผลคะแนนที่ได้

3. ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคognitionที่พรอมต์แก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 12 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ดำเนินการสอนสัปดาห์ละ 4 แผน ทั้งหมด 12 ชั่วโมง รวมระยะเวลาดทดลอง 3 สัปดาห์

4. ดำเนินการเก็บข้อมูลหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และแบบวัดทักษะเมตาคognition ชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน และบันทึกผลคะแนนที่ได้สำหรับนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

5) การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น โดยใช้สถิติ Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบว่าคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ต้องผ่านก่อนจึงจะสามารถใช้สถิติ t-test ได้ หากข้อมูลไม่เป็นปกติจะใช้สถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test แทน

2. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าร้อยละ เพื่อบรรยายภาพรวมของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent Samples t-test) เพื่อตอบสนองสมมติฐานการวิจัย ดังนี้ สมมติฐานข้อที่ 1 เปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ก่อนเรียนและหลังเรียน และสมมติฐานข้อที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนทักษะเมตาคognition ทั้ง 3 มิติ ได้แก่ การวางแผน การตรวจสอบ และการประเมินผล ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4. คำนวณขนาดผล (Effect Size) ด้วยค่า Cohen's d เพื่อประเมินว่าความแตกต่างที่พบมีความหมายในทางปฏิบัติมากน้อยเพียงใด โดยแปลผลตามเกณฑ์ของ Cohen (1988) คือ $d < 0.20$ หมายถึงขนาดผลเล็กน้อยเพียงใด, $d = 0.20-0.49$ หมายถึงขนาดผลเล็ก, $d = 0.50-0.79$ หมายถึงขนาดผลปานกลาง และ $d \geq 0.80$ หมายถึงขนาดผลใหญ่ ทั้งนี้ ค่า d ที่สูงกว่า 0.80 มากเพียงใด ยิ่งสะท้อนความแตกต่างในทางปฏิบัติที่ชัดเจนมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนำเสนอตามลำดับสมมติฐาน ดังนี้

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ก่อนเรียนและหลังเรียน
(n = 16)

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t	p	Cohen's d
ก่อนเรียน	100	38.19	10.44	12.44***	< .001	2.74
หลังเรียน	100	68.75	11.80			

หมายเหตุ: ***p < .001; ผลการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติด้วยสถิติ Shapiro-Wilk พบว่าคะแนนก่อนเรียน (W = 0.948, p = .457) คะแนนหลังเรียน (W = 0.961, p = .682) และคะแนนผลต่าง (W = 0.922, p = .183) มีการแจกแจงแบบปกติ จึงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน

จากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรมต์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(15) = 12.44$, $p < .001$) โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 68.75$, S.D. = 11.80) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 38.19$, S.D. = 10.44) และมีขนาดอิทธิพล (Cohen's d) เท่ากับ 2.74 ซึ่งจัดอยู่ในระดับใหญ่ (Cohen, 1988)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบทักษะเมตาคอกนิชันแต่ละด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียน (n = 16)

ด้าน	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p	Cohen's d
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.			
การวางแผน	2.48	0.65	3.94	0.58	8.76***	< .001	2.37
การตรวจสอบ	2.31	0.71	3.82	0.62	7.93***	< .001	2.27
การประเมินผล	2.19	0.68	3.65	0.59	7.21***	< .001	2.29
ภาพรวม	2.33	0.61	3.80	0.54	9.12***	< .001	2.55

หมายเหตุ: ***p < .001 ; ผลการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของคะแนนผลต่างด้วยสถิติ Shapiro-Wilk พบว่าทุกมิติ มีการแจกแจงแบบปกติ ได้แก่ ด้านการวางแผน (W = 0.965, p = .752) ด้านการตรวจสอบ (W = 0.974, p = .902) ด้านการประเมินผล (W = 0.887, p = .050) และภาพรวม (W = 0.940, p = .347) จึงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะเมตาคอกนิชันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรมต์ พบว่า นักเรียนมีทักษะเมตาคอกนิชันหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งภาพรวมและรายมิติ โดย

ภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 3.80$, S.D. = 0.54) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 2.33$, S.D. = 0.61) อย่างมีนัยสำคัญ ($t(15) = 9.12$, $p < .001$) เมื่อพิจารณารายมิติ พบว่า มิติการวางแผน ($t(15) = 8.76$, $p < .001$) มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 3.94$, S.D. = 0.58) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 2.48$, S.D. = 0.65) มิติการตรวจสอบ ($t(15) = 7.93$, $p < .001$) มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 3.82$, S.D. = 0.62) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 2.31$, S.D. = 0.71) และมิติการประเมินผล ($t(15) = 7.21$, $p < .001$) มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{x} = 3.65$, S.D. = 0.59) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x} = 2.19$, S.D. = 0.68) ทั้งนี้ ขนาดอิทธิพล (Cohen's d) อยู่ระหว่าง 2.27–2.55 ซึ่งจัดอยู่ในระดับใหญ่ทุกมิติ (Cohen, 1988)

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถอภิปรายได้ตามลำดับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านหันทราย มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ตั้งไว้ ผลดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ 4 ประการ ดังนี้

ประการแรก เทคนิค CUBES ช่วยแก้ไขปัญหาที่พบก่อนการทดลองได้โดยตรง กล่าวคือ ก่อนการทดลองนักเรียนมักรีบคำนวณทันทีโดยไม่อ่านโจทย์ให้เข้าใจก่อน ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าข้อมูลใดจำเป็น และข้อมูลใดไม่เกี่ยวข้อง รวมทั้งไม่ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ขั้นตอน C (วงกลมตัวเลข) และ U (ขีดเส้นใต้คำถาม) บังคับให้นักเรียนอ่านโจทย์ทั้งหมดก่อนลงมือคำนวณ ขั้นตอน E (ตัดข้อมูลที่ไม่จำเป็น) ฝึกให้นักเรียนแยกแยะข้อมูลที่จำเป็นออกจากข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง และขั้นตอน S (แก้ปัญหาพร้อมแสดงวิธีทำ) ฝึกให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบของตนเองก่อนส่งงาน ผลดังกล่าวสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Singh et al. (2010) ที่ว่าข้อผิดพลาดส่วนใหญ่ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เกิดจากความบกพร่องในขั้นตอนการทำความเข้าใจ การอ่าน และการตีความโจทย์ มิใช่จากการคำนวณผิดพลาด การที่เทคนิค CUBES บังคับให้นักเรียนผ่านขั้นตอนการอ่านและวิเคราะห์โจทย์อย่างเป็นระบบก่อนลงมือคำนวณ จึงช่วยลดข้อผิดพลาดในลักษณะดังกล่าวได้โดยตรง

ประการที่สอง การบูรณาการเมตาคognition (MP) เข้ากับเทคนิค CUBES ช่วยเสริมจุดอ่อนของเทคนิค CUBES แบบดั้งเดิม โดยเฉพาะในขั้นตอน B (Box key words) ซึ่ง Powell et al. (2022) ได้วิเคราะห์ข้อสอบจากแบบทดสอบคณิตศาสตร์ระดับรัฐ (State Math Assessments) ในสหรัฐอเมริกา จำนวน 747 ข้อ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 2 และพบว่าการใช้คำสำคัญ (Keywords) เพียงคำพ้องนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้องน้อยกว่าร้อยละ 50 สำหรับโจทย์ขั้นตอนเดียว และน้อยกว่าร้อยละ 10 สำหรับโจทย์หลายขั้นตอน ทั้งนี้เนื่องจากการพึ่งพาคำสำคัญเพียงอย่างเดียวเป็นวิธีการที่ผิวเผินเกินไปสำหรับโจทย์เศษส่วนที่ต้องอาศัยความเข้าใจโครงสร้างความหมาย ดังจะเห็นได้จากคำว่า "เหลือ" ที่อาจหมายถึงการลบโดยตรง หรืออาจต้องคูณก่อนแล้วจึงลบ ขึ้นอยู่กับบริบทของโจทย์แต่ละข้อ สอดคล้องกับ Teo and Abdullah (2023) ที่ศึกษาการใช้เทคนิค CUBES ในการสอนโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาผ่านการเรียนออนไลน์ในประเทศบรูไน และพบเช่นเดียวกันว่าเทคนิค CUBES ในรูปแบบ

ดั้งเดิมยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอในการพัฒนาความสามารถด้านการแก้โจทย์ปัญหา อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เทคนิค CUBES เพียงลำพัง หากแต่เสริมคำถามเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (MP) เข้าไปในทุกขั้นตอนของ CUBES ซึ่งช่วยเสริมจุดอ่อนของขั้นตอน B ได้โดยตรง โดยเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนจากการค้นหาคำสำคัญโดยผิวเผิน ไปสู่การทำความเข้าใจโครงสร้างความหมายของโจทย์ก่อนตัดสินใจเลือกวิธีแก้ปัญหา สอดคล้องกับที่ Schoenfeld (1985) อธิบายว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้แก้โจทย์ไม่ได้เพราะขาดความสามารถในการคำนวณ หากแต่ขาดความสามารถในการตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมกับโจทย์แต่ละข้อ ซึ่งเป็นสิ่งที่เรียกว่าปัญหาการควบคุม (Control Problem) คำถามเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (MP) ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวโดยกระตุ้นให้นักเรียนหยุดคิดก่อนลงมือว่าโจทย์ถามอะไร ตรวจสอบระหว่างทำว่าวิธีที่เลือกใช้เหมาะสมหรือไม่ และตรวจสอบภายหลังว่าคำตอบที่ได้สมเหตุสมผลหรือไม่

ประการที่สาม โครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งค่อย ๆ ถ่ายโอนบทบาทจากครูไปสู่ นักเรียน จากขั้นที่ 2 ที่ครูเป็นผู้สาธิต ไปสู่ขั้นที่ 3 ที่นักเรียนฝึกปฏิบัติเป็นกลุ่มโดยมีครูให้คำแนะนำ จนถึงขั้นที่ 4 ที่นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความเป็นอิสระในการใช้กลยุทธ์ CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (MP) ได้อย่างมั่นใจ โดยไม่ถูกเร่งให้ปฏิบัติด้วยตนเองตั้งแต่ต้นจนรู้สึกลำบากเกินความสามารถ สอดคล้องกับวงจรการเรียนรู้กำกับตนเองของ Zimmerman (2002) ในบทความ Becoming a Self-Regulated Learner: An Overview ที่ระบุว่าการพัฒนาทักษะการกำกับตนเองต้องผ่านลำดับขั้นการสังเกตแบบอย่าง (Observation) การฝึกปฏิบัติโดยมีผู้ช่วยเหลือ (Emulation) และการฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง (Self-control) นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับข้อค้นพบของ Myers et al. (2022) ซึ่งสังเคราะห์ผลการวิจัย 52 เรื่อง เกี่ยวกับการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา และพบว่าการสอนที่ให้ผลดีที่สุดคือการสอนที่มีขั้นตอนชัดเจนและใช้หลายกลวิธีประกอบกัน มีใช้การใช้กลวิธีใดกลวิธีหนึ่งเพียงลำพัง ซึ่งสอดคล้องกับผลที่พบในงานวิจัยนี้

ประการที่สี่ การใช้สถานการณ์จริงจากบริบทชุมชนท้องถิ่นในขั้นที่ 1 ของทุกแผนการสอน เช่น การแบ่งที่ดิน การตวงข้าว หรือการคิดส่วนลดในตลาด ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน และส่งผลให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Klang et al. (2021) ที่ศึกษา นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในประเทศสวีเดน และพบว่าการจัดการเรียนรู้แก้โจทย์ปัญหาผ่านการเรียนแบบร่วมมือในบริบทที่มีความหมายต่อผู้เรียนส่งผลเชิงบวกต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ประเด็นที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะเมตาคอกนิชันหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสามมิติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ที่ตั้งไว้ เมื่อพิจารณาเป็นรายมิติพบว่าทั้งสามมิติมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับใหญ่และใกล้เคียงกัน โดยมีผลการวางแผน (Planning) มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย (Cohen's $d = 2.37$) โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.48 เป็น 3.94 ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ (MP) เน้นการฝึกฝนทักษะการวางแผนเป็นพิเศษ กล่าวคือ ขั้นตอน C (วงกลมตัวเลข) U (ขีดเส้นใต้คำถาม) และ B (ใส่กรอบคำสำคัญ) ล้วนเป็นขั้นตอนที่ฝึกให้นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ก่อนลงมือคำนวณ เมื่อประกอบกับคำถามเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ด้านการวางแผน นักเรียนจึงได้ฝึกฝนทักษะนี้ซ้ำ ๆ ในทุกชั่วโมงเรียน สอดคล้องกับ Flavell (1979) ที่อธิบายไว้ใน

บทความ Metacognition and cognitive monitoring เมตาคอกนิชันเป็นทักษะที่พัฒนาได้ แต่จำเป็นต้องผ่านการฝึกฝนในเรื่องนี้ อย่างมีจุดมุ่งหมายโดยเฉพาะ และสอดคล้องกับ Mevarech and Kramarski (1997) ในบทความ IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms ที่พบว่าคำถามเมตาคอกนิทีฟที่เน้นการทำความเข้าใจปัญหาก่อนลงมือปฏิบัติช่วยพัฒนาทักษะการวางแผนได้ดีที่สุด นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ Kang et al. (2023) ซึ่งศึกษาด้วยเทคนิค Eye-tracking ในบทความ Metacognitive prompts and numerical ordinality in solving word problems พบว่าคำถามกระตุ้นการรู้คิดมิได้เพิ่มภาระในการอ่าน แต่เป็นการช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive load) และช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบการประมวลผลข้อมูล (Optimization) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้วิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาและหาคำตอบได้แม่นยำยิ่งขึ้น สำหรับมิติการประเมินผล (Evaluating) ซึ่งมีขนาดอิทธิพลใกล้เคียงกัน (Cohen's $d = 2.29$) โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.19 เป็น 3.65 ผลดังกล่าวอธิบายได้จากขั้นตอน S (Solve and show work) ของเทคนิค CUBES ที่ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด เมื่อประกอบกับคำถามเมตาคอกนิทีฟพร้อมด้ด้านการประเมินผล นักเรียนจึงต้องตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบทุกครั้ง ซึ่งช่วยแก้ปัญหามาก่อนการทดลองได้โดยตรง ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับ Pólya (1973) ที่ระบุว่าขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการแก้ปัญหา คือ การมองย้อนกลับ (Looking Back) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทบทวนกระบวนการคิด ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ และเชื่อมโยงองค์ความรู้ แต่มักเป็นขั้นตอนที่นักเรียนละเลยมากที่สุดเมื่อได้คำตอบแล้ว และสอดคล้องกับ Fyfe et al. (2022) ในบทความ The benefits of a metacognitive lesson on children's understanding of mathematical equivalence, arithmetic, and place value ซึ่งศึกษากับนักเรียนระดับประถมศึกษา และพบว่านักเรียนที่ได้รับการฝึกฝนให้ตั้งคำถามประเมินกระบวนการคิดของตนเอง มีความแม่นยำและมีทักษะการกำกับติดตามตนเอง (Metacognitive monitoring) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการคำถามกระตุ้นการรู้คิดเข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนรู้ มิได้ช่วยเพียงแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้านการคำนวณเท่านั้น หากแต่ยังปลูกฝังทักษะการประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบให้ติดตัวนักเรียนอย่างยั่งยืน ส่วนมิติการตรวจสอบ (Monitoring) มีขนาดอิทธิพลใกล้เคียงกับอีกสองมิติ (Cohen's $d = 2.27$) แม้คะแนนเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นจาก 2.31 เป็น 3.82 หรือเพิ่มขึ้น 1.51 คะแนนก็ตาม ทั้งนี้ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของมิตินี้กว้างกว่ามิติอื่นเล็กน้อย ซึ่งอาจสะท้อนว่านักเรียนแต่ละคนพัฒนาทักษะนี้ได้ไม่เท่ากัน อธิบายได้ว่าการตรวจสอบกระบวนการคิดของตนเองระหว่างลงมือปฏิบัติเป็นทักษะที่ทำหายที่สุด เนื่องจากนักเรียนต้องปฏิบัติสองกระบวนการไปพร้อมกัน คือ การคิดแก้โจทย์และการตรวจสอบว่าตนเองคิดถูกทางหรือไม่ ซึ่งมีความซับซ้อนกว่าการวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติ (Planning) หรือการตรวจสอบภายหลังปฏิบัติเสร็จ (Evaluating) กระนั้นก็ตาม ขนาดอิทธิพลที่ได้ยังคงอยู่ในระดับใหญ่ แสดงให้เห็นว่าคำถามเมตาคอกนิทีฟพร้อมด้ด้านการตรวจสอบที่สอดแทรกในขั้นตอน B และ E ของ CUBES ยังคงช่วยพัฒนาทักษะนี้ได้ดี เพียงแต่ต้องอาศัยระยะเวลาฝึกฝนมากกว่าอีกสองมิติ สอดคล้องกับ Veenman et al. (2004) ในบทความ The relation between intellectual and metacognitive skills from a developmental

perspective ที่ระบุว่าทักษะการตรวจสอบตนเองเป็นทักษะเมตาคอกนิชันที่ทำหายที่สุดสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา เนื่องจากต้องอาศัยความสามารถในการคิดสองระดับไปพร้อมกัน ได้แก่ การประมวลผลเพื่อแก้ปัญหา (Object-level) และการประมวลผลเพื่อตรวจสอบความคิดของตนเอง (Meta-level)

โดยภาพรวม ขนาดอิทธิพลของทักษะเมตาคอกนิชันทุกมิติอยู่ในระดับใหญ่ สอดคล้องกับข้อค้นพบจากการสังเคราะห์งานวิจัยจำนวนมาก ซึ่งยืนยันตรงกันว่าทักษะเมตาคอกนิชันมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ และการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกฝนทักษะนี้อย่างเป็นระบบสามารถยกระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้อย่างชัดเจน (Hidayat et al., 2025; Xie et al., 2024) ข้อค้นพบเหล่านี้ยืนยันว่าการฝึกทักษะเมตาคอกนิชันผ่านคำถามกระตุ้นการรู้คิด (Metacognitive Prompts) สามารถพัฒนาพฤติกรรมการกำกับตนเองของนักเรียนได้จริง แม้ในบริบทโรงเรียนขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัดอย่างโรงเรียนบ้านหันทราย

ผลที่พบข้างต้นมีความน่าสนใจเป็นพิเศษเมื่อพิจารณาในบริบทของโรงเรียนขนาดเล็กอย่างโรงเรียนบ้านหันทราย เนื่องจากกลยุทธ์ CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิชันที่พรอมต์ (MP) ต้องการเพียงชุดคำถามและแผนการสอนที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาเทคโนโลยีหรืองบประมาณเพิ่มเติมแต่อย่างใด ผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมิได้จำเป็นต้องอาศัยสื่อหรือเทคโนโลยีราคาแพง หากแต่สามารถบรรลุผลได้ด้วยการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับรายงาน Metacognition and self-regulated learning: Guidance report ของ Education Endowment Foundation (2018) องค์การวิจัยการศึกษาแห่งสหราชอาณาจักร ซึ่งระบุว่าจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นอภิปัญญาและการกำกับตนเอง (Metacognition and self-regulation) เป็นแนวทางที่สร้างผลกระทบเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้ในระดับสูง (High impact) ขณะที่ใช้งบประมาณและทรัพยากรต่ำที่สุด (Very low cost) เมื่อเปรียบเทียบกับนวัตกรรมการศึกษาประเภทอื่น สอดคล้องกับ Hattie (2009) ในหนังสือสังเคราะห์งานวิจัยเรื่อง Visible Learning ที่ยืนยันว่าปัจจัยด้านโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยี และทรัพยากรทางการเงิน มีขนาดอิทธิพล (Effect Size) ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อยกว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนของครูอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอย่างยั่งยืนมิได้จำเป็นต้องอาศัยสื่อการเรียนรู้อะไรราคาแพง หากแต่สามารถบรรลุผลได้ผ่านการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดอย่างเป็นระบบ และการใช้คำถามเพื่อการชี้แนะทางปัญญา (Cognitive scaffolding) จากครูผู้สอนอย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาประกอบการตีความ 3 ประการ ประการแรก การวิจัยนี้ใช้แบบแผนกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลังเรียน ซึ่งไม่มีกลุ่มควบคุมเปรียบเทียบ ขนาดอิทธิพลที่พบจึงอาจได้รับอิทธิพลจากปัจจัยแทรกซ้อนอื่นร่วมด้วย เช่น ความคุ้นเคยกับลักษณะแบบทดสอบจากการทดสอบซ้ำ (Testing effect) และพัฒนาการตามวัยของผู้เรียน (Maturation) จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิชันที่พรอมต์แต่เพียงปัจจัยเดียว ประการที่สอง แบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาและจุดประสงค์

การจัดการเรียนรู้โดยตรง ประกอบกับคะแนนก่อนเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับต่ำ จึงมีช่วงคะแนนที่สามารถพัฒนาได้มาก ขนาดอิทธิพลที่ปรากฏสูงกว่าที่พบโดยทั่วไปในงานวิจัยลักษณะเดียวกันจึงควรได้รับการตีความด้วยความระมัดระวัง และประการที่สาม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนห้องเรียนเดียวจำนวน 16 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง การนำผลการวิจัยไปอ้างอิงหรือประยุกต์ใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่นหรือบริบทอื่นจึงมีข้อจำกัดด้านการสรุปอ้างอิง (Generalizability) การวิจัยในอนาคตจึงควรดำเนินการซ้ำกับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้แบบแผนการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุม เพื่อยืนยันประสิทธิผลของนวัตกรรมนี้ให้มีความหนักแน่นทางวิชาการยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาสามารถนำเทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ไปประยุกต์ใช้ในการสอนแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยไม่ควรใช้เทคนิค CUBES เพียงลำพัง เนื่องจากผลการวิจัยและวรรณกรรมชี้ตรงกันว่า การพึ่งพาคำสำคัญเพียงอย่างเดียว อาจนำไปสู่คำตอบที่ผิด ควรสอดแทรกคำถามกระตุ้นการรู้คิดทั้งสามมิติควบคู่ทุกขั้นตอน

1.2 ผู้บริหารสถานศึกษาและศึกษานิเทศก์สามารถส่งเสริมการใช้นวัตกรรมนี้ในโรงเรียนขนาดเล็กได้ เนื่องจากใช้เพียงชุดคำถามและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า ไม่ต้องอาศัยงบประมาณหรือเทคโนโลยีเพิ่มเติม สอดคล้องกับแนวทาง high impact, low cost ของ EEF (2018)

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลระยะยาว (Retention effect) ของการใช้เทคนิค CUBES ร่วมกับเมตาคอกนิทีฟพรอมต์ ว่าหลังจากสิ้นสุดการทดลองไปแล้ว 2-4 สัปดาห์ นักเรียนยังคงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาและทักษะเมตาคอกนิชันคงเดิมหรือไม่

2.2 ควรมีการขยายผลการวิจัยโดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นอื่น หรือในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อน เช่น บทประยุกต์ หรือ เรขาคณิต เพื่อยืนยันประสิทธิภาพของนวัตกรรมให้กว้างขวางขึ้น

2.3 ควรดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ร่วมด้วย เช่น การคิดออกเสียง (Think-aloud Protocol) การสัมภาษณ์เชิงลึก หรือการวิเคราะห์ร่องรอยการทำงานในใบงาน เพื่ออธิบายว่านักเรียนใช้กระบวนการเมตาคอกนิชันอย่างไรระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งแบบวัดแบบรายงานตนเองไม่สามารถแสดงให้เห็นได้

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2568). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2568 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5-6* (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560).
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Education Endowment Foundation. (2018). *Metacognition and self-regulated learning: Guidance report*. <https://educationendowmentfoundation.org.uk/education-evidence/guidance-reports/metacognition>
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Fyfe, E. R., Byers, C., & Nelson, L. J. (2022). The benefits of a metacognitive lesson on children's understanding of mathematical equivalence, arithmetic, and place value. *Journal of Educational Psychology*, 114(6), 1292–1306. <https://doi.org/10.1037/edu0000715>
- Hardy, A. M., Douglas, G. P., MacLean, K. B., Mason, K. K., & Powell, S. R. (2026). How keywords impact word-problem performance: When 'more' does not mean to add. *Learning Disability Quarterly*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/07319487251322473>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hidayat, R., Mohd Saad, M. R. M., & Wewe, M. (2025). A meta-analysis of the effect of metacognitive instruction on mathematics achievement. *Cogent Education*, 12(1), Article 2517510. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2517510>

- Kang, T., Tang, T., Zhang, P., Luo, S., & Qi, H. (2023). Metacognitive prompts and numerical ordinality in solving word problems: An eye-tracking study. *British Journal of Educational Psychology*, 93(3), 862–877. <https://doi.org/10.1111/bjep.12601>
- Klang, N., Karlsson, N., Kilborn, W., Eriksson, P., & Karlberg, M. (2021). Mathematical problem-solving through cooperative learning—The importance of peer acceptance and friendships. *Frontiers in Education*, 6, Article 710296. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.710296>
- Mevarech, Z. R., & Kramarski, B. (1997). IMPROVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365–394. <https://doi.org/10.3102/00028312034002365>
- Myers, J. A., Witzel, B. S., Powell, S. R., Li, H., Pigott, T. D., Xin, Y. P., & Hughes, E. M. (2022). A meta-analysis of mathematics word-problem solving interventions for elementary students who evidence mathematics difficulties. *Review of Educational Research*, 92(5), 695–742. <https://doi.org/10.3102/00346543211070049>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I and II): Country notes—Thailand*. <https://doi.org/10.1787/6138f4af-en>
- Ozsoy, G. (2011). An investigation of the relationship between metacognition and mathematics achievement. *Asia Pacific Education Review*, 12(2), 227–235. <https://doi.org/10.1007/s12564-010-9129-6>
- Pearson, P. D., & Gallagher, M. C. (1983). The instruction of reading comprehension. *Contemporary Educational Psychology*, 8(3), 317–344. [https://doi.org/10.1016/0361-476X\(83\)90019-X](https://doi.org/10.1016/0361-476X(83)90019-X)
- Pólya, G. (1973). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press. (Original work published 1945)
- Powell, S. R., Berry, K. A., & Benz, S. A. (2020). Analyzing the word-problem performance and strategies of students experiencing mathematics difficulty. *The Journal of Mathematical Behavior*, 58, Article 100759. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2020.100759>
- Powell, S. R., Namkung, J. M., & Lin, X. (2022). An investigation of using keywords to solve word problems. *The Elementary School Journal*, 122(3), 452–473. <https://doi.org/10.1086/717888>

- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Schraw, G., & Dennison, R. S. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460–475. <https://doi.org/10.1006/ceps.1994.1033>
- Singh, P., Rahman, A. A., & Hoon, T. S. (2010). The Newman procedure for analyzing Primary Four pupils' errors on written mathematical tasks: A Malaysian perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8, 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.036>
- Teo, L. W. C., & Abdullah, N. A. (2023). Using CUBES strategy in a remote setting for primary mathematics word problems. *Jurnal Elemen*, 9(1), 132–152. <https://doi.org/10.29408/jel.v9i1.6864>
- Veenman, M. V. J., Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2004). The relation between intellectual and metacognitive skills from a developmental perspective. *Learning and Instruction*, 14(1), 89–109. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2003.10.004>
- Xie, Y., Zeng, F., & Yang, Y. (2024). A meta-analysis of the relationship between metacognition and academic achievement in mathematics: From preschool to university. *Acta Psychologica*, 249, Article 104486. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104486>
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice*, 41(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2