

บทความวิจัย (ภาษาไทย)/ Research Article (Thai)

การส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาสำหรับผู้เรียนด้วยวิธีการแบบเปิด Enhancing Habits of Mind of Mathematical Thinker and Problem-Solving Skills through the Open Approach

กัลยภัทร์ เฉลิมศรี^{1*}, วานินทร์ พูนไพบูลย์พัฒน์²Kanyapat Chalerm Sri^{1*}, Wanintorn Poonpaiboonpipat²^{1*} นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร ประเทศไทย^{1*} Master Student, Master of Education Program, Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok Province, Thailand² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร ประเทศไทย² Assistant professor, Faculty of Education, Naresuan University, Phitsanulok Province, ThailandE-mail address (Corresponding author): ^{1*}kanyapatc65@nu.ac.th; (Authors): ²wanintorns@nu.ac.th

รับบทความ: 9 พฤษภาคม 2567/ ปรับแก้ไข: 9 กันยายน 2567/ ตอรับบทความ: 23 กันยายน 2567

Received: 9 May 2024/ Revised: 9 September 2024/ Accepted: 23 September 2024

Abstract

Background and Objective: Self-awareness and independent problem-solving skills helps students develop mathematical skills effectively. This study aims to enhance mathematical thinking habits and problem-solving skills through the open approach among sixth-grade students.

Methodology: This qualitative research design was employed, using a classroom action research approach with the open method. The sample consisted of three purposively selected students. The research instruments included 13 open learning management plans focused on the topic of triangles (mean score = 4.59), observation forms for evaluating thinking habits, and a problem-solving skills test (IOC=1.00 for all items). Data were collected through supplementary instructional sessions, observations, and post-tests after 13 hours of instruction. The data were analyzed using inductive content analysis and evaluated through an analytic rubric assessment.

Results: sixth-grade students who participated in the Open Approach demonstrated significant improvement in understanding problems and persistence, reaching an advanced level in problem comprehension, planning, and explaining consistency. In addition, students showed improved accuracy, attaining proficiency to expertise in analyzing given information, understanding and planning, and explaining consistency.

Discussion: The improvement in students' mathematical thinking and problem-solving proficiency is attributed to enhanced problem comprehension and persistence, allowing them to anticipate, plan solutions, and hypothesize using visual aids. The emphasis on accuracy enabled students to interpret meanings, use signs and symbols with reasoning, and provide correct numerical answers.

Recommendations: Future research should compare the effects of different types of open-ended problems by designing experimental research to gain a better understanding of how varying problem structures impact students' development in mathematical thinking and problem-solving skills. This could lead to more effective teaching methods in the future.

Keywords: Enhancing Habits of Mind; Open Approach; Mathematical Thinking; Problem-Solving

บทคัดย่อ

ที่มาและวัตถุประสงค์การวิจัย: พฤติกรรมการตระหนักรู้คิดและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ระเบียบวิธีวิจัย : การวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยใช้วิธีแบบเปิด กำหนดกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง 3 คน เครื่องมือที่ใช้วิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง รูปสามเหลี่ยม จำนวน 13 แผน (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.59) แบบสังเกตแบบสังเกตคุณลักษณะ และแบบทดสอบวัดคุณลักษณะ (IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ) ซึ่งนำไปใช้เก็บข้อมูลด้วยการจัดชั่วโมงสอนเสริมร่วมกับการสังเกตและทำการทดสอบภายหลังสอนครบ 13 ชั่วโมง โดยนำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาแบบสรุปอุปนัยและประเมินผลตามการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric)

ผลการวิจัย: นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหาด้วยวิธีแบบเปิด ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่นที่เพิ่มขึ้นในระดับเชี่ยวชาญ คือ การทำความเข้าใจและวางแผน และการอธิบายความสอดคล้อง และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำที่เพิ่มขึ้นในระดับชำนาญถึงเชี่ยวชาญ คือ การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนด การทำความเข้าใจและวางแผน และการอธิบายความสอดคล้อง

อภิปรายผล: ความชำนาญและความเชี่ยวชาญการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาด้วยวิธีแบบเปิดของผู้เรียนที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการส่งเสริมคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและความมานะบากบั่น ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถคาดการณ์ วางแผนแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐานผ่านภาพประกอบ และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ทำให้ผู้เรียนสามารถระบุความหมาย ใช้เครื่องหมายและสัญลักษณ์ด้วยเหตุผล และแสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ: ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของการใช้ปัญหาแบบเปิด โดยการออกแบบการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้ปัญหาแบบเปิดที่มีลักษณะแตกต่างกันต่อการพัฒนาความคิดเชิงคณิตศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปสู่การพัฒนาวิธีการสอนของครูผู้สอนที่มีประสิทธิภาพในอนาคตได้

คำสำคัญ: การส่งเสริมคุณลักษณะ; วิธีการแบบเปิด; การคิดเชิงคณิตศาสตร์; การแก้ปัญหา

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นสาขาวิชาที่เก่าแก่ที่สุดสาขาหนึ่งของโลก ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ของมนุษย์ และสถาบันทางสังคมในความหมายของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เช่น ข้อเสนอแนะและแนวคิดนั้น เปิดกว้างสำหรับการพิจารณาของมนุษย์ และสามารถนำมาอภิปรายร่วมกันได้ เป็นต้น โดยเป็นการอธิบายถึงค่านิยมชุดหนึ่งคือคณิตศาสตร์ และค่านิยมอีกชุดหนึ่งคือความเปิดกว้าง นั่นคือการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและวิธีการทางคณิตศาสตร์ (Bishop, 1991) รวมถึงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ เช่น พีชคณิต แคลคูลัส และตัวเลข เป็นต้น ตลอดจนกระบวนการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ เช่น อัลกอริทึม การพิสูจน์ และการคำนวณ เป็นต้น กับการเป็นสังคมที่เกี่ยวข้องกับบริบทและวิธีการทางสังคม ซึ่งรวมถึงบริบทของปัญหาทางสังคมและวิธีการ เช่น การอภิปราย การโต้เถียง และการลงคะแนนเสียง เป็นต้น (Wilder, 1968) ด้วยเหตุนี้ การเปิดกว้างเกิดขึ้นเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาระดับวัตถุและปัญหาระดับสูงได้รับการนำเสนอรูปแบบการอภิปรายเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับความเปิดกว้างและแก้ปัญหาในการศึกษาคณิตศาสตร์ ความสัมพันธ์นี้สะท้อนถึงการเคลื่อนไหวระหว่างความเป็นคณิตศาสตร์และความเป็นสังคม รวมถึงการเคลื่อนไหวระหว่างเนื้อหาและกระบวนการ (Baba, 2024)

ปัญหาถูกนำเสนอโดยอิงจากเหตุการณ์ในชีวิตสำหรับการศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น เช่น การคูณเศษส่วนถูกนำเสนอโดยอิงจากเหตุการณ์ เป็นต้น (Kubo, 1951) ซึ่งแนวทางปลายเปิดคือการกำหนดปัญหาปลายเปิดเป็นงานเพื่อใช้แก้ปัญหาที่มีอยู่แบบเชิงรุกโดยรวมความรู้เดิมทุกรูปแบบเข้าด้วยกันและมีวิธีการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธี (Shimada, 1977) ดังนั้น การเลือกวิธีการเรียนรู้ที่ถูกต้อง

สามารถช่วยปรับปรุงความสามารถในการแสดงออกทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งวิธีการหรือภูมิปัญญาที่ครูหรือนักเรียนใช้ในการบรรลุเป้าหมายการเรียนการสอนโดยจัดกระบวนการหรือหัวข้อการสอนเป็นหนึ่งในแนวทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ช่วยปรับปรุงความสามารถในการแสดงภาพหรือแนวทางปลายเปิดที่ใช้คำถามปลายเปิดที่สามารถตอบได้ด้วยวิธีแก้ปัญหาและคำตอบที่เป็นไปได้หลากหลาย ทำให้มีความยืดหยุ่นสำหรับนักเรียนในการแก้ปัญหา (Hafidzah et al., 2021; Tanjung et al., 2020) ซึ่งนอกจากโอกาสในการพัฒนาทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้ว แนวทางปลายเปิดยังเป็นประโยชน์ต่อครูคือ การใช้คำถามปลายเปิดในแนวทางปลายเปิดมักต้องการให้นักเรียนอธิบายแนวคิดของตนเพื่อให้ครูสามารถเข้าใจรูปแบบการเรียนรู้ การทำความเข้าใจช่องว่าง และภาษาที่ใช้อธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (Ali et al., 2021)

การมีอยู่ของปัญหาก่อให้เกิดกิจกรรมทางปัญญา ความรู้พัฒนาความรู้ ความก้าวหน้าของความรู้ และความเข้าใจเกิดขึ้นจากตัวเราเอง ถือว่าเป็นการแพร่กระจายหรือปฏิกริยาลูกโซ่จากปัญหานึงไปสู่อีกปัญหานึง โดยแบ่งปัญหาเดิมออกเป็นส่วนและแก้ไขแต่ละส่วนด้วยวิธี เช่น ปัญหาเดิม คือ รูปแปดเหลี่ยมปกติมีเส้นทแยงมุมกี่เส้น ส่วนที่ทแยงมุมสามารถแทนที่ด้วย ด้าน และ มุม ได้ เป็นต้น ซึ่งภายหลังจากผู้เรียนแก้ปัญหาได้แล้ว พวกเขาสามารถพัฒนาปัญหาใหม่ได้โดยการเปลี่ยนเงื่อนไขหรือการกำหนดลักษณะของปัญหาเดิม (Takeuchi & Sawada, 1984) ซึ่งเป็นการสร้างลักษณะนิสัย แสดงออกมาเป็นการกระทำเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าทิศทางเดียวกัน และมีความสม่ำเสมอในการปฏิบัติ (Joyce & Weil, 1996) พัฒนาสู่การมีจิตนิสัย (Habits of Mind) ตามคุณลักษณะที่ชาญฉลาดต่อการรู้วิธีหรือการตอบสนองต่อข้อมูล (Costa & Kallick, 2008)

ดังนั้น การสอนที่เน้นสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่มาจากสิ่งรอบตัวนักเรียน เพื่อฝึกให้เกิดทักษะและกระบวนการทางด้านความคิด และเน้นกระบวนการแก้ปัญหาหลากหลาย เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดหาวิธีการแก้ปัญหา แลกเปลี่ยนวิธีคิดซึ่งกันและกัน โดยการแก้ปัญหาด้วยตนเองของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้วิเคราะห์และตีความสถานการณ์ปัญหาเพื่อพิจารณาถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง นำมาใช้อย่างเหมาะสม (Pengthinda & Supap, 2020) และช่วยให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผู้เรียนและตอบสนองต่อความต้องการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้สอดคล้องกับศตวรรษที่ 21 ได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

การทบทวนวรรณกรรม

คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ตามกระบวนการของหลักการและมาตรฐานหลักสูตรแกนกลางทั่วไปในวิชาคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) ประกอบด้วย

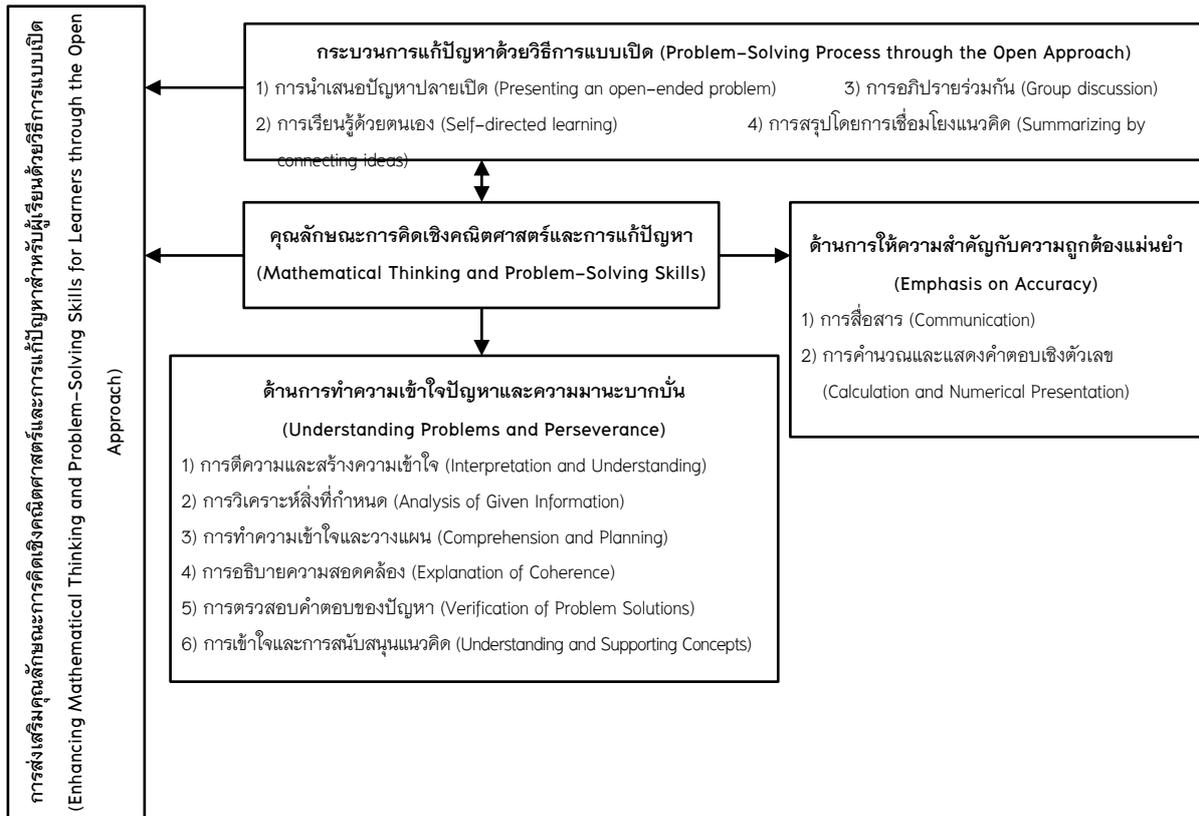
- 1) การวิเคราะห์ปัญหาและสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ใหม่ ผ่านการแก้ปัญหา การใช้และปรับใช้กลยุทธ์

ที่เหมาะสมหลากหลายเพื่อแก้ปัญหา ติดตาม และสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2) การใช้เหตุผลและการพิสูจน์ เป็นการสร้างและสืบสวนข้อสันนิษฐาน ประเมินข้อโต้แย้งและพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ โดยการใช้เหตุผลและวิธีการพิสูจน์ 3) การสื่อสาร โดยจัดระเบียบและรวบรวมความคิดของตนเอง วิเคราะห์และประเมินการคิดและกลยุทธ์ของผู้อื่น และใช้ภาษาคณิตศาสตร์แสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ ได้อย่างแม่นยำ 4) การเชื่อมต่อ โดยการจดจำและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ พยายามทำความเข้าใจที่เชื่อมโยงและมุ่งหวังที่จะสร้างเครือข่ายความคิดที่สอดคล้องกัน 5) การเป็นตัวแทน โดยใช้นาฬิกาเพื่อจัดระเบียบ บันทึก และสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ วิธีการเลือก การใช้ แปลค่าทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา ใช้การแทนค่าเพื่อสร้างแบบจำลองและตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพ สังคม และคณิตศาสตร์

นอกจากนี้ ทักษะและความคิดเพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสประสบการณ์การค้นพบสิ่งใหม่ โดย Shimoda (1977) ได้เสนอแนวคิดแบบเปิดกว้างที่เรียกว่า “การเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา” ซึ่งจำแนก “การหาทางแก้ปัญหา” กับ “การเรียนรู้บางสิ่งผ่านการแก้ปัญหา” อย่างชัดเจน อีกนัยหนึ่งก็คือ การหาทางแก้ปัญหา ถือเป็นจุดมุ่งหมายหรือเป็นวิธีการในการแก้ปัญหา หากเป็นวิธีการก็ต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้เหมาะสม ดังนั้น การคิดแบบคณิตศาสตร์จึงกลับมาปรากฏอีกครั้ง ซึ่ง ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (Inprasitha, 2013) ได้แสดงกระบวนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิดขั้นการสำรวจเพื่อเชื่อมโยงโลกจริงของนักเรียนกับสถานการณ์ปัญหาในหนังสือเรียน ชั้นนักเรียนปฏิบัติ (โดยตนเอง) เพื่อแก้ปัญหาและนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ต่อเพื่อนนักเรียนในกลุ่มและหรือครูสังเกตและบันทึกวิธีการ (แก้ปัญหา) ของนักเรียน และวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียน ชั้นอภิปรายเพื่อหาเหตุผลและเปรียบเทียบแนวคิดของนักเรียน และขั้นสรุป โดยการสังเคราะห์

สำหรับ Marzano (1992) ได้อธิบายการสอนด้วยมิติแห่งการเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) การมีความอ่อนไหวต่อข้อเสนอแนะ 2) การแสวงหาความแม่นยำและความแม่นยำ 3) การยืนหยัดแม้คำตอบและวิธีแก้ไขจะไม่ชัดเจน 4) การมองสถานการณ์ในรูปแบบที่ไม่ธรรมดา และ 5) การหลีกเลี่ยงความหุนหันพลันแล่น และ Costa and Kallick (2000) ได้ระบุลักษณะเฉพาะเพื่อความสำเร็จ โดยพิจารณาถึงนิสัยเชิงสร้างสรรค์ โดยทั่วไป รวมถึงพฤติกรรมส่วนบุคคลและนิสัยทางปัญญา โดยเสนอขั้นตอนสำหรับนักการศึกษาสำหรับนำไปใช้พัฒนาผู้เรียน คือ 1) การคงอยู่ 2) การจัดการความหุนหันพลันแล่น 3) การฟังด้วยความเข้าใจและความเห็นอกเห็นใจ 4) การคิดอย่างยืดหยุ่น 5) การคิดเกี่ยวกับการคิด 6) การมุ่งมั่นเพื่อความถูกต้อง 7) การซักถามและการตั้งปัญหา 8) การนำความรู้ในอดีตมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ 9) การคิดและการสื่อสารด้วยความชัดเจนและแม่นยำ 10) การรวบรวมข้อมูลผ่านทุกประสาทสัมผัส 11) การสร้างสรรค์ การจินตนาการ การริเริ่มนวัตกรรม 12) การตอบสนองด้วยความประหลาดใจและความเกรงขาม 13) การรับผิดชอบความเสี่ยง 14) การค้นหาอารมณ์ขัน 15) การคิดอย่างพิถีพิถัน และ 16) การเปิดรับการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

ดังนั้น ข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์สรุปและจำแนกข้อมูลเพื่อการประยุกต์ใช้สร้างเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

Figure 1. Conceptual Framework

ที่มา: วิเคราะห์โดยผู้วิจัย

Source: Analysis by the Researcher

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ในงานวิจัยนี้ ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้ตามโครงการ (Project-based Learning: PBL) ซึ่งเป็นการออกแบบให้เกิดการริเริ่มโครงการ การสำรวจ และการเพิ่มประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมการคิดด้านคณิตศาสตร์อย่างเชี่ยวชาญ สามารถบูรณาการทรัพยากร และประสบการณ์ส่วนตัวในระหว่างการระบuproblem การกำหนดสูตร การวิเคราะห์ และการแก้ไขปัญหา (Gao & Zhang, 2023) ประกอบด้วย การวางแผน การดำเนินการและสังเกต และการไตร่ตรอง (Kemmis & McTaggart, 1988)

ประชากร และกลุ่มเป้าหมาย

ประชากรการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนจ่ารัฐชัยพฤกษ์ราชภัฏวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร รวมทั้งสิ้นจำนวน 8 คน (Bureau of Inspection and Evaluation, 2023) กำหนดกลุ่มเป้าหมายโดยไม่อาศัยความน่าจะเป็นด้วยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง นักเรียน จำนวน 3 คน เนื่องจากนักเรียน จำนวน 4 คน มีความบกพร่องด้านการเรียนรู้ และมีใบรับรองจากแพทย์เฉพาะทาง

เครื่องมือการวิจัยและคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้รับการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ 1 คน อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ 1 คน และครูวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ 1 คน ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง รูปสามเหลี่ยม จำนวน 13 แผน จำแนกเป็น แผนที่ 1 ถึงแผนที่ 3 เรื่อง ชนิดและสมบัติของรูปสามเหลี่ยม แผนที่ 4 ถึงแผนที่ 6 เรื่อง ส่วนประกอบของรูปสามเหลี่ยม แผนที่ 7 ถึงแผนที่ 9 เรื่อง การสร้างรูปสามเหลี่ยม และแผนที่ 10 ถึงแผนที่ 13 เรื่อง ความยาวรอบรูปสามเหลี่ยม พื้นที่รูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิดการเรียนรู้ตามโครงการ (Project-based Learning: PBL) ซึ่งเป็นการออกแบบให้เกิดการริเริ่มโครงการ การสำรวจ และการเพิ่มประสิทธิภาพ ทำให้ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมการคิดด้านคณิตศาสตร์ อย่างเชี่ยวชาญ สามารถบูรณาการทรัพยากรและประสบการณ์ส่วนตัวในระหว่างการระบุดูปัญหา กำหนดสูตรวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหา (Gao & Zhang, 2023) แผนละ 5 ด้าน ประกอบด้วย 1) จุดประสงค์การเรียนรู้ 2) สาระการเรียนรู้ 3) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4) สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และ 5) การวัดผลและประเมินผล ทำการประเมินความเหมาะสมตามเกณฑ์การให้ระดับคะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert, 1967) คือ 1 คะแนน เท่ากับเหมาะสมน้อยที่สุด 2 คะแนน เท่ากับน้อย 3 คะแนน เท่ากับปานกลาง 4 คะแนน เท่ากับมาก และ 5 คะแนน เท่ากับมากที่สุด นำผลการประเมินมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยด้วยสูตร $X = \frac{\sum Xi}{n}$ เมื่อ X แทนค่าเฉลี่ย $\sum Xi$ แทนผลรวมของคะแนนทั้งหมด n แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ (Wanichbancha, 2007) ซึ่งผลค่าเฉลี่ยเมื่อเทียบกับเกณฑ์ค่าเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่า 3.50 (Buasonte, 2013) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 แสดงว่าสามารถนำไปใช้ได้

2. แบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาชนิดปลายเปิด จำนวน 2 ด้าน คือ ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและหาสาเหตุ และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ ตามกระบวนการของหลักการและมาตรฐานแกนกลางทั่วไปในวิชาคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000)

3. แบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา จำแนกเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ และการตรวจสอบร่องรอยหลักฐานคุณลักษณะตามแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและความมั่นใจ จำนวน 4 ข้อ และด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ จำนวน 2 ข้อ โดยจำแนกระดับการประเมิน 4 ระดับ ประกอบด้วย ระดับ 1 คือ ริเริ่ม ระดับ 2 คือ พัฒนา ระดับ 3 คือ ชำนาญ และระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์แปลผลประเมิน (Costa & Kallick, 2008)

ทำการตรวจสอบตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และการแก้ปัญหา และแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยผู้เชี่ยวชาญ

พิจารณาให้คะแนนตามเกณฑ์ +1 คะแนน กรณีที่แน่ใจว่าใช้ได้ 0 คะแนน กรณีที่ไม่แน่ใจว่าใช้ได้ และ -1 กรณีที่แน่ใจว่าใช้ไม่ได้ นำผลคะแนนที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) ด้วยสูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$ เมื่อ IOC แทนค่าดัชนีความสอดคล้อง $\sum R$ แทนผลรวมคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ และ N แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ (Tirakanan, 2013) โดยพิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (Phattiyathanee, 2019) พบว่า มีค่าเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ ทั้ง 2 ชุด

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน เรื่อง รูปสามเหลี่ยม ใช้เวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง จัดการเรียนรู้ในชั่วโมงสอนเสริมนอกเหนือจาก ชั่วโมงปกติ โดยได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองและลงนามครบถ้วนทุกคน ซึ่งมีการสังเกตระหว่างการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน ร่วมกับการบันทึกวีดิทัศน์และเสียง เพื่อสังเกตข้อมูลเพิ่มเติมและภายหลังการจัดการเรียนรู้ จบครบทุกหน่วยการเรียนรู้ กลุ่มเป้าหมายได้ทำการตอบและให้ข้อมูลในแบบทดสอบวัดคุณลักษณะ การคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาครบทุกคน

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสังเกตคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ตามรูปแบบสรุปอุปนิสัยในลักษณะการดำเนินการที่ได้จากการสังเกตและการไตร่ตรอง (Kemmis & McTaggart, 1988) และแบบทดสอบวัดคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา ใช้การประเมินแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) จำแนกออกเป็น 4 ระดับ ประกอบด้วย ระดับ 1 คือ ริเริ่ม ระดับ 2 คือ พัฒนา ระดับ 3 คือ ชำนาญ และระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ โดยกำหนดเกณฑ์แปลผลประเมิน (Costa & Kallick, 2008) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา

Table 1. Criteria for assessing Overarching Habits of Mind of a Productive Mathematical Thinker

ระดับ (Level)	เกณฑ์ (criteria)
เชี่ยวชาญ (Expert)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ไม่ว่าการแสดงออกถึงคุณลักษณะที่เหมาะสมจะยากขนาดไหนก็ตาม นักเรียนวิเคราะห์และเลือกใช้กลยุทธ์อย่างหลากหลาย เพื่อให้การแสดงออกถึงคุณลักษณะตรงตามเป้าหมาย (Does not give up no matter how difficult it is to find the answers to solutions. Evaluates the use of a variety of strategies to stay on task)
ชำนาญ (Practitioner)	นักเรียนไม่ยอมแพ้ในการแสดงออกถึงคุณลักษณะ และยังคงแสดงพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง (Does not give up when trying to find the answers or solutions. Stays on task.)
พัฒนา (Apprentice)	นักเรียนพยายามแสดงออกถึงคุณลักษณะให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ แต่ยอมแพ้เมื่อยากเกินไป (Tries to complete tasks when the answers or solutions are not readily available, but gives up when task is too difficult. Gets off task easily.)
ริเริ่ม (Novice)	นักเรียนยอมแพ้ให้กับให้การแสดงออกถึงคุณลักษณะ ได้ง่ายและรวดเร็ว (Gives up easily and quickly on difficult tasks)

ที่มา: Costa & Kallick (2008)

Source: Costa & Kallick (2008)

ผลการวิจัย

การส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แสดงผลการวิจัยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ภาพรวมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

Table 2. Overview of Mathematical Thinking and Problem-Solving Characteristics Using Open Approach of Grade 6 Students

คุณลักษณะ (characteristics)	ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น (Make sense of problems and persevere in solving them)						ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้อง แม่นยำ (Attend to precision)			
	1	2	3	4	5	6	รวม (Total)	1	2	รวม (Total)
การนำเสนอปัญหาปลายเปิด (Presenting Open-Ended Problems)										
ริเริ่ม (Novice)	0	0	0	0	1	1	2	0	-	0
พัฒนา (Apprentice)	1	1	2	3	1	2	10	3	-	3
ชำนาญ (Practitioner)	2	1	1	0	1	0	5	0	-	0
เชี่ยวชาญ (Expert)	0	1	0	0	0	0	1	0	-	0
การเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-Directed Learning)										
ริเริ่ม (Novice)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พัฒนา (Apprentice)	0	0	1	1	1	0	3	2	1	3
ชำนาญ (Practitioner)	3	3	2	2	1	3	14	1	2	3
เชี่ยวชาญ (Expert)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
การอภิปรายร่วมกัน (Collaborative Discussion)										
ริเริ่ม (Novice)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พัฒนา (Apprentice)	1	0	1	1	0	0	3	0	1	1
ชำนาญ (Practitioner)	0	1	2	0	1	0	4	1	0	1
เชี่ยวชาญ (Expert)	2	2	0	2	2	3	11	2	2	4
การสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิด (Summarization through Conceptual Linking)										
ริเริ่ม (Novice)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พัฒนา (Apprentice)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ชำนาญ (Practitioner)	1	1	1	0	1	1	5	1	0	1
เชี่ยวชาญ (Expert)	2	2	2	3	2	2	13	2	3	5

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีการพัฒนาคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น อยู่ในระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ โดยเพิ่มขึ้นในเนื้อหาที่ 3 การทำความเข้าใจและวางแผน และเนื้อหาที่ 4 การอธิบายความสอดคล้อง สำหรับด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ อยู่ในระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ โดยเพิ่มขึ้นในเนื้อหาที่ 2 การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดเนื้อหาที่ 3 การทำความเข้าใจและวางแผน และเนื้อหาที่ 4 การอธิบายความสอดคล้อง ตามลำดับ

ตารางที่ 3 คุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบเปิดของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำแนกเป็นรายด้าน

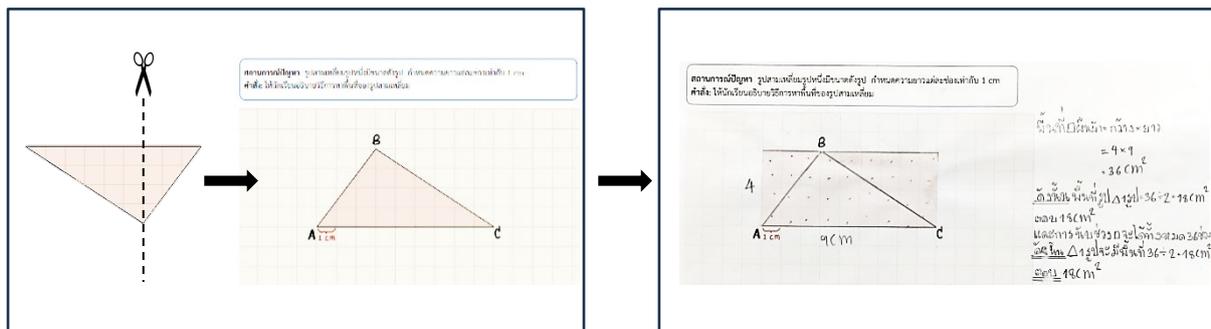
Table 3. Characteristics of Mathematical Thinking and Problem-Solving Skills of Grade 6 Students Using the Open Approach, Categorized by Aspect

คุณลักษณะ (characteristics)	ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น (Make sense of problems and persevere in solving them)						ด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ (Attend to precision)				
	(ข้อ) (section)	1	2	3	4	5	6	รวม (Total)	1	2	รวม (Total)
ริเริ่ม (Novice)		0	0	0	0	-	-	0	0	0	0
พัฒนา (Apprentice)		1	0	0	1	-	-	2	1	0	1
ชำนาญ (Practitioner)		1	2	2	0	-	-	5	1	1	2
เชี่ยวชาญ (Expert)		1	1	1	2	-	-	5	1	2	3

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่า ผู้เรียนมีคุณลักษณะด้านการทำความเข้าใจปัญหาและความมานะบากบั่น อยู่ในระดับ 3 คือ ชำนาญ ถึงระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ ส่วนด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ อยู่ในระดับ 4 คือ เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้ ผู้เรียนได้แสดงให้เห็นถึงร่องรอยหลักฐานคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาในแต่ละด้านดังนี้

ด้านการทำความเข้าใจปัญหาและความมานะบากบั่น



ภาพที่ 2 การทำความเข้าใจปัญหาและความมานะบากบั่น

Figure 2. Understanding Problems and Perseverance

ที่มา: ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2567 ณ ห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจ่ารุงภู
ชัยพฤกษ์ราษฎร์วิทยา จังหวัดกำแพงเพชร

Source: Photo recorded on 19, February, 2024 in the Grade 6 classroom at Jamrungchaipruksarat
Witthaya School, Kamphaeng Phet Province.

จากภาพที่ 2 แสดงให้เห็นการทำความเข้าใจปัญหาและมีความมานะบากบั่น คือ นักเรียนวางแผนแก้ปัญหาโดยใช้ภาพประกอบเพื่อทำความเข้าใจ เริ่มต้นจากการคาดการณ์โดยนำรูปสามเหลี่ยมอีกรูปหนึ่งมารวมกันเป็นรูปสี่เหลี่ยม ทำให้พื้นที่สี่เหลี่ยมเกิดขึ้นจากพื้นที่ของสามเหลี่ยม 2 รูป และแสดงให้เห็นร่องรอยหลักฐานทางคุณลักษณะ ดังนี้

1. การตีความและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหาโดยการอธิบายความหมายการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมผ่านการสร้างภาพประกอบ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดในการแก้ปัญหา

2. การวิเคราะห์สิ่งที่กำหนดให้จากปัญหา ข้อจำกัด และเป้าหมายได้ คือ การวิเคราะห์เป้าหมายของปัญหาจากการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม สามารถวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องสำคัญของปัญหาได้ โดยเริ่มต้นแก้ปัญหาจากการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม นั่นคือ ความกว้าง \times ความยาว เป็นพื้นที่ซึ่งเกิดจากการรวมกันของพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม 2 รูป โดยรูปสามเหลี่ยมรูปหนึ่งถูกตัดแบ่งเป็น 2 ส่วน แล้วนำมาประกอบกับรูปสามเหลี่ยมรูปเดิม จึงเกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยม

3. การทำความเข้าใจ คาดการณ์ และวางแผนการแก้ปัญหา โดยการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มก่อนลงมือทำ ด้วยการวางแผนการ ตั้งสมมุติฐานผ่านภาพประกอบ และแสดงท่าทางประกอบ ตัวอย่างการสนทนาภายในกลุ่ม

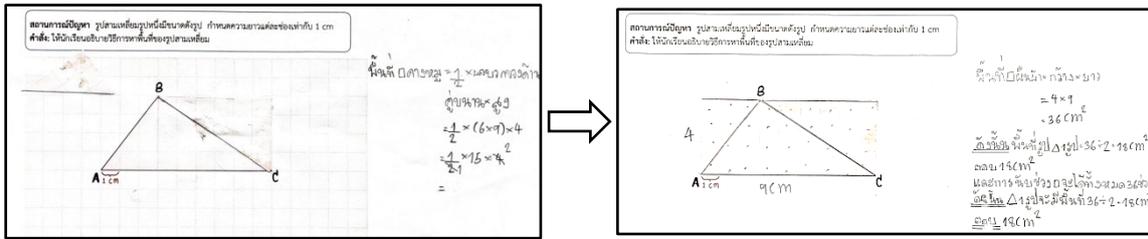
“...เราจะทำอย่างไรได้บ้างกับสามเหลี่ยมอีกรูป ? เราลองนำรูปสามเหลี่ยมอีกรูปมารวมกันโดยตัดแบ่งจากจุดยอด ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปสามเหลี่ยม 2 รูปนั้นต่อกันแล้วเป็นรูปสี่เหลี่ยม...” (A002, personal communication, February 19, 2024)

4. การอธิบายความสอดคล้องของลักษณะปัญหาและความสัมพันธ์ของปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ผ่านคำอธิบายด้วยวาจา หรือภาพที่เป็นรูปธรรม โดยมีการร่วมสนทนาเกี่ยวกับการนับช่องตารางที่เชื่อมโยงความรู้เรื่องเศษส่วนและพื้นที่ได้ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การนับช่องตารางที่มีขนาดช่องละ 1 ตารางเซนติเมตร เพื่อหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม ดังตัวอย่างการสนทนาภายในกลุ่ม

“...ตรงนี้ 1 ช่อง คือ 1 ตารางเซนติเมตร เราสามารถนับได้ แต่บางส่วนที่มีลักษณะครึ่งช่องนั้น มีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง ดังนั้น ครึ่ง + ครึ่ง เท่ากับ 1 ตารางเซนติเมตร...” (A001, personal communication, February 19, 2024)

5. การตรวจสอบคำตอบของปัญหาโดยใช้วิธีการอื่นได้อย่างหลากหลายด้วยความรอบคอบระมัดระวัง คือ การตรวจสอบผลลัพธ์ในการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมโดยใช้สูตรการคำนวณและการนับช่องตารางซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ตรงกัน ดังนั้น พื้นที่ของรูปสามเหลี่ยมต้องเป็นครึ่งหนึ่งของรูปสี่เหลี่ยม นั่นคือพื้นที่ที่จะมีขนาดเท่ากับ 18 ตารางเซนติเมตร เสมอ

6. การเข้าใจแนวทางการแก้ปัญหาของผู้อื่น โดยสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนแนวคิด ได้แย้ง หรือสนับสนุนแนวคิดของผู้อื่นได้



ภาพที่ 3 การปรับแนวคิดในการแก้ปัญหา

Figure 3. Adjusting Concepts in Problem-Solving

ที่มา: ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2567 ณ ห้องเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจำรุงวิทยานุสรณ์ราชบุรีวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร

Source: Photo recorded on 19, February, 2024 in the Grade 6 classroom at Jamrungchaipruksarat Witthaya School, Kamphaeng Phet Province

จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาของนักเรียนผ่านการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นักเรียนได้ทดลองเพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของแนวคิดในการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม เมื่อแนวคิดเดิมไม่ประสบความสำเร็จ จึงได้นำแนวคิดที่เกิดขึ้นจากข้อโต้แย้งของผู้อื่นมาปรับใช้ในการแก้ปัญหอย่างถูกต้อง

การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำ

1. การสื่อสารกับผู้อื่น โดยใช้คำจำกัดความที่ชัดเจนในการสนทนากับผู้อื่นด้วยเหตุผล อธิบายซึ่งกันและกันอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยระบุความหมายของสัญลักษณ์ รวมทั้งใช้เครื่องหมายได้อย่างแม่นยำ มีความระมัดระวังเรื่องหน่วยของการวัด จากที่กล่าวมาข้างต้น นักเรียนมีการสื่อสารความเข้าใจที่ชัดเจน โนมโนทัศน์รูปสี่เหลี่ยม สามารถระบุชนิดของรูปสี่เหลี่ยมได้อย่างถูกต้อง นักเรียนสื่อสารแนวคิดด้วยคำจำกัดความที่ชัดเจน คือ ความกว้าง ความยาว นักเรียนอธิบายเหตุผลและใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างการสนทนาภายในกลุ่ม

“...เราสามารถหาพื้นที่ได้ โดยปรับจากรูปสามเหลี่ยมเป็นรูปสี่เหลี่ยม สังเกตได้ว่าพื้นที่มีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และเนื่องจากรูปนี้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพราะเป็นมุมฉาก มีด้านตรงข้ามที่ยาวเท่ากัน หาพื้นที่โดยนำความกว้าง คูณความยาว ซึ่งมีความกว้าง 4 เซนติเมตร และมีความยาว 9 เซนติเมตร จึงมีพื้นที่ 36 ตารางเซนติเมตร แต่ต้องแบ่งออกครึ่งหนึ่ง นั่นคือ นำพื้นที่ 36 ตารางเซนติเมตรมาหารสอง...” (A002, personal communication, February 19, 2024)

2. การคำนวณได้อย่างถูกต้อง แสดงคำตอบเชิงตัวเลขได้อย่างชัดเจน แม่นยำ เหมาะสมกับบริบท ด้วยการแสดงวิธีการหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยม ขนาด 36 ตารางเซนติเมตร จากการนับช่องตารางขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร จำนวน 36 ช่อง เพื่อคำนวณหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และแสดงวิธีการคิดการหาพื้นที่ของรูปสามเหลี่ยม โดยนำ $36 \div 2$ ดังนั้น จึงมีพื้นที่เท่ากับ 18 ตารางเซนติเมตร

อภิปรายผล

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นกลุ่มเป้าหมายสามารถทำความเข้าใจปัญหา ความมานะบากบั่น การให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำได้อย่างเชี่ยวชาญ ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นผลสัมฤทธิ์ของเป้าหมาย การส่งเสริมคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแบบเปิดด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับคุณลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหตามกระบวนการของหลักการและมาตรฐานหลักสูตรแกนกลางทั่วไปในวิชาคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) โดย ปาริฉัตร ทับทิมหิน และน้ำทิพย์ องอาจวานิชย์ (Thabtimhin & Ongardwanith, 2023) ได้อธิบายถึงการทำความเข้าใจปัญหาที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากต้องคิดวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหาอย่างรอบด้านในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน โดยครูต้องยกตัวอย่างทั่วไปเพื่อประกอบการแก้ปัญหา ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้เป็นผู้ค้นพบด้วยตนเองผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอธิบายขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา และ วีรยุทธ ด้วงใย (Duongyai, 2023) ได้สนับสนุนการอธิบายของปาริฉัตร ทับทิมหิน และน้ำทิพย์ องอาจวานิชย์ ที่เกี่ยวกับการได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น (Active) โดยวิเคราะห์ปัญหาและสะท้อนความคิดร่วมกันจะนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ได้ ส่วนการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนและการสรุปโดยการเชื่อมโยงแนวคิดของนักเรียน นักเรียนได้ร่วมกันพิจารณาความเหมือน ความต่างของแนวคิด รวมถึงการทบทวนคิดย้อนกลับระหว่างผลลัพธ์และวิธีการและเหตุผล

ทั้งนี้ ร่องรอยและหลักฐานด้านการทำความเข้าใจปัญหาและความมานะบากบั่น ทำให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ การวางแผนแก้ปัญหา และการตั้งสมมติฐานผ่านภาพประกอบ เพื่ออธิบายความสอดคล้องลักษณะปัญหากับความสัมพันธ์ของปัญหาได้อย่างคล้ายคลึงกัน ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดแบบเปิดกว้างที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาโดยจำแนกการหาหนทางแก้ปัญหากับการเรียนรู้บางสิ่งผ่านการแก้ปัญหา (Shimada, 1977) และสอดคล้องกับ ธนวิทย์ วรโพธิ์ และนิศากร บุญเสนา (Worapho & Boonsena, 2023) ที่ระบุไว้เกี่ยวกับการให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ก่อให้เกิดประเด็นการโต้แย้งของนักเรียน ทั้งในรูปแบบที่เป็นทางการและไม่เป็นทางการ การสลับบทบาทหน้าที่ซึ่งพบมุมมองที่หลากหลาย ทั้งนี้ เนื่องจากสังคมและเวลาได้ผสมผสานความเป็นสังคมและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันมากขึ้น ดังนั้น ควรได้รับการตรวจสอบอย่างรอบคอบโดยหลีกเลี่ยงการผสมปนเปกันอย่างไม่ระมัดระวัง เพื่อแสดงให้เห็นและประเมินคุณค่าของความเปิดกว้างที่เป็นตัวแทนโดยความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Bishop, 1991)

สำหรับร่องรอยและหลักฐานด้านการให้ความสำคัญกับความถูกต้องแม่นยำนั้น ยังทำให้นักเรียนสามารถระบุความหมายในการใช้เครื่องหมายและสัญลักษณ์ด้วยเหตุผลซึ่งกันและกันภายในกลุ่มได้อย่างถูกต้องและชัดเจน นอกจากนี้ คำตอบเชิงตัวเลขที่ได้ อย่างแม่นยำมีความเหมาะสมกับวิธีคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์ด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการสอนด้วยมิติแห่งการเรียนรู้ (Marzano, 1992) ที่เน้นการระบุลักษณะเฉพาะเพื่อความสำเร็จ โดยพิจารณาถึงนิสัยเชิงสร้างสรรค์โดยทั่วไป รวมถึงพฤติกรรมส่วนบุคคล และนิสัยทางปัญญา (Costa & Kallick, 2000) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปภรณ์ ตั้งประเสริฐ และคณะ (Tangprasroet et al., 2023) ที่แสดงให้เห็นว่าวิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาการใช้ภาษาทั่วไป ภาษาสัญลักษณ์ การแสดงแทนด้วยภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาของแต่ละจังหวัดในประเทศไทย ควรนำแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีแบบเปิดเรื่องรูปสามเหลี่ยม จำนวน 13 แผน ในงานวิจัยครั้งนี้ ไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ถึงปีที่ 6 เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดและแก้ปัญหาทางการเรียนคณิตศาสตร์ได้อย่างมีคุณภาพและสอดคล้องกับบริบททางสังคมต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งถัดไป

ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของการใช้ปัญหาแบบเปิด โดยการออกแบบการวิจัยเชิงทดลอง จำแนกเป็นกลุ่มทดลองเรียนด้วยปัญหาแบบเปิดที่มีความหลากหลายและเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนด้วยปัญหาแบบปิด หรือแบบฝึกหัดตามตำรา ทำการประเมินผลทั้งก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้เครื่องมือวัดทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการใช้ปัญหาแบบเปิดที่มีลักษณะแตกต่างกันต่อการพัฒนาความคิดเชิงคณิตศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น และสามารถนำไปสู่การพัฒนาวิธีการสอนของครูผู้สอนที่มีประสิทธิภาพในอนาคตได้

เอกสารอ้างอิง

- Wanichbancha, K. (2007). *Advanced statistical analysis with SPSS for Windows* (10th ed.). Chulalongkorn University Press.
- Buasonte, R. (2013). *Qualitative research in education* (4th ed.). Chulalongkorn University Press.
- Duongyai, W. (2023). The effects of mathematical learning management to improve in critical and problem solving by using active learning method for mathayomsuksa 2 students. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(1), 119–135.
- Inprasitha, M. (2013). *Developing the basic education curriculum of Thailand: The mathematics curriculum framework 2013*. The Curriculum and Textbook Reform Committee, Ministry of Education.
- Tangprasroet, P., Konglok, S. A., & Thueakthong, V. (2023). Developing mathematics problem solving and mathematics communication ability by using open approach in the topic of time for grade 3 students at chumchon ban thung school in lampang province. *STOU Education journal*, 16(1), 157–175.
- Thabtimhin, P. & Ongardwanith, N. (2023). Development of indicators for mathematical habit of mind for grade 6 students. *Journal of MCU Ubon Review*, 8(3), 1563–1576.
- Worapho, T., & Boonsena, N. (2023). Argumentation of students in mathematics classroom using lesson study and open approach. *Journal of MCU Buddhapanya Review*, 8(4), 218–228.

- Phattiyathanee, S. (2019). *Educational measurement* (13th ed.). Prasarn Printing.
- Tirakanan, S. (2013). *Research Methodology in Social Science: A Practical Guide to Application* (11th ed. (recension)). Chulalongkorn University.
- Bureau of Inspection and Evaluation. (2023). *Summary Report of Student Data by Grade Level: Number of Grade 6 Students, Semester 2, Academic Year 2023, Jamrunchaipruet Ratwittaya School, Kamphaeng Phet Province*. Information System. https://sp.moe.go.th/web_sp_67/sp_information/index.php?module=page_5
- Pengthina, W., & Supap, W. (2020). The effects of open approach learning activities on mathematical habits of mind in the topic of application of linear equation with one variable for students in grade 8. *Silpakorn Educational Research Journal*, 12(1), 218–31.
- Costa, A. L., & Kallick, B. (2008). *Describing the habits of mind. Learning and leading with habits of mind: 16 essential characteristics for success*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Likert, R. (1967). *The Method of Constructing and Attitude Scale*. Wiley & Son.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Author.
- Joyce, B., & Weil, M. (1996). *Models of teaching* (5th ed.). Allyn and Bacon.
- Ali, D., Zubaidah Amir, M. Z., & Vebrianto, R. (2021). Literature Review: Mathematical Creative Thinking Ability, and Students' Self Regulated Learning to Use an Open Ended Approach. *Malikussaleh Journal of Mathematics Learning*, 4(1), 52–61.
- Baba, T. (2024). Openness of Problem Solving in the 21st Century: Mathematical or Social?. In *Proceedings of the 14th International Congress on Mathematical Education: Volume II: Invited Lectures* (pp. 17–32). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789811287183_0002
- Bishop, A. J. (1991). *Mathematical Enculturation: A Cultural Perspective on Mathematics Education*. Springer Science & Business Media.
- Costa, A. L., & Kallick, B. (2000). *Discovering and exploring habits of mind*. Association for Supervision & Curriculum Development.
- Gao, W., & Zhang, X. (2023). Research on Project–Based Learning Practice in Primary School Mathematics Focused on Core Literacy Cultivation. *International Journal of Education and Humanities*, 11(3), 229–232.
- Hafidzah, N. A., Azis, Z., & Irvan, I. (2021). The Effect of Open Ended Approach on Problem Solving Ability and Learning Independence in Students' Mathematics Lessons. *IJEMS: Indonesian Journal of Education and Mathematical Science*, 2(1), 44–50.

- Kemmis, S., & McTaggart, R. (1988). *The Action research planner* (3rd ed., substantially revised). Deakin University Press.
- Kubo, S. (1951). *Mathematics Achievement*. Tokyo University Press.
- Marzano, R. J. (1992). *A different kind of classroom: Teaching with Dimensions of Learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Shimada, S. (1977). *Open End Approach in Mathematics Education: A Proposal for Lesson Improvement*. Mizuumi Press.
- Takeuchi, Y., & Sawada, T. (1984). *From Problem to Problem—Extensive Treatment of Problems for Improvement of Mathematics Lesson*. Toyokan shuppan.
- Tanjung, D. F., Syahputra, E., & Irvan, I. (2020). Problem based learning, discovery learning, and open ended models: An experiment on mathematical problem solving ability. *Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika*, 4(1), 9–16.
- Wilder, R. L. (1968). *Evolution of Mathematical Concepts: An Elementary Study*. Wiley.