



The Development of Students' Higher-Order Thinking Competencies in Problem-Solving Mathematics Classrooms through an Open Approach

Julaluk Jai-On, Sudatip Hancherngchai and Wipaporn Suttiamporn

Faculty of Education, Phuket Rajabhat University, Thailand

E-mail: Julaluk.j@pkru.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2335-3012>

E-mail: sudatip_h@pkru.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2809-0795>

E-mail: wipaporn.s@pkru.ac.th, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-4741-2641>

Received 06/06/2024

Revised 16/06/2024

Accepted 12/07/2024

Abstract

Background and Aims: The development of students' higher-order thinking competencies. It is absolutely essential to the nation's progress. Particularly in the context of elementary education, which forms the core of human resource development. The objective of this research was to develop the students' higher-order thinking competencies in mathematics classrooms that emphasize problem-solving approaches through an open approach.

Methodology: The target group was 42 of the first-grade students from two schools in Phuket province. Ethnographic research was used as the qualitative methodology. Data were gathered in the Thailand Lesson Study incorporated with an Open Approach (TLSOA) setting during the first semester of, the 2023 academic year. Data were protocol, post-lesson notes, images, and students' worksheets comprise the data. Protocol and descriptive analysis were used to assess the data, which were then divided into two categories: 1) the student's mathematical ideas were examined, and 2) the progression of the ideas from the students' mathematical ideas to mathematical thinking was examined.

Results: The result revealed that students' mathematical ideas included ideas of sets, ideas of representation, the idea of operation, the idea of algorithms, and the idea of expression. In addition, an examination of the students' thought processes on their ideas revealed that they were aware of their ideas and summarized these ideas to learn how to learn together.

Conclusion: Students' higher-order thinking competencies were improved through teaching through problem-solving by Open Approach, they could solved the problems by themselves. Moreover, they aware of their ideas through discussion and comparison with others, and synthesize them into learning how to learn.

Keywords: Mathematical Thinking; Higher-Order Thinking; Mathematical Problem Solving



การพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

จุฬาลักษณ์ ใจอ่อน, สุดาทิพย์ หาญเชิงชัย และ วิภาพร สุทธิอัมพร
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

บทคัดย่อ

ภูมิหลังและวัตถุประสงค์: การสร้างประชากรวัยเรียนให้มีสมรรถนะการคิดขั้นสูง เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นรากฐานของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

ระเบียบวิธีการวิจัย: กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 42 คน จาก 2 โรงเรียนในจังหวัดภูเก็ต ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพคือ การวิจัยเชิงชาติพันธุ์วรรณา เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ภายใต้บริบทการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2557) ข้อมูลวิจัย ได้แก่ โพรโตคอลการสอนและการสะท้อนผล บันทึกหลังสอน ภาพถ่าย และผลงานของนักเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์โพรโตคอลและการบรรยายเชิงวิเคราะห์ ดำเนินการ 2 ส่วน คือ 1) วิเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และ 2) วิเคราะห์กระบวนการพัฒนาจากแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนไปสู่การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ผลการวิจัย: การวิเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้น พบว่า มีแนวคิดทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย แนวคิดเรื่องกลุ่ม แนวคิดของการแสดงแทน แนวคิดเรื่องการดำเนินการ แนวคิดเรื่องขั้นตอนวิธี และแนวคิดของการใช้นิพจน์ และเมื่อวิเคราะห์กระบวนการคิดของนักเรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นพบว่า นักเรียนสามารถตระหนักถึงการคิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้น และสรุปเป็นวิธีการเรียนรู้ร่วมกันได้ในช่วงท้ายของการสอนได้ในแต่ละคาบ

สรุปผล: การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด สามารถพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนได้ โดยนักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เป็นของตนเอง และนักเรียนสามารถตระหนักถึงการคิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นดังกล่าวได้ จากการให้นักเรียนได้อภิปรายและเปรียบเทียบแนวคิดของตนและของเพื่อน จนนำไปสู่การสรุปเป็นวิธีการเรียนรู้ร่วมกันของนักเรียนได้

คำสำคัญ : การคิดทางคณิตศาสตร์; การคิดขั้นสูง; การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงในโลกยุคปัจจุบัน รวมถึงสภาพการแข่งขันอย่างรุนแรงทำให้องค์กรทุกแห่งต้องเผชิญกับความเสี่ยงที่สูงขึ้น อุตสาหกรรมหลายแห่งกำลังเผชิญภาวะ Digital Disruption หรือการพลิกผันทางดิจิทัลที่ทำให้นวัตกรรมทางเทคโนโลยีใหม่ๆ เปลี่ยนแปลงรูปแบบ วิธีการ รวมถึงพฤติกรรมของคนในสังคม ไปอย่างฉับพลัน ทั้งทางธุรกิจ สังคม และวัฒนธรรม ทำให้การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ในปัจจุบันต้องการพัฒนามนุษย์ที่อุดมไปด้วยความรู้ ทักษะและความสามารถที่พร้อมจะต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลง (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2564) สอดคล้องกับ Haryati et al. (2021) ที่กล่าวว่า ในศตวรรษที่ 21 ต้องการทรัพยากรมนุษย์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะสามารถแข่งขันได้ในเวทีทั่วโลก ดังนั้นจึงต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้เป็นผู้ที่มีทักษะการคิดขั้นสูง ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับ Collins (2014) ที่กล่าวว่า ครูหรือผู้บริหารโรงเรียนจะต้องตระหนักถึงความสำคัญของการสอนทักษะการคิดขั้นสูงเพื่อเตรียมเยาวชนชาย

และหญิงให้พร้อมสำหรับการใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของทักษะการคิดขั้นสูงที่ได้รับการสอนและประเมินยังคงเป็นประเด็นถกเถียงกัน แต่มีการกำหนดไว้ 3 ประการ ได้แก่ ความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้และทักษะไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา

การพัฒนาการคิดขั้นสูงควรจัดการเรียนรู้ด้วยการบูรณาการกับการสอนสาระความรู้ ผู้สอนต้องส่งเสริมองค์ความรู้พื้นฐาน และการคิดขั้นพื้นฐานให้ผู้เรียนเข้มแข็งก่อนที่จะพัฒนาไปสู่การคิดขั้นสูง โดยผู้เรียนได้รู้จักและทำความเข้าใจการคิดในแต่ละประเภท แล้วจึงมีการฝึกการคิดขั้นสูงผ่านสถานการณ์ปัญหาต่างๆ ให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตระหนักคิดบนหลักของความรู้ ถูกต้องควบคู่กับการฝึกคิดไปด้วย (กมลพร ทองธัญ และกิตติชัย สุธาสิโนบล (2564) “ความตระหนักคิด” หรือ “metacognition” หมายถึง การรู้ของการรู้ (Cognition of Cognition) เป็นการรู้เกี่ยวกับการรู้ของตนเองหรือเป็นการตระหนักเกี่ยวกับสิ่งที่ตนเองคิดในขณะนั้น ซึ่งความตระหนักคิดเป็นแรงขับเคลื่อน (driving force) ของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา (Lester, 1994 ; ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2546) ดังนั้นการพัฒนาความตระหนักคิดในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาได้จึงจะเป็นการสอนที่พัฒนาการคิดขั้นสูงของผู้เรียน ในงานวิจัยได้แบ่งซึ่งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ส่วน คือการรู้ถึงกระบวนการคิดของตนเอง กับการกำกับควบคุมและประเมินสิ่งที่ตนเองทำในระหว่างการแก้ปัญหา (Lester, 1994)

วิธีการแบบเปิด(Open Approach) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ “ปัญหาปลายเปิด” ในฐานะที่เป็น “สถานการณ์ปัญหา” เพื่อเป็นกลไกขับเคลื่อนการบูรณาการองค์ประกอบสาระการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ในหลักสูตร นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบเปิดจะได้รับโอกาสให้ได้แก้ปัญหาปลายเปิดตามแนวทางและความสามารถที่แตกต่างของแต่ละบุคคล ครูผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้สนับสนุนและจัดเตรียมสื่ออุปกรณ์เพื่อสนับสนุนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้และเข้าใจความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และผ่านการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดที่แตกต่างกันในห้องเรียน โดยเน้นปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน รวมทั้ง การพยายามหาเหตุผลของแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน เพื่อมาสรุปเป็นวิธีการเรียนรู้ (Learning how to Learn) ร่วมกันของชั้นเรียน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์, 2565; 2567) อย่างไรก็ตาม การเคลื่อนย้ายมุมมองของครูจากจุดเน้นเรื่องผลลัพธ์หรือคำตอบที่ถูกต้องตามเนื้อหา มาเป็นการให้คุณค่าต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างการแก้ปัญหานี้ เป็นงานที่ต้องอาศัยการปรับเปลี่ยนแบบค่อยเป็นค่อยไป การสอนตามแนวทางของวิธีการแบบเปิดจึงจำเป็นต้องบูรณาการร่วมกับการทำงานร่วมกันระหว่างครูในโรงเรียนกับผู้เชี่ยวชาญภายนอกมหาวิทยาลัยตามแนวทางของการศึกษาชั้นเรียน (Lesson Study) รูปแบบนี้จะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับชั้นเรียนอย่างต่อเนื่อง เป็นกระบวนการที่สำคัญของการสร้างการเปลี่ยนแปลงในระดับวัฒนธรรมชั้นเรียน

การใช้การศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดมีจุดเริ่มต้นมาจากวิธีสอนที่เน้นการคิดขั้นสูงและการพัฒนาวิชาชีพครูของญี่ปุ่นที่สถาบันวิจัยและพัฒนาวิชาชีพครูสำหรับอาเซียน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้พัฒนาแนวทางของการใช้นวัตกรรมให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 จนเกิดตัวอย่างความสำเร็จในภาคปฏิบัติ (Best Practice) ที่ได้รับการยอมรับและสนับสนุนจาก APEC Human Resources Development Working Group และเป็นทิศทางของโลกที่นานาชาติกำลังให้ความสนใจ และค้นคว้าวิจัยเพื่อหาแนวทางปรับใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละประเทศอยู่ในปัจจุบัน การปฏิรูปการสอนของครูในพื้นที่เขตอันดามันด้วยนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดจึงเป็นโจทย์วิจัยที่มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วน เพราะการเตรียมความพร้อมของเยาวชนให้คิดเป็น แก้ปัญหาเป็น มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

สำหรับพื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน เพราะเป็นพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การค้า และการลงทุน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในจังหวัดภูเก็ตที่มีการขยายตัวอย่างก้าวกระโดด การสร้างพลเมืองที่ไม่สามารถคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ จะทำให้เกิดช่องว่างของการพัฒนาและความเหลื่อมล้ำทางสังคม นำไปสู่ปัญหาอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคต่อการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดภูเก็ต และกลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามันได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิดภายใต้บริบทการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยการศึกษาชั้นเรียนดังกล่าวมาใช้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนตามความต้องการในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

การทบทวนวรรณกรรม

สมรรถนะการคิดขั้นสูง

สมรรถนะการคิดขั้นสูง เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ บนหลักเหตุผลอย่างรอบด้าน โดยใช้คุณธรรมกำกับการตัดสินใจได้อย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ด้วยความเข้าใจถึงความเชื่อมโยงของสรรพสิ่งที่อยู่ร่วมกันอย่างเป็นระบบ ใช้จินตนาการและความรู้สร้างทางเลือกใหม่ เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีเป้าหมาย(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2564) สมรรถนะการคิดขั้นสูง ถูกกล่าวว่าเป็นระดับของการคิดที่จำเป็นต่อการสร้างคนรุ่นใหม่ในศตวรรษที่ 21 ที่มีศักยภาพในการแข่งขันระดับสากลด้วยความฉลาด ความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมที่จำเป็น นอกจากนี้สมรรถนะการคิดขั้นสูงยังเป็นกิจกรรมทางสมองที่ต้องการมีส่วนร่วมของนักคิดเพื่อแก้ปัญหา (Hamzah et al., 2022) และ Inprasitha (2022) กล่าวว่า การคิดขั้นสูงเป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและของเพื่อนในชั้นเรียน จนผู้เรียนเรียนรู้ถึงวิธีการเรียนรู้ (Learning how to learn) ดังนั้น สมรรถนะการคิดขั้นสูงเป็นการผสมผสานระหว่างทักษะการคิด ทั้งการคิดเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงตรรกะ การคิดเชิงสะท้อน ความตระหนักเชิงการคิด และการคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งผนวกเข้ากับเจตคติ โดยผู้เรียนต้องคิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและเพื่อน จนผู้เรียนเรียนรู้ถึงวิธีการเรียนรู้ของตนเอง

เนื่องจากการคิดขั้นสูงในการวิจัยครั้งนี้ ยึดความหมายตามกรอบแนวคิดของ Inprasitha (2022) ที่กล่าวว่า การคิดขั้นสูงเป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและของเพื่อนในชั้นเรียน จนผู้เรียนเรียนรู้ถึงวิธีการเรียนรู้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงวิเคราะห์สมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียน โดยการวิเคราะห์ให้เห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นตามกรอบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของ Isoda and Katagiri (2012) และวิเคราะห์กระบวนการคิดของนักเรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน โดยเน้นอธิบายองค์ประกอบที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อการตระหนักถึงการคิดของนักเรียนเอง จนกระทั่งสามารถพัฒนาแนวคิดต่างๆ ไปสู่การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

กรอบแนวคิดของ Isoda and Katagiri (2012) เกี่ยวกับการคิดทางคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดของแนวคิดต่างๆ ประกอบด้วย

1) แนวคิดเรื่องกลุ่ม (Sets) เป็นการแจกแจงกลุ่มของวัตถุได้จากการพิจารณาและจำแนกวัตถุที่ไม่เข้ากลุ่ม รวมถึงแจกแจงเงื่อนไขที่จะทำให้วัตถุใดวัตถุหนึ่งเข้าไปอยู่ในกลุ่มได้

2) แนวคิดเรื่องหน่วย (Units) เป็นการเน้นที่ส่วนประกอบพื้นฐาน (หน่วย) ขนาด และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบนั้นๆ เช่น จำนวนประกอบไปด้วยหน่วย เช่น 1, 10, 100, 0.1 และ 0.01 เช่นเดียวกันกับเศษส่วนหน่วย เช่น $\frac{1}{2}$ และ $\frac{1}{3}$ ที่จะถูกแสดงให้เห็นว่ามีหน่วยเหล่านี้อยู่จำนวนเท่าใด นอกจากนี้ ปริมาณใดๆ ยังถูกแสดงด้วยหน่วยที่หลากหลาย เช่น cm, m, L, g และ m^2 รวมถึงหน่วยที่ไม่เป็นทางการอื่นๆ

3) แนวคิดเรื่องการแสดงแทน (Representation) เป็นความพยายามที่จะคิดบนฐานของหลักการที่เป็นรากฐานของการแสดงแทน (ความเป็นจริงแล้วเด็กใช้การแสดงแทนที่ไม่เป็นทางการ ในที่นี้การแสดงแทนทางคณิตศาสตร์จะถูกเน้นในห้องเรียนถึงความซับซ้อน ซึ่งการแสดงแทนทางคณิตศาสตร์แต่ละอันก็จะมีกฎที่เฉพาะเจาะจงในการใช้แทน)

4) แนวคิดเรื่องการดำเนินการ (Operation) เป็นการแจกแจงและการขยายความหมายรวมทั้งความพยายามที่จะคิดบนฐานของจำนวนและแผนภาพ และการดำเนินการใดๆ ซึ่ง “การดำเนินการ” หมายถึงการดำเนินการอย่างเป็นทางการที่ใช้การนับ การดำเนินการเชิงเลขคณิตทั้งสี่แบบ การเท่ากันทุกประการ การขยายและการย่อส่วน (ความคล้าย) และอื่นๆ ที่ถูกใช้ในการคำนวณจำนวน หรือคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างแผนภาพและวิธีการวาดแผนภาพเหล่านี้ในหัวเมื่อมีการใช้การคิดคำนวณ

5) แนวคิดเรื่องขั้นตอนวิธี (Algorithms) เป็นความพยายามที่จะทำวิธีการดำเนินการให้เป็นระเบียบแบบแผน ซึ่งการคำนวณอย่างเป็นทางการเป็นระเบียบแบบแผนต้องการความเข้าใจในวิธีการอย่างตลก และต้องการความสามารถในการแสดงการคำนวณบนความเข้าใจนี้เป็นอัตโนมัติ โดยไม่จำเป็นต้องคิดเรื่องความหมายของแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะช่วยให้เรารักษาความสามารถเชิงการรู้ไว้ได้ และจัดการการดำเนินการนั้นได้อย่างง่ายดาย เช่นเดียวกันกับการประยุกต์ใช้ในเรื่องการวัดและการวาดแผนภาพที่การจัดการแบบอัตโนมัติเป็นกลุ่มของขั้นตอนดำเนินการที่ถูกกำหนดไว้แล้ว การคิดที่พยายามสร้างสรรค์ขั้นตอนวิธีบนฐานของความเข้าใจในขั้นตอนดำเนินการเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง

6) แนวคิดเรื่องการประมาณค่า (Approximations) เป็นความพยายามที่จะจับเอาภาพใหญ่ของวัตถุหรือการดำเนินการใดๆ และเอาผลลัพธ์จากความเข้าใจนี้ไปใช้ ซึ่งความเข้าใจทั่วไปเกี่ยวกับผลลัพธ์มีผลต่อการเกิดมุมมองต่อวิธีการแก้ปัญหาหรือต่อผลลัพธ์เอง รวมไปถึงการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้อีกด้วย แนวคิดเรื่องการประมาณค่าเป็นการให้ความสนใจไปที่การนำเอาจำนวน ปริมาณ หรือรูปร่าง โดยประมาณ และทำการคำนวณหรือวัดโดยคร่าว เราจะสามารถกำหนดมุมมองที่มีต่อผลลัพธ์หรือวิธีการ และตรวจสอบผลลัพธ์ได้

7) แนวคิดเรื่องสมบัติมูลฐาน (Fundamental Properties) เป็นการเน้นที่กฎและสมบัติพื้นฐานเนื่องจากการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับกฎต่างๆ เช่น กฎการสลับที่ หรือสมบัติต่างๆ เช่น “คำตอบที่ได้จากการหารจะยังคงเดิมเมื่อเราหารตัวตั้งหารและตัวหารด้วยจำนวนเดียวกัน” ซึ่งยังมีกฎอื่นๆ ในการคูณและหารจำนวน แผนภาพ และรูปร่าง อีกเป็นจำนวนมาก ที่เราจะได้ค้นพบและเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

8) การคิดเชิงฟังก์ชัน (Functional Thinking) เป็นความพยายามที่มีจุดเน้นอยู่บนสิ่งที่ถูกกำหนดบน การตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่ง ค้นหากฎของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และใช้การคิดเชิงฟังก์ชันในลักษณะ เดียวกันได้ ความพยายามในการจำแนกคุณลักษณะและสมบัติดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นการคิดเชิงฟังก์ชัน

9) แนวคิดเรื่องนิพจน์ (Expressions) เป็นความพยายามที่จะแสดงแทนประพจน์และความสัมพันธ์ใดๆ ในรูปนิพจน์ และเข้าใจความหมายของนิพจน์นั้นๆ (นิพจน์ในที่นี้หมายถึงนิพจน์ทางคณิตศาสตร์ ประโยค สัญลักษณ์ และสูตรต่างๆ)

การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด

วิธีการแบบเปิด หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ปัญหาปลายเปิด มาเป็นหลักสำหรับ สร้างกิจกรรมการเรียนรู้ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการใช้ “ปัญหาปลายเปิด” ในฐานะที่เป็น “สถานการณ์ปัญหา” เพื่อเป็นกลไกขับเคลื่อนการบูรณาการองค์ประกอบสาระการเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ในหลักสูตร นักเรียนที่เรียน ด้วยวิธีการแบบเปิดจะได้รับโอกาสให้ได้แก้ปัญหาปลายเปิดตามแนวทางและความสามารถที่แตกต่างของแต่ละบุคคล ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้สังเกต และค้นหาแนวคิดของนักเรียนในระหว่างที่นักเรียนแก้ปัญหาด้วยตัวเอง แล้วนำแนวคิดของนักเรียนมาอภิปรายกันทั้งชั้น โดยเน้นปฏิสัมพันธ์และการสื่อสารระหว่างครูและนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน รวมทั้งการพยายามหาเหตุผลของแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน เพื่อมาสรุปเป็นวิธีการ เรียนรู้ (Learning how to Learn) ร่วมกันของชั้นเรียน ซึ่งวิธีการแบบเปิดมี 4 ขั้นตอน (ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ , 2565) ดังนี้

1. การนำเสนอปัญหาปลายเปิด หมายถึง การที่ครูนำเสนอปัญหาปลายเปิดในชั้นเรียน นักเรียนจะถูกถามเพื่อให้เกิดความสับสน เนื่องจากเป็นสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนไม่เคยเจอ และครูจะช่วยให้ นักเรียน เข้าใจความหมายของปัญหาด้วยการกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาประเด็นเดียวกัน ด้วยการดูปัญหามโนทัศน์ เพิ่มเติมข้อมูลสำหรับกรณีต่างๆ ให้ตัวอย่างที่ไม่จำกัดแนวทางการคิด และสร้างสื่อรูปธรรมที่เป็นต้นแบบ

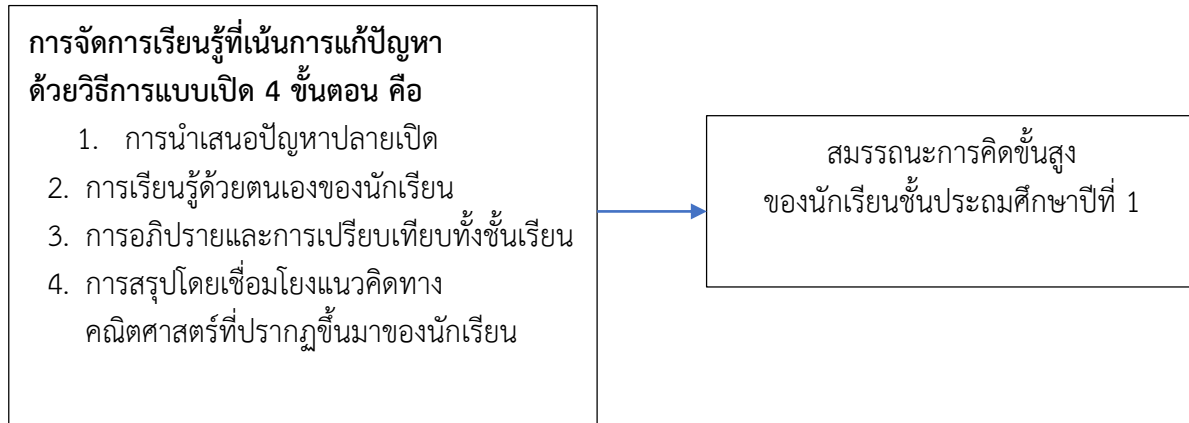
2. การเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน หมายถึง การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูต้องระมัดระวังไม่กำหนดข้อเสนอนี้สำหรับนักเรียนทุกคน แต่ครูต้องปรับข้อเสนอนี้ให้เหมาะสมกับ ความคิดเห็นของนักเรียนอย่างเฉพาะเจาะจง การสอนในขั้นนี้คาดหวังให้นักเรียนเกิดแนวทางการแก้ปัญหาที่ หลากหลาย มีประเด็นใหม่ๆ ที่ยังไม่เกิดขึ้น ซึ่งประเด็นใหม่ๆ หรือแนวคิดใหม่ๆ นี้จะเกิดขึ้นในขณะที่มีการ อภิปรายในชั้นเรียน สิ่งสำคัญคือการเคลื่อนย้ายการเรียนรู้รายบุคคลไปที่การเรียนรู้ในกลุ่ม

3. การอภิปรายและการเปรียบเทียบทั้งชั้นเรียน หมายถึง การเขียนบันทึกการตอบปัญหา แนวทางเข้า สู่ปัญหา หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ทำโดยนักเรียนแต่ละคนหรือในกลุ่มการเรียนที่ผ่านมาเป็นสิ่งสำคัญมาก ครู สามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้มาประเมินการเรียนรู้รายบุคคลหรือของกลุ่ม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากต่อการพัฒนา บทเรียนในอนาคต ครูควรพยายามจำแนกนักเรียนว่าใครยังไม่เข้าใจปัญหา และให้ตัวอย่างเพิ่มเติมหรือ เสนอนี้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดในแนวทางที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

4. การสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน หมายถึง การที่ครูหรือ นักเรียนควรเขียนงานของตนเองหรือของกลุ่มบนกระดานเพื่อให้สมาชิกในห้องได้เห็น จากนั้นครูรวบรวม แนวคิดทั้งหมดของนักเรียน และควรให้นักเรียนได้ยืนยันงานของตัวเองว่าสอดคล้องหรือสามารถสรุปรวบยอด แนวคิดเข้ากับแนวคิดของนักเรียนคนอื่นๆ ได้หรือไม่ หากพบว่ามีแนวคิดที่ยังไม่ถูกต้องหรือไม่สมบูรณ์ ครูควร พิจารณาในมุมมองและปรับแนวคิดเหล่านั้นจากข้อเสนอนี้ของนักเรียนคนอื่นๆ ครูควรรวบรวมแนวคิดของ นักเรียนที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ซึ่งครูควรผสมผสานและจัดเรียงตามแนวคิดนั้นๆ สรุปการเรียนรู้และ กระตุ้นเพื่อเป็นการเตรียมสำหรับคาบเรียนต่อไป

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหา ด้วยวิธีการแบบเปิด 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2557) ที่ส่งผลต่อตัวแปรตามคือ สมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ตามกรอบแนวคิดของ Inprasitha(2022) และ Isoda and Katagiri(2012) โดยกรอบแนวคิดแสดงดังแผนภาพที่ 1



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการดำเนินการภายใต้บริบทการพัฒนาวิชาชีพครูด้วยการศึกษาชั้นเรียน โดยจะมีการกำหนดทีมการศึกษาชั้นเรียนที่ประกอบด้วย คณะผู้วิจัย ครูผู้สอน ครูผู้สังเกต และผู้บริหารโรงเรียน ทำหน้าที่ร่วมกันพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ ร่วมกันสังเกตการสอน และร่วมกันสะท้อนผลหลังการสอน เพื่อนำสิ่งที่พบจากการสังเกตมาใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูง ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพแบบการวิจัยเชิงชาติพันธุ์วรรณา เน้นการสังเกตแบบมีส่วนร่วมและรวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์จากการบันทึกวีดิทัศน์การสอน การสะท้อนผล และการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกันของทีมการศึกษาชั้นเรียน ข้อมูลจากบันทึกหลังสอนของครูผู้สอน ภาพถ่าย และผลงานของนักเรียน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

กลุ่มเป้าหมาย: กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจงจากผู้ที่มีศรัทธาและยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 42 คน จาก 2 โรงเรียนในจังหวัดภูเก็ต ประกอบด้วย โรงเรียนบ้านแหลมทราย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาภูเก็ต เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก และโรงเรียนเทศบาลวัดขจรรังสรรค์ สังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต เป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย: ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 5 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ดังตารางที่ 1 และมีการใช้แผนการจัดการเรียนรู้อีกจำนวน คณะผู้วิจัยร่วมกับทีมการศึกษาชั้นเรียนออกแบบกิจกรรมการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด ด้วยการ

ออกแบบสถานการณ์ปัญหา สื่อการสอนทั้งสื่อหลักและสื่อเสริม คาดการณ์แนวคิดของนักเรียน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามหนังสือเรียนคณิตศาสตร์สำหรับระดับประถมศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ประเทศญี่ปุ่น ฉบับแปลและเรียบเรียงโดยไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (2562) โดยคณะผู้วิจัย ร่วมกับทีมการศึกษาชั้นเรียน ร่วมกันพัฒนาและปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมและสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงได้อย่างแท้จริง

2. แบบสังเกตสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง กับพฤติกรรมกรคิดขั้นสูงของนักเรียนในระหว่างการแก้ปัญหา จัดทำรายการแบบสังเกตตามกรอบแนวคิดของ Inprasitha (2022) และ Isoda and Katagiri (2012) และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรายการในแบบสังเกตและกรอบแนวคิด ปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC ของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.67

3. เครื่องบันทึกวีดิทัศน์ ใช้บันทึกภาพและเสียงของนักเรียนและครูผู้สอนในระหว่างที่ดำเนินงานตามขั้นตอนของการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด เพื่อนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์สมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียน

4. เครื่องบันทึกภาพนิ่ง ใช้บันทึกภาพและบรรยากาศ การดำเนินงานตามขั้นตอนของการศึกษาชั้นเรียน และวิธีการแบบเปิด และบันทึกผลงานการทำกิจกรรมของนักเรียนทั้งในส่วนที่เป็นผลงานการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนบนกระดาน และผลงานการทำกิจกรรมเดี่ยวของนักเรียน

การเก็บรวบรวมข้อมูล: เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วางแผนสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ดังต่อไปนี้

1. การวางแผนเก็บข้อมูล คณะผู้วิจัย ครูผู้สอน ครูผู้สังเกตและผู้บริหารโรงเรียน ประชุมร่วมกันเพื่อรับทราบแผนการดำเนินการวิจัย กำหนดบทบาทหน้าที่ และวางแผนเกี่ยวกับระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้สอดคล้องกับแผนการดำเนินการวิจัย

2. การเข้าสู่พื้นที่วิจัย โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการนำการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดไปใช้ในโรงเรียนเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนให้กับครูและผู้บริหารโรงเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จากนั้นนำนวัตกรรมไปใช้ในโรงเรียนอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกสัปดาห์ โดยเริ่มต้นด้วยการจัดทีมการศึกษาชั้นเรียนในแต่ละโรงเรียนและในแต่ละระดับชั้น ซึ่งแต่ละทีมประกอบด้วยครูผู้สอน 1 คน ผู้สังเกต อย่างน้อย 1 คน และคณะผู้วิจัย จากนั้นทีมการศึกษาชั้นเรียนจะร่วมกันสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของวิธีการแบบเปิด ครูผู้สังเกตและคณะผู้วิจัยจะทำหน้าที่สังเกตและนำผลที่ได้จากการสังเกตไปใช้สะท้อนผลร่วมกัน เพื่อหาแนวทางปรับปรุงพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้นในคาบถัดไป ซึ่งการดำเนินงานตามขั้นตอนของการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดดังกล่าวแสดงดัง แผนภาพที่ 2



แผนภาพที่ 2 แสดงการบูรณาการ การศึกษาชั้นเรียนกับวิธีการแบบเปิด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล คณะผู้วิจัยดำเนินการสังเกตอย่างมีส่วนร่วมในระหว่างดำเนินการตามกระบวนการของการศึกษาชั้นเรียน โดยคณะผู้วิจัยได้เข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มครู เพื่อช่วยกันสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด โดยทำหน้าที่เป็นผู้เชี่ยวชาญภายนอก ให้คำแนะนำในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ การอ่านหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ การออกแบบสื่อการสอน ขณะจัดการเรียนการสอนตามแนวทางวิธีการแบบเปิด คณะผู้วิจัยทำหน้าที่สังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และการสะท้อนผลการสังเกตชั้นเรียน คณะผู้วิจัยทำหน้าที่สะท้อนผลร่วมกับครูและสมาชิกทีมการศึกษาชั้นเรียน ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยการบันทึกวีดิทัศน์ บันทึกเสียง และบันทึกภาพถ่าย ตามกระบวนการของการศึกษาชั้นเรียนดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อบันทึกการสนทนา การอภิปราย และหลักฐานการคิดของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการแบบเปิด

การวิเคราะห์ข้อมูล: ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์สมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนตามกรอบแนวคิดของ Inprasitha (2022) กล่าวคือ การคิดขั้นสูงเป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน จนผู้เรียนเรียนรู้ถึงวิธีการเรียนรู้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์การคิดขั้นสูงของนักเรียนดังกล่าว โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1. วิเคราะห์ให้เห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้น โดยใช้กรอบแนวคิดของ Isoda and Katagiri (2012) และ 2. วิเคราะห์กระบวนการคิดของนักเรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน โดยเน้นอธิบายองค์ประกอบที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อการตระหนักถึงการคิดของนักเรียนเอง จนกระทั่งสามารถพัฒนาแนวคิดต่างๆ ไปสู่การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์การพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิด ตามกรอบแนวคิดของ Inprasitha (2022) ด้วยการวิเคราะห์ 2 ส่วน คือ 1. วิเคราะห์ให้เห็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้น โดยใช้กรอบแนวคิดของ Isoda and Katagiri (2012) และ 2. วิเคราะห์กระบวนการคิดของนักเรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นทั้งของ

ตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน โดยเน้นอธิบายองค์ประกอบที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อการตระหนักถึงการคิดของนักเรียนเอง จนกระทั่งสามารถพัฒนาแนวคิดต่างๆ ไปสู่การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

จากการวิเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกิดขึ้นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่พบ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการบวก

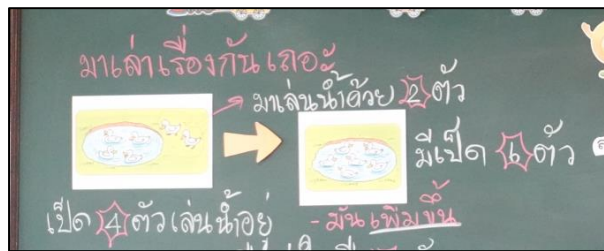
แผนการจัดการเรียนรู้	แนวคิดทางคณิตศาสตร์								
	กลุ่ม	หน่วย	การแสดงแทน	การดำเนินการ	ขั้นตอนวิธี	การประมาณค่า	สมบัติมูลฐาน	การคิดเชิงฟังก์ชัน	นิพจน์
1. เจ้าปลาทอง (3+2) -ความหมายของการบวกแบบรวม	✓		✓	✓	✓				✓
2. มีวัวและเด็กทั้งหมดเท่าไร (1+3) และ (4+1) -เข้าใจการดำเนินการการบวกแบบรวมจากการเล่าเรื่องและการเขียนประโยคสัญลักษณ์	✓		✓	✓	✓				✓
3. มีดอกไม้ทั้งหมดเท่าไร (5+4) และมาเล่าเรื่อง 5+3 กันเถอะ -สามารถเชื่อมโยงการบวกแบบรวมกับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้	✓		✓	✓	✓				✓
4. เพิ่มเป็นเท่าไร : เล่าเรื่องเปิด (4+2) มาเล่าเรื่องกันเถอะ(3+2) และมีปลาทองทั้งหมดเท่าไร (6+2) -ความหมายของการบวกแบบเพิ่ม	✓		✓	✓	✓				✓
5. มีรถและแมวเพิ่มเป็นเท่าไร (4+3) และ (6+4) -เล่าเรื่องจากภาพและเขียนประโยคสัญลักษณ์การบวกแบบเพิ่มได้	✓		✓	✓	✓				✓

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิดทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ประกอบด้วย แนวคิดเรื่องกลุ่ม แนวคิดของการแสดงแทน แนวคิดเรื่องการดำเนินการ แนวคิดเรื่องขั้นตอนวิธี และแนวคิดของการใช้นิพจน์ จากการวิเคราะห์ผลงานของนักเรียนรายบุคคล พบว่า ในการแสดงวิธีการหาคำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ นักเรียนจะการใช้การแสดงแทนที่หลากหลาย เช่น การวาดบล็อก การวาดลูกศรแสดงทิศทางการรวมและการเพิ่ม การลากเส้นล้อมรอบแสดงการรวมกัน หรือการนำมาเพิ่ม เป็นต้น และยังมีแนวคิดที่ไม่ได้ปรากฏชัดเจนในการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้

เรื่องการบวก คือ แนวคิดเรื่องหน่วย แนวคิดเรื่องการประมาณค่า แนวคิดเรื่องสมบัติมูลฐาน และการคิดเชิงฟังก์ชัน เนื่องจากลักษณะของกิจกรรมและเนื้อหามุ่งเน้นไปที่การสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความหมาย การเขียนประโยคสัญลักษณ์ และการแสดงการดำเนินการเกี่ยวกับการบวกแบบรวมและการบวกแบบเพิ่มได้เท่านั้น

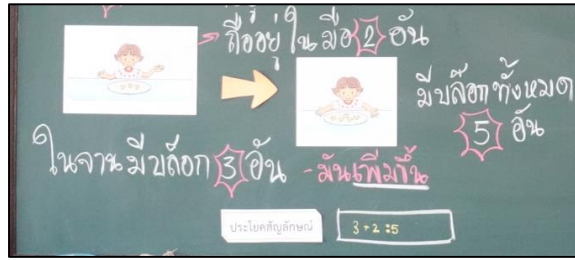
จากแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์กระบวนการคิดของนักเรียนที่คิดเกี่ยวกับแนวคิดที่เกิดขึ้นทั้งของตนเองและเพื่อนในชั้นเรียน โดยเน้นอธิบายองค์ประกอบที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนที่ส่งผลต่อการตระหนักถึงการคิดของนักเรียนเอง จนกระทั่งสามารถพัฒนาแนวคิดต่างๆ ไปสู่การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ พบว่า นักเรียนจะใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เคยใช้หรือเคยเรียนรู้มาจากคาบก่อนหน้าในการแก้ปัญหา ซึ่งในช่วงแรกของการแก้ปัญหานักเรียนจะยังไม่ตระหนักถึงความแตกต่างของสถานการณ์ปัญหาในแต่ละคาบจึงยังคงใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบเดิม เมื่อครูนำแนวคิดของนักเรียนมาติดบนกระดานและร่วมกันอภิปรายแนวคิดที่เกิดขึ้น จึงทำให้นักเรียนเกิดการตระหนักถึงความแตกต่างของสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญในคาบนั้นๆ และเกิดการพัฒนาแนวคิดของตนเองหรือของเพื่อนให้มีความสมบูรณ์และสร้างข้อสรุปของบทเรียนในคาบนั้นได้ ดังตัวอย่างการวิเคราะห์ในคาบที่ 4 เพิ่มเป็นเท่าไร: เล่าเรื่องเปิด (4+2) มาเล่าเรื่องกันเถอะ(3+2) และมีปลาทองทั้งหมดเท่าไร (6+2)

กิจกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความหมายของ “การบวกแบบการเพิ่ม” ซึ่งก่อนหน้านี้ นักเรียนจะเรียน “การบวกแบบรวม” โดยนักเรียนเล่าเรื่องจากภาพเพื่อบอกการกระทำของเปิดและบอกจำนวนเปิดทั้งหมดได้ รวมถึงแสดงแทนสถานการณ์ด้วยบล็อกได้ ครูเริ่มต้นด้วยการติดภาพบนกระดานจากนั้นให้นักเรียนเล่าเรื่องจากภาพ และครูบันทึกเรื่องเล่าของนักเรียนแต่ละคนบนกระดาน ดังแนวคิดของนักเรียนทั้งชั้นเรียนที่ช่วยกันเล่าเรื่องตามภาพที่เห็นว่า “เปิด 4 ตัวเล่นน้ำอยู่ เปิดมาเล่นน้ำด้วย 2 ตัว มีเปิด 6 ตัว” (แนวคิดเรื่องกลุ่ม) โดยนักเรียนบอกว่าจำนวนของเปิดที่เล่นน้ำเพิ่มขึ้น “มันเพิ่มขึ้น” ดังแผนภาพที่ 3



แผนภาพที่ 3 แสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ 1 “เล่าเรื่องเปิด (4+2)”

จากนั้นครูติดภาพ และนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ 2 โดยเขียนคำสั่งบนกระดาน “ให้นักเรียนเล่าเรื่องจากภาพ” บนกระดาน จากนั้นครูให้นักเรียนนำเสนอเรื่องเล่าจากภาพและบันทึกเรื่องเล่าของนักเรียนบนกระดาน นักเรียนทั้งชั้นเรียนช่วยกันเล่าเรื่องตามภาพที่เห็นว่า “ในจานมีบล็อก 3 อัน ถืออยู่ในมือ 2 อัน มีบล็อกทั้งหมด 5 อัน” (แนวคิดเรื่องกลุ่ม) โดยนักเรียนบอกว่าจำนวนของบล็อกในจานเพิ่มขึ้น “มันเพิ่มขึ้น” ดังแผนภาพที่ 4

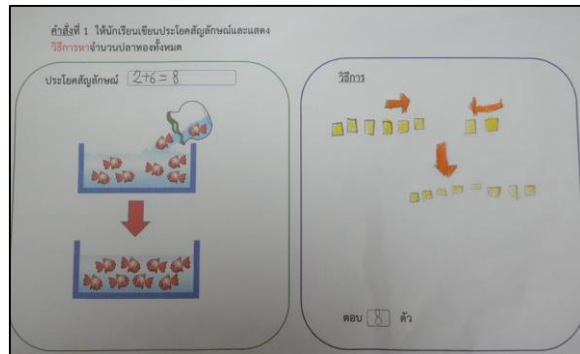


แผนภาพที่ 4 แสดงแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาที่ 2 “เล่าเรื่องจากภาพ (3+2)”

จากแนวคิดในการเล่าเรื่อง สถานการณ์ปัญหาที่ 1 และสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ของนักเรียน แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถเล่าเรื่องและรู้ว่าจำนวนเปิดและบล็อกเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ตระหนักเกี่ยวกับการคิดของตนเอง เนื่องจากการเล่าเรื่องที่คล้ายกับสถานการณ์การบวกแบบรวม อย่างไรก็ตามเคยเล่ามาก่อนหน้านี้ โดยนักเรียนไม่ได้ตระหนักว่าสถานการณ์ใหม่นี้ มีเปิดหรือบล็อกอยู่แล้ว และมีเปิดหรือบล็อกเพิ่มเข้าไป ทำให้จำนวนของเปิดหรือบล็อกที่มีเพิ่มขึ้น ซึ่งนักเรียนจะเล่าว่ามีเปิดหรือบล็อกอยู่สองกลุ่ม ซึ่งทำให้จำนวนของเปิดหรือบล็อกเพิ่มขึ้น ตามความหมายของการบวกแบบรวมที่เคยเรียนมาในคาบก่อนหน้านี้นี้

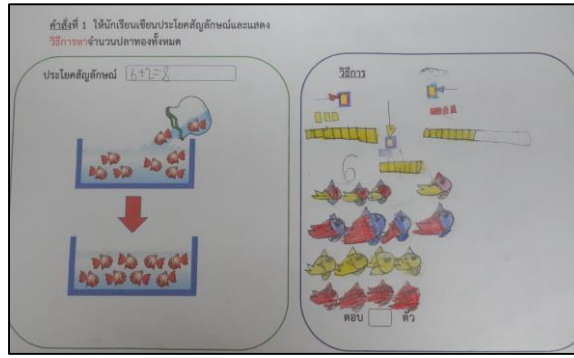
จากนั้นครูตีความ และนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ 3 มีปลาทองทั้งหมดเท่าไร โดยให้ตัวแทนนักเรียนออกมาเทปลาทองหน้าชั้นเรียน(ใช้ปลาทองจริง) และนำเสนอคำสั่ง “ให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ และแสดงวิธีการหาจำนวนปลาทองทั้งหมด” จากนั้นครูแจกใบกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละคน พบแนวคิดของนักเรียน ดังนี้

(1) แนวคิดที่ 1 นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ $2+6 = 8$ (แนวคิดของการใช้นิพจน์) และนักเรียนวาดรูปบล็อกแสดงการรวมกัน โดยใช้ลูกศร (\rightarrow , \leftarrow และ \downarrow) (แนวคิดของการแสดงแทน) ตามความหมายของการบวกแบบรวม ที่เคยเรียนมาจากคาบที่แล้ว ดังแผนภาพที่ 5



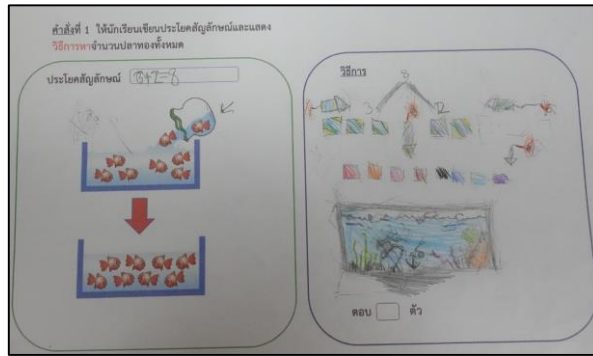
แผนภาพที่ 5 แสดงแนวคิดที่ 1 ของนักเรียนต่อคำสั่ง “ให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ และแสดงวิธีการหาจำนวนปลาทองทั้งหมด”

(2) แนวคิดที่ 2 นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ $6+2 = 8$ (แนวคิดของการใช้นิพจน์) และนักเรียนวาดรูปบล็อก และวาดรูปปลาสองกลุ่มรวมกัน(แนวคิดเรื่องกลุ่ม) โดยใช้ลูกศร (\rightarrow , \leftarrow และ \downarrow) (แนวคิดของการแสดงแทน) แสดงทิศทางการรวมกันตามความหมายของการบวกแบบรวม ที่เคยเรียนมาจากคาบที่แล้ว ดังแผนภาพที่ 6



แผนภาพที่ 6 แสดงแนวคิดที่ 2 ของนักเรียนต่อคำสั่ง “ให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ และแสดงวิธีการหาจำนวนปลาทองทั้งหมด”

(3) แนวคิดที่ 3 นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ $6+2 = 8$ (แนวคิดของการใช้นิพจน์) และวาดรูปแสดงที่มาของคำตอบโดยใช้แนวคิดเรื่อง “โครงสร้างของจำนวน 8” ที่นักเรียนเคยเรียนมาก่อนหน้านี้ ด้วยการวาดบล็อก เขียนตัวเลขกำกับ และใช้ลูกศรแสดงทิศทางการบวกแบบรวม (แนวคิดของการแสดงแทน) ดังแผนภาพที่ 7



แผนภาพที่ 7 แสดงแนวคิดที่ 3 ของนักเรียนต่อคำสั่ง “ให้นักเรียนเขียนประโยคสัญลักษณ์ และแสดงวิธีการหาจำนวนปลาทองทั้งหมด”

จากการวิเคราะห์แนวคิดของนักเรียนในคาบนี้ พบว่า การแสดงวิธีการหาจำนวนปลาทองของนักเรียนยังคงยึดติดอยู่กับการบวกแบบรวม โดยนักเรียนเขียนลูกศรแสดงการนำจำนวนปลาทองจาก 2 ฝั่ง มารวมกันตรงกลาง เมื่อครูได้นำแนวคิดของนักเรียนแสดงบนกระดานและให้นักเรียนร่วมกันสังเกตว่าตอนที่ตัวแทนนักเรียนออกมาเทปลาทองหน้าชั้นเรียนนั้น เพื่อนได้เทปลาทองแบบใด และเหมือนกับที่นักเรียนได้เขียนลูกศรหรือไม่ ดังโพรโตคอลการสอนต่อไปนี้

- ครู : นักเรียนช่วยกันดูที่เพื่อนเขียนหน้ากระดานนะคะ ดูซิคะว่าเพื่อนเขียนตรงกับที่เพื่อนออกมาเทปลารึเปล่า เพื่อนเทปลาทองยังไงคะ เหมือนกับที่เพื่อนเขียนลูกศรหน้ากระดานไหมคะ
- นักเรียน 1 : ไม่เหมือนค่ะ
- ครู : ไม่เหมือนยังไงคะ เพื่อนบอกว่าไม่เหมือน ไม่เหมือนยังไงเอ่ย
- นักเรียน 1 : เพื่อนเทอันเดียว

- ครู : เพื่อนเดียว เพื่อนเที่ยงใจจะอันเดียว ไหนออกมาทำให้เพื่อนดูหน่อยอะ อะคนอื่นดูนะคะว่า เพื่อนเพื่อนเดียวยังไง
- นักเรียน 1 : (ออกไปทำท่าเทปลาทองหน้าห้อง ด้วยการยกโกลาขึ้น 1 โกล แล้วเทลงในตุ้ปลาที่มีปลาอยู่แล้ว)
- ครู : อะ เพื่อนเทปลาลงไป 1 โกล แสดงว่าลูกศรของเราต้องเป็นยังไงคะ จึงจะเหมือนกับที่เพื่อน เทปลาเมื่อกี้
- นักเรียน 1 : เป็นแบบนี้คะ (ติดลูกศรใหม่ ดังแผนภาพที่ 8)



แผนภาพที่ 8 แสดงแนวคิดของนักเรียน 1 ในการใช้ลูกศรแสดงทิศทางการเทปลาทอง

จากการอภิปรายร่วมกันดังกล่าว ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดใหม่คือ เห็นว่าการเทปลาทองของเพื่อนไม่ได้มาจากการเทปลาทองสองฝั่งให้มารวมกันตรงกลางตามที่เคยทำมาก่อนจากคาบที่แล้ว แต่เป็นการเทปลาทองลงไปรวมในตุ้ปลาที่มีปลาทองอยู่แล้ว ดังนั้นการเขียนลูกศรจึงต้องเปลี่ยนจาก (\rightarrow , \leftarrow และ \downarrow) เป็น (\leftarrow และ \downarrow) ตามทิศทางการเทปลาทองของเพื่อน ดังแผนภาพที่ 8

ถึงแม้ว่าแนวคิดของนักเรียนในคาบนี้จะยังคงเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ทั้งแนวคิดเรื่องกลุ่ม แนวคิดของการแสดงแทน แนวคิดของการใช้นิพจน์ และแนวคิดเรื่องการค้าเงินการ แต่จะเห็นได้ว่านักเรียนยังคงใช้การค้าเงินการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบที่ไม่ได้ตระหนักถึงความแตกต่างของสถานการณ์การบวกในโลกจริง อย่างไรก็ตามการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนได้สนับสนุนการสำรวจตรวจสอบตราตนเองจนเกิดความตระหนักในการคิดด้วยตนเองของนักเรียนได้ ตัวอย่างหนึ่งจึงแสดงให้เห็นว่าแนวทางของนวัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิดในประเทศไทย (TLSOA) ได้สนับสนุนให้เกิดการคิดขั้นสูงขึ้นในชั้นเรียนได้

อภิปรายผล

การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยวิธีการแบบเปิดสามารถพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนได้ ดังจะเห็นได้จากแนวคิดของนักเรียนจากการลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเองทั้งแนวคิดของการใช้นิพจน์ อย่างเช่น $2+3 = 5$ แนวคิดของการแสดงแทน อย่างลูกศรที่แสดงการจับคู่แบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่างภาพที่แสดงจำนวนที่นำมาบวกกัน และลูกศรที่แสดงทิศทางการดำเนินการบวก หรือภาพบล็อกที่แสดงแทนจำนวน แนวคิดเรื่องการค้าเงินการ ผ่านการอธิบายและจำแนกแยกแยะระหว่างตัวตั้งบวก ตัวบวก และผลบวก และเป็นเครื่องมือให้นักเรียนได้ค่อยๆ พัฒนาแนวคิดเรื่องขั้นตอนวิธีจนสามารถทำให้นักเรียนตระหนักถึงการคิดของตนเองจนพัฒนาเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่องขั้นตอนวิธีการบวก จึงเป็นการพัฒนาร่วมกันระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่องขั้นตอนวิธีและแนวคิดทางคณิตศาสตร์เรื่องการแสดงแทน สอดคล้องกับ

งานวิจัยของกิตติศักดิ์ ใจอ่อน และ กตัญญูตา บางโท (2562) ที่มีการศึกษาการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้วัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิดของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีการคิดทางคณิตศาสตร์ 7 ประเภท ได้แก่ 1) แนวคิดเซต 2) แนวคิดเกี่ยวกับหน่วย 3) แนวคิดเกี่ยวกับการแสดงแทน 4) แนวคิดเกี่ยวกับการดำเนินการ 5) แนวคิดเกี่ยวกับการขั้นตอนวิธีการ 6) แนวคิดเกี่ยวกับสมบัติพื้นฐาน 7) แนวคิดเกี่ยวกับการแสดงความคิด และงานวิจัยของพิมพ์พกา อินทเธรส, ชนิกา เสนาวงศ์ษา และ สรินยา ไชยวงศ์ (2564) ที่มีการสำรวจแนวคิดของนักเรียนที่แสดงถึงการเรียนรู้เครื่องมือในการเรียนรู้เรื่องตารางการคูณของ 2 ถึง 5 ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้เครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียน เรื่องตารางการคูณ ประกอบด้วย 1) การสร้าง 2) การขยาย 3) การจดจำ และ 4) การประยุกต์ใช้ตารางการคูณในสถานการณ์ต่างๆ โดยผ่านการสะท้อนคิดของนักเรียน ดังนี้ (1) แนวคิดเกี่ยวกับการขยายเครื่องมือจากสถานการณ์การคูณที่มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ (2) แนวคิดเกี่ยวกับแบบรูปของการเปลี่ยนแปลงจากบล็อกพร้อมทั้งอ่านและตีความประโยคสัญลักษณ์การคูณ (3) แนวคิดเกี่ยวกับการอ่านตารางการคูณเพื่อเปรียบเทียบกับประโยคสัญลักษณ์และการจดจำตารางการคูณ (4) แนวคิดเกี่ยวกับการเขียนประโยคสัญลักษณ์การคูณและคำตอบของการคูณเพื่อการจัดตารางการคูณ (5) แนวคิดเกี่ยวกับการวาดภาพเพื่อแสดงถึงสถานการณ์การคูณ (6) แนวคิดเกี่ยวกับการเขียนประโยคสัญลักษณ์การคูณจากภาพต่างๆ และ (7) แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างสถานการณ์ปัญหาจากประโยคสัญลักษณ์ กล่าวได้ว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ตารางการคูณ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ตารางการคูณอื่นๆ ต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

ครูสามารถนำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่พบในการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไปได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสามารถตระหนักถึงการคิดเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนจนพัฒนาไปสู่วิธีการเรียนรู้ของนักเรียนในการเรียนคาบต่อไปได้นั้นการพัฒนาบทบาทการสอนของครูผู้สอนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 และข้อมูลจากโครงการวิจัย เรื่อง การปฏิรูปการสอนที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะการคิดขั้นสูงในเขตพื้นที่อันดามัน และการวิจัยที่ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต หมายเลขใบรับรอง PKRU2566/9

เอกสารอ้างอิง

กมลพร ทองธิยะ และกิตติชัย สุธาสิโนบล. (2564). การพัฒนาการคิดขั้นสูง: ความสามารถทางสติปัญญาที่สำคัญในโลกยุค New Normal. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*. 19(2), 28-44.
กิตติศักดิ์ ใจอ่อน และกตัญญูตา บางโท. (2562). การคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่องพื้นที่ โดยใช้วัตกรรมการศึกษาชั้นเรียนและวิธีการแบบเปิด. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. 31(1), 28-37.

- พิมพ์ผกา อินทธรส, ชนิกา เสนาวงศ์ษา และสรินยา ไชยวงศ์. (2564). การเรียนรู้เครื่องมือในการเรียนรู้ของนักเรียนในตารางการคูณของ 2 ถึง 5. ใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (บ.ก.), 2 ทศวรรษของการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้สู่สมรรถนะการคิดขั้นสูง. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ครั้งที่ 7 (น. 106). สมาคมคณิตศาสตร์ศึกษา.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2546). การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนโดยเน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2557). กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: บริษัท เพ็ญพรินติง จำกัด.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2562). คณิตศาสตร์สำหรับระดับประถมศึกษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: ศูนย์วิจัยคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2565). กระบวนการแก้ปัญหาในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: ไอ-ปริ้นท์ ดีไซน์ จำกัด.
- ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์. (2567). การศึกษาชั้นเรียนด้วยวิธีการแบบเปิด : PLC ภาคปฏิบัติจริงในโรงเรียน ใน ไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ (บ.ก.), การประชุมการเปิดชั้นเรียนระดับชาติ ครั้งที่ 17 (น. 47-62). สถาบันวิจัยและพัฒนาวิชาชีพครูสำหรับอาเซียน.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2564). สมรรถนะการคิดขั้นสูง(Higher Order Thinking:HOT). Retrieved on 10 July 2023 from <https://cbethailand.com/หลักสูตรฐานสมรรถนะ/สมรรถนะหลัก-5-ประการ/สมรรถนะการคิดขั้นสูง/>
- Collins, R. (2014). Skills for the 21 st Century: Teaching Higher-Order Thinking. *Curriculum & Leadership Journal*. 12(14), 1-8
- Hamzah, H., Hamzah, M.I., & Zulkifli, H. (2022). Systematic Literature Review on the Elements of Metacognition-Based Higher Order Thinking Skills (HOTS) Teaching and Learning Modules. *Sustainability*. 14(2), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su14020813>
- Haryati, S., Trisnowati, E., Siswanto, S., & Al Firdaus, M.M. (2021). Identifying Higher-Order Thinking Skills on Lesson Plan: How Do Teachers Construct the Lesson Plan?. *Tadris: Jurnal Keguruan dan Ilmu Tarbiyah*. 6(2), 277-285. <https://doi.org/10.24042/tadris.v6i2.8828>
- Inprasitha, M. (2022). Lesson study and open approach development in Thailand: a longitudinal study. *International Journal for Lesson and Learning Studies*. 11(5), 1-15. <https://doi.org/10.1108/IJLLS-04-2021-0029>
- Isoda, M. & Katagiri, S. (2012). *Mathematical Thinking how to Develop it in the Classroom*. Singapore: World Scientific Publishing.
- Lester, F.K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*. 25, 660-675.