



การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



โดย
นายณัฐชาติ เอี่ยมฉ่ำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน(กลุ่มการประถมศึกษา) แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน(กลุ่มการประถมศึกษา) แบบ 2.1 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน
มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICS INSTRUCTION MODEL BASED ON
REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION AND MODEL-ELICITING ACTIVITIES
APPROACHES TO ENHANCE OF MATHEMATICAL THINKING
FOR UPPER PRIMARY SCHOOL STUDENTS



By
MR. Narunat IAMCHAM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Doctor of Philosophy CURRICULUM AND INSTRUCTION

Department of Curriculum and Instruction

Silpakorn University

Academic Year 2022

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์
ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities
เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

โดย นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ

สาขาวิชา หลักสูตรและการสอน (กลุ่มการประถมศึกษา) แบบ 2.1
ปรัชญาคุณูภูมิบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา จันทร์ชูสกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประณัฐ กิจรุ่งเรือง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลวรรณ ส่งเสริม

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาเรียม นิลพันธ์)

พิจารณาเห็นชอบโดย ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา ประเสริฐสิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา จันทร์ชูสกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประณัฐ กิจรุ่งเรือง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุบลวรรณ ส่งเสริม)

..... ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(อาจารย์ ดร. พรพิมล รอดเคราะห์)

61265902 : หลักสูตรและการสอน(กลุ่มการประถมศึกษา) แบบ 2.1 ปรัชญาคุชฎีบัณฑิต

คำสำคัญ : รูปแบบการสอน, รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์, การคิดเชิงคณิตศาสตร์, แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง, แนวคิด Model-Eliciting Activities

นาย นฤนาท เอี่ยมฉ่ำ: การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา จันทร์ชูสกุล

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอน 2) พัฒนารูปแบบการสอน 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน โดย 3.1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน 3.2) เปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3.3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอน การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็น ประกอบด้วย 1.1) การวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร 1.2) การศึกษาความต้องการจำเป็นจากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 122 คน และ 1.3) การสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ท่าน 2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน ทาคุณภาพด้วยการสัมภาษณ์อิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 3) การทดลองใช้รูปแบบการสอน ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ และ 4) การประเมินผล ปรับปรุง และเผยแพร่รูปแบบการสอน ผ่านการประชุมเชิงวิชาการด้วยระบบออนไลน์ กลุ่มเป้าหมายคือครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และศึกษานิเทศก์ จำนวน 41 คน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงบรรยาย ดัชนี PNI Modified สถิติทดสอบที และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัย พบว่า

1. ผลการประเมินความต้องการจำเป็น ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น (PNI Modified) อยู่ที่ 0.250

2. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ประกอบด้วย 1) หลักการ การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากรูปร่างไปนามธรรม โดยกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ตามบริบทในโลกชีวิตจริง และผู้เรียนลงมือสร้างกระบวนการแก้ปัญหา อธิบายเหตุผล และนำเสนอด้วยตนเองผ่านกระบวนการกลุ่ม สะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และสามารถนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงได้ 2) วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) ขั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) (2) ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) (3) ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) (4) ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) และ (5) ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) 4) แนวทางการวัดและประเมินผล ใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย และประเมินผลตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ (1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ (2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ (3) การดำเนินการแก้ปัญหา (4) การประเมินความสมเหตุสมผล และ 5) ระบบสนับสนุน ระบบสังคมและหลักการตอบสนอง โดย 5.1) ระบบสนับสนุน เป็นการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทในโลกชีวิตจริง 5.2) ระบบสังคม เป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ และ 5.3) หลักการตอบสนอง ผู้สอนมีบทบาทในการอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และเสริมแรงจิตใจในการเรียนรู้ และมีผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้านของการประเมิน ซึ่งรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ

3. ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน ดังนี้ 3.1) ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3.2) ผลการทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3.3) ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมากทุกด้านของการประเมิน

4. ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนด้วยการบันทึกข้อสังเกตเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ลงในคู่มือการใช้รูปแบบการสอน และผลการเผยแพร่รูปแบบการสอน พบว่า ผู้เข้าร่วมประชุมมีความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้านของการประเมิน

61265902 : Major CURRICULUM AND INSTRUCTION

Keyword : Instruction Model, Mathematics Instruction Model, Mathematical Thinking, Realistic Mathematics Education Approach, Model-Eliciting Activities Approach

MR. Narunat IAMCHAM : The Development of Mathematics Instruction Model Based on Realistic Mathematics Education and Model-Eliciting Activities Approaches to Enhance of Mathematical Thinking for Upper Primary School Students Thesis advisor : Assistant Professor Saranya Chanchusakun, Ph.D.

The objective of this research: 1) To explore foundational data and identify essential requirements for the development of instructional formats in mathematics education. 2) To develop innovative instructional formats that are tailored to the needs and demands of mathematics education. 3) To examine the effectiveness of the instructional formats through the following approaches: 3.1) Comparing the learning outcomes in mathematics before and after the implementation of the instructional formats. 3.2) Comparing mathematical thinking skills before and after the instruction, and 3.3) Investigating students' feedback and perceptions regarding the learning activities. 4) To refine and disseminate the instructional formats.

The research was conducted in four stages: 1) Analysis of foundational data and needs assessment, including 1.1) data analysis from documents, 1.2) studying the needs of mathematics teachers at the upper primary level (122 participants), and 1.3) interviewing mathematics teaching experts (6 participants). 2) Design and development of the instructional format through expert group seminars. 3) Experimental implementation of the instructional format, involving a sample of 36 fifth-grade students, using pre- and post-tests to assess learning outcomes in mathematics and a questionnaire to gather students' feedback on the learning activities, and 4) evaluation, refinement, and dissemination of the instructional format through an online academic conference with a target group of 41 mathematics teachers and educational supervisors. Data analysis employed descriptive statistics, PNI Modified index, t-tests, and content analysis.

The research findings are as follows:

1. Overall results in terms of needs assessment of desired condition were relatively high whereas the result indicating current condition was moderate. The score of Priority Needs Index (PNI_{Modified}) is 0.250.

2. The instruction model based on Realistic Mathematics Education (RME) and Model-Eliciting Activities (MEAs) Approaches, to enhance mathematical thinking among upper primary school students (BRIGHT Model). It consists of the following components: 1) the principles transforming mathematical learning from concrete to abstract, utilising problems from real-life contexts, and allowing students to create problem-solving processes, explain reasoning, and present them through group processes. This reflects what they have learned and enables them to apply problem-solving processes they have developed in other real-life situations. 2) Objectives: To develop mathematical thinking. 3) Learning process: It involves five steps: (1) B: Basic Thinking is an activity that stimulates interest, examines fundamental knowledge, and the experiences of learners using problems from real-life situations and contexts. (2) R: Realistic Connecting is an activity that connects previous knowledge with new knowledge through analysing challenging mathematical problems. (3) IG: Idea Initiating & Group Processing is a group activity that promotes learners' mathematical thinking processes through problem-solving, logical reasoning, self-evaluation, and collaborative learning exchange. (4) H: Heart-to-Heart is an activity that demonstrates problem-solving processes, reasoning, and applies the problem-solving approaches created to solve problems in other real-life situations. And (5) T: Thinking with Concepts is an activity that examines mathematical thinking processes and knowledge synthesis through reflective thinking. Regarding the assessment and evaluation approach, it utilises a subjective assessment format and evaluates based on criteria for scoring mathematical thinking behaviors, including (1) problem analysis and knowledge evaluation, (2) design/planning and knowledge integration, (3) problem-solving processes, and (4) evaluating logical reasoning. 5) Support system, social support and responsive principles. 5.1) Support system involves preparing learning materials that align with real-life contexts. 5.2) Social system involves collaborative learning activities, and 5.3) Responsive principles involve the role of teachers in facilitating convenience, providing guidance, and motivating learning. The assessment shows the highest level of suitability for the teaching approach in all dimensions, ensuring quality as certified by experts.

3. The effectiveness of the instruction model is as follows: 3.1) Test Results - Learning Achievement: The average scores on mathematics tests after the instruction are significantly higher than before the instruction, with statistical significance at the .05 level. This indicates a significant improvement in learning outcomes. 3.2) Test Results - Mathematical Thinking: The average scores on tests assessing mathematical thinking after the instruction are significantly higher than before the instruction, with statistical significance at the .05 level. This suggests a significant enhancement in students' ability to think mathematically, and 3.3) student feedback: the evaluation of students' opinions regarding the learning activities indicates a high level of satisfaction in all aspects of the assessment.

4. The results of improving the instruction model by recording additional observations about learning management in the instruction model manual and disseminating the instruction model show that the conference participants have the highest level of opinions regarding the instruction model in all aspects of evaluation.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผศ.ดร.สร้อยญา จันทร์ชูสกุล ผศ.ดร.ปรมัตถ์ กิจรุ่งเรือง และ ผศ.ดร.อุบลวรรณ ส่งเสริม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อัจศรา ประเสริฐสิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อ.ดร.พรพิมล รอดเคราะห์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ สนับสนุน และตรวจสอบข้อบกพร่องตลอดการดำเนินการวิจัย ทำให้งานวิจัย สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงาน การวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2565

ขอขอบพระคุณ รศ.ประพนธ์ จำเริญ รศ.ดร.วาริรัตน์ แก้ววไร รศ.ดร.มารุต พัฒผล รศ.ดร.ดวงหทัย กาศวิบูลย์ รศ.ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี รศ.ดร.ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม ผศ.ดร.กิตติชัย สุชาติโนบล ผศ.ดร.ทรงชัย อักษรคิด ผศ.ดร.พินดา วราสุนันท์ ผศ.ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ ผศ.ดร.สุชาติ เสมประวัตติ ดร.ขวัญหทัย พิกุลทอง ดร.กนิษฐา เขาวัววัฒนกุล และ ดร.สาธิตี อุดมผล ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญ ในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.นพพร แหยมแสง ผศ.ดร.ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์ ผศ.ดร.ศศิโสพิต บัวดา ดร.เหมือนฝัน เขาวัววัฒน์ ครูประเสริฐ บริโพร ครูจำรัส ธงทอง ที่กรุณาให้สัมภาษณ์ประกอบการวิจัย และ ผศ.ดร.สุทัศน์ กัมณี และ คุณปราณี พุทธา ที่กรุณาเป็นผู้ดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ขอขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และศึกษานิเทศก์ สังกัด สพป.กาญจนบุรี เขต 1 ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณนักเรียนที่ให้ความร่วมมือในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่าน และคณาจารย์ในสาขาวิชา หลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ขอขอบคุณเพื่อนร่วมหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน เพื่อนร่วมงาน ที่โรงเรียนบ้านทุ่งนางหอรก เพื่อนร่วมวิชาชีพ และเพื่อน ๆ ที่ให้คำแนะนำและกำลังใจเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ลุง ป้า น้า อา และครอบครัวที่สนับสนุนให้เกิดพลังกาย พลังใจ พลังสติปัญญาที่ดีเสมอมา ส่งเสริมและสนับสนุนโอกาสให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในครั้งนี้

คุณค่าหรือประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาแต่พระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าตั้งแต่อ่อนบวบ จนถึงปัจจุบัน และผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอน้อมคารวะแต่ ผู้เขียนเอกสารที่ได้ศึกษาค้นคว้าและใช้อย่างทุกท่าน

นาย นฤนาท เอี่ยมฉ่ำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญภาพ.....	ณ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
คำถามการวิจัย.....	6
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
สมมติฐานของการวิจัย.....	8
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
ประโยชน์ที่ได้รับ.....	12
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	13
1. แนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	15
1.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	15
1.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	16
1.3 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์.....	25
1.4 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์.....	30
1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลการศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	33

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์	48
2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง	54
2.1 ความหมายของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง.....	54
2.2 หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง.....	56
2.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง	65
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง	68
3. แนวคิด Model-Eliciting Activities	75
3.1 ความหมายของ Model-Eliciting Activities	76
3.2 หลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities	77
3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิด Model-Eliciting Activities	83
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด Model-Eliciting Activities	83
4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์.....	87
4.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development)	87
4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning)	89
4.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)	89
4.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning).....	90
5. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน	92
5.1 ความหมายของรูปแบบการสอน.....	92
5.2 ประเภทของรูปแบบการสอน.....	93
5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอน	94
5.4 แนวทางการพัฒนารูปแบบการสอน	97
6. หลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2560 ของโรงเรียนที่ใช้ในการศึกษา ประสิทธิผล.....	99

7. การศึกษาความสัมพันธ์เชิงแนวคิด.....	108
8. กรอบแนวคิดการวิจัย.....	113
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	114
ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R ₁) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	117
ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D ₁) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	126
ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R ₂) การทดลองใช้ (Implement: I) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	134
ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D ₂) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	149
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	153
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	154
1.1 การศึกษาและวิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	154
1.2 การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย.....	156

1.3 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย.....	163
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	175
2.1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง)	175
2.2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ).....	195
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	222
3.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย	222
3.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย	223
3.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย.....	225

ตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิง คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย	228
4.1 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย หลังการศึกษาประสิทธิผล.....	228
4.2 ผลการเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย	229
4.3 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ฉบับเผยแพร่	234
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	235
สรุปผลการวิจัย	237
อภิปรายผลการวิจัย	243
ข้อเสนอแนะ	254
ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้	254
ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป	255
รายการอ้างอิง.....	256
ภาคผนวก	272
ภาคผนวก ก ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย รูปแบบการสอน และสัมภาษณ์	273
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้รูปแบบการสอน	277
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย.....	340
ภาคผนวก ง เครื่องมือการวิจัย	356
ภาคผนวก จ ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน.....	392
ภาคผนวก ง หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....	399



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์	20
ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ	24
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Carifio.....	37
ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Kurniawati et al.....	38
ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินงานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Egodawatte	39
ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Safarini & Wardhani.....	40
ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Widodo et al.....	41
ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	42
ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ Vale et al.....	45
ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ ไพศาล แมลงทับทอง	45
ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของผู้วิจัย.....	47
ตารางที่ 12 การสังเคราะห์หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง	64
ตารางที่ 13 การสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอน	96
ตารางที่ 14 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5	104
ตารางที่ 15 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.....	106
ตารางที่ 16 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความต้องการจำเป็น	118
ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความต้องการจำเป็น.....	122
ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความต้องการจำเป็น.....	123
ตารางที่ 19 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น.....	124

ตารางที่ 20	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อสัปดาห์.....	136
ตารางที่ 21	โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.....	138
ตารางที่ 22	โครงสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.....	142
ตารางที่ 23	โครงสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	144
ตารางที่ 24	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม.....	157
ตารางที่ 25	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน.....	160
ตารางที่ 26	การปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน.....	170
ตารางที่ 27	เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	184
ตารางที่ 28	เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	185
ตารางที่ 29	ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1.....	186
ตารางที่ 30	ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1... ..	189
ตารางที่ 31	ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ.....	190
ตารางที่ 32	เป้าหมายการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่คาดหวังตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้.....	209
ตารางที่ 33	เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	214
ตารางที่ 34	เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	215
ตารางที่ 35	เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	216
ตารางที่ 36	ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน ครั้งที่ 2.....	217
ตารางที่ 37	ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 2.....	220
ตารางที่ 38	ผลการเปรียบเทียบผลการประเมินความเหมาะสมครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2.....	221
ตารางที่ 39	ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน.....	223
ตารางที่ 40	ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	224
ตารางที่ 41	ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	225
ตารางที่ 42	ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้.....	226
ตารางที่ 43	ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนหลังการศึกษาประสิทธิภาพ.....	229

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพของผู้เข้าร่วมประชุม	230
ตารางที่ 45 ผลการประเมินของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ศึกษานิเทศก์ และผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด	232
ตารางที่ 46 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนหลังการประชุมเผยแพร่ผลการวิจัย	234



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 การสังเคราะห์หลักการ.....	109
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ.....	110
ภาพที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้.....	111
ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้.....	112
ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework).....	113
ภาพที่ 6 กรอบดำเนินการวิจัย.....	116
ภาพที่ 7 สรุปรูปแบบที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอน.....	125
ภาพที่ 8 สรุปรูปแบบที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน.....	133
ภาพที่ 9 สรุปรูปแบบที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอน.....	148
ภาพที่ 10 สรุปรูปแบบที่ 4 การประเมินผล ปรับปรุงแก้ไข และเผยแพร่รูปแบบการสอน.....	152
ภาพที่ 11 รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง).....	183
ภาพที่ 12 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอน.....	196
ภาพที่ 13 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอน และหลักการตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์.....	197
ภาพที่ 14 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอน.....	198
ภาพที่ 15 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน.....	199
ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดสนับสนุนการพัฒนารูปแบบการสอน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้.....	200
ภาพที่ 17 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์.....	201

ภาพที่ 18 รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)..... 212



บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนากระบวนการคิดของมนุษย์ ช่วยให้มนุษย์มีเหตุผล คิดอย่างเป็นระบบขั้นตอน และเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ศาสตร์อื่น ๆ ดังที่ Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2019) กล่าวว่า ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์และความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาเชิงบริบทอย่างมีความหมาย เป็นสิ่งสำคัญสำหรับพลเมืองในโลกยุคใหม่ สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 หมวดที่ 4 แนวทางการจัดการศึกษา มาตรา 23 วรรค 4 ได้กล่าวถึง การจัดการศึกษาทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ, 2542) และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ได้กล่าวถึงประเด็นยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ด้านการตระหนักถึงพหุปัญญาของมนุษย์ที่หลากหลาย ทั้งภาษา ตรรกะและคณิตศาสตร์ ด้านทักษะและมิติ ดนตรี กีฬา และการเคลื่อนไหวของร่างกาย การจัดการตนเอง และมนุษย์สัมพันธ์ (ประกาศยุทธศาสตร์ชาติ, 2561) รวมถึงแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579 ได้กำหนดเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) ให้คุณลักษณะและทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (3Rs) ได้แก่ การอ่านออก (Reading) การเขียนได้ (Writing) และการคิดเลขเป็น (Arithmetic) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

นอกจากนี้ คณิตศาสตร์ยังมีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ อันเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรบุคคลของชาติให้มีคุณภาพ กระทรวงศึกษาธิการ (2560) สอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2555ก) กล่าวว่า คณิตศาสตร์มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต และช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น ช่วยพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ การรู้และเข้าใจบทบาทคณิตศาสตร์ที่มีในชีวิตจริง สามารถตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ บนพื้นฐานของคณิตศาสตร์ และรู้จักใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหาของตน คณิตศาสตร์ถือเป็นศาสตร์หนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนเป็นผู้ที่สามารถคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผล รู้จักสังเกต และแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังมี

บทบาทต่อโลกปัจจุบันทั้งด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม วิศวกรรม เทคโนโลยี ตลอดจนเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และ ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ (2561) กล่าวถึงเป้าหมายในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ทั้งด้านการคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการเชื่อมโยงความรู้ ผ่านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

การศึกษาคณิตศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งเน้นพัฒนาความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่สิ่งสำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนรู้คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการสร้างกระบวนการทางความคิดเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับทักษะ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขของกระบวนการคิด และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการเข้าใจรูปแบบ การหาลักษณะร่วมของปัญหา การระบุปัญหาหรือข้อผิดพลาด และสร้างกลวิธีในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ (Burton, 1984; Greenwood, 1993; O'Daffer & Thornquist, 1993; Lutfiyya, 1998; Suzuki, 1998; Henderson et al., 2001; Devlin, 2011) พบว่า องค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) คือการวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา ใช้กลยุทธ์หรือวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและปรับใช้อย่างเหมาะสม และ 2) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning) คือการใช้การทดสอบหรือการพิสูจน์ที่หลากหลายในการให้เหตุผล และอธิบายเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล (Suzuki, 1998; NCTM, 2000; Moon, 2005; Kriegler, 2008; Scusa, 2008; Yong & Sam, 2008; Zaman, 2011; Schoenfeld, 2016; Monteleone et al., 2018; สสวท, 2555; แพรไหม สามารถ, 2555)

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการวัดกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา สร้างแนวคิด ยุทธวิธี หรือกระบวนการแก้ปัญหาและแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย (Ridgway & Burkhardt, 2001; Ma'Moon, 2005; Scusa, 2008; แพรไหม สามารถ, 2555) และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) (Egodawatte, 2010; Safarini & Wardhani, 2021; Widodo et al., 2021, สสวท, 2555ก) เห็นได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ถือเป็นคุณลักษณะหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาได้นำแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ในการวิจัยและเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เช่น Yong & Sam (2008) ได้ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ กล่าวว่า ครูมีบทบาทสำคัญใน

การออกแบบบทเรียนที่เสริมสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และที่สำคัญผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ และ Samo (2017) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามบริบทเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดขั้นสูง ได้เสนอแนะว่าแบบจำลองนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูง ปัญหาด้านบริบทสามารถนำเสนอกับบริบททางวัฒนธรรมในห้องเรียนได้ จะช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ในบริบทชีวิตจริง และ Salangsang & Subia (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องของแนวปฏิบัติในการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Assessment Practices of Mathematical Thinking: APMT) การศึกษานี้ได้สำรวจการคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาและกลยุทธ์การควบคุมตนเองของผู้เรียนระดับประถมศึกษาของประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า ผู้เรียนใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาค้นคว้าด้วยตนเอง เช่น การเขียนประโยคสัญลักษณ์ การแสดงขั้นตอน การประมาณค่า การนับถอยหลัง ลองผิดลองถูก การทำสัญลักษณ์เพื่อช่วยนับ การวาดภาพ การนับข้าม การบวกเพิ่มครั้งละเท่า ๆ กัน และคิดค้นขั้นตอนแก้ปัญหา

ปัจจุบันผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ศึกษาจากการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) ของเด็กอายุ 15 ปี พบว่า PISA 2018 ค่าเฉลี่ย OECD มีคะแนนคณิตศาสตร์ที่ 489 คะแนน สำหรับประเทศไทยเมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนคณิตศาสตร์ 419 คะแนน ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และมีนักเรียนประมาณ 2.3 % เท่านั้น ที่มีผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์อยู่ในกลุ่มสูง และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนย้อนหลังตั้งแต่ปี 2012, 2015 และ 2018 มีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์คือ 427, 415 และ 419 ตามลำดับ พบว่า ความรู้และทักษะด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยไม่ได้มีการพัฒนาขึ้น (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ, 2564) ทั้งนี้ ข้อสอบ PISA เป็นการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematical literacy) คือ ความสามารถของแต่ละบุคคลในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และสามารถแปลงปัญหา ใช้คณิตศาสตร์ และตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในบริบทของโลกชีวิตจริง (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ, 2564) โดยกรอบการประเมิน PISA 2021 สำหรับการประเมินด้านคณิตศาสตร์จะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการแก้ปัญหา และรวมถึงกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงการเชื่อมโยงบริบทของปัญหาด้วยคณิตศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา 2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ และ 3) บริบทที่ใช้ในแบบทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับทักษะในศตวรรษที่ 21 (สสวท, 2563) จะเห็นได้ว่า ลักษณะของการสอบ PISA มุ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริง มีลักษณะของกระบวนการที่สอดคล้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และเมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 4 ปีย้อนหลัง ตั้งแต่ปีการศึกษา 2561 - 2564 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ภาพรวมระดับประเทศคือ 37.50, 32.90, 29.99 และ 36.83 และระดับเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 คือ 35.49, 31.00, 27.60 และ 34.84 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565: ออนไลน์) กล่าวคือ มีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 และมีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยทั้งสองระดับ

ดังนั้นการที่คะแนนเฉลี่ย PISA ด้านคณิตศาสตร์ของเด็กไทยไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงถึงปัญหาในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้รับการส่งเสริมหรือพัฒนาควบคู่ไปกับพัฒนาความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา และสะท้อนได้จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 แสดงถึงปัญหาในหลายมิติของการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา และเป็นปัญหาภาพรวมในระดับประเทศ รวมถึงสภาพปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ที่ไม่ชอบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ มองว่าวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ยาก และมีความเข้าใจความคลาดเคลื่อนในความรู้ขั้นพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ส่งผลให้ไม่สามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสถานการณ์ในชีวิตจริงได้

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่า มีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ลดลงอย่างต่อเนื่อง มีนักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาและพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับสภาพปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้น คือแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) ที่พัฒนาขึ้นโดย Freudenthal ในช่วงปี 1970 ซึ่ง Freudenthal มีมุมมองแนวคิดที่ว่า คณิตศาสตร์ควรเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใกล้ชิดกับประสบการณ์ของผู้เรียนและเกี่ยวข้องกับบริบททางสังคม เพื่อให้คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ แทนที่คณิตศาสตร์เป็นเพียงวิชาที่ถ่ายทอดเพียงเนื้อหาความรู้เท่านั้น แต่คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ (Mathematics as a Human Activity) ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดค้นคณิตศาสตร์ (Reinvent) ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Gravemeijer & Terwel, 2000; Zulkardi, Fauzan, 2002; Van den Heuvel-Panhuizen, 2003) สอดคล้องกับ OECD (2018) กล่าวว่า สัดส่วนของปัญหาที่เพิ่มขึ้นและสถานการณ์ที่พบในชีวิตประจำวันรวมถึงในบริบททางวิชาชีพจำเป็นต้องมีความเข้าใจคณิตศาสตร์ในระดับหนึ่งก่อนที่จะเข้าใจและแก้ไขได้อย่างเหมาะสม คณิตศาสตร์จึงกลายเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับคนรุ่นใหม่ที่จะต้องเผชิญกับปัญหาและความท้าทายที่หลากหลายในด้านต่าง ๆ ของชีวิต และจากการศึกษาพบว่าหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประกอบด้วย 5 หลักการ ได้แก่ 1) หลักความเป็นจริงและปรากฏการณ์วิทยา 2) หลักการของกิจกรรม 3) หลักการบูรณาการและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ 4) หลักการปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนคิด และ 5) หลักการลำดับขั้น

(Treffers, 1978; Gravemeijer, 2000; Van den Heuvel-Panhuizen, 2000; Fauzan, 2002; Zulkardi, 2002; ชานนท์ จันทรา, 2550) โดยมี นักการศึกษาได้นำแนวคิดการศึกษาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปใช้ในงานวิจัย เช่น Hirza & Kusumah (2014) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการหยั่งรู้ (Intuition skills) ร่วมกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่ต้องมีการประยุกต์ใช้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงในห้องเรียน เพื่อให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับผู้เรียน และสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดของคณิตศาสตร์ในโลกแห่งชีวิตจริงได้ และ Zakaria & Syamaun (2017) ได้ศึกษาประสิทธิผลของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของผู้เรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ กล่าวว่าแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนคณิตศาสตร์

แนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) เป็นอีกแนวคิดที่มีความสอดคล้องกับสภาพปัญหาและแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ซึ่งเป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีวิธีการที่เข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียน โดยถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในกลางทศวรรษ 1970 และ Dr. Richard Lesh เป็นศาสตราจารย์ด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยอินเดียนา (Indiana University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้สร้างความน่าเชื่อถือกับการประกาศใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) โดยในช่วงแรกจะรู้จักในชื่อ กรณีศึกษาสำหรับเด็ก (Case Studies for Kids) หรือกิจกรรมเปิดเผยความคิด (Thought Revealing Activities) แล้วจึงเปลี่ยนมาเป็น Model-Eliciting Activities ในภายหลัง (Lesh et al., 2000; Chamberlin & Moon, 2005; Hamilton et al., 2008; Yildirim et al., 2010; Chamberlin & Coxbill, 2012) และพบว่า หลักการตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 หลักการ ได้แก่ 1) หลักการสร้างแบบจำลอง 2) หลักการความเป็นจริง 3) หลักการประเมินตนเอง 4) หลักการอธิบายความคิด 5) หลักการแลกเปลี่ยนและปรับใช้ และ 6) หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (Lesh et al., 2000; Chamberlin & Moon, 2005; Yildirim et al., 2010; Chamberlin & Coxbill, 2012; Pertamawati & Retnowati, 2019; ขวัญหทัย พิกุลทอง, 2561) โดยมีนักการศึกษาได้นำแนวคิด Model-Eliciting Activities ไปใช้ในงานวิจัย เช่น Pertamawati & Retnowati (2019) ได้ศึกษาแนวคิด MEAs เพื่อให้ นักเรียนสร้าง ทดสอบ และแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ โดยผู้เรียนจะได้รับคำถามปลายเปิดตามบริบทในชีวิตจริง พบว่าการดำเนินการตามแนวคิด MEAs สามารถเตรียมผู้เรียนในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการศึกษาในโรงเรียน และควรใช้แนวคิด MEAs ไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ และ

Qurohman et al. (2022) ได้ศึกษาอิทธิพลของแนวคิด MEAs ที่มีต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่าผู้เรียนจะได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิด MEAs มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนรู้แบบทั่วไป

จากการศึกษาความเป็นมา สภาพปัญหา และแนวคิดในการแก้ไขปัญหาข้างต้น พบว่าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันยังพบปัญหาการส่งเสริมกระบวนการคิดในด้านการแก้ปัญหา และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ที่ขาดการเชื่อมโยงกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์กับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และการนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ รวมถึงการวัดและประเมินผลที่มุ่งเพียงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนผ่านการสอบข้อสอบปรนัย ซึ่งมองข้ามความสำคัญของกระบวนการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลซึ่งเป็นหัวใจของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ อีกทั้งผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลายเป็นช่วงวัยที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนากระบวนการคิด ที่ควรได้รับการฝึกฝนและพัฒนาผ่านกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการคิดขั้นสูงและนำไปใช้ในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities มาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอน ADDIE Model และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแนวคิดดังกล่าว พบว่า มีความสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) และมีลักษณะของหลักการสำคัญร่วมกันที่ช่วยสนับสนุนการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิผลต่อไป

คำถามการวิจัย

1. ข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายเป็นอย่างไร
2. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีองค์ประกอบและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างไร

3. ประสิทธิภาพของการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เป็นอย่างไรในด้านต่อไปนี้

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร

3.2 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร

3.3 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เป็นอย่างไร

4. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย หลังการปรับปรุงเป็นอย่างไร และมีผลการเผยแพร่เป็นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดย

3.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด

Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

3.2 เปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

3.3 ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

4. เพื่อปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานของการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียน

2. การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

การพัฒนาแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน

ประชากร คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 6 โรงเรียน ระดับชั้นละ 8 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 24 ห้องเรียน เป็นนักเรียนทั้งหมด 517 คน โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1

ตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน โรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา

กาญจนบุรี เขต 1 ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) โดยทำการสุ่มโรงเรียน สุ่มระดับชั้น และสุ่มห้องเรียน โดยแต่ละขั้นตอนใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 21 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย ตัวชี้วัด ค 2.1 ป.5/4, ค 2.2 ป.5/2 และ ค 2.2 ป.5/3 ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยการเลือกหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม เนื่องจากสาระการเรียนรู้และเนื้อหาลักษณะเป็นโจทย์ปัญหา หรือสถานการณ์ในการแก้ปัญหา และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาชีวิตจริงของผู้เรียนได้ ซึ่งเหมาะสมต่อการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาในการทดลองใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 21 ชั่วโมง และเวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 25 ชั่วโมง ระหว่างวันที่ 16 มกราคม - 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) หมายถึง แนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยสถานการณ์ ปัญหา บริบทหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในโลกความเป็นจริงของมนุษย์ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ไปสู่การสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอด กลยุทธ์ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบด้วย 5 หลักการ ดังนี้ 1) หลักความเป็นจริงและปรากฏการณ์วิทยา 2) หลักการของกิจกรรม 3) หลัก

การบูรณาการและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ 4) หลักการปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนคิด และ 5) หลักการลำดับขั้น

2. Model-Eliciting Activities (MEAs) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงโครงสร้างของกระบวนการคิดออกมาได้อย่างสร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้จริง ประกอบไปด้วย 6 หลักการ ดังนี้ 1) หลักการสร้างแบบจำลอง 2) หลักการความเป็นจริง 3) หลักการประเมินตนเอง 4) หลักการอธิบายความคิด 5) หลักการแลกเปลี่ยนและปรับใช้ และ 6) หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ

3. การพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (The Development of Mathematics Instruction Model) หมายถึง กระบวนการสร้างรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนรู้การสอน ADDIE Model ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Analysis: A) เป็นการวิเคราะห์และสังเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้วยการวิจัยเชิงเอกสาร และศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์จากบุคคลด้วยการวิจัยเชิงสำรวจ ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D₁) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Design and Development: D and D) เป็นการออกแบบ สร้าง และหาคุณภาพของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) การทดลองใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Implement: I) เป็นการออกแบบ สร้าง และหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ และนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างผ่านการวิจัยเชิงทดลอง และ ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D₂) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ เป็นการนำผลจากการทดลองใช้จริงในขั้นตอนที่ 3 มาปรับปรุงรูปแบบการสอนและเผยแพร่

4. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) หมายถึง แบบแผนสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วย 1) หลักการ ได้แก่ 1.1) หลักการความเป็นจริงและการบูรณาการ 1.2) หลักการกิจกรรมและสร้างแบบจำลอง 1.3) หลักการปฏิสัมพันธ์และอธิบายความคิด 1.4) หลักการประยุกต์ใช้และสะท้อนคิด และ 1.5) หลักการลำดับขั้นและต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ 2) วัตถุประสงค์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 3.1) ขั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)

3.2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) 3.3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) 3.4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) และ 3.5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) 4) แนวทางการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย และประเมินผลตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ 5) ระบบสนับสนุน เป็นการจัดเตรียมสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทในโลกชีวิตจริง ระบบสังคมเป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ และหลักการตอบสนองผู้สอนมีบทบาทในการอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และเสริมแรงจิตใจในการเรียนรู้

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (Achievement in Mathematics) หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญาในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน วัดได้จากแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยกำหนดโครงสร้างตามแนวคิดของ Wilson (1971) ที่ได้จำแนกพฤติกรรมทางสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไว้ 4 ระดับ ได้แก่ การคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ และให้คะแนนแบบสองค่า (Dichotomous) มีลักษณะแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน และตอบผิดได้ 0 คะแนน

6. การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริง โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนด สร้างกระบวนการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหา ประเมินความรู้และความเข้าใจได้ในการแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้น หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยอ้างอิงหลักฐาน หรือข้อมูลสนับสนุนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric) ที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ 3) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การประเมินความสมเหตุสมผล

7. ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ (Opinions towards Learning Activities) หมายถึง ระดับการแสดงออกของความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รวมถึงข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะหรือการสะท้อนความคิดเห็นที่ได้จากการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน ประเมิน

โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็น (Questionnaire) ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับและข้อความปลายเปิด (Open Form) ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

1. ประโยชน์ต่อผู้เรียน ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยแสดงออกผ่านการวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา ตรวจสอบ และให้เหตุผลสนับสนุนแนวทางการแก้ปัญหา รวมถึงการนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในปัญหา หรือสถานการณ์ตามบริบทในชีวิตจริง และเป็นพื้นฐานในการพัฒนากระบวนการทางความคิดที่นำไปสู่การคิดขั้นสูงเมื่อผู้เรียนได้ศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น

2. ประโยชน์ต่อผู้สอน ผู้สอนได้รูปแบบการสอนแนวใหม่ที่เหมาะสำหรับการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษา ทั้งนี้ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ หรือประยุกต์ใช้ตามเนื้อหาที่เหมาะสม และนำหลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ รวมถึงการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3. ประโยชน์ต่อนักการศึกษา ได้แก่ ผู้บริหารการศึกษา ศิษยานุเทศ์ นักวิจัย และผู้ที่ทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการศึกษา การวิจัยในครั้งนี้ถือเป็นประโยชน์ในแง่มุมมองของเชิงนโยบายที่นักการศึกษาจะนำหลักการที่ได้จากการสังเคราะห์ของผู้วิจัย ทั้งแนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง แนวคิด Model-Eliciting Activities และการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการวางแผน ออกแบบ หรือสร้างแนวทางเพื่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับต่าง ๆ รวมถึงการนำไปใช้ในการพัฒนาต่อยอดในงานวิจัยต่อไป

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียดดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 1.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 1.3 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
 - 1.4 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
 - 1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์
 - 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์
2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
 - 2.1 ความหมายของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
 - 2.2 หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
 - 2.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
 - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
3. แนวคิด Model-Eliciting Activities
 - 3.1 ความหมายของ Model-Eliciting Activities
 - 3.2 หลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities
 - 3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิด Model-Eliciting Activities
 - 3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามแนวคิด Model-Eliciting Activities
4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์
 - 4.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development)
 - 4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning)
 - 4.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)
 - 4.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

5. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน
 - 5.1 ความหมายของรูปแบบการสอน
 - 5.2 ประเภทของรูปแบบการสอน
 - 5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอน
 - 5.4 แนวทางการพัฒนารูปแบบการสอน
6. หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2560 ของโรงเรียนที่ใช้ศึกษา
ประสิทธิผล
7. การศึกษาความสัมพันธ์เชิงแนวคิด
8. กรอบแนวคิดการวิจัย



1. แนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพราะเป็นตัวแปรที่ศึกษาในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความหมาย องค์ประกอบ แนวทางการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แนวทางการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

การคิดตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า Thinking หมายถึง กระบวนการทำงานของระบบของสมองที่เกิดจากการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสที่ผ่านการรับรู้ประสบการณ์ใหม่เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมแล้วเกิดความสมดุลทางโครงสร้างทางปัญญา และตอบสนองต่อข้อมูลที่ได้รับเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Piaget, 1969; Gardner et al., 1975; Bruno, 1983) สำหรับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า Mathematical Thinking หรือบางงานวิจัยจะใช้คำว่า Thinking Mathematically หรือ To Think Mathematically ซึ่งมีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้ Burton (1984) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ไม่ใช่คณิตศาสตร์แต่คือการคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพราะการดำเนินการต้องอาศัยการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และสิ่งสำคัญในการรับรู้และใช้การคิดเชิงคณิตศาสตร์คือการสร้างความมั่นใจในตนเองด้วยคำถามที่ท้าทายและสะท้อนความคิด

Greenwood (1993) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการเข้าใจรูปแบบหาสถานการณ์ร่วมของปัญหา ระบุข้อผิดพลาด และสร้างยุทธวิธีใหม่ การคิดทางคณิตศาสตร์ทำให้เกิดวิธีการเชิงระบบ สำหรับปัญหาเชิงปริมาณที่เน้นผลของการเรียนรู้และการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ เป็นการเน้นการเรียนรู้มากกว่ามุ่งไปยังผลลัพธ์หรือคำตอบ

O'Daffer & Thornquist (1993) กล่าวถึงความหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง การใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่อย่างหลากหลายในการทำความเข้าใจแนวคิด ค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด สร้างข้อสรุปหรือสนับสนุนข้อสรุปเกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์ของแนวคิดและแก้ปัญหาเกี่ยวกับแนวคิดนั้น และได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการสร้างหลักการ การสรุปแนวคิดที่สมเหตุสมผล และการหาความสัมพันธ์ของแนวคิด

Lutfiyya (1998) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่รวมถึงการใช้ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์อย่างชาญฉลาด เพื่อที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในแนวคิด ซึ่งจะต้องอาศัยการค้นพบ

ความสัมพันธ์ที่อยู่ระหว่างแนวคิดนั้น โดยอาจจะเป็นภาพหรือการได้รับการสนับสนุนจากเงื่อนไขที่เกี่ยวกับแนวคิดและความสัมพันธ์รวมถึงการแก้ปัญหาตามแนวคิด

Suzuki (1998) ได้นิยาม การคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือแนวความคิดรวบยอดทั้งหมด (Global Concept) ซึ่งรวมถึงทุก ๆ กิจกรรมทางคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Henderson et al. (2001) ได้เสนอนิยามทั่ว ๆ ไปของ “การคิดเชิงคณิตศาสตร์” ว่าเป็นการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างใดอย่างหนึ่งที่แสดงออกมาอย่างชัดเจน หรือแสดงออกมาเป็นนัยในการหาคำตอบของปัญหา

Devlin (2011) การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นมากกว่าความสามารถในการคำนวณทางคณิตศาสตร์หรือแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรม แต่การคิดทางคณิตศาสตร์เป็นวิธีการทั้งหมดในการมองสิ่งต่าง ๆ โดยแยกการคิดไปที่ข้อมูลสำคัญเชิงตัวเลข โครงสร้าง หรือเชิงตรรกะ และการวิเคราะห์รูปแบบพื้นฐาน

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริง โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนด สร้างกระบวนการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหา ประเมินความรู้และความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้นหรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยอ้างอิงหลักฐาน หรือข้อมูลสนับสนุนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

1.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และแบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามคุณลักษณะสำคัญออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ ดังนี้

1) กลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

National Council of Teachers of Mathematics (2000) กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ด้านการแก้ปัญหา (Problem Solving) คือการสร้างความรู้ใหม่ ๆ ทางคณิตศาสตร์ผ่านการแก้ปัญหาได้ แก้ปัญหาทั้งในคณิตศาสตร์และในบริบทอื่น ๆ ได้ เลือกใช้และปรับยุทธวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมได้หลากหลาย และตรวจสอบและสะท้อนกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้

2. ด้านการให้เหตุผลและการพิสูจน์ (Reasoning and Proof) คือการเห็นคุณค่าของการให้เหตุผลและการพิสูจน์ที่มาของคณิตศาสตร์ได้ สร้างและสืบสวนข้อความคาดการณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ พัฒนาและประเมินการอ้างเหตุผลและพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ได้ และเลือกใช้รูปแบบการให้เหตุผลและวิธีการพิสูจน์ได้อย่างหลากหลาย

3. ด้านการสื่อสาร (Communication) คือการใช้การสื่อสารช่วยในการรวบรวมและจัดระบบความคิดทางคณิตศาสตร์ได้ สื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ครู และบุคคลอื่น ๆ ได้อย่างเป็นเรื่องราวและชัดเจน วิเคราะห์และประเมินความคิดและยุทธวิธีทางคณิตศาสตร์ของบุคคลอื่นได้ และใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ตรงประเด็น

4. ด้านการเชื่อมโยง (Connections) คือการจดจำและใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้ เข้าใจแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ที่สอดคล้องกับของเดิมได้ และจดจำและประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทอื่น ๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้

5. ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด (Representations) คือการสร้างและใช้การนำเสนอในการรวบรวม บันทึกและสื่อสารแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ ประยุกต์และปรับเปลี่ยนการนำเสนอทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาได้ และใช้การนำเสนอในการจำลองและตีความปรากฏการณ์ทางกายภาพ ทางสังคม และทางคณิตศาสตร์ได้

Kriegler (2008) ได้อธิบายองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามลักษณะของเครื่องมือการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ทักษะการแก้ปัญหา (Problem solving skills) คือ การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหา และสำรวจวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหา สำหรับการแก้ปัญหามีเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เพื่อคิดว่าจะทำอย่างไร โดยนักเรียนที่มีชุดเครื่องมือของกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา เช่น การเดา การตรวจสอบรายการ การทำงานแบบย้อนกลับ การใช้แบบจำลอง หรือการแก้ปัญหที่ง่ายกว่า และคิดว่าจะทำอย่างไรกับปัญหานั้น

2. ทักษะการเป็นตัวแทน (Representation skills) คือการแสดงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนด้วยสัญลักษณ์ ตัวเลข หรือการอธิบายด้วยการพูด แปลความหมายระหว่างตัวแทนที่แตกต่างกัน และการตีความข้อมูลของการเป็นตัวแทน ความสามารถในการเชื่อมโยงการนำเสนอข้อมูลทางคณิตศาสตร์หลาย ๆ รูปแบบทำให้นักเรียนมีเครื่องมือการสื่อสารเชิงปริมาณ โดยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปภาพ แผนภูมิ ตัวเลข ตาราง จะเป็นเครื่องมือช่วยให้การนำเสนอความคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายขึ้น

3. ทักษะการใช้เหตุผลเชิงปริมาณ (Quantitative reasoning skills) คือการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาคุณสมบัติที่จำเป็น และการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย โดยการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อแยก

และหาปริมาณข้อมูลที่เกี่ยวข้องเป็นทักษะการให้เหตุผลที่จำเป็น การให้เหตุผลโดยอุปนัยเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบกรณีเฉพาะ การพิจารณารูปแบบและความสัมพันธ์ระหว่างกรณีและการขยายรูปแบบและความสัมพันธ์ ส่วนการให้เหตุผลแบบนิรนัยเกี่ยวข้องกับการหาข้อสรุปโดยการตรวจสอบโครงสร้างของปัญหา

Scusa (2008) ได้ศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับ 5 กระบวนการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (Connections) คือการหาความสัมพันธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกันอย่างไร เชื่อมโยงปัญหาใหม่กับปัญหาเก่า การเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และโลกแห่งความเป็นจริงอย่างไร สามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่คุ้นเคยกับแนวคิด หรือทักษะใหม่ ๆ ได้อย่างง่ายดาย และหากกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีอื่น ๆ

2. การเป็นตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ (Representation) คือการมีวิธีที่ไม่เป็นทางการในการนำเสนอปัญหาและแนวทางแก้ไข การแสดงตัวแทนที่หลากหลายในการแสดงความคิดผ่านคำ ภาพวาด ตาราง แผนผังหรือกราฟ การเป็นตัวแทนเพื่อแสดงความคิดเห็นของตนเองให้ผู้อ่านเข้าใจ และรับรู้ว่าคุณคิดอะไรอยู่คิดอย่างไรและปัญหาได้รับการแก้ไขอย่างไร และสามารถย้ายการสื่อความหมายในสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่งได้ และใช้แนวทางการสื่อความหมายที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น ๆ

3. การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Communication) คือความสามารถอธิบายความคิดได้อย่างชัดเจนและกระชับ การสืบค้นให้ชัดเจน (Clarification) ตระหนักดีว่าความยุ่งยากทางคณิตศาสตร์ และเกิดความผิดพลาดได้ (Make mistakes) และยอมรับฟังความคิดเห็นใหม่ ๆ และพิจารณาถึงความสมเหตุสมผล

4. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Reasoning) คือความสามารถใช้ข้อมูลเพื่อสร้างการทดสอบหรือโต้แย้งการคาดการณ์ (Conjecture) สามารถอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและทำได้ เป็นมากกว่าการอธิบายขั้นตอนหรือสรุปคำตอบ ใช้วิธีการให้เหตุผลและการพิสูจน์ที่หลากหลาย และฟังความคิดเห็นการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้อื่น

5. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Problem Solving) คือการแสดงถึงความมั่นใจในการแก้ปัญหา แสดงให้เห็นถึงความพากเพียรเมื่อพบปัญหาที่ยากและไม่ยอมแพ้ เมื่อได้รับปัญหาที่ไม่คุ้นเคย รู้ว่าต้องทำอะไรและสามารถเปลี่ยนกลยุทธ์ได้หากไม่ได้ผล และมีกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่ไม่เป็นทางการต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้ได้เมื่อแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก) ได้อธิบายลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละด้านของทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือการทำความเข้าใจปัญหาโดยระบุประเด็นปัญหา กำหนดตัวแปรและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร สร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นไปได้ ดำเนินการวางแผนและลงมือแก้ปัญหา ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหา ตรวจสอบขั้นตอนการแก้ปัญหาและตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบ

2. ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือการรวบรวมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ตัดสินความถูกต้องของข้อสรุป เลือกใช้ความรู้เพื่อจัดลำดับขั้นตอนของการให้เหตุผลและลงข้อสรุป และตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

3. ความสามารถในการสื่อสาร การสื่อความหมายและการนำเสนอทางคณิตศาสตร์ คือการเลือกรูปแบบการสื่อสารที่เหมาะสม อธิบายความคิดหรือการทำงานของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน บันทึกผลงานในทุกขั้นตอนอย่างสมเหตุสมผล เสนอความคิดที่เหมาะสมกับปัญหา สื่อความหมายของการอ่านหรือฟังได้อย่างชัดเจน ใช้ข้อความ คำศัพท์ สูตร สมการ หรือแผนภูมิที่เป็นสากลประกอบลำดับขั้นตอนการนำเสนอได้อย่างเป็นระบบ ชัดเจน และเหมาะสม และสรุปสาระสำคัญที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่งเรียนรู้

4. ความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เป็นการหาความสัมพันธ์ของความรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกัน เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ หาข้อสรุปจากตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้ในแต่ละสาระทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้โมทัศน์ที่ซับซ้อน และสรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ

5. ความสามารถในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นการใช้ความรู้หรือมโนทัศน์เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ สร้างสรรค์ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หรือชิ้นงานที่มีประโยชน์ต่อการเรียนรู้ และคิดค้นวิธีการเรียนรู้หรือแก้ปัญหาที่แปลกใหม่

แพร่ไหม สามารถ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และกำหนดองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการวิจัย ดังนี้

1. การแก้ปัญหา คือการวิเคราะห์ปัญหา เลือกใช้กลยุทธ์ และสรุปคำตอบให้สอดคล้องกับปัญหา

2. การให้เหตุผล คือการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหา อธิบายเหตุผลในการเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา รวมทั้งอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบ

3. การนำเสนอตัวแทนความคิด คือการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหา แสดงกระบวนการแก้ปัญหา และใช้สรุปปัญหาโดยใช้รูปภาพ ข้อความ ตัวแปร สัญลักษณ์และตัวเลข

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบ ดังนี้

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	นักการศึกษา					ความถี่	ลำดับ
	NCTM (2000)	Kriegler (2008)	Scusa (2008)	สสวท. (2555)	แพรวไหม สามารถ (2555)		
การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	5	1
การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	5	1
การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์	✓		✓	✓		3	2
การสื่อสารทางคณิตศาสตร์	✓		✓	✓		3	2
การเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓	5	1
การคิดสร้างสรรค์				✓		1	3

จากตารางที่ 1 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ของนักการศึกษาจำนวน 5 ท่าน โดยเลือกองค์ประกอบตามระดับความถี่ที่มากที่สุด สรุปได้ว่า องค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์

2) กลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ

Suzuki (1998) ได้อธิบายลักษณะของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในแง่มุมของผลสัมฤทธิ์ที่นำไปสู่การคิดเชิงคณิตศาสตร์

1. ความรู้เชิงแนวคิด (Conceptual Knowledge)

2. ความรู้เชิงขั้นตอน (Procedural Knowledge)
3. การให้เหตุผลและกลยุทธ์ (Reasoning and Strategies)
4. วุฒิภาวะ (Maturity)
5. การสื่อสาร (Communication)

Moon (2005) ได้อธิบายลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ (Generalization) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยให้การสังเกตที่เฉพาะเจาะจงสามารถนำไปใช้กับกรณีที่คล้ายคลึงกันทั้งหมดได้
2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) เป็นวิธีการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระบุอย่างชัดเจนว่าคำสั่งทางคณิตศาสตร์เป็นจริงของกระบวนการทั้งหมด การอุปนัยอาจใช้เพื่อพิสูจน์ลักษณะทั่วไป
3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction) คือการได้ข้อสรุปที่ถูกต้องจากหลักฐานจริง นอกจากนี้การคิดเชิงนิรนัยจำเป็นต้องพิสูจน์กฎทั่วไป (ผลลัพธ์) ที่เกิดขึ้นโดยการให้เหตุผลอุปนัยทางคณิตศาสตร์
4. การใช้สัญลักษณ์ (Use of Symbols) สัญลักษณ์อาจเป็นตัวอักษร ความสัมพันธ์หรือตัวย่อที่แสดงถึงความคิด ปริมาณความคิด แนวคิดหรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ โดยการแสดงออกผ่านสัญลักษณ์หมายถึงการใช้สัญลักษณ์เพื่อสื่อสารความคิดทางคณิตศาสตร์หรือการแสดงปัญหา ซึ่งการใช้สัญลักษณ์ช่วยให้กระบวนการของการสรุปทั่วไปทางคณิตศาสตร์สามารถแสดงได้อย่างกระชับ
5. การคิดเชิงตรรกะ (Logical thinking) ความสามารถในการทำงานอย่างชัดเจนโดยใช้เหตุผลในการทำงานที่ละขั้นตอนถูกต้องและสมเหตุสมผล
6. การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical proof) การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับขั้นตอนหลัก ได้แก่ การพิจารณาข้อความ การพัฒนาความเข้าใจในปัญหา และสร้างการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์

Yong & Sam (2008) ได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Scoring Rubric) ประกอบไปด้วย ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Knowledge) การดำเนินการทางความคิด (Mental Operations) และการจัดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical dispositions) ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1. ความรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Knowledge) ประกอบด้วย 1) ความรู้ในเชิงมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) คือ สามารถรับรู้และตีความแนวคิดทั้งหมดโดยใช้แบบจำลองแผนภาพหรือสัญลักษณ์ และใช้แนวคิดในการแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง และ 2) ความรู้เกี่ยวกับ

วิธีดำเนินการ (Procedural Knowledge) ได้แก่ รับรู้และเลือกขั้นตอนที่เหมาะสม ดำเนินการตามขั้นตอนสมเหตุสมผล และให้เหตุผลสำหรับแต่ละขั้นตอนในกระบวนการ

2. การดำเนินการทางความคิด (Mental Operations) ประกอบไปด้วย 1) กลยุทธ์ทางการคิด (Thinking Strategies) ได้แก่ การตั้งคำถามและการกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ เลือกวิธีการหรือกลยุทธ์ที่เหมาะสม และพิจารณาความถูกต้องของการแก้ปัญหา 2) ทักษะการคิด (Thinking Skills) คือการเชื่อมโยงความคิดทางคณิตศาสตร์กับเนื้อหาการเรียนรู้อื่น ๆ หรือสถานการณ์ในชีวิตจริง การใช้คำศัพท์และสัญลักษณ์ที่เพื่อแสดงความคิดทางคณิตศาสตร์ และแสดงความรู้สึกเชิงตรรกะ/ความรู้สึกทางคณิตศาสตร์ต่อคำตอบที่ได้มา และ 3) อภิปัญญา (Metacognition) คือความชัดเจนของงานทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลในงาน พิจารณาคุณภาพของการปฏิบัติงานของตนเอง อธิบายกลยุทธ์ที่ใช้ในการเข้าถึงงานทางคณิตศาสตร์อย่างชัดเจน เชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบของกลยุทธ์และความเข้าใจเกี่ยวกับงาน ให้การประเมินปัญหาที่ชัดเจนหรือแสดงความตระหนักในกระบวนการเรียนรู้ และควบคุมความคิดหรืออารมณ์ที่ช่วยในงานทางคณิตศาสตร์

3. การจัดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical dispositions) ประกอบด้วย ความมั่นใจในการใช้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา สื่อสารความคิดและให้เหตุผล ระบุข้อผิดพลาดในคำตอบและในการใช้สัญลักษณ์หรือตรรกะทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม มีความอดทนในการแก้ปัญหาโดยไม่ยอมแพ้ หาวิธีแก้ปัญหา ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ และในชีวิตประจำวัน สนใจที่จะสำรวจวิธีการต่าง ๆ เพื่อที่จะได้รับวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ง่ายขึ้น และเห็นคุณค่าความสำคัญของคณิตศาสตร์ในวัฒนธรรมและคุณค่าในฐานะเครื่องมือและภาษา

Zaman (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้อธิบายลักษณะของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ (Generalization) เป็นกระบวนการที่ทำให้สิ่งที่เป็นามธรรม จากความเฉพาะเจาะจงไปสู่หลักการทั่วไปที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน
2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deduction) เป็นกระบวนการที่ให้ข้อสรุปที่ถูกต้อง ซึ่งจะต้องเป็นความจริงจากหลักฐานอ้างอิงที่เป็นจริง
3. การแก้ปัญหา (Problem solving) คือความสามารถทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาที่ไม่ทราบวิธีแก้ปัญหาเฉพาะหน้า
4. การคิดเชิงตรรกะ (Logical thinking) คือความคิดพื้นฐานที่สามารถจัดระเบียบการอภิปรายทางคณิตศาสตร์ และในบางครั้งสามารถระบุได้ว่าสิ่งใดจริงในทางคณิตศาสตร์

5. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Induction) เป็นกระบวนการของการอนุมานหลักการที่ไม่รู้จากข้อมูลหรือการสังเกต กล่าวคือเป็นกระบวนการของการสรุปข้อมูลทั่วไปจากข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงหรือการสังเกต

6. การพิสูจน์ (Proofs) เป็นการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มต้นด้วยความจริงที่ละขั้นตอนไปสู่การสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยการพิสูจน์จะเป็นมาตรฐานที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ และใช้หลักฐานเชิงตรรกะเพื่อแสดงความถูกต้องของขั้นตอนการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์

Schoenfeld (2016; Schoenfeld 1992 cited in Suzuki, 1998) กำหนดลักษณะสำคัญ 5 ประการที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (To Think Mathematically)

1. ฐานความรู้ (The Knowledge Base) คือเนื้อหาหน่วยความจำ (ข้อเท็จจริง) และโครงสร้างของหน่วยความจำ โครงสร้างของหน่วยความจำเกี่ยวข้องกับการจัดระเบียบเนื้อหาของหน่วยความจำ การเข้าถึงและประมวลผลข้อมูล

2. กลยุทธ์การแก้ปัญหา (Problem-solving Strategies) ประกอบด้วย 1) สำรวจประสิทธิภาพของ Heuristics หรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา และ 2) การศึกษาการแก้ปัญหาไปใช้ในโลกลงความความเป็นจริง

3. การตรวจสอบและควบคุม (Monitoring and Control) การตรวจสอบ ควบคุม และการควบคุมตนเอง (Self-regulation) ถูกนิยามไว้ในคำว่า อภิปัญญา (Metacognition)

4. ความเชื่อและผลกระทบ (Beliefs and Affects) ความเชื่อถูกสร้างขึ้นมาจากประสบการณ์ที่เป็นวัฒนธรรมของแต่ละบุคคล เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Behavior)

5. การปฏิบัติ (Practices) การฝึกฝนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนและรูปแบบของการประเมิน (วิธีการทดสอบ) ถูกมองว่าเป็นแหล่งที่มาหลักของประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของแต่ละบุคคล ความเชื่อ พฤติกรรมทางคณิตศาสตร์ และการคิดทางคณิตศาสตร์

Monteleone et al. (2018) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ และการสรุปแนวคิดต่าง ๆ
2. แก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยวิธีการใหม่ๆ
3. การให้เหตุผล
4. การสร้างความรู้สึก (Sense making)
5. การประเมินผล
6. การพิจารณาวิธีการ กลยุทธ์ หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย
7. อธิบายวิธีการแก้ปัญหา ทำให้การแก้ปัญหาชัดเจนและอธิบายความคิด

จากการศึกษาองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ

องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	นักการศึกษา						ความถี่	ลำดับ
	Suzuki (1998)	Moon (2005)	Yong & Sam (2008)	Zaman (2011)	Schoenfeld (2016)	Monteleone et al. (2018)		
ความรู้ทางคณิตศาสตร์	✓		✓		✓		3	2
ความรู้ทางกระบวนการ/ขั้นตอน	✓		✓	✓			3	2
ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์		✓		✓			2	3
การแก้ปัญหา (กลยุทธ์/วิธีการ)			✓	✓	✓	✓	4	1
การให้เหตุผล (อุปนัย/นิรนัย/การพิสูจน์)	✓	✓		✓		✓	4	1
การคิดเชิงตรรกะ		✓					1	4
การเชื่อมโยง			✓			✓	2	3
การสื่อสาร	✓						1	4
การปฏิบัติ					✓		1	4
การประเมิน						✓	1	4
อภิปัญญา			✓		✓		2	3
ความรู้สึกเชิงคณิตศาสตร์						✓	1	4
ความเชื่อ					✓		1	4
วุฒิภาวะ	✓						1	4

จากตารางที่ 2 การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ ของนักการศึกษาจำนวน 6 ท่าน โดยเลือกองค์ประกอบตามระดับความถี่ที่มากที่สุด สรุปได้ว่า องค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามกลุ่มแนวคิดเชิง

คณิตศาสตร์ตามแนวคิดอื่น ๆ ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ได้แก่ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จะเห็นได้ว่า การสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากกลุ่มที่ 1 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ และกลุ่มที่ 2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) คือการวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา ใช้กลยุทธ์หรือวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและปรับใช้อย่างเหมาะสมกับปัญหาคณิตศาสตร์ในบริบทที่ต่างกัน ตรวจสอบขั้นตอนของการแก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหา

2. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning) คือการใช้การทดสอบหรือการพิสูจน์ที่หลากหลายในการให้เหตุผล อธิบายเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผลตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล รวบรวมข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหาและเห็นคุณค่าของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

และจากการสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning) ทั้งนี้ผู้วิจัยจะนำองค์ประกอบทั้ง 2 ด้านมาใช้ในการกระบวนการวิจัย และจะนำเสนอแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ด้านในลำดับถัดไป

1.3 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยความหมาย องค์ประกอบ กระบวนการ และแนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) ความหมายของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Polya (1980) กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นการหาวิธีการที่จะนำสิ่งที่ไม่รู้ในตัวปัญหา หรือสิ่งที่ยุ่งยากออกไป โดยการหาวิธีการในการแก้ไขและอุปสรรคที่ต้องเผชิญเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปของคำตอบที่ชัดเจน

National Council of Teachers of Mathematics (2000) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคือเป็นการทำงานโดยที่ยังไม่รู้วิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในทันที ซึ่งในการหาคำตอบผู้เรียนต้องนำความรู้ที่มี

อยู่ไปเข้าสู่กระบวนการแก้ปัญหา เพื่อที่จะทำให้เกิดความรู้ใหม่ๆ การแก้ปัญหาไม่ได้มีเป้าหมายเพียงวิธีการหาคำตอบ แต่อยู่ที่วิธีการได้มาซึ่งคำตอบ ดังนั้นผู้เรียนควรได้ฝึกฝน ได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น และให้มีการสะท้อนความคิดในการแก้ปัญหา

Brahire (2005) กล่าวว่า การแก้ปัญหาคือกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนต้องจำแนกสิ่งที่ต้องการเพื่อวางแผน ดำเนินการตามแผน และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ เมื่อเผชิญปัญหา ผู้เรียนจะพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาที่ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเขียนสมการ การสร้างกราฟ การสร้างรูปแบบ การสร้างตาราง เป็นต้น

Anderson (2009) กล่าวว่า การแก้ปัญหาเป็นทักษะชีวิตที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่าง ๆ รวมถึงการวิเคราะห์ การตีความ การให้เหตุผล การคาดการณ์ การประเมินและการไตร่ตรอง เป็นทั้งเป้าหมายที่ครอบคลุมหรือเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของหลักสูตรคณิตศาสตร์ของโรงเรียน

Siswono et al. (2017) กล่าวว่า การแก้ปัญหามathematics เป็นวิธีการของการคิด การสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหา ให้ความหมายและการใช้ Heuristics ซึ่งหมายถึง กระบวนการหนึ่งที่ช่วยในการเรียนรู้วิธีแก้ปัญหาและเน้นในขั้นตอนการตัดสินใจ โดยผู้เรียนจะตีความเพื่อแก้ปัญหาด้วยแนวคิดที่แตกต่างกัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ข) ให้ความหมายของการแก้ปัญหาว่า เป็นกระบวนการในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ ขั้นตอน/กระบวนการแก้ปัญหา ยุทธวิธีการแก้ปัญหา และประสบการณ์ที่มีอยู่ไปใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของการแก้ปัญหามathematics สรุปได้ว่า การแก้ปัญหามathematics เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนจะใช้ในการวางแผนเพื่อเลือกกลยุทธ์ วิธีการหรือแนวทางให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาและข้อสรุปที่สมเหตุสมผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์

2) องค์ประกอบของการแก้ปัญหามathematics

Adams & Beeson (1977) กล่าวถึงปัจจัยที่จะส่งผลถึงความสามารถในการแก้ปัญหา 3 ด้าน คือ

1. สติปัญญา (Intelligence) การแก้ปัญหามathematics จำเป็นจะต้องใช้การคิดระดับสูง สติปัญญาเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหามathematics
2. การอ่าน (Reading) การอ่านถือเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหามathematics เพราะการแก้ปัญหามathematics ต้องอ่านและวิเคราะห์ และนำไปสู่การตัดสินใจว่าควรจะทำอย่างไร
3. ทักษะพื้นฐาน (Basic Skill) เป็นขั้นตอนการได้มาซึ่งคำตอบที่สมเหตุสมผลโดยใช้ทักษะขั้นพื้นฐานในการดำเนินการแก้ปัญหามathematics

Baroody (1993) กล่าวถึงองค์ประกอบหลักของการแก้โจทย์ปัญหา 3 ประการ คือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ความคิด (Cognitive Factor) ประกอบด้วยความรู้ที่เกี่ยวกับมโนทัศน์และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Factor) เป็นแรงขับในการแก้ปัญหาและแรงขับนี้มาจากความสนใจ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความพยายามหรือความตั้งใจ และความเชื่อของผู้เรียน

3. องค์ประกอบทางการสังเคราะห์ความคิด (Metacognitive Factor) เป็นความสามารถในการสังเคราะห์ความคิดของตนเองในการแก้ปัญหา

Pimta et al. (2009) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ปัจจัยทางตรงที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทักษะคติต่อคณิตศาสตร์ ความภาคภูมิใจในตนเอง (Self-esteem) และพฤติกรรมการสอนของครู

2. ปัจจัยทางอ้อมที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แรงจูงใจและความสามารถของตนเอง

วาสนา กิมเท็ง (2553) กล่าวถึงองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นั่นคือ นักเรียนสามารถตีความ ทำความเข้าใจในปัญหา สามารถจำแนกและแยกแยะ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาออกจากกัน จะมองปัญหาให้ชัดเจนว่า อะไรคือสิ่งที่ต้องการ อะไรคือสิ่งที่เราคาดหวังว่าจะพบ และเรามีข้อมูลอะไรอยู่บ้าง การเขียนภาพจะช่วยให้เราเข้าใจปัญหานั้น ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2. ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องค้นพบว่าข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างไร สิ่งที่ยังไม่รู้เกี่ยวข้องกับสิ่งที่รู้แล้วอย่างไร แล้วหาวิธีการในการแก้ปัญหา โดยนำกฎเกณฑ์ หลักการ ทฤษฎี มาใช้ประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ แล้วเสนอออกมาในรูปของวิธีการ

3. ความสามารถในการคิดคำนวณ ซึ่งก็คือ ความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุดของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการตามแผนที่วางไว้ ผู้แก้ปัญหาจะต้องรู้จักวิธีการคำนวณที่เหมาะสมด้วย

จากการศึกษาองค์ประกอบของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า องค์ประกอบหลักของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย ความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะขั้นพื้นฐาน เพราะเมื่อผู้เรียนพบปัญหา ผู้เรียนจะต้องทำความเข้าใจกับปัญหา และเชื่อมโยงไปสู่ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยใช้องค์ความรู้ กลวิธีต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหอย่างสมเหตุสมผล นอกจากนี้ ทักษะคติ แรงจูงใจและความเชื่อมั่นในตนเองก็เป็นปัจจัยทางอ้อมที่สนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จ

3) แนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Polya (1980) ได้นำเสนอเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Understand the Problem) ขั้นแรกของกระบวนการแก้ปัญหาคือต้องการให้ผู้เรียนคิดเกี่ยวกับปัญหาและตัดสินใจว่าอะไรคือสิ่งที่ต้องการค้นหา โดยผู้เรียนต้องทำความเข้าใจปัญหาและระบุส่วนสำคัญของปัญหา ได้แก่ ตัวไม่รู้ค่า ข้อมูลและเงื่อนไขเพื่อทำความเข้าใจปัญหา ผู้เรียนสามารถพิจารณาส่วนสำคัญของปัญหาเข้าไปซ้ำมา พิจารณาในหลายมุมมอง หรือใช้วิธีการอื่น ๆ ในการช่วยทำความเข้าใจปัญหา เช่น การเขียนรูป การเขียนแผนภูมิ เป็นต้น

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devise a Plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้เรียนค้นหาความเชื่อมโยงหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและตัวไม่รู้ค่า แล้วนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาประยุกต์กับประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแนวทางหรือแผนในการแก้ปัญหา และเลือกยุทธวิธีที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carry out the Plan) ขั้นตอนนี้ต้องการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาตามแผน เพิ่มรายละเอียดของแผนให้ชัดเจน แล้วลงมือปฏิบัติตามแผนจนกระทั่งได้คำตอบของปัญหา ถ้าแผนหรือยุทธวิธีที่วางแผนที่วางไว้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนแผนหรือเลือกยุทธวิธีในการแก้ปัญหาใหม่ได้ ถือเป็นการพัฒนาผู้แก้ปัญหาที่ดีเช่นกัน

4. ขั้นตรวจสอบผล (Look Back) ขั้นตอนนี้ต้องการให้ผู้เรียนมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้ โดยการตรวจสอบความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบและยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา แล้วพิจารณาว่ามีคำตอบหรือยุทธวิธีการแก้ปัญห่อื่น ๆ หรือไม่ และผู้เรียนที่คาดเดาคำตอบก่อนแก้ปัญหา ก็สามารถตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบในขั้นตอนนี้ได้

Ersoy & Guner (2015) ได้เสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหา (At the stage of understanding the problem) คือการกำหนดสิ่งที่กำหนดและสิ่งที่ไม่รู้ในปัญหา

2. ขั้นตอนของการเลือกกลยุทธ์ (At the stage of choosing the strategy) การเลือกกลยุทธ์ เช่น การสร้างรายการอย่างเป็นระบบ การคาดเดาและการทดสอบ การวาดแผนภาพ การหารูปแบบ การแก้สมการและอสมการ การประมาณค่า การแก้ปัญหาที่ง่ายขึ้น การศึกษาย้อนกลับ การสร้างตาราง และการให้เหตุผลเชิงตรรกะ

3. ขั้นตอนของการใช้กลยุทธ์ (At the stage of applying the strategy) พิจารณาว่ากลยุทธ์ที่ใช้แก้ปัญหาได้เหมาะสมหรือไม่ และใช้กลยุทธ์ที่เลือกอย่างถูกต้องหรือไม่

4. ขั้นตอนของการประเมินการแก้ปัญหา (At the stage of assessing the solution) เป็นขั้นตอนในการควบคุมการแก้ปัญหา และพิจารณาวิธีอื่น ๆ สำหรับการแก้ปัญหา

Kılıç (2017) ได้นำเสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding Problem) ขั้นตอนนี้มีความสำคัญสำหรับการแก้ปัญหาที่แน่นอนและเกี่ยวข้องกับการเข้าใจสถานการณ์ปัญหา กำหนดและตัดสินใจข้อเท็จจริงและเป้าหมายที่กำหนดไว้

2. การวางแผน (Devising a Plan) ระยะนี้เกิดขึ้นหลังจากทำความเข้าใจกับปัญหา

3. การดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) หลังจากกำหนดแผน ขั้นตอนนี้จะต้องดำเนินการตามแผนอย่างรอบคอบ

4. การมองย้อนกลับ (Looking Back) ในขั้นตอนนี้การแก้ปัญหาก็ได้รับการประเมินและตรวจสอบการคำนวณ

Szabo et al. (2020) ได้เสนอขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya's Heuristic ที่ส่งเสริมทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

1. ขั้นการเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) ผู้เรียนจะต้องตอบได้ว่าอะไรบ้างที่ไม่ทราบค่า ข้อมูลให้อะไรมาบ้าง และมีเงื่อนไขอย่างไร ในขั้นตอนนี้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ (การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน) และทักษะทางสังคม (การสร้างเครือข่ายกับผู้อื่นเพื่อประโยชน์ร่วมกัน) ของผู้เรียน

2. ขั้นการวางแผน (Devising a Plan) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นไปได้มากที่สุด ผู้เรียนจะต้องวิเคราะห์และกำหนดรายการที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ และวางแผนการแก้ปัญหา ในขั้นนี้จะช่วยให้ผู้สอนส่งเสริมทักษะชีวิต เช่น การวิเคราะห์ตัวเลือกในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน พัฒนาการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และส่งเสริมความสามารถในการสร้างสรรค์แผนการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) ขั้นนี้ผู้สอนจะช่วยให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดเชิงอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน ผ่านเครือข่าย และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเป็นผู้นำและบรรลุเป้าหมายร่วมกัน

4. ขั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับและพัฒนาต่อไป (Looking Back and Further Development of the Topic) เมื่อผู้เรียนเข้าใจปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้ ขั้นนี้เป็นการให้เหตุผลเพื่อสรุปวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา กลยุทธ์ที่ใช้และวิธีการทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ผู้เรียนจะได้ประโยชน์จากการทำงานร่วมกันที่ช่วยให้เข้าใจปัญหามากขึ้น การอภิปรายเพื่อประเมินวิธีแก้ปัญหา เพื่อให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และช่วยพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาความคิดเชิงกลยุทธ์ (Strategic thinking)

จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นทำความเข้าใจปัญหา คือการระบุว่าโจทย์ถามอะไร ให้ข้อมูลอะไรมาบ้าง มีเงื่อนไขที่สำคัญอย่างไรต่อการแก้ปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา คือการ

วิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่กับสิ่งที่ต้องการหา แล้วกำหนดแนวทางหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาตามประสบการณ์ ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ 3) ขั้นตอนในการแก้ปัญหา คือการลงมือแก้ปัญหาตามแผนหรือกลยุทธ์ที่เลือกไว้ และ 4) ขั้นตอนประเมินผลการแก้ปัญหา คือการตรวจสอบเกี่ยวกับความถูกต้องและความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้ และพิจารณาว่ามีคำตอบหรือกลยุทธ์การแก้ปัญหาแบบอื่นหรือไม่

1.4 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วยความหมาย ประเภท และแนวทางพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

National Council of Teachers of Mathematics (2005) กล่าวว่า การให้เหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับคณิตศาสตร์ และการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์ เพื่อให้ผู้เรียนเห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินชีวิต จึงจำเป็นต้องจัดให้การให้เหตุผลแทรกอยู่ในทุกกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องใช้เวลาและประสบการณ์ที่หลากหลาย ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล ในสถานการณ์ที่กำหนดและประเมินข้อสรุปของบุคคลอื่น

Dewi & Harahap (2016) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้เหตุผลคือความสามารถของผู้เรียนในการคิดอย่างมีเหตุผลตามกรอบขั้นตอนการทำงานที่เฉพาะเจาะจง และการให้เหตุผลเป็นความสามารถที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติตามกระบวนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์

Rizqi & Surya (2017) กล่าวว่า การให้เหตุผลคือการกระทำหรือกระบวนการคิดเพื่อสรุปข้อสรุปหรือสร้างข้อความใหม่ตามข้อความก่อนหน้านี้และเป็นความจริงที่ได้พิสูจน์แล้ว

Saleh et al. (2018) กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถของผู้เรียนในการตรวจสอบความเหมาะสมหรือความจำเป็นของข้อมูล และความสัมพันธ์ทั้งหมดระหว่างเหตุผลและข้อมูลที่มีอยู่เพื่อหาข้อสรุป

Isnani et al. (2020) กล่าวว่า ความสามารถในการใช้เหตุผลเป็นกระบวนการสรุปโดยการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาและรวมถึงการคิดเชิงนิรนัย และการให้เหตุผลสามารถวินิจฉัยแนวคิดและความรู้ในการวิเคราะห์ความจริงด้วย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ข) กล่าวว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการเก็บรวบรวมข้อเท็จจริง/ข้อความ/แนวคิด/สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ แจกแจงความสัมพันธ์ หรือการเชื่อมโยงเพื่อทำให้เกิดข้อเท็จจริงหรือสถานการณ์ใหม่

จากการศึกษาความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการสร้างข้อสรุปที่สมเหตุสมผล จากการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและเหตุผลที่ใช้ในการอ้างอิงเพื่อสรุปข้อมูล

2) ประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

Eysenck et al. (1972) ได้ทำการแบ่งประเภทของการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) คือการคิดหาเหตุผลจากประโยคอ้าง (Premise) ไปยังข้อสรุป (Conclusion) โดยข้อสรุปนั้นต้องมีความสมเหตุสมผล ถ้าการสรุปนั้นไม่สมกับเหตุผลที่กำหนดเรียกว่า ไม่สมเหตุสมผล

2. การคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) คือการคิดที่เริ่มจากข้อเท็จจริงย่อย ๆ แล้วพยายามหากฎหรือหลักทั่วไป เพื่อรวมส่วนย่อยเข้าด้วยกันเป็นส่วนรวม

O'Daffer & Thornquist (1993) แบ่งทักษะการให้เหตุผลที่สำคัญต่อความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ไว้ 2 ประเภท คือ

1. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive reasoning) เป็นกระบวนการในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับการใช้ข้อมูลในการสร้างหลักการใหม่ การค้นหารูปแบบทั่วไปรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสรุป กล่าวคือการให้เหตุผลแบบอุปนัยเกิดจากผลของกรณีเฉพาะหลาย ๆ ตัวอย่าง แล้วนำไปสู่การสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไป

2. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive reasoning) เป็นกระบวนการในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งใช้รูปแบบการลงความเห็นที่สมเหตุสมผล ในการสรุปจากหลักฐานที่ปรากฏ เป็นการพิสูจน์ข้อสรุปและตัดสินความถูกต้องของขั้นตอนในการคิด กล่าวคือการให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นการให้เหตุผลที่ใช้ข้อสรุปที่เป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปเป็นหลัก แล้วได้ผลสรุปของกรณีเฉพาะที่สอดคล้องกับกฎเกณฑ์ทั่วไปเป็นหลักการที่เป็นจริง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้อธิบายการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ว่าแบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบสัทัญญาณ (Intuitive reasoning) จะเป็นการให้เหตุผลที่เกิดจากการใช้ความรู้สึกที่มีมาแต่กำเนิดหรือการใช้สามัญสำนึก ซึ่งการให้เหตุผลแบบสัทัญญาณจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ที่ตนมีอยู่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) จะเป็นการมองหารูปแบบและสร้างรูปทั่วไปและข้อความคาดการณ์จากการสังเกตตัวอย่างที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก แล้วนำมาสร้างเป็นข้อสรุป ซึ่งลักษณะของการให้เหตุผลชนิดนี้มักจะมีชีวิตประจำวันบ่อย ๆ รวมถึงการสอนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนด้วย ผู้สอนมักจะให้ผู้เรียนใช้เหตุผลประเภทนี้หากคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ ที่ผู้สอนต้องการ

3. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ใช้เพื่อแสดงความถูกต้องของการให้เหตุผลชนิดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีในแง่ของการตรวจสอบข้อสรุปและสร้างเหตุผลสนับสนุนที่น่าเชื่อถือ ลักษณะของการให้เหตุผลชนิดนี้จะมีความเป็นทางการมากกว่าแบบอุปนัย การพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนิรนัยจะนำไปสู่การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ที่ดีได้

จากการศึกษาประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ว่า ประเภทของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) ซึ่งเป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ที่เน้นการใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการอธิบายสมบัติ และโครงสร้างหลักการใหม่ค้นหา รูปทั่วไป รูปแบบทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ และในการอธิบายสมบัติและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นความคิดรวบยอด และ 2) การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ซึ่งเป็นกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เน้นการใช้ข้อมูลจากหลักการ แนวคิด หรือแบบรูปที่เป็นจริงหรือสมเหตุสมผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป

3) แนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

Brandt (1984) ได้เสนอแนวทางการสอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดกับการให้เหตุผล 4 แนวทาง ดังนี้

1. การสอนเพื่อให้เกิด (Teaching for Thinking) เป็นการสอนที่เน้นด้านเนื้อหาวิชาการ โดยการสร้างสิ่งแวดล้อมภายในห้องเรียนและโรงเรียน เช่น การสร้างห้องสมุดที่มีหนังสือแหล่งความรู้ คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต ที่ผู้เรียนสามารถสืบค้นหาความรู้ได้ และมุมหนังสือในห้องเรียน เพื่อเป็นการส่งเสริมการศึกษาหาความรู้ สนับสนุนการคิด ทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญาและผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการคิด

2. การสอนการคิด (Teaching of Thinking) เป็นการสอนที่เน้นเกี่ยวกับกระบวนการทางสมองเป็นการปลูกฝังทักษะการคิดโดยตรง เนื้อหาที่นำมาสอนอาจจะไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ผู้เรียนเรียนอยู่ในโรงเรียน แต่การเรียนเนื้อหานั้นจะทำให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดเชิงตรรกะ การคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ การตัดสินใจและการสื่อสาร

3. การสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about Thinking) เป็นการสอนที่เน้นการใช้ทักษะการคิด ทำให้ผู้เรียนตระหนักในกระบวนการคิดของตนเอง เกิดทักษะการคิดที่เรียกว่า Metacognition โดยที่ผู้เรียนทราบว่าตนรู้อะไร ต้องการจะทราบอะไร และยังไม่รู้อะไร สามารถค้นหาข้อบกพร่องของตนได้และแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง

4. การสอนด้วยการคิด (Teaching with Thinking) เป็นการสอนที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือ (Cooperative Learning) โดยให้ผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในงานที่ได้รับมอบหมาย ได้ช่วยกันคิด

ช่วยกันทำ ทำให้ได้เรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีความชำนาญในการคิดมากขึ้น และการสอนด้วยวิธีนี้ยังช่วยพัฒนาทักษะทางด้านสังคมอีกด้วย

Lappan & Scharm (1989) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดให้เหตุผลเป็นทักษะที่ต้องใช้การฝึกจากประสบการณ์ที่หลากหลายและควรมีการฝึกอย่างต่อเนื่อง จากบรรยากาศของชั้นเรียนที่สนับสนุนให้มีการอธิบาย แลกเปลี่ยนความคิด ชี้แจงเหตุผล และแก้ปัญหาาร่วมกัน ดังนั้นในการพัฒนาความสามารถในการคิดและการให้เหตุผล ควรจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงพฤติกรรมในการสืบค้น คาดการณ์ ค้นหาวิธีการพิสูจน์ สังเกตแบบรูป ชี้แจงเหตุผลของแนวคิดโดยการอธิบายแบบรูปแสดงด้วยภาพหรือแบบจำลองและการตอบคำถามต่าง ๆ

Sari (2020) ได้ใช้ REACT Strategy เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนการสอนตามบริบทที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาอาชีพในสหรัฐอเมริกา (The Center for Occupational Research and Development: CORD) ดังนี้

1. Relating การเรียนรู้ในบริบทของประสบการณ์ชีวิตหรือความรู้ที่มีมาก่อน
 2. Experiencing การเรียนรู้โดยการทำหรือผ่านการสำรวจการค้นพบและการประดิษฐ์
 3. Applying การเรียนรู้โดยนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้
 4. Cooperating การเรียนรู้ในบริบทของการแบ่งปัน การตอบสนอง และการสื่อสารกับผู้อื่น
 5. Transferring ใช้ความรู้ในบริบทใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ หรือสิ่งที่ไม่เคยมีในชั้นเรียน
- จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์นั้น จะเกิดขึ้นจากการให้ผู้เรียนได้เจอกับสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย มีความท้าทายและกระตุ้นความคิด เกิดกระบวนการทางความคิดในการหาเหตุผลเพื่อสรุปข้อมูล และอภิปรายร่วมกัน

1.5 แนวทางการวัดและประเมินผลการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์

การวัดและประเมินผลถือเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการเรียนการสอน โดยส่วนใหญ่การวัดและประเมินผลจะมีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียนและตัดสินผลการเรียน วินิจฉัยความรู้และทักษะที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ในชีวิตประจำวัน และเพื่อรวบรวมข้อมูลและจัดทำสารสนเทศด้านเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นกรอบในการพัฒนาประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้และวิเคราะห์เครื่องมือการวัดและประเมินผลการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์ แบ่งกลุ่มของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและ

ประเมินผลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ แบบทดสอบปรนัย แบบทดสอบอัตนัย และแบบประเมินการปฏิบัติงาน ดังนี้

แบบทดสอบปรนัย

ข้อสอบแบบปรนัย (Objective Test or Selected-response Item) ที่ใช้ในการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบในงานวิจัย จะมีลักษณะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple-Choice) และประเมินการให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เช่น

Ma'Moon (2005) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในจอร์แดน และทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ของผู้เรียน มีลักษณะข้อสอบปรนัย (Multiple-Choice Items) และอัตนัย ประกอบด้วย ได้แก่ ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ การอุปนัย การนิรนัย การใช้สัญลักษณ์ การคิดเชิงตรรกะ และการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ โดยมีเงื่อนไขว่า ข้อสอบปรนัยจะต้องระบุเหตุผลในการเลือกคำตอบ และแสดงวิธีการคิด และใช้เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบปรนัยเป็นเกณฑ์แบบองค์รวม แบ่งคะแนนออกเป็น 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3)

Zaman (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เมืองตะวันตกเฉียงเหนือ ประเทศปากีสถาน และทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Test of Mathematical Thinking) ของผู้เรียน ด้วยข้อสอบปรนัย ชนิดเลือกตอบ ประกอบด้วย ได้แก่ ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ การอุปนัย การนิรนัย การใช้สัญลักษณ์ การคิดเชิงตรรกะ และการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องระบุเหตุผลของตัวเลือกที่ถูกต้อง และตัวเลือกที่ผิดในกระดาษคำตอบ และใช้เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric for Test of Mathematical Thinking) แบบองค์รวม แบ่งคะแนนออกเป็น 5 ระดับ (0, 1, 2, 3, และ 4)

จากการศึกษางานวิจัยที่ใช้แบบทดสอบปรนัยในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบข้อสังเกตว่า เงื่อนไขในการทำแบบทดสอบปรนัยจะต้องใส่เหตุผลในตัวเลือกที่ถูกต้องและแสดงวิธีคิด และเมื่อพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนพบว่า มีการพิจารณาคำตอบและคำอธิบายเหตุผลในการเลือกคำตอบ สิ่งเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบปรนัยที่ใช้ ไม่ได้เพียงตรวจคำตอบ แต่ให้คะแนนจากการให้เหตุผล รวมถึงวิธีคิดของผู้เรียนด้วย นั่นแสดงว่า ข้อสอบดังกล่าวมีลักษณะของการตอบคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงผล แนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาเช่นเดียวกับแบบทดสอบอัตนัย

แบบทดสอบอัตนัย

ข้อสอบอัตนัยที่ใช้ในการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบในงานวิจัย มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบทดสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended Response) แบบทดสอบลักษณะนี้เน้น

ความลึกและขอบเขตของความรู้ เน้นเสรีภาพของการแสดงออก เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงแนวความคิดได้อย่างอิสระ ช่วยให้ผู้สอบเกิดความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ ลักษณะของคำตอบจะสะท้อนให้ผู้สอนได้ทราบถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านทัศนคติและค่านิยมด้วย และสามารถมองเห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน เช่น

Ridgway & Burkhardt (2001) ได้ประเมินภาระงาน (Assessment Tasks) เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยประกอบด้วย 5 กิจกรรม ได้แก่ การค้นหาและแก้ไขข้อบกพร่อง การสร้างการวัด การประมาณการที่มีเหตุผล การพิสูจน์ และการใช้เหตุผลจากหลักฐาน เน้นการคิดเชิงคณิตศาสตร์มากกว่าความรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นโจทย์เกี่ยวกับการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้

Ma'Moon (2005) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในจอร์แดน และทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ด้วยแบบทดสอบที่ข้อสอบปรนัย และอัตนัย (Extended-Response Items) ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ การอุปนัย การนิรนัย การใช้สัญลักษณ์ การคิดเชิงตรรกะ และการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และใช้เกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบอัตนัยเป็นเกณฑ์แบบองค์รวม แบ่งคะแนนออกเป็น 7 ระดับ (0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 และ 3)

Scusa (2008) ได้ศึกษา 5 ภาระงานของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และประเมินภาระงาน (Assessment Tasks) เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย ที่มีสถานการณ์ปัญหา และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นแบบตรวจสอบรายการ เกณฑ์การให้คะแนน 3 ดับ ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ ทั้งแบบเดี่ยว และแบบกลุ่ม จำแนกตามองค์ประกอบ 5 ด้าน ได้แก่ การใช้เหตุผลและการพิสูจน์ การสื่อสาร การเชื่อมโยง การเป็นตัวแทนและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

แพรวไหม สามารถ (2555) ได้ทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผ่านข้อสอบที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย ที่มีคำถามย่อยในแต่ละข้อ ประกอบไปด้วยการแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการเป็นตัวแทนทางความคิดทางคณิตศาสตร์ และให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำแนกรายด้านประกอบไปด้วยการแก้ปัญหา การให้เหตุผลและการเป็นตัวแทนทางความคิดทางคณิตศาสตร์ เป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน และให้คะแนน 3 ระดับ (0, 1 และ 2)

แบบประเมินการปฏิบัติงาน

การประเมินผลจากการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) เป็นการประเมินผลที่ได้จากการให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม หรือทำงานที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และวัดประเมินผลด้วยการสังเกตพฤติกรรม โดยหลักการของการประเมินการปฏิบัติงาน จะต้องกำหนดเกณฑ์ออกมาเป็นข้อ ๆ และมีคำอธิบายเกณฑ์ในข้อนั้น ๆ มุ่งเน้นการวัดประเมินกระบวนการ (Process) ของการทำงาน เช่น Drijvers et al. (2019) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยมอบหมายงานเกี่ยวกับการคิดเชิง

คณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Assignment: MT assignment) เป็นงานที่มีลักษณะในการลงมือปฏิบัติ (Performance) ที่ประกอบด้วยหลักเกณฑ์ ได้แก่ การใช้ตัวแทนทางความคิด การใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน และการใช้วิธีการเกี่ยวกับพีชคณิตกับเชิงตัวเลข เป็นต้น

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่าส่วนใหญ่ใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended Response) เนื่องจากแบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงแนวความคิดได้อย่างอิสระ และสามารถมองเห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบอัตนัยเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และเนื่องจากการประเมินผลแบบทดสอบอัตนัยจำเป็นต้องใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score) ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และนำเสนอข้อมูลในลำดับถัดไป

2) เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ เกณฑ์แบบองค์รวม (Holistic rubrics) และเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) ดังนี้

1) เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบองค์รวม (Holistic rubrics)

Carifio (2015) ได้เสนอเกณฑ์แบบองค์รวม (Holistic Rubric) สำหรับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Polya ดังนี้

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Carifio

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
6	คำตอบสมบูรณ์และมีคำอธิบายที่ชัดเจนและถูกต้องเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วยแผนภาพที่ถูกต้อง (ตามความเหมาะสม) ระบุข้อมูลที่สำคัญแสดงความเข้าใจอย่างเต็มที่เกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาและสื่อสารความรู้ได้อย่างชัดเจน
5	คำตอบนี้ค่อนข้างสมบูรณ์และมีคำอธิบายที่ชัดเจนพอสมควรเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการที่ใช้ มีการนำเสนอข้อโต้แย้งสนับสนุนที่มั่นคง แต่บางแง่มุมอาจอธิบายได้ไม่ชัดเจนหรือไม่สมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
4	คำตอบเสร็จสมบูรณ์เป็นที่น่าพอใจ แต่คำอธิบายขาดความชัดเจนหรือหลักฐานสนับสนุน โดยทั่วไปเข้าใจหลักการทางคณิตศาสตร์พื้นฐาน แต่แผนภาพหรือคำอธิบายไม่เหมาะสมหรือไม่ชัดเจน
3	การตอบคำถามไม่สมบูรณ์ ปัญหาคือส่วนที่ไม่สมบูรณ์หรือส่วนหลักถูกละไว้ อาจมีข้อผิดพลาดในการคำนวณที่สำคัญ หรืออาจมีการใช้สูตร หรือคำศัพท์ในทางที่ผิด คำตอบโดยทั่วไปไม่ได้แสดงถึงความเข้าใจอย่างเต็มที่เกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง
2	การตอบคำถามไม่สมบูรณ์ และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แผนภาพหรือคำอธิบายไม่ชัดเจน
1	ปัญหาไม่ได้แสดงอย่างมีประสิทธิภาพ อาจมีการคัดลอกบางส่วนของปัญหา แต่ไม่ได้พยายามแก้ไข ไม่ได้ระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
0	ไม่มีการพยายามคัดลอกหรือแก้ไขปัญหา

Kurniawati et al. (2020) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นฐาน ดังนี้

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Kurniawati et al.

ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
6	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลและใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา - นักเรียนใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา - นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้และพัฒนากลยุทธ์ใหม่ ๆ เพื่อจัดการกับปัญหาใหม่ ๆ - นักเรียนสามารถสะท้อนและอธิบายสิ่งที่ค้นพบตามสถานการณ์
5	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองเพื่อระบุปัญหา - นักเรียนสามารถเลือกและใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน - นักเรียนสามารถสื่อสารความคิดเห็นและเหตุผล
4	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถทำงานกับแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรมและซับซ้อน - นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกันและเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง - นักเรียนสามารถให้คำอธิบายและสื่อสารเกี่ยวกับข้อโต้แย้ง
3	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนและเป็นลำดับ - นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและใช้กลยุทธ์ง่าย ๆ - นักเรียนสามารถนำเสนอข้อมูลที่ได้รับและถ่ายทอดโดยตรง
2	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถตีความและรับรู้สถานการณ์ปัญหา - นักเรียนสามารถคัดแยกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง - นักเรียนสามารถทำงานดำเนินการตามขั้นตอนหรือกำหนดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา
1	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในบริบทของปัญหาที่พบบ่อย - นักเรียนสามารถกำหนดข้อมูลและดำเนินการตามคำแนะนำที่ชัดเจน

2) เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) Egodawatte (2010) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การประเมินงานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Rubric for assessing mathematical problem-solving tasks) ดังนี้

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินงานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Egodawatte

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจในแนวคิดและการเชื่อมโยง	4	- ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ถูกต้องและแสดงความเข้าใจการเชื่อมโยงที่สมบูรณ์
	3	- ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ถูกต้องและแสดงความเข้าใจการเชื่อมโยง
	2	- แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยง
	1	- แสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงเป็นส่วนน้อย
	0	- ไม่มีความเข้าใจในแนวคิด
2. กลยุทธ์การให้เหตุผล	4	- แสดงขั้นตอนทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	3	- แสดงแผนที่เหมาะสมและขั้นตอนส่วนใหญ่ที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	2	- แสดงขั้นตอนบางอย่าง แต่แผนไม่ชัดเจน
	1	- แสดงแผนที่ไม่สมเหตุสมผลหรือมีข้อมูลที่ไม่จำเป็น
	0	- ไม่มีการแสดงแผน
3. การคำนวณ	4	- คำนวณโดยไม่มีข้อผิดพลาด
	3	- ข้อผิดพลาดเล็กน้อยในการคำนวณ
	2	- ข้อผิดพลาดส่วนใหญ่ในการคำนวณและได้รับคำตอบที่ผิด
	1	- การคำนวณทั้งหมดผิดพลาด แต่พยายามทั้งหมดหรือบางส่วน
	0	- ไม่มีการคำนวณ

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินงานการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Egodawatte (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
4. การสื่อสาร	4	- สื่อสารอย่างสมบูรณ์ว่าทำอะไรและทำไมจึงทำ
	3	- สื่อสารส่วนใหญ่เกี่ยวกับสิ่งที่ทำและสื่อสารเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับสาเหตุที่ทำ
	2	- สื่อสารบางอย่างเกี่ยวกับสิ่งที่ทำหรือทำไมจึงทำอย่างใดอย่างหนึ่ง
	1	- สื่อสารสิ่งที่ไม่เป็นไปตามคำตอบ
	0	- ไม่มีคำอธิบายเป็นลายลักษณ์อักษร

Safarini & Wardhani (2021) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Safarini & Wardhani

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจในปัญหา	2	- เข้าใจปัญหาอย่างสมบูรณ์
	1	- ส่วนหนึ่งของปัญหาเข้าใจผิดหรือตีความผิด
	0	- เข้าใจผิดอย่างสมบูรณ์ของปัญหา
2. การวิธีการแก้ปัญหา	2	- แผนอาจมีแนวทางแก้ไขที่ถูกต้องหากนำไปใช้ อย่างถูกต้อง
	1	- แผนบางส่วนสามารถแก้ไขปัญหาที่ดีความได้
	0	- ไม่มีแผนการที่เหมาะสมและถูกต้อง
3. การดำเนินการและผลลัพธ์ที่ได้	2	- คำตอบที่ถูกต้องและสัญลักษณ์ที่ถูกต้องสำหรับคำตอบ
	1	- ข้อผิดพลาดในการคัดลอก ข้อผิดพลาดในการคำนวณ คำตอบบางส่วนสำหรับปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ
	0	- ไม่มีคำตอบหรือตอบผิดเนื่องจากแผนการแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสม

Widodo et al. (2021) กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Widodo et al.

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. เข้าใจปัญหา	3	- นักเรียนสามารถเขียนหรือแจ้งสิ่งที่ทราบและถามเกี่ยวกับปัญหาที่ระบุไว้อย่างชัดเจน
	2	- นักเรียนเขียนหรือแจ้งสิ่งที่รู้หรือสิ่งที่ถามเท่านั้น
	1	- นักเรียนเขียนข้อมูล / แนวคิด / ความรู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เสนอ หมายความว่านักเรียนไม่เข้าใจปัญหาที่เสนอ
	0	- นักเรียนไม่ได้เขียนอะไรเลย หมายความว่านักเรียนไม่ได้เข้าใจความหมายของปัญหาที่เสนอ
2. การวางแผนแก้ปัญหา	2	- นักเรียนเขียนข้อกำหนดและเงื่อนไขที่จำเป็นหรือสูตรของปัญหาและใช้ข้อมูลทั้งหมดที่รวบรวม
	1	- นักเรียนบอกหรือเขียนแต่ละขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหา แต่ไม่สอดคล้องกัน
	0	- นักเรียนไม่บอกหรือเขียนขั้นตอนในการแก้ปัญหา
3. การดำเนินการตามแผน	4	- นักเรียนทำตามแผนที่วางไว้โดยใช้ขั้นตอนในการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องโดยไม่มีข้อผิดพลาด
	3	- นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้โดยใช้ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ถูกต้องไม่มีข้อผิดพลาดของขั้นตอนเกิดขึ้น แต่เกิดข้อผิดพลาดในขั้นตอนอัลกอริทึม
	2	- นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ แต่มีข้อผิดพลาดของขั้นตอนและข้อผิดพลาดของอัลกอริทึม
	1	- นักเรียนดำเนินการตามแผนที่วางไว้ แต่เกิดข้อผิดพลาดของขั้นตอนและอัลกอริทึมผิดพลาด
	0	- นักเรียนไม่สามารถดำเนินการตามแผนที่วางไว้ได้
4. การตรวจสอบการแก้ปัญหา	1	- นักเรียนตรวจสอบคำตอบอีกครั้ง
	0	- นักเรียนไม่ทำการตรวจสอบคำตอบซ้ำ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบเกณฑ์ย่อยของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความเข้าใจปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง - เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องได้บางส่วน - เข้าใจปัญหาน้อยมาก หรือไม่เข้าใจปัญหา
2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่เหมาะสม หรือไม่ครอบคลุมประเด็นของปัญหา - เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง หรือไม่สามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้
3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้อย่างถูกต้อง และแสดงการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้อย่างถูกต้อง แต่การแสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหายังไม่ชัดเจน - นำวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ไม่ถูกต้อง หรือไม่แสดงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหา

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของ สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
4. การสรุปคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ต้องปรับปรุง)	- สรุปคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์ - สรุปคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือสรุปคำตอบไม่ครบถ้วน - ไม่มีการสรุปคำตอบ หรือสรุป คำตอบไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ พบว่าลักษณะของเกณฑ์การให้คะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ เกณฑ์แบบองค์รวม (Holistic rubrics) และเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) แต่ส่วนใหญ่ในการวิจัยจะใช้เกณฑ์แบบแยกส่วนเพื่อศึกษาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์แบบแยกส่วนในการประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องด้วยเกณฑ์แบบแยกส่วนจะสอดคล้องกับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และทำให้การประเมินเป็นไปตามคุณลักษณะสำคัญที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวัดและประเมินผลในการวิจัย

เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีนักการศึกษาได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

Herbert & Bragg (2017) ได้เสนอเกณฑ์การประเมินการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นระดับ ดังนี้

1. ระดับการขยายผล (Extending) ใช้การให้เหตุผลที่ชัดเจนและป้องกันข้อผิดพลาดทุกกรณี ตรวจสอบลักษณะทั่วไปของการให้เหตุผลที่นำไปใช้ได้ทุกกรณี
2. การรวบรวม (Consolidating) ตรวจสอบความจริงของการให้เหตุผลโดยการยืนยันทุกกรณี และใช้การให้เหตุผลถูกต้อง
3. ระดับการพัฒนา (Developing) พยายามตรวจสอบ สืบค้น แก้ไขข้อบกพร่องหรือความไม่สอดคล้องในการให้เหตุผล เริ่มต้นในการให้เหตุผลที่ถูกต้อง
4. ระดับการเริ่มต้น (Beginning) อธิบายสิ่งที่ทำหรือรับรู้ว่าจะไรถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง และการให้เหตุผลไม่สอดคล้องกันทุกขั้นตอน
5. ไม่ชัดเจน (Not Evident) คือไม่ระบุเหตุผล

Sari et al. (2020) ได้กล่าวถึงตัวบ่งชี้ความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. การคาดคะเน (Presenting conjectures) สามารถคาดคะเนได้โดยการเขียนและกล่าวถึง เหตุผลเชิงตรรกะหรือคำตอบที่กล่าวถึง

2. การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ (Performing mathematical) การแสดงแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีความชัดเจน

3. การให้เหตุผลหรือหลักฐานที่เป็นจริง (Giving reason or evidence of the truth) สามารถเขียน หรืออ้างถึงความคิดเห็นที่เป็นจริง

4. เขียนข้อสรุปและการอธิบาย (Drawing conclusions and statements) สามารถเขียน หรืออ้างถึงหลักเกณฑ์ หรือแบบจำลองเพื่อสรุปผล

Salam & Salim (2020) ได้เสนอตัวบ่งชี้ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ได้แก่

1. ความสามารถในการนำเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยวาจา และการเขียนซึ่งนำเสนอในรูปแบบของแผนภาพโดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่

2. ความสามารถของนักเรียนในการจัดการทางคณิตศาสตร์ในการทำงานกับปัญหา

3. นักเรียนสามารถพิจารณาความสมเหตุสมผลได้

4. ความสามารถของนักเรียนในการหาข้อสรุปตามความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดทางคณิตศาสตร์

Tisngati & Genarsih (2021) กล่าวถึงเกณฑ์และตัวบ่งชี้การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. ให้คำอธิบายโดยใช้แบบจำลอง ข้อเท็จจริงและความสัมพันธ์ คือสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ตามแบบจำลองหรือองค์ประกอบบางอย่าง

2. การประมาณคำตอบหรือกระบวนการแก้ปัญหา คือสามารถประเมินคำตอบและขั้นตอนการแก้ปัญหาได้

3. การพิสูจน์ คือสามารถแสดงหลักฐานขององค์ประกอบโดยตรงหรือโดยทางอ้อมได้

4. สามารถแก้ปัญหาและให้ข้อสรุปเชิงตรรกะ คือการเขียนข้อสรุปเชิงตรรกะ

Vale et al. (2017) ได้เสนอเกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ Vale et al.

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
4 การขยายลักษณะทั่วไปโดยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ	การใช้การให้เหตุเชิงตรรกะแบบ ถ้า.....แล้ว.... เพื่อใช้ในการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และการพิสูจน์สมบูรณ์
3 พิสูจน์คุณสมบัติทั่วไป	แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทั่วไปสำหรับแต่ละตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลตัวเลขหรือรูปแบบการนับ และการพิสูจน์ไม่สมบูรณ์
2 การอธิบายลักษณะทั่วไปโดยการยกตัวอย่าง	ระบุข้อเท็จจริง รูปแบบ ตัวเลข หรือใช้แผนภาพ เปรียบเทียบกับตัวอย่างเพื่อแสดงลักษณะของคุณสมบัติ
1 การอ้างอิงจากต้นแบบหรือคนอื่น	ตรวจสอบหรืออ้างอิงลักษณะทั่วไปกับผู้อื่น และให้ข้อมูลที่ถูกต้อง
0 ไม่มีเหตุผล	ไม่แสดงเหตุผล

ไพศาล แผลงทับทอง (2558) ได้เสนอเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ ไพศาล แผลงทับทอง

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ดีมาก (4)	อธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบหรือการพิสูจน์ได้อย่างถูกต้องรวมทั้งแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุปนั้น มีการอ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องทุกส่วน ชัดเจน รัดกุม และสมเหตุสมผล
ดี (3)	อธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบหรือการพิสูจน์ได้อย่างถูกต้อง แต่แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเพียงบางส่วน
พอใช้ (2)	อธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบหรือการพิสูจน์ไม่สมบูรณ์ แต่มีการแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบเหล่านั้น หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

ตารางที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของ ไพศาล แผลงทับทอง (ต่อ)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ปรับปรุง (1)	อธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบหรือการพิสูจน์ไม่สมบูรณ์และยังแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเพียงบางส่วน
ไม่มีความพยายาม (0)	อธิบายขั้นตอนในการหาคำตอบหรือการพิสูจน์ไม่สมบูรณ์ และยังแสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบ หรือยืนยันข้อสรุป มีการอ้างอิงหลักการ หรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่ปรากฏร่องรอยการเขียนอธิบายเพื่อแสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์หรือไม่ได้ทำ

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์แบบองค์รวม (Holistic rubrics) หรือการบอกในลักษณะของตัวบ่งชี้การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้เกณฑ์แบบองค์รวมสำหรับการประเมินผลการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ทั้งนี้จากการศึกษาเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลคณิตศาสตร์ ซึ่งเกณฑ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) และเกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบองค์รวม (Holistic rubrics) ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เกณฑ์ทั้งสองแบบเพื่อพัฒนาเป็นเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Rubric for scoring the mathematical thinking) ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) ประกอบด้วยเกณฑ์การประเมินรายด้าน ได้แก่ 1) การศึกษาและเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนแก้ปัญหา 3) การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น 4) การประเมินผลการแก้ปัญหา และ 5) การตรวจสอบความสมเหตุสมผล และกำหนดระดับคะแนนในการพิจารณาออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของผู้วิจัย

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. การศึกษาและเข้าใจปัญหา	3	- ระบุปัญหาและเงื่อนไขตามที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องและครบถ้วน
	2	- ระบุปัญหาและเงื่อนไขตามที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้องบางส่วน
	1	- ระบุได้เฉพาะปัญหา หรือเงื่อนไขตามที่โจทย์กำหนดได้ถูกต้อง อย่างไม่อย่างหนึ่ง
	0	- ไม่ระบุข้อมูล
2. การวางแผนแก้ปัญหา	3	- วางแผนและเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับปัญหา
	2	- วางแผนและเลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับปัญหาบางส่วน
	1	- เลือกวิธีการที่สามารถแก้ปัญหาได้ แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหา
	0	- ไม่ระบุข้อมูล
3. การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น	3	- แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอนได้อย่างชัดเจน
	2	- แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน
	1	- แสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วนและไม่เป็นลำดับขั้นตอน
	0	- ไม่ระบุข้อมูล

ตารางที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของผู้วิจัย (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
4. การประเมินผลการแก้ปัญหา	3	- คำตอบถูกต้องครบถ้วนและแสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับได้
	2	- คำตอบถูกต้องครบถ้วนและแสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับได้บางส่วน
	1	- คำตอบถูกต้องบางส่วนและไม่แสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับ
	0	- ไม่ระบุข้อมูล
5. การตรวจสอบความสมเหตุสมผล	3	- อธิบายเหตุผลที่ถูกต้องและสนับสนุนแนวคิดใช้ในการแก้ปัญหา หรือแสดงผ่านแผนภาพที่แสดงถึงความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้
	2	- อธิบายเหตุผลได้บางส่วน และสนับสนุนแนวคิดใช้ในการแก้ปัญหา
	1	- อธิบายเหตุผลได้บางส่วน แต่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดใช้ในการแก้ปัญหา
	0	- ไม่ระบุข้อมูล

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งมีทั้งนักการศึกษาไทยและต่างประเทศนำแนวคิดนี้ไปใช้ประกอบการวิจัยหลายแง่มุม ทั้งการวิเคราะห์คุณภาพผู้เรียน การพัฒนาการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์ร่วมกับแนวคิดอื่น ๆ ดังนี้

Ma'Moon (2005) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความสำเร็จทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในจอร์แดน จุดประสงค์ของการวิจัยคือเพื่อระบุลักษณะสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของเพศและสถานที่ตั้งของโรงเรียน (ในเมืองและชนบท) ที่เกี่ยวข้องกับแง่มุมของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยการศึกษาสัมภาษณ์นักเรียนและครูผู้สอน ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะสำคัญของการคิดทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 6 ประการ ได้แก่ ลักษณะทั่วไปทางคณิตศาสตร์ การอุปนัย การนิรนัย การใช้สัญลักษณ์ การคิดเชิงตรรกะและการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ โดยการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์และลักษณะทั่วไป

ทางคณิตศาสตร์ถูกนำไปใช้มากที่สุด และพบว่าผู้หญิงมีคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์สูงกว่าผู้ชาย และนักเรียนกลุ่มที่อยู่ในเมืองมีคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์สูงกว่าในชนบท

Yong & Sam (2008) ได้ศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน เกี่ยวกับการประเมินความคิดทางคณิตศาสตร์ (The Mathematical Thinking Assessment : MaTA) ประกอบด้วยเครื่องมือ 4 ส่วน ได้แก่ การประเมินการปฏิบัติ (Performance Assessment) เกณฑ์การให้คะแนนอภิปัญญา (Metacognition Rating Scale) เกณฑ์การให้คะแนนการจัดการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Dispositions Rating Scale) และเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Scoring Rubric) โดยกรอบการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (MaTA) จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของแนวทางการประเมินสำหรับครูในการตรวจสอบกระบวนการคิดของนักเรียน หรือการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ครูสามารถระบุโครงสร้างทางความคิดและอารมณ์ที่แตกต่างกันของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่าน MaTA และข้อมูลที่รวบรวมสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวินิจฉัยปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ และข้อเสนอแนะของ MaTA ครูสามารถออกแบบบทเรียนเฉพาะเพื่อช่วยและเสริมสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และที่สำคัญนักเรียนสามารถใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

Scusa (2008) ได้ศึกษา 5 กระบวนการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบว่าการเรียนการสอนตามกระบวนการคณิตศาสตร์ 5 กระบวนการ (การเชื่อมโยง การเป็นตัวแทนทางความคิด การสื่อสาร การให้เหตุผลและการแก้ปัญหา) ส่งผลต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือไม่ และนักเรียนจะประเมินวิธีแก้ปัญหาของตัวเองอย่างไร โดยใช้ลักษณะการอธิบายตาม 5 กระบวนการนี้ การดำเนินการโดยมอบหมายงานให้นักเรียนได้แก้ไข ปัญหาทุก ๆ สองสัปดาห์ และให้คะแนนงานนักเรียนตามลักษณะเฉพาะ 5 กระบวนการในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และทุก ๆ สัปดาห์ตัวแทนนักเรียนที่ความสามารถจะนำเสนอการประเมินให้คะแนนตามเกณฑ์และอภิปรายการร่วมกัน ผลการวิจัยพบว่า การใช้เหตุผลของนักเรียนได้รับการพัฒนาเมื่อเวลาผ่านไป ถึงแม้จะเป็นการพัฒนาอย่างช้า ๆ และขั้นตอนสั้น ๆ แต่ก็พบผลกระทบจากเวลาเมื่อทำกิจกรรมกลุ่มใหญ่ การพัฒนาดังกล่าวจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าขาดความพยายามและอดทนของครูและนักเรียนร่วมกัน

Zaman (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เมืองตะวันตกเฉียงเหนือ ประเทศปากีสถาน มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อศึกษาความแตกต่างของเพศ แผนกของโรงเรียน และสถานที่ตั้งของโรงเรียนที่แตกต่างกันในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและสถานที่ตั้งของโรงเรียน เพศและแผนกของโรงเรียนและสถานที่ตั้งของ

โรงเรียนที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสัมภาษณ์ครูและนักเรียนเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัยพบว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนชายมีประสิทธิภาพดีกว่านักเรียนหญิง ในทำนองเดียวกันนักเรียนของโรงเรียนเอกชนทำคะแนนได้ดีกว่านักเรียนของโรงเรียนของรัฐบาล และการสัมภาษณ์ครูพบว่า การแก้ปัญหา การอุปนัย การนิรนัย การคิดเชิงตรรกะ และการพิสูจน์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

Baltaci (2016) ได้ศึกษาวิเคราะห์กระบวนการแก้ปัญหาความน่าจะเป็นของนักเรียนกลุ่มความสามารถพิเศษในแง่มุมมองของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการศึกษาคือการตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาความน่าจะเป็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ในแง่มุมมองทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียน 6 คน (เด็กหญิง 4 คนและเด็กชาย 2 คน) จากศูนย์วิทยาศาสตร์และศิลปะ ใช้การสัมภาษณ์ทางคลินิกและใช้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล โดยการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ศึกษาประกอบไปด้วย ความรู้เชิงแนวคิด ความรู้ขั้นตอน การให้เหตุผลและกลยุทธ์ วุฒิภาวะ และการสื่อสาร ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถพิเศษจะใช้ทักษะการใช้เหตุผลและกลยุทธ์มากที่สุดในกระบวนการแก้ปัญหาความน่าจะเป็น ซึ่งเป็นหนึ่งในทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และใช้ทักษะการสื่อสารน้อยที่สุด

Samo (2017) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามบริบทเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดลำดับที่สูงขึ้นสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดเชิงบริบททางคณิตศาสตร์ใช้งานได้จริง และมีประสิทธิผลโดยอาศัยการทบทวนทางทฤษฎีและการสนับสนุนเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดขั้นสูง การศึกษานี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (R & D) ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีขั้นตอนดังนี้ 1) การนำเสนอปัญหาตามบริบท 2) ถามคำถามเชิงวิพากษ์และเชิงวิเคราะห์ 3) การค้นคว้ารายบุคคลและรายกลุ่ม 4) การนำเสนอและการอภิปราย 5) การสะท้อนคิด และ 6) ทดสอบการคิดขั้นสูง และพบว่าองค์ประกอบของรูปแบบที่อยู่ในระดับดี ได้แก่ หลักปฏิสัมพันธ์ ระบบสังคม และหลักการตอบสนอง และได้เสนอแนะไว้ว่าแบบจำลองนี้เหมาะสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในห้องเรียนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูง ปัญหาด้านบริบทสามารถนำเสนอกับบริบททางวัฒนธรรมในห้องเรียนได้ จะช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ในบริบทชีวิตจริง

Drijvers et al. (2019) ได้ศึกษาการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิรูปหลักสูตรในประเทศเนเธอร์แลนด์ การประเมินเป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินการปฏิรูปหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปฏิรูปเกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการ ประเด็นนี้ศึกษากรณีการ

ประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในการปฏิรูปหลักสูตรคณิตศาสตร์สำหรับผู้เรียนอายุ 15-18 ปีในประเทศเนเธอร์แลนด์ ตั้งแต่ปี 2554 ถึง 2560 หลักสูตรปฏิรูปเหล่านี้ได้ทดสอบภาคสนามในโรงเรียนนำร่อง ในขณะที่โรงเรียนอื่น ๆ ใช้หลักสูตรปกติ คำถามในการวิจัยคือ การปฏิรูปนี้สะท้อนให้เห็นในข้อสอบระดับชาติและผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนที่ได้รับมอบหมายที่เกี่ยวข้องอย่างไร เพื่อตอบคำถามนี้ มีการพัฒนาแบบจำลองตามทฤษฎีสำหรับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อสอบนำร่อง และข้อสอบปกติ และดำเนินการวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพของงานของผู้เรียนจากภาระงานที่มอบหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลที่ได้คือ ผู้เรียนในโรงเรียนนำร่องมีผลการเรียนสูงกว่าผู้เรียนในโรงเรียนปกติ ตามภาระงานที่มอบหมายเกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ย 4-5 % และสามารถแสดงกลยุทธ์การแก้ปัญหาที่หลากหลายมากขึ้น

Singh et al. (2019) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-regulated Learning: SRL) และทัศนคติทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย ผลการวิจัยพบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นสูงที่สุดบางส่วนเป็นอุปสรรคต่อนักศึกษา เพราะนักศึกษามุ่งเน้นการคำนวณเชิงตัวเลขเป็นอย่างมาก จึงส่งผลกระทบต่อความสามารถในการคิดและดำเนินการแก้ปัญหา และผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นถึงการขาดความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาและทัศนคติต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าในขณะที่นักศึกษามองว่ามีความสามารถในการกำกับกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองและมีความสุขสานในห้องเรียนคณิตศาสตร์ แต่สิ่งนี้ไม่ได้เป็นกระบวนการทางปัญญาในการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตัวเอง

Li et al. (2019) ได้ศึกษาวิวัฒนาการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศจีน กล่าวว่าการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (MT) เป็นหนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ เนื่องจากสามารถสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ยั่งยืน โดยบทบาทในวิชาคณิตศาสตร์ของโรงเรียนได้รับการระบุอย่างชัดเจนว่าเป็นหนึ่งใน "พื้นฐานสี่ประการ" ในมาตรฐานหลักสูตรแห่งชาติสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ซึ่งถูกมองว่าเป็นคุณลักษณะเด่นประการหนึ่งของการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศจีน บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้แนวคิดที่ครอบคลุมและร่วมสมัยสำหรับ MT ในบริบทประเทศจีน โดยการวิเคราะห์เอกสาร บทความ และหนังสือเพื่อดูกระบวนการสร้างแนวคิด MT ที่กำหนดโดยนักวิจัย พบว่า MT มีความสำคัญกับกระบวนการประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา เช่น วิธีการผสมผสานระหว่างคณิตศาสตร์สัญลักษณ์ และกราฟิก และเสนอแนะเกี่ยวกับการนำความคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนคิดเหมือนนักคณิตศาสตร์ ลักษณะสำคัญอีกประการหนึ่งคือการจำแนกหมวดหมู่ของ MT จะช่วยให้เข้าใจแนวคิดได้มากขึ้น

Mustafa & Sari (2019) ได้ศึกษาการนำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างความเข้าใจและพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนเรียนผ่านรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การวิจัยประเภทนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตกระบวนการเรียนรู้ในชั้นเรียน และมอบหมายภาระงาน/แบบทดสอบแก่ผู้เรียน จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์เชิงคุณภาพ สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดของผู้เรียนมีลำดับขั้นในกิจกรรมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยการประยุกต์ใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจึงประกอบด้วย 1) ชั้นระบุปัญหา 2) ชั้นแบ่งกลุ่ม และ 3) การลงข้อสรุป

Salangsang & Subia (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาและการตรวจสอบความถูกต้องของแนวปฏิบัติในการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Assessment Practices of Mathematical Thinking: APMT) การศึกษานี้ได้สำรวจการคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาและกลยุทธ์การควบคุมตนเองของนักเรียนระดับประถมศึกษาของประเทศฟิลิปปินส์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาเรื่องที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษได้และทำได้ดีกว่าเมื่อแปลปัญหาเป็นภาษาท้องถิ่นและสามารถแก้ปัญหาการคูณและการหารได้ก่อนที่จะได้รับการแนะนำอย่างเป็นทางการจากครูผู้สอน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาด้วยตนเอง เช่น การเขียนประโยคสัญลักษณ์ การแสดงขั้นตอนการลบ การประมาณค่า การนับถอยหลัง ลองผิดลองถูก การทำสัญลักษณ์เพื่อช่วยนับ การวาดภาพ การนับซ้ำ การบวกเพิ่มครั้งละเท่า ๆ กัน และคิดค้นขั้นตอนแก้ปัญหา เนื่องจากนักเรียนมีอิสระที่จะใช้กลยุทธ์การแก้ปัญหาของตนเอง เลือกขั้นตอนที่คิดค้นและความคิดสร้างสรรค์ออกมาจากผลงานของตัวนักเรียนเอง และความสามารถในการใช้ภาษาในการเขียนปัญหามีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของนักเรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมาก

Ferdianto et al. (2022) ได้ศึกษากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่องปัญหาเชิงตัวเลข โดยการคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ด้วยเหตุผลนี้ ทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และในขณะเดียวกันก็เป็นวิธีการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การศึกษานี้ใช้การออกแบบการวิจัยเชิงคุณภาพโดยทำแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ใช้คำถามความรู้ด้านการคำนวณเพื่อดูข้อผิดพลาดของผู้เรียน ตามด้วยการสัมภาษณ์เพื่อค้นหากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน จากผลการประเมินความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน สามารถวิเคราะห์ได้สามประเภท ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ สรุปได้ว่า ผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับสูงมีแนวโน้มที่จะดำเนินการตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้ทั้งหมด ผู้ที่มีความสามารถ

ในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับปานกลางมักจะไม่ได้ดำเนินการตามกระบวนการ และพบว่า การศึกษา ลักษณะของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผู้เรียนจะพร้อมเผชิญปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นโดยพิจารณา จากความสามารถของตนเอง

Firmasari et al. (2022) ได้ศึกษาการคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความรู้เชิงแนวคิด และการ ใช้เหตุผลในกรณีของการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความรู้ในเชิง ลึกเกี่ยวกับแนวคิด และการใช้เหตุผลของผู้เรียนในการแก้ปัญหาโดยใช้การพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เป็น กระบวนการที่ดำเนินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การวิจัยใช้วิธีการเชิงคุณภาพด้วยแนวทางกรณีศึกษา ที่ วิเคราะห์ความสามารถในการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจำนวน 9 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของการ ทำงานทางปัญญาที่แตกต่างกัน จากแต่ละระดับของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า แต่ละ ระดับของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ตัวบ่งชี้ตามความสามารถในการควบคุมความรู้เชิงมโน ทัศน์ และการนำความคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปใช้ผ่านการให้เหตุผล และพบว่าครูต้องกำหนดรูปแบบ การเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลที่สามารถยกระดับความรู้ความคิดรวบยอดและเหตุผลของผู้เรียน

แพรวไหม สามารถ (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการคิด เชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนในช่วงก่อนเรียน ระหว่างและหลังเรียนด้วยกระบวนการคิดให้เป็น คณิตศาสตร์ และศึกษาพัฒนาการการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 1) ขึ้นเสนอปัญหาในชีวิตจริง 2) ขึ้นมองปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ 3) ขึ้นแปลงปัญหา ในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4) ขึ้นแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 5) ขึ้นสะท้อนคิด ผล การศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างเรียนและหลังเรียนดีกว่าก่อนเรียน มี ความคิดสร้างสรรค์ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และมีพัฒนาการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระยะก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

จุฑามาส โจชัยชาญ และวิเชียร อารังโสตถิสกุล (2562) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระหว่าง เรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็น คณิตศาสตร์ 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยกิจกรรมการ เรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยกระบวนการคิดให้เป็น คณิตศาสตร์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขึ้นเริ่มด้วยปัญหาในชีวิตจริง 2) ขึ้นจัดให้อยู่ในรูปแบบ ตามแนวคิดทางคณิตศาสตร์ 3) ขึ้นแปลงปัญหาให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4) ขึ้นแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ และ 5) ขึ้นแปลผลการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์กลับ และทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ด้านคือ 1) ทักษะการแก้ปัญหา 2) ทักษะการให้เหตุผล และ 3) ทักษะการนำเสนอ

ตัวแทนความคิด ผลการวิจัยพบว่า 1) ทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ด้าน 2) ทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า มีการศึกษาแนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยพัฒนาร่วมกันแนวคิดอื่น ที่มุ่งเน้นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการศึกษาระดับของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงทัศนคติที่มีต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาที่นำแนวคิดการคิดเชิงคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เพราะเป็นแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนตามกระบวนการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับความหมาย หลักการ แนวทางการวัดและประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า Realistic Mathematic Education หรือ RME เป็นแนวคิดที่พัฒนาขึ้นโดย Freudenthal และเพื่อนร่วมงานในสถาบันพัฒนาการศึกษาคณิตศาสตร์ IOWO (Instituut Ontwikkeling Wiskunde Onderwijs: IOWO) ตั้งอยู่ในประเทศเนเธอร์แลนด์ ในช่วงปี 1970 ซึ่ง Freudenthal ได้คิดว่า คณิตศาสตร์ควรเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใกล้ชิดกับประสบการณ์ของนักเรียนและเกี่ยวข้องกับสังคม เพื่อให้คณิตศาสตร์มีคุณค่าสำหรับมนุษย์ แทนที่คณิตศาสตร์เป็นเพียงวิชาที่ถ่ายทอดเนื้อหาความรู้เท่านั้น แต่คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ (Mathematics as a human activity) ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดค้นคณิตศาสตร์ (Reinvent) ด้วยการลงมือปฏิบัติ และเป็นกิจกรรมที่อยู่บนพื้นฐานของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Gravemeijer & Terwel, 2000; Zulkardi, Fauzan, 2002; Van den Heuvel-Panhuizen, 2003) โดยนักการศึกษาไม่ได้ให้ความหมายโดยตรง แต่ได้อธิบายลักษณะของแนวคิด ดังนี้

Freudenthal (1991 cited in Zukardi, 2002) กล่าวถึงการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ว่าคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์ (Mathematics as human activity) และผู้เรียนไม่ใช่ผู้รับคณิตศาสตร์ที่สำเร็จรูป แต่การศึกษาควรเป็นแนวทางให้ผู้เรียนใช้โอกาสในการค้นพบและสร้างสรรค์คณิตศาสตร์ใหม่โดยการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

Treffers (1991 cited in Fauzan, 2002) กล่าวถึง แนวคิดหลักของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง คือผู้เรียนควรได้รับโอกาสในการคิดค้นคณิตศาสตร์ใหม่ (Reinvent) ภายใต้คำแนะนำ (Guidance) ของครู นอกจากนี้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบแผนสามารถพัฒนาได้จากความรู้ที่ไม่เป็นทางการของผู้เรียน กล่าวคือ การดำเนินกิจกรรมบางอย่างในการแก้ปัญหาตามบริบทที่เกิดขึ้นจริง ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้ที่เป็นทางการเพื่อสร้างคณิตศาสตร์ขึ้นมาใหม่

Doorman et al. (2007) กล่าวถึงการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ว่าเป็นมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งการแก้ปัญหาไม่ได้จำกัดอยู่ที่ปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงเท่านั้น แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นจาก "โลกแห่งคณิตศาสตร์" (World of Mathematics) ใช้เป็นแหล่งข้อมูลจำนวนมากสำหรับกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Fuadiyah (2013) กล่าวว่าการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่มาจากของจริงหรือประสบการณ์ของผู้เรียน เน้นที่กระบวนการ การอภิปรายและการทำงานร่วมกัน และทักษะการอภิปรายเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยความพยายามของตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถใช้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ทั้งแบบรายบุคคลและแบบกลุ่ม

Lerman (2014) กล่าวถึงการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ว่าเป็นสถานการณ์ที่ "สมจริง" ความโดดเด่นในกระบวนการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงจะทำหน้าที่เป็นแหล่งข้อมูลในการพัฒนาแนวคิด เครื่องมือ และขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ และเป็นบริบทที่ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้

ชานนท์ จันทรา (2550) กล่าวถึงจุดเน้นของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงว่า คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมของมนุษย์และต้องเชื่อมโยงกับชีวิตจริง โดยใช้บริบทสถานการณ์โลกความเป็นจริงเป็นแบบจำลองหรือแหล่งเรียนรู้สำหรับพัฒนาแนวคิดทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง หมายถึงแนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยสถานการณ์ ปัญหา บริบทหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในโลกความเป็นจริงของมนุษย์ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ไปสู่การสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอด กลยุทธ์ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2.2 หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อเป็นหลักการในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ มีนักการศึกษาได้อธิบายหลักการดังนี้

Treffers (1978 cited in Lerman, 2014) ได้อธิบายหลักการของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไว้ 6 ประการ ดังนี้

1. หลักการของกิจกรรม (The Activity Principle) ผู้เรียนจะเป็นผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ โดยการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีที่สุดโดยการลงมือปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง

2. หลักความเป็นจริง (The Reality Principle) แบ่งออกเป็นสองลักษณะ ได้แก่ 1) เป็นการแสดงออกถึงความสำคัญตามเป้าหมายของการศึกษาคณิตศาสตร์รวมถึงความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ 2) การศึกษาคณิตศาสตร์ควรเริ่มต้นจากสถานการณ์ปัญหาที่มีความหมายต่อนักเรียน ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความหมายกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ในขณะที่พัฒนาการแก้ปัญหา แทนที่จะเริ่มต้นด้วยการสอนที่เป็นนามธรรมหรือให้นิยาม แต่การสอนเริ่มต้นด้วยปัญหาในบริบทที่หลากหลายซึ่งต้องใช้การจัดระเบียบทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือสามารถคำนวณทางคณิตศาสตร์และใช้กลยุทธ์ที่ไม่เป็นทางการในการแก้ปัญหา ซึ่งถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญที่สุด

3. หลักการลำดับขั้น (The Level Principle) ระดับของการเรียนรู้คณิตศาสตร์กล่าวคือ นักเรียนจะผ่านความเข้าใจในระดับต่าง ๆ จากการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่ไม่เป็นทางการผ่านการเรียนรู้วิธีคิดในระดับต่าง ๆ ไปจนถึงการได้รับข้อมูลเชิงลึก เข้าใจถึงความคิดรวบยอดและกลยุทธ์ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างไร แบบจำลองมีความสำคัญต่อการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์ที่ไม่เป็นทางการที่เกี่ยวข้องกับบริบทและคณิตศาสตร์ที่เป็นทางการ จากแบบจำลองของสถานการณ์เฉพาะไปสู่แบบจำลองสำหรับสถานการณ์ทั่วไป โดยเฉพาะการสอนการดำเนินการของตัวเลข หลักการระดับนี้ถูกสร้างขึ้นใหม่ในวิธีการเชิงกลยุทธ์ของการวางแผนแบบก้าวหน้า (Progressive Schematization) ในการแนะนำวิธีการคำนวณที่ถูกต้องและพัฒนาไปสู่อัลกอริทึมที่ใช้ตัวเลขเป็นฐาน (Digit-based Algorithms)

4. หลักการบูรณาการ (The Intertwinement Principle) เนื้อหาหลักทางคณิตศาสตร์เช่น จำนวน เรขาคณิต การวัด และการจัดการข้อมูลไม่ถือเป็นหลักสูตรที่แยกจากกัน แต่เป็นเนื้อหาแบบบูรณาการ ผู้เรียนจะได้รับโจทย์ที่หลากหลายโดยสามารถใช้เครื่องมือและความรู้ทางคณิตศาสตร์

5. หลักการปฏิสัมพันธ์ (The Interactivity Principle) เนื่องด้วยการเรียนคณิตศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงกิจกรรมส่วนบุคคลเท่านั้นแต่ยังเป็นกิจกรรมทางสังคมด้วย ดังนั้นการอภิปรายในชั้นเรียนและการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแบ่งปันกลยุทธ์และการสร้างสรรค์ของตนเองกับ

ผู้อื่น ด้วยวิธีนี้ผู้เรียนจะได้รับแนวคิดในการปรับปรุงกลยุทธ์ของตนเอง และการโต้ตอบจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระดับความเข้าใจที่สูงขึ้น

6. หลักการให้คำแนะนำ (The Guidance Principle) คือการคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ด้วยการได้รับคำแนะนำ (Guided Re-invention) ทางคณิตศาสตร์ โดยครูมีบทบาทเชิงรุกต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน และโปรแกรมการเรียนคณิตศาสตร์ควรมีสถานการณ์ที่สร้างความเข้าใจของผู้เรียนและอยู่บนพื้นฐานของการเรียนการสอนในระยะยาวที่สอดคล้องกัน

Gravemeijer & Terwel (2000) กล่าวถึงหลักการสำคัญของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยหลักการ 3 ประการ ดังนี้

1. การคิดค้นแบบได้รับคำแนะนำ (Guided Reinvention) ตามหลักการคิดค้นนั้นนักเรียนควรได้รับประสบการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกับกระบวนการที่คณิตศาสตร์ถูกคิดค้นขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ หลักการนี้ให้ข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนว่าในกระบวนการเรียนการสอนควรให้นักเรียนได้รับประสบการณ์สถานการณ์จริงและได้รับคำแนะนำและอำนวยความสะดวกจากครูเกี่ยวกับยุทธวิธีการแก้ปัญหาแบบไม่เป็นทางการ เพื่อให้นักเรียนควรมีโอกาสในการคิดค้นการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นแบบแผนมากขึ้น โดยกระบวนการเรียนรู้ควรเน้นที่กระบวนการมากกว่าผลลัพธ์ การคิดค้นโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ครูควรศึกษาประวัติของคณิตศาสตร์แล้วนำมาใช้เพื่อเป็นจุดกำเนิดของแรงบันดาลใจ และศึกษายุทธวิธีการแก้ปัญหาแบบไม่เป็นทางการของนักเรียน โดยยุทธวิธีแบบไม่เป็นทางการของนักเรียนจะถูกแปลให้เป็นขั้นตอนที่เป็นแบบแผนมากขึ้นโดยจะต้องใช้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงที่มีความเหมาะสมและมีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่หลากหลายวิธี

2. การพัฒนาโมเดลด้วยตนเอง (Self-developed Model) บทบาทของโมเดลที่สร้างขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างความรู้แบบไม่เป็นทางการและคณิตศาสตร์แบบเป็นทางการ ในการเรียนรู้ต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้และพัฒนาโมเดลของตนเองในการแก้ปัญหา ซึ่งโมเดลที่สร้างขึ้นสามารถเปลี่ยนแปลงและพัฒนาโมเดลของสถานการณ์ขึ้น จากกระบวนการทั่วไป (Generalizing) ไปสู่การสร้างแบบแผน (Formalizing) โมเดลจะค่อย ๆ กลายเป็นโมเดลสำหรับการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ตัวอย่างของโมเดล เช่น ภาพวาด แผนภาพ เส้นจำนวน ตาราง หรือสมการ โดยจุดมุ่งหมายเบื้องต้นของการใช้โมเดลควรส่งเสริมให้ผู้เรียนให้สร้างคณิตศาสตร์โดยเริ่มต้นจากมุมมองของตัวผู้เรียนไม่ใช่จากมุมมองของผู้สอน

3. การใช้ปรากฏการณ์วิทยา (Didactical Phenomenology) Freudenthal กล่าวถึงความหมายของปรากฏการณ์วิทยาที่นำมาใช้สอนว่าเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่นำเสนอโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์กับตัวโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์นั้น จุดเน้นอยู่ที่การตีความเชิงคณิตศาสตร์ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ในการให้เหตุผลและการคิดคำนวณ การสืบสวนสถานการณ์ที่มี

เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ซ่อนอยู่นั้นจะช่วยให้ค้นพบการประยุกต์ใช้ที่นำมาใช้ในการสอน และพิจารณาถึงความเหมาะสมของสถานการณ์ที่นำมาใช้ในกระบวนการคิดค้นคณิตศาสตร์แบบก้าวหน้า (Progressive Mathematization) โดยจุดมุ่งหมายของการสืบสวนเชิงปรากฏการณ์วิทยา คือการหาสถานการณ์ปัญหาที่มีความเฉพาะเจาะจงที่สามารถนำมาใช้ในการสรุปแบบทั่วไปได้ (Generalized) และหาสถานการณ์ที่สามารถนำไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นพื้นฐานของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งหลักการของปรากฏการณ์วิทยาที่นำมาใช้สอน เป็นการกำหนดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สนับสนุนกิจกรรมรายบุคคลและการอภิปรายในชั้นเรียน ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนโดยเสนอปัญหาเชิงบริบทชีวิตจริงที่ได้ปรากฏการณ์จริงและมีความหมายแก่ผู้เรียน ซึ่งช่วยกระตุ้นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน

Van den Heuvel-Panhuizen (2000) กล่าวถึงการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง สามารถสะท้อนให้เห็นว่าคณิตศาสตร์เป็นรายวิชาหนึ่งที่นักเรียนจะสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างไร และควรสอนคณิตศาสตร์อย่างไร ซึ่งมุมมองเหล่านี้สามารถสะท้อนออกมาในลักษณะของหลักการสำคัญ 6 ประการ ดังนี้

1. หลักการจัดกิจกรรม (Activity Principle) อาศัยแนวความคิดของกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ตามที่ Freudenthal ได้กล่าวไว้ว่า นักเรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุดเมื่อนักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเอง มีส่วนร่วมในการพัฒนาวิธีการขั้นตอนทางคณิตศาสตร์และทำความเข้าใจด้วยตนเอง นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ผ่านการปฏิบัติกิจกรรม โดยนักเรียนมีส่วนร่วมอย่างตื่นตัวในกระบวนการเรียนรู้ ได้พัฒนาเครื่องมือทางคณิตศาสตร์และการหยั่งรู้ด้วยตนเอง ได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาและแก้ปัญหานั้นด้วยวิธีแบบไม่เป็นทางการ

2. หลักการความสอดคล้องกับความจริง (Reality Principle) มุ่งเน้นให้นักเรียนนำคณิตศาสตร์ไปใช้อย่างตรงเป้าหมาย สามารถใช้ความรู้ความเข้าใจของตนเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาได้ และหากปัญหาเป็นบริบทที่อยู่ในชีวิตจริงนักเรียนจะสามารถพัฒนาวิธีการขั้นตอนทางคณิตศาสตร์และทำความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

3. หลักการตามลำดับขั้น (Level Principle) ในทางคณิตศาสตร์นักเรียนจะมีระดับความรู้ความเข้าใจในระดับที่แตกต่างกัน ตั้งแต่วิธีการหาความสัมพันธ์ของบริบท การสร้างระดับตัวแปรที่เข้าใจง่าย การเข้าใจหลักการและความสัมพันธ์ซึ่งระดับต่าง ๆ จะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการดำเนินงาน การทำกิจกรรมร่วมกัน โครงสร้างเหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมระหว่างข้อมูลบริบทที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์ และรูปแบบอย่างเป็นทางการของคณิตศาสตร์ โดยในอันดับแรกนักเรียนจะต้องพัฒนากลยุทธ์ในการเชื่อมโยงบริบทอย่างใกล้ชิด จนกระทั่งสถานการณ์บริบทนั้นกลายเป็นสถานการณ์ทั่วไป เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาอื่น ๆ ได้ และนักเรียนได้ความรู้ทางคณิตศาสตร์แบบทางการมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าจุดเน้นระดับของหลักการจะเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจทาง

คณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ ให้ต่อเนื่องกัน โดยที่การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงนั้นจะเน้นไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้าและสิ่งที่จะเรียนรู้ต่อมา

4. หลักการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ (Intertwinement Principle) โรงเรียนไม่สามารถแยกการศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงออกจากการเรียนรู้แบบปกติได้ เพราะหากมองในเชิงลึกแล้วจะพบว่า การแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ อาจต้องใช้วิธีการขั้นตอนและความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งจุดเน้นของหลักการบูรณาการ นั่นคือ การเชื่อมโยงกันระหว่างหลักสูตรเนื้อหา หลักการนี้ไม่เพียงแต่ต้องอาศัยความเกี่ยวข้องกันทั้งความสัมพันธ์ระหว่างบทเรียนที่แตกต่างกันของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ แต่ยังต้องอาศัยความแตกต่างกันของบทเรียนอื่น ๆ ด้วย

5. หลักการปฏิสัมพันธ์ (Interaction Principle) การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงนั้นถือได้ว่าเป็นกิจกรรมทางสังคมที่ให้โอกาสนักเรียนในการแบ่งปันกลยุทธ์และผลงานของนักเรียนกับผู้เรียนคนอื่น ๆ โดยการฟังและพูดในสิ่งที่ตนเองคิดเพื่อปรับปรุงกลยุทธ์การแก้ปัญหาของตนเอง นอกจากนี้การทำงานร่วมกันยังทำให้เกิดการสะท้อนความคิดไปถึงระดับสูงเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเห็นความสำคัญของการทำงานมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการเรียนการสอนในชั้นเรียนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งนี้ นักเรียนก็สามารถวิเคราะห์พิจารณาวิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยวิธีของตนเอง ซึ่งแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงนั้นต้องการให้นักเรียนทำงานร่วมกัน รู้จักปรับตัวให้เข้ากับคนอื่นที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน โดยการให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาในรูปแบบที่ตนเองสามารถทำได้เพื่อให้เห็นความแตกต่างของความเข้าใจในนักเรียนแต่ละคน

6. หลักการแนะนำ (Guidance principle) ควรให้โอกาสนักเรียนในการแนะนำและคิดค้นกลยุทธ์ใหม่ หมายความว่า ครูจะมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการที่นักเรียนจะได้รับความรู้ นักเรียนจะต้องสร้างความรู้และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้สร้างสถานการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งสถานการณ์ที่ครูสร้างจะเป็นตัวแปรสำคัญในการให้นักเรียนได้สร้างความคิด การสะท้อนมุมมอง วิธีการแก้ปัญหาของนักเรียน

Fauzan (2002) ได้อธิบายหลักการเรียนรู้และการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. หลักการสร้างและการทำให้เป็นรูปธรรม (Constructing and Concretizing) คือการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่สำหรับการสร้างความรู้ ไม่ใช่การรับความรู้จากการนำเสนอหรือถ่ายทอด การสอนควรเริ่มต้นด้วยการสอนพื้นฐานที่เป็นรูปธรรม เน้นการสำรวจจากปรากฏการณ์วิทยา (Phenomenological) กล่าวคือ การสำรวจความจริงบนโลกที่สอดคล้องกับคณิตศาสตร์ โดยครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างความรู้จากปรากฏการณ์

2. หลักของลำดับขั้นและโมเดล (Levels and Models) หลักการนี้มองว่าการเรียนรู้โนทัศน์หรือทักษะทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีระยะยาวและเปลี่ยนระดับไปสู่ความเป็น

นามธรรมในระดับต่าง ๆ (จากแบบไม่เป็นทางการไปสู่แบบเป็นทางการ และจากระดับง่ายไปสู่ระดับที่เป็นระบบของเนื้อหาวิชา) ต้องให้ความสำคัญกับแบบจำลอง สถานการณ์จำลอง และแผนผังที่เกิดจากกิจกรรมการแก้ปัญหาเพราะจะช่วยให้นักเรียนผ่านลำดับขั้นเหล่านี้ได้

3. หลักการคิดสะท้อนและการให้งานพิเศษ (Reflection and Special Assignment) การเพิ่มขึ้นของระดับในกระบวนการเรียนรู้ได้รับการส่งเสริมผ่านการคิดสะท้อน ดังนั้นจำเป็นต้องให้ความสนใจอย่างมากในการสร้างและผลิตผลงานของนักเรียน นักเรียนต้องได้มีโอกาสและได้รับการกระตุ้นในช่วงเวลาที่สำคัญให้ได้คิดสะท้อนถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้และคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น โดยครูต้องมอบหมายงานพิเศษให้นักเรียน เช่น กำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สร้างผลงานหรือการแก้ปัญหาอย่างอิสระ

4. หลักบริบทและปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social Context and Interaction) หลักการนี้เกี่ยวข้องกับสำคัญของบริบททางสังคม การเรียนรู้ไม่ได้เป็นกิจกรรมที่อยู่โดด ๆ แต่เกิดขึ้นในสังคมและถูกชี้นำและได้รับการกระตุ้นจากบริบททางสังคมวัฒนธรรม ตัวอย่างเช่น การทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดและข้อโต้แย้งเพื่อเรียนรู้จากผู้อื่น ดังนั้นการศึกษาคณิตศาสตร์ควรมีการปฏิสัมพันธ์กันอย่างเป็นธรรมชาติ ปฏิสัมพันธ์รวมถึงการเจรจา การอภิปราย การโต้แย้งหาเหตุผล การร่วมมือและประเมินผล ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์

5. หลักโครงสร้างและผสมผสาน (Structuring and Interweaving) การเรียนรู้คณิตศาสตร์ไม่ได้ประกอบด้วยการสะสมความรู้และทักษะย่อยที่ไม่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน แต่เป็นการสร้างความรู้และทักษะให้เป็นเอกลักษณ์ โครงสร้างสาระการเรียนรู้ต่าง ๆ ไม่สามารถแยกกันอยู่อย่างโดด ๆ แต่มีการเชื่อมโยงสัมพันธ์เข้าด้วยกันเพื่อใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหา ดังนั้นหลักในการสอนคือเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ต้องมีความสัมพันธ์กันและกัน

Zulkardi (2002) กล่าวถึงลักษณะของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง 5 ประการ ดังนี้

1. การสำรวจสถานการณ์ หรือบริบทในชีวิตจริง (The use of contexts in phenomenological exploration) เป็นจุดเริ่มต้นของการสอนคณิตศาสตร์ในแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่สร้างจากประสบการณ์ในชีวิตจริงของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในสถานการณ์ตามบริบทซึ่งเป็นสถานการณ์ในชีวิตจริง และควรเริ่มต้นด้วยแบบที่ไม่เป็นทางการ โดยที่นักเรียนจะได้พัฒนากระบวนการคิดจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่การคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (Conceptual mathematization) สิ่งที่เป็นนามธรรมและการทำให้อยู่ในรูปทางการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์และการสะท้อนผลปัญหาในโลกความจริง ประยุกต์ใช้โดยการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนจะได้ลงมือสำรวจสถานการณ์ ค้นหา และระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์

เพื่อให้เห็นภาพรวมของปัญหา และนำมาใช้เป็นแนวทางการพัฒนาเป็นแบบจำลองของมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้

2. การเชื่อมโยงปัญหาในบริบทชีวิตจริงและคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง (The use of models or bridging by vertical instruments) ซึ่งการสร้างแบบจำลองของสถานการณ์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งถูกพัฒนาโดยนักเรียนเองที่อาจจะเป็นในรูปของภาษา สัญลักษณ์ แบบรูป แนวทางการแก้ปัญหา โดยแบบจำลองที่นักเรียนสร้างในขั้นต้นจะอยู่ในรูปแบบที่นักเรียนคุ้นเคย และด้วยกระบวนการที่ทำให้เป็นลักษณะทั่วไปและเป็นแบบแผนมากยิ่งขึ้น (Formalizing) จะทำให้ได้แบบจำลองที่มีลักษณะเฉพาะของนักเรียนเอง และยังคงกลายเป็นแบบจำลองสำหรับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical reasoning) อีกด้วย

3. การเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดผ่านผลงานและการสร้างของนักเรียน (The use of students own productions and constructions or contribution) เป็นการสร้างสรรค์ผลงานอย่างอิสระ (Free Production) ของนักเรียน ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางในกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งการสร้างสรรค์ผลงานอย่างอิสระ สามารถนำมาเป็นส่วนสำคัญหนึ่งของการประเมินได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนเขียนเรียงความ, ทำการทดลอง, การเก็บรวบรวมข้อมูลและเขียนข้อสรุป, การออกแบบแบบฝึกหัดที่สามารถใช้ในการทดสอบได้, หรือการออกแบบแบบทดสอบสำหรับนักเรียนคนอื่น ๆ ในชั้นเรียน

4. การมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการทำกิจกรรม (The interactive character of the teaching process or interactivity) การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง และปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับครูเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ซึ่งการโต้แย้ง, การมีส่วนร่วม, การอภิปราย, การเรียนแบบร่วมมือ และการประเมิน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนการเรียนรู้แบบ Constructive ซึ่งจะทำให้วิธีการที่ไม่เป็นทางการกลายมาเป็นวิธีการแบบทางการ โดยผ่านการปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบการอธิบาย การตัดสินใจ การแสดงการเห็นด้วยและการไม่เห็นด้วย การตั้งคำถามหลากหลายรูปแบบ และการสะท้อนความคิด

5. การบูรณาการสาระการเรียนรู้อื่น หรือหน่วยการเรียนรู้คณิตศาสตร์อื่นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (The intertwining of various learning strands or units) แนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงนั้นเน้นการบูรณาการระหว่างสาระการเรียนรู้หรือหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งบางครั้งถูกเรียกว่าแนวทางการเรียนรู้แบบองค์รวม (Holistic Approach) นั่นคือ สาระการเรียนรู้ไม่ควรสอนแยกออกจากกันเป็นส่วน ๆ แต่ควรสอนให้เห็นความสัมพันธ์และความเชื่อมโยงระหว่างสาระการเรียนรู้หรือหน่วยการเรียนรู้ เนื่องจากการบูรณาการระหว่างสาระการเรียนรู้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการแก้ปัญหา อีกทั้งหากสอนเชิงลึกเพียงอย่างเดียวจะทำให้นักเรียนประยุกต์ใช้ได้ยาก

ชานนท์ จันทรา (2550) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญในการนำ RME ไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ดังนี้

1. หลักการจัดกิจกรรม (Activity principle) จากที่ Freudenthal ได้กล่าวว่า ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถเรียนรู้ได้ดีที่สุดโดยผ่านการปฏิบัติกิจกรรม แทนที่ผู้เรียนจะเป็นผู้รับความรู้ที่ได้จัดเตรียมไว้อย่างเบ็ดเสร็จเรียบร้อยแล้วเพียงฝ่ายเดียว ผู้เรียนควรได้ลงมือปฏิบัติจริงในฐานะผู้มีส่วนร่วมสร้างองค์ความรู้นั้น ได้ใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ และเกิดความรู้ความเข้าใจด้วยตัวของผู้เรียนเองในกระบวนการเรียนรู้ที่จัดขึ้น ดังนั้น หลักการนี้จึงเน้นที่ผู้เรียนได้มีโอกาสสัมผัสกับสถานการณ์ปัญหา และทำการแก้ปัญหาสถานการณ์นั้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง ตัวอย่างเช่น ผู้เรียนสามารถนำเสนอความหมายของเศษส่วนบนพื้นฐานของการปฏิบัติที่ไม่เป็นแบบแผนผ่านการสังเกตและการทดลอง เป็นต้น

2. หลักการสอดคล้องที่เป็นจริง (Reality principle) จุดมุ่งหมายที่สำคัญประการหนึ่งของกระบวนการ RME ก็คือ การทำให้ผู้เรียนสามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้โดยใช้ความรู้ความเข้าใจและเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแก้สถานการณ์ปัญหา ซึ่งหลักการนี้ไม่ได้คำนึงถึงเพียงแค่ผลลัพธ์หรือจุดหมายปลายทางของกระบวนการเรียนการสอนในการนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เท่านั้น แต่ควรกลับกรองและให้ความสำคัญ แก่สถานการณ์ปัญหาหรือสภาพที่เป็นจริงที่เลือกมาให้ผู้เรียนในฐานะสื่อ/แหล่งเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วย และความจริงที่สำคัญอันหนึ่งที่ทำให้หลักการนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงก็เพราะว่า หากผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ในลักษณะที่เป็นเอกเทศไม่เกี่ยวข้องกับสาระอื่น ๆ หรือห่างไกลจากประสบการณ์ของผู้เรียนแล้ว ก็จะทำให้ผู้เรียนลืมเร็วและยังไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

3. หลักการลำดับขั้น (Level Principle) ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น ผู้เรียนจะต้องผ่านระดับขั้นของความเข้าใจหลายระดับ จากระดับที่ไม่เป็นทางการไปสู่ระดับที่เป็นทางการหรือมีแบบแผน กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนได้สัมผัสกับปัญหาที่เกี่ยวกับบริบทสภาพแวดล้อมที่ไม่เป็นทางการและการแก้ปัญหานี้จะเป็นสิ่งกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เข้าใจในหลักการ กฎเกณฑ์ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่ขยายกว้างขึ้นตามประสบการณ์ที่ผู้เรียนได้สั่งสมมา ซึ่งสิ่งหนึ่งที่จะแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการในการเลื่อนระดับความสามารถของผู้เรียนจากขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่งที่ซับซ้อนมากขึ้นนั้น ก็คือความสามารถในการสะท้อนผลที่ได้จากการปฏิบัติกิจกรรม การเรียนรู้ของผู้เรียนนั่นเอง หลักการนี้เป็นหลักการที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และความเชื่อมโยงสอดคล้องกันของเนื้อหาสาระและทักษะในหลักสูตรของผู้เรียนหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นหลักการที่เน้นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนกับสิ่งที่จะต้องเรียนรู้ต่อไป

4. หลักการเชื่อมโยงสัมพันธ์หรือบูรณาการ (Intertwinement Principle) หัวข้อหรือเนื้อหาสาระของคณิตศาสตร์นั้นไม่ได้แยกออกจากกันอย่างชัดเจน เนื่องจากการแก้สถานการณ์ปัญหาใน

บริบทต่าง ๆ เราต้องใช้เครื่องมือและความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายมาช่วยแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น 1) หัวข้อหรือสาระการเรียนรู้เกี่ยวกับจำนวนความรู้สึกรวม การประมาณค่าและการดำเนินการเป็นเรื่องที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันเสมอ 2) หากต้องการให้ผู้เรียนประมาณขนาดของผืนธงชาติที่อยู่บนปลายสุดของเสาธง จะพบว่าในการประมาณค่าในครั้งนี้ไม่เพียงแต่ใช้ความรู้เรื่องการวัด ยังต้องอาศัยความรู้เรื่องจำนวน อัตราส่วนและเรขาคณิตเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

5. หลักการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction Principle) ภายในกระบวนการ RME การเรียนรู้คณิตศาสตร์จัดเป็นกิจกรรมทางสังคม (Social Activity) ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนและพัฒนาแนวคิด วิธีการซึ่งกันและกัน นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์จะนำมาซึ่งการสะท้อนผลที่ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระดับความรู้ความเข้าใจที่สูงขึ้นของผู้เรียนด้วยความสำคัญของหลักการนี้คือ การกำหนดปัญหาให้ผู้เรียนร่วมกันหาคำตอบโดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวคิดแล้ววิธีการซึ่งกันและกัน ซึ่งอาจเป็นกลุ่มก็ได้ แต่มีได้หมายความว่าผู้เรียนทุกคนจะต้องมีระดับของการพัฒนาความรู้ความเข้าใจเหมือนกันหรือเพิ่มขึ้นไปพร้อม ๆ กัน ขึ้นอยู่กับระดับของความเข้าใจและวิธีการ/เส้นทางการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนด้วย

จากการศึกษาหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักการศึกษาจำนวน 6 ท่าน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์หลักการเพื่อเป็นหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ดังนี้



ตารางที่ 12 การสังเคราะห์หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

หลักการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME)	นักการศึกษา						ความถี่	ลำดับ
	Treffers (1978)	Gravemeijer (2000)	Van den (2000)	Fauzan (2002)	Zulkardi (2002)	ชานนท์ จันทรา (2550)		
หลักการของกิจกรรม	✓		✓	✓	✓	✓	5	2
หลักความเป็นจริงและ ปรากฏการณ์วิทยา	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6	1
หลักการลำดับขั้น	✓		✓	✓		✓	4	3
หลักการบูรณาการและ เชื่อมโยงความสัมพันธ์	✓		✓	✓	✓	✓	5	2
หลักการปฏิสัมพันธ์และการ สะท้อนคิด	✓		✓	✓	✓	✓	5	2
หลักการให้คำแนะนำ	✓	✓	✓				3	4
หลักการพัฒนาแบบจำลอง		✓			✓		2	5

จากตารางที่ 12 การสังเคราะห์หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักการศึกษาจำนวน 6 ท่าน โดยเลือกและเรียงลำดับของหลักการที่มีความถี่สูงสุดสามลำดับแรก สรุปได้ว่า หลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประกอบด้วย 5 หลักการ ดังนี้ 1) หลักความเป็นจริงและปรากฏการณ์วิทยา 2) หลักการของกิจกรรม 3) หลักการบูรณาการและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ 4) หลักการปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนคิด และ 5) หลักการลำดับขั้น

และผู้วิจัยได้สังเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะ (Characteristics) ของหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง สรุปได้ดังนี้

1. หลักความเป็นจริงและปรากฏการณ์วิทยา เป็นการสำรวจ สืบเสาะบริบท ปัญหาสถานการณ์จากโลกของความเป็นจริง รวมถึงการศึกษาจากปรากฏการณ์วิทยา (Phenomenological) เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการประยุกต์ใช้แนวคิด

หรือกลยุทธ์ที่ไม่เป็นทางการที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่แบบแผนทางคณิตศาสตร์จนกลายเป็นมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์

2. หลักการของกิจกรรม เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรม สถานการณ์ หรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อสร้างแนวทาง กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ไปสู่การพัฒนาเป็นแนวคิด ความคิดรวบยอด หรือมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

3. หลักการบูรณาการและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เป็นการบูรณาการและวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ภายในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รวมถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงการเชื่อมโยงกับบริบท ปัญหา สถานการณ์ หรือโลกของ ความจริง

4. หลักการปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนคิด เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้าง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับครูสอน ผ่านการอภิปราย อธิบาย แสดงข้อคิดเห็น การโต้แย้ง การนำเสนอผลงานหรือชิ้นงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประเมินผลรวมถึงการสะท้อนผลสิ่งที่ได้ เรียนรู้ร่วมกัน ทั้งนี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีระดับของการเข้าใจที่สูงขึ้น

5. หลักการลำดับขั้น เป็นระดับความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน จากระดับ ที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากระดับที่ไม่เป็นทางการไปสู่ระดับที่เป็นแบบแผนทางคณิตศาสตร์ (เข้าใจหลักการ กฎเกณฑ์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อน)

2.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

การวัดและประเมินเป็นเรื่องสำคัญในการศึกษาประสิทธิผลของการนำแนวคิดไปประยุกต์ใช้ ในการจัดการเรียนการสอน ดังที่ Freudenthal (1973 cited in Van den Heuvel-Panhuizen, 1996) กล่าวว่า การตรวจสอบเป็นกิจกรรมที่มีความหมาย ผู้สอนควรตรวจสอบกระบวนการสอน อย่างน้อยก็เพื่อที่จะได้รู้ว่าจะปรับปรุงอย่างไร และผู้เรียนมีสิทธิ์ที่จะรู้ว่าเขาได้เรียนรู้บางสิ่งจริง ๆ หรือไม่ และเรียนรู้อะไรบ้าง และการสังเกตนักเรียนในระหว่างทำกิจกรรมทางคณิตศาสตร์เป็นข้อมูล สำคัญกว่าการให้คะแนนในเอกสาร

การประเมินที่เหมาะสมสำหรับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงสามารถ อธิบายได้ดีที่สุดว่าเป็น การประเมินทางยุทธวิธี (Didactical Assessment) การประเมินนี้มีความ เชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการศึกษาและเผยให้เห็นทุกแง่มุมตามแนวทางการศึกษานี้ กล่าวคือจุดประสงค์ เนื้อหา วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีลักษณะเป็นยุทธวิธีที่เป็นธรรมชาติ (Van den Heuvel-Panhuizen, 1996) โดยมีนักการศึกษาได้เสนอแนวทางการวัดและประเมินตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ดังนี้

De Lange (1987 cited in Zulkardi, 2002) ได้เสนอแนวทางในการประเมินผลตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ดังนี้

1. จุดมุ่งหมายของการทดสอบเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้และการสอน โดยการประเมินผลการ เรียนรู้ของผู้เรียนนั้นควรประเมินทั้งในระหว่างการเรียนรู้การสอน และเมื่อจบหน่วยการเรียนรู้หรือ รายวิชา

2. วิธีการประเมินผลควรช่วยให้ผู้เรียนได้แสดงถึงสิ่งที่เขาได้เรียนรู้มากกว่าสิ่งที่ไม่รู้ และการ ประเมินสามารถทำได้โดยการใช้ปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาหลายวิธีและสามารถใช้ได้หลายกลยุทธ์

3. การประเมินผลควรประเมินตามเป้าหมายทั้งหมดของการศึกษาคณิตศาสตร์ ตั้งแต่การคิด ชั้นพื้นฐาน การคิดระดับปานกลาง และการคิดระดับสูง

4. การประเมินผลในวิชาคณิตศาสตร์ ไม่ควรให้น้ำหนักการประเมินไปที่คะแนนจากการทำ ข้อสอบของผู้เรียนเพียงอย่างเดียว แต่ควรคำนึงถึงการประเมินการปฏิบัติในการแก้ปัญหาของผู้เรียน ด้วย เพื่อสามารถดูได้ว่าผู้เรียนเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือไม่

5. เครื่องมือที่ใช้ในห้องเรียนควรใช้ในการปฏิบัติ การประเมินสามารถทำได้ในห้องเรียนโดย ใช้ 2 กลยุทธ์ ได้แก่ ในระหว่างกระบวนการปฏิสัมพันธ์ (ระหว่างเรียน) และผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา (สรุปบทเรียน) ซึ่งทั้งกระบวนการและผลลัพธ์ต่างก็มีความสำคัญที่สามารถดำเนินการประเมินผลแบบ ควบคู่กันไป

Van den Heuvel-Panhuizen (1996) ได้เสนอลักษณะการวัดและประเมินผลตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ดังนี้

1. การสังเกต (A high priority assigned to observation) เนื่องจากเป้าหมายในการ ประเมินตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเน้นกระบวนการแก้ปัญหา มากกว่า ผลลัพธ์ การประเมินจะต้องใช้ข้อมูลเชิงลึกจากกิจกรรมการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และ ต้องสังเกตผู้เรียนเป็นรายบุคคล เพราะการมองในภาพรวมจะไม่มีประโยชน์ในแง่ของการประเมิน และที่สำคัญผู้สังเกตจะต้องดูการปฏิบัติและฟังสิ่งที่อธิบาย

2. การประเมินอย่างต่อเนื่องและบูรณาการอย่างเป็นธรรมชาติ (The continuous and integrated nature of assessment) การสังเกตจะต้องมีความต่อเนื่อง แต่จะถูกมองว่ากระบวนการ เป็นกระบวนการประเมินที่ถาวรซึ่งครูต้องรับรู้ตลอดเวลา ดังนั้น จะต้องบูรณาการการศึกษาและการ ประเมินตามแนวคิด RME ในกิจกรรมการเรียนการสอนเข้าด้วยกัน

3. บทบาทสำคัญของครู (The important role of the teacher) ครูต้องมีบทบาทสำคัญใน การประเมินตามแนวคิด RME ครูจะมีทักษะทั้งการสังเกต การทดสอบ การวินิจฉัย และการสั่งงาน ผู้เรียน ถือได้ว่า การวัดและประเมินผลเป็นงานหนึ่งในหน้าที่และบทบาทของความเป็นครู

4. แนวทางแบบองค์รวม (A holistic approach) การประเมินตามแนวคิด RME ไม่ได้มาเพียงทักษะบางอย่างของผู้เรียน แต่เป็นภาพรวมที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน นอกเหนือจากการสังเกตทักษะที่ได้รับแล้ว การสังเกตเกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ทักษะคิดทางคณิตศาสตร์ ระดับการแก้ปัญหาประเภทของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น ลักษณะของการทำงานร่วมกัน ความต้องการช่วยเหลือหรือสนับสนุน ปฏิกริยาโต้ตอบ อารมณ์ และแรงจูงใจ

5. การใช้แบบทดสอบปลายเปิด (Choosing an open-ended test format) จะเห็นได้ชัดว่าแบบทดสอบประเภทปิดซึ่งนักเรียนต้องทำเครื่องหมายคำตอบที่ถูกต้องจะไม่นำไปสู่การค้นพบกระบวนการแก้ปัญหาใด ๆ หากการประเมินเป็นการให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน จะต้องมองเห็นได้ชัดเจนที่สุดกับแบบทดสอบปลายเปิดซึ่งนักเรียนจะหาปัญหาและกำหนดคำตอบด้วยตนเอง ผู้เรียนจะได้รับโอกาสเพื่อแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถทำอะไรได้บ้าง ซึ่งอาจมีลักษณะที่แตกต่างกันกับผู้เรียนแต่ละคน ทักษะคิดที่เปิดกว้างนี้ครูสามารถมองเห็นว่าผู้เรียนสามารถเรียนรู้อะไรได้บ้าง

6. การประยุกต์ใช้ปัญหาที่แท้จริง (A preference for true application problems) ตามแนวคิด RME ต้องการปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบริบทที่หลากหลายและไม่ใช่มatematics ที่มุ่งเน้นคำนวณทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจเพื่อตามหาปัญหา ต้องกำหนดรูปแบบของปัญหาที่มีความท้าทาย และไม่ควรถูกกำหนดว่าผู้เรียนควรทำอย่างไร ซึ่งบริบทหนึ่งสามารถสร้างสถานการณ์เปลี่ยนกับอีกบริบทได้

Sezer & Bahadir (2018) ได้ศึกษาการประเมินกิจกรรมตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตด้วยการใช้แฟ้มสะสมงานอิเล็กทรอนิกส์ (e-Portfolio) ได้กล่าวถึงแนวทาง Constructivist และแนวคิด RME ว่ามีลักษณะคล้ายกันในหลาย ๆ ประการ ดังนั้นจึงเลือกใช้การประเมินผลทางเลือก (Alternative Assessment) และวิธีการประเมินที่มีประสิทธิภาพมากตามแนวคิด RME เช่น การเขียนแผนผังมโนทัศน์ การปฏิบัติงานและการมอบหมายงาน (Performance and Project Assignments) แฟ้มสะสมผลงาน, แฟ้มสะสมผลงานอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินตนเอง การประเมินและตรวจสอบรายการโดยเพื่อน เป็นต้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง พบว่า การวัดและประเมินผลมุ่งเน้นกระบวนการในการปฏิบัติ มากกว่าผลลัพธ์ และการประเมินจะดูแบบองค์รวมทั้งพฤติกรรม ทักษะคิด การแก้ปัญหา ปัญหาที่พบ อารมณ์รวมถึงแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นหาปัญหาและแสดงกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยแบ่งกลุ่มของงานวิจัยตามลักษณะเป้าหมายในการนำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปใช้ในกระบวนการวิจัย ได้แก่ กลุ่มวิจัยที่ศึกษาประสิทธิผลจากการนำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปใช้ และกลุ่มวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ดังนี้

1) กลุ่มวิจัยที่ศึกษาประสิทธิผลจากการนำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปใช้

Arsaythamby & Cut Morina Zubainur (2014) ได้ศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของนักเรียนในโรงเรียนประถมอย่างไร โดยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านบทเรียนคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงของอินโดนีเซีย (Indonesian Realistic Mathematics Education: IRME) การศึกษานี้ใช้การสังเกตกิจกรรมคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับแนวทาง IRME ในห้องเรียน ผลการวิจัยพบว่า แนวทาง IRME กำลังได้รับการฝึกฝนในกลุ่มทดลองแต่ยังไม่สมบูรณ์ โดยเปอร์เซ็นต์ของกิจกรรมที่เกิดจากการใช้ IRME ดังนั้น ควรมีการขยายผลให้โรงเรียนประถมศึกษาทุกแห่งได้นำไปใช้เพื่อให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

Daniel (2014) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มเรียนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) กับกลุ่มที่เรียนตามแนวคิดการเรียนรู้โดยการใช้ปัญหา (Problem Posing Approach) ซึ่งทำการวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์หัวข้อวัดการเชื่อมโยงภายในคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่น ๆ พบว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนตามแนวคิดการใช้ปัญหามีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และตัวชี้วัดการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันพบว่าความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กลุ่มที่เรียนตามแนวคิดคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามแนวคิดการใช้ปัญหา โดยผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า ปัญหาตามบริบทที่ใช้ในชั้นเรียนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงควรให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมจริง และสถานการณ์ที่กำหนดในชั้นเรียนตามแนวคิดการใช้ปัญหาควรมีข้อมูลมากพอที่นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้

Hirza & Kusumah (2014) ได้พัฒนาทักษะการหยั่งรู้ (Intuition skills) กับการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ซึ่งวัตถุประสงค์ในการวิจัยคือ เพื่อพัฒนาทักษะการหยั่งรู้ของนักเรียน โดยการเปรียบเทียบการเรียนการสอนระหว่างการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

เป็นฐาน มีหลักการในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ 1) การใช้บริบทจริงเป็นจุดเริ่มต้นในการสำรวจ 2) การใช้แบบจำลอง 3) การใช้ผลลัพธ์และการสร้างองค์ความรู้จากนักเรียน 4) การโต้ตอบในกระบวนการเรียนรู้ และ 5) ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น และการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบปกติทั่วไป งานวิจัยนี้ทดลองกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การออกแบบการวิจัยคือการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีการพัฒนาทักษะการหยั่งรู้สูงกว่าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์แบบปกติทั่วไป และผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า มีความจำเป็นต้องมีการประยุกต์ใช้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงในห้องเรียนเพื่อให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียน และสามารถประยุกต์ใช้แนวคิดของคณิตศาสตร์ในโลกแห่งความจริงได้

Laurens et al. (2017) ได้ศึกษานวัตกรรมการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างไร มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังจากใช้เรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและการเรียนรู้แบบเดิม โดยกำหนดคุณลักษณะของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหาตามบริบท การอภิปรายปัญหา และการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ร่วมกับการใช้เกมบันไดงูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงทำคะแนนผลสัมฤทธิ์ได้ดีกว่านักเรียนที่มีการเรียนรู้แบบเดิม และสะท้อนให้เห็นว่าสิ่งสำคัญสำหรับครูในการเสริมสร้างความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนผ่านแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการใช้เกมช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียน

Zakaria & Syamaun (2017) ได้ศึกษาประสิทธิผลของแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทัศนคติของนักเรียนที่มีต่อคณิตศาสตร์ การศึกษาในครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา แบ่งออกเป็นสองกลุ่มได้แก่ กลุ่มที่เรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และกลุ่มที่เรียนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดเจตคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การใช้แนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน แต่ไม่เกี่ยวข้องกับทัศนคติที่มีต่อวิชาคณิตศาสตร์ และแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้น แนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

Yuanita et al. (2018) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแนวทางการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุบทบาทของการเป็นตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ในฐานะสื่อกลางระหว่างความเชื่อทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหา โดยทดสอบกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นทั้งหมด 426 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และกลุ่มที่เรียนแบบปกติ กลุ่มทดลองได้รับการสอนแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ครูแนะนำปัญหาที่เป็นจริงให้กับนักเรียนและช่วยให้นักเรียนเข้าใจการตั้งค่าปัญหาครูแก้ไขแนวคิดก่อนหน้าและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ของนักเรียน 2) นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม โดยนักเรียนแต่ละคนมีหนังสือที่มีคำถามตามบริบทและสร้างปัญหาตามสถานการณ์ แบ่งปันความคิดวิเคราะห์รูปแบบ สร้างข้อคาดการณ์ และขยายกลยุทธ์การแก้ปัญหาตามความรู้ หรือประสบการณ์ และ 3) เป็นการประเมินความก้าวหน้าของนักเรียนในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า การเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในฐานะสื่อกลางระหว่างความเชื่อทางคณิตศาสตร์และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยวิธีการตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ช่วยเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Ulandari et al. (2019) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการตนเอง (Self-Efficacy) มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการตนเอง สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา ได้แก่ แผนการสอน หนังสือเรียน ใบงาน แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบสอบถามการรับรู้ความสามารถของตนเอง ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเป็นไปตามเกณฑ์ที่มีประสิทธิผล และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการตนเอง และพบว่าครูคณิตศาสตร์พยายามเรียนรู้การใช้สื่อการเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

Anggraini & Fauzan (2020) ได้ศึกษาผลของแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้ และประยุกต์ใช้แนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเทียบกับการเรียนรู้แบบเดิมตามระดับความสามารถของผู้เรียน การศึกษานี้ใช้การศึกษากึ่งทดลอง ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธี RME นั้นสูงกว่าความสามารถของผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบเดิม นอกจากนี้ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่มีการรับรู้ความสามารถของตนเองต่ำและเรียนรู้ด้วยวิธี RME สูงกว่าผู้ที่เรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบเดิม

Yerizon & Ismail (2020) ได้ศึกษาพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผ่านใบงานคณิตศาสตร์โดยตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาในงานคณิตศาสตร์ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยใช้ หลักการดังนี้ การใช้บริบท การใช้แบบจำลอง ผลงานนักเรียน การโต้ตอบ และการบูรณาการ ผลการวิจัยพบว่า ใบงานสามารถนำไปใช้ได้จริงมีประสิทธิภาพและถูกต้อง สามารถพัฒนาทักษะการ สื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ การใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียนทำให้การเรียนรู้มี ความหมายมากขึ้น

Nuswantari & Siagian (2020) การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงโดยใช้ซอฟต์แวร์ GeoGebra เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียน วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงโดยใช้ซอฟต์แวร์ GeoGebra (PBRME-G) รวมทั้งพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยกิจกรรมหลักของการดำเนินการตามแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงประกอบไปด้วย 1) ทำความเข้าใจปัญหาตามบริบท 2) การ แก้ปัญหา 3) การเปรียบเทียบและอภิปรายเกี่ยวกับคำตอบ และ 4) สรุปผล ผลการวิจัยพบว่า สื่อการ เรียนรู้ที่ใช้ PBRME-G มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ประสิทธิภาพและสามารถพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ และพบว่าครูคณิตศาสตร์ได้พยายามเรียนรู้การใช้สื่อการเรียนรู้ทาง คณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น

Adjie et al. (2021) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ผ่านแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME) โดยแนวคิด RME เหมาะสำหรับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่เชื่อมโยงนามธรรมเข้ากับคณิตศาสตร์ที่เป็นรูปธรรมและมีประโยชน์ RME เน้นความสำคัญของบริบท จริงที่ผู้เรียนคุ้นเคยและกระบวนการสร้างบริบทเหล่านั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ RME ที่มีต่อความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ วิธีการที่ใช้คือการทดลอง ผลการศึกษาพบว่า 1) กลุ่มตัวอย่างก่อนนำแนวคิด RME มาใช้ผู้เรียนมีความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ต่ำ 2) กิจกรรม การเรียนรู้ด้วยวิธี RME มีผลในการพัฒนาความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และ 3) สภาพของ ผู้เรียนหลังเรียนรู้ตามแนวคิด RME อยู่ในเกณฑ์ดีมาก สรุปได้ว่า RME มีส่วนช่วยปรับปรุงผลการ เรียนรู้ของผู้เรียนและทำให้การเรียนรู้มีความหมายมากขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้มีความข้องกับ ความ เป็นจริงของชีวิตผู้เรียนอยู่เสมอ

USKUN (2021) ได้ศึกษาผลของการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงที่มีต่อทักษะ การวางปัญหาและการแก้ปัญหาของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education: RME) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะในการตั้งโจทย์และการ

แก้ปัญหาโดยอาศัยการดำเนินการพื้นฐาน 4 ประการ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มทดลองและทักษะการวางปัญหาและการแก้ปัญหาโดยใช้การดำเนินการพื้นฐานสี่ประการ ผู้เรียนที่ได้รับการสอนตามวิธี RME จะเข้าใจข้อความแสดงปัญหาได้ดีขึ้น สร้างปัญหาที่มีความหมายมากขึ้น และพัฒนาความสามารถในการเลือกข้อมูลและการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา การขยายผลการใช้แนวทาง RME ในห้องเรียนจะช่วยพัฒนาทักษะการวางปัญหาและการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในการทดสอบระดับชาติ

Siregar et al. (2022) ได้ศึกษาการเรียนรู้ของผู้เรียน ด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ผ่านการศึกษาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียนด้วยการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง การวิจัยประเภทนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดเจตคติ ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า คือ ในกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้แนวคิดของการศึกษาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.1 ในขณะที่ผู้เรียนกลุ่มที่เรียนรู้แบบปกติมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 17.3 จำนวนผู้เรียนที่ทำคะแนนได้สูงกว่า 60% ในกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้แนวคิดของการศึกษาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงในการทดสอบปลายภาคมีถึง 88.65% แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนกลุ่มที่เรียนรู้โดยใช้แนวคิดของการศึกษาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพิ่มขึ้นมากเมื่อเทียบกับกลุ่มผู้เรียนที่เรียนรู้แบบปกติ

เกศินี เพ็ชรรุ่ง (2556) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เพื่อส่งเสริมโน้ตทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงมีโน้ตทัศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ธัญพิมล จันทร์นุ่น (2558) ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนที่ได้รับการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนา ความคิดของเด็กมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่กลุ่มที่เรียนปกติ 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ เรียนปกติ และ 5) นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็ก มีพัฒนาการของความสามารถในการให้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

2) กลุ่มวิจัยที่ศึกษาและพัฒนาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง

Wahyudi et al. (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง สำหรับครูประถมศึกษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนา RME 2) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของ การเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการประยุกต์ใช้ RME และ 3) เพื่อศึกษาข้อจำกัด แนวทางแก้ไข และการนำ RME ไปใช้ในโรงเรียนประถมศึกษา โดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนาและการวิจัยปฏิบัติการในชั้น เรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) ขั้นตอนของการนำ RME ไปใช้สำหรับครูในโรงเรียนประถมศึกษา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ (1) การทำความเข้าใจปัญหาและบริบทในชีวิตประจำวัน (2) การ อธิบายปัญหาตามบริบท (3) การแก้ปัญหาตามบริบท (4) การเปรียบเทียบและอภิปรายคำตอบ และ (5) การสรุปผล 2) การนำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปใช้สามารถปรับปรุง ประสิทธิภาพของการเรียนคณิตศาสตร์ 3) ข้อจำกัดในการนำแนวคิด RME ไปใช้ ได้แก่ นักเรียนไม่มื ความเข้าใจเพียงพอเกี่ยวกับสื่อการสอนคณิตศาสตร์ ไม่คุ้นเคยกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาใน ชีวิตประจำวัน ไม่ค่อยคุ้นเคยกับการใช้สื่อการสอนในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่เชี่ยวชาญแนวทางต่าง ๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่มีทักษะในการวางแผนการเรียนคณิตศาสตร์ และขาดทักษะในการ จำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูควรส่งเสริมการพัฒนาสื่อการสอนที่ความสัมพันธ์กับปัญหาใน ชีวิตประจำวัน การใช้สื่อ/ทัศนูปกรณ์สำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และใช้แนวทางและวิธีการต่าง ๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างหลากหลาย

Mulbar & Zaki (2018) ได้ศึกษาการออกแบบการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ของนักเรียนระดับประถมศึกษา การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและออกแบบการเรียนรู้โดยอาศัย แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง การออกแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดย

เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงของนักเรียน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับอภิปัญญาและไม่เกี่ยวข้องกับอภิปัญญา มีลักษณะของกิจกรรมดังนี้ 1) กิจกรรมของนักเรียนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง 2) ความสมบูรณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียนแบบคลาสสิก และ 3) การตอบสนองของนักเรียนต่อการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงประกอบด้วยแผนการสอน คู่มือครู หนังสือเรียน และแบบฝึกหัด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นและแรงจูงใจมากขึ้นในการเรียนรู้ และส่งผลดีต่อการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

Trung et al. (2019) ได้ศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME) และการศึกษาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ (Didactical Situations in Mathematics: DSM) ในบริบทของการปฏิรูปการศึกษาในเวียดนาม เป็นการศึกษาลักษณะของการวิเคราะห์แนวคิด โดยกำหนดคำถามวิจัยว่า เป็นไปได้หรือไม่ที่จะรวมและประยุกต์ใช้ทฤษฎี DSM และ RME ในกระบวนการปฏิรูปการศึกษาคณิตศาสตร์ในเวียดนามและนักเรียนเวียดนามสามารถเรียนคณิตศาสตร์จากแบบจำลองและตัวอย่างการประยุกต์ใช้ทฤษฎีทั้งสองนี้ในการสอนคณิตศาสตร์ได้หรือไม่ ในการศึกษาได้ออกแบบสถานการณ์จากแนวคิด RME ร่วมกับ DSM เพื่อใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) สถานการณ์สำหรับการสร้างแนวคิดหรือทฤษฎีภายในคณิตศาสตร์ 2) สถานการณ์สำหรับการประยุกต์ใช้แนวคิดในบริบทจริง 3) สถานการณ์จำลองโดยกิจกรรมทางความคิดส่วนบุคคล 4) สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางสังคม เมื่อนำสถานการณ์ดังกล่าวไปออกแบบในกิจกรรมการเรียนการสอนแล้วนำไปทดลองใช้พบว่า นักเรียนจะได้รับเวลาไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ในแต่ละสถานการณ์ และพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนในการนำคณิตศาสตร์ไปสู่การปฏิบัติ ได้แก่ นักเรียนยังไม่ได้ปรับเข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ นักเรียนไม่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโจทย์คณิตศาสตร์ ความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนมีจำกัด และบริบทที่กำหนดยังไม่ได้รับการใช้ประโยชน์และพิสูจน์อย่างเต็มที่โดยนักเรียน

Mutaqin et al. (2021) ได้ศึกษาแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเกี่ยวกับการสอนเรขาคณิตในโรงเรียนประถมศึกษา ซึ่งเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบร่วมมือ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายขั้นตอนของการนำแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME) ไปใช้ในการสอนเรขาคณิตในโรงเรียนประถมศึกษา งานวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการร่วมกันระหว่างครูผู้สอน ผู้เรียน และอาจารย์ เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต การสัมภาษณ์ และการทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า ขั้นตอนการดำเนินการตามแนวทาง RME ประกอบด้วย 1) การเข้าใจปัญหาตามบริบท 2) การอธิบายปัญหาตามบริบท 3) การแก้ปัญหาตามบริบท 4) การ

เปรียบเทียบและอภิปรายคำตอบ และ 5) การสรุป การดำเนินการตามแนวทาง RME ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถพัฒนาผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิตได้

Trung (2019) ได้ศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME) และสถานการณ์การสอนคณิตศาสตร์ (DSM) ในบริบทของการปฏิรูปการศึกษาในประเทศไทยดังกล่าวถึง การศึกษาคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการปฏิรูปการศึกษาอย่างต่อเนื่องในเวียดนาม ซึ่งเริ่มด้วยการต่ออายุหลักสูตรและตำราเรียน (ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงมัธยมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนปลาย) ในปัจจุบันสถานการณ์การสอนคณิตศาสตร์และการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพในเนเธอร์แลนด์ อเมริกา ฝรั่งเศส อินโดนีเซีย ฯลฯ พบว่า ข้อกังวลต่าง ๆ เกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนในการนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการปฏิบัติ 1) ผู้เรียนไม่ได้ปรับตัวให้เข้ากับประเภทงานคณิตศาสตร์ที่เสนอและวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ภาคปฏิบัติ 2) ผู้เรียนไม่กระตือรือร้นที่จะใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโจทย์คณิตศาสตร์ ในชีวิตจริง เมื่อเจองานประเภทใหม่และความรู้ที่ไม่คุ้นเคยในโรงเรียน 3) ความเข้าใจในการอ่านโดยทั่วไปของผู้เรียนมีจำกัด 4) บริบทที่กำหนดยังไม่ได้รับการใช้ประโยชน์และตรวจสอบอย่างเต็มที่โดยผู้เรียน และ 5) ความสามารถในการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนไม่เพียงพอ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง พบว่ามีการนำแนวคิดนี้ไปใช้ในการพัฒนาด้านการเรียนการสอนและการพัฒนาหลักสูตรทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการนำแนวคิดไปใช้ร่วมกับแนวคิดอื่น ๆ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะที่จำเป็นสำหรับวิชาคณิตศาสตร์ นอกจากนี้พบว่า งานวิจัยที่ส่วนใหญ่ที่นำแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงไปทดลองใช้ ส่งผลให้มีการพัฒนาทั้งด้านความรู้และทักษะกระบวนการคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายสำหรับผู้เรียนและเกิดประสิทธิผลตามเป้าหมายที่กำหนด

3. แนวคิด Model-Eliciting Activities

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด Model-Eliciting Activities เพราะเป็นแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนร่วมกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ในส่วนนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับความหมาย หลักการ แนวทางการวัดและประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของ Model-Eliciting Activities

Model-Eliciting Activities หรือ MEAs เป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีวิธีการที่เข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียน โดยถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในกลางทศวรรษ 1970 และ Dr. Richard Lesh เป็นศาสตราจารย์ด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยอินเดียนา (Indiana University) ประเทศสหรัฐอเมริกา และดำรงตำแหน่งหัวหน้าโครงการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และผู้อำนวยการศูนย์วิจัยเทคโนโลยีและการเรียนรู้ ได้สร้างความน่าเชื่อถือกับการประกาศใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) โดยในช่วงแรกจะรู้จักในชื่อ กรณีศึกษาสำหรับเด็ก (Case Studies for Kids) หรือ กิจกรรมเปิดเผยความคิด (Thought Revealing Activities) แล้วจึงเปลี่ยนมาเป็น Model-Eliciting Activities ในภายหลัง (Lesh et al., 2000; Chamberlin & Moon, 2005; Hamilton et al., 2008; Yildirim et al., 2010; Chamberlin & Coxbill, 2012) โดยนักการศึกษาไม่ได้ให้ความหมายไว้โดยตรง แต่อธิบายลักษณะของ Model-Eliciting Activities ดังนี้

Hamilton et al. (2008) กล่าวว่า MEAs เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง สถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงที่นักเรียน 3-5 คนทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อแก้ปัญหาในคาบเรียน ที่สำคัญการแก้ปัญหาแบบวนซ้ำตามแนวคิด MEAs คือเพื่อความชัดเจน เป็นการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองที่จะช่วยแก้ปัญหา

Yildirim et al. (2010) กล่าวว่า MEAs ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และเป็นกลไกในการเข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียน โดยใช้ MEAs เพื่อสังเกตความก้าวหน้าของความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนและการเติบโตของความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และ MEAs กลายเป็นเครื่องมือสำหรับทั้งผู้สอนและผู้วิจัยไม่เพียงแต่สังเกต แต่ยังออกแบบสถานการณ์ที่ดึงดูดผู้เรียนให้มีส่วนร่วมในการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

Wessels (2014) กล่าวว่า MEAs มีความซับซ้อน เปิดกว้าง และเป็นปัญหาที่ไม่ใช่กิจกรรมประจำในบริบทต่าง ๆ ของโลกแห่งความเป็นจริงที่สามารถเข้าถึงได้โดยผู้เรียน งานทางคณิตศาสตร์แบบเปิดกว้างช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาแบบจำลองและนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนจะได้สร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน โดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการสร้างความรู้ใหม่ และครูจะศึกษาการคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

Flot et al. (2016) กล่าวว่า MEAs เป็นกลุ่มของปัญหาที่นักเรียนจะต้องพัฒนาโลกทัศน์ (Mental Model) เป็นตัวแทนและการรวมประเด็นสำคัญของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด เพื่อหาเหตุผลเกี่ยวกับปัญหา และสร้างแนวทางแก้ไข

Dedebaş (2017) กล่าวว่า MEAs เป็นเครื่องมือที่ใช้ในโรงเรียนและมุมมองการสร้างแบบจำลอง เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อน เปิดกว้าง และไม่เป็นกิจวัตรประจำวัน ออกแบบมาเพื่อให้ นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นทีมเพื่อเน้นความเข้าใจเชิงลึกและเชิงแนวคิด

Winda et al. (2018) กล่าวว่า MEAs เป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถของนักเรียน ในการสร้างแบบจำลอง แสดงถึงความร่วมมือภายในกลุ่มนักเรียนที่สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา

Pertamawati & Retnowati (2019) กล่าวว่า MEAs เป็นกิจกรรมที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริม การแก้ปัญหาในชีวิตจริงเนื่องจากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างชีวิตจริงกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาความหมาย Model-Eliciting Activities สรุปได้ว่า Model-Eliciting Activities หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงโครงสร้างของกระบวนการคิดออกมาได้อย่างสร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้จริง

3.2 หลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities

Lesh et al. (2000) ได้กำหนดหลักการตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 หลักการ ดังนี้

1. หลักการสร้างแบบจำลอง (The Model Construction Principle) ได้กล่าวถึงแนวคิด Model-Eliciting Activities เป็นกิจกรรมที่เปิดเผยความคิด วิธีคิดที่ต้องเน้นคือระบบความคิดที่นักเรียนใช้สร้างหรือตีความ (อธิบายหรือขยายความ) ระบบโครงสร้างที่น่าสนใจ ดังนั้นในการพัฒนาแบบจำลองหลักการแรกที่ต้องเน้นคือ เป้าหมายของกิจกรรมในการพัฒนาแบบจำลองและแบบจำลองต้องมีโครงสร้างที่ชัดเจน คำอธิบายหรือการคาดการณ์ที่สมเหตุสมผล

2. หลักแห่งความจริง (The Reality Principle) หรืออาจเรียกว่าหลักแห่งความหมาย (Meaningfulness Principle) เป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องพยายามทำความเข้าใจกับสถานการณ์ โดยอาศัยการขยายความรู้และประสบการณ์ของตนเอง

3. หลักการประเมินตนเอง (The Self-Assessment Principle) ถ้าผู้เรียนพบปัญหาที่มีความหมายสำหรับการเรียนรู้และกำหนดโครงสร้างผ่านการอธิบาย จนกลายเป็นแนวคิดในการสร้างแบบจำลองซึ่งมักจะปรากฏในลักษณะของการทำงานกลุ่ม ดังนั้นการประเมินตนเองจึงมีความสำคัญที่จะพิจารณาว่าแนวคิดที่สร้างขึ้นแก้ปัญหาได้จริงหรือไม่ มีแนวคิดอื่นหรือไม่ จุดประสงค์ชัดเจนหรือไม่ ซึ่งผู้เรียนสามารถปรับแนวคิดหรือโครงสร้างให้ตรงจุดประสงค์ที่สุด

4. หลักการสร้างเอกสาร (The Construct Documentation Principle) เนื่องด้วยการแก้ปัญหาจะต้องมากกว่าการคิดเพียงเท่านั้น การคิดจะต้องถูกแสดงออกเพื่อเปิดเผยให้เห็นเส้นทางหรือกระบวนการแก้ปัญหาที่ตรวจสอบได้ โดยวัตถุประสงค์ของการสร้างเอกสารเพื่อเป็นกระบวนการเรียนรู้และการทำเอกสารไปพร้อม ๆ กัน กล่าวคือ เป็นการประเมินตนเองของผู้เรียนและการแสดงความคิดไปพร้อม ๆ กัน

5. หลักการสร้างความสามารถในการแบ่งปันและการนำกลับมาใช้ใหม่ (The Construct Shareability and Reusability Principle) หลักการข้อนี้เกิดจากคำถามที่ว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีประโยชน์เฉพาะกับผู้พัฒนาและใช้ได้เฉพาะกับสถานการณ์เฉพาะที่นำเสนอในปัญหาเท่านั้นหรือไม่ หรือให้วิธีคิดที่แลกเปลี่ยนได้ ปรับเปลี่ยน แก้ไข และนำกลับมาใช้ใหม่ได้หรือไม่ ในฐานะเครื่องมือทางความคิด แบบจำลองทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนที่ได้มาจากเครื่องมือเหล่านี้มีความแตกต่างกันอย่างมากตามความสามารถในการหาค่าทั่วไป บางสถานการณ์ถูกจำกัดไว้อย่างมากกับลักษณะเฉพาะ แต่บางสถานการณ์นำไปใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันในเชิงโครงสร้างที่หลากหลายได้ แต่ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์นักเรียนแทบไม่ได้รับความท้าทายในการพัฒนาความคิด เพราะแบบเรียนส่วนใหญ่จะเป็นชุดปัญหาแบบเดิม ที่จัดเตรียมแบบจำลองหรือเครื่องมือที่เป็นแนวทางให้นักเรียนนำไปใช้ในการสร้างคำตอบแบบเจาะจง โดยสรุปคือหลักการนี้ต้องการให้ผู้เรียนที่สร้างแบบจำลองสามารถถ่ายทอดความรู้ไปยังสถานการณ์หรือบริบทอื่น ๆ ได้

6. หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (The Effective Prototype Principle) แบบจำลองที่เปิดเผยความคิดที่มีประสิทธิผลจะต้องมีความสำคัญในเชิงโครงสร้าง แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีขั้นตอนที่ซับซ้อน มุ่งเน้นความสัมพันธ์เชิงแนวคิดที่เป็นเป้าหมายในการสร้างแบบจำลองเพื่อแก้ปัญหา

Chamberlin & Moon (2005) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 หลักการ ดังนี้

1. หลักการสร้างแบบจำลอง (Model Construction Principle) แบบจำลองคือระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ การดำเนินการที่อธิบายว่าองค์ประกอบ และรูปแบบหรือกฎเกณฑ์ที่ใช้กับความสัมพันธ์และการดำเนินงาน แบบจำลองจะเห็นได้ชัดเมื่อระบบหนึ่งสามารถอธิบายอีกระบบหนึ่งได้ หลักกิจกรรมนี้ได้ออกแบบมาโดยเพื่อกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมที่สร้างสรรค์และการคิดสังเคราะห์

2. หลักการแห่งความเป็นจริง (The Reality Principle) หลักการความเป็นจริงเรียกว่า หลักการความหมาย หลักการนี้ระบุว่าสถานการณ์ที่นำเสนอควรเป็นสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้จริงในชีวิตของนักเรียน การให้ความสนใจอย่างใกล้ชิดกับหลักการความเป็นจริงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสนใจของนักเรียน และจำลองประเภทของกิจกรรมที่นักคณิตศาสตร์ประยุกต์จริง ยิงปัญหาที่มีความเป็นจริงมากเท่าไรก็จะยิ่งมีศักยภาพในการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์มากขึ้น

3. หลักการประเมินตนเอง (The Self-Assessment Principle) หลักการประเมินตนเองระบุว่านักเรียนต้องสามารถวัดความเหมาะสมและประโยชน์ของการแก้ปัญหาโดยไม่ต้องป้อนข้อมูลจากครู หรือในทางกลับกันนักเรียนอาจใช้ข้อมูลนี้เพื่อพัฒนาการตอบสนองในการทำซ้ำในภายหลัง หลักการนี้สอดคล้องกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากบุคคลที่ทำงานสร้างสรรค์จะต้องมีทักษะในการประเมินตนเอง

4. หลักการสร้างเอกสาร (The Construct Documentation Principle) หรือกิจกรรมเปิดเผยความคิด (Thought Revealing Activities) หลักการจัดทำเอกสารระบุว่านักเรียนต้องสามารถเปิดเผยความคิดของตนเองในขณะที่ทำงานแนวคิด Model-Eliciting Activities และกระบวนการคิดของนักเรียนจะต้องได้รับการบันทึกไว้ หลักการนี้เกี่ยวข้องกับหลักการประเมินตนเอง ซึ่งกำหนดให้นักเรียนประเมินว่าวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นสะท้อนให้เห็นอย่างไร

5. หลักการสร้างความสามารถในการแบ่งปันและการนำกลับมาใช้ใหม่ (The Construct Shareability and Reusability Principle) หลักการนี้ระบุว่าผลที่ได้ควรสามารถใช้ในสถานการณ์คู่ขนานได้ ถ้าแบบจำลองที่พัฒนาสามารถนำไปใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ได้ การตอบสนองก็จะประสบความสำเร็จ และหลักการนี้เกี่ยวข้องกับหลักการถัดไป

6. หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (The Effective Prototype Principle) หลักการนี้ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นควรให้ผู้อื่นตีความได้ง่าย หลักการนี้แตกต่างจากหลักการสร้างความสามารถในการแบ่งปันและการนำกลับมาใช้ใหม่ตรงที่นักเรียนอาจใช้ต้นแบบนี้ในลักษณะที่คล้ายกันแต่ไม่ใช่สถานการณ์คู่ขนาน หลักการสุดท้ายสองข้อนี้ช่วยให้นักคณิตศาสตร์รุ่นใหม่ได้เรียนรู้ว่าการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เชิงสร้างสรรค์นั้นมีประโยชน์และสามารถเข้าใจได้โดยทั่วไป

Yildirim et al. (2010) ได้กล่าวถึงหลักการสำคัญของแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 หลักการ ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction) ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบที่ใช้อธิบายระบบอื่น ๆ ความรู้สึกเชิงระบบ การอธิบายระบบ หรือเพื่อคาดการณ์เกี่ยวกับระบบกลุ่มโดยผู้เรียนต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ระบบ) ที่ตอบสนองความต้องการที่กำหนด

2. หลักความจริง (Reality) กิจกรรมที่จัดขึ้นจะสอดคล้องกับความเป็นจริง เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาจากบริบท และต่อยอดความรู้จากประสบการณ์ที่มีอยู่

3. การประเมินตนเอง (Self-Assessment) ในขณะที่พัฒนาแบบจำลอง ผู้เรียนจะต้องประเมินการทำงานของตนเอง โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบและแก้ไขแบบจำลองของตนเองให้มีประสิทธิภาพและตรงกับเป้าหมายที่กำหนด

4. เอกสารประกอบแบบจำลอง (Model Documentation) แบบจำลองต้องได้รับการจัดทำเป็นเอกสารเพื่ออธิบายลักษณะของแบบจำลอง ซึ่งแนวทาง MEAs ไม่ใช่เพียงการสร้างแบบจำลอง แต่เป็นการอธิบายความคิด กล่าวคือแบบจำลองเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

5. การปรับใช้ (Generalizability) แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นต้องสามารถแลกเปลี่ยน แก้ไข หรือใช้ซ้ำในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้ โดยแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นไม่ใช่ไว้ใช้กับสถานการณ์ที่กำหนดเท่านั้น แต่ควรจะนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้ตามบริบทที่คล้ายคลึงกัน

6. การเป็นต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (Effective Prototype) เป็นการแก้ปัญหาของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นหรือที่เป็นประโยชน์สำหรับการตีความสถานการณ์อื่น ๆ กิจกรรมต้องส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับสถานการณ์ที่ซับซ้อน แนวคิดพื้นฐานต้องเป็นแนวคิดที่สำคัญ และผู้เรียนควรจะคิดย้อนกลับเมื่อพบสถานการณ์อื่น ๆ ที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกัน

Chamberlin & Coxbill (2012) ได้กล่าวถึงหลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 ประการดังนี้

1. หลักการสร้างแบบจำลอง (Model-construction Principle) หลักการสร้างแบบจำลองแสดงให้เห็นถึงความจริงที่ว่าด้วยหลักการว่าผู้แก้ปัญหาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาอย่างไร หลักการนี้มีสององค์ประกอบได้แก่ 1) แบบจำลองต้องสามารถเป็นแบบจำลองและกฎที่ควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขได้อย่างชัดเจน และ 2) แบบจำลองต้องสามารถใช้ในสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงจำเป็นต้องสามารถทำงานได้ในสถานการณ์เฉพาะหน้าและสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกันในอนาคต

2. หลักการความเป็นจริง (Reality Principle) มุ่งเน้นว่าการกำหนดปัญหาต้องมีความหมายและเกี่ยวข้องกับนักเรียน

3. หลักการประเมินตนเอง (Self-assessment Principle) เมื่อขั้นตอนการดำเนินงานเสร็จสิ้น ผู้แก้ปัญหาสามารถประเมินแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นด้วยตนเอง

4. หลักการจัดทำเอกสารของแบบจำลอง (Model documentation Principle) ผู้แก้ปัญหาต้องสามารถจัดทำเอกสารและเปิดเผยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของตนได้ ผู้เรียนต้องสามารถสร้างกระบวนการคิดของตนขึ้นมาเพื่อให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา

5. หลักการปรับเปลี่ยนและนำมาใช้ใหม่ (Model share-ability and reusability Principle) การสร้างแบบจำลองที่ใช้ปัญหามีโอกาสนำมาใช้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ การนำกลับมาใช้ใหม่และแบ่งปันกับเพื่อน และที่สำคัญแบบจำลองที่สามารถใช้ซ้ำได้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์และในชีวิตจริง

6. หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (Effective prototype Principle) หลักการนี้เชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับหลักการประเมินตนเองและยืนยันว่านักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการทดสอบแบบจำลอง ประสิทธิภาพของแบบจำลองต้องประกอบด้วยความกระชับและง่ายต่อการตีความ

Pertamawati & Retnowati (2019) ได้กล่าวถึงหลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities ประกอบด้วย 6 ประการดังนี้

1. ความหมายส่วนบุคคล (Personal Meaningfulness) หลักการนี้สนับสนุนให้ใช้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์และมีความหมายเหมือนจริง นักเรียนต้องเข้าใจและจินตนาการถึงปัญหาที่คร่อมอบให้ สิ่งสำคัญคือต้องเลือกปัญหาที่เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนสัมพันธ์กับปัญหาได้ดี

2. การสร้างแบบจำลอง (Model Construction) หลักการเน้นย้ำให้ครูอย่าเลือกปัญหาที่สามารถแก้ไขได้โดยตรงโดยใช้สูตรพื้นฐานทั่วไป หลักการนี้ต้องการให้นักเรียนตระหนักกว่ามีความจำเป็นที่จะต้องสร้างวิธีใหม่ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องหาแบบจำลองและโครงสร้างใหม่จากโจทย์

3. การประเมินตนเอง (Self-Evaluation) หลักการนี้กระตุ้นให้นักเรียนประเมินกลยุทธ์การแก้ปัญหาของตนเอง สิ่งสำคัญคือต้องแน่ใจว่าปัญหาต้องสามารถกระตุ้นนักเรียนในการประเมินวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหา และนักเรียนต้องตระหนักถึงความถูกต้องของการแก้ปัญหาโดยกิจกรรมการแก้ปัญหาที่นักเรียนสร้างขึ้น

4. เอกสารประกอบแบบจำลอง (Model Documentation) หลักการนี้ต้องการให้นักเรียนจัดทำเอกสารกลยุทธ์การแก้ปัญหา ครูต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าปัญหาสามารถทำให้นักเรียนอธิบายความคิดได้อย่างละเอียดไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบปากเปล่าหรือเป็นลายลักษณ์อักษร

5. ต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ (Effective Prototype) หลักการนี้เน้นให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ ปัญหาที่คาดว่าจะมีปัญหาที่ค่อนข้างง่าย แต่มีความหมายทางคณิตศาสตร์และสามารถทำให้นักเรียนคิดและสร้างแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพได้

6. การแบ่งปันและนำแบบจำลองมาใช้ใหม่ (Model Share-ability and Reusability) แบบจำลองการแก้ปัญหาที่ได้รับสามารถใช้แก้ไขและนำไปใช้กับสถานการณ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังคาดหวังว่าจะสามารถแบ่งปันสิ่งที่ได้รับ และนักเรียนจะต้องนำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้แบบจำลองการแก้ปัญหากับเพื่อน ๆ

ขวัญหทัย พิกุลทอง และคณะ (2561) ได้กล่าวถึงสาระหลักสำคัญของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ดังนี้

1. หลักการสร้างรูปแบบ ปัญหาที่ใช้จะต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถสร้างกระบวนการในการแก้ปัญหาได้

2. หลักการของความจริง ปัญหาที่ใช้จะต้องมีความหมายเกี่ยวข้องกับนักเรียนและมีพื้นฐานของความเป็นจริง

3. หลักการประเมินตนเอง นักเรียนจะต้องมีความสามารถที่จะประเมินตนเองขณะแก้ปัญหาได้
4. หลักการอธิบายในรูปแบบเอกสาร นักเรียนแสดงให้เห็นกระบวนการคิดการแก้ปัญหาได้ ในรูปแบบของใบงาน ใบกิจกรรม และแบบทดสอบ
5. หลักการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทางความสามารถและการนำกลับมาใช้ การแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นโดยนักเรียนควรทำปัญหาอยู่ในรูปร่างง่ายรูปทั่วไปที่ผู้อื่นสามารถนำไปปรับใช้ได้
6. หลักการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ การสร้างตัวแบบควรเป็นต้นแบบที่มีความเป็นไปได้ สำหรับการตีความในสถานการณ์อื่นและมีนัยสำคัญทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาหลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities ของนักการศึกษาจำนวน 6 ท่าน พบว่า หลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities มีลักษณะคล้ายคลึงกันประกอบด้วย 6 หลักการ ได้แก่ 1) หลักการสร้างแบบจำลอง 2) หลักการความเป็นจริง 3) หลักการประเมินตนเอง 4) หลักการอธิบายความคิด โดยหลักการข้อนี้ นักการศึกษาส่วนใหญ่ใช้คำว่า หลักการสร้างเอกสาร ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าหลักการข้อนี้ต้องการให้ผู้เรียนเปิดเผยแนวความคิดในการแก้ปัญหาจึงใช้คำว่า หลักการอธิบายความคิดแทน 5) หลักการแลกเปลี่ยนและปรับใช้ และ 6) หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ และผู้วิจัยได้สังเคราะห์คำอธิบายลักษณะสำคัญของแต่ละหลักการ ดังนี้

1. หลักการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนสร้างกระบวนการ หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหา รวมถึงอธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ การดำเนินการและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์
2. หลักการความเป็นจริง ผู้เรียนเข้าถึงปัญหาหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นความจริง สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจของผู้เรียน
3. หลักการประเมินตนเอง ผู้เรียนประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลของแนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เพื่อปรับแก้และพัฒนาในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา
4. หลักการอธิบายความคิด ผู้เรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นผ่านการพูดอธิบาย หรืออธิบายเป็นข้อความในรูปแบบของใบงาน ใบกิจกรรมหรือแบบทดสอบ
5. หลักการแลกเปลี่ยนและปรับใช้ กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นอยู่ในรูปทั่วไป ที่ผู้อื่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกันได้ และผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหากับเพื่อนร่วมชั้นเรียน
6. หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาในรูปร่างง่าย มีความเป็นไปได้และมีนัยสำคัญทางคณิตศาสตร์ และเป็นต้นแบบในการตีความเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน

3.3 แนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิด Model-Eliciting Activities

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลตามแนวคิด Model-Eliciting Activities พบว่า การวัดและประเมินผลส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของการประเมินการปฏิบัติงานระหว่างการสร้างแนวคิด วิธีการหรือขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยอาจจะอยู่ในรูปแบบของกิจกรรมกลุ่ม หรืองานเดี่ยวก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ ตัวอย่างงานวิจัย ดังนี้

Lesh et al. (2000) ใช้การประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) เป็นหลัก และเทียบคุณภาพกับเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)

Chamberlin & Moon (2005) ใช้การประเมินการปฏิบัติเป็นฐาน (Performance-based Assessment) เพื่อวัดความสามารถความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Coxbill et al. (2013) ใช้แนวคิด MEAs เป็นเครื่องมือประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ในโรงเรียนประถมศึกษา

Dedebaş (2017) เป็นลักษณะกิจกรรมที่ปัญหาปลายเปิด (Open-ended Problems) เพื่อให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาและสร้างแนวคิดในการแก้ปัญหตามแนวคิด Model-Eliciting Activities

Yerizon et al. (2021) เป็นลักษณะของการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้ (Formative Evaluation) ประกอบไปด้วยการประเมินผลรายบุคคล และแบบกลุ่ม ประเมินผ่านในกิจกรรมที่ให้นักเรียน และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด Model-Eliciting Activities

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด Model-Eliciting Activities ซึ่งประกอบไปด้วยงานวิจัยต่างประเทศ และงานวิจัยในประเทศไทย ดังนี้

Chamberlin & Moon (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้ Model-Eliciting Activities เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษในด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า Model-Eliciting Activities สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และประกอบกับเอกสารที่ให้นักเรียนเขียนวิธีการคิดในกิจกรรม ทำให้สามารถวัดระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และจำแนกนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษในด้านการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้

Wessels (2014) ได้ศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด Model-Eliciting Activities วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่านักศึกษาครูสามารถเตรียมใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเด็กเล็กอายุหกถึงเก้าขวบได้อย่างไร เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยครู นักศึกษาครูได้สร้างแบบจำลองตามแนวคิด MEAs เพื่อพัฒนาและรวบรวม

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนเองและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์รวมถึงความสามารถในการสร้างแบบจำลอง นักศึกษาครูจำนวน 500 คนได้ทำกิจกรรม MEAs ที่แตกต่างกัน ในโครงการระยะยาวในช่วงเวลาสองปี กรอบงานที่มีเกณฑ์ 4 ประการ ได้แก่ ความคล่องแคล่ว ความยืดหยุ่น ความแปลกใหม่ และความมีประโยชน์ เพื่อใช้ประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา แบบจำลองของนักศึกษาระดับปริญญาตรีแสดงระดับความคิดสร้างสรรค์ที่สอดคล้องกันอย่างสมเหตุสมผลเกี่ยวกับเกณฑ์ การแก้ปัญหาตามแนวคิด MEAs และสร้างสถานการณ์ที่หลากหลายเป็นต้นฉบับและมีประโยชน์ ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์จึงเพิ่มขึ้นในช่วงที่สร้างแบบจำลอง

Dedebaş (2017) ได้ศึกษาพฤติกรรมและความยากในการให้เหตุผลตามแนวคิด Model-Eliciting Activities ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เกิดขึ้นระหว่างกิจกรรมตามแนวคิด MEAs และพฤติกรรมของนักเรียนเปลี่ยนไปอย่างไรจากการดำเนินการ รวมถึงการตรวจสอบความยากที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบระหว่างการดำเนินการ ผู้วิจัยใช้วิธีการวิจัยแบบกรณีศึกษา ผลการวิจัยได้จัดกลุ่มของพฤติกรรม ได้แก่ 1) พฤติกรรมสนับสนุน 2) พฤติกรรมที่ขัดขวางและ และ 3) ความยากลำบาก พบว่า พฤติกรรมที่สนับสนุน ได้แก่ การสร้างวิธีแก้ปัญหาพร้อมกันและแบ่งปันภาระงาน พฤติกรรมที่ขัดขวางได้แก่ ต้องการการอนุมัติ ต้องการคำอธิบายและทำงานคนเดียว และความยากได้แก่ ความเข้าใจปัญหาและการจัดการเวลา ในภาพรวมสรุปได้ว่าความยากที่นักเรียนพบลดน้อยลงเมื่อดำเนินการตามแนวคิด MEAs ผ่านไปในระยะเวลาหนึ่ง นอกจากนี้พฤติกรรมสนับสนุนยังเพิ่มขึ้น ในขณะที่พฤติกรรมรบกวนลดลง สามารถสรุปได้ว่าประสบการณ์ที่หลากหลายมีความสำคัญสำหรับครูที่ต้องการบูรณาการแนวคิด MEAs เข้ากับห้องเรียนของตนเอง

Pertamawati & Retnowati (2019) ได้ศึกษาแนวคิด Model-Eliciting Activities: MEAs เพื่อให้ให้นักเรียนสร้าง ทดสอบ และแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ โดยนักเรียนจะได้รับคำถามปลายเปิดโดยใช้บริบทในชีวิตจริง ประกอบด้วย 6 หลักการตามแนวคิด MEAs ดังนี้ หลักความหมาย การสร้างแบบจำลอง การประเมินตนเอง เอกสารประกอบแบบจำลองต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ และการแบ่งปันและนำแบบจำลองมาใช้ใหม่ ผลการวิจัยพบว่า การดำเนินการตามแนวคิด MEAs สามารถเตรียมนักเรียนในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการศึกษาในโรงเรียน และควรใช้แนวคิด MEAs ไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

Hartati et al. (2020) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดไตร่ตรองจากผลกระทบของแนวคิด MEAs การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้ตามแนวคิด Model Eliciting Activities: MEAs ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดไตร่ตรองทางคณิตศาสตร์ การวิจัยนี้

เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Design) เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าในรูปแบบเอกสารประกอบและแบบทดสอบ สรุปได้ว่า แนวคิด Model Eliciting Activities (MEAs) มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดไตร่ตรองทางคณิตศาสตร์ การประยุกต์ใช้กิจกรรมตามแนวคิด Model Eliciting Activities (MEAs) กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดไตร่ตรองทางคณิตศาสตร์มีประสิทธิผลในระดับค่อนข้างสูง

Kharisudin & Cahyati (2020) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด MEAs การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิผลของทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด MEAs และเพื่ออธิบายทักษะการแก้ปัญหาตามอัตรานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ การวิจัยนี้ใช้วิธีเชิงปริมาณตามด้วยเชิงพรรณนา โดยมีตัวแปรในการวิจัยคือ ความสามารถในการแก้ปัญหา และอัตรานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ การทำเอกสารแบบทดสอบ แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยกลยุทธ์การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด MEAs สูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้ทั่วไป อัตรานวัตกรรมทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา 31.2 %

Deniz & Gamze (2021) ได้ศึกษากระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนตามแนวคิด MEAs และใช้สเต็มศึกษา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปิดเผยกระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และปัญหาที่พบในกิจกรรมการสร้างแบบจำลอง การวิจัยเชิงคุณภาพนี้ ผู้เรียนได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิด MEAs และบันทึกกระบวนการสร้างแบบจำลอง จากนั้นตรวจสอบการสร้างแบบจำลองของผู้เรียน และกิจกรรมความรู้ความเข้าใจที่ผู้เรียนเสนอผ่านเอกสาร และการสัมภาษณ์โดยพิจารณาขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนประสบปัญหาในกระบวนการสร้างแบบจำลอง ความยากเหล่านี้ถูกจำแนกออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การสร้างแบบจำลอง การใช้คณิตศาสตร์ และการอธิบายผลลัพธ์ การทำงานภายในกลุ่ม การตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้น และการจัดการเวลา

Wahyuni et al. (2021) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยแนวคิด MEAs กล่าวว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถที่จำเป็นในโลกแห่งความเป็นจริง โดยเฉพาะในด้านการทำงาน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องฝึกฝนทักษะเหล่านี้ตั้งแต่อายุยังน้อย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิด MEAs วิธีวิจัยที่ใช้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนกลุ่มต่ำสามารถวางแผนและวิเคราะห์ปัญหาได้ แต่มองเห็นข้อเท็จจริงในปัญหาผิดพลาด ส่งผลให้การสร้างแบบจำลองทาง

คณิตศาสตร์ชั้นที่ 1 ผิดพลาด และส่งผลต่อการกำหนดเป้าหมายสุดท้ายของการแก้ปัญหา ส่วนผู้เรียนกลุ่มสูงสามารถปฏิบัติตามขั้นตอน และดำเนินงานตามแผนสำเร็จในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตั้งแต่ขั้นแรก แต่พิจารณาสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงผิดพลาดหลังจากสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

Yerizon et al. (2021) ได้ศึกษาการพัฒนาการเรียนการสอนตามแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษา ตามกระบวนการของ Plomp Model ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวิจัยเบื้องต้น ขั้นตอนการพัฒนาหรือการสร้างต้นแบบ และขั้นตอนการประเมิน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาการเรียนการสอนตามแนวคิด Model Eliciting Activities ในรูปแบบบทเรียน แผนการสอนและใบงาน โดยใบงานของนักเรียนตามแนวทางของ MEAs ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ คำอธิบายของวัสดุ การสนทนากลุ่มและแบบฝึกหัดตรงตามเกณฑ์ที่ถูกต้องและใช้งานได้จริงเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

Qurohman et al. (2022) ได้ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบกิจกรรมเสริมทักษะต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จุดมุ่งหมายของการศึกษาคือ การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาตามแนวคิด MEAs กับรูปแบบการเรียนรู้ จากการวิจัย พบว่า ผู้เรียนจะได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิด MEAs มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนรู้แบบทั่วไป และผู้เรียนที่มีอิสระสูงจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าเมื่อเทียบกับผู้เรียนที่มีระดับความเป็นอิสระค่อนข้างต่ำ ดังนั้นอิทธิพลต่อการพึ่งพาตนเองและวิธีการเรียนรู้มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน นั่นคือผู้เรียนที่มีอิสระในการเรียนรู้สูงและได้รับการเรียนรู้ด้วยแนวคิด MEAs จึงมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเรียนรู้ในประเภทอื่น ๆ

ขวัญหทัย พิกุลทอง และคณะ (2561) ได้พัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การจัดการเรียนรู้แบบ MEAs และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการเรียนการสอนที่พัฒนามีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นสร้างความรู้กระตุ้นความสนใจ 2) ขั้นตระหนักคิดในการแก้ปัญหา 3) ขั้นแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4) ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ประสบการณ์ 5) ขั้นประเมินผลเพื่อพัฒนา และ 6) ขั้นฝึกทักษะและขยายความรู้ และผลการทดลองใช้กระบวนการเรียนการสอนพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการสะท้อนคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เพียงพอในการแก้ปัญหาและขยายปัญหา นักเรียนสามารถรับรู้ถึงอุปสรรคและปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการแก้ปัญหา แต่มีนักเรียนบางคนเท่านั้นที่สามารถแก้ไขปัญหาลงและอุปสรรคที่เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง

ฉัญญัฐिता วงษ์เคี่ยม (2562) ได้ศึกษาผลของการใช้โปรแกรม Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีขั้นตอน ดังนี้ 1) การกำหนดสถานการณ์ปัญหา 2) การจัดการสถานการณ์ปัญหา 3) การคิดพิจารณาเพื่อแก้ปัญหา 4) การนำเสนอวิธีแก้ปัญหา และ 5) การประเมินตนเอง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมโปรแกรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นหลังเข้าโปรแกรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ และนักเรียนที่เข้าร่วมโปรแกรมเพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรกดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า ผลของการเข้าร่วมโปรแกรม Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามแนวคิด Model-Eliciting Activities พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่จะอาศัยแนวคิด Model-Eliciting Activities ไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมเพื่อพัฒนาการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

ทฤษฎีการเรียนรู้ถือเป็นหลักการที่ผ่านการพิสูจน์ และได้รับการยอมรับว่าเป็นหลักการที่เชื่อถือได้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ และสังเคราะห์หลักการของแต่ละทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียดดังนี้

4.1 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development)

Jean Piaget เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ในกลุ่มพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Psychology) ที่สนใจศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ โดยเฉพาะในช่วงวัยเด็กที่มีต่อการเรียนรู้ โดยกระบวนการทางสติปัญญาจะเกิดขึ้นจากการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอยู่ 2 แบบ คือ การซึมซับประสบการณ์ (Assimilation) และการปรับโครงสร้างสติปัญญา (Accommodation) ตามสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสมดุลในความคิดความเข้าใจ (Equilibration) กล่าวคือ ผู้เรียนจะซึมซับประสบการณ์ที่ได้รับ แล้วรวมเข้ากับความรู้เดิมเพื่อทำให้เกิดกระบวนการคิด มีการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมที่เคยเรียนรู้มาผสมกับความรู้ใหม่ ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความคิดและความเข้าใจของผู้เรียน Piaget ได้

แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็นลำดับขั้น ดังนี้ 1) ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor) มีอายุอยู่ในช่วง 0-2 ปี ความคิดของเด็กขึ้นอยู่กับ การรับรู้และการกระทำของตนเอง เรียนรู้วัตถุต่าง ๆ จากการสัมผัส 2) ขั้นก่อนปฏิบัติการ (Preoperational) มีอายุอยู่ในช่วง 2-7 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การรับรู้ส่วนใหญ่ สามารถเรียนรู้และใช้สัญลักษณ์ได้ และแสดงออกผ่านคำพูดหรือจินตนาการ 3) ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational) มีอายุอยู่ในช่วง 7-11 ปี ขั้นนี้เด็กสามารถสร้างภาพในใจ คิดย้อนกลับ และเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น สอดคล้องกับวัยของผู้เรียนที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้เรียนในระดับประถมศึกษาจะสอดคล้องกับลำดับขั้นการคิดแบบรูปธรรม และ 4) ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational) มีอายุอยู่ในช่วง 11-15 ปี ขั้นนี้เด็กสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในเชิงนามธรรมและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยมีหลักการสำคัญที่สอดคล้องกับงานวิจัย ได้แก่ 1) การใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรม จะช่วยผู้เรียนสร้างภาพความคิดในใจยิ่งขึ้น 2) การเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมจะช่วยให้ผู้เรียนซึมซับข้อมูลและเข้าสู่การปรับโครงสร้างทางปัญญาได้ดีขึ้น และ 3) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม จะช่วยให้ผู้เรียนซึมซับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญา (Huitt, & Hummel, 2003; นุชลี อุภทัย, 2558; ทิศนา แฉมมณี, 2561)

Jerome Bruner เป็นนักจิตวิทยาที่ศึกษาการพัฒนาการทางสติปัญญาต่อจาก Piaget เชื่อว่ามนุษย์จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning) และเสนอแนวคิดเกี่ยวกับหลักสูตรแบบเกลียว (Spiral Curriculum) เป็นแนวคิดที่ซับซ้อนโดยเริ่มจากระดับที่ง่ายก่อนและซับซ้อนมากขึ้นในภายหลัง (Takaya, 2008; Metsämuuronen & Räsänen, 2018; Febrianti & Purwaningrum, 2021; ทิศนา แฉมมณี, 2561) โดยหลักการตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Bruner ได้แก่ 1) การจัดลำดับความรู้ (Optimal sequencing of material) การเรียนรู้ต้องจัดลำดับเนื้อหาให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้เรียน และสอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของผู้เรียนจะช่วยให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพ สอดคล้องกับหลักการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่สอนจากง่ายไปยาก และจากรูปธรรมไปนามธรรม 2) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบ (Discovery learning) การเรียนรู้ด้วยการค้นพบด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเผชิญปัญหาและสถานการณ์ด้วยตนเอง และใช้กระบวนการที่เป็นธรรมชาติของวิชานั้น ๆ ในการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และเป็นความรู้ที่คงทน 3) การสร้างแรงจูงใจและเสริมแรง (Predisposition and Reinforcement) เป็นส่วนช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของผู้เรียนให้บรรลุตามเป้าหมาย และสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ผู้เรียนต้องผ่านสามขั้นตอนหลักของการพัฒนา ได้แก่ 1) ขั้นลงมือกระทำ (Enactive) เรียนรู้จากประสาทสัมผัส เด็กในระดับนี้จะเรียนรู้กับวัสดุที่เป็นรูปธรรมโดยตรง การเรียนรู้ของเด็กเกี่ยวข้องกับประสบการณ์และทักษะการจัดการ 2) ขั้นใช้ความคิด (Iconic) เป็นขั้นตอนที่เด็กใช้ภาพทางจิตเพื่อแสดงแนวคิด ขึ้นอยู่

กับการใช้สื่อภาพ เช่น รูปภาพ ไดอะแกรม และภาพประกอบ กล่าวคือ สามารถสร้างมโนภาพในใจได้ และสามารถเรียนรู้จากภาพแทนของจริงได้ และ 3) ขั้นการใช้สัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นขั้นตอนที่เด็กใช้สัญลักษณ์นามธรรมเพื่อแทนค่าจริง และทำงานในระดับสูงขึ้นเพราะเกิดการคิดในเชิงสัญลักษณ์และเรียนรู้สิ่งที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมได้ (Nashiru et al., 2019; Stapleton & Stefaniak, 2019; ทิศนา แคมมณี, 2561)

4.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย เป็นแนวคิดของ Ausubel นักจิตวิทยาแนวปัญญานิยม ที่ให้ความสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมาย โดยกล่าวว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้เรียนได้เชื่อมโยงสิ่งใหม่ในลักษณะของความคิดรวบยอด หรือกรอบความคิด (Advance Organizer) หรือความรู้ใหม่ในโครงสร้างทางสติปัญญากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาสาระนั้นอย่างมีความหมายและเข้าใจง่ายขึ้น (Vallori, 2014; สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2559; ทิศนา แคมมณี, 2561) และหลักการของทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ได้แก่ 1) เรียนรู้สิ่งที่มีความหมาย เป็นการเรียนรู้ในสิ่งที่มีความสัมพันธ์ และเชื่อมโยงกับความรู้เดิมเข้ากับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ ที่เคยเรียนรู้และเก็บไว้ในโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) รวมถึงความสร้างสรรค์ในการเรียนรู้ตามจินตนาการ 2) เรียนรู้ในสิ่งที่ป็นจริง เป็นการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อม บริบทที่สอดคล้องกับโลกของความเป็นจริง มีส่วนร่วมในภารกิจ และปัญหาที่แท้จริงแทนที่จะจดจำแนวคิดและแนวคิดที่เป็นนามธรรมรวมถึงการแก้ปัญหาในชีวิตจริง และ 3) เรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์ เป็นการเรียนรู้มีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ อภิปราย ร่วมแก้ปัญหา และสร้างความเข้าใจที่มีความหมายให้กับตนเองและมีบทบาทในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น (Chiu et al., 2008; Vallori, 2014; Sailin & Mahmor, 2018; Agra et al., 2019; สุรางค์ ไคว์ตระกูล, 2559)

4.3 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดย Vygotsky นักจิตวิทยาชาวรัสเซีย ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาในสมัยเดียวกับ Piaget ซึ่งทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของ Piaget อธิบายถึงพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลมีการปรับตัวผ่านกระบวนการซึมซาบ (Assimilation) และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) พัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลซึมซาบข้อมูล หรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้หรือโครงสร้างเดิมทางปัญญา หากไม่สัมพันธ์กันจะเกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น (Disequilibrium) บุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้มีความสมดุล (Equilibrium) โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่ง

เป็นรากฐานที่สำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ส่วน Vygotsky จะให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคม และให้ความสำคัญกับความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยเสนอแนวคิด Zone of Proximal Development (ZPD) คือระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางปัญญาที่แท้จริง (Actual Development) และระดับศักยภาพของพัฒนาการ (Level of Potential Development) กล่าวคือ เป็นระดับความสามารถที่อยู่เหนือจากความสามารถของตนเอง และได้รับความช่วยเหลือจากผู้ที่มีศักยภาพมากกว่าโดยผ่านปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Amineh et al., 2015; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2559; ทิศนา แคมมณี, 2561) และหลักการของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ได้แก่ 1) ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติจริง และสร้างความรู้ที่มีความหมายสำหรับตัวผู้เรียนเอง ดังนั้นความรู้จึงเป็นพื้นฐานของโครงสร้างทางปัญหาและการสร้างความหมายให้ตนเอง รวมถึงการเป็นผู้นำและควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง 2) การสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน เพราะการเรียนรู้เป็นกระบวนการทางสังคม การเรียนรู้ไม่ได้เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลเท่านั้น และไม่ได้เกิดจากภายนอก แต่การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจะมีความหมายเมื่อบุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมทางสังคม แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและบุคคลอื่น ๆ 3) การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ เป็นการใช่วิสถูอุปกรณ์ที่เป็นของจริง เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตจริงและตรงกับความสนใจของผู้เรียนเพื่อเชื่อมโยงความรู้ และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีความหมายสำหรับผู้เรียน และ 4) ผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและสร้างแรงจูงใจให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เพราะแรงจูงใจเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นเนื่องจากทำให้การรับรู้ลึกของผู้เรียนถูกเปิดใช้งาน (Kim 2001 cited in Amineh et al., 2015; Aljohani, 2017; นุชลี เชื้ออภัย, 2558; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2561; ทิศนา แคมมณี, 2561)

4.4 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นการเรียนรู้แบบกลุ่มย่อยโดยมีสมาชิกที่มีความสามารถแตกต่างกันไปช่วยกันเรียนรู้ไปสู่เป้าหมายของกลุ่ม โดยมุ่งเน้นปฏิสัมพันธ์ร่วมกันของผู้เรียน ซึ่ง Slavin, David Johnson และ Roger Johnson เป็นนักการศึกษาคนสำคัญที่ได้เผยแพร่แนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ โดย Johnson and Johnson กล่าวถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ลักษณะแข่งขันกัน ผู้เรียนแต่ละคนจะพยายามเรียนให้ดีกว่าคนอื่น เพื่อให้ได้คะแนนดี ได้รับการยกย่อง 2) ลักษณะต่างคนต่างเรียน คือแต่ละคนต่างก็รับผิดชอบดูแลตนเองให้เกิดการเรียนรู้ ไม่ยุ่งเกี่ยวกับผู้อื่น และ 3) ลักษณะร่วมมือกันในการเรียนรู้ คือแต่ละคนก็รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง และในขณะเดียวกันก็ต้องช่วยให้สมาชิกคนอื่นเรียนรู้ด้วย (Felder et al., 2007; ทิศนา แคมมณี, 2561) และทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Theory of Cooperative

Learning) มีหลักการสำคัญได้แก่ 1) การพึ่งพาและช่วยเหลือกันเชิงบวก (Positive interdependence) เป็นการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม ซึ่งแต่ละคนต่างก็มีหน้าที่ของตนเองอย่างเท่าเทียมกัน แต่งานบางอย่างต้องช่วยเหลือสมาชิกในกลุ่มด้วยเพื่อให้งานในภาพรวมของกลุ่มบรรลุเป้าหมาย 2) ความรับผิดชอบส่วนบุคคล (Individual accountability) เป็นหน้าที่ของแต่ละบุคคล การทำงานร่วมกันจะแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจน เพื่อให้งานในภาพรวมมีความชัดเจนและครบทุกองค์ประกอบของงาน และต้องคำนึงถึงโอกาสที่เท่าเทียมกันในการมีส่วนร่วม (Equal Opportunity to Participate) ปัญหาที่พบบ่อยในกลุ่มคือจะมีการขัดขวางการมีส่วนร่วมของผู้อื่น การเรียนรู้แบบร่วมมือมีหลายวิธีในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมที่เท่าเทียมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม โดยการจัดโครงสร้างปฏิสัมพันธ์เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มมีโอกาสมีส่วนร่วมเท่าเทียมกัน 3) การปฏิสัมพันธ์แบบใกล้ชิดตัว (Face-to-face promotive interaction) เป็นการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม ในการปรึกษา แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้แนวความคิดของสมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่ม และรวมถึงการให้กำลังใจกัน ทั้งนี้ การปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนสำคัญที่สุด (Maximum Peer Interactions) เนื่องจากในห้องเรียนที่ไม่ได้ใช้กิจกรรมกลุ่ม รูปแบบการโต้ตอบตามปกติคือ นักเรียนจะพูดพร้อมกันทั้งห้อง หรือเฉพาะนักเรียนที่ครูเลือก ในทางตรงกันข้ามเมื่อนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเป็นการเพิ่มโอกาสการแลกเปลี่ยนกับเพื่อนมากที่สุด เมื่อผู้เรียนทำงานร่วมกันในการคิดงานจะมีการอธิบายงานอย่างละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดของตนเองร่วมกับสมาชิก มีการให้ข้อมูลย้อนกลับและเปิดโอกาสให้สมาชิกเสนอแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อเลือกในสิ่งที่เหมาะสมที่สุด 4) ทักษะการปฏิสัมพันธ์ (Interaction skills) เป็นการใช้ทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานและเรียนรู้ร่วมกัน เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะทางสังคม ทักษะการทำงาน ทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการตัดสินใจ ทักษะการลดความขัดแย้ง รวมทั้งการเคารพยอมรับและไว้วางใจกันและกัน และ 5) กระบวนการกลุ่ม (Group processing) เป็นการวิเคราะห์เป้าหมายและกระบวนการทำงานของกลุ่มว่ามีปัญหาอย่างไร เพื่อปรับปรุงแก้ไขกระบวนการทำงานให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ และตระหนักว่าความร่วมมือไม่ใช่เป็นแค่วิธีการเรียนรู้ แต่เป็นคุณค่าของความร่วมมือ (Cooperation as a Value) และเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาที่จะเรียนรู้ สิ่งเหล่านี้เกิดจากหลักการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างเป็นธรรมชาติ การพึ่งพาซึ่งกันและกันในเชิงบวก ความร่วมมือเป็นคุณค่าเกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึก “ทั้งปวงสู่หนึ่งเดียว หนึ่งเดียวสู่ทั้งปวง” (All for one, one for all) และขยายออกไปนอกจากกลุ่มห้องเรียนขนาดเล็ก เพื่อให้ครอบคลุมทุกชั้นเรียนในโรงเรียน และไปสู่ผู้คนและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่เข้ามาร่วมมือกันมากขึ้น (Jacobs, 2004; Felder et al., 2007; Li & Lam, 2013; ทิศนา ขัมมณี, 2561)

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development) ของ Bruner และ Piaget ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และ

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ผู้วิจัยพบว่า ในแต่ละทฤษฎีการเรียนรู้จะมีลักษณะร่วมกัน และมีลักษณะเฉพาะของแต่ละทฤษฎีเช่นกัน ซึ่งหลักการส่วนใหญ่มุ่งเน้นการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กล่าวคือ การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และบุคคลอื่น ๆ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมที่มีความหมายต่อการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน นั่นคือการได้เรียนรู้ในสิ่งที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงและเรียนรู้จากของจริง ซึ่งหลักการเหล่านี้มีความสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และช่วยให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์และเสริมสร้างการเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน

5. แนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน ประกอบไปด้วยความหมาย ประเภท องค์ประกอบและแนวทางการพัฒนารูปแบบการสอน เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ความหมายของรูปแบบการสอน

คำว่ารูปแบบ ตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า Model หมายถึง แบบอย่าง ตัวอย่าง ชุดของสัญลักษณ์ รวมถึงการย่อส่วน (Simplification) ปราบกฎการณ์ รวมถึงโครงสร้างแสดงความสัมพันธ์ เพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาและนำมาใช้ (Good, 1973; Cummings and Worley, 2013; อุทุมพร จามรมาน, 2541) และนักการศึกษาทั้งภายในประเทศและต่างประเทศได้ใช้คำที่หลากหลายเพื่อสื่อความหมายของรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น Model of Teaching, Teaching Model, Instruction Model หรือ Teaching Learning Model สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้คำว่า รูปแบบการสอน (Instruction Model) โดยมีนักการศึกษาให้ความหมายของรูปแบบการสอน ดังนี้

Saylor et al. (1981) ได้กล่าวถึงความหมายของรูปแบบการสอน หมายถึง แบบแผน (Pattern) ของการสอนที่มีการจัดกระทำเชิงพฤติกรรมขึ้นในลักษณะแตกต่างกัน เพื่อจุดมุ่งหมายหรือจุดเน้นอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ

Joyce & Weil (2000) ได้กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอน หมายถึง แผน (Plan) หรือแบบแผน (Pattern) ที่นำไปใช้สำหรับช่วยในการจัดการเรียนการสอนหรือเป็นแนวทางในการสอนของครู ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ข้อความรู้ ความคิด ทักษะ ค่านิยม วิธีการคิด และวิธีการแสดงออกของการเรียนรู้ให้มีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ทิตินา แชมมณี (2561) ได้กล่าวว่ารูปแบบการเรียนการสอนหมายถึง สภาพหรือลักษณะของการเรียนการสอนที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญที่ได้รับการจัดไว้อย่างเป็นระบบ ตามหลักปรัชญา ทฤษฎี หลักการ หรือแนวคิดต่าง ๆ โดยรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย กระบวนการหรือขั้นตอนในการเรียนการสอน วิธีสอนและเทคนิควิธีการสอนช่วยให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามทฤษฎี หลักการหรือแนวคิด รูปแบบการเรียนการสอนที่ได้รับการพิสูจน์หรือทดสอบแล้วว่า มีประสิทธิภาพ จะสามารถนำไปใช้เป็นแบบแผนในการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์เฉพาะของรูปแบบนั้น

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความหมายของรูปแบบการสอน สรุปได้ว่ารูปแบบการสอน หมายถึง แบบแผนสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะการสอนที่ชัดเจน สอดคล้องกับหลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ที่สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนตามเนื้อหาของวิชานั้น ๆ และพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนให้มีประสิทธิผลตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

5.2 ประเภทของรูปแบบการสอน

ประเภทของรูปแบบการสอนมีนักการศึกษาได้แบ่งประเภทของรูปแบบการสอนตามลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

Saylor et al. (1981) ได้แบ่งรูปแบบการสอนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามจุดมุ่งหมายของการสอน คือ 1) รูปแบบที่เกี่ยวกับเนื้อหาวิชา/สาขาวิชา (Subject matter/ Disciplines) 2) รูปแบบที่เกี่ยวกับสมรรถภาพ/เทคนิควิธีการ (Competencies/ Technology) 3) รูปแบบที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของมนุษย์/กระบวนการ (Human traits/ Processes) 4) รูปแบบที่เกี่ยวกับหน้าที่ทางสังคม/กิจกรรม (Social functions/ Activities) และ 5) รูปแบบที่เกี่ยวกับความสนใจและความต้องการ/กิจกรรม (Interests & needs/ Activities)

Joyce & Weil (2000) ได้จัดกลุ่มของรูปแบบการสอนออกเป็น 4 กลุ่ม โดยอยู่บนพื้นฐานที่มุ่งเน้นเป้าหมายทางการศึกษาและวิธีการ แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มได้แก่ 1) รูปแบบทางสังคม (Social Models) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมของครอบครัว และชุมชน การเรียนรู้ร่วมกัน และความสัมพันธ์ทางสังคมทั้งนอกห้องเรียนและในห้องเรียน 2) รูปแบบเชิงการจัดกระทำข้อมูล (Information-Processing Models) เป็นรูปแบบ การเรียนการสอนที่เน้นความสามารถของผู้เรียนในการจัดกระทำข้อมูล บ่อนข้อมูลให้ผู้เรียนได้คิดสร้างแนวทางแก้ปัญหาให้ผู้เรียนเพื่อพัฒนาแนวความคิด รูปแบบนี้จะมีประโยชน์สำหรับการศึกษด้วยตนเองและสังคม ช่วยให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายทางการศึกษา 3) รูปแบบเชิงบุคคล (Personal Models) เป็น

รูปแบบการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นไปที่บุคคล เพื่อให้เข้าใจตนเอง มีความรับผิดชอบและ 4) รูปแบบเชิงการปรับพฤติกรรม (Behavior Models) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการสังเกตและปรับพฤติกรรมของคนภายใต้เงื่อนไขโดยการเสริมแรงผ่านการลงมือกระทำ

ทิสนา แคมมณี (2561) ได้จัดหมวดหมู่ของรูปแบบตามลักษณะของวัตถุประสงค์เฉพาะหรือเจตนาของรูปแบบ ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ 5 หมวด ดังนี้ 1) รูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจเนื้อหาสาระต่าง ๆ ในรูปของข้อมูล ข้อเท็จจริง มโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด 2) รูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความรู้สึกรัก เคารพ ค่านิยม คุณธรรม และจริยธรรมที่พึงประสงค์ 3) รูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นรูปแบบที่มุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนด้านการปฏิบัติ การกระทำ หรือการแสดงออกต่าง ๆ 4) รูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการ (Process Skills) เป็นรูปแบบที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นกระบวนการทางสติปัญญา กระบวนการทางสังคม หรือกระบวนการทำงานร่วมกัน และ 5) รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ (Integration) เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนไปพร้อม ๆ กัน โดยใช้การบูรณาการทั้งด้านเนื้อหาสาระและวิธีการ

จากการศึกษาและวิเคราะห์ประเภทของรูปแบบการสอน สรุปได้ว่าประเภทของรูปแบบการสอนสามารถแบ่งได้ตามวัตถุประสงค์ของนักการศึกษาว่าใช้เกณฑ์ใดในการแบ่ง ได้แก่ การแบ่งตามจุดมุ่งหมายการสอน การแบ่งตามเป้าหมายทางการศึกษา หรือการแบ่งตามประสิทธิผลของการสอน ซึ่งผู้วิจัยได้มุ่งเน้นการพัฒนาแบบการสอนที่มุ่งเน้นประสิทธิผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนโดยตรง

5.3 องค์ประกอบของรูปแบบการสอน

องค์ประกอบของรูปแบบการสอนซึ่งเป็นส่วนย่อยต่าง ๆ ที่มีความสำคัญ ช่วยทำให้รูปแบบการสอนมีความชัดเจนและนำไปใช้ได้จริง มีนักการศึกษาได้จำแนกองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการสอน ดังนี้

Kibler (1974) ได้เสนอรูปแบบการสอนมี 4 องค์ประกอบ คือ 1) จุดมุ่งหมายในการสอน เป็นผลผลิตทางการเรียนการสอนที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นในผู้เรียน ซึ่งครอบคลุมพฤติกรรมทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ด้านจิตใจ (Affective Domain) และด้านการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) 2) การวัดพฤติกรรมพื้นฐาน เป็นการตรวจสอบความพร้อม ความรู้พื้นฐาน และทักษะเบื้องต้นของผู้เรียนก่อนการเรียนการสอน 3) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาพฤติกรรมของผู้เรียนโดยเริ่มต้นตั้งแต่พฤติกรรมพื้นฐานต่อเนื่องจนถึงพฤติกรรมปลายทาง และ 4)

การประเมินผลสรุป เป็นการประเมินเพื่อตรวจสอบว่าการเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่อย่างไร

Kemp (1985) ได้ออกแบบการสอนที่ประกอบด้วย 10 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ความต้องการในการเรียน จุดมุ่งหมายในการสอน สิ่งสำคัญ/ข้อจำกัด (Learning Needs, Goals, Priorities/Constraints) 2) หัวข้อเรื่อง งาน และจุดประสงค์ทั่วไป (Topics-Job Tasks Purposes) ในการสอน 3) ลักษณะของผู้เรียน (Learner Characteristics) 4) เนื้อหาวิชาและการวิเคราะห์งาน (Subject Content, Task Analysis) 5) วัตถุประสงค์ของการเรียน (Learning Objectives) 6) กิจกรรมการเรียนการสอน (Teaching/Learning Activities) 7) ทรัพยากรในการสอน (Instructional Resources) หมายถึง สื่อการสอนที่จะช่วยสนับสนุนและส่งเสริมให้กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ 8) บริการสนับสนุน (Support Services) 9) การประเมินผล การเรียน (Learning Evaluation) และ 10) การทดสอบก่อนการเรียน (Pretesting)

Anderson (1997) กล่าวถึง องค์ประกอบของรูปแบบการสอนที่สำคัญประกอบไปด้วย 1) หลักการของรูปแบบการสอน กล่าวถึงความเชื่อ ความคิดพื้นฐานของรูปแบบการสอน โดยหลักการของรูปแบบการสอนจะเป็นกรอบเพื่อกำหนดจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรม และขั้นตอนในรูปแบบการสอน 2) เป้าหมายและวัตถุประสงค์ เป็นสิ่งที่ผู้สอนระบุถึงความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน การวางเป้าหมายการเรียนรู้ต้องชัดเจนเพื่อความสำเร็จในการสอน 3) สารการเรียนรู้ ประกอบไปด้วยเนื้อหา และกระบวนการสอนที่ผู้สอนเป็นผู้วางแผน 4) การสอน สื่อและแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกให้การสอนบรรลุจุดเป้าหมายและวัตถุประสงค์และ 5) การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนซึ่งดูได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกระบวนการเรียนการสอน

Joyce & Weil (2009) ได้กำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ได้แก่ 1) โครงสร้างของรูปแบบ (Syntax) เป็นการอธิบายขั้นตอนการนำรูปแบบการสอนไปสู่การปฏิบัติโดยจะมีลำดับขั้นตอนของกิจกรรม ซึ่งในแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนการสอนเฉพาะ 2) ระบบสังคม (Social System) เป็นการอธิบายบทบาทและความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน 3) หลักการสนอง (Principle of Reaction) เป็นการอธิบายถึงวิธีการที่ครูจะตอบสนองต่อพฤติกรรมที่แสดงออกของผู้เรียน ทั้งนี้อาจเป็นการให้รางวัล การสร้างบรรยากาศอิสระ เป็นต้น และ 4) ระบบสนับสนุน (Support System) เป็นการอธิบายถึงวัสดุ อุปกรณ์หรือความจำเป็นที่มีความสำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอนที่เอื้อต่อการนำรูปแบบการสอนไปใช้

ทิตินา แคมมณี (2561) กล่าวถึง องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนการสอน ประกอบด้วย 1) มีปรัชญา ทฤษฎี หลักการ แนวคิด หรือความเชื่อที่เป็นพื้นฐานหรือเป็นหลักของรูปแบบการสอน นั้น ๆ 2) การบรรยายและอธิบายสภาพหรือลักษณะของการจัดการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับ

หลักการที่ยี่ดื้อ 3) มีการจัดระบบคือ มีการจัดองค์ประกอบและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของระบบให้สามารถนำผู้เรียนไปสู่เป้าหมายของระบบหรือกระบวนการนั้น ๆ และ 4) มีการอธิบายหรือให้ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคการสอนต่าง ๆ อันจะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนนั้น ๆ เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยรูปแบบการเรียนการสอนอาจนำเสนอสาระที่เป็นแก่นสำคัญของรูปแบบได้ 4 ประการ คือ ทฤษฎีหรือหลักการของรูปแบบ วัตถุประสงค์ของรูปแบบ กระบวนการของรูปแบบ และผลที่จะได้รับจากการใช้รูปแบบ

จากการศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอน ดังนี้

ตารางที่ 13 การสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอน

องค์ประกอบของรูปแบบการสอน	นักการศึกษา					ความถี่
	Kibler (1974)	Kemp (1985)	Anderson (1997)	Joyce & Weil (2009)	ทิตานา แชนมณี (2561)	
1. วัตถุประสงค์	✓	✓	✓		✓	4
2. หลักการ	✓		✓		✓	3
3. กิจกรรมการเรียนรู้	✓	✓	✓	✓	✓	5
4. การวัดและประเมินผล	✓	✓			✓	3
5. เนื้อหาวิชา/สาระ		✓	✓			2
6. ทรัพยากร/ระบบสังคม/การสนับสนุน/การตอบสนอง		✓	✓	✓		3

จากการศึกษาและสังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอน พบว่า รูปแบบการสอนจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบสำคัญที่ผู้วิจัยนำไปใช้ออกแบบและพัฒนา รูปแบบการสอน โดยเลือกประเด็นสำคัญที่มีความถี่ระดับ 3 ขึ้นไป ได้แก่ 1) หลักการ เป็นฐานข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์แนวคิด หรือทฤษฎีที่นำมาใช้เป็นฐานสำหรับการออกแบบและพัฒนา รูปแบบการสอน 2) วัตถุประสงค์ เป็นเป้าหมายในการส่งเสริมหรือพัฒนาผู้เรียนให้เป็นที่ไปตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ เป็นกระบวนการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมาย 4) แนวทางการวัดและประเมินผล เป็นกระบวนการศึกษาประสิทธิภาพของผู้เรียนที่เป็นไปตามเกณฑ์การวัดและประเมินผลของรูปแบบการสอน และ 5) ระบบสนับสนุน เป็นการอธิบายถึงสื่อ วัสดุอุปกรณ์ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่ช่วยให้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ระบบสังคม เป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและผู้เรียน และหลักการตอบสนอง เป็นการอธิบายถึงวิธีการที่ครูผู้สอนจะตอบสนองต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

5.4 แนวทางการพัฒนารูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการสอนในครั้งนี้ด้วยกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการสอน ADDIE Model ดังนี้

1) การวิจัยและพัฒนา (R&D) เป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้า คิดค้น อย่างเป็นระบบ นำเชื่อถือ มีเป้าหมายในการพัฒนาแนวคิด เทคโนโลยี สิ่งประดิษฐ์ สื่อ อุปกรณ์ เทคนิควิธีหรือรูปแบบการทำงาน ระบบบริหารจัดการ หรือ “นวัตกรรม” และทดลองใช้จนได้ผลเป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพ แล้วเผยแพร่เพื่อพัฒนางานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยทั่วไปจะมี 4 ขั้นตอน (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558; รัตนะ บัวสนธ์, 2562; อัจศรา ประเสริฐสิน, 2563) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (R1) เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็น เป็นการแสวงหาความรู้ ด้วยการวิเคราะห์ สังเคราะห์หรือสำรวจสภาพปัจจุบันและปัญหาที่ต้องการแก้ไข ผ่านการวิจัยเอกสาร (Document research) และการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (D1) การออกแบบและพัฒนานวัตกรรม เป็นการปฏิบัติการที่จะพัฒนานวัตกรรมด้วยการออกแบบ สร้าง และหาคุณภาพของนวัตกรรมด้วยการประเมินความเหมาะสมก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (R2) การนำนวัตกรรมไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษาประสิทธิภาพที่ได้จากนวัตกรรม ผ่านการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research)

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (D2) การประเมินผลและปรับปรุงนวัตกรรม นำผลจากขั้นตอนที่ 3 มาปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์ และนำไปสู่การเผยแพร่

2) การออกแบบการสอน ADDIE Model

ADDIE Model เป็นการออกแบบการเรียนการสอน (instructional design: ID) ที่กล่าวถึงที่มาว่าเกิดจากการพัฒนาในศูนย์เทคโนโลยีการศึกษาของมหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดาในปี 1970 ได้พัฒนาขึ้นเพราะเป็นส่วนหนึ่งของโครงการฝึกทหารโดยกองทัพสหรัฐอเมริกา แต่ไม่มีหลักฐานที่ชัดเจนของการใช้ตัวย่อ ADDIE แต่มีการพัฒนารูปแบบสำหรับการพัฒนาการเรียนการสอนที่มีตัวย่อว่า IPISD (Interservice Procedures for Instructional Systems Development) มีไว้ใช้สำหรับ

กองทัพบก กองทัพเรือ กองทัพอากาศ และนาวิกโยธินของกองทัพสหรัฐอเมริกา (Molenda, 2003) ต่อมาขั้นตอนของ ADDIE Model ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในวงการต่าง ๆ ทั้งการศึกษา อุตสาหกรรมเพื่อออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือนวัตกรรมทางการศึกษา ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน (Peterson, 2003; มาเรียม นิลพันธุ์, 2558; ชาลิต ชูกำแพง, 2559; จินตนา ศิริชัยญ์รัตน์ และวัชรา เล่าเรียนดี, 2562) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน วิเคราะห์ข้อมูลความต้องการจำเป็น หลักการ แนวคิด ทฤษฎี

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนการออกแบบนวัตกรรม ในการระบุแนวคิด นวัตกรรม แนวทาง หรือวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การพัฒนา (Development) เป็นการพัฒนานวัตกรรมตามที่ได้ออกแบบไว้ รวมถึงเครื่องมือที่จะใช้ในการวัดและประเมินผลนวัตกรรม

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้ (Implement) การนำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 5 การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลจากการนำนวัตกรรมไปใช้ และปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

จากการศึกษาขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา (R&D) และการออกแบบการสอน ADDIE Model ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิด และได้ขั้นตอนในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Analysis: A) เป็นการวิเคราะห์และสังเคราะห์ หลักการ แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ด้วยการวิจัยเชิงเอกสาร และศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์จากบุคคล ด้วยการวิจัยเชิงสำรวจ

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D1) การออกแบบและการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Design and Development: D and D) เป็นการออกแบบ สร้าง และหาคุณภาพของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R2) การทดลองใช้รูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Implement: I) เป็นการออกแบบ สร้าง และหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ และนำไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างผ่านการวิจัยเชิงทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D2) การประเมินผลและปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ (Evaluation: E) เป็นการนำผลจากการทดลองใช้จริงในขั้นตอนที่ 3 มาปรับปรุงรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ให้มีความสมบูรณ์และเผยแพร่

6. หลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2560 ของโรงเรียนที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผล

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2560 ของโรงเรียนที่ใช้ศึกษาประสิทธิผล เพื่อใช้เป็นกรอบเนื้อหาในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สาระสำคัญ

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มีการปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยคำนึงถึงการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นสำคัญ นั่นคือการเตรียมผู้เรียนให้มีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียน รู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จนั้น จะต้องเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อมที่จะเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ พร้อมทั้งจะประกอบอาชีพเมื่อจบการศึกษา หรือสามารถศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมตามศักยภาพของผู้เรียน

วิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าประสงค์

วิสัยทัศน์

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์มุ่งฝึกฝนผู้เรียนให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน มีเหตุผล และสร้างองค์ความรู้ได้เต็มศักยภาพ

พันธกิจ

1. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

2. ส่งเสริมและพัฒนาคิดคำนวณขั้นพื้นฐาน การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3. การส่งเสริมการใช้สื่อ นวัตกรรม ที่ตอบสนองต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์

เป้าประสงค์

ผู้เรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่กำหนด มีทักษะในการคิดคำนวณขั้นพื้นฐาน คิววิเคราะห์ แก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ รวมถึงมีความรับผิดชอบและสามารถอยู่ร่วมกันในสังคมได้อย่างมีความสุข

สมรรถนะการเรียนรู้

คณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน มีทักษะด้านการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้รู้เท่าทัน การเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม นำความรู้ความสามารถ เจตคติ ทักษะที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ สิ่งต่าง ๆ และในสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ใหม่หรือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 จำนวนและพีชคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับระบบจำนวนจริง สมบัติเกี่ยวกับจำนวนจริง อัตราส่วน ร้อยละ การประมาณค่า การแก้ปัญหาเกี่ยวกับจำนวน การใช้จำนวนในชีวิตจริง แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน เซต ตรรกศาสตร์ นิพจน์ เอกนาม พหุนาม สมการ ระบบสมการ อสมการ กราฟ ดอกเบี้ยและมูลค่าของเงิน ลำดับและอนุกรม และการนำความรู้เกี่ยวกับจำนวนและพีชคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ประกอบไปด้วย 3 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้ มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป ความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน ลำดับและอนุกรม และนำไปใช้ และมาตรฐาน ค 1.3 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ อธิบายความสัมพันธ์หรือช่วยแก้ปัญหาที่กำหนดให้

สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต เรียนรู้เกี่ยวกับความยาว ระยะทาง น้ำหนัก พื้นที่ ปริมาตร และความจุ เงินและเวลา หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด อัตราส่วนตรีโกณมิติ รูปเรขาคณิตและสมบัติของรูปเรขาคณิต การนิกภาพ แบบจำลองทางเรขาคณิต ทฤษฎีบททางเรขาคณิต การแปลงทางเรขาคณิตในเรื่องการเลื่อนขนาน การสะท้อน การหมุน และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ประกอบไปด้วย 2 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้ และมาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น เรียนรู้เกี่ยวกับการตั้งคำถามทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล การคำนวณค่าสถิติ การนำเสนอและแปลผลสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น การใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นในการอธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ และช่วยในการตัดสินใจ ประกอบไปด้วย 2 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน ค 3.1 เข้าใจกระบวนการทางสถิติ และใช้ความรู้ทางสถิติในการแก้ปัญหา และมาตรฐาน ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

1. การแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาคิดวิเคราะห์วางแผนแก้ปัญหา และเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง
2. การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการใช้รูปภาพและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสารสื่อความหมายสรุปผลและนำเสนอได้อย่างถูกต้องชัดเจน
3. การเชื่อมโยงเป็นความสามารถในการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้คณิตศาสตร์เนื้อหาต่าง ๆ หรือศาสตร์อื่น ๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริง
4. การให้เหตุผลเป็นความสามารถในการให้เหตุผลรับฟังและให้เหตุผลสนับสนุนหรือโต้แย้งเพื่อนำไปสู่การสรุปโดยมีข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์รองรับ
5. การคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิมหรือสร้างแนวคิดใหม่เพื่อปรับปรุงพัฒนาองค์ความรู้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

คะแนนระหว่างปีการศึกษา : สอบปลายปีการศึกษา = 70 : 30

คะแนนระหว่างปีการศึกษา วัดโดยใช้แบบทดสอบ วัดทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สมรรถนะคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และภาระงานที่มอบหมาย ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบฝึกหัด รายงานการศึกษาค้นคว้า โครงการคณิตศาสตร์ และแฟ้มสะสมงานคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาสำหรับการทดลองการวิจัย กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และได้ศึกษาคำอธิบายรายวิชา โครงสร้างรายวิชา และโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

คำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

จากการศึกษาคำอธิบายรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 รหัสวิชา ค 15101 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ กำหนดเวลา 160 ชั่วโมง มีคำอธิบายรายวิชา ดังนี้

ศึกษา ฝึกทักษะการคิดคำนวณ และฝึกการแก้ปัญหาในเนื้อหา ดังนี้ การเปรียบเทียบเศษส่วน และจำนวนคละ การบวก การลบเศษส่วนและจำนวนคละ การคูณ การหารของเศษส่วนและจำนวนคละ การบวก ลบ คูณ หารระคนของเศษส่วนและจำนวนคละ การแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วนและจำนวนคละ ความสัมพันธ์ระหว่างเศษส่วนและทศนิยม ค่าประมาณของทศนิยมไม่เกิน 3 ตำแหน่งให้เป็นจำนวนเต็มหน่วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง และ 2 ตำแหน่ง การใช้เครื่องหมาย \approx การประมาณผลลัพธ์ของการบวก การลบ การคูณ การคูณทศนิยม การหารทศนิยม ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความยาว เช่นติเมตรกับมิลลิเมตร เมตรกับเซนติเมตร กิโลเมตรกับเมตร ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนัก กิโลกรัมกับกรัม การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวและน้ำหนักโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับทศนิยมและการเปลี่ยนหน่วย การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้บัญญัติไตรยางค์ การอ่านและการเขียนร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ การแก้โจทย์ปัญหาร้อยละ เส้นตั้งฉากและสัญลักษณ์แสดงการตั้งฉาก เส้นขนานและสัญลักษณ์แสดงการขนาน การสร้างเส้นขนาน มุมแย้ง มุมภายในและมุมภายนอกที่อยู่บนข้างเดียวกันของเส้นตัดขวาง ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม การสร้างรูปสี่เหลี่ยม ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของปริซึม ปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากและความจุของภาชนะทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ความสัมพันธ์ระหว่าง มิลลิเมตร ลิตร ลูกบาศก์เซนติเมตร และลูกบาศก์เมตร การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากและความจุของภาชนะทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และการอ่านและการเขียนแผนภูมิแท่ง การอ่านกราฟเส้น

โดยจัดประสบการณ์หรือสร้างสถานการณ์ที่ใกล้ตัว ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าจากการปฏิบัติจริง สรุปรายงานเพื่อพัฒนาทักษะการคิดคำนวณ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับการแก้ปัญหา การสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยง การให้เหตุผล และการคิดสร้างสรรค์ สามารถทำงานอย่างเป็นระบบ มีระเบียบวินัย มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง รวมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

การวัดและประเมินผล เน้นการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ด้วยวิธีการที่หลากหลายโดยให้สอดคล้องกับบริบท และเป็นไปตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

รหัสตัวชี้วัด

ค 1.1 ป.5/1, ป.5/2, ป.5/3, ป.5/4, ป.5/5, ป.5/6, ป.5/7, ป.5/8, ป.5/9

ค 2.1 ป.5/1, ป.5/2, ป.5/3, ป.5/4

ค 2.2 ป.5/1, ป.5/2, ป.5/3, ป.5/4

ค 3.1 ป.5/1, ป.5/2

รวมทั้งหมด 19 ตัวชี้วัด



โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ รหัสวิชา ค 15101 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนที่ใช้ศึกษาประสิทธิภาพ ดังนี้

ตารางที่ 14 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
ภาคเรียนที่ 1					
1	เศษส่วน	ค 1.1 ป.5/2 ค 1.1 ป.5/3 ค 1.1 ป.5/4 ค 1.1 ป.5/5 ค 2.1 ป.5/2	- การเปรียบเทียบและเรียงลำดับ - การบวก การลบ - การคูณ - การหาร - โจทย์ปัญหา - การบวก ลบ คูณ หารระคน - โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หารระคน	34	10
2	ทศนิยม	ค 1.1 ป5/1 ค 1.1 ป5/6 ค 1.1 ป5/7 ค 1.1 ป5/8 ค 2.1 ป.5/1 ค 2.1 ป5/2	- การเขียนเศษส่วนที่มีตัวส่วนเป็นตัวประกอบของ 10 100 หรือ 1,000 ในรูปทศนิยม - การหาค่าประมาณ - การคูณ - การหาร - ทศนิยมกับการวัด	34	10
3	การนำเสนอข้อมูล	ค 3.1 ป.5/1 ค 3.1 ป.5/2	- แผนภูมิแท่ง - กราฟเส้น	12	5

ตารางที่ 14 โครงสร้างรายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนัก คะแนน
ภาคเรียนที่ 2					
4	บัญญัติไตรยางค์	ค 1.1 ป.5/2	- การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ บัญญัติไตรยางค์	10	10
5	ร้อยละ	ค 1.1 ป.5/9	- การอ่านและการเขียนร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ - ร้อยละของจำนวนนับ	18	5
6	เส้นขนาน	ค 2.2 ป.5/1	- เส้นตั้งฉากและเส้นขนาน - มุมที่เกิดจากเส้นตัดขวาง ตัดเส้นตรงคู่หนึ่ง - สมบัติของเส้นขนาน - การสร้างเส้นขนาน	14	10
7	รูปสี่เหลี่ยม	ค 2.1 ป.5/4 ค 2.2 ป.5/2 ค 2.2 ป.5/3	- ชนิดและสมบัติของรูป สี่เหลี่ยม - การสร้างรูปสี่เหลี่ยม - พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม	21	10
8	ปริมาตรและ ความจุของทรง สี่เหลี่ยมมุมฉาก	ค 2.2 ป.5/4	- ปริซึม - ปริมาตรและความจุ - ความสัมพันธ์ระหว่าง หน่วยปริมาตร หรือหน่วย ความจุ	17	10
สอบปลายปีการศึกษา				-	30
รวม 1 ปีการศึกษา				160	100

สรุปได้ว่า หน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบไปด้วย สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต มาตรฐาน ค 2.1 จำนวน 1 ตัวชี้วัด และมาตรฐาน ค 2.2 จำนวน 2 ตัวชี้วัด รวมทั้งหมด 3 ตัวชี้วัด

โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลาทั้งหมด 21 ชั่วโมง ของโรงเรียนที่ใช้ศึกษาประสิทธิภาพ ดังนี้

ตารางที่ 15 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้ แกนกลาง
1. ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม 1.1 ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม 1.2 เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม	4	นักเรียนสามารถบอกชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม	ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป	ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม
2. การสร้างรูปสี่เหลี่ยม 2.1 การสร้างรูปสี่เหลี่ยมเมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุม 2.2 การสร้างรูปสี่เหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม	5	นักเรียนสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยมตามข้อกำหนด	ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุมหรือเมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม	การสร้างรูปสี่เหลี่ยม
3. พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม 3.1 พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน 3.2 พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 3.3 พื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม	6	นักเรียนสามารถหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

ตารางที่ 15 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้ แกนกลาง
<p>4. โจทย์ปัญหา</p> <p>4.1 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม</p> <p>4.2 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p> <p>4.3 โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p>	6	<p>นักเรียนสามารถ</p> <p>1. แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม</p> <p>2. แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p>	<p>ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p>	<p>การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p>

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ปรับโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างของเนื้อหา เวลา จุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐาน/ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง โดยนำเสนอไว้ในบทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

7. การศึกษาความสัมพันธ์เชิงแนวคิด

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) และทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อสังเคราะห์เป็นหลักการแนวทางการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) โดยแบ่งการศึกษาความสัมพันธ์เชิงแนวคิดเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ระหว่างแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และหลักการตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

**ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา
คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้าง
การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ระหว่างแนวคิดการศึกษา
คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities**



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์หลักการ

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อ เสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และหลักการตามทฤษฎี การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้

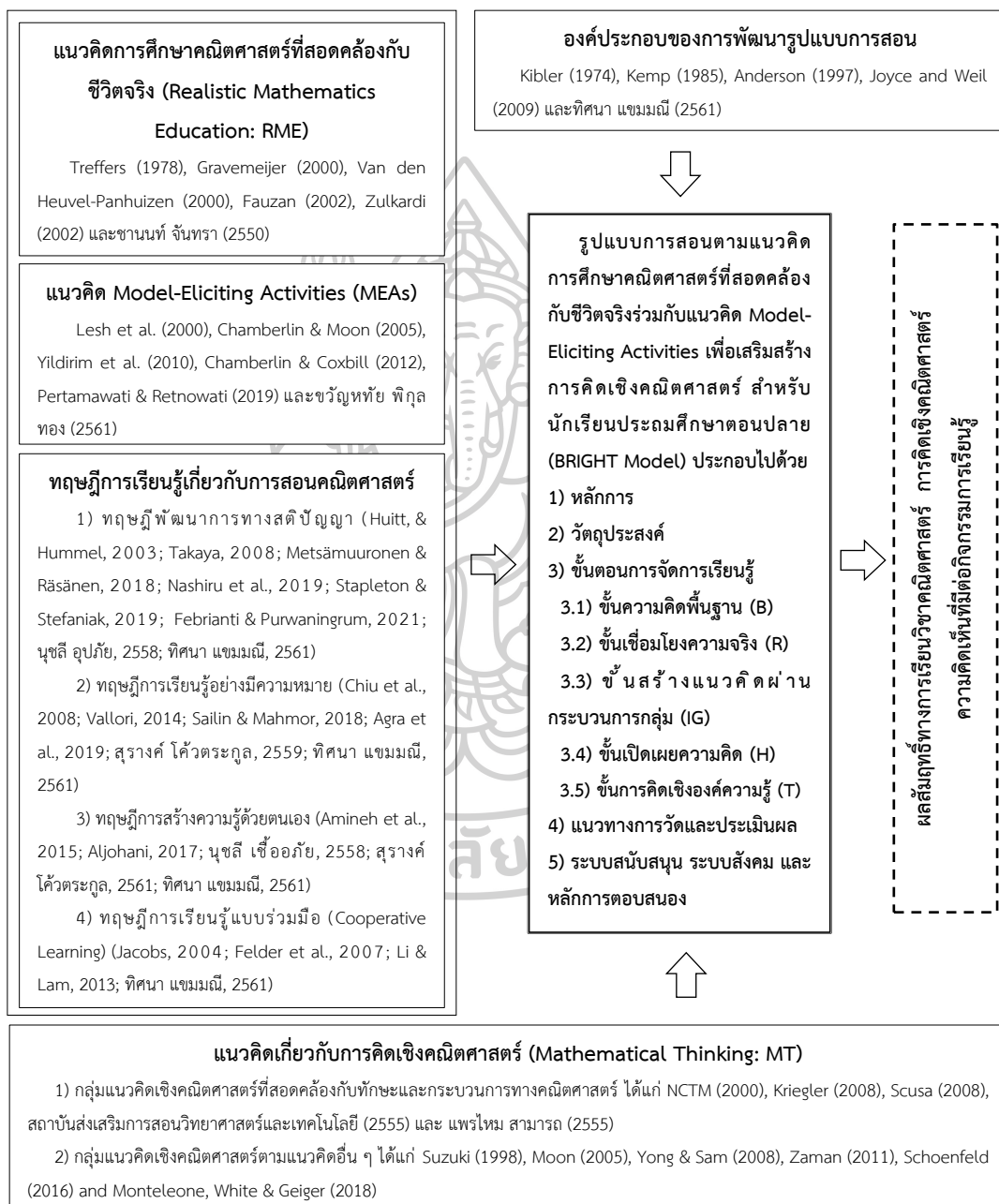
ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

8. กรอบแนวคิดการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และสรุปแนวคิดได้ดังนี้



ภาพที่ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 2) พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดย 3.1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 3.2) เปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 3.3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 4) ปรับปรุงและเผยแพร่ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอน ADDIE Model แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D_1) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R_2) การทดลองใช้ (Implement: I) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D_2) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุงและเผยแพร่ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้





ภาพที่ 6 กรอบดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R_1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความ ต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ ชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย
2. เพื่อศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

แหล่งข้อมูล

1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร

ข้อมูลที่ใช้ได้แก่ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง แนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

2. การศึกษาความต้องการจำเป็น

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 จำนวน 139 โรงเรียน

ตัวอย่าง ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 122 คน ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 การกำหนดขนาดตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โปรแกรมกำหนดขนาดตัวอย่างของ Soper (2021) ที่คำนวณได้จากเว็บไซต์ www.danielsoper.com/statcalc กำหนดขนาดอิทธิพลที่ 0.5 ซึ่งเป็นค่าขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ได้ขนาดตัวอย่างขั้นต่ำในการวิเคราะห์จำนวน 88 คน เพื่อป้องกันอันตรายจากการตอบกลับที่ไม่ครบถ้วน ผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลกับตัวอย่างจำนวน 122 คน และสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นตามสัดส่วน

ของขนาดโรงเรียน และกำหนดจำนวนครูผู้ให้ข้อมูลจำแนกตามขนาดโรงเรียน ดังนี้ โรงเรียนขนาดเล็กจำนวน 1 คน ขนาดกลาง จำนวน 3 คน ขนาดใหญ่ จำนวน 4 คน และขนาดใหญ่พิเศษ จำนวน 5 คน ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความต้องการจำเป็น

ขนาด	จำนวนโรงเรียน	ตัวอย่าง (โรงเรียน)	ตัวอย่าง (คน)
เล็ก	69	27	27
กลาง	66	26	78
ใหญ่	3	3	12
ใหญ่พิเศษ	1	1	5
รวม	139	57	122

3. การสัมภาษณ์ความคิดเห็น

กลุ่มเป้าหมาย คือผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์หรือเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา จำนวน 6 ท่าน ประกอบไปด้วย

3.1 ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ที่มีประสบการณ์สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา และมีวิทยฐานะเชี่ยวชาญ หรือจบการศึกษาระดับปริญญาเอกในสาขาที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการสอน จำนวน 2 ท่าน

3.2 นักการศึกษาที่ทำงานด้านการศึกษา หรือนักวิชาการในระดับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ท่าน

3.3 อาจารย์ในระดับอุดมศึกษาที่ทำงานด้านการสอนคณิตศาสตร์ ที่มีตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป หรือจบการศึกษาปริญญาเอกที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน

วิธีดำเนินการ

การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร 2) การศึกษาความต้องการจำเป็น และ 3) การสัมภาษณ์ความคิดเห็น มีขั้นตอนดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลจากเอกสาร

1.1 ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และข้อมูลเชิงนโยบายในระดับสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ระดับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานและระดับกระทรวงศึกษาธิการด้านการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ แนวคิดเชิงคณิตศาสตร์ แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง แนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

1.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลและจัดหมวดหมู่ของเนื้อหาเพื่อสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบและหลักการที่จะนำไปใช้ในการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน

2. การศึกษาความต้องการจำเป็น

2.1 การศึกษาความต้องการจำเป็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีรูปแบบของการตอบสนองคู่ (Dual-response format) เพื่อสอบถามความคิดเห็นสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน

2.2 ทำหนังสือถึงสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 เพื่อขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูล และส่งแบบประเมินความต้องการจำเป็นไปยังครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ www.surveymonkey.com ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และข้อมูลที่ได้จากแบบประเมินความต้องการจำเป็น จะวิเคราะห์และนำเสนอในลักษณะภาพรวม ไม่ระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลที่ได้รับจะกำหนดรหัสของข้อมูลและถูกเก็บเป็นความลับ และข้อมูลจะถูกทำลายหลังการศึกษาวิจัยสิ้นสุดลง

3. การสัมภาษณ์ความคิดเห็น

3.1 การสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่พบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย จากผู้เชี่ยวชาญหรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ ทั้งในระดับโรงเรียน ระดับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน และระดับอุดมศึกษา

3.2 ติดต่อประสานงานเพื่อขออนุญาตเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) เพื่อรวบรวมข้อมูลประกอบการดำเนินการวิจัย ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะวิเคราะห์และนำเสนอในลักษณะภาพรวม ไม่ระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัวของผู้ให้สัมภาษณ์

ในระหว่างการสัมภาษณ์ผู้วิจัยขออนุญาตบันทึกเสียง ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องของเนื้อหา และใช้รหัสแทนชื่อและนามสกุลจริงของผู้ให้การสัมภาษณ์ โดยบันทึกข้อมูลในรูปแบบไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่มีการเผยแพร่ภาพถ่ายหรือวิดีโอการสัมภาษณ์แก่สาธารณะ และข้อมูลจะถูกทำลายหลังการศึกษาวិจัยสิ้นสุดลง

เครื่องมือและขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 1) ประเมินความต้องการจำเป็น และ 2) แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

1. แบบประเมินความต้องการจำเป็น

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ การส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เพื่อเป็นกรอบข้อมูลในการสร้างข้อคำถาม

1.2 สร้างข้อคำถามของแบบประเมินความต้องการจำเป็นที่มีลักษณะเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย 1) วิทยฐานะ 2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ 3) ขนาดโรงเรียนที่สอน 4) ระดับการศึกษาสูงสุด 5) สาขาที่จบการศึกษา และ 6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) หลักการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ 2) บทบาทผู้สอน จำนวน 6 ข้อ 3) พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน จำนวน 7 ข้อ และ 4) แนวทางการวัดและประเมินผล จำนวน 7 ข้อ รวม 30 ข้อ เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบของการตอบสนองคู่ (Dual-response format) ในลักษณะมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ได้แก่

ระดับ 5 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ตอบแบบสอบถามอธิบายคำตอบอย่างอิสระ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด

1.3 นำแบบประเมินความต้องการจำเป็นที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ภาษาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.4 ตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความต้องการจำเป็น โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการพัฒนารูปแบบการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่น่าใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป (Jusoh et al., 2018; มาเรียม นิลพันธุ์, 2558) จากผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินความต้องการจำเป็น พบว่า ในแต่ละประเด็นมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60-1.00 ทุกประเด็น นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นการประเมินความต้องการจำเป็น เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง และได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบประเมินความต้องการจำเป็น ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความต้องการจำเป็น

ที่	ประเด็นเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการแก้ไข
1	ข้อคำถามสื่อความหมายหลายประเด็น ควรแยกประเด็นคำถามออกเป็นข้อย่อย เพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามไม่เกิดความลังเลในการตอบคำถามข้อคำถามนั้น ๆ	ปรับแก้ข้อคำถามออกเป็นข้อย่อย เพื่อให้การสื่อความหมายชัดเจน
2	ข้อคำถามขาดประธานของประโยค ทำให้ข้อความไม่สมบูรณ์ และสื่อความหมายไม่ชัดเจน	ปรับการใช้ภาษา และเติมข้อความเพื่อให้ข้อความสมบูรณ์และสื่อความหมายได้ชัดเจน
3	การระบุข้อมูลผู้วิจัยทั้งชื่อ ที่อยู่และข้อมูลการติดต่อ	เพิ่มข้อมูลชื่อ ที่อยู่และข้อมูลการติดต่อในแบบสอบถาม

1.5 นำแบบประเมินความต้องการจำเป็นที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้ (Try out) กับตัวแทนครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 40 คน โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ซึ่งมีลักษณะไม่แตกต่างกับตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความต้องการจำเป็น และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบประเมินความต้องการจำเป็นทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ Cronbach ที่ยอมรับได้ในระดับ > 0.80 ขึ้นไป กำหนดระดับของความเชื่อมั่น (Jain & Angural, 2017) ดังนี้

$\alpha \geq 0.9$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูงมาก
$0.9 > \alpha \geq 0.8$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง
$0.8 > \alpha \geq 0.7$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับยอมรับได้
$0.7 > \alpha \geq 0.6$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ควรตั้งข้อสงสัย
$0.6 > \alpha \geq 0.5$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับต่ำ
$0.5 < \alpha$	ความเชื่อมั่นอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้

จากผลการทดลองใช้ (Try out) แบบประเมินความต้องการจำเป็น และวิเคราะห์ความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ Cronbach พบว่าในภาพรวมมีค่าความเชื่อมั่นที่ 0.962 อยู่ในระดับสูงมาก เมื่อพิจารณารายด้าน ความเชื่อมั่นทุกด้านอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (0.877-0.935) นั่นคือ แบบสอบถามฉบับนี้มีความเชื่อที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้เพื่อประเมินความต้องการจำเป็นในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลายได้ ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความต้องการจำเป็น

ความต้องการจำเป็นรายด้าน	จำนวนข้อ	ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา	ระดับความเชื่อมั่น
1) หลักการจัดการเรียนรู้	10	0.877	สูง
2) บทบาทผู้สอน	6	0.889	สูง
3) พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	7	0.904	สูงมาก
4) แนวทางการวัดและประเมินผล	7	0.935	สูงมาก
สรุปภาพรวม	30	0.962	สูงมาก

1.6 จัดพิมพ์แบบประเมินความต้องการจำเป็นเพื่อให้ได้แบบประเมินที่สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

2. แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสัมภาษณ์วิเคราะห์สภาพปัญหาที่ส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่สร้างเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน รวมถึงการส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการสร้างประเด็นในการสัมภาษณ์ความคิดเห็น

2.2 สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาที่พบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย

2.3 นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.4 นำแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นที่เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป จากผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการสัมภาษณ์ พบว่า ในแต่ละประเด็นมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 ทุกประเด็น นั่นคือผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นการสัมภาษณ์ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง และได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบสัมภาษณ์ ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อปรับปรุงแก้ไขแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็น

ที่	ประเด็นเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการแก้ไข
1	เพิ่มเติมประเด็นคำถาม เพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่ครอบคลุมประเด็นการวิจัยมากขึ้น	ปรับแก้และเพิ่มประเด็นคำถามในเรื่องของความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
2	ตัดประเด็นคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องออก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยโดยตรง	ปรับแก้ประเด็นคำถาม และคงไว้เฉพาะประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3	การระบุข้อมูลผู้วิจัยทั้งชื่อ ที่อยู่และข้อมูลการติดต่อ	เพิ่มข้อมูลชื่อ ที่อยู่และข้อมูลการติดต่อในแบบสัมภาษณ์

2.5 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และจัดพิมพ์แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นฉบับที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสาร ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความต้องการจำเป็น จำแนกตามข้อมูล ได้แก่
 - 1) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่ และค่าร้อยละ
 - 2) การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ ด้วยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
 - 3) การวิเคราะห์การเปรียบเทียบความต้องการจำเป็น วิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น หรือ Modified Priority Needs Index : PNI Modified
 - 4) ทดสอบความแตกต่างระหว่างข้อมูลสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) และ
 - 5) การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R_1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สรุปลงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความ
ต้องการจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ
ชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ
การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับ
แนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน
ประถมศึกษาตอนปลาย



ประเมินความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ของ
ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา



สัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ และครูผู้สอน
คณิตศาสตร์



1. ข้อมูลการสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลักการของแนวคิด
การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง แนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎี
การเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ และการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์
2. ข้อมูลสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้
คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย
และลำดับความต้องการจำเป็น
3. ข้อมูลสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และแนวทางการจัดการเรียนรู้
คณิตศาสตร์ที่สร้างเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย รวมถึง
การส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และกระบวนการแก้ปัญหาตาม
แนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

ภาพที่ 7 สรุปขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D₁) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง)

แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลเอกสาร

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ผลการสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลักการของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง หลักการของแนวคิด Model-Eliciting Activities ทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ และแนวคิดการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์
3. ผลการสังเคราะห์หลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย
4. ข้อมูลสภาพปัจจุบันและสภาพที่พึงประสงค์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย และลำดับความต้องการจำเป็น
5. ข้อมูลสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สร้างเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย รวมถึงการส่งเสริมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และกระบวนการแก้ปัญหาตามแนวคิด Model-Eliciting Activities และทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ

แหล่งข้อมูลบุคคล

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ประกอบไปด้วย อาจารย์ที่ทำงานในระดับอุดมศึกษาที่มีประสบการณ์ทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี และมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก หรือมีตำแหน่งทางวิชาการตั้งแต่ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขึ้นไป และมีประสบการณ์ในด้านต่อไปนี้ ด้านหลักสูตรและการสอน

จำนวน 3 ท่าน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน ด้านการประถมศึกษา จำนวน 2 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน ในการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) และตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

วิธีดำเนินการ

การออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาองค์ประกอบของรูปแบบการสอนเพื่อใช้ในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ซึ่งได้จากการสังเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ประกอบไปด้วย 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผล 5) ระบบสนับสนุน ระบบสังคม และหลักการตอบสนอง

2. สังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย หลักการจากแนวคิดหลัก ได้แก่ แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง แนวคิด Model-Eliciting Activities ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน พบว่า มีหลักการ 5 ประการ ได้แก่ 1) หลักความเป็นจริง 2) หลักการของกิจกรรมและเปิดเผยแนวคิด 3) หลักการบูรณาการ 4) หลักการปฏิสัมพันธ์ และ 5) หลักประสิทธิภาพของลำดับขั้นทางคณิตศาสตร์

3. สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ จากหลักการและแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ที่ได้สังเคราะห์ไว้ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย 1) ขั้นเริ่มต้น (B: Beginning) 2) ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) 3) ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) 4) ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Honesty exposing) และ 5) ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะประกอบไปด้วย 1) จุดประสงค์ 2) วิธีการปฏิบัติ 3) ลักษณะกิจกรรม 4) บทบาทผู้สอน และ 5) บทบาทผู้เรียน

4. พัฒนาคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) โดยคู่มือการใช้รูปแบบการสอนประกอบไปด้วย 1) นิยามเชิงปฏิบัติการ 2) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน 3) รูปแบบการสอน

4) แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้ 5) ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ 6) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ และ 7) ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล โดยในแต่ละองค์ประกอบมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยการสังเคราะห์จากองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และผลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากการสอน ประกอบไปด้วย 5 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่ 1) การศึกษาและเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนแก้ปัญหา 3) การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น 4) การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา และ 5) การตรวจสอบความสมเหตุสมผล

4.2 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน โดยนำเสนอแนวคิดในการพัฒนารูปแบบออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน เป็นการศึกษาจากหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) และ 2) แนวคิดสนับสนุนในการพัฒนารูปแบบการสอน เป็นการศึกษาจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คณิตศาสตร์ และการศึกษาความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์

4.3 รูปแบบการสอน เขียนอธิบายโดยยึดหลักการของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผล 5) ระบบสนับสนุน ระบบสังคม และหลักการตอบสนอง

4.4 แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้ โดยศึกษาตัวอย่างคู่มือการสอน คู่มือการใช้รูปแบบการสอน และนำหลักการของรูปแบบการสอนที่นำมาเขียนอธิบาย ซึ่งประกอบด้วย 1) การเตรียมความพร้อมของผู้สอน และ 2) การเตรียมความพร้อมของผู้เรียน

4.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ ใช้หน่วยการเรียนรู้เรื่อง รูปสี่เหลี่ยมชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นหน่วยที่จะใช้ในการทดลองการวิจัยในชั้นตอนที่ 3 โดยวิเคราะห์และแบ่งกลุ่มเนื้อหาให้สอดคล้องกับหลักการของรูปแบบการสอน

4.6 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น จำนวน 1 แผน ประกอบไปด้วย 1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด 2) สาระสำคัญ 3) สาระการเรียนรู้ 4) จุดประสงค์การเรียนรู้ 5) กิจกรรมการเรียนรู้ 6) สื่อและแหล่งเรียนรู้ และ 7) การวัดและประเมินผล

4.7 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล โดยจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในบทที่ 2 ประกอบนิยามเชิงปฏิบัติการที่

กำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ของการประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ นำมาใช้ในการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ข้อ

5. นำรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

6. ตรวจสอบความเป็นไปได้และความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ด้วยการสัมมนาอ้างอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) จำนวน 9 ท่าน และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 1 ด้วยแบบประเมินความเหมาะสมที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5

7. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยมีการปรับแก้ในแต่ละองค์ประกอบ มีขั้นตอน ดังนี้

7.1 การปรับแก้นิยามเชิงปฏิบัติการ ด้วยการสังเคราะห์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric) ที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียน 4 ข้อ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ 3) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การประเมินความสมเหตุสมผล

7.2 ทบทวนการสังเคราะห์หลักการจากแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดของหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน และปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ให้สอดคล้องกับหลักการที่ปรับแก้ ประกอบไปด้วย 1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) 2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) 3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) 4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) และ 5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) โดยในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 1) จุดประสงค์ด้านผู้เรียน 2) จุดประสงค์ด้านผู้สอน 3) วิธีการปฏิบัติ 4) ลักษณะกิจกรรม 5) บทบาทผู้สอน 6) บทบาทผู้เรียน

7.3 ปรับแก้ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ ตัวอย่างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับหลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีการแก้ไข และแก้ไขรายละเอียดอื่น ๆ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษา

8. นำรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ผลจากการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1 และข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เสนอผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมสัมมนาอ้างอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมและรับรองคุณภาพของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 2 โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ได้ลงมติเป็นเอกฉันท์ให้การรับรองคุณภาพรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

9. ปรับปรุงรายละเอียดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2 และเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ จะได้เป็นรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) เพื่อนำไปใช้ในพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนในขั้นตอนถัดไป

เครื่องมือและขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนา รูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) คือ แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1. แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน

1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

1.2 สร้างข้อคำถามของแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน จำนวน 4 ข้อ 2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน จำนวน 20 ข้อ และ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน จำนวน 8 ข้อ รวม 32 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ระดับ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด

1.3 นำแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ภาษาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.4 ตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการพัฒนารูปแบบการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป (Jusoh et al., 2018; มาเรียม นิลพันธุ์, 2558) จากผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินความต้องการจำเป็น พบว่า ในแต่ละประเด็นมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 ทุกประเด็น นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

1.5 จัดพิมพ์แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนเพื่อให้ได้แบบประเมินที่สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

2. แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

2.2 สร้างข้อคำถามของแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน จำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ดังนี้ ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง เหมาะสมน้อย และเหมาะสมน้อยที่สุด

2.3 นำแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ภาษาและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.4 ตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการพัฒนา รูปแบบการสอน จำนวน 1 ท่าน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 2 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และ การใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) และ ไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป (Jusoh et al., 2018; มาเรียม นิลพันธุ์, 2558) จากผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินความต้องการจำเป็น พบว่า ในแต่ละประเด็นมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.80-1.00 ทุกประเด็น นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนเป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

2.5 จัดพิมพ์แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนเพื่อให้ได้แบบประเมินที่สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์คุณภาพของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน วิเคราะห์ข้อเสนอแนะด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และวิเคราะห์แบบประเมินด้วยค่าเฉลี่ย (M) ระดับที่ยอมรับได้คือ มากกว่า 3.50 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) น้อยกว่า 1.00 (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558)

จากขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D_1) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D₁) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



พัฒนารูปแบบการสอน คู่มือการใช้งานรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



ตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ด้วยการสัมมนาอ้างอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1 และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ



นำรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 2 และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



ได้รูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

ภาพที่ 8 สรุปขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) การทดลองใช้ (Implement: I) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน
2. เพื่อทดลองใช้และศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

แหล่งข้อมูล

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 จำนวน 6 โรงเรียน ระดับชั้นละ 8 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 24 ห้องเรียน เป็นนักเรียนทั้งหมด 517 คน โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กาญจนบุรี เขต 1 การเลือกประชากรในครั้งนี้ ผู้วิจัยวิเคราะห์จากผลการทดสอบทางการศึกษา ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ย 3 ปีซ้อนหลังตั้งแต่ปีการศึกษา 2560-2562 ดังนี้ 31.69, 29.76 และ 28.99 และระดับเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ดังนี้ 34.62, 35.49 และ 31.00 พบว่า คะแนนใกล้เคียงกันจึงได้กำหนดให้ นักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ของโรงเรียน ในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า เป็นประชากรสำหรับการทดลองประสิทธิภาพ ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษา ตอนปลาย

ตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกลุ่ม เครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา กาญจนบุรี เขต 1 ได้จากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) โดยทำการสุ่มโรงเรียน สุ่มระดับชั้น และสุ่มห้องเรียนตามลำดับ โดยแต่ละขั้นตอนใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสุ่มโรงเรียน โรงเรียนในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า จำนวน 6 โรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 สุ่มจำนวน 1 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 การสุ่มระดับชั้นเรียน โรงเรียนแห่งหนึ่งที่ได้จากการสุ่ม เปิดสอนระดับ ชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 สุ่มได้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ขั้นที่ 3 การสุ่มห้องเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้จากการสุ่ม มีห้องเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ห้องเรียน สุ่มได้ห้องเรียนที่ 1

วิธีดำเนินการ

การทดลองใช้ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอน ดังนี้

1. พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน ระยะเวลาทั้งหมด 21 ชั่วโมงให้สอดคล้องกับรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

2. พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนประกอบด้วย แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

3. การทดลองใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยกำหนดแบบแผนการวิจัย คือเป็นแบบศึกษากลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (The One-Group Pretest-Posttest Design)

ก่อนสอบ	ทดลอง	หลังสอบ
T ₁	X	T ₂

T₁ หมายถึง ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียน

X หมายถึง สอนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

T₂ หมายถึง ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หลังเรียน

4. ผู้วิจัยกำหนดขั้นตอนในการเก็บข้อมูลในการทดลอง แบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

4.1. วางแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเตรียมการในการทดลองใช้รูปแบบการสอน ดังนี้

4.1.1 คัดเลือกหน่วยการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์

4.1.2 คัดเลือกประสบการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงและเน้นการปฏิสัมพันธ์

4.1.3 เตรียมสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความจริง

4.1.4 เตรียมกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนที่หลากหลาย

4.2. ชี้แจงสร้างความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ วิธีการวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ที่จะนำไปทดลองใช้ และทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ฉบับละ 60 นาที

4.3. ดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาไว้ ซึ่งเป็นแผนรายวิชาคณิตศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม จำนวน 21 ชั่วโมง และใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 4 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมดในการทดลอง 25 ชั่วโมง (7 สัปดาห์) โดยการสอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ใช้เวลาจำนวน 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ดังนี้

ตารางที่ 20 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อสัปดาห์

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	จำนวน (ชั่วโมง)
1	1. ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน 2. ทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน 3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม	1 1 2
2	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม	4
3	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับการสร้างรูปสี่เหลี่ยม	4

ตารางที่ 20 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองต่อสัปดาห์ (ต่อ)

สัปดาห์ที่	แผนการจัดการเรียนรู้ที่	จำนวน (ชั่วโมง)
4	1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับการสร้างรูปสี่เหลี่ยม	2
	2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่ใช่มุมฉาก	2
5	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่ใช่มุมฉาก	4
6	1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวกับโจทย์การประยุกต์	3
	2. ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียน	1
7	1. ทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียน	1
	2. แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้	
รวมเวลา		25

5. การประเมินระหว่างเรียน ประเมินได้จากการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมกัน การถามตอบ และการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

6. ผู้วิจัยกำหนดการทดสอบหลังเรียน ด้วยแบบสอบสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้เวลาฉบับละ 60 นาที และให้นักเรียนทำแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

7. เก็บรวบรวมข้อมูลการประเมินผลหลังเรียนและนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

เครื่องมือและขั้นตอนการพัฒนาเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ และ 2) เครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้

1.1 วิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วยมาตรฐานและตัวชี้วัด ดังนี้

1.1.1 มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนสิ่งของที่ต้องการวัดและนำไปใช้ ประกอบด้วย ตัวชี้วัด ป.5/4 แสดงวิธีหาค่าตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

1.1.2 มาตรฐาน ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้ ประกอบด้วย ตัวชี้วัด ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป และ ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุม หรือเมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม

1.2 กำหนดโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 21 ชั่วโมง ดังนี้

ตารางที่ 21 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการ เรียนรู้ แกนกลาง
1. การคิดเชิง คณิตศาสตร์เกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม 1) ชนิดและสมบัติของ รูปสี่เหลี่ยม 2) เส้นทแยงมุมของรูป สี่เหลี่ยม 3) ความยาวรอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม 4) โจทย์ปัญหาความ ยาวรอบรูปของรูป สี่เหลี่ยม	6	1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับสมบัติ ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 2. ผู้เรียนอธิบายสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิด ต่าง ๆ 3. ผู้เรียนจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมตาม สมบัติของรูปสี่เหลี่ยม 4. ผู้เรียนหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม ชนิดต่าง ๆ 5. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับ ความเป็นจริง และบริบทในโลกชีวิตจริงของ ผู้เรียน เกี่ยวกับการหาความยาวรอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม 6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดงความ คิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้	ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูป สี่เหลี่ยมโดย พิจารณา สมบัติของรูป ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูป สี่เหลี่ยมโดย พิจารณา สมบัติของรูป	1. ชนิดและ สมบัติของ รูปสี่เหลี่ยม 2. ความยาว รอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม 3. การแก้ โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาว รอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม

ตารางที่ 21 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการ เรียนรู้ แกนกลาง
<p>2. การคิดเชิง คณิตศาสตร์เกี่ยวกับ การสร้างรูปสี่เหลี่ยม</p> <p>1) การสร้างรูปสี่เหลี่ยม โดยกำหนดความยาว ด้านและขนาดของมุม</p> <p>2) การสร้างรูปสี่เหลี่ยม โดยกำหนดความยาว เส้นทแยงมุม</p> <p>3) โจทย์ปัญหาการ สร้างรูปสี่เหลี่ยม</p>	6	<p>1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับชนิด ของมุมและการสร้างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก</p> <p>2. ผู้เรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมตามความยาว ด้านและขนาดของมุมที่กำหนด</p> <p>3. ผู้เรียนสร้างรูปสี่เหลี่ยมตามความยาว เส้นทแยงมุมที่กำหนด</p> <p>4. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบท ในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน เกี่ยวกับการ สร้างรูปสี่เหลี่ยม</p> <p>5. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดง ความคิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการ เรียนรู้</p>	ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูป สี่เหลี่ยมชนิด ต่าง ๆ เมื่อ กำหนดความ ยาวด้านและ ขนาดของมุม หรือเมื่อ กำหนดความ ยาวเส้น ทแยงมุม	การสร้าง รูปสี่เหลี่ยม
<p>3. การคิดเชิง คณิตศาสตร์เกี่ยวกับ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ ไม่ใช่มุมฉาก</p> <p>1) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้าน ขนาน</p> <p>2) พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมขนม เปียกปูน</p> <p>3) พื้นที่รูปหลายเหลี่ยม</p> <p>4) โจทย์ปัญหาพื้นที่ ของรูปสี่เหลี่ยมที่ไม่ใช่ มุมฉาก</p>	6	<p>1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับการ หาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก</p> <p>2. ผู้เรียนหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้าน ขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p> <p>3. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบท ในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน เกี่ยวกับการหา พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูป สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน</p> <p>4. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดง ความคิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการ เรียนรู้</p>	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหา คำตอบของ โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาว รอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ ของรูป สี่เหลี่ยมด้าน ขนานและรูป สี่เหลี่ยมขนม เปียกปูน	1. พื้นที่ของ รูปสี่เหลี่ยม ด้านขนาน และรูป สี่เหลี่ยม ขนมเปียก ปูน 2. การแก้ โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ พื้นที่ของรูป สี่เหลี่ยม ด้านขนาน และรูป สี่เหลี่ยม ขนมเปียก ปูน

ตารางที่ 21 โครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	จุดประสงค์การเรียนรู้	มาตรฐาน/ ตัวชี้วัด	สาระการ เรียนรู้ แกนกลาง
4. การคิดเชิง คณิตศาสตร์เกี่ยวกับ โจทย์การประยุกต์	3	1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เกี่ยวกับการหา ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และการ หาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูป สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 2. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิง คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบท ในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนเกี่ยวกับโจทย์ ปัญหาประยุกต์ได้ 3. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดง ความคิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการ เรียนรู้	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหา คำตอบของ โจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาว รอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ ของรูป สี่เหลี่ยมด้าน ขนานและรูป สี่เหลี่ยมขนม เปียกปูน	การแก้ โจทย์ ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาว รอบรูป สี่เหลี่ยม และพื้นที่ ของรูป สี่เหลี่ยม ด้านขนาน และรูป สี่เหลี่ยม ขนมเปียก ปูน

1.3 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด 2) สาระสำคัญ 3) สาระการเรียนรู้ 4) จุดประสงค์การเรียนรู้ 5) กิจกรรมการเรียนรู้ 6) สื่อหรือแหล่งเรียนรู้ และ 7) การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

1.5 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการสอนกับวัตถุประสงค์ (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ในแต่ละประเด็นประเมินมีค่า IOC เป็น 1.00 ทุกประเด็น นั่นคือ

ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้จริง และปรับปรุงแก้ไขตาม ข้อเสนอแนะ และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นจำนวน 1 แผน ไปทดลองใช้ (Try out) กับ นักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่าง ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกลุ่มเครือข่าย พัฒนาคณาภพการศึกษาลาดหลุม้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ซึ่งมีลักษณะไม่แตกต่างกับตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตาม รูปแบบการสอนและความเป็นไปได้ในการจัดการเรียนรู้ในสถานการณ์จริง และปรับปรุงแก้ไขก่อน นำไปทดลองใช้จริง พบว่า การดำเนินกิจกรรมเป็นไปตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมได้และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ และนำผลการทดลองใช้มาปรับปรุงแก้ไขใบกิจกรรมเพื่อให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

2. การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

เครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอนประกอบด้วย 1) แบบสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 2) แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ 3) แบบสอบถาม ความคิดที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและ ประเมินของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ ชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เป็นแบบทดสอบปรนัย (Objective tests) แบบเลือกตอบ (Multiple choices) ให้คะแนนที่เป็นระบบ Dichotomous มีลักษณะแบบตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน จำนวน 25 ข้อ มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1.1 ศึกษาเอกสาร หลักการ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิด เชิงคณิตศาสตร์ แนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ รวมถึงหลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อวิเคราะห์มาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

2.1.2 กำหนดโครงสร้างของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 25 ข้อ และสร้างเพื่อตามโครงสร้างเดิมอีก 25 ข้อ รวมทั้งหมด 50 ข้อ กำหนดโครงสร้างของ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Wilson (1971) ที่ได้จำแนก พฤติกรรมทางสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ไว้ 4 ระดับ ได้แก่ การคิดคำนวณ ความเข้าใจ

การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยกำหนดเนื้อหาในการสร้างแบบสอบ หน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 22 โครงสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้/ ตัวชี้วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม				ข้อสอบที่ ใช้จริง	ข้อสอบที่ สร้าง
		การคิด คำนวณ	ความ เข้าใจ	นำไปใช้	การ วิเคราะห์		
ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป	1. นักเรียนสามารถบอกชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมได้		2 (ข้อ 1-2)	2 (ข้อ 3-4)		4	8
ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุมหรือเมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม	2. นักเรียนสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุมได้		2 (ข้อ 5-6)			2	4
	3. นักเรียนสามารถสร้างรูปสี่เหลี่ยม เมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุมได้		2 (ข้อ 7-8)			2	4
ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	4. นักเรียนสามารถหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมได้	1 (ข้อ 9)		3 (ข้อ 10-12)		4	8
	5. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมได้			1 (ข้อ 13)	2 (ข้อ 14-15)	3	6
	6. นักเรียนสามารถหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนได้	1 (ข้อ 16)		3 (ข้อ 17-19)		4	8
	7. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนได้			1 (ข้อ 20)	2 (ข้อ 21-22)	3	6
8. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมและการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนได้			1 (ข้อ 23)	2 (ข้อ 24-25)	3	6	
รวม		2	6	11	6	25	50

2.1.3 สร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ตามโครงสร้างที่กำหนด และนำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.1.4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่น่าใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีค่า IOC เป็น 0.80-1.00 คือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันระหว่าง ข้อสอบกับวัตถุประสงค์ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

2.1.5 นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ที่สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ที่มีลักษณะของนักเรียนไม่แตกต่างจาก นักเรียนตัวอย่าง และผ่านการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่อง รูปสี่เหลี่ยมมาแล้ว จำนวน 30 คน โดยทดลอง 2 ครั้ง ครั้งละ 25 ข้อ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ข้อสอบ แบบรายข้อเพื่อตรวจสอบค่าความยาก (Difficulty) ในระดับที่ยอมรับได้คือ 0.20-0.80 ค่าอำนาจ จำแนก (Discrimination) ที่ระดับ 0.20 ขึ้นไป (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558; ขวลิต ชูกำแพง, 2559) พบว่า ทั้ง 50 ข้อ มีค่าความความยากอยู่ระหว่าง 0.28-0.69 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.10-0.80 จึงคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณลักษณะตามเกณฑ์ความยากและอำนาจจำแนก จำนวน 25 ข้อ ตาม โครงสร้างที่กำหนดไว้ในตารางที่ 21 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.25-0.59 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ ระหว่าง 0.20-0.80 และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งฉบับ ด้วยการวิเคราะห์ความค่าความเที่ยง (Reliability) ตามสูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.70 ขึ้นไป (Nunnally & Bernstein, 1994 cited in Stevanovic, 2013; Sharma, 2016) พบว่า ค่าความเที่ยงของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ จำนวน 25 ข้อที่คัดเลือกไปใช้ มีค่า 0.801 มีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูง ดังภาคผนวก หน้า 349-350

2.1.6 จัดพิมพ์แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับตัวอย่างต่อไป

2.2 แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับ

แนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย เป็นแบบทดสอบอัตนัย (Essay test) จำนวน 2 ข้อ ซึ่งเป็นสถานการณ์ ปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้เขียนตอบตามความคิดเห็น แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์นี้ ประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่สอดคล้องกับ องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีขั้นตอนในการพัฒนาและหาคุณภาพ ดังนี้

2.2.1 ศึกษาเอกสาร หลักการ แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิง คณิตศาสตร์ แนวทางการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ รวมถึงหลักสูตรกลุ่มสาระการ เรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อวิเคราะห์มาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง

2.2.2 กำหนดโครงสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ และสร้างเฝือตามโครงสร้างเดิมอีก 2 ข้อ รวมทั้งหมด 4 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็น สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทความเป็นจริงที่ให้นักเรียนเขียนตอบ ผู้วิจัย กำหนดเนื้อหาในการสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อให้สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิด เชิงคณิตศาสตร์ เลือกหน่วยการเรียนรู้เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

ตารางที่ 23 โครงสร้างแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ข้อ	วัตถุประสงค์	กรอบเนื้อหา ตามสาระการเรียนรู้แกนกลาง	จำนวนข้อสอบอัตนัย	
			ข้อสอบ ที่ใช้จริง	ข้อสอบ ที่สร้าง
1-2	เพื่อใช้กระบวนการคิด เชิงคณิตศาสตร์ใน การแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ที่สอดคล้อง กับความเป็นจริง และ บริบทในโลกชีวิตจริงของ ผู้เรียนเกี่ยวกับโจทย์ ปัญหาประยุกต์	1. ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม 2. ความยาวรอบรูปของรูป สี่เหลี่ยม 3. พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 4. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมและพื้นที่ ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูป สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	2	4
รวมทั้งหมด			2	4

2.2.3 สร้างแบบสอบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามโครงสร้างที่กำหนด และสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) การคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีลักษณะของคะแนน 4 ระดับ เรียงลำดับการให้คะแนนจาก 0 ถึง 4 เป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ 3) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การประเมินความสมเหตุสมผล

2.2.4 นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.2.5 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่น่าใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีค่า IOC เป็น 0.60-1.00 ทุกข้อ นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

2.2.6 นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ที่มีลักษณะของนักเรียนไม่แตกต่างจากนักเรียนตัวอย่าง และผ่านการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องรูปสี่เหลี่ยมมาแล้ว จำนวน 30 คน โดยทดลองใช้ 2 ครั้ง ครั้งละ 2 ข้อ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ข้อสอบแบบรายข้อเพื่อตรวจสอบค่าความยาก (Difficulty) ในระดับที่ยอมรับได้คือ 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ที่ระดับ 0.20 ขึ้นไป (มาเรียม นิลพันธุ์, 2558; ขวลิต ชูกำแพง, 2559) พบว่า ทั้ง 4 ข้อ มีค่าความความยากอยู่ระหว่าง 0.29-0.66 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.16-0.38 โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณลักษณะตามเกณฑ์ความยากและอำนาจจำแนก จำนวน 2 ข้อ พบว่า มีค่าความความยากอยู่ระหว่าง 0.42-0.54 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.32-0.38 และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งฉบับ ด้วยการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ของ Cronbach ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.70 ขึ้นไป (Nunnally & Bernstein, 1994 cited in Stevanovic, 2013; Sharma, 2016) และปรับปรุงแก้ไข พบว่า ค่าความเที่ยงของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ ที่คัดเลือกไปใช้ มีค่า 0.924 มีค่าความเที่ยงอยู่ในระดับสูงมาก ดังภาคผนวก หน้า 351

2.2.7 จัดพิมพ์แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้เก็บข้อมูลกับตัวอย่างต่อไป

2.3 แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย วัดได้จากระดับ ความคิดเห็นของผู้เรียนตามกรอบ มีขั้นตอนการพัฒนาและหาคุณภาพ ดังนี้

2.3.1 ศึกษาเอกสาร หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

2.3.2 ออกแบบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ 2) บรรยากาศการเรียนรู้ จำนวน 4 ข้อ และ 3) ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ จำนวน 9 ข้อ รวม 18 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด เกี่ยวกับความรู้สึที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน จำนวน 3 ข้อ

2.3.3 นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2.3.4 ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC เป็น 0.60-1.00 ทุกข้อ นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นคำถามของแบบสอบถามความคิดเห็น เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

2.3.5 จัดพิมพ์แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test dependent)

2. การวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และรายด้าน ด้วยสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test dependent) และวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยแปลผลระดับพัฒนาการตามเกณฑ์ของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ดังนี้

ระดับคะแนน 76 - 100	พัฒนาการระดับสูงมาก
ระดับคะแนน 51 - 75	พัฒนาการระดับสูง
ระดับคะแนน 26 - 50	พัฒนาการระดับกลาง
ระดับคะแนน 0 - 25	พัฒนาการระดับต้น

3. การวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) สำหรับข้อคิดเห็น และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

จากขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) การทดลองใช้ (Implement: I) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R₂) การทดลองใช้ (Implement: I)
รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับ
แนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ และเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน
ได้แก่ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ
แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้



ทดลองใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับ
นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาตามรูปแบบการสอน



ประสิทธิผลที่ได้จากการนำรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่
สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิง
คณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้

- 1) ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
- 2) ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 3) ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

ภาพที่ 9 สรุปขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้รูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D₂) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงรายละเอียดรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เอกสารประกอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

2. เพื่อเผยแพร่และศึกษาความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และศึกษานิเทศก์ที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

แหล่งข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย คือ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และศึกษานิเทศก์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 ที่ได้มาจากวิธีการแบบอาสาสมัคร จำนวน 41 คน

วิธีดำเนินการ

การประเมินผล ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอน ดังนี้

1. ปรับปรุงรายละเอียดรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย จากการศึกษาประสิทธิผลของการนำรูปแบบการสอนไปทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 3 มาวิเคราะห์ ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงผลการวิเคราะห์ข้อสังเกตระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทบทวนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน เอกสารประกอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนให้มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น

2. นำรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน

ประถมศึกษาตอนปลาย เอกสารประกอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3. นำผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาดอนปลาย ที่ปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียด มาเผยแพร่และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยการจัดประชุมเชิงวิชาการผ่านระบบออนไลน์ ทั้งนี้ เป้าหมายของการเผยแพร่รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อเผยแพร่รูปแบบการสอนไปยังกลุ่มบุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอน จากการศึกษาความต้องการจำเป็นในชั้นตอนที่ 1 ของการวิจัย และสามารถนำรูปแบบการสอนไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาดอนปลาย และศึกษานิเทศก์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 และศึกษาความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมเพื่อนำผลการประเมินไปใช้ในการปรับปรุงรายละเอียดของรูปแบบการสอนให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4. วิเคราะห์ผลการเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาดอนปลาย และนำข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมประชุมมาปรับปรุงรูปแบบการสอน และเสนออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อเป็นรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาดอนปลาย ฉบับเผยแพร่

เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผล ปรับปรุงและเผยแพร่ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาดอนปลาย คือ แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร หลักการ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมที่มีต่อรูปแบบการสอน

2. ออกแบบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาดอนปลาย ประกอบไปด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เข้าร่วมประชุม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย 1) เพศ 2) ตำแหน่ง 3) วิทยฐานะ และ 4) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน จำนวน 12 ข้อ และด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้ จำนวน 8 ข้อ รวม 20 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ

3. นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. ตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ได้แก่ สอดคล้อง (+1) ไม่น่าสนใจ (0) และไม่สอดคล้อง (-1) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ที่ยอมรับได้ในระดับ ≥ 0.50 ขึ้นไป และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่า IOC เป็น 1.00 ทุกข้อ นั่นคือ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน เห็นสอดคล้องกันในประเด็นคำถามของแบบสอบถามความคิดเห็น เป็นไปตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้และนำไปใช้เก็บข้อมูลได้จริง

5. จัดพิมพ์แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) สำหรับข้อคิดเห็น และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

จากขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D_2) การประเมินผลและปรับปรุง (Evaluation: E) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D₂) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุง และเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย



ปรับปรุงรายละเอียดรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย เอกสารประกอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือประเมิน ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอน



เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบการปรับปรุงรายละเอียด และแก้ไขตาม ข้อเสนอแนะ และเผยแพร่รูปแบบการสอนผ่านการประชุมออนไลน์



เผยแพร่รูปแบบการสอนผ่านการประชุมออนไลน์ และนำข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วม ประชุมมาปรับปรุงและแก้ไข และเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ



รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ฉบับเผยแพร่

ภาพที่ 10 สรุปขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล ปรับปรุงแก้ไข และเผยแพร่รูปแบบการสอน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 2) พัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดย 3.1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 3.2) เปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 3.3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 4) ปรับปรุงและเผยแพร่ รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอน ADDIE Model โดยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยในการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1.1) การศึกษาและวิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอน 1.2) การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และ 1.3) การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียดดังนี้

1.1 การศึกษาและวิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1.1.1 หลักการสำคัญที่สอดคล้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 หลักการได้แก่

1) หลักความเป็นจริง เป็นการใช้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่เป็นความจริง สอดคล้องกับบริบทในโลกของชีวิตจริง รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์ และมีความหมายต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

2) หลักการของกิจกรรมและเปิดเผยแนวคิด เป็นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อแสดงความคิด ผ่านการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการหรือแบบจำลอง รวมถึงการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น รวมถึงการเปิดเผยความคิดผ่านการนำเสนอแนวคิด วิธีการ กระบวนการ รวมถึงการอธิบาย อภิปรายและสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน

3) หลักการบูรณาการ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ และบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา สถานการณ์ในโลกของความเป็นจริง และการปรับใช้แนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4) หลักการปฏิสัมพันธ์ เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยตนเอง

5) หลักประสิทธิภาพของลำดับขั้นทางคณิตศาสตร์ เป็นระดับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากไม่เป็นทางการไปสู่แบบแผนทางคณิตศาสตร์ ที่ควรถ่ายทอดความเข้าใจและการตีความ

1.1.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะดังนี้

1) ผู้สอนจัดเตรียมปัญหา สถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริง บูรณาการเชื่อมโยงกับความรู้และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และคำนึงถึงระดับเนื้อหาที่สามารถเชื่อมโยงได้อย่างเหมาะสม

2) ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างแนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการทางคณิตศาสตร์

3) ผู้สอนส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ร่วมกันภายในกลุ่ม และภายในห้องเรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ผ่านกิจกรรมกลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

4) ผู้สอนส่งเสริมการนำเสนอแนวความคิดของผู้เรียนที่ได้จากการสร้างแนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการให้เหตุผล ผ่านการนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสม

5) ผู้สอนส่งเสริมการอภิปรายความรู้ หรือสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและความเข้าใจร่วมกัน

6) ผู้สอนมีหน้าที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาร่วมกับผู้เรียน และสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ร่วมกัน จากการศึกษาเชิงเอกสาร ผู้วิจัยได้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนำไปใช้ในการออกแบบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1.2 การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยกำหนดขนาดตัวอย่างในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 จำนวน 150 คน เพื่อป้องกันข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ และได้ข้อมูลตอบกลับมาจำนวน 131 คน คิดเป็นร้อยละ 87.33 และคัดเลือกข้อมูลที่สมบูรณ์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลตรงตามสัดส่วนที่กำหนดจำนวน 122 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นลักษณะของแบบสอบถามความคิดเห็น (Questionnaire) ที่มีรูปแบบของการตอบสนองคู่ (Dual-response format) ในลักษณะมาตราประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) และเก็บข้อมูลด้วยระบบออนไลน์ผ่าน www.surveymonkey.com ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 6 ข้อ ประกอบด้วย 1) ตำแหน่งและวิทยฐานะ 2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ 3) ขนาดโรงเรียนที่สอน 4) ระดับการศึกษาสูงสุด 5) สาขาที่จบการศึกษา และ 6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ดังนี้ 1) ตำแหน่งและวิทยฐานะ ส่วนใหญ่ดำรงตำแหน่งครู ไม่มีวิทยฐานะ คิดเป็นร้อยละ 59.836 2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่สอนมากกว่า 1 ระดับชั้น คิดเป็นร้อยละ 48.361 3) ขนาดโรงเรียนที่สอน ส่วนใหญ่อยู่โรงเรียนขนาดกลาง (จำนวนนักเรียน 121-600 คน) คิดเป็นร้อยละ 63.934 4) ระดับการศึกษาสูงสุด ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 79.508 5) สาขาที่จบการศึกษา ส่วนใหญ่จบสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 71.311 และ 6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ ส่วนใหญ่มีประสบการณ์สอนน้อยกว่า 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 45.082 ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประเด็นคำถาม	ความถี่	ร้อยละ
1) ตำแหน่งและวิทยฐานะ	122	100
1.1) ครูผู้ช่วย	16	13.115
1.2) ครู	73	59.836
1.3) ครูชำนาญการ	21	17.213
1.4) ครูชำนาญการพิเศษ	12	9.836
2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์	122	100
2.1) ประถมศึกษาปีที่ 4	18	14.754
2.2) ประถมศึกษาปีที่ 5	18	14.754
2.3) ประถมศึกษาปีที่ 6	27	22.131
2.4) มากกว่า 1 ระดับชั้น	59	48.361
3) ขนาดโรงเรียนที่สอน (จำนวนนักเรียน)	122	100
3.1) ขนาดเล็ก (1-120 คน)	27	22.131
3.2) ขนาดกลาง (121-600 คน)	78	63.934
3.3) ขนาดใหญ่ (601-1,500 คน)	12	9.836
3.4) ขนาดใหญ่พิเศษ (1,501 ขึ้นไป)	5	4.098
4) ระดับการศึกษาสูงสุด	122	100
4.1) ปริญญาตรี	97	79.508
4.2) ปริญญาโท	25	20.492
4.3) ปริญญาเอก	0	0.000
5) สาขาที่จบการศึกษา	122	100
5.1) คณิตศาสตร์	87	71.311
5.2) ประถมศึกษา	6	4.918
5.3) อื่น ๆ	29	23.770
6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์	122	100
6.1) น้อยกว่า 5 ปี	55	45.082
6.2) 5-10 ปี	44	36.066
6.3) 11-15 ปี	15	12.295
6.4) 16 ปีขึ้นไป	8	6.557

1.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) หลักการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ 2) บทบาทผู้สอน จำนวน 6 ข้อ 3) พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน จำนวน 7 ข้อ และ 4) แนวทางการวัดและประเมินผล จำนวน 7 ข้อ เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบของการตอบสนองคู่ (Dual-response format) ในลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันด้วยสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent) และวิเคราะห์การเปรียบเทียบความต้องการจำเป็น โดยใช้ดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น หรือ Modified Priority Needs Index: PNI_{Modified} ดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.196$, $SD = 0.544$) สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง ($M = 3.358$, $SD = 0.569$) มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น (PNI_{Modified}) อยู่ที่ 0.250 เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t -test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายด้านมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้านประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์ มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในทุกด้านประเมิน เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นในแต่ละด้านประเมินจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน (PNI_{Modified} = 0.336) 2) ด้านหลักการจัดการเรียนรู้ (PNI_{Modified} = 0.242) 3) ด้านบทบาทผู้สอน (PNI_{Modified} = 0.217) และ 4) ด้านแนวทางการวัดและประเมินผล (PNI_{Modified} = 0.215) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดของแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้ ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.234$, $SD = 0.525$) สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง ($M = 3.408$, $SD = 0.566$) มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น (PNI_{Modified}) อยู่ที่ 0.242 เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t -test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายข้อมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกประเด็นประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิด

เชิงคณิตศาสตร์ ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้ ทุกประเด็นประเมิน เมื่อพิจารณาตามรายการประเมินพบว่า ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดในการแก้ปัญหาผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด ($PNI_{Modified} = 0.322$) 2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ($PNI_{Modified} = 0.319$) และ 3) กำหนดปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน ($PNI_{Modified} = 0.286$)

ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.281, SD = 0.558$) สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก ($M = 3.519, SD = 0.683$) มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ($PNI_{Modified}$) อยู่ที่ 0.217 เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายข้อมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกประเด็นประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน ทุกประเด็นประเมิน เมื่อพิจารณาตามรายการประเมินพบว่า ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ($PNI_{Modified} = 0.240$) 2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน ($PNI_{Modified} = 0.218$) และ 3) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุทางคณิตศาสตร์ ($PNI_{Modified} = 0.216$)

ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.064, SD = 0.645$) สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก ($M = 3.043, SD = 0.637$) มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ($PNI_{Modified}$) อยู่ที่ 0.336 เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายข้อมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกประเด็นประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ทุกประเด็นประเมิน เมื่อพิจารณาตามรายการประเมินพบว่า ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ และวางแผนการแก้ปัญหา ($PNI_{Modified} = 0.355$) 2) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง ($PNI_{Modified} = 0.351$) และ 3) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ ($PNI_{Modified} = 0.342$)

ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.206, SD = 0.621$) และสภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก ($M = 3.463, SD = 0.704$) และมีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ($PNI_{Modified}$) อยู่ที่ 0.215 เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายข้อมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกประเด็นประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล ทุกประเด็นประเมินเมื่อพิจารณาตามรายการประเมินพบว่า ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด ($PNI_{Modified} = 0.245$) 2) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน ($PNI_{Modified} = 0.235$) และ 3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ($PNI_{Modified} = 0.230$) ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์		สภาพปัจจุบัน		การทดสอบความแตกต่าง		PNI	ลำดับ
	M	SD	M	SD	t	Sig.		
ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้	4.234	0.525	3.408	0.566	13.414*	.001	0.242	2
1) กำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน	4.090	0.643	3.180	0.716	11.652*	.001	0.286	3
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.164	0.635	3.156	0.772	12.438*	.001	0.319	2
3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น	4.180	0.603	3.352	0.715	11.585*	.001	0.247	5
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดในการแก้ปัญหาผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด	4.107	0.653	3.107	0.821	11.914*	.001	0.322	1
5) เชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง	4.246	.696	3.361	0.728	11.708*	.001	0.263	4
6) สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.295	0.701	3.549	0.804	9.940*	.001	0.210	7

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์		สภาพปัจจุบัน		การทดสอบความแตกต่าง		PNI	ลำดับ
	M	SD	M	SD	t	Sig.		
7) ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ปัญหา หรือ สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน	4.197	0.723	3.369	0.835	10.639*	.001	0.246	6
8) เปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่ม หรือในชั้นเรียน มีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหา ของผู้อื่น	4.303	0.691	3.574	0.842	8.688*	.001	0.204	8
9) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนึงถึงลำดับ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากง่ายไปยาก	4.484	0.658	3.861	0.775	9.135*	.001	0.161	10
10) จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้ เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปนามธรรม	4.270	0.668	3.574	0.792	10.134*	.001	0.195	9
ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน	4.281	0.558	3.519	0.638	12.286*	.001	0.217	3
1) ผู้สอนใช้ตัวอย่างเหตุการณ์ ปัญหา หรือ สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อ กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	4.262	0.653	3.549	0.705	10.144*	.001	0.201	5
2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน	4.295	0.639	3.525	0.774	11.065*	.001	0.218	2
3) ผู้สอนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ทางคณิตศาสตร์กับปัญหา หรือสถานการณ์ จากบริบทในชีวิตจริง	4.303	0.628	3.549	0.728	10.751*	.001	0.212	4
4) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.238	0.656	3.484	0.730	9.844*	.001	0.216	3
5) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับ หลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการ แก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น	4.238	0.669	3.418	0.770	10.864*	.001	0.240	1
6) ผู้สอนใช้การถามตอบ คำถามกระตุ้น ความคิด อภิปราย หรือให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ ได้เรียนเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของชั้นเรียน	4.352	0.642	3.590	0.888	9.547*	.001	0.212	4
ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน	4.064	0.645	3.043	0.637	13.439*	.001	0.336	1
1) ผู้เรียนร่วมปฏิบัติกิจกรรม ตอบคำถาม หรือ แสดงความคิดเห็นด้วยความสนใจต่อประเด็น ปัญหา	4.205	0.715	3.164	0.754	12.475*	.001	0.329	5
2) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ และวางแผนการ แก้ปัญหา	4.066	0.736	3.000	0.782	12.727*	.001	0.355	1

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบัน (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์		สภาพปัจจุบัน		การทดสอบความแตกต่าง		PNI	ลำดับ
	M	SD	M	SD	t	Sig.		
3) ผู้เรียนสร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผล	4.033	0.715	3.016	0.792	11.091*	.001	0.337	4
4) ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.033	0.703	3.049	0.714	12.328*	.001	0.323	6
5) ผู้เรียนแสดงผลทางคณิตศาสตร์เพื่อประกอบการแก้ปัญหา	4.025	0.710	3.066	0.758	10.602*	.001	0.313	7
6) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง	4.098	0.709	3.033	0.823	12.262*	.001	0.351	2
7) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ	3.992	0.722	2.975	0.698	12.351*	.001	0.342	3
ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล	4.206	0.621	3.463	0.704	10.992*	.001	0.215	4
1) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย	4.311	0.705	3.574	0.842	10.046*	.001	0.206	5
2) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4.262	0.678	3.598	0.810	9.559*	.001	0.185	6
3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.205	0.715	3.418	0.822	9.635*	.001	0.230	3
4) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	4.115	0.670	3.361	0.783	9.960*	.001	0.224	4
5) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด	4.082	0.723	3.279	0.785	10.215*	.001	0.245	1
6) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผล โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน	4.139	0.775	3.352	0.822	9.266*	.001	0.235	2
7) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการประเมินผลที่ชัดเจน	4.328	0.709	3.656	0.951	8.130*	.001	0.184	7
รวม	4.196	0.544	3.358	0.569	13.428*	.001	0.250	

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

1.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) จำนวน 2 ประเด็น ดังนี้

1) ปัญหาการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ได้เสนอสภาพปัญหาที่พบ คือ ผู้เรียนไม่สามารถคิดวิเคราะห์ ให้เหตุผล เชื่อมโยง หรือแสดงกระบวนการคิดหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ซึ่งมีสาเหตุหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ด้านการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอนที่เน้นการสอนแบบท่องจำ การสอนโดยครูเป็นศูนย์กลาง ขาดการบูรณาการเนื้อหาคณิตศาสตร์กับบริบทในชีวิตประจำวัน และด้านผู้เรียนที่มีปัญหาครอบครัว ปัญหาการเรียน ปัญหาการอ่านการเขียน ขาดการฝึกฝนและทบทวนบทเรียน รวมถึงการใช้เทคโนโลยีเกินความจำเป็นส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้

2) แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับ ประถมศึกษาตอนปลาย ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้ มุ่งเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติร่วมกันและเกิดปฏิสัมพันธ์ โดยการประยุกต์ใช้เกม สื่อการเรียนรู้ที่ สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน รวมถึงการบูรณาการเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ เพื่อให้เกิด ความท้าทาย ความสนุกสนานในการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงวิธีคิด แสดงความคิดเห็น พัฒนาการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ด้วยกลยุทธ์ที่หลากหลาย ออกแบบกิจกรรมที่กระตุ้นการคิด การใช้คำถาม รวมถึงการวัดและประเมินผลโดยใช้โจทย์ปัญหา สถานการณ์ที่หลากหลายให้ผู้เรียนได้ ฝึกปฏิบัติ ฝึกคิดและแก้ปัญหา รวมถึงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

1.3 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ หรือเกี่ยวข้องกับ การสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา จำนวน 6 ท่าน ด้วยวิธีการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structured Interview) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) จำนวน 5 ประเด็น ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1.3.1 ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึง ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน สามารถสรุปได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางความคิดที่แสดงออกในลักษณะของความสามารถ ในการแปลความ ตีความ แก้ปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ผ่านประสบการณ์ หรือการนำ

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้อย่างสมเหตุสมผล และพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงถึงความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา เลือกวิธีการหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา รวมถึงการสังเกต การแปลความ ตีความทางคณิตศาสตร์ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล สะท้อนได้จากคำสัมภาษณ์ ดังนี้

“การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นการคิดขั้นสูง ที่สามารถแสดงความสามารถในการแปลความ ตีความทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ แสดงออกผ่านการนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้สถานการณ์ หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน และพฤติกรรมบ่งชี้ที่แสดงว่าผู้เรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือสามารถมองบริบทต่าง ๆ ในชีวิต แล้วนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแปลความ ตีความ สังเกต หรือค้นพบแนวทางการแก้ปัญหาและใช้การคำนวณได้”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

27 ตุลาคม 2564

“การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดที่มองสำรวจสิ่งต่าง ๆ แก้ปัญหาสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางคณิตศาสตร์ได้ และใช้ความคิดที่เป็นระบบซึ่งเป็นกระบวนการภายในระบบสมอง ทั้งนี้ผู้เรียนที่มีลักษณะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะสามารถตีความแปลความจากสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วนำเสนอผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมเหตุสมผล พร้อมทั้งใช้กลยุทธ์ หรือวิธีการเพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ และระหว่างการเรียนรู้ผู้เรียนสามารถแสดงการคิด การประเมิน การเลือก หรือวิเคราะห์การแก้ปัญหายังเป็นระบบ”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

31 ตุลาคม 2564

“การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางสมองของผู้เรียน ที่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาและหาเหตุผล แสดงแนวความคิดการแก้ปัญหาและแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจ รวมถึงความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล การเลือกใช้ยุทธวิธี หรือวิธีการได้มาซึ่งคำตอบและสรุปผลการแก้ปัญหา โดยพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีการคิดเชิงคณิตศาสตร์ คือการกล้าคิด กล้าทำ กล้านำเสนอบนพื้นฐานความจริง ใช้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5

7 ธันวาคม 2564

1.3.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน สามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามที่ถูกวิจัยได้สังเคราะห์ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน เนื่องจากการแก้ปัญหาถือเป็นหัวใจของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ทั้งนี้องค์ประกอบย่อยของการแก้ปัญหามีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหาทั่วไป ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา แก้ปัญหา และตรวจสอบการแก้ปัญหา ที่จะช่วยให้ผู้เรียนแก้ปัญหาตามกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน สะท้อนได้จากคำสัมภาษณ์ ดังนี้

“ทักษะการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล ก็เป็นทักษะและกระบวนการหลักของวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อย่างไร เพื่อให้ผู้เรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหา และอธิบายเหตุผลที่สะท้อนถึงการคิดเชิงคณิตศาสตร์”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3
28 ตุลาคม 2564

“องค์ประกอบที่ผู้วิจัยสังเคราะห์มานั้น มีความเหมาะสมกับระดับชั้นที่จะนำไปใช้ในการศึกษาและทดลองการวิจัย เพราะผู้เรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 เป็นช่วงวัยที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และเป็นวัยที่มีความพร้อมต่อการพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและขั้นตอน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5
7 ธันวาคม 2564

“องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีหลายองค์ประกอบ แต่องค์ประกอบที่สำคัญของกระบวนการคิด คือการวิเคราะห์ปัญหา และแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสอดคล้องกับงานวิจัยของผู้วิจัย”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6
8 ธันวาคม 2564

1.3.3 สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน สามารถสรุปได้ว่า สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์เกิดจากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ เพราะครูส่วนใหญ่มุ่งเน้นการหาคำตอบด้วยวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นรูปแบบด้วยการจดจำ ขาดการสร้างมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา ขาดการสร้างภาพในความคิดหรือการสอนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม รวมถึงวัฒนธรรมในการสอนที่ครูมีบทบาทเป็นผู้สอนแต่เพียงผู้เดียว ขาดการใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน และไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นสะท้อนได้จากคำสัมภาษณ์ ดังนี้

“ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันสอนแต่บนหนังสือ กล่าวคือ ไม่สอนจากรูปธรรมไปเป็นนามธรรม โดยสร้างมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดให้เกิดกับผู้เรียนก่อน ก่อนที่จะแสดงอัลกอริทึมหรือขั้นตอนการแก้ปัญหา แต่พบว่าครูส่วนใหญ่เน้นแต่ขั้นตอนการแก้ปัญหา สอนเพียงให้ผู้เรียนได้จดจำขั้นตอนและนำไปใช้ เมื่อสถานการณ์พลิกแพลง ผู้เรียนจึงไม่สามารถนำขั้นตอนที่จดจำมาใช้แก้ปัญหาได้ ผู้เรียนขาดกระบวนการคิดและไม่เห็นความงามของคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์โดยใช้คำถามกระตุ้นอย่างเป็นลำดับตามขั้นตอนการแก้ปัญหา เน้นการใช้คำถามกระตุ้นที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1
22 ตุลาคม 2564

“ความรู้พื้นฐาน หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ของครูผู้สอนมีน้อย สอนผู้เรียนโดยมุ่งเน้นเพียงคำตอบด้วยกระบวนการตีความ หรือใช้วิธีลัดในการแก้ปัญหา หรือหาผลลัพธ์ ไม่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่รู้กระบวนการที่มาและที่ไปของผลลัพธ์ที่ได้”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 3
28 ตุลาคม 2564

“วัฒนธรรมการสอนของครูผู้สอนที่ไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิด หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยมุ่งเน้นสอนเพียงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และบอกวิธีการแก้ปัญหา เพื่อให้การเรียนผ่านไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่มีการตั้งคำถามกระตุ้นการคิดของผู้เรียน ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลให้ผู้เรียนขาดการคิด วิเคราะห์ แก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง รวมถึงผู้เรียนไม่สามารถสร้างองค์ความรู้หรือความคิดรวบยอดในกระบวนการคิดได้ด้วยตนเอง”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

31 ตุลาคม 2564

1.3.4 แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสม โดยทั้งสองแนวคิดจะมีทั้งหลักการร่วมและหลักการที่แตกต่างกัน ที่สะท้อนให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่จะเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวันของผู้เรียน รวมถึงกระบวนการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยการพัฒนารูปแบบการสอนจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สะท้อนได้จากคำสัมภาษณ์ ดังนี้

“แนวคิดทั้งสองที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์มาเพื่อใช้เป็นแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการสอนมีความเหมาะสม และสามารถส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลายได้ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักการที่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติจริงได้ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้วิจัยจะต้องนำหลักการมาใช้ในการออกแบบเป็นขั้นตอนการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาและวัยของผู้เรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

27 ตุลาคม 2564

“แนวคิดที่ผู้วิจัยนำมาใช้ทั้งแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และแนวคิด Model-Eliciting Activities ต่างก็มีลักษณะร่วมของหลักการ และข้อแตกต่างของแต่ละหลักการ ทั้งนี้ถ้าผู้วิจัยสามารถนำหลักการทั้งสองแนวคิดมาใช้ร่วมกัน จะเป็นรูปแบบการสอนที่น่าสนใจและในแต่ละหลักการก็สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 4

31 ตุลาคม 2564

“หลักการทั้ง 2 แนวคิด มีความเหมาะสมและน่าสนใจ สามารถนำไปสู่การพัฒนากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาได้ โดยเฉพาะหลักการที่สอดคล้องกับชีวิตจริง เพราะในปัจจุบันยังขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันของผู้เรียน รวมถึงการบูรณาการ การสร้างปฏิสัมพันธ์ ถือเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยส่งเสริมหรือพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 5

7 ธันวาคม 2564

1.3.5 การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่าน สามารถสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่ไม่แยกออกจากกัน สำหรับการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะต้องมุ่งเน้นการปฏิบัติจริงของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้ด้วยการใช้คำถามกระตุ้น ที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน และประเมินผลปลายทางโดยใช้โจทย์ปัญหา ประเด็นท้าทาย หรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียนตามบริบท เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนการแก้ปัญหา หรือกระบวนการคิดของผู้เรียนออกมาโดยใช้วิธีการทั้งการถามตอบ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ รวมถึงการทดสอบกระบวนการคิดด้วยแบบทดสอบสะท้อนได้จากคำสัมภาษณ์ ดังนี้

“การสอนและการวัดผลไม่ควรแยกจากกัน เป็นกระบวนการในขณะทีครูผู้สอนกำลังสอนก็มีการวัดผลไปด้วย เช่น การตอบคำถามของผู้เรียน การตั้งใจเรียน ความกระตือรือร้นที่จะเรียน เหมือนการวิจัยตัวผู้สอนไปด้วยในขณะสอน มุ่งกระบวนการคิดของผู้เรียนระหว่างเรียนรู้ไม่ใช่วัดแต่ผลสำเร็จปลายทางเพียงอย่างเดียว”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 1

22 ตุลาคม 2564

“การวัดและประเมินผลเน้นที่การปฏิบัติได้จริงของผู้เรียน โดยผู้สอนจะต้องกำหนด โจทย์ปัญหาที่สอดคล้องปัญหาในสถานการณ์จริง หรือชีวิตประจำวันตามบริบทของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิด สะท้อนการแก้ปัญหา หรือแสดงแนวคิดที่ใช้ออกมา ผ่าน กระบวนการทำงานกลุ่ม หรืองานเดี่ยวก็สามารถวัดผลระหว่างการเรียนรู้ได้”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 2

27 ตุลาคม 2564

“การวัดประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งบางครั้งแยก ไม่ออกระหว่างการเรียนการสอนและการวัดผล และผู้เรียนอาจไม่รู้ตัวด้วยซ้ำว่ากำลัง ประเมินผลอยู่ โดยการวัดผลและประเมินผลจะใช้เครื่องมือหลากหลาย โดยเน้นการ ประเมินตามสภาพจริงทั้งประเมินความรู้ ความคิด การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ พฤติกรรมที่แสดงออกในการแก้ปัญหา และใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงเป็นโจทย์ปัญหา เน้นประเด็นท้าทายชวนคิดและแก้ปัญหา เป็นลักษณะคำถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้เรียนได้ แสดงวิธีคิด และประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)”

ผู้เชี่ยวชาญคนที่ 6

8 ธันวาคม 2564

นอกจากนี้ ประเด็นอื่น ๆ ที่ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการสอน คณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในแง่มุมมองของกระบวนการวิจัย คือการเก็บข้อมูล ผู้เรียนในเชิงคุณภาพ โดยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ การตอบสนองต่อการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงเชิงบรรยากาศในชั้นเรียนมากกว่าการเก็บข้อมูลด้วยแบบทดสอบเพียงอย่างเดียว รวมถึงการพัฒนารูปแบบการสอนส่วนใหญ่ติดกับขั้นตอนที่เป็นนามธรรมในเชิงทฤษฎี เพราะขาด รายละเอียดของขั้นตอนที่ชัดเจน เช่น มีขั้นตอนการเตรียมผู้เรียนอย่างไร กระตุ้นความสนใจของ ผู้เรียนอย่างไร ควรระบุให้ชัดเจน และสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจและนำรูปแบบการสอนไปใช้ได้

จากการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และ แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอน ปลายด้วยการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 6 ท่าน ผู้วิจัย ได้วิเคราะห์ประเด็นสำคัญที่ได้จากการสัมภาษณ์ ร่วมกับนิยามและแนวคิดหลักที่ได้จากการศึกษา หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากบทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในแต่ละประเด็น ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 การปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน

ผลการศึกษาและทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์	การปรับปรุงและแก้ไข
ความหมายของการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
<p>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถในการสร้าง กระบวนการทางความคิด เพื่อ เชื่อมโยงองค์ความรู้ทาง คณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับ ทักษะ กระบวนการทาง คณิตศาสตร์ตามเงื่อนไขของ กระบวนการคิด และแสดงออกใน ลักษณะของความสามารถในการ เข้าใจรูปแบบ การหาลักษณะร่วม ของปัญหา การระบุปัญหาหรือ ข้อผิดพลาด และสร้างกลวิธีในการ แก้ปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการคิด อย่างเป็นระบบ</p>	<p>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการทางความคิดที่ แสดงออกในลักษณะของ ความสามารถในการแปลความ ตีความ แก้ปัญหาในสถานการณ์ หรือบริบทต่าง ๆ ผ่าน ประสบการณ์ หรือการนำความรู้ ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้อย่าง สมเหตุสมผล และคุณลักษณะที่ แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมี ความสามารถในการคิดเชิง คณิตศาสตร์ คือสามารถวิเคราะห์ ปัญหา เลือกรูปแบบหรือวิธีการใน การแก้ปัญหา รวมถึงการสังเกต การแปลความ ตีความทาง คณิตศาสตร์ และนำความรู้ไปประยุกต์ ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และสมเหตุสมผล</p>	<p>การคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นความสามารถที่แสดงออกผ่าน กระบวนการคิด ที่แสดงออกใน ลักษณะของการเชื่อมโยงความรู้ ทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับทักษะและ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปสู่ การตีความ วิเคราะห์ปัญหา หรือ สถานการณ์ เลือกรูปแบบหรือกล ยุทธ์ในการแก้ปัญหา ไปสู่ กระบวนการแก้ปัญหาย่าง สมเหตุสมผล และสามารถเข้าใจ รูปแบบ การหาลักษณะร่วมของ ปัญหา การระบุปัญหาหรือ ข้อผิดพลาด และสร้างกลวิธีในการ แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ</p>
องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
<p>1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ คือการวางแผนดำเนินการ แก้ปัญหา ใช้กลยุทธ์หรือวิธีการที่ หลากหลายในการแก้ปัญหาและ ปรับใช้อย่างเหมาะสม แก้ปัญหา คณิตศาสตร์ในบริบทที่ต่างกัน ตรวจสอบขั้นตอนของการ แก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผล และมีความ มั่นใจในการแก้ปัญหา</p>	<p>1. องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสม ต่อการนำไปใช้ในการพัฒนา รูปแบบการสอน เนื่องจากการ แก้ปัญหาถือเป็นหัวใจของ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควร ส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในระดับ ประถมศึกษาตอนปลาย</p>	<p>องค์ประกอบของการคิดเชิง คณิตศาสตร์ที่ได้จากการการศึกษา และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คณิตศาสตร์ จึงไม่มีประเด็นในการ ปรับแก้องค์ประกอบของการคิดเชิง คณิตศาสตร์</p>

ตารางที่ 26 การปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน (ต่อ)

ผลการศึกษาและทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์	การปรับปรุงและแก้ไข
<p>2. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ คือการใช้การทดสอบหรือการพิสูจน์ที่หลากหลายในการให้เหตุผล อธิบายเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ได้อย่าง สมเหตุสมผล ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล รวบรวมข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ กระบวนการแก้ปัญหาและเห็นคุณค่าของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์</p>	<p>2. องค์กรประกอบที่ 2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสม เพราะเป็นความต่อเนื่องจาก กระบวนการแก้ปัญหา ที่ควรแก้ปัญหาด้วยความสมเหตุสมผล และสะท้อนถึงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน</p>	
แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
<p>1. การศึกษาคณิตศาสตร์ที่ สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) หมายถึง แนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัย สถานการณ์ ปัญหา บริบทหรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในโลกความเป็นจริงของมนุษย์ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ไปสู่ การสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอด กลยุทธ์ หรือ แนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง</p> <p>2. Model-Eliciting Activities (MEAs) หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมเพื่อพัฒนา ผู้เรียนให้แก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนด สถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้อง กับความจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียน</p>	<p>1. แนวคิดสะท้อนให้เห็นถึงการ พัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่จะ เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวัน ของผู้เรียน</p> <p>2. แนวคิดสะท้อนถึงกระบวนการ หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาด และ การให้เหตุผลที่ส่งเสริม กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์</p> <p>3. แนวคิดสะท้อนถึงการเรียนรู้ที่ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำ กิจกรรมร่วมกัน และเกิด ปฏิสัมพันธ์ภายในชั้นเรียน</p> <p>4. แนวคิดทั้งสองแนวคิดมีความ เหมาะสม และสามารถนำไปใช้ในการ พัฒนารูปแบบการสอนที่ ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรอบ ออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย</p>	<p>แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบ การสอนที่ส่งเสริมการคิดเชิง คณิตศาสตร์ที่ได้จากการการศึกษา และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน คณิตศาสตร์ จึงไม่มีประเด็นในการ ปรับแก้แนวคิดหลักในการพัฒนา รูปแบบการสอนที่ส่งเสริมการคิด เชิงคณิตศาสตร์</p>

ตารางที่ 26 การปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน (ต่อ)

ผลการศึกษาและทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์	การปรับปรุงและแก้ไข
ได้แสดงโครงสร้างของกระบวนการ คิดออกมาได้อย่างสร้างสรรค์และ แก้ปัญหาได้จริง		
แนวทางในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
<p>1. วัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยแบบทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ เนื่องจากแบบทดสอบอัตนัยเป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงแนวความคิดได้อย่างอิสระ และสามารถมองเห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน</p> <p>2. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score) ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics)</p>	<p>1. การวัดและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่ไม่แยกออกจากกัน</p> <p>2. การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์มุ่งเน้นการปฏิบัติจริงของผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้</p> <p>3. ใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน</p> <p>4. วัดและประเมินผลด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้โจทย์ปัญหา ประเด็นท้าทาย หรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียนตามบริบท</p> <p>5. ให้ผู้เรียนได้สะท้อนการแก้ปัญหา หรือกระบวนการคิดของผู้เรียนออกมาโดยใช้วิธีการถามตอบ การสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้ รวมถึงการทดสอบกระบวนการคิดด้วยแบบสอบ</p>	<p>1. วัดและประเมินผลกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา ด้วยการอภิปรายหรือสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้</p> <p>2. ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง</p> <p>3. วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทั้งการใช้คำถามที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบ หรือแสดงความคิดเห็น สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน และการทดสอบกระบวนการคิดด้วยแบบสอบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ และประเมินด้วยเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric Score)</p>

ตารางที่ 26 การปรับปรุง แก้ไขนิยามและหลักการในการพัฒนารูปแบบการสอน (ต่อ)

ผลการศึกษาและทบทวน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	ผลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนคณิตศาสตร์	การปรับปรุงและแก้ไข
สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้และหลักสูตรคณิตศาสตร์ในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาเชิงคณิตศาสตร์		
<p>1. การสอนคณิตศาสตร์ที่มุ่งเน้นพัฒนาความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ไม่ได้สนใจสิ่งสำคัญที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนรู้ คือ การคิดเชิงคณิตศาสตร์</p> <p>2. ขาดการเชื่อมโยง เนื่องด้วยการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นความสามารถในการสร้างกระบวนการทางความคิดเพื่อเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้</p> <p>3. หลักสูตรคณิตศาสตร์ที่ไม่สะท้อนถึงความจำเป็นในการเรียนรู้ตามบริบทและชีวิตจริง ไม่มีมิติของสังคม หรือบริบทของคณิตศาสตร์ในโลกจริงหรือชีวิตจริงเป็นส่วนประกอบหลักสูตร</p> <p>4. บทบาทหรือการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ที่ผู้เรียนไม่ใช่เป็นผู้รับความรู้จากผู้สอน แต่ผู้เรียนจะต้องแสดงบทบาทในการมีส่วนร่วม</p>	<p>1. ครูสอนเพื่อหาคำตอบโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาด้วยการจดจำตามรูปแบบที่สอน ไม่ได้มุ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหา</p> <p>2. ครูขาดการสร้างโน้ตค้นหรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา</p> <p>3. ครูขาดการสร้างภาพในความคิดหรือการสอนจากประสบการณ์ไปสู่นามธรรม</p> <p>4. วัฒนธรรมในการสอนที่ครูมีบทบาทเป็นผู้สอนแต่เพียงผู้เดียว โดยขาดการใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน และไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น</p>	<p>1. ครูสอนเพื่อผลลัพธ์ ไม่ได้มุ่งเน้นกระบวนการหรือที่มาของผลลัพธ์ และใช้การแก้ปัญหาตามขั้นตอนแบบจดจำ และขาดการประยุกต์ใช้</p> <p>2. ครูขาดการสร้างความคิดรวบยอด หรือสร้างภาพในความคิดก่อนไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรม</p> <p>3. ครูขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระทางคณิตศาสตร์ทั้งภายในศาสตร์เดียวกัน และประยุกต์กับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน</p> <p>4. ครูขาดการใช้คำถามกระตุ้นเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิด แสดงความคิดเห็น และขาดการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้</p> <p>5. หลักสูตรคณิตศาสตร์ไม่สะท้อนถึงความจำเป็นในการเรียนรู้ตามบริบทและชีวิตจริง ของผู้เรียน</p>

และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น เพื่อใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย จำแนกตามรายด้านของการประเมินความต้องการจำเป็น ดังนี้

1. ด้านการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา ผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด 2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3) กำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน 4) เชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง และ 5) ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

2. ด้านบทบาทผู้สอน ได้แก่ 1) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น 2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน และ 3) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3. ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แก่ 1) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ และวางแผนการแก้ปัญหา 2) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง 3) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับและ 4) ผู้เรียนสร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผล

4. ด้านการวัดและประเมินผล ได้แก่ 1) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด 2) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน 3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 4) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้องค์ความรู้เกี่ยวกับหลักการของแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านบทบาทผู้สอน ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน และด้านการวัดและประเมินผล รวมถึงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในขั้นต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัย ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 2.1) ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) และ 2.2) ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) รายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง)

ผู้วิจัยได้นำผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในชั้นตอนที่ 1 ที่ประกอบไปด้วย 1) ผลการศึกษาและวิเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และ 3) ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย มาใช้ในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ตรวจสอบคุณภาพด้วยการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ ด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ ด้านการสอนระดับประถมศึกษา และด้านการวัดและประเมินผล และให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.1.1 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง)

ผู้วิจัยนำผลจากการสังเคราะห์หลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และผลการศึกษาความคิดเห็นจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จากการศึกษาในขั้นตอนที่ 1 มาใช้ในการออกแบบรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) รายละเอียดตามองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ดังนี้

หลักการ

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีหลักการ 5 ประการ ดังนี้

1) หลักความเป็นจริง เป็นการใช้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่เป็นความจริง สอดคล้องกับบริบทในโลกของชีวิตจริง รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์ และมีความหมายต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน

2) หลักการของกิจกรรมและเปิดเผยแนวคิด เป็นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อแสดงความคิด ผ่านการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการหรือแบบจำลอง รวมถึงการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น รวมถึงการเปิดเผยความคิดผ่านนำเสนอแนวคิด วิธีการ กระบวนการ รวมถึงการอธิบาย อภิปรายและสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน

3) หลักการบูรณาการ เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ และบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา สถานการณ์ในโลกของความเป็นจริง และการปรับใช้แนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

4) หลักการปฏิสัมพันธ์ เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยกันเอง

5) หลักประสิทธิภาพของลำดับขั้นทางคณิตศาสตร์ เป็นระดับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ จากรูปร่างไปสู่นามธรรม จากไม่เป็นทางการไปสู่แบบแผนทางคณิตศาสตร์ ที่ควรง่ายต่อความเข้าใจและการตีความ

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวความคิดศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน (BR(IG)HT Model) ดังนี้

1. ขั้นเริ่มต้น (B: Beginning) เป็นกิจกรรมการเตรียมความพร้อมและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ รวมถึงการตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

จุดประสงค์ เพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนรู้และตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้สอนเตรียมความพร้อมผู้เรียนด้วยการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ด้วยการนำเสนอเรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ปัญหา หรือสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น รูปภาพ วิดิทัศน์ เกม ที่เป็นจริงตามบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน

2) ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายเกี่ยวกับประเด็นที่ได้นำเสนอ

3) ผู้สอนตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานของผู้เรียน โดยการเชื่อมโยงกับประเด็นกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการถามตอบ การแสดงตัวอย่าง หรือการสืบเสาะความคิดของผู้เรียน

ลักษณะกิจกรรม เป็นกิจกรรมกระตุ้นความสนใจด้วยการนำเรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ปัญหา หรือสื่อการเรียนรู้ที่เป็นจริงตามบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายเกี่ยวกับประเด็นที่ได้นำเสนอในห้องเรียน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนเตรียมความพร้อมของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ใช้สื่อที่เป็นจริงตามบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียนด้วยการถามตอบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน

บทบาทผู้เรียน ร่วมตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกัน

2. ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) เป็นกิจกรรมการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการเสนอปัญหาท้าทาย หรือสถานการณ์คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริง

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้สอนเสนอปัญหา หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์และเชื่อมโยงจากความรู้ หรือประสบการณ์เดิมในการแก้ปัญหาที่กำหนด ว่าความรู้เดิมที่มีเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร หรือต้องมีความรู้ หรือประสบการณ์ใหม่ในเรื่องใด โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อตรวจสอบแนวทางการนำความรู้เดิมมาใช้ในการแก้ปัญหา

2) ผู้สอนรวบรวมแนวคิดจากความรู้ หรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน รวมถึงข้อเสนอนโยบาย หรือความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนต้องการในการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหา และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากความรู้เดิมและเชื่อมโยงความต่อเนื่องกับความรู้ใหม่ เพื่อแสดงให้ผู้เรียนได้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อตรวจสอบความคิดรวบยอดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่

3) ผู้สอนนำเสนอปัญหาท้าทาย หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงประเด็นความรู้ใหม่ โดยใช้คำถามกระตุ้นความคิด ว่าผู้เรียนจะนำความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้รับมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างไร โดยผู้สอนจะไม่เฉลยวิธีคิดหรือนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหา

4) ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม วิเคราะห์ หรืออธิบายประเด็นท้าทายที่ครูนำเสนอ

5) ผู้สอนสรุปประเด็นความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนจะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาท้าทายที่นำเสนอไว้

ลักษณะกิจกรรม เป็นกิจกรรมในชั้นเรียน โดยผู้สอนแสดงความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาท้าทายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ ผ่านการสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนในการถามตอบ และวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนจัดเตรียมประเด็นปัญหาท้าทาย หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทของโลกในชีวิตจริง ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาที่พบในชีวิตจริงและปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นผ่านการถามตอบ และอธิบายเหตุผลที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์

บทบาทผู้เรียน ร่วมตอบคำถาม และแสดงความคิดเห็น และลงมือปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้

3. ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) เป็นกิจกรรมที่ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านการสร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสมเหตุสมผล และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

จุดประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างแนวคิด กระบวนการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลแนวคิดที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหา

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการกลุ่ม ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน โดยใช้ปัญหาท้าทาย หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริงของผู้เรียนจากขั้นตอนที่ 2 และมอบหมายให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

2) ผู้เรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการแสดงเหตุผลตามแนวคิดที่สร้างขึ้นร่วมกัน

3) ผู้สอนให้คำแนะนำ และอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ลักษณะกิจกรรม เป็นลักษณะกิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และวิเคราะห์แนวทางในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน

บทบาทผู้สอน ผู้สอนจัดเตรียมปัญหา หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทของโลกในชีวิตจริง และมอบหมายให้ผู้เรียนได้สร้างแนวคิดในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้วยการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันในลักษณะของกระบวนการกลุ่ม และอำนวยความสะดวกในการดำเนินกิจกรรมให้แก่ผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนจัดกลุ่มและใช้กระบวนการกลุ่มในการลงมือปฏิบัติงานร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการแสดงเหตุผลตามแนวคิดที่สร้างขึ้นร่วมกัน

4. ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Honesty exposing) เป็นกิจกรรมการแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการนำเสนอแนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาท้าทายทางคณิตศาสตร์ และแสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา

จุดประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิดที่สร้างขึ้นในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิด เพื่อสืบเสาะกระบวนการคิดของผู้เรียน และเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) ผู้เรียนนำเสนอแนวคิด วิธีการ หรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และให้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหานั้น ผ่านการอธิบาย หรือแสดงแนวคิดด้วยการเขียนแผนผัง ตาราง วาดภาพ หรือใช้อุปกรณ์ประกอบตามความเหมาะสม

3) ผู้เรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายแนวทางการแก้ปัญหของเพื่อนร่วมชั้นเรียน

4) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ หรือนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นวิธีคิด หรือกระบวนการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ลักษณะกิจกรรม เป็นลักษณะกิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ได้นำเสนอแนวคิดของกลุ่ม รวมถึงการวิเคราะห์แนวคิดของเพื่อนกลุ่มอื่น

บทบาทผู้สอน ผู้สอนวิเคราะห์กระบวนการคิดของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมเรียนรู้การแก้ปัญหาของผู้เรียน พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้แนวคิดของผู้เรียนเป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาที่สร้างและอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และร่วมกันอภิปรายแนวคิดของเพื่อนในแต่ละกลุ่ม

5. ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concept) เป็นกิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด

จุดประสงค์ เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้และสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง และตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้สอนรวบรวมแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้นำเสนอในขั้นที่ 4 และใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับจากกระบวนการจัดการเรียนรู้

2) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ ผ่านการตอบประเด็นคำถาม หรืออธิบายกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้

3) ผู้สอนตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการถามตอบ หรือทำแบบฝึกหัดที่ออกแบบตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

4) ผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงกับบริบทและโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน

5) ผู้สอนรวบรวมแนวคิดในการสรุปองค์ความรู้ของผู้เรียน และเติมเต็มเพื่อสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของชั้นเรียนที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ลักษณะกิจกรรม เป็นลักษณะกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกับเพื่อนในกลุ่มและเพื่อนในชั้นเรียน และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง รวมถึงการตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเองผ่านการทำแบบฝึกหัด การตอบประเด็นคำถาม หรือการใช้สื่อทางเทคโนโลยี เช่น การใช้เกมออนไลน์ การตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน เป็นต้น

บทบาทผู้สอน ผู้สอนเตรียมประเด็นคำถามเพื่อใช้ถามตอบ เกี่ยวกับแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ได้นำเสนอไว้ และให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อให้ผู้สอนได้สรุปเป็นองค์ความรู้ในภาพรวมและถ่ายทอดสู่ผู้เรียน รวมถึงการจัดเตรียมแบบฝึกหัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อไว้ตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความคิดรวบยอดของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม สะท้อนสิ่งคิดที่ได้เรียนรู้และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับตามความเข้าใจของตนเอง รวมถึงการแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านการทำแบบทดสอบ หรือแบบฝึกหัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

แนวทางการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สามารถวัดก่อนเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียนตามความเหมาะสม โดยแบ่งตามลักษณะวิธีการวัดและประเมินผล ดังนี้

1. การวัดและประเมินผลด้วยการทดสอบ โดยใช้แบบสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดลักษณะของปัญหาท้าทาย หรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทและชีวิตจริงและเป็นไปตามลำดับของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา สร้างแนวคิดวิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาและแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านแบบวัดการคิดเชิง

คณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended Response) และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Rubric for scoring the mathematical thinking) ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic scoring rubrics)

2. การวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม หรือการทำแบบฝึกหัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา ด้วยการอภิปราย หรือสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ โดยผู้สอนใช้คำถามที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็น รวมถึงการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง เป็นระบบที่สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน ดังนี้

ระบบสังคม

กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อแลกเปลี่ยนกระบวนการคิด ตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา และนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการแสดงความสมเหตุสมผล และสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบขั้นตอน

ระบบสนับสนุน

การจัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และวัยของผู้เรียน รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้

หลักการตอบสนอง

ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ รวมถึงการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม ปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหา กระตุ้นกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหา รวมถึงสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สรุปรูปแบบการสอนในลักษณะของแผนภาพ ดังนี้

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

BR(IG)HT MODEL

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นเริ่มต้น (B: Beginning)
2. ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)
3. ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)
4. ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Honesty exposing)
5. ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concept)

แนวทางการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยและประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์แบบแยกส่วน (Analytic rubrics) และวัดตามสภาพจริง (ได้จากผลงานปฏิบัติแก้ปัญหา การทำกิจกรรมกลุ่ม การอภิปราย และการสะท้อนคิด)

หลักการ

การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติกิจกรรมที่สร้างปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม และสร้างแนวคิด วิธีการ กระบวนการหรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จากปัญหา สถานการณ์ รวมถึงการบูรณาการเนื้อหาสอดคล้องกับหลักความเป็นจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงตามลำดับขั้นของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และเปิดเผยแนวคิดในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

ระบบสนับสนุน

จัดเตรียมเนื้อหาวัสดุอุปกรณ์สถานการณ์หรือปัญหาที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกของชีวิตจริง

ระบบสังคม

กิจกรรมการเรียนรู้ การเรียนรู้แบบร่วมมือในกระบวนการกลุ่ม เป็นการปฏิสัมพันธ์ซึ่งกัน

หลักการตอบสนอง

ผู้สอนอำนวยความสะดวก ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ทำแบบมี และ เสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้

ภาพที่ 11 รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง)

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากการสังเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 2 ดังตารางที่ 27-28

ตารางที่ 27 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. การศึกษาและเข้าใจปัญหา	3	- ผู้เรียนระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน
	2	- ผู้เรียนระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน
	1	- ผู้เรียนระบุได้เฉพาะปัญหา หรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนดได้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่ง
	0	- ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการวิเคราะห์ปัญหา
2. การวางแผนแก้ปัญหา	3	- ผู้เรียนกำหนดขั้นตอน วิธีการ และความรู้ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับปัญหา
	2	- ผู้เรียนกำหนดขั้นตอน วิธีการ และความรู้ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับปัญหาบางส่วน
	1	- ผู้เรียนกำหนดขั้นตอน วิธีการ และความรู้ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่สอดคล้องกับปัญหา
	0	- ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการวางแผนแก้ปัญหา
3. การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น	3	- ผู้เรียนแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเป็นลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้อย่างชัดเจน
	2	- ผู้เรียนแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้
	1	- ผู้เรียนแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วน และไม่เป็นลำดับขั้นตอนที่วางแผนไว้
	0	- ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการแก้ปัญหา
4. การตรวจสอบผลการแก้ปัญหา	3	- ผู้เรียนแสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้องครบถ้วนและแสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับได้ถูกต้อง
	2	- ผู้เรียนแสดงคำตอบที่ถูกต้องครบถ้วนและแสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับได้บางส่วน
	1	- ผู้เรียนแสดงคำตอบที่ถูกต้องบางส่วนและไม่แสดงการตรวจสอบแบบย้อนกลับ
	0	- ผู้เรียนไม่ระบุคำตอบและการตรวจสอบแบบย้อนกลับ

ตารางที่ 27 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
5. การตรวจสอบความสมเหตุสมผล	3	- ผู้เรียนอธิบายเหตุผลที่ถูกต้องและสนับสนุนแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน
	2	- ผู้เรียนอธิบายเหตุผลได้บางส่วน และสนับสนุนแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	1	- ผู้เรียนอธิบายเหตุผลได้บางส่วน แต่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา
	0	- ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลเหตุผลที่สนับสนุนการแก้ปัญหา

ตารางที่ 28 เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
12 - 15	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
8 - 11	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี
4 - 7	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้
0 - 3	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.1.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสม แบ่งตามเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนา ประกอบไปด้วย 1) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) และ 2) คู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ประเมิน ความเหมาะสม ครั้งที่ 1 ดังนี้

2.1.2.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ทฤษฎีและ

แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน จำนวน 5 ข้อ 2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน จำนวน 20 ข้อ และ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน จำนวน 8 ข้อ เป็นแบบประเมินที่มีลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) สำหรับการประเมินครั้งที่ 1 ในภาพรวมผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.418, SD = 0.744$) เมื่อพิจารณา รายด้าน มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากทุกด้าน ดังนี้ ด้านที่ 1 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน ($M = 4.489, SD = 0.744$) ด้านที่ 2 รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ($M = 4.500, SD = 0.617$) และด้านที่ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน ($M = 4.264, SD = 1.011$) ดังตารางที่ 29

ตารางที่ 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1		
	M	SD	แปลผล
1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน	4.489	0.633	มาก
1.1) นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	4.444	0.726	มาก
1.2) นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ช่วยให้การวัดและประเมินผลเป็นรูปธรรม	4.222	0.667	มาก
1.3) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ช่วยเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน	4.667	0.707	มากที่สุด
1.4) แนวคิดสนับสนุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน	4.667	0.707	มากที่สุด
1.5) แนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุนมีความสัมพันธ์และส่งเสริมกันและกัน	4.444	0.726	มาก
2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	4.500	0.617	มาก
2.1) องค์ประกอบของรูปแบบการสอนครอบคลุมความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.667	0.707	มากที่สุด

ตารางที่ 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1		
	M	SD	แปลผล
2.2) องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องและส่งเสริมกันและกัน	4.333	0.707	มาก
2.3) การเรียงลำดับองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	4.667	0.707	มากที่สุด
2.4) หลักการของรูปแบบการสอนแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของแนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุน	4.333	0.707	มาก
2.5) วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน	4.556	0.726	มากที่สุด
2.6) หลักการและวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน	4.444	0.726	มาก
2.7) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง	4.556	0.726	มากที่สุด
2.8) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์	4.333	0.707	มาก
2.9) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	4.444	0.726	มาก
2.10) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน	4.556	0.527	มากที่สุด
2.11) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน	4.556	0.726	มากที่สุด
2.12) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.556	0.726	มากที่สุด
2.13) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.556	0.726	มากที่สุด
2.14) การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน	4.333	0.707	มาก
2.15) แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	4.333	0.707	มาก
2.16) ระบบสังคมสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	4.667	0.500	มากที่สุด
2.17) ระบบสนับสนุนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	4.444	0.726	มาก
2.18) หลักการตอบสนองมีความสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้	4.556	0.726	มากที่สุด

ตารางที่ 29 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1		
	M	SD	แปลผล
2.19) แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.444	0.726	มาก
2.20) แผนภาพแสดงองค์ประกอบของรูปแบบการสอนในภาพรวมที่ชัดเจน	4.667	0.707	มากที่สุด
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	4.264	1.011	มาก
3.1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการแนวคิด และทฤษฎีรองรับ	4.444	1.014	มาก
3.2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับหลักการแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้	4.333	1.000	มาก
3.3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีกลไกในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.444	1.014	มาก
3.4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน			
ขั้นที่ 1 ขั้นเริ่มต้น (B: Beginning)	4.222	1.093	มาก
ขั้นที่ 2 ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	4.111	1.054	มาก
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	4.333	1.118	มาก
ขั้นที่ 4 ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Honesty exposing)	4.222	1.093	มาก
ขั้นที่ 5 ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concept)	4.000	1.118	มาก
ภาพรวม	4.418	0.744	มาก

2.1.2.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) โดยใช้แบบ ประเมินที่มีลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 8 ข้อ และวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) สำหรับการประเมินครั้งที่ 1 ในภาพรวมผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($M = 4.292$, $SD = 0.631$) ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ครั้งที่ 1

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1		
	M	SD	แปลผล
1) คู่มือมีการจัดลำดับเนื้อหาที่ง่ายต่อการศึกษาและนำไปใช้	4.667	0.707	มากที่สุด
2) คู่มือมีการอธิบายเนื้อหาที่ครบถ้วนและชัดเจน	4.556	0.726	มากที่สุด
3) แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	4.222	0.667	มาก
4) ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ แสดงให้เห็นถึงการวางแผนเนื้อหาในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้	4.222	0.667	มาก
5) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนของรูปแบบการสอนและสามารถนำไปใช้ได้จริง	4.000	0.707	มาก
6) ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสามารถวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม	4.111	0.601	มาก
7) เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.222	0.972	มาก
8) รายละเอียดในคู่มือมีความชัดเจน เหมาะสมที่จะทำให้อ่านนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการสอน	4.333	0.707	มาก
รวม	4.292	0.631	มาก

2.1.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) ด้วยการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship)

การวิเคราะห์ผลการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) ประกอบไปด้วยประเด็นในการพิจารณา 3 ประเด็น ได้แก่

1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน 2) องค์ประกอบและรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของรูปแบบการสอน และ 3) องค์ประกอบและรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและแก้ไขในแต่ละประเด็นพิจารณา ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นในการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
องค์ประกอบของรูปแบบการสอน		
1. หลักการ	ให้พิจารณาคำสำคัญจากแนวคิดหลักที่นำมาใช้มาเขียนอธิบายในหลักการให้ครบถ้วน	ทบทวนการสังเคราะห์หลักการจากแนวคิด RME และ MEAs และเขียนอธิบายหลักการให้ครอบคลุมคำสำคัญจากทั้งสองแนวคิดที่มีร่วมกัน
2. วัตถุประสงค์	-	-
3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม	<p>1. ในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ควรมีคำอธิบาย หรือคำสำคัญที่แสดงความโดดเด่นในแต่ละขั้นตอน และสอดคล้องกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้ ที่แสดงถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Active Learning</p> <p>2. ทบทวนการทำแผนภาพโมเดลในลักษณะเกลียววนว่าสอดคล้องกับแนวคิดที่นำมาใช้หรือไม่ เพราะแนวคิดที่นำมาใช้เป็นขั้นบันได</p> <p>3. การแบ่งกลุ่มที่นำมาใช้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักเกณฑ์เหมือนกันหรือไม่ อย่างไร</p>	<p>1. นำผลจากการทบทวนการสังเคราะห์หลักการจากแนวคิด RME และ MEAs มาใช้ในการเพิ่มเติมคำอธิบายในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ และเพิ่มเติมศัพท์ที่แสดงถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Active Learning</p> <p>2. ออกแบบแผนภาพขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้มีลักษณะเป็นขั้นบันไดเพื่อให้สอดคล้องตามแนวคิดหลักที่นำมาใช้</p> <p>3. เขียนอธิบายหลักเกณฑ์ในการจัดกลุ่มผู้เรียน โดยจัดกลุ่มในลักษณะ 4-5 คน คละเด็กเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</p>

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ประเด็นในการสัมมนา อิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
		4. เพิ่มจุดประสงค์ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เป็นจุดประสงค์ด้านผู้เรียน และจุดประสงค์ด้านผู้สอน
<p>ขั้นที่ 1 ขั้นเริ่มต้น (B: Beginning)</p>	<p>ทบทวนการตั้งชื่อขั้นที่ 1 ให้สื่อความหมายและมีความน่าสนใจ และเขียนคำอธิบายให้มีค่าสำคัญจากหลักการให้ครบถ้วน</p>	<p>ปรับแก้ขั้นที่ 1 เป็น ขั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) และปรับแก้คำอธิบายให้มีความชัดเจน รวมถึงคำอธิบายในองค์ประกอบย่อยได้แก่ จุดประสงค์ วิธีการปฏิบัติ ลักษณะกิจกรรม บทบาทผู้เรียนและบทบาทผู้สอนเพื่อให้ความสอดคล้องกันทุกขั้นตอน</p>
<p>ขั้นที่ 2 ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)</p>	<p>ใช้ปัญหาในสถานการณ์จริงมาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้มากกว่านี้</p>	<p>เขียนอธิบายเพิ่มเติมในวิธีการปฏิบัติ และลักษณะกิจกรรม เพื่อให้ผู้สอนได้มีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงของผู้เรียน</p>
<p>ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)</p>	<p>กำหนดหลักเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่มอย่างไร ควรมีการระบุง้อไขในการจัดกลุ่มเพื่อให้การปฏิบัติถูกต้องและมีความชัดเจนตามแนวคิดที่ใช้</p>	<p>เขียนเพิ่มเติมหลักเกณฑ์การแบ่งกลุ่มผู้เรียนเพิ่มเติมไว้ในแนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้ เนื่องด้วยมีการใช้กิจกรรมกลุ่มตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1</p>
<p>ขั้นที่ 4 ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Honesty exposing)</p>	<p>1. ทบทวนชื่อขั้นภาษาอังกฤษไม่สื่อความกับภาษาไทย 2. เพิ่มเติมการนำการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นอย่างไร</p>	<p>1. ปรับชื่อขั้นที่ 4 เป็น ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) 2. เขียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการนำแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการของแนวคิดที่นำมาใช้</p>

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ประเด็นในการสัมมนา อิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
ขั้นที่ 5 ขั้นการคิดเชิงองค์ ความรู้ (T: Thinking with concepts)	ให้อธิบายลักษณะของการตรวจสอบ องค์ความรู้ที่ได้รับให้ชัดเจน	เขียนอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการ ตรวจสอบความรู้ ทั้งการตอบคำถาม และการทำแบบฝึกหัดตาม องค์ประกอบของการคิดเชิง คณิตศาสตร์
4. แนวทางการวัดและ ประเมินผล	พิจารณาการประเมินผลแบ่งตาม ลักษณะของการประเมินผลระหว่าง เรียน และหลังเรียน	ปรับแก้คำอธิบายในแนวทางการวัด และประเมินผล ให้มีลักษณะการวัด และประเมินระหว่างเรียน และการ วัดและประเมินผลสรุป
5. ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง	เขียนให้สอดคล้องกับหลักการที่ นำมาใช้	เขียนอธิบายเพิ่มเติมเพื่อให้ สอดคล้องกับหลักการทั้ง 2 แนวคิด ที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการ สอน
องค์ประกอบของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน		
1. นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิด เชิงคณิตศาสตร์	ทบทวนการกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยพิจารณามิติของการให้เหตุผล ทางคณิตศาสตร์ให้มีความชัดเจนใน แต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ และอธิบายใน มิติที่แตกต่างจากการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์โดยทั่วไป	1. สังเคราะห์เพิ่มเติมเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การ แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้พฤติกรรมบ่งชี้ที่มีความ ชัดเจน ครอบคลุมแนวที่นำมาใช้ 2. ปรับแก้คำอธิบายในนิยามเชิง ปฏิบัติการเพื่อให้สอดคล้องกับ พฤติกรรมบ่งชี้จาก 5 ข้อ ปรับเหลือ เพียง 4 ข้อ
2. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่ ผู้วิจัยนำมาใช้ในการพัฒนา	1. วิเคราะห์คำสำคัญที่ได้จากแต่ละ แนวคิดเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ความสำคัญและออกแบบขั้นตอน การจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนให้ มีความชัดเจน 2. ระบุทฤษฎีการเรียนรู้ที่นำมาใช้ใน การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อ	1. ทบทวนการสังเคราะห์หลักการ ของแต่ละแนวคิด และนำมา วิเคราะห์ความสัมพันธ์เพื่อสร้าง หลักการของรูปแบบการสอน 2. ทบทวนการวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการในการ พัฒนารูปแบบการสอนกับทฤษฎี

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ประเด็นในการสัมมนา อิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
	แสดงให้เห็นทั้งทฤษฎี แนวคิดหลัก และแนวคิดสนับสนุนที่นำมาใช้ในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการสอน	การเรียนรู้ เพื่อแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน
3. แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้	อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในแต่ละขั้นตอนว่ามีวิธีดำเนินการอย่างไร	เขียนอธิบายกระบวนการเตรียมความพร้อมผู้เรียนให้มีความชัดเจนต่อการนำไปปฏิบัติได้
4. ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้	เพิ่มการวิเคราะห์ร่วมกับมาตรฐาน และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	วิเคราะห์เพิ่มเติมโดยระบุมาตรฐาน และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ลงในตารางการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้
5. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้	<ol style="list-style-type: none"> 1. พิจารณาขั้นตอนที่ 1 นี้เป็นเพียงการทบทวน ไม่มีจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องบรรลุหรือไม่ 2. กิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่สะท้อนถึงการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง 3. กิจกรรมการเรียนรู้ควรสะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้จากปัญหาที่มาจากบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน 4. กิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ขาดความต่อเนื่องหรือขาดการเชื่อมโยงของกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน 5. สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้เป็นสถานการณ์ทั่วไป ไม่กระตุ้นความท้าทายในกระบวนการคิดและขาดความเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และไม่สมจริง 	<ol style="list-style-type: none"> 1. เพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอนที่ 1 2. ปรับรายละเอียดในกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีกิจกรรมที่มีลักษณะของการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา หรือสร้างชิ้นงานในสถานการณ์จริงที่กำหนด 3. ปรับรายละเอียดของกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนให้มีความสัมพันธ์กันเชิงเนื้อหา มีความต่อเนื่องที่มีลักษณะของการทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะเรียนรู้ในกิจกรรมใหม่ 4. ปรับแก้สถานการณ์ปัญหาทั้งในกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบฝึกหัดให้สถานการณ์ปัญหามีความท้าทายสอดคล้องกับความเป็นจริง รวมถึงการกำหนดให้มีความสมจริง

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ประเด็นในการสัมมนา อิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ	ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
	<p>6. ปรับสถานการณ์ปัญหาให้มีลักษณะเป็นเรื่องราวและเป็นลักษณะของปัญหาปลายเปิด</p> <p>7. ปรับการใช้ภาษาทั้งในสถานการณ์โจทย์ปัญหา หรือ คำศัพท์เกี่ยวกับคณิตศาสตร์เพื่อให้สื่อความหมายกับผู้เรียนได้ถูกต้องและชัดเจน</p> <p>8. ปรับการใช้ภาษาในการเขียนอธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่แสดงให้เห็นถึงบทบาทของผู้เรียนที่มากกว่าผู้สอน</p> <p>9. ควรมีภาพประกอบโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจ</p>	<p>เช่น ความยาว ความกว้างที่กำหนด ควรมีขนาดสมจริง และใช้คำถามในแต่ละปัญหาที่สะท้อนถึงการนำความรู้ในการแก้ปัญหาไปใช้จริง</p> <p>5. ปรับการใช้ภาษาในแต่ละขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเน้นบทบาทการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนมีบทบาทเพียงคอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ รวมถึงใช้คำถามกระตุ้นการคิด</p> <p>6. ปรับภาพสถานการณ์ในแบบฝึกหัดให้มีความชัดเจน น่าสนใจและสอดคล้องกับความเป็นจริง</p>
<p>6. ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล</p>	<p>1. เกณฑ์การวัดและประเมินผลเป็นเกณฑ์การให้คะแนน ที่ควรระบุพฤติกรรมบ่งชี้ที่มีความชัดเจน สามารถวัดได้จริงและสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ</p> <p>2. การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ควรอยู่ในแต่ละพฤติกรรมบ่งชี้ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์</p> <p>3. เพิ่มเดิมการประเมินตนเองของผู้เรียนเพื่อให้สอดคล้องกับแนวคิดที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน</p>	<p>1. นำผลการสังเคราะห์เพิ่มเติมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และเกณฑ์การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มากำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ในนิยามเชิงปฏิบัติการ ปรับเกณฑ์จาก 5 ข้อ ปรับเหลือเพียง 4 ข้อ</p> <p>2. เพิ่มเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นค่าเฉลี่ย</p>

2.2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนำไปปรับปรุงและแก้ไข และให้ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2 เพื่อรับรองคุณภาพของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

2.2.1 ผลการวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขข้อมูลของรูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ มาทบทวนการสังเคราะห์หลักการและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหลักการตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์ และผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ รวมถึงผลการศึกษาความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ เพื่อสังเคราะห์เป็นหลักการ แนวทางการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเกณฑ์การประเมินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้กำหนดเป็นนิยามเชิงปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ (Concept Mapping) โดยแบ่งการศึกษาความสัมพันธ์เชิงแนวคิดเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอนและหลักการตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดสนับสนุนการพัฒนารูปแบบการสอน (ผลการสัมภาษณ์และการศึกษาความต้องการจำเป็น) และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 6 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 1 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอน



ภาพที่ 12 การสังเคราะห์หลักการของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอน และ หลักการตามทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์



ภาพที่ 13 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหลักการของรูปแบบการสอน และหลักการตามทฤษฎี การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสอนคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอน



ภาพที่ 14 การวิเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามหลักการของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน



ภาพที่ 15 การวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน

ขั้นตอนที่ 5 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดสนับสนุนการพัฒนา รูปแบบการสอน (ผลการสัมภาษณ์และการศึกษาความต้องการจำเป็น) และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้



ภาพที่ 16 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดสนับสนุนการพัฒนา รูปแบบการสอน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 6 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์



ภาพที่ 17 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.2.2 ผลการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และผลการตรวจสอบความเหมาะสม ครั้งที่ 1 มาปรับปรุงและแก้ไขรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียดตามองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ดังนี้

หลักการ

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีหลักการ 5 ประการ ดังนี้

- 1) หลักการความเป็นจริงและการบูรณาการ การกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ของความจริง บริบทในโลกชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจที่ผู้เรียนเข้าถึง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้
- 2) หลักการกิจกรรมและสร้างแบบจำลอง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง อธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์ รวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหา
- 3) หลักการปฏิสัมพันธ์และอธิบายความคิด กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้
- 4) หลักการประยุกต์ใช้และสะท้อนคิด กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหาและการเรียนรู้
- 5) หลักการลำดับขั้นและต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม และสร้างกระบวนการแก้ปัญหาในรูปอย่างง่ายเพื่อเป็นต้นแบบในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในด้านการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวความคิดศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) กิจกรรมกระตุ้นความสนใจ ตรวจสอบความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนสนใจในกระบวนการเรียนรู้
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนเรียนรู้ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไป หรือสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ที่สอดคล้องกับบริบทในโลกชีวิตจริงและความสนใจของผู้เรียน
- 2) ผู้เรียนตอบคำถามจากปัญหาหรือสถานการณ์ทั่วไปที่ได้เรียนรู้
- 3) ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างปัญหาหรือสถานการณ์ทั่วไปที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และแสดงความคิดเห็นจากประเด็นคำถามกระตุ้นความคิด

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกระตุ้นความสนใจด้วยการนำเรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ปัญหา หรือสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ที่เป็นจริงตามบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ใช้สื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง บริบทในโลกชีวิตจริงและความสนใจของผู้เรียน และตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนด้วยการถามตอบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์และเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกัน

2. ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) กิจกรรมการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาที่มาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้เดิมและประเมินความรู้เดิมที่มีนั้นเพียงพอต่อการแก้ปัญหาหรือไม่ และต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน
- 2) ผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่จะใช้แก้ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์
- 3) ผู้เรียนวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากความรู้เดิมและเชื่อมโยงความต่อเนื่องกับความรู้ใหม่ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อตรวจสอบความคิดรวบยอดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
- 4) ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาที่มาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงประเด็นความรู้ใหม่ โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิด ว่าผู้เรียนจะนำความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้รับมาใช้ในการแก้ปัญหาอย่างไร และไม่เฉลยวิธีคิดหรือนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหา

5) ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น และสรุปประเด็นความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาท้าทายที่ผู้สอนได้นำเสนอไว้

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั่วไปเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ภายในกลุ่มและแสดงความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน และนำเสนอปัญหาท้าทายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ผ่านการตอบคำถามและอภิปรายร่วมกัน

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์ ออกแบบกิจกรรมที่สร้างองค์ความรู้ใหม่ ใช้ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาในชีวิตจริงและปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นผ่านการตอบคำถาม อธิบายเหตุผลและเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนได้นำเสนอเพื่อให้เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาทั่วไปทางคณิตศาสตร์ และปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ที่กำหนดและแสดงการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา โดยตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และลงมือปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้

3. ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) กิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสมเหตุสมผล ประเมินตนเองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างกระบวนการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผล
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา
- 3) เพื่อให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการกลุ่มของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้เรียนเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมผ่านกระบวนการกลุ่ม ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนจากขั้นตอนที่ 2 และสร้างกระบวนการในการแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์

2) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้ แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันวิเคราะห์เพื่อสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และใช้คำถามกระตุ้นการคิด

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการแสดงผลสนับสนุนการแก้ปัญหา

4. ขึ้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) กิจกรรมการแสดงผลกระบวนการแก้ปัญหา แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

1) เพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

2) เพื่อให้ผู้เรียนนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

3) เพื่อให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันในห้องเรียน

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นและให้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้แผนผัง ตาราง ภาพวาด หรือใช้อุปกรณ์ประกอบตามความเหมาะสม และตอบคำถามกระตุ้นการคิดจากผู้สอนและข้อสงสัยจากเพื่อนในห้องเรียน
- 2) ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายกระบวนการแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่นภายในห้องเรียน
- 3) ผู้เรียนร่วมกันสรุปกระบวนการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่นำมาใช้ และผู้สอนชี้แนะให้เห็นแนวทางการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นวิธีคิด หรือกระบวนการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 4) ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นในกลุ่ม หรือของเพื่อนกลุ่มอื่นไปใช้แก้ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
- 5) ผู้เรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สรุปผลที่ได้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกลุ่มที่ผู้เรียนได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้สอนและเพื่อนกลุ่มอื่นได้วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นและสอบถามข้อสงสัย และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้กับปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นใช้ได้จริงกับสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงหรือไม่

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนระหว่างการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา และใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิด วิเคราะห์กระบวนการคิดของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้แนวคิดของผู้เรียนเป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์และมีความสมเหตุสมผล และผู้สอนกำหนดปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อตรวจสอบการนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นได้หรือไม่

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นและอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตอบคำถาม อภิปรายแนวคิดของเพื่อนในแต่ละกลุ่ม นำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และสรุปกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

5. **ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)** กิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ของตนเอง
- 3) เพื่อให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ ผ่านการตอบประเด็นคำถาม หรืออธิบายกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้

2) ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้วยการตอบคำถาม หรือทำแบบฝึกหัดที่ออกแบบตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3) ผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงกับบริบทและโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน และผู้สอนช่วยเติมเต็มเพื่อสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของชั้นเรียนที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมที่ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกระบวนการแก้ปัญหาและการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น สรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง และแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเองผ่านการสะท้อนคิด ตอบคำถาม หรือทำแบบฝึกหัดตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้นำเสนอ รวบรวมและวิเคราะห์สิ่งที่ผู้เรียนสะท้อนคิดจากการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะและสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมตามหลักการทางคณิตศาสตร์ และใช้แบบฝึกหัดตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความคิดรวบยอดของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม สะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับตามความเข้าใจของตนเอง รวมถึงแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านการทำแบบฝึกหัดตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ตามรูปแบบการสอนตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปเป้าหมายการเรียนรู้และผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 เป้าหมายการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่คาดหวังตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมายการเรียนรู้	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
1. ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)	1. ผู้เรียนสนใจในกระบวนการเรียนรู้ 2. ผู้เรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง	ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน
2. ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	1. ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ 2. ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน	การเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์และความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน
3. ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	1. ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2. ผู้เรียนแสดงการใช้เหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3. ผู้เรียนประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา 4. ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม	กระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการกลุ่มของผู้เรียน

ตารางที่ 32 เป้าหมายการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่คาดหวังตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมายการเรียนรู้	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
4. ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น 2. ผู้เรียนนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3. ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันในห้องเรียน 	ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น
5. ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ 2. ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ของตนเอง 3. ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 	กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

แนวทางการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งตามลักษณะวิธีการวัดและประเมินผล ดังนี้

1. การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) เพื่อตรวจสอบว่าความรู้ ทักษะ หรือคุณลักษณะของผู้เรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ๆ โดยประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคลและรายกลุ่มระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม ได้แก่ การตอบคำถาม การอภิปราย การลงมือปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา การนำเสนอข้อมูลและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มเรียน การสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัด หรือการสร้างชิ้นงานจากกิจกรรมที่กำหนด

2. การวัดและประเมินผลสรุป (Summative Assessment) เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดลักษณะของปัญหาท้าทายที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน และเป็นไปตามลำดับ

ของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา สร้างแนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาและแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended Response) และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Rubric for scoring the mathematical thinking) ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic scoring rubrics)

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง เป็นระบบที่สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย และช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน ดังนี้

ระบบสังคม

กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพปัญหา การวางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล รวมถึงการแสดงความสมเหตุสมผล และสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบขั้นตอน

ระบบสนับสนุน

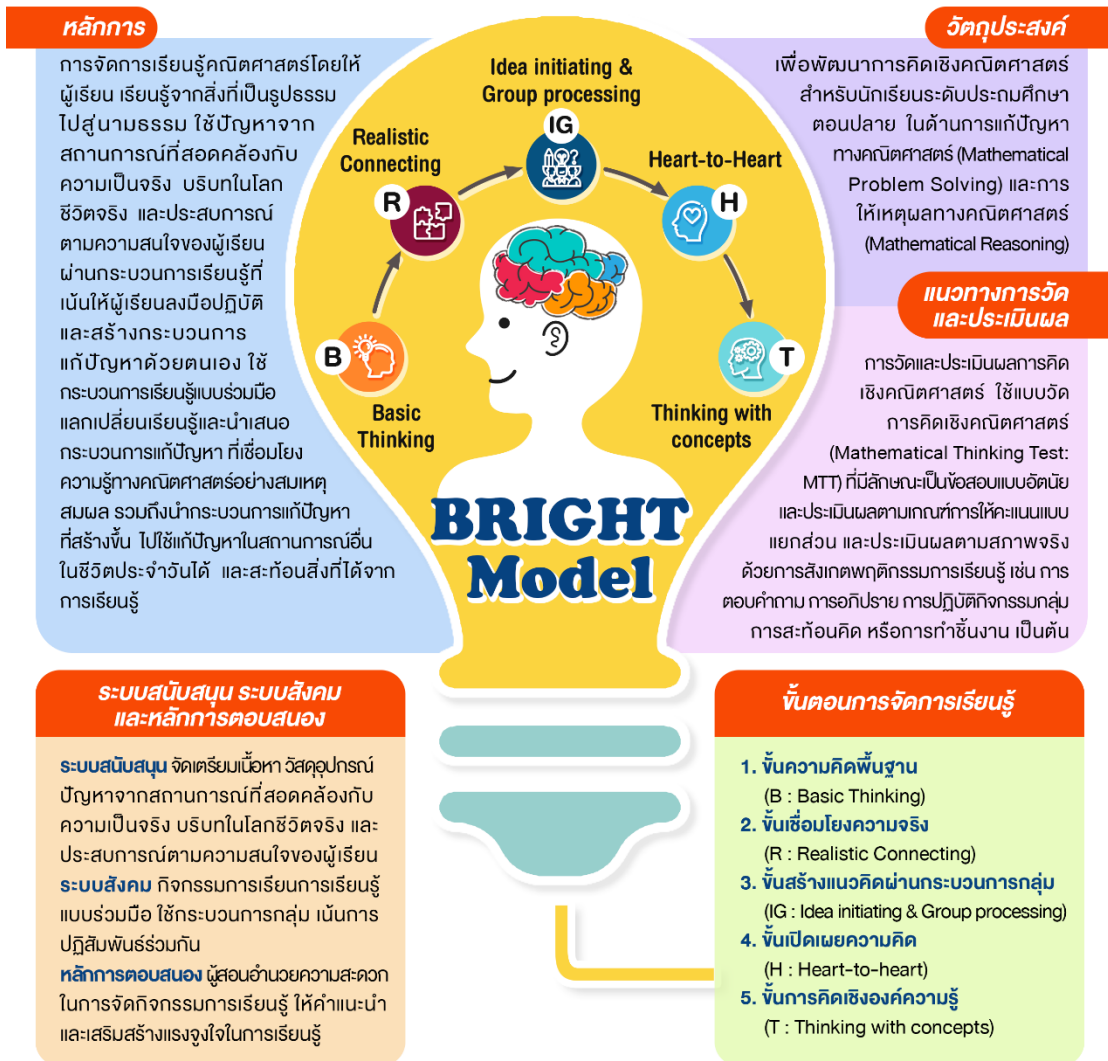
การจัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และวัยของผู้เรียน รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้

หลักการตอบสนอง

ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ รวมถึงการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม ปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหา กระตุ้นกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหา รวมถึงสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สรุปรูปแบบการสอน ในลักษณะของแผนภาพ ดังนี้

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model)



ภาพที่ 18 รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ และผลการตรวจสอบความเหมาะสม ครั้งที่ 1 มาปรับปรุงและแก้ไขนิยามเชิงปฏิบัติการ และเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ดังนี้

นิยามเชิงปฏิบัติการ

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริง โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนด สร้างกระบวนการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหา ประเมินความรู้และความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้น หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยอ้างอิงหลักฐาน หรือข้อมูลสนับสนุนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric) ที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสิ่งที่สถานการณ์กำหนด เงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ ว่าเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่
2. การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวิธีการ หรือขั้นตอน เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ/วางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. การดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และระบุอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา
4. การประเมินความสมเหตุสมผล ผู้เรียนประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบด้วยการตรวจสอบย้อนกลับและแสดงเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันคำตอบ

และกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และเกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 33-35

ตารางที่ 33 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้	4	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง และครบถ้วน และประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง และครบถ้วน แต่ประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง บางส่วน และขาดการประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา
	1	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุเฉพาะปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด หรือเงื่อนไขของปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการวิเคราะห์และประเมินความรู้
2. การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้	4	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด แต่เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้บางส่วน และขาดการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหา
	1	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้เฉพาะขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

ตารางที่ 33 เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
3. การดำเนินการแก้ปัญหา	4	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นได้ ถูกต้องและครบถ้วน และอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทาง คณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นได้ ถูกต้องและครบถ้วน แต่อ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทาง คณิตศาสตร์ไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นได้ ถูกต้องบางส่วน และขาดการอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ ทางคณิตศาสตร์
	1	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นเฉพาะ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการดำเนินการแก้ปัญหา
	4. การประเมินความ สมเหตุสมผล	4
3		ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ถูกต้อง และครบถ้วน แต่อธิบายเหตุผลเพื่อยืนยันคำตอบไม่ สมเหตุสมผล
2		ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ถูกต้อง บางส่วน และขาดการอธิบายเหตุผลเพื่อยืนยันคำตอบ
1		ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้เฉพาะ ขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
0		ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการประเมินความสมเหตุสมผล

ตารางที่ 34 เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
3.21 - 4.00	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับดีมาก
2.41 - 3.20	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับดี
1.61 - 2.40	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับปานกลาง
0.81 - 1.60	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับพอใช้
0.00 - 0.80	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

ตารางที่ 35 เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
13 - 16	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
10 - 12	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี
7 - 9	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง
4 - 6	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้
0 - 3	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง

2.2.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) ครั้งที่ 2

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสม แบ่งตามเครื่องมือที่ผู้วิจัยพัฒนา ประกอบไปด้วย 1) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 2) คู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากการสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญและผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1 และให้ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2 เพื่อรับรองคุณภาพ ดังนี้

2.2.3.1 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ครั้งที่ 2

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน จำนวน 5 ข้อ 2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน จำนวน 20 ข้อ และ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน จำนวน 8 ข้อ เป็นแบบประเมินที่มีลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิเคราะห์การตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สำหรับการประเมินครั้งที่ 2

ในภาพรวมผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.982$, $SD = 0.040$) เมื่อพิจารณารายด้าน มีผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้าน และทุกประเด็นย่อยของการประเมิน ดังนี้ ด้านที่ 1 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน ($M = 5.000$, $SD = 0.000$) ด้านที่ 2 รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน ($M = 4.989$, $SD = 0.033$) และด้านที่ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน ($M = 4.958$, $SD = 0.088$) และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ได้ลงมติเป็นเอกฉันท์ให้การรับรองคุณภาพรูปแบบการสอน ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน ครั้งที่ 2

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2		
	M	SD	แปลผล
1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน	5.000	0.000	มากที่สุด
1.1) นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	5.000	0.000	มากที่สุด
1.2) นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ช่วยให้การวัดและประเมินผลเป็นรูปธรรม	5.000	0.000	มากที่สุด
1.3) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ช่วยเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน	5.000	0.000	มากที่สุด
1.4) แนวคิดสนับสนุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน	5.000	0.000	มากที่สุด
1.5) แนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุนมีความสัมพันธ์และส่งเสริมกันและกัน	5.000	0.000	มากที่สุด
2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	4.989	0.033	มากที่สุด
2.1) องค์ประกอบของรูปแบบการสอนครอบคลุมความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์	5.000	0.000	มากที่สุด
2.2) องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องและส่งเสริมกันและกัน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.3) การเรียงลำดับองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.4) หลักการของรูปแบบการสอนแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของแนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.5) วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.6) หลักการและวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน	5.000	0.000	มากที่สุด

ตารางที่ 36 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน ครั้งที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2		
	M	SD	แปลผล
2.7) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง	5.000	0.000	มากที่สุด
2.8) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์	5.000	0.000	มากที่สุด
2.9) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	5.000	0.000	มากที่สุด
2.10) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.11) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.12) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5.000	0.000	มากที่สุด
2.13) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.889	0.333	มากที่สุด
2.14) การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน	5.000	0.000	มากที่สุด
2.15) แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	5.000	0.000	มากที่สุด
2.16) ระบบสังคมสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	5.000	0.000	มากที่สุด
2.17) ระบบสนับสนุนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	5.000	0.000	มากที่สุด
2.18) หลักการตอบสนองมีความสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้	5.000	0.000	มากที่สุด
2.19) แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.889	0.333	มากที่สุด
2.20) แผนภาพแสดงองค์ประกอบของรูปแบบการสอนในภาพรวมที่ชัดเจน	5.000	0.000	มากที่สุด

ตารางที่ 36 ผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน ครั้งที่ 2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2		
	M	SD	แปลผล
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	4.958	0.088	มากที่สุด
3.1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการแนวคิด และทฤษฎีรองรับ	5.000	0.000	มากที่สุด
3.2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับหลักการแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้	5.000	0.000	มากที่สุด
3.3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีกลไกในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	5.000	0.000	มากที่สุด
3.4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน			
ขั้นที่ 1 ขั้นเริ่มต้น (B: Basic Thinking)	5.000	0.000	มากที่สุด
ขั้นที่ 2 ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	5.000	0.000	มากที่สุด
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	4.889	0.333	มากที่สุด
ขั้นที่ 4 ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)	4.889	0.333	มากที่สุด
ขั้นที่ 5 ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concept)	4.889	0.333	มากที่สุด
ภาพรวม	4.982	0.040	มากที่สุด

2.2.3.2 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ครั้งที่ 2

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับร่าง) โดยใช้แบบ ประเมินที่มีลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 8 ข้อ และวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

ผลการวิเคราะห์ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของ คู่มือการใช้รูปแบบการสอนตาม แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สำหรับการประเมิน ครั้งที่ 2 ในภาพรวมผลการประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.861$, $SD = 0.246$)

และเมื่อพิจารณาประเด็นย่อย พบว่า ทุกประเด็นย่อยมีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุด ทุกประเด็น และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 ท่าน ได้ลงมติเป็นเอกฉันท์ให้การรับรองคุณภาพคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ผลการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 2

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2		
	M	SD	แปลผล
1) คู่มือมีการจัดลำดับเนื้อหาที่ง่ายต่อการศึกษาและนำไปใช้	5.000	0.000	มากที่สุด
2) คู่มือมีการอธิบายเนื้อหาที่ครบถ้วนและชัดเจน	4.889	0.333	มากที่สุด
3) แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	4.889	0.333	มากที่สุด
4) ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ แสดงให้เห็นถึงการวางแผนเนื้อหาในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้	4.889	0.333	มากที่สุด
5) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนของรูปแบบการสอนและสามารถนำไปใช้ได้จริง	4.778	0.441	มากที่สุด
6) ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสามารถวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม	4.667	0.500	มากที่สุด
7) เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.889	0.333	มากที่สุด
8) รายละเอียดในคู่มือมีความชัดเจน เหมาะสมที่จะทำให้อ่านนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการสอน	4.889	0.333	มากที่สุด
ภาพรวม	4.861	0.246	มากที่สุด

2.2.3.3 ผลการเปรียบเทียบผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 (ฉบับร่าง) และครั้งที่ 2 (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

ผลการเปรียบเทียบผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 (ฉบับร่าง) และครั้งที่ 2 (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2 หลังจากที่มีการปรับปรุงและแก้ไขข้อมูลตาม

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ มีคะแนนเฉลี่ยสูงชันกว่าการประเมินในครั้งที่ 1 และมีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้านของการประเมิน ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ผลการเปรียบเทียบผลการประเมินความเหมาะสมครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

รายการประเมิน	ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 1			ผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2		
	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล
1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน	4.489	0.633	มาก	5.000	0.000	มากที่สุด
2) รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	4.500	0.617	มาก	4.989	0.033	มากที่สุด
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	4.264	1.011	มาก	4.958	0.088	มากที่สุด
4) คู่มือการใช้รูปแบบการสอน	4.292	0.631	มาก	4.861	0.246	มากที่สุด

จากการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ที่ประกอบไปด้วย 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) การวัดและประเมินผล 5) ระบบสนับสนุน ระบบสังคม และหลักการตอบสนอง และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนที่ประกอบไปด้วย 1) นิยามเชิงปฏิบัติการ 2) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน 3) รูปแบบการสอน 4) แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้ 5) ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ 6) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ และ 7) ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล รวมถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงแก้ไข และรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับเต็มตามแบบแผนการวิจัย และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน เพื่อใช้เก็บข้อมูลและศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการ คิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

การศึกษาระสิทธิภาพผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ โดยวิเคราะห์จากมาตรฐานและตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งหมด 21 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการสอน ได้แก่ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย (Objective tests) แบบเลือกตอบ (Multiple choices) จำนวน 25 ข้อ และแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย (Essay test) จำนวน 2 ข้อ โดยผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ทดลองใช้ และปรับปรุงแก้ไข และนำมาทดลองใช้เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ตามแบบแผนการวิจัย คือ เป็นแบบศึกษากลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (The One-Group Pretest-Posttest Design) ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 โดยดำเนินกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาไว้ จำนวน 21 ชั่วโมง และใช้เวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 4 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมดในการทดลองการวิจัย จำนวน 25 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบ จำนวน 25 ข้อ คะแนนเต็ม 25 คะแนน ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ได้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วย

ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent) ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบ การสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($M = 17.472$, $SD = 2.602$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 7.611$, $SD = 2.246$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 39

ตารางที่ 39 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์	n	คะแนนเต็ม	M	SD	t	Sig.
ก่อนเรียน	36	25	7.611	2.246	20.907*	.001
หลังเรียน	36	25	17.472	2.602		

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3.2 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษา ตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ข้อละ 16 คะแนน รวมทั้งหมด 32 คะแนน โดยประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric) การคิดเชิง คณิตศาสตร์ มีลักษณะของคะแนน 5 ระดับ เรียงลำดับการให้คะแนนจาก 0 ถึง 4 เป็นเกณฑ์แบบ แยกส่วน (Analytic rubrics) พิจารณาตามพฤติกรรมบ่งชี้จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ ปัญหาและประเมินความรู้ 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ 3) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การประเมินความสมเหตุสมผล ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ได้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยรูปแบบการสอนตาม แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และทดสอบความแตกต่างของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test dependent) ได้ผล การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวมพบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียน ($M = 20.944$, $SD = 3.854$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 6.167$, $SD = 1.521$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อพิจารณารายด้าน คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงวก่อก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกด้านของการประเมิน ดังนี้ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ หลังเรียน ($M = 7.583$, $SD = 1.228$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 5.556$, $SD = 1.081$) ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ หลังเรียน ($M = 5.861$, $SD = 1.417$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 0.306$, $SD = 0.525$) ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา หลังเรียน ($M = 4.361$, $SD = 1.641$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 0.306$, $SD = 0.525$) และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล หลังเรียน ($M = 3.139$, $SD = 1.291$) สูงวก่อก่อนเรียน ($M = 0.000$, $SD = 0.000$) ดังตารางที่ 40

ตารางที่ 40 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

การคิดเชิงคณิตศาสตร์	n	คะแนน เต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	Sig.
			M	SD	M	SD		
ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหา และประเมินความรู้	36	8	5.556	1.081	7.583	1.228	8.544*	.001
ด้านที่ 2 การออกแบบ/ วางแผนและเชื่อมโยง ความรู้	36	8	0.306	0.525	5.861	1.417	23.098*	.001
ด้านที่ 3 การดำเนินการ แก้ปัญหา	36	8	0.306	0.525	4.361	1.641	16.106*	.001
ด้านที่ 4 การประเมินความ สมเหตุสมผล	36	8	0.000	0.000	3.139	1.291	14.592*	.001
ภาพรวม	36	32	6.167	1.521	20.944	3.854	24.139*	.001

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

และเมื่อวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57.337 นั่นคือมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณารายด้าน มีคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการสัมพัทธ์จากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.889 (พัฒนาการระดับสูงมาก) ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 72.239 (พัฒนาการระดับสูง) ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 53.075 (พัฒนาการระดับสูง) และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 39.236 (พัฒนาการระดับปานกลาง) ตามลำดับ ดังตารางที่ 41

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

การคิดเชิงคณิตศาสตร์	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ค่าเฉลี่ย คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์	แปลผล พัฒนาการ
	M	SD	M	SD		
ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและ ประเมินความรู้	5.556	1.081	7.583	1.228	88.889	ระดับสูงมาก
ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผน และเชื่อมโยงความรู้	0.306	0.525	5.861	1.417	72.239	ระดับสูง
ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา	0.306	0.525	4.361	1.641	53.075	ระดับสูง
ด้านที่ 4 การประเมินความ สมเหตุสมผล	0.000	0.000	3.139	1.291	39.236	ระดับปาน กลาง
ภาพรวม	6.167	1.521	20.944	3.854	57.337	ระดับสูง

3.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ 2) บรรยากาศการเรียนรู้ จำนวน 4 ข้อ และ 3) ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ จำนวน 9 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง คือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ได้ประเมินความคิดเห็นหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.3.1 ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ($M = 4.227, SD = 0.422$) เมื่อพิจารณารายด้าน มีผลการประเมินอยู่ในระดับมากทุกด้านของการประเมิน และมีคะแนนเฉลี่ยจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ ($M = 4.265, SD = 0.473$), 2) บรรยากาศการเรียนรู้ ($M = 4.206, SD = 0.474$) และ 3) กิจกรรมการเรียนรู้ ($M = 4.178, SD = 0.478$) ตามลำดับ ดังตารางที่ 42

ตารางที่ 42 ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	แปลผล
ด้านที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้	4.178	0.478	มาก
1) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน	4.028	0.696	มาก
2) กระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4.306	0.668	มาก
3) ส่งเสริมการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง	4.083	0.841	มาก
4) ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน	4.222	0.797	มาก
5) ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.250	0.649	มาก
ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้	4.206	0.474	มาก
1) มีความเป็นอิสระในการแสดงความคิดเห็น	4.139	0.798	มาก
2) มีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้	4.306	0.668	มาก
3) มีความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.222	0.722	มาก
4) เอื้อต่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น	4.222	0.681	มาก
5) ส่งเสริมความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	4.139	0.683	มาก
ด้านที่ 3 ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ	4.265	0.473	มาก
1) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	4.333	0.632	มาก
2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน	4.306	0.710	มาก
3) นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	4.306	0.668	มาก
4) นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.139	0.683	มาก
5) นักเรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา	4.111	0.785	มาก

ตารางที่ 42 ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	M	SD	แปลผล
6) นักเรียนได้ทำงานผ่านกระบวนการกลุ่ม	4.278	0.779	มาก
7) นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งกิจกรรมเดี่ยวและกิจกรรมกลุ่ม	4.444	0.735	มาก
8) นักเรียนมีความสามารถในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.167	0.697	มาก
9) นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.306	0.668	มาก
ภาพรวม	4.227	0.422	มาก

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 ประเด็น ดังนี้

1) ความรู้สึกที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสุข สนุกสนาน ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมที่แปลกใหม่ ได้ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มมากกว่าการเรียนรู้ปกติ ได้นำเสนอผลงาน และได้ช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ และมีนักเรียนบางส่วนให้ข้อเสนอแนะว่า โจทย์ปัญหาบางข้อมีเนื้อหาที่ยาวทำให้มีความสับสนในการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหา และมีความยากเกินไป

2) สิ่งที่ได้เรียนรู้เกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ได้รับความรู้คณิตศาสตร์เกี่ยวกับการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม การหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่ต่างกัน และการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม และได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาผ่านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอน

3) การนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในชีวิตประจำวัน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ นำความรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในเรื่องของการวัดความยาวรอบรูป การหาพื้นที่ของสิ่งของที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ

จากการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงรายละเอียดของรูปแบบการสอนก่อนการเผยแพร่รูปแบบการสอนในขั้นตอนต่อไป

ตอนที่ 4 ผลการปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผลการปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยในการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 4.1) การปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ ชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย หลังการศึกษาประสิทธิผล 4.2) การเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 4.3) การปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ฉบับเผยแพร่ รายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย หลังการศึกษาประสิทธิผล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ จากการนำรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับ ชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายไปทดลองใช้ และเก็บข้อมูลระหว่างการดำเนินการทดลอง เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาทบทวนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน เอกสารประกอบรูปแบบการสอน และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนให้มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น พบว่า องค์ประกอบของรูปแบบการสอนมีการระบุรายละเอียดที่สามารถนำไปใช้ได้ชัดเจน ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้สามารถดำเนินการได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ แต่มีข้อสังเกตบางประการที่พบระหว่างการดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ควรเพิ่มเติมและปรับปรุง ทั้งนี้การปรับปรุงรายละเอียดจะไม่กระทบต่อโครงสร้างของรูปแบบการสอนที่ผ่านการรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 43

ตารางที่ 43 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนหลังการศึกษาประสิทธิผล

ประเด็นในการแก้ไข	ข้อสังเกตจากการทดลองใช้	แนวทางการปรับปรุง
1. การจัดการเรียนรู้	การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน BRIGHT Model ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนไม่เคยผ่านการเรียนรู้ด้วยกระบวนการนี้ ส่งผลให้ผู้เรียนทำใบกิจกรรม หรือแบบฝึกหัดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในช่วงแรกของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะต้องใช้การอธิบาย ยกตัวอย่าง และใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากกว่าที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้	บันทึกข้อสังเกตเพิ่มเติมในเล่มคู่มือการใช้รูปแบบการสอน และเสนอแนวทางการแก้ปัญหา
2. เครื่องมือในการวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์	สถานการณ์ทำท่ายที่ใช้สำหรับให้ผู้เรียนได้ฝึกและทดลองแก้ปัญหาด้วยกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ค่อนข้างเป็นสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน เนื้อหามีความยาว มีรายละเอียดเยอะ ฉะนั้นการฝึกผู้เรียนในแผนการจัดการเรียนรู้แรก ๆ ควรใช้ปัญหาหรือสถานการณ์ทำท่ายที่มีความซับซ้อนหรือรายละเอียดเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน	บันทึกข้อสังเกตเพิ่มเติมในเล่มคู่มือการใช้รูปแบบการสอน และเสนอแนวทางการแก้ปัญหา

4.2 ผลการเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยนำผลการศึกษาประสิทธิผลและรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายที่ปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียด มาเผยแพร่และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยการจัดประชุมเชิงวิชาการผ่านระบบออนไลน์ให้กับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และศึกษานิเทศก์ รวมทั้งหมด 41 คน ที่ได้มาจากวิธีการแบบอาสาสมัครตามคุณสมบัติที่ผู้วิจัยกำหนด คือ เป็นครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย หรือเป็นศึกษานิเทศก์ ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 และให้ผู้เข้าร่วมประชุมตอบแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนหลังการประชุม โดยแบบสอบถาม

ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เข้าร่วมประชุม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย 1) เพศ 2) ตำแหน่ง 3) วิทยฐานะ และ 4) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ ตอนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็น มาตราประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน จำนวน 12 ข้อ และด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้ จำนวน 8 ข้อ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และวิเคราะห์ข้อคิดเห็นด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ผู้วิจัยแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เข้าร่วมประชุม พบว่า 1) เพศ ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 78.049 2) ตำแหน่ง ส่วนใหญ่ดำรงตำแหน่งครู คิดเป็นร้อยละ 87.805 3) วิทยฐานะ ส่วนใหญ่มีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษ คิดเป็นร้อยละ 41.463 และ 4) ระดับชั้นที่สอน ส่วนใหญ่สอนคณิตศาสตร์มากกว่า 1 ระดับชั้น คิดเป็นร้อยละ 82.927 ดังตารางที่ 44

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสถานภาพของผู้เข้าร่วมประชุม

ประเด็นคำถาม	ครูผู้สอนคณิตศาสตร์		ศึกษานิเทศก์		ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
1) เพศ						
1.1) ชาย	8	19.512	1	2.439	9	21.951
1.2) หญิง	28	68.293	4	9.756	32	78.049
2) ตำแหน่ง	36	87.805	5	12.195	41	100
3) วิทยฐานะ						
3.1) ไม่มีวิทยฐานะ	13	31.707	0	0	13	31.707
3.2) ชำนาญการ	11	26.829	0	0	11	26.829
3.3) ชำนาญการพิเศษ	12	29.268	5	12.195	17	41.463
4) ระดับชั้นที่สอน						
4.1) ประถมศึกษาปีที่ 4	0	0	0	0	0	0
4.2) ประถมศึกษาปีที่ 5	0	0	0	0	0	0
4.3) ประถมศึกษาปีที่ 6	2	4.874	0	0	2	4.878
4.4) มากกว่า 1 ระดับชั้น	34	82.927	0	0	34	82.927
4.5) ทำหน้าที่นิเทศ	0	0	5	12.195	5	12.195

4.2.2 ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุม วิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามด้านของการประเมิน ได้แก่ ภาพรวมทั้งหมด ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน และ ด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้ ดังนี้

1) ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.828, SD = 0.282$) เมื่อพิจารณาจำแนกตามตำแหน่ง พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.813, SD = 0.288$) เช่นเดียวกับศึกษานิเทศก์ ($M = 5.000, SD = 0.000$)

2) ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดที่มีต่อรูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในด้านที่ 1 รูปแบบการสอน พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.851, SD = 0.269$) เมื่อพิจารณาจำแนกตามตำแหน่ง พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.830, SD = 0.281$) เช่นเดียวกับศึกษานิเทศก์ ($M = 5.000, SD = 0.000$)

3) ผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมดที่มีต่อรูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ในด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้ พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.805, SD = 0.305$) เมื่อพิจารณาจำแนกตามตำแหน่ง พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.788, SD = 0.422$) เช่นเดียวกับศึกษานิเทศก์ ($M = 5.000, SD = 0.000$)

จากผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด และจำแนกตามตำแหน่ง ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และศึกษานิเทศก์ ที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีผลการประเมินที่สอดคล้องกัน ดังตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ผลการประเมินของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ศึกษาในเทศก์ และผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด

รายการประเมิน	ผลการประเมิน								
	ครูผู้สอนคณิตศาสตร์			ศึกษานิเทศก์			ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด		
	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล
ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน	4.830	0.281	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.851	0.269	มากที่สุด
1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง	4.889	0.319	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.902	0.300	มากที่สุด
2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์	4.833	0.378	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.854	0.358	มากที่สุด
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	4.889	0.319	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.902	0.300	มากที่สุด
4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.861	0.351	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.878	0.331	มากที่สุด
5) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานจริงได้ในชั้นเรียน	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด
6) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียนเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด
7) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอนเพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.861	0.351	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.878	0.331	มากที่สุด
8) การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน	4.833	0.378	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.854	0.358	มากที่สุด
9) แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	4.889	0.319	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.902	0.300	มากที่สุด
10) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการ แนวคิด และทฤษฎีรองรับ	4.750	0.439	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.780	0.419	มากที่สุด
11) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน									
11.1) ชั้นความคิดพื้นฐาน	4.833	0.378	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.854	0.358	มากที่สุด
11.2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง	4.778	0.485	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.805	0.459	มากที่สุด
11.3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม	4.861	0.351	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.878	0.331	มากที่สุด
11.4) ชั้นเปิดเผยความคิด	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด
11.5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้	4.861	0.351	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.878	0.331	มากที่สุด
12) แผนภาพรูปแบบการสอนสื่อความหมายของกระบวนการได้ชัดเจน	4.722	0.454	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.756	0.435	มากที่สุด
ด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้	4.778	0.422	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.805	0.305	มากที่สุด
1) ผู้เรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	4.750	0.439	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.805	0.401	มากที่สุด
2) ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์	4.861	0.351	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.780	0.419	มากที่สุด
3) ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.878	0.331	มากที่สุด
4) ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด

ตารางที่ 45 ผลการประเมินของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ศึกษานิเทศก์ และผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน								
	ครูผู้สอนคณิตศาสตร์			ศึกษานิเทศก์			ผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด		
	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล
5) ผู้เรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	4.750	0.439	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด
6) ผู้เรียนได้รับความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	4.667	0.478	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.780	0.419	มากที่สุด
7) ผู้เรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา	4.806	0.401	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.707	0.461	มากที่สุด
8) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่ม	4.778	0.316	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.829	0.381	มากที่สุด
รวม	4.813	0.288	มากที่สุด	5.000	0.000	มากที่สุด	4.828	0.282	มากที่สุด

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน จำนวน 2 ประเด็น ดังนี้

1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีจุดเด่น หรือจุดบกพร่องอย่างไร ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่ ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับจุดเด่นของรูปแบบการสอนว่า มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวันของผู้เรียน ส่งเสริมและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่งเสริมกระบวนการคิดที่หลากหลายทั้งการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) รวมถึงส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดและสรุปความคิดรวบยอดของตนเอง

2) แนวทางในการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ ผู้เข้าร่วมประชุมส่วนใหญ่ได้ให้ข้อคิดเห็นกับการนำรูปแบบการสอนไปใช้ ด้วยการศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบการสอน วิเคราะห์และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ BRIGTH Model และนำไปทดลองใช้เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และมีข้อคิดเห็นอื่น ๆ ดังนี้ (1) ศึกษาารูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นให้เข้าใจแล้วนำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (2) นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนไปใช้กับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์โดยเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการกับชีวิตจริงและสภาพแวดล้อมจริง (3) วิเคราะห์เนื้อหาในบทเรียนโดยไม่ยึดตามหนังสือเรียน แต่เน้นสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของผู้เรียน และจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ให้ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาด้วยตนเอง (4) นำรูปแบบการสอนไปปรับใช้ในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ที่มีเนื้อหาคล้ายคลึงกัน และ (5) รูปแบบการสอนสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ทั้งนี้สามารถนำรูปแบบดังกล่าว ไปใช้ในการบูรณาการ

ข้ามศาสตร์ตั้งแต่สองศาสตร์ขึ้นไป อาทิ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education)

4.3 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ฉบับเผยแพร่

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และข้อเสนอแนะจากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และศึกษานิเทศก์ที่เข้าร่วมประชุม พบว่า ในภาพรวมรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน มีการระบุรายละเอียดที่ชัดเจน มีความสมบูรณ์ ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้มีความน่าสนใจ แต่มีข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมประชุมที่ควรเพิ่มเติมและปรับปรุง และการปรับปรุงจะไม่กระทบต่อโครงสร้างของรูปแบบการสอนที่ผ่านการรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ ดังตารางที่ 46

ตารางที่ 46 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอนหลังการประชุมเผยแพร่ผลการวิจัย

ประเด็นในการแก้ไข	ข้อเสนอแนะจากการประชุม	แนวทางการปรับปรุงแก้ไข
แผนการจัดการเรียนรู้	การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้เน้นบทบาทของครูผู้สอนมากกว่าผู้เรียน ควรเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้เน้นบทบาทผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติโดยตรงและสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)	ปรับแก้การใช้ภาษาในการเขียนกิจกรรมการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้เน้นบทบาทผู้เรียนมากกว่าบทบาทผู้สอน

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงรายละเอียดของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ฉบับเผยแพร่ ซึ่งนำเสนอไว้ในภาคผนวก ข หน้า 277-339

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 2) พัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 3) ศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดย 3.1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย 3.2) เปรียบเทียบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 3.3) ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และ 4) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอน ADDIE Model ทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การวิจัย (Research: R₁) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน (Analysis: A) และความต้องการจำเป็นในการพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 1) การประเมินความต้องการจำเป็นจากตัวอย่าง ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 122 คน ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา

กาญจนบุรี เขต 1 และ 2) การสัมภาษณ์ความคิดเห็นจากกลุ่มเป้าหมาย คือผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์อย่างน้อย 5 ปี เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์หรือเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา จำนวน 6 ท่าน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ($PNI_{Modified}$) และสถิติทดสอบที (t -test) ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนา (Development: D_1) การออกแบบและพัฒนา (Design and Development: D and D) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการพัฒนารูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน (ฉบับร่าง) เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และความเหมาะสมผ่านการสัมมนาอ้างอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Connoisseurship) จำนวน 9 ท่าน ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนคณิตศาสตร์ ด้านการประถมศึกษา และด้าน การวัดและประเมินผล และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 1 (ฉบับร่าง) เมื่อปรับปรุงแก้ไข เสนอผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ครั้งที่ 2 (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ขั้นตอนที่ 3 การวิจัย (Research: R_2) การทดลองใช้ (Implement: I) รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย การทดลองใช้รูปแบบการสอนตามแบบแผนการวิจัย เป็นการศึกษากลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (The One-Group Pretest-Posttest Design) ตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 36 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในกลุ่มเครือข่ายพัฒนาคุณภาพการศึกษาลาดหญ้า สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษากาญจนบุรี เขต 1 รวมเวลาทั้งหมดในการทดลอง 25 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือการวิจัยประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ 0.801 3) แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ค่าความเที่ยงทั้งฉบับ 0.924 และ 4) แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสถิติทดสอบที แบบกลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน (t - test dependent) และ ขั้นตอนที่ 4 การพัฒนา (Development: D_2) การประเมินผล (Evaluation: E) ปรับปรุงและเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยการปรับปรุงแก้ไขรายละเอียดรูปแบบการสอนและคู่มือการใช้รูปแบบการสอน จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้ในขั้นตอนที่ 3 และ

เผยแพร่ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้วยการจัดประชุมเชิงวิชาการผ่านระบบออนไลน์ กลุ่มเป้าหมาย คือ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และศึกษานิเทศก์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาตากองุนบุรี เขต 1 เพื่อประเมินความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน และ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ค่าเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD) โดยผู้วิจัยสรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับ แนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานและความต้องการจำเป็นสำหรับการพัฒนาารูปแบบการสอนตาม แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียด ดังนี้

1.1 หลักการสำคัญที่สอดคล้องกับการพัฒนาารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการ คิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ประกอบไปด้วย 5 หลักการ ได้แก่ 1) หลัก ความเป็นจริง เป็นการใช้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่เป็นความจริง สอดคล้องกับบริบทในโลกของชีวิต จริง รวมถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อเชื่อมโยงกับหลักการทางคณิตศาสตร์ และมีความหมายต่อการ เรียนรู้ของผู้เรียน 2) หลักการของกิจกรรมและเปิดเผยแนวคิด เป็นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนใน การปฏิบัติกิจกรรม เพื่อแสดงความคิด ผ่านการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการหรือแบบจำลอง รวมถึงการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของ กระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น รวมถึงการเปิดเผยความคิดผ่านนำเสนอแนวคิด วิธีการ กระบวนการ รวมถึงการอธิบาย อภิปรายและสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน 3) หลักการบูรณาการ เป็นการ เชื่อมโยงเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ และบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา สถานการณ์ในโลก ของความเป็นจริง และการปรับใช้แนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ คล้ายคลึงกัน 4) หลักการปฏิสัมพันธ์ เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และผู้เรียนด้วยกันเอง และ 5) หลักประสิทธิภาพของลำดับขั้นทาง คณิตศาสตร์ เป็นระดับการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากไม่เป็นทางการไปสู่ แบบแผนทางคณิตศาสตร์ ที่ควรง่ายต่อความเข้าใจและการตีความ โดยหลักการทั้ง 5 หลักการมีความ สอดคล้องและสัมพันธ์กับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development) ทฤษฎีการ

เรียนรู้ อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) ทฤษฎี การสร้างความรู้ ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning)

1.2 การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) พบว่า ทั้งในภาพรวมและรายด้านมีสภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในทุกด้านประเมิน แสดงว่าครูผู้สอนคณิตศาสตร์ มีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในทุกด้านประเมิน เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นในแต่ละด้านประเมินจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) ด้านหลักการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านบทบาทผู้สอน และ 4) ด้านแนวทางการวัดและประเมินผล (PNI_{Modified} = 0.215) ตามลำดับ สรุปผลรายด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้ ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหาผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด 2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) กำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน

ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น 2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน และ 3) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก สภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ และวางแผนการแก้ปัญหา 2) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง และ 3) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ

ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล ในภาพรวมสภาพที่พึงประสงค์อยู่ในระดับมาก และสภาพปัจจุบันอยู่ในระดับมาก มีค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ดังนี้ 1) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปราย หรือสะท้อนคิด 2) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่ สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และ 3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการ แสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

1.3 การศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์และ แนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอน ปลาย สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1.3.1 การคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการทางความคิดที่แสดงออกใน ลักษณะของความสามารถในการแปลความ ตีความ แก้ปัญหาในสถานการณ์หรือบริบทต่าง ๆ ผ่าน ประสบการณ์ หรือการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้อย่างสมเหตุสมผล และพฤติกรรมของ ผู้เรียนที่แสดงถึงความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในระหว่างการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถ วิเคราะห์ปัญหา เลือกวิธีการหรือยุทธวิธีในการแก้ปัญหา รวมถึงการสังเกต การแปลความ ตีความทาง คณิตศาสตร์ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

1.3.2 องค์ประกอบหลักของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน เนื่องจากการแก้ปัญหามีเป็นหัวใจ ของกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ทั้งนี้องค์ประกอบย่อยของการแก้ปัญหามีลักษณะที่สอดคล้องกับแนวทางการแก้ปัญหาทั่วไป ได้แก่ การวิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา แก้ปัญหา และตรวจสอบการแก้ปัญหา ที่จะช่วยให้ผู้เรียน แก้ปัญหาตามกระบวนการคิดอย่างเป็นขั้นตอน

1.3.3 สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อการคิดเชิง คณิตศาสตร์เกิดจากครูผู้สอนคณิตศาสตร์ เพราะครูส่วนใหญ่มุ่งเน้นการหาคำตอบด้วยวิธีการ แก้ปัญหาที่เป็นรูปแบบด้วยการจดจำ ขาดการสร้างมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ ให้กับผู้เรียนก่อนนำไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา ขาดการสร้างภาพในความคิดหรือการสอนจากรูปธรรม ไปสู่นามธรรม รวมถึงวัฒนธรรมในการสอนที่ครูมีบทบาทเป็นผู้สอนแต่เพียงผู้เดียว ขาดการใช้คำถาม กระตุ้นความคิดของผู้เรียน และไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น

1.3.4 แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวคิด หลักในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับ

ประถมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสม โดยทั้งสองแนวคิดจะมีทั้งหลักการร่วมและหลักการที่แตกต่างกัน ที่สะท้อนให้เห็นถึงแนวทางในการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่จะเชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตประจำวันของผู้เรียน รวมถึงกระบวนการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยการพัฒนารูปแบบการสอนจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและเป็นไปได้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

1.3.5 การวัดและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนที่ไม่แยกออกจากกัน สำหรับการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะต้องมุ่งเน้นการปฏิบัติจริงของผู้เรียน ในระหว่างการเรียนรู้ด้วยการใช้คำถามกระตุ้นที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน และประเมินผลปลายทางโดยใช้โจทย์ปัญหา ประเด็นท้าทาย หรือสถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียนตามบริบท เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนการแก้ปัญหา หรือกระบวนการคิดของผู้เรียนออกมาโดยใช้วิธีการทั้งการถามตอบ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ รวมถึงการทดสอบกระบวนการคิดด้วยแบบสอบ

2. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) มีผลการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และเปรียบเทียบผลการประเมินระหว่างการประเมินครั้งที่ 1 (ฉบับร่าง) และครั้งที่ 2 (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ) โดยผลการประเมินความเหมาะสม ครั้งที่ 2 หลังจากที่มีการปรับปรุงและแก้ไขข้อมูลตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ มีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าผลการประเมินในครั้งที่ 1 และมีผลการประเมินอยู่ในระดับมากที่สุดทุกด้านของการประเมิน โดยรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 1) หลักการ 2) วัตถุประสงค์ 3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 4) แนวทางการวัดและประเมินผล และ 5) ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง รายละเอียด ดังนี้

2.1 หลักการ 5 ประการ ดังนี้ 1) หลักการความเป็นจริงและการบูรณาการ การกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ของความจริง บริบทในโลกชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจที่ผู้เรียนเข้าถึง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ 2) หลักการกิจกรรมและสร้างแบบจำลอง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง อธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์ รวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหา 3) หลักการปฏิสัมพันธ์และอธิบายความคิด กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4) หลักการประยุกต์ใช้และสะท้อนคิด กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ และ 5) หลักการลำดับขั้นและต้นแบบที่มี

ประสิทธิภาพ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากรูปรธรรมไปสู่นามธรรม และสร้างกระบวนการแก้ปัญหาในรู้อย่างง่ายเพื่อเป็นต้นแบบในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง

2.2 วัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอน ดังนี้ 1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) กิจกรรมกระตุ้นความสนใจ ตรวจสอบความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน 2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) กิจกรรมการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน 3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) กิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสมเหตุสมผล ประเมินตนเองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน 4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) กิจกรรมการแสดงกระบวนการแก้ปัญหา แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และ 5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) กิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด

2.4 แนวทางการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric) ที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสิ่งที่สถานการณ์กำหนด เจาะลึกที่จะนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ว่าเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่ 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวิธีการ หรือขั้นตอน เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ/วางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3) การดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และระบุอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา และ 4) การประเมินความสมเหตุสมผล ผู้เรียนประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบด้วยการตรวจสอบย้อนกลับและแสดงเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันคำตอบ

2.5 ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง ดังนี้ 1) ระบบสังคม กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน

ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมถึงการแสดงความคิดเห็น และสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบขั้นตอน 2) ระบบสนับสนุน เป็นการจัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน และ 3) หลักการตอบสนอง ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ รวมถึงการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย

3. ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รายละเอียด ดังนี้

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($M = 17.472$, $SD = 2.602$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 7.611$, $SD = 2.246$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 ผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียน ($M = 20.944$, $SD = 3.854$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 6.167$, $SD = 1.521$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งคะแนนภาพรวมและรายด้าน ดังนี้ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ หลังเรียน ($M = 7.583$, $SD = 1.228$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 5.556$, $SD = 1.081$) ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ หลังเรียน ($M = 5.861$, $SD = 1.417$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 03.06$, $SD = 5.861$) ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา หลังเรียน ($M = 4.361$, $SD = 1.641$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 0.306$, $SD = 0.525$) และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล หลังเรียน ($M = 3.139$, $SD = 1.291$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M = 0.000$, $SD = 0.000$) และเมื่อวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวมมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 57.337 นั่นคือมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณารายด้าน มีคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการสัมพัทธ์จากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.889 (พัฒนาการระดับสูงมาก) ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 72.239 (พัฒนาการระดับสูง) ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 53.075 (พัฒนาการระดับสูง) และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 39.236 (พัฒนาการระดับปานกลาง) ตามลำดับ

3.3 ผลการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย อยู่ในระดับมากที่สุดทั้งภาพรวม ($M = 4.227, SD = 0.422$) และทุกด้านของการประเมิน

4. การปรับปรุงและการเผยแพร่รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

4.1 ผลการปรับปรุงรูปแบบการสอน เนื่องจากรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) มีรายละเอียดตามองค์ประกอบชัดเจน สามารถนำไปใช้ปฏิบัติในชั้นเรียนได้ แต่เพิ่มเติมข้อสังเกตที่ได้จากการศึกษาประสิทธิผลในเล่มคู่มือการใช้รูปแบบการสอน และปรับการใช้ภาษาในแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้ที่อ่านคู่มือการใช้รูปแบบการสอนเกิดความเข้าใจ แล้วสามารถนำไปใช้ให้เกิดประสิทธิผลต่อผู้เรียน

4.2 ผลการเผยแพร่รูปแบบการสอนผ่านการประชุมออนไลน์ พบว่า ความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุมทั้งหมด และเมื่อจำแนกตามตำแหน่ง ได้แก่ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ และศึกษานิเทศก์ ที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุดทั้งภาพรวม ($M = 4.828, SD = 0.282$) และทุกด้านของการประเมิน

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยแบ่งประเด็นการอภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) การอภิปรายผลการพัฒนารูปแบบการสอน และ 2) การอภิปรายผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

1. รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ได้รับการประเมินความเหมาะสมหลังการปรับปรุงแก้ไข โดยผู้เชี่ยวชาญที่ร่วมสัมมนาอิงกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ลงมติเป็นเอกฉันท์ให้การรับรองคุณภาพรูปแบบการสอน และมีผลการประเมินความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และทุกด้านของการประเมิน เนื่องจาก

องค์ประกอบของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความชัดเจนในด้านของทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอนที่มีความสัมพันธ์กัน แนวคิดสนับสนุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพจากการศึกษาความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย และการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ มีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน รวมถึงองค์ประกอบของรูปแบบการสอนครอบคลุมความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องและส่งเสริมกัน ดังนี้

1.1 หลักการของรูปแบบการสอน ประกอบด้วย 1) หลักการความเป็นจริงและการบูรณาการ เป็นการกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ของความจริง บริบทในโลกชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจที่ผู้เรียนเข้าถึง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้ สอดคล้องกับ Ekowati et al. (2021) กล่าวว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์เริ่มต้นจากการเข้าใจปัญหาเชิงบริบท แก้ปัญหา เปรียบเทียบคำตอบ และสรุปผลการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้เน้นประสบการณ์ที่ใกล้ชิดกับผู้เรียนจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถซึมซับความรู้ได้ง่ายขึ้น 2) หลักการกิจกรรมและสร้างแบบจำลอง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง อธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์ รวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหา สอดคล้องกับ Mustafa & Sari (2019) กล่าวถึง ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสมอง เพื่ออธิบายความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนผ่านการแก้ปัญหา 3) หลักการปฏิสัมพันธ์และอธิบายความคิด เป็นกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ผ่านการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สอดคล้องกับ Office of the Education Council (2021) กล่าวว่า ผู้เรียนมีกระตือรือร้นในการเรียนเพิ่มขึ้น หากวิธีการจัดการเรียนการสอนเป็นแบบปฏิบัติ และชอบเรียนในวิชาที่ได้ลงมือปฏิบัติมากกว่าวิชาที่ต้องนั่งฟังบรรยายในห้องเรียน 4) หลักการประยุกต์ใช้และสะท้อนคิด กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Firmasari et al. (2022) กล่าวว่า ระดับของการทำงานทางปัญญาของการคิดเชิงคณิตศาสตร์จะมีลักษณะเฉพาะในการแสดงความรู้เชิงแนวคิดของผู้เรียน ผ่านการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา และการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ และ 5) หลักการลำดับขั้นและต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ เป็นความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากรูปรธรรมไปสู่นามธรรม และสร้างกระบวนการแก้ปัญหาในรูปอย่างง่ายเพื่อเป็นต้นแบบในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง สอดคล้องกับ Mutaqin et al. (2021) กล่าวว่า การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ควรเน้นสื่อที่เป็นรูปธรรม

และกระตุ้นผู้เรียนให้ถามคำถามช่วยสร้างความกระตือรือร้นในกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น และสัมพันธ์กับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Development) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Learning) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) สอดคล้องกับ Mason et al. (2010) กล่าวถึงคุณภาพทางการคิดของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์สามารถเห็นได้จากกระบวนการคิดของผู้เรียน ในการแก้ปัญหาด้วยการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างจากวิธีคิดอื่น สอดคล้องกับ Deniz & Gamze (2021) กล่าวว่า ผู้เรียนที่ได้รับการฝึกอบรมการสร้างแบบจำลองตั้งแต่อายุน้อย จะได้รับความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการคิดระดับสูง การสื่อสาร และทักษะในศตวรรษที่ 21 และ Qurohman et al. (2022) กล่าวว่า ผู้เรียนที่มีอิสระในการเรียนรู้จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูง

1.2 วัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย ในด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ Zaman (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสัมภาษณ์ครูพบว่า การแก้ปัญหา การอุปนัย การนิรนัย การคิดเชิงตรรกะ และการพิสูจน์เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ Li et al. (2019) ได้ศึกษาวิวัฒนาการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการศึกษาคณิตศาสตร์ของประเทศจีน กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในเป้าหมายที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ และการคิดเชิงคณิตศาสตร์ให้ความสำคัญกับกระบวนการประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และ Firmasari et al. (2022) กล่าวว่า ระดับของการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นไปตามความสามารถในการสรุปความคิดรวบยอดและการนำความคิดทางคณิตศาสตร์ไปใช้ผ่านการให้เหตุผล

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) เป็นกิจกรรมกระตุ้นความสนใจ ตรวจสอบความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน 2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) เป็นกิจกรรมการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน สอดคล้องกับค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้ อันดับที่สาม คือกำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน 3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) เป็นกิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสมเหตุสมผล ประเมินตนเองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน สอดคล้องกับค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ด้านที่ 1

หลักการจัดการเรียนรู้ อันดับแรก คือการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดในการแก้ปัญหาผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด และอันดับที่สอง คือการส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับ Deniz & Gamze (2021) กล่าวว่า ผู้เรียนสามารถสอบถามการสร้างแบบจำลองของเพื่อนกลุ่มอื่นได้ จะช่วยผู้เรียนในกลุ่มอื่นได้อธิบายแบบจำลองที่สร้างขึ้น วิธีนี้จะช่วยให้ผู้เรียนตระหนักว่าความสำเร็จของกลุ่มมีความสำคัญมากกว่าความสำเร็จของแต่ละบุคคล และช่วยเพิ่มทักษะในการสื่อสารของผู้เรียน 4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) เป็นกิจกรรมการแสดงกระบวนการแก้ปัญหา แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สอดคล้องกับคำดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน อันดับสอง คือผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง และ 5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) เป็นกิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด สอดคล้องกับคำดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน อันดับสาม คือผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ และสอดคล้องกับ Mason et al. (2010) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาได้โดยการตอบคำถามและฝึกฝนผ่านการสะท้อนคิด Adjie et al. (2021) กล่าวว่า การเรียนคณิตศาสตร์ต้องมีกิจกรรมการโต้ตอบในรูปแบบของการเจรจา อธิบาย ให้เหตุผล การใช้คำถาม หรือการสะท้อนคิด Ferdianto et al. (2022) กล่าวว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความสามารถในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ด้วยเหตุผลนี้ ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญเป็นเป้าหมายการเรียนรู้และในขณะเดียวกันก็เป็นวิธีการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ Mutaqin et al. (2021) กล่าวว่า ขั้นตอนการดำเนินการตามแนวทาง RME ประกอบด้วย การเข้าใจปัญหาตามบริบท การอธิบายปัญหาตามบริบท การแก้ปัญหาตามบริบท การเปรียบเทียบและอภิปรายคำตอบ และการสรุป และ Pertamawati & Retnowati (2019) ได้ศึกษาแนวคิด Model-Eliciting Activities: MEAs เพื่อให้ นักเรียนสร้าง ทดสอบ และแก้ไขแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า การดำเนินการตามแนวคิด MEAs สามารถเตรียมนักเรียนในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงโดยการประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับการศึกษาในโรงเรียน และควรใช้แนวคิด MEAs ไปใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์

1.4 แนวทางการวัดและประเมินผล ประกอบด้วย 1) การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน เพื่อตรวจสอบว่าความรู้ ทักษะ หรือคุณลักษณะของผู้เรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ๆ โดยประเมินผลตามสภาพจริง และ 2) การวัดและประเมินผลสรุป เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

(Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบไปด้วย 4 พฤติกรรมบ่งชี้ ได้แก่

- 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสิ่งที่สถานการณ์กำหนด เจื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ว่าเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือไม่
- 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวิธีการ เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ/วางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 3) การดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา และ
- 4) การประเมินความสมเหตุสมผล ผู้เรียนประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบด้วยการตรวจสอบย้อนกลับและแสดงเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันคำตอบ สอดคล้องกับค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล สามอันดับแรกคือ ดังนี้ 1) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด 2) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียนและ 3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดงวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ Monteleone et al. (2018) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เกี่ยวข้องกับการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ และการสรุปแนวคิด แก้ปัญหาที่ซับซ้อนด้วยวิธีการใหม่ ๆ การให้เหตุผล การประเมินผล การพิจารณาวิธีการ กลยุทธ์ หรือแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และอธิบายวิธีการแก้ปัญหา Scusa (2008) ได้ประเมินภาระงาน (Assessment Tasks) เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยที่มีสถานการณ์ปัญหา และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนที่เป็นแบบตรวจสอบรายการ Drijvers et al. (2019) กล่าวว่า ภาระงานที่เกี่ยวกับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Assignment) จะมีลักษณะในการลงมือปฏิบัติ (Performance) ที่ประกอบด้วยการใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างกัน และการใช้วิธีการเกี่ยวกับพีชคณิตกับเชิงตัวเลข Li et al. (2019) กล่าวว่า การประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ให้ความสำคัญกับกระบวนการประยุกต์ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และ Mustafa & Sari (2019) กล่าวว่า ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน อธิบายจาก 1) การระบุปัญหาและองค์ประกอบของปัญหา 2) การกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาและแก้ปัญหตามแผน และ 3) การสรุปผลโดยเชื่อมโยงปัญหาทางคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

1.5 ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง ได้แก่ 1) ระบบสังคม เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สอดคล้องกับ

Zakaria et al. (2010) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ดังนั้น ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์จำเป็นต้องตระหนักถึงประโยชน์และความสำคัญของการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อเปลี่ยนแนวการสอนที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางมาเป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 2) ระบบสนับสนุน เป็นการจัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน สอดคล้องกับ Syafriafdi et al. (2019) พบว่า เครื่องมือการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เสมือนของจริงใช้งานได้จริง ใช้งานง่าย เข้าใจง่าย และมีประโยชน์มากในกระบวนการเรียนรู้ ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน และ 3) หลักการตอบสนอง ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ สอดคล้องกับค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็นสามลำดับแรก ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน ดังนี้ 1) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น 2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน และ 3) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับ Ferdianto et al. (2022) กล่าวว่า ครูต้องควบคุมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนอยู่เสมอ เพื่อลดข้อผิดพลาดของผู้เรียนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

2. การอภิปรายผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ดังนี้

2.1 การทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนพบว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเป็นไปตามกรอบของแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) ที่กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์โดยอาศัยสถานการณ์ ปัญหา บริบทหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในโลกความเป็นจริงของมนุษย์ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาไปสู่การสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอด กลยุทธ์ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และแนวคิด Model-Eliciting Activities ที่พัฒนาผู้เรียนให้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้าง

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงโครงสร้างของกระบวนการคิดออกมาได้อย่างสร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้จริง เป็นไปตามหลักการของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) กล่าวคือ ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านการเรียนรู้ที่ลงมือปฏิบัติจริง และสร้างความรู้ที่มีความหมายสำหรับตัวผู้เรียนเอง การสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม เป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน การสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ เป็นการใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นของจริง เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตจริงและตรงกับความสนใจของผู้เรียนเพื่อเชื่อมโยงความรู้ และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้มีความหมายสำหรับผู้เรียน และผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและสร้างแรงจูงใจให้เกิดกับผู้เรียน

ผลการทดสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์และความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing) ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แสดงการใช้เหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม และขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง จะเห็นได้ว่า ขั้นเชื่อมโยงความจริง ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม และขั้นเปิดเผยความคิด เป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และช่วยให้ผู้เรียนมีคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับ จุฑามาส โจชัชชาญ และวิเชียร อารังโสติสสกุล (2562) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า ทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนเพิ่มขึ้นทั้ง 3 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล และทักษะการนำเสนอตัวแทนความคิด Ulandari et al. (2019) พบว่า สื่อการเรียนรู้ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน Anggraini & Fauzan (2020) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เรียนรู้ตามแนวคิด RME สูงกว่าการเรียนรู้แบบเดิม และมีส่วนช่วยในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน USKUN et al. (2021) พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิด RME จะเข้าใจสถานการณ์ปัญหาได้ดีขึ้น สร้างปัญหาที่มีความหมายมากขึ้น และพัฒนา

ความสามารถในการเลือกข้อมูลและการดำเนินการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และช่วยพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในการทดสอบระดับชาติ และสอดคล้องกับ ขวัญหทัย พิกุลทอง (2561) ได้พัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การสร้างตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การจัดการเรียนรู้แบบ MEAs และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลการสะท้อนคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้เพียงพอในการแก้ปัญหาและขยายปัญหา ผู้เรียนสามารถรับรู้ถึงอุปสรรคและปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการแก้ปัญหา Kharisudin & Cahyati (2020) พบว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยกลยุทธ์การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด MEAs สูงกว่าแบบจำลองการเรียนรู้ทั่วไป และมีมีโนทัศน์ที่ดีต่อการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ Hartati et al. (2020) พบว่า แนวคิด MEAs มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดไตร่ตรองทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน และการประยุกต์ใช้แนวคิด MEAs ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และทักษะการคิดไตร่ตรองทางคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิผลค่อนข้างสูง และสอดคล้องกับ lamcham et al. (2023) กล่าวถึง นิยามเชิงปฏิบัติของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริง โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนดสร้างกระบวนการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหา ประเมินความรู้และความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้น หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยอ้างอิงหลักฐาน และตรวจสอบความสมเหตุสมผลเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์จะต้องประกอบไปด้วยทั้งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ควบคู่กันไป และเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัย การคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียน

ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่ารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย จะสามารถพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในภาพรวม

มีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณารายด้าน เรียงลำดับคะแนนเฉลี่ยพัฒนาการสัมพัทธ์จากมากไปน้อย ดังนี้ ด้านที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ มีพัฒนาการระดับสูงมาก ด้านที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ มีพัฒนาการระดับสูง ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา มีพัฒนาการระดับสูง และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล มีพัฒนาการระดับปานกลาง จะเห็นได้ว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล คือให้ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ และอธิบายเหตุผลเพื่อยืนยันคำตอบได้อย่างสมเหตุสมผล มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ไม่ถึงร้อยละ 50 และมีพัฒนาการน้อยที่สุด และด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา คือให้ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และระบุอ้างอิงหลักเกณฑ์หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ถึงแม้จะมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่ถึงร้อยละ 60 โดยการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 4 ขั้นตอน ทุกขั้นล้วนมีความสำคัญต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ แต่เป็นปัญหาของผู้เรียนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันที่มุ่งเน้นการหาเพียงคำตอบ ส่งผลให้กระบวนการแก้ปัญหาและการตรวจสอบความสมเหตุสมผลอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐนันท์ จุยกาวงค์ และสร้อยญา จันทร์ชอุบล (2563) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ทั้งภาพรวมและรายด้านสูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านตรวจสอบผลเป็นด้านที่มีพัฒนาการน้อยที่สุดเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับ Wahyudi et al. (2017) ได้ศึกษาการพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง สำหรับครูประถมศึกษา พบข้อจำกัดในการนำแนวคิด RME ไปใช้ได้แก่ ผู้เรียนไม่มีความเข้าใจเพียงพอเกี่ยวกับสื่อการสอนคณิตศาสตร์ ไม่คุ้นเคยกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในชีวิตประจำวัน ไม่ค่อยคุ้นเคยกับการใช้สื่อการสอนในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่เชี่ยวชาญแนวทางต่าง ๆ ในการเรียนคณิตศาสตร์ ไม่มีทักษะในการวางแผนการเรียนคณิตศาสตร์ และขาดทักษะในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Trung et al. (2019) ได้ศึกษาแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (RME) และการศึกษาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า ผู้เรียนได้รับเวลาไม่เพียงพอต่อการเรียนรู้ในแต่ละสถานการณ์ และพบข้อบกพร่องเกี่ยวกับความสามารถของผู้เรียนในการนำคณิตศาสตร์ไปสู่การปฏิบัติ ได้แก่ ผู้เรียนยังไม่ได้ปรับเข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ผู้เรียนไม่ได้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องในโจทย์คณิตศาสตร์ ความเข้าใจในการอ่านของผู้เรียนมีจำกัด และบริบทที่กำหนดยังไม่ได้รับการใช้ประโยชน์ และพิสูจน์อย่างเต็มที่โดยผู้เรียน และ Singh et al. (2019) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-regulated Learning: SRL) และทัศนคติทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ พบว่า การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะผู้เรียนมุ่งเน้นการคำนวณเชิงตัวเลขเป็นอย่างมาก จึงส่งผลต่อความสามารถในการคิดและ

ดำเนินการแก้ปัญหา และขาดความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาและทัศนคติต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ดังนั้น ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย ควรให้ความสำคัญกับการประเมินความสมเหตุสมผล และการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาอย่างต่อเนื่องผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เพราะผู้เรียนส่วนใหญ่จะไม่คุ้นเคยกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น และกระบวนการวัดและประเมินผลโดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ต้องเข้าใจกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแสดงวิธีการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ปัญหาท้าทายทางคณิตศาสตร์ที่มีความซับซ้อน และสอดคล้องกับบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

2.2 การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนในภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะหลักการของรูปแบบการสอนมุ่งเน้นการใช้ปัญหาจากสถานการณ์ของความจริง บริบทในโลกชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจที่ผู้เรียนเข้าถึง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้เน้นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง และกระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน รวมถึงส่งเสริมให้ผู้เรียนนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และสามารถสะท้อนสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ เป็นไปตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังนี้ ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจในกระบวนการเรียนรู้ และเข้าใจความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง และขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts) เป็นกิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด ขั้นตอนนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ สรุปองค์ความรู้ของตนเอง แสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนทั้งสองขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเริ่มต้น และขั้นตอนสุดท้ายของรูปแบบการสอน ที่เน้นความรู้พื้นฐาน และสรุปความคิดรวบยอด ซึ่งเป็นไปตามการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และวัดตามพฤติกรรมทางสติปัญญาในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ การคิดคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ สอดคล้องกับ Laurens et al. (2017) พบว่า ผู้เรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงทำคะแนนผลสัมฤทธิ์ได้ดีกว่านักเรียนที่มีการเรียนรู้แบบเดิม และสะท้อนให้เห็นว่า

สิ่งสำคัญสำหรับครูในการเสริมสร้างความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนผ่านแนวคิดการศึกษา
คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียน และ Siregar et al. (2022)
พบว่า ผู้เรียนที่เรียนรู้โดยใช้แบบฝึกหัดคณิตศาสตร์ตามแนวคิด RME มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียน
เพิ่มขึ้นร้อยละ 41.1 และทำคะแนนได้มากกว่า 60% ในกลุ่มนักเรียนที่เรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิด
RME ในการทดสอบปลายภาคถึง 88.65% นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนรู้
คณิตศาสตร์ตามแนวคิด RME เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มนักเรียนที่เรียนแบบ
ปกติ ในขณะที่ Wulandari et al. (2019) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด MEAs นั้นมี
ประสิทธิภาพมากในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนและการคิด
ไตร่ตรองเมื่อเทียบกับการเรียนรู้แบบทั่วไป และเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัย ผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่
สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สูงกว่าก่อนเรียน

2.3 การประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ หลังเรียนด้วยรูปแบบ
การสอน พบว่า ในภาพรวมระดับความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก
เนื่องจากการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือ
ปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ท้าทาย นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่
สร้างขึ้น และนำความรู้จากการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่สอดคล้องกับ
ชีวิตจริง รวมถึงการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ของครูผู้สอนส่งผลต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของ
ผู้เรียน สอดคล้องกับ Samo (2017) ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการเรียนรู้การคิดเชิงคณิตศาสตร์
ตามบริบทเพื่อเพิ่มความสามารถในการคิดลำดับที่สูงขึ้น พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ใน
ห้องเรียนเพื่อสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูง ปัญหาด้านบริบทสามารถนำเสนอกับ
บริบททางวัฒนธรรมในท้องถิ่นได้ และช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ในบริบทชีวิตจริง และ
Mulbar & Zaki (2018) ได้ศึกษาการออกแบบการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของ
นักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่า ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นและแรงจูงใจมากขึ้นในการเรียนรู้ และ
ส่งผลดีต่อการปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน Laine et al. (2020) ได้ศึกษาผลกระทบ
ของการกระทำของครูต่อบรรยากาศทางอารมณ์ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนประถมศึกษา
พบว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการสร้างบรรยากาศทางอารมณ์ในบทเรียนคณิตศาสตร์ สามารถสร้าง
บรรยากาศทางอารมณ์ให้เป็นบวกได้เมื่อ ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนสนทนาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ และความ
เข้าใจของตนเองร่วมกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน จากนั้นบรรยากาศทางอารมณ์จะเปิดกว้างและพร้อมที่จะ
เรียนรู้ แต่บรรยากาศทางอารมณ์สามารถเปลี่ยนเป็นลบได้เมื่อผู้เรียนถูกคำวิจารณ์ให้มีความอับอาย
จะเห็นได้ว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูผู้สอนกับผู้เรียน รวมถึงระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองเป็นสิ่งจำเป็น

สำหรับบรรยากาศทางอารมณ์เชิงบวกในห้องเรียนคณิตศาสตร์ และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2564) ได้กล่าวถึง จุดเน้นของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 คือการส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ ผ่านกระบวนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลายรูปแบบ (Active Learning) มีการวัดและประเมินผลในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาการเรียนรู้และสมรรถนะของผู้เรียน (Assessment for Learning) ทุกระดับ

ข้อเสนอแนะ

จากข้อค้นพบในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์

1.1 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์นำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น และผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอนไปใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อพิจารณาในการนำรูปแบบการสอนไปประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา และบริบทของโรงเรียน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยศึกษาคู่มือการใช้รูปแบบการสอนก่อนนำไปใช้ เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีความต่อเนื่องและมีลักษณะสำคัญของแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกัน และสามารถนำไปใช้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และสร้างเครื่องมือวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ตรงตามเกณฑ์การวัดและประเมินผล

1.2 ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ควรวิเคราะห์เนื้อหาในบทเรียนก่อน เนื่องจากรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ประกอบไปด้วยการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนั้น เนื้อหาที่ใช้จะต้องมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะดังกล่าว และจากผลการศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน พบว่า รูปแบบการสอนส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน แต่ด้านที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา และด้านที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล มีพัฒนาน้อยกว่าสองด้านแรก ดังนั้น ครูผู้สอนคณิตศาสตร์จะต้องให้ความสำคัญในเรื่องของกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2. ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริหารสถานศึกษา

2.1 ผู้บริหารสถานศึกษาควรสนับสนุนให้ครูผู้สอนคณิตศาสตร์นำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในชั้นเรียน และศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการสอน

2.2 ผู้บริหารสถานศึกษาควรใช้ข้อมูลการพัฒนา รูปแบบการสอนเพื่อส่งเสริมการพัฒนานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของโรงเรียนพื้นที่ นวัตกรรมการศึกษา

3. ข้อเสนอแนะสำหรับนักการศึกษา

นักการศึกษาควรใช้ข้อมูลจากการพัฒนา รูปแบบการสอนและผลการศึกษา ประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางแผน ออกแบบ หรือสร้าง แนวทางเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับหน่วยงาน องค์กร หรือระดับประเทศเพื่อ ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ในระดับประถมศึกษาตอนปลาย

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปใช้ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของ รูปแบบการสอนทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดเชิงคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ ในระดับชั้นที่แตกต่างกัน หรือช่วงชั้นอื่น ๆ
2. ควรศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน
3. ควรศึกษาระดับของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น เพื่อใช้ในการ ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันไปตามระดับของการคิด เชิงคณิตศาสตร์
4. สามารถนำข้อมูลจากการศึกษาไปใช้เป็นฐานในการทำวิจัย อาทิเช่น การพัฒนา รูปแบบ การสอนคณิตศาสตร์ที่นำแนวคิดอื่นมาใช้ในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ การพัฒนา รูปแบบ การสอนคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการแก้ปัญหาทาง คณิตศาสตร์ การพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในการแก้ปัญหาสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มี ความซับซ้อน เป็นต้น

รายการอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- เกศินี เพ็ชรรุ่ง. (2556). "การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อส่งเสริมโน้ตศน์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์." *วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*.
- ขวัญหทัย พิภูลทอง และคณะ. (2561). "การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์." *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี* 29, 3: 13-30.
- จินตนา ศิริธัญญารัตน์ และวีชรา เล่าเรียนดี. (2562). *การออกแบบระบบการเรียนการสอน*. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จุฑามาส โจชัยชาญ และวิเชียร อารังโสติสกุล. (2562). "ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1." *Journal of Education Naresuan University*, 21, 3: 37-47.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ. (2561). *การเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชวลิต ชูกำแพง. (2559). *การวิจัยและการพัฒนาหลักสูตร แนวคิดและกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชานนท์ จันทรา. (2550). "การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงของ จากแนวคิดสู่หลักการ (ตอนที่ 2)." *นิตยสารคณิตศาสตร์ MY MATHS*, 3, 8: 44-48.
- ณัฐนันท์ จุยกาวงศ์ และสร้อยญา จันทร์ชูสกุล. (2563). "การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยรูปแบบการเรียนการสอน 4E×2 ร่วมกับแนวคิดโมเดลเมธอด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6." *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 12, 1: 175-189.
- ทิตนา แคมมณี. (2561). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดการกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 22. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ฉัญญัฐิตา วงษ์เคี่ยม. (2562). "ผลของการใช้โปรแกรม Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและพัฒนาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ฉัญพิมล จันทร์น่วม. (2558). "ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 21." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฉัญพิมล จันทร์น่วม และจงกล ทำสวน. (2560). "ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับการพัฒนาความคิดของเด็กที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2." *OJED*, 12, 2: 141-158.
- นุชลี อุปกภัย. (2558). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. "ประกาศยุทธศาสตร์ชาติ (พ.ศ.2561-2580)." (2561). *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 135, ตอนที่ 82 ก (13 ตุลาคม): 1-71.
- "พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562." (2562). *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 136, ตอนที่ 37 ก (1 พฤษภาคม): 49-53.
- "พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542." (2542). *ราชกิจจานุเบกษา* เล่ม 116, ตอนที่ 74 ก (19 สิงหาคม): 1-23.
- แพรวไหม สามารถ. (2555). "การพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพศาล แผลงทับทอง และคณะ. (2558). "ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบอุปนัยและนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการสื่อสารด้านการเขียนทางคณิตศาสตร์ เรื่องทฤษฎีจำนวนเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4." *Journal of Education Naresuan University*, 26, 2: 102-113.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2558). *วิธีวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 9. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- รัตนะ บัวสนธ์. (2562). "การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา." *ศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 11, 2: 1-11.

- วาสนา กิมเท็ง. (2553). "ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem – Based Learning) ที่มีต่อทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และความใฝ่รู้ใฝ่เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3." ปริญญาโททางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). **ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2565). **ค่าสถิติพื้นฐานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net)**. สืบค้น พฤษภาคม 2565. <http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Notice/FrBasicStat.aspx>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ก). **การวัดและประเมินผลคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ข). **ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์**. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). "PISA 2021 กับการประเมินความฉลาดรู้ด้านคณิตศาสตร์." **Focus ประเด็นจาก PISA**, 53: 1-3.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2564). **ประกาศสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เรื่อง นโยบายและจุดเน้นของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566**.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579**. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2563). **สมรรถนะการศึกษาไทยในเวทีสากล ปี 2562 (IMD 2019)**. นนทบุรี: 21 เซนจูรี.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2559). **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อัศรา ประเสริฐสิน. (2563). **เครื่องมือการวิจัยทางการศึกษาและสังคมศาสตร์**. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Adam, S., Ellis, C., and Beeson, F. (1997). **Teaching mathematics with emphasis on the diagnostic approach**. New York: Harper and Row.

- Adjie, N., Putri, S. U., and Dewi, F. (2021). "Improvement of Basic Math Skills Through Realistic Mathematics Education (RME) in Early Childhood." **Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini**, 6, 3: 1647-1657.
- Agra, G., Formiga, N. S., Oliveira, P. S. D., Costa, M. M. L., Fernandes, M. D. G. M., and Nóbrega, M. M. L. D. (2019). "Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory." **Revista brasileira de enfermagem**, 72, 1: 248-255.
- Aljohani, M. (2017). "Principles of "constructivism" in foreign language teaching." **Journal of Literature and Art Studies**, 7, 1: 97-107.
- Amineh, R. J., and Asl, H. D. (2015). "Review of constructivism and social constructivism." **Journal of Social Sciences, Literature and Languages**, 1, 1: 9-16.
- Anderson, J. (2009). **Mathematics curriculum development and the role of problem solving**. Paper presented at the ACSA Conference (October).
- Angraini, R. S., and Fauzan, A. (2020). "The effect of realistic mathematics education approach on mathematical problem solving ability." **Edumatika: Jurnal Riset Pendidikan Matematika**, 3, 2: 94-102.
- Baltaci, S. (2016). "Examination of Gifted Students' Probability Problem Solving Process in Terms of Mathematical Thinking." **Malaysian Online Journal of Educational Technology**, 4, 4: 18-35.
- Baroody, A. J. (1993). **Problem solving, reasoning, and communicating, K-8. Helping children think mathematically**. New York: Macmillan.
- Beyer, B. K. (1988). **Developing A thinking Skills Program**. US: Allyn and Bacon.
- Brahire, D. J. (2005). **Teaching secondary and middle school mathematics**. 2nd ed. Boston: Pearson Education.
- Brandit, R. (1984). "Teaching of thinking, for thinking, about thinking." **Education Leadership**, 42, 1: 3.
- Burton, L. (1984). "Mathematical thinking: The struggle for meaning." **Journal for research in mathematics education**, 15: 35-49.
- Carifio, J. (2015). "Updating, modernizing, and testing Polya's theory of [mathematical] problem solving in terms of current cognitive, affective, and information

- processing theories of learning, emotions, and complex performances." **Journal of Education and Human Development**, 4, 3: 105-117.
- Chamberlin, S. A., and Coxbill, E. (2012). "Using model-eliciting activities to introduce upper elementary students to statistical reasoning and mathematical modelling." September: 169-179.
- Chamberlin, S. A., and Moon, S. M. (2005). "Model-eliciting activities as a tool to develop and identify creatively gifted mathematicians." **Journal of Secondary Gifted Education**, 17, 1: 37-47.
- Chiu, P. S., Kuo, Y. H., Huang, Y. M., and Chen, T. S. (2008). **A meaningful learning based u-learning evaluation model**. Paper presented at the 2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies.
- Coxbill, E., Chamberlin, S. A., and Weatherford, J. (2013). "Using model-eliciting activities as a tool to identify and develop mathematically creative students." **Journal for the Education of the Gifted**, 36, 2: 176-197.
- Daniel, P. S. (2014). "Difference of student's mathematical connection ability using realistic mathematics education approach and problem posing approach in Smp Swasta Katolik Assisi Medan academic year 2014/2015." Doctoral dissertation, UNIMED.
- Dedebaş, E. (2017). "An Investigation of fifth grade students' behaviors and difficulties through multiple implementations of model eliciting activities." Master's thesis, Department of Elementary Education, Middle east technical University.
- Deniz, Ş., and Gamze, K. U. R. T. (2021). "Investigation of Mathematical Modeling Processes of Middle School Students in Model-Eliciting Activities (MEAs): A STEM Approach." **Participatory Educational Research**, 9, 2: 150-177.
- Devlin, K. (2001). **The Maths Gene: Why Everyone Has ft, but Most People Don't Use It**. London: Orion Books.
- Dewi, I., and Harahap, M. S. (2016). "The Development of Geometri Teaching Materials Based on Constructivism to Improve the Students' Mathematic Reasoning Ability through Cooperative Learning Jigsaw at the Class VIII of SMP Negeri 3 Padangsidempuan." **Journal of Education and Practice**, 7, 29: 68-82.

- Doorman, M., Drijvers, P., Dekker, T., van den Heuvel-Panhuizen, M., de Lange, J., and Wijers, M. (2007). "Problem solving as a challenge for mathematics education in The Netherlands." **ZDM**, 39, 5: 405-418.
- Drijvers, P., Kodde-Buitenhuis, H., and Doorman, M. (2019). "Assessing mathematical thinking as part of curriculum reform in the Netherlands." **Educational studies in mathematics**, 102, 3: 435-456.
- Egodawatte, G. (2010). "A Rubric to Self-Assess and Peer-Assess Mathematical Problem-Solving Tasks of College Students." **Acta didactica napocensia**, 3, 1: 75-88.
- Ekowati, D. W., Azzahra, F. Z., Saputra, S. Y., and Suwandayani, B. I. (2021). "Realistic mathematics education (RME) approach for primary school students' reasoning ability." **Premiere Educandum: Jurnal Pendidikan Dasar dan Pembelajaran**, 11, 2: 269-279.
- Ersoy, E., and Guner, P. (2015). "The place of problem solving and mathematical thinking in the mathematical teaching." **The Online Journal of New Horizons in Education-January**, 5, 1: 120-130.
- Eysenck, H. J., Wurzburg, W. A., and Berne, R. M. (1972). **Encyclopedia psychology**. London: Search Perss.
- Fauzan, A. (2002). "Applying Realistic Mathematics Education (RME) in teaching geometry in Indonesian primary schools." University of Twente [Host].
- Febrianti, D. N., and Purwaningrum, J. P. (2021). "Jerome Bruner's Theory of Learning to Improve Basic School Students' Understanding of Numbers by Learning in Stage." **MEJ (Mathematics Education Journal)**, 5, 1: 46-57.
- Felder, R. M., and Brent, R. (2007). "Cooperative learning. In Active learning: Models from the analytical sciences." **ACS Symposium Series**, 970: 34-53.
- Ferdianto, F., Sukestiyarno, Y. L., and Widowati, I. J. (2022). "Mathematical Thinking Process on Numeracy Literacy Problems for Middle School Students." **Journal of Positive School Psychology**, 6, 8: 6909-6923.
- Firmasari, S., Herman, T., and Firdaus, E. F. (2022). "Rigorous Mathematical Thinking: Conceptual Knowledge and Reasoning in the Case of Mathematical Proof." **Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif**, 13, 2: 246-256.

- Flot, J., Higashi, R., McKenna, J., Shoop, R., and Witherspoon, E. (2016). "Using model eliciting activities to engage students in computational thinking practices." Carnegie Mellon University,
- Fuadiah, N. F. (2013). **Design of Teaching Materials Based on Realistic Mathematic Education (RME) to Improve Students Creative Thinking Ability.**
- Gardner, C., and Thompson. (1975). **Psychology.** New York: Worth.
- Gravemeijer, K., and Terwel, J. (2000). "Hans Freudenthal: a mathematician on didactics and curriculum theory." **Journal of curriculum studies**, 32, 6: 777-796.
- Greenwood, J. J. (1993). "On the nature of teaching and assessing 'mathematical power' and 'mathematical thinking.'" **Arithmetic teacher**, 41, 3: 144-152.
- Hamilton, E., Lesh, R., Lester, F. R. A. N. K., and Brilleslyper, M. (2008). "Model-eliciting activities (MEAs) as a bridge between engineering education research and mathematics education research." **Advances in Engineering Education**, 1, 2: 1-25.
- Hartati, S., Bilqis, R. A., and Rinaldi, A. (2020). "Mathematical problem-solving abilities and reflective thinking abilities: The impact of the influence of eliciting activities models." **Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika**, 11, 1: 167-178.
- Heddens, J. W., and Speer, W. R. (1997). **Today's Mathematics: Part1: Concept and classroom methods.** New Jersey: Prentice-Hall.
- Henderson, R., Molenda, M., and Smaldino, S. (2001). **Instructional media and technologies for learning.** New York: Macmillan.
- Hirza, B., and Kusumah, Y. S. (2014). "Improving Intuition Skills with Realistic Mathematics Education." **Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education**, 5, 1: 27-34.
- Huitt, W., and Hummel, J. (2003). "Piaget's theory of cognitive development." **Educational psychology interactive**, 3, 2: 1-5.
- Iamcham, N., Chanchusakun, S., and Kitroongrueng, P. (2023). "BRIGHT Model Mathematics Instruction Model Based on RME and MEAs Approaches to Enhance Mathematical Thinking for Upper Primary School Students." **Journal of Humanities and Social Sciences Nakhon Phanom University**, 13, 1: 277-294.

- Isnani, I., Waluya, S. B., Rochmad, R., Sukestiyarno, S., Suyitno, A., and Aminah, N. (2020). "How is Reasoning Ability in Learning Real Analysis?" **In International Conference on Agriculture, Social Sciences, Education, Technology and Health (ICASSETH 2019) Advances in Social Science, Education and Humanities Research**, 429, April: 253-256.
- Jacobs, G. M. (2004). "Cooperative Learning: Theory, Principles, and Techniques." **Online Submission**.
- Jain, S., and Angural, V. (2017). "Use of Cronbach's alpha in dental research." **Medico Research Chronicles**, 4, 3: 285-291.
- Jusoh, Z., Zubairi, A. M., and Badrasawi, K. J. (2018). "VALIDITY EVIDENCE USING EXPERT JUDGMENT: A STUDY OF USING ITEM CONGRUENCE INVOLVING EXPERT JUDGEMENTS FOR EVIDENCE FOR VALIDITY OF A READING TEST." **Al-Shajarah: Journal of the International Institute of Islamic Thought and Civilization (ISTAC)**: 307-320.
- Kharisudin, I., and Cahyati, N. E. (2020). "Problem-solving ability using mathematical modeling strategy on model eliciting activities based on mathematics self-concept." **Journal of Physics: Conference Series**, 1567, 3: 1-8.
- Kılıç, Ç. (2017). "A new problem-posing approach based on problem-solving strategy: Analyzing pre-service primary school teachers' performance." **Educational Sciences: Theory & Practice**, 17, 3: 771-789.
- Kriegler, S. (2008). **Just what is algebraic thinking**.
- Krulik, S., and Reys, R. E. (1980). **Problem solving in school mathematics: National Council of teacher of mathematics 1980 year book**. Boston, VA: National Council of Teacher of Mathematics.
- Krulik, S., and Rudnick, J. A. (1993). **Reasoning and problem solving: A handbook for elementary school teacher**. Boston: Allyn & Bacon.
- Kurniawati, R. P., Gunawan, I., and Marlina, D. (2020). Mathematic Literation Abilities Based on Problem Solving Abilities in First Class 4 of Elementary School. In 2nd **Early Childhood and Primary Childhood Education (ECPE 2020)** (pp. 186-192): Atlantis Press.

- Laine, A., Ahtee, M., and Näveri, L. (2020). "Impact of teacher's actions on emotional atmosphere in mathematics lessons in primary school." **International Journal of Science and Mathematics Education**, 18, January: 163-181.
- Lappan, G., and Schram, P. W. (1989). Communication and reasoning: Critical dimension of sense making in mathematics. In **New Directions for Elementary School Mathematics Yearbook** (pp. 14-30). Virginia: The National Council of Teacher of Mathematics.
- Laurens, T., Batlolona, F. A., Batlolona, J. R., and Leasa, M. (2017). "How does realistic mathematics education (RME) improve students' mathematics cognitive achievement?" **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 14, 2: 569-578.
- Lerman, S. (2014). **Encyclopedia of mathematics education**. Springer Netherlands.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., and Post, T. R. (2000). "Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers." **Research design in mathematics and science education**: 591-646.
- Li, M. P., and Lam, B. H. (2013). "Cooperative learning." **The Hong Kong Institute of Education**: 1-33.
- Li, N., Mok, I. A. C., and Cao, Y. (2019). "The evolution of mathematical thinking in Chinese mathematics education." **Mathematics**, 7, 3: 1-18.
- Lutfiyya, J. M. G. (1998). **Thinking systems: The first step to becoming a learning organization**. North – Carolina: Earlbaum Associates.
- M., M. m. (2005). "Mathematical thinking and mathematics achievement of students in the year 11 scientific stream in Jordan." Unpublished thesis. University of New Castle, Australia.
- Mason, J., Burton, L., and Stacey, K. (2010). **Thinking Mathematically Second Edition**. England: Pearson Education Limited.
- Metsämuuronen, J., and Räsänen, P. (2018). "Cognitive–Linguistic and Constructivist Mnemonic Triggers in Teaching Based on Jerome Bruner's Thinking." **Frontiers in psychology**, 9, December: 1-13.
- Molenda, M. (2003). "In search of the elusive ADDIE model." **Performance improvement**, 42, 5: 1-4.

- Monteleone, C., White, P., and Geiger, V. (2018). **Defining the Characteristics of Critical Mathematical Thinking**. Auckland: MERGA.
- Mulbar, U., and Zaki, A. (2018). "Design of Realistic Mathematics Education on Elementary School Students." **Journal of Physics: Conference Series**, 1028: 1-8.
- Mustafa, S., and Sari, V. (2019). "The Implementation of Mathematical Problem-Based Learning Model as an Effort to Understand the High School Students' Mathematical Thinking Ability." **International Education Studies**, 12, 2: 117-123.
- Mutaqin, E. J., Salimi, M., Asyari, L., and Hamdani, N. A. (2021). "Realistic mathematics education approach on teaching geometry in primary schools: Collaborative action research." **Journal of Physics: Conference Series** 1987, 1: 1-5.
- Nashiru, A., Sadiq, Z. A., and Ahmed, Y. (2019). "The Developmentalist Theory of Learning Approach of Teaching the Concept Fractions: The Case Study of Jerome Bruner's Theory of Development Model." **ADRRI Journal of Arts and Social Sciences**, 16, 5: 17-35.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1995). **Assessment standards for school mathematics**. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). **Principle and standards for school mathematics**. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- Nuswantari, D., and Siagian, Z. A. P. (2020). "Development of Learning Materials Through RME Assisted by Geogebra Software to Improve Students Problem Solving ability." **Journal of Education and Practice**, 11, 8: 61-68.
- O'Daffer, P. G., and Thornquist, B. A. (1993). Critical Thinking, Mathematical Reasoning and Proof. In **Research Ideas for the classroom, high school mathematics**. New York: Macmillan.
- OECD. (2018). **PISA 2021 MATHEMATICS FRAMEWORK (DRAFT)**. OECD.
- OECD. (2019). PISA 2018 Mathematics Framework. In **PISA 2018 Assessment and Analytical Framework**. Paris: OECD.
- Pertamawati, L., and Retnowati, E. (2019). "Model-Eliciting Activities: Engaging students to make sense of the world." **Journal of Physics: Conference Series**, 1200, 1: 1-8.

- Peterson, C. (2003). "Bringing ADDIE to life: Instructional design at its best." **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, 12, 3: 227-241.
- Phonapichat, P., Wongwanich, S., and Sujiva, S. (2014). "An analysis of elementary school students' difficulties in mathematical problem solving." **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 116: 3169-3174.
- Piaget, J., and Inhelder, B. (1969). **The psychology of the child**. H. Weaver (Tran.). New York: Basic Book.
- Pimta, S., Tayraukham, S., and Nuangchalerm, P. (2009). "Factors Influencing Mathematic Problem-Solving Ability of Sixth Grade Students." **Online Submission**, 5, 4: 381-385.
- Polya, G. (1980). on Solving Mathematical Problem in High School. In **Problem solving in school mathematic; Yearbook**. Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Qurohman, M. T., Nugraha, P. P., Romadhon, S. A., and Fathurrohman, A. S. (2022). "The influence of model of eliciting activities on improving mathematical problem-solving ability." **International Journal of Trends in Mathematics Education Research**, 5, 2: 141-146.
- Ridgway, J., Swan, M., and Burkhardt, H. (2001). Assessing mathematical thinking via FLAG. In **The teaching and learning of mathematics at university level**. Springer: Dordrecht.
- Rizqi, N. R., and Surya, E. (2017). "An analysis of students' mathematical reasoning ability in viii grade of sabilina tembung junior high school." **International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education (IJARIIE)**, 3, 2: 2527-3533.
- Safarini, T. D., and Wardhani, T. A. W. (2021). "The Relationship between The Postsecondary Education Readiness Test (PERT) Mathematics Score and Students' Mathematics Problem-Solving Ability." **Journal of Physics: Conference Series**, 1776, February: 1-7.
- Sailin, S. N., and Mahmor, N. A. (2018). "Improving student teachers' digital pedagogy through meaningful learning activities." **Malaysian Journal of Learning and Instruction**, 15, 2: 143-173.

- Salam, M., and Salim, S. (2020). "Analysis of Mathematical Reasoning Ability (MRA) with the Discovery Learning Model in Gender issues." **Journal of Educational Science and Technology (EST)**, 6, 2: 137-150.
- Salangsang, L., and Subia, G. (2020). "Mathematical thinking on problem solving and self-regulation strategies of Filipino primary grade pupils." **International Journal of Scientific & Technology Research**, 9, 2: 4001-4004.
- Saleh, M., Prahmana, R. C. I., and Isa, M. (2018). "Improving the Reasoning Ability of Elementary School Student through the Indonesian Realistic Mathematics Education." **Journal on Mathematics Education**, 9, 1: 41-54.
- Samo, D. D. (2017). "Developing Contextual Mathematical Thinking Learning Model to Enhance Higher-Order Thinking Ability for Middle School Students." **International Education Studies**, 10, 12: 17-29.
- Sari, D. P. (2020). "Implementation of REACT Strategy to Develop Mathematical Representation, Reasoning, and Disposition Ability." **Journal on Mathematics Education**, 11, 1: 145-156.
- Sari, M. P., Yulianti, N., Imamah, E. N., and Laily, N. I. (2020). "The students' mathematical reasoning ability based on problem-based learning model." **Journal of Physics: Conference Series**, 1538, 1: 11.
- Schoenfeld, A. H. (2016). "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics (Reprint)." **Journal of Education**, 196, 2: 1-38.
- Scusa, T. (2008). "Five Processes of Mathematical Thinking. Math in the Middle Institute Partnership Action Research Project Report." University of Nebraska-Lincoln.
- Sezer, E. N., and Bahadir, E. (2018). "IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION ACTIVITIES WITH USING ELECTRONIC PORTFOLIO." **European Journal of Open Education and E-learning Studies**, 3, 2: 126-145.
- Sharma, B. (2016). "A focus on reliability in developmental research through Cronbach's Alpha among medical, dental and paramedical professionals." **Asian Pacific Journal of Health Sciences**, 3, 4: 271-278.
- Singh, P., Abd Moin, M. A. A. B., Veloo, P. K., Han, C. T., and Hoon, T. S. (2019). "The relationship between self-regulated learning and mathematics attitude

- towards college student's development of mathematical thinking." **Universal Journal of Educational Research**, 7, 10: 48-53.
- Siregar, R. N., Suryadi, D., Prabawanto, S., and Mujib, A. (2022). "Improving Student Learning: Mathematical Reasoning Ability Through A Realistic Mathematic Education." **AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika**, 11, 4: 2698-2713.
- Siswono, T. Y., Kohar, A. W., Rosyidi, A. H., and Hartono, S. (2017). "Primary school teachers' beliefs and knowledge about mathematical problem-solving and their performance on problem-solving task." **World Trans. on Engng. and Technol. Educ**, 15, 2: 126-131.
- Soper, D. S. (2021). **A-priori Sample Size Calculator for Student t-Tests [Software]**. Available from <https://www.danielsoper.com/statcalc>.
- Stapleton, L., and Stefaniak, J. (2019). "Cognitive constructivism: Revisiting Jerome Bruner's influence on instructional design practices." **Tech Trends**, 63, 1: 4-5.
- Stecher, B. (2010). "Performance assessment in an era of standards-based educational accountability." **Stanford Center for Opportunity Policy in Education**.
- Stevanovic, D., Tadic, I., Novakovic, T., Kusic-Tepavcevic, D., and Ravens-Sieberer, U. (2013). "Evaluating the Serbian version of the KIDSCREEN quality-of-life questionnaires: reliability, validity, and agreement between children's and parents' ratings." **Quality of life research**, 22, 7: 1729-1737.
- Suzuki, K. (1998). **Measuring "To thinking mathematically": Cognitive characterization of achievement levels in performance-based assessment**. Doctoral dissertation, Ph.D., University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Swartz, R., and McGuinness, C. (2014). "Developing and Assessing thinking skills." **The International Baccalaureate Project**.
- Syafriafdi, N., Fauzan, A., Arnawa, I. M., Anwar, S., and Widada, W. (2019). "The tools of mathematics learning based on realistic mathematics education approach in elementary school to improve math abilities." **Univers. J. Educ. Res.**, 7, 7: 1532-1536.

- Szabo, Z. K., Körtesi, P., Guncaga, J., Szabo, D., and Neag, R. (2020). "Examples of Problem-Solving Strategies in Mathematics Education Supporting the Sustainability of 21st-Century Skills." **Sustainability**, 12, 23: 1-28.
- Takaya, K. (2008). "Jerome Bruner's theory of education: From early Bruner to later Bruner." **Interchange**, 39, 1: 1-19.
- Tisngati, U., and Genarsih, T. (2021). "Reflective thinking process of students in completing mathematical problems based on mathematical reasoning ability." **Journal of Physics: Conference Series**, 1776, 1: 1-9.
- Treffers, A. (1991). **RME in the Netherlands 1980-1990**. Utrecht: Freudenthal Institute.
- Troutman, J. W., and Lichtenberg, M. L. (1995). **Mathematic Problem Solving. In research Ideas for the Classroom: High School Mathematics**. New York: Macmillan.
- Trung, N. T., Thao, T. P., and Trung, T. (2019). "Realistic mathematics education (RME) and didactical situations in mathematics (DSM) in the context of education reform in Vietnam." **Journal of Physics: Conference Series**, 1340, 1: 1-14.
- Ulandari, L., Amry, Z., and Saragih, S. (2019). "Development of Learning Materials Based on Realistic Mathematics Education Approach to Improve Students' Mathematical Problem-Solving Ability and Self-Efficacy." **International Electronic Journal of Mathematics Education**, 14, 2: 375-383.
- USKUN, K. A., Osman, Ç. İ. L., and Okan, K. U. Z. U. (2021). "The effect of realistic mathematics education on fourth graders' problem posing/problem-solving skills and academic achievement." **Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi**, 28: 22-50.
- Vale, C., Widjaja, W., Herbert, S., Bragg, L. A., and Loong, E. Y. K. (2017). "Mapping variation in children's mathematical reasoning: the case of 'what else belongs?'" **International Journal of Science and Mathematics Education**, 15, 5: 873-894.
- Vallori, A. B. (2014). "Meaningful learning in practice." **Journal of Education and Human Development**, 3, 4: 199-209.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (1996). "Assessment and realistic mathematics education." **Utrecht University**, 19.

- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2000). **Mathematics education in the Netherlands: A guided tour. Freudenthal Institute Cd-rom for ICME9**. Utrecht: Utrecht University.
- Van Den Heuvel-Panhuizen, M. (2003). "The didactical use of models in realistic mathematics education: An example from a longitudinal trajectory on percentage." **Educational studies in mathematics**, 54, 1: 9-35.
- Wahyudi, M., Joharman, M., and Ngatman, M. (2017). "The Development of Realistic Mathematics Education (RME) for Primary Schools' Prospective Teachers." In **International Conference on Teacher Training and Education 2017 (ICTTE 2017)**, 185: 814-826.
- Wahyuni, S., Dahlan, J. A., and Juandi, D. (2021). "Students' mathematics problem solving ability through Model Eliciting Activities (MEAs)." **Journal of Physics: Conference Series**, 1882: 1: 1-8.
- Wessels, H. M. (2014). "Levels of mathematical creativity in model-eliciting activities." **Journal of Mathematical Modelling and Application**, 1, 19: 22-40.
- Widodo, S. A., Ibrahim, I., Hidayat, W., Maarif, S., and Sulistyowati, F. (2021). "Development of Mathematical Problem-Solving Tests on Geometry for Junior High School Students." **Jurnal Elemen**, 7, 1: 221-231.
- Wilson, J. W. (1971). Evaluation of learning in secondary school mathematics. In B. S. Bloom, J. T. Hastings, and G. F. Madus (Eds.), **Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning** (pp. 642-696): McGraw Hill Inc.
- Wilson, J. W., and Hadaway, G. (1993). Evaluation of Learning in Secondary School Mathematics. In **Handbook on formative and summative evaluation of student learning Bloom, Benjamin**. New York: McGraw-Hill.
- Winda, A., Sufyani, P., and Elah, N. (2018). "Analysis of creative mathematical thinking ability by using model eliciting activities (MEAs)." **Journal of Physics: Conference Series**, 1013, May: 1-7.
- Yerizon, I., and Ismail, R. N. (2020). "Improving Student's Mathematical Communication Skills Through Mathematics Worksheet Based on Realistic Mathematics Education." **International Journal of Advanced Research and Publications**, 4, 1: 42-46.

- Yerizon, Y., Pahlevi, R., and Asmar, A. (2021). "Development of Learning Instructions Based on The Model Eliciting Activities (MEAS) Approach to Improve Students Mathematical Problem-Solving Skills of Students Class X Senior High School Padang." **International Journal of Progressive Sciences and Technologies**, 25, 2: 382-387.
- Yildirim, T. P., Shuman, L., Besterfield-Sacre, M., and Yildirim, T. P. (2010). "Model eliciting activities: assessing engineering student problem solving and skill integration processes." **International Journal of Engineering Education**, 26, 4: 831-845.
- Yong, H. T., and Sam, L. C. (2008). **Implementing school-based assessment: The mathematical thinking assessment (MATA) framework**. Paper presented at the In Innovation and Pedagogy Seminar, Institute of Teacher Education, Sarawak.
- Yuanita, P., Zulnaldi, H., and Zakaria, E. (2018). "The effectiveness of Realistic Mathematics Education approach: The role of mathematical representation as mediator between mathematical belief and problem solving." **PloS one**, 13, 9: 1-20.
- Zakaria, E., Chin, L. C., and Daud, M. Y. (2010). "The effects of cooperative learning on students' mathematics achievement and attitude towards mathematics." **Journal of Social Sciences, Literature and Languages**, 6, 2: 272-275.
- Zakaria, E., and Syamaun, M. (2017). "The effect of realistic mathematics education approach on students' achievement and attitudes towards mathematics." **Mathematics Education Trends and Research**, 1, 1: 32-40.
- Zaman, D. A. (2011). **Relationship between mathematical thinking and achievement in mathematics among secondary school students of North West Frontier Province, Pakistan**. Islamabad: International Islamic University.
- Zulkardi, Z. (2002). **Developing a learning environment on realistic mathematics education for Indonesian student teachers**. University of Twente, Enschede.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย รูปแบบการสอน และสัมภาษณ์

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

ที่	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถานที่ทำงาน	ความเชี่ยวชาญ
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เสมอประวัติ	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ กาญจนบุรี	การสอนคณิตศาสตร์
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พินดา วรานุพันธ์	อาจารย์ภาควิชาครุศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การวัดและประเมินผล
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนศิริรินทร์ สว่างบุญ	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนา การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	การวัดและประเมินผล
4	ดร.สาลินี อุดมผล	ศึกษานิเทศก์ สำนักงานศึกษาธิการ จังหวัดกาญจนบุรี	หลักสูตรและการสอน
5	อาจารย์ ดร.ขวัญหทัย พิกุลทอง	โรงเรียนสวนแตงวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาสุพรรณบุรี	การสอนคณิตศาสตร์



ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบรูปแบบการสอน

ที่	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถานที่ทำงาน	ความเชี่ยวชาญ
1	รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร	อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	หลักสูตรและการสอน
2	รองศาสตราจารย์ ดร.ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี	อาจารย์สาขาการจัดการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	หลักสูตรและการสอน การสอนคณิตศาสตร์
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติชัย สุทธาสีโนบล	อาจารย์สาขาการประถมศึกษา ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	หลักสูตรและการสอน การประถมศึกษา
4	รองศาสตราจารย์ ประพนธ์ จำเริญญ	อาจารย์โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)	การสอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา
5	รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงหทัย กาศวิบูลย์	อาจารย์สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ภาควิชาหลักสูตร การสอน และการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	การสอนคณิตศาสตร์
6	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงชัย อักษรคิด	อาจารย์ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	การสอนคณิตศาสตร์
7	อาจารย์ ดร.กนิษฐา เชาว์วัฒนกุล	อาจารย์ภาควิชาครุศึกษา คณะ ศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	การสอนคณิตศาสตร์
8	รองศาสตราจารย์ ดร.มารุต พัฒนาผล	อาจารย์สาขาการวิจัยและการพัฒนา หลักสูตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	การวัดและประเมินผล
9	รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม	อาจารย์ภาควิชาพื้นฐานทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร	การวัดและประเมินผล

ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการสัมมนาในงานวิจัย

ที่	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สถานที่ทำงาน	ความเชี่ยวชาญ
1	รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร แหยมแสง	อาจารย์ประจำสาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง	การสอนคณิตศาสตร์
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์	อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอน คณิตศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การสอนคณิตศาสตร์
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิโสพิศ บัวดา	อาจารย์ประจำสาขาวิชาคณิตศาสตร์ และสถิติ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์	การสอนคณิตศาสตร์
4	ดร.เหมือนฝัน เขียววิวัฒน์	นักวิชาการอาวุโส สาขาคณิตศาสตร์ ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	การสอนคณิตศาสตร์
5	นางประเสริฐ บริโปร	ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนอนุบาลนาแกผดุงราชกิจเจริญ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษานครพนม เขต 1	การสอนคณิตศาสตร์
6	นายจำรัส จงทอง	ครู วิทยฐานะ ครูเชี่ยวชาญ โรงเรียนบ้านสะอาด (สะอาดวิทยาคาร) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาร้อยเอ็ด เขต 3	การสอนคณิตศาสตร์





คู่มือการใช้รูปแบบการสอน

ตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด MODEL-ELICITING ACTIVITIES
เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

นฤนาท เอี่ยมจ๋า

นักศึกษาระดับปริญญาโทบัณฑิต
สาขาหลักสูตรและการสอน (กลุ่มวิชาการประถมศึกษา)
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับ แนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model)

คู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ฉบับนี้ เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ หรือผู้ที่สนใจนำรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมและศึกษาประสิทธิภาพด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย หรือประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามความเหมาะสม ทั้งนี้กรอบเนื้อหาของคู่มือฉบับนี้ประกอบไปด้วย

การคิดเชิงคณิตศาสตร์
ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน
รูปแบบการสอนและองค์ประกอบ
หลักการ
วัตถุประสงค์
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้
แนวทางการวัดและประเมินผล
ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง
แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้
ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล

การคิดเชิงคณิตศาสตร์

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตรงกับภาษาอังกฤษที่ว่า Mathematical Thinking หมายถึง ความสามารถที่แสดงออกผ่านกระบวนการคิด ที่แสดงออกในลักษณะของการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ไปสู่การตีความ วิเคราะห์ปัญหา หรือสถานการณ์ เลือกวิธีการหรือกลยุทธ์ในการแก้ปัญหา ไปสู่กระบวนการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล และสามารถเข้าใจรูปแบบ การหาลักษณะร่วมของปัญหา การระบุปัญหาหรือข้อผิดพลาด และสร้างกลวิธีในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Burton, 1984; Greenwood, 1993; O' Daffer & Thornquist, 1993; Lutfiyya, 1998; Suzuki, 1998; Henderson et al., 2001; Mason, Burton and Stacey, 2010; Devlin, 2011) จากการสังเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1) การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) คือการวางแผน ดำเนินการแก้ปัญหา ใช้กลยุทธ์หรือวิธีการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาและปรับใช้อย่างเหมาะสม แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในบริบทที่ต่างกัน ตรวจสอบขั้นตอนของการแก้ปัญหา ตรวจสอบความถูกต้อง และความสมเหตุสมผล และ 2) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning) คือการใช้การทดสอบ หรือการพิสูจน์ที่หลากหลายในการให้เหตุผล อธิบายเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ตรวจสอบความถูกต้องและความสมเหตุสมผล และรวบรวมหลักฐาน หรือข้อมูลความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแก้ปัญหา (Suzuki, 1998; NCTM, 2000; Moon, 2005; Scusa, 2008; Yong & Sam, 2008; สสวท, 2555; แพร่ไหม สามารถ, 2555; Monteleone, White & Geiger, 2018) สอดคล้องกับกรอบการประเมิน PISA 2021 สำหรับการประเมินด้านคณิตศาสตร์จะประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการแก้ปัญหา และรวมถึงกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงการเชื่อมโยงบริบทของปัญหาด้วยคณิตศาสตร์ แล้วนำไปสู่การแก้ปัญหา 2) เนื้อหาคณิตศาสตร์ และ 3) บริบทที่ใช้ในแบบทดสอบซึ่งสัมพันธ์กับทักษะในศตวรรษที่ 21 (สสวท, 2563) สะท้อนถึงปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ศึกษาจากการประเมินสมรรถนะนักเรียนตามมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment: PISA) ของเด็กอายุ 15 ปี จากทั่วโลกในทุก ๆ รอบสามปี ที่ OECD ได้สำรวจความรู้ด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนคณิตศาสตร์ 419 คะแนน ซึ่งมีคะแนนต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และมีนักเรียนประมาณ 2.3 % เท่านั้น ที่มีผลการประเมินด้านคณิตศาสตร์อยู่ในกลุ่มสูง และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนย้อนหลังตั้งแต่ปี 2012, 2015 และ 2018 มีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์คือ 427, 415 และ 419 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคะแนนตั้งแต่รอบแรกถึงปัจจุบันด้านคณิตศาสตร์ของไทยไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ, 2564) และผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ของนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่าอยู่ในระดับที่ไม่น่าพึงพอใจ ส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยเฉพาะวิชาภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ คะแนนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง และต่ำ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) แสดงถึงปัญหาในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้รับการส่งเสริมหรือพัฒนาควบคู่ไปกับพัฒนาความรู้ และทักษะทางคณิตศาสตร์ตามกิจกรรมการเรียนรู้ในปัจจุบัน รวมถึงสภาพปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ และปัญหาด้านหลักสูตรคณิตศาสตร์ที่ไม่สะท้อนถึงความจำเป็นในการเรียนรู้ตามบริบทและชีวิตจริงของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดที่ตอบสนองต่อการพัฒนากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematics Education: RME) ที่พัฒนาขึ้นโดย Freudenthal ในช่วงปี 1970 ซึ่ง Freudenthal มีมุมมองแนวคิดที่ว่า คณิตศาสตร์ควรเชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใกล้ชิดกับประสบการณ์ของผู้เรียนและเกี่ยวข้องกับบริบททางสังคม เพื่อให้คณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญสำหรับการเรียนรู้ แทนที่คณิตศาสตร์เป็นเพียงวิชาที่ถ่ายทอดเพียงเนื้อหาความรู้เท่านั้น แต่คณิตศาสตร์เป็นกิจกรรมหนึ่งของมนุษย์ (Mathematics as a Human Activity) ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดค้นคณิตศาสตร์ (Reinvent) ด้วยการลงมือปฏิบัติ (Gravemeijer & Terwel, 2000; Zulkardi, Fauzan, 2002; Van den Heuvel-Panhuizen, 2003) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและมีวิธีการที่เข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียน แนวคิดนี้ถูกสร้างขึ้นครั้งแรกในกลางทศวรรษ 1970 โดย Dr. Richard Lesh เป็นศาสตราจารย์ด้านการศึกษาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยอินเดียนา (Indiana University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งในช่วงแรกจะรู้จักในชื่อ กรณีศึกษาสำหรับเด็ก (Case Studies for Kids) หรือกิจกรรมเปิดเผยความคิด (Thought Revealing Activities) แล้วจึงเปลี่ยนมาเป็น Model-Eliciting Activities ในภายหลัง (Lesh et al., 2000; Chamberlin & Moon, 2005; Hamilton et al., 2008; Yildirim et al., 2010; Chamberlin & Coxbill, 2012)

ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จึงได้พัฒนารูปแบบการสอนที่ต้องการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นตัวแปรตามในงานวิจัย เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจถึงกระบวนการนำรูปแบบการสอนไปใช้ในการปฏิบัติจริงในชั้นเรียน และสามารถวัดและประเมินผลผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนี้

นิยามเชิงปฏิบัติการ

การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริง โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา และแสดงออกในลักษณะของความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา ระบุปัญหาหรือเงื่อนไขจากสถานการณ์ที่กำหนด สร้างกระบวนการแก้ปัญหา หรือเลือกใช้วิธีในการแก้ปัญหา ประเมินความรู้และความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา แก้ปัญหาผ่านกระบวนการที่สร้างขึ้น หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยอ้างอิงหลักฐาน หรือข้อมูลสนับสนุนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลเพื่อยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Scoring Rubric) ที่อธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้เรียน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสิ่งที่สถานการณ์กำหนด เงื่อนไขที่จะนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ ว่าเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่
2. การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวิธีการ หรือขั้นตอน เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ/วางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
3. การดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และระบุอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา
4. การประเมินความสมเหตุสมผล ผู้เรียนประเมินกระบวนการแก้ปัญหาและคำตอบด้วยการตรวจสอบย้อนกลับและแสดงเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันคำตอบ

ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน

การศึกษาทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน ผู้วิจัยได้แบ่งแนวคิดในการพัฒนารูปแบบออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน เป็นการศึกษาจากหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ 2) แนวคิดสนับสนุนในการพัฒนารูปแบบการสอน เป็นการศึกษาจากการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ และการศึกษาความต้องการจำเป็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 แนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และสังเคราะห์หลักการของแนวคิดหลัก ดังนี้

1. แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME)

แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง หมายถึง แนวคิดการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยอาศัยสถานการณ์ ปัญหา บริบทหรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตในโลกความเป็นจริงของมนุษย์ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา ไปสู่การสรุปองค์ความรู้ ความคิดรวบยอด กลยุทธ์ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบไปด้วยหลักการ 5 หลักการ (Treffers, 1978; Gravemeijer, 2000; Van den Heuvel-Panhuizen, 2000; Fauzan, 2002; Zulkardi, 2002; ชานนท์ จันทร์, 2550) ดังนี้

1) หลักความเป็นจริงและปรากฏการณ์วิทยา การสำรวจ สืบเสาะบริบท ปัญหา สถานการณ์ จากโลกของความเป็นจริง การศึกษาจากปรากฏการณ์วิทยา (Phenomenological) เพื่อเชื่อมโยงเข้ากับการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ผ่านการประยุกต์ใช้แนวคิดหรือกลยุทธ์ที่ไม่เป็นทางการที่สอดคล้องกับชีวิตจริง จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่แบบแผนทางคณิตศาสตร์จนกลายเป็นโมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์

2) หลักการของกิจกรรม กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมหรือแก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อสร้างกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาไปสู่การพัฒนาเป็นความคิดรวบยอด หรือโมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

3) หลักการบูรณาการและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ การบูรณาการและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ภายในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ รวมถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงการเชื่อมโยงกับบริบท ปัญหา สถานการณ์ หรือโลกของความจริง

4) หลักการปฏิสัมพันธ์และการสะท้อนคิด กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนและผู้เรียนกับครูสอน ผ่านการอภิปราย อธิบาย แสดงข้อคิดเห็น การโต้แย้ง การนำเสนอผลงานหรือชิ้นงาน แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประเมินผล และสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน ทั้งนี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีระดับของการเข้าใจที่สูงขึ้น

5) หลักการลำดับขั้น ระดับความสามารถในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียน จากระดับที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม จากระดับที่ไม่เป็นทางการไปสู่ระดับที่เป็นแบบแผนทางคณิตศาสตร์ (เข้าใจหลักการ กฎเกณฑ์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อน)

2. แนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs)

แนวคิด Model-Eliciting Activities หมายถึง ลักษณะของกิจกรรมเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้แก้ปัญหาด้านคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความจริงบนโลก เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงโครงสร้างของกระบวนการคิดออกมาได้อย่างสร้างสรรค์และแก้ปัญหาได้จริง ประกอบไปด้วยหลักการ 6 หลักการ (Lesh et al., 2000; Chamberlin & Moon, 2005; Yildirim et al., 2010; Chamberlin & Coxbill, 2012; Pertamawati & Retnowati, 2019; ขวัญหทัย พิกุลทอง, 2561) ดังนี้

1) หลักการสร้างแบบจำลอง ผู้เรียนสร้างกระบวนการ หรือขั้นตอนในการแก้ปัญหา รวมถึงอธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ การดำเนินการและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์

2) หลักการความเป็นจริง ผู้เรียนเข้าถึงปัญหาหรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นความจริง สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจของผู้เรียน

3) หลักการประเมินตนเอง ผู้เรียนประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลของแนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น เพื่อปรับแก้และพัฒนาในระหว่างกระบวนการแก้ปัญหา

4) หลักการอธิบายความคิด ผู้เรียนแสดงกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นผ่านการพูดอธิบาย หรืออธิบายเป็นข้อความในรูปแบบของใบงาน ใบกิจกรรมหรือแบบทดสอบ

5) หลักการแลกเปลี่ยนและปรับใช้ กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นอยู่ในรูปทั่วไป ที่ผู้อื่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกันได้ และผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหากับเพื่อนร่วมชั้นเรียน

6) หลักการต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสร้างแบบจำลองในการแก้ปัญหาในรู้อย่างง่าย มีความเป็นไปได้และมีนัยสำคัญทางคณิตศาสตร์ และเป็นต้นแบบในการตีความเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่คล้ายคลึงกัน

กลุ่มที่ 2 แนวคิดสนับสนุนในการพัฒนารูปแบบการสอน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของลำดับความต้องการจำเป็น เพื่อใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และสังเคราะห์หลักการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ด้านการจัดการเรียนรู้

1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง เพื่อแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาด้วยการอภิปรายหรือสะท้อนคิด รวมถึงแสดงผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

2) กำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง

ด้านบทบาทผู้สอน

1) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะ หรือแนวทางในการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์ ที่มุ่งเน้นกระบวนการคิดของผู้เรียน และแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

2) ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน และปรับมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดของผู้เรียนก่อนไปสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา

3) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา หรือสถานการณ์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

4) ผู้สอนใช้การถามตอบ คำถามกระตุ้นความคิด การอภิปราย หรือให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของชั้นเรียน

ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน

1) ผู้เรียนเรียนรู้ร่วมกันด้วยการปฏิบัติกิจกรรม ตอบคำถาม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผล

2) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น หรือสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากแนวคิดของเพื่อน หรือสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน เพื่อสรุปองค์ความรู้และกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ด้านการวัดและประเมินผล

1) วัดและประเมินผลกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา ด้วยการอภิปราย หรือสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

2) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง

3) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทั้งการใช้คำถามที่ขยายองค์ความรู้ของผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบ หรือแสดงความคิดเห็น การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน ระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม และการทดสอบกระบวนการคิดด้วยแบบสอบ

รูปแบบการสอนและองค์ประกอบ

การพัฒนา รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้สังเคราะห์องค์ประกอบของรูปแบบการสอน ประกอบไปด้วย หลักการ วัดดูประสงค์ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง รายละเอียดดังนี้

หลักการ

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีหลักการ 5 ประการ ดังนี้

1) หลักการความเป็นจริงและการบูรณาการ การกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ของความจริงบริบทในโลกชีวิตจริง ประสบการณ์ หรือความสนใจที่ผู้เรียนเข้าถึง และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เข้ากับสถานการณ์ปัญหาที่ใช้

2) หลักการกิจกรรมและสร้างแบบจำลอง กระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง อธิบายรายละเอียดที่แสดงถึงการตีความ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและคณิตศาสตร์ รวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาและความสมเหตุสมผลในการแก้ปัญหา

3) หลักการปฏิสัมพันธ์และอธิบายความคิด กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และแลกเปลี่ยนเรียนรู้

4) หลักการประยุกต์ใช้และสะท้อนคิด กระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน และผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้จากการแก้ปัญหาและการเรียนรู้

5) หลักการลำดับขั้นและต้นแบบที่มีประสิทธิภาพ ความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนจากรูปธรรมไปสู่นามธรรม และสร้างกระบวนการแก้ปัญหาในรูปอย่างง่ายเพื่อเป็นต้นแบบในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นในชีวิตจริง

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking) กิจกรรมกระตุ้นความสนใจ ตรวจสอบความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ของผู้เรียน โดยใช้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนสนใจในกระบวนการเรียนรู้
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้เรียนเรียนรู้ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไป หรือสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ที่สอดคล้องกับบริบทในโลกชีวิตจริงและความสนใจของผู้เรียน

2) ผู้เรียนตอบคำถามจากปัญหาหรือสถานการณ์ทั่วไปที่ได้เรียนรู้

3) ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างปัญหาหรือสถานการณ์ทั่วไปที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และแสดงความคิดเห็นจากประเด็นคำถามกระตุ้นความคิด

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกระตุ้นความสนใจด้วยการนำเรื่องราว เหตุการณ์ สถานการณ์ปัญหา หรือสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ที่เป็นจริงตามบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน และสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ได้จากการเรียนรู้

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ใช้สื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง บริบทในโลกชีวิตจริงและความสนใจของผู้เรียน และตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนด้วยการถามตอบ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นร่วมกัน

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์และเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และอภิปรายร่วมกัน

2. ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting) กิจกรรมการเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาที่หายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์ ความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์ เชื่อมโยงความรู้เดิมและประเมินความรู้อื่นที่มีนั้นเพียงพอต่อการแก้ปัญหาหรือไม่ และต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน
- 2) ผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่จะใช้แก้ปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์
- 3) ผู้เรียนวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากความรู้เดิมและเชื่อมโยงความต่อเนื่องกับความรู้ใหม่ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาภายในคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนจะใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อตรวจสอบความคิดรวบยอดในการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่
- 4) ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาที่หายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงประเด็นความรู้ใหม่ โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิด ว่าผู้เรียนจะนำความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้รับมาใช้ในการแก้ปัญหอย่างไร และไม่เฉลยวิธีคิดหรือนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหา

5) ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น และสรุปประเด็นความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาท้าทายที่ผู้สอนได้นำเสนอไว้

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั่วไปเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์ภายในกลุ่มและแสดงความเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทของโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน และนำเสนอปัญหาท้าทายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาผ่านการตอบคำถามและอภิปรายร่วมกัน

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนกำหนดปัญหาจากสถานการณ์ทั่วไปทางคณิตศาสตร์ ออกแบบกิจกรรมที่สร้างองค์ความรู้ใหม่ ใช้ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาในชีวิตจริงและปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นผ่านการตอบคำถาม อธิบายเหตุผลและเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนได้นำเสนอเพื่อให้เป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาทั่วไปทางคณิตศาสตร์ และปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ที่กำหนดและแสดงการเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา โดยตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น และลงมือปฏิบัติในกิจกรรมการเรียนรู้

3. ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)

กิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา ตรวจสอบความสมเหตุสมผล ประเมินตนเองและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันสร้างกระบวนการแก้ปัญหาและตรวจสอบความสมเหตุสมผล
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา
- 3) เพื่อให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการกลุ่มของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

1) ผู้เรียนเรียนรู้และปฏิบัติกิจกรรมผ่านกระบวนการกลุ่ม ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน จากขั้นตอนที่ 2 และสร้างกระบวนการในการแก้ปัญหาที่สมเหตุสมผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์

2) ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้ แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และร่วมกันวิเคราะห์เพื่อสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และใช้คำถามกระตุ้นการคิด

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม วิเคราะห์ปัญหา วางแผนการแก้ปัญหา สร้างกระบวนการในการแก้ปัญหา และแก้ปัญหามาตามแผนที่วางไว้ รวมถึงการแสดงผลสนับสนุนการแก้ปัญหา

4. ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart) กิจกรรมการแสดงกระบวนการแก้ปัญหา แสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหา และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

1) เพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาและให้เหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

2) เพื่อให้ผู้เรียนนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

3) เพื่อให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันในห้องเรียน

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นและให้เหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านการอธิบายกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้แผนผัง ตาราง ภาพวาด หรือใช้อุปกรณ์ประกอบตามความเหมาะสม และตอบคำถามกระตุ้นการคิดจากผู้สอนและข้อสงสัยจากเพื่อนในห้องเรียน
- 2) ผู้เรียนแสดงความคิดเห็น หรืออภิปรายกระบวนการแก้ปัญหาของเพื่อนกลุ่มอื่นภายในห้องเรียน
- 3) ผู้เรียนร่วมกันสรุปกระบวนการแก้ปัญหา โดยเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่น่าสนใจ และผู้สอนชี้แนะให้เห็นแนวทางการแก้ปัญหาที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นวิธีคิด หรือกระบวนการที่หลากหลายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์
- 4) ผู้เรียนใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นในกลุ่ม หรือของเพื่อนกลุ่มอื่นไปใช้แก้ปัญหาท้าทายจากสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง
- 5) ผู้เรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์จากการนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง สรุปผลที่ได้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่น

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมกลุ่มที่ผู้เรียนได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่เปิดโอกาสให้ผู้สอนและเพื่อนกลุ่มอื่นได้วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นและสอบถามข้อสงสัย และนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้กับปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นใช้ได้จริงกับสถานการณ์อื่นในชีวิตจริงหรือไม่

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนอำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนระหว่างการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา และใช้คำถามกระตุ้นกระบวนการคิด วิเคราะห์กระบวนการคิดของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อให้แนวคิดของผู้เรียนเป็นไปตามหลักการทางคณิตศาสตร์และมีความสมเหตุสมผล และผู้สอนกำหนดปัญหาท้าทายในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เพื่อตรวจสอบการนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นได้หรือไม่

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นและอธิบายเหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ตอบคำถาม อภิปรายแนวคิดของเพื่อนในแต่ละกลุ่ม นำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และสรุปกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น

5. **ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)** กิจกรรมการตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และการสรุปองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสะท้อนคิด

จุดประสงค์ด้านผู้เรียน

- 1) เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้
- 2) เพื่อให้ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ของตนเอง
- 3) เพื่อให้ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จุดประสงค์ด้านผู้สอน

เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

วิธีการปฏิบัติ

- 1) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ ผ่านการตอบประเด็นคำถาม หรืออธิบายกระบวนการที่ได้จากการเรียนรู้
- 2) ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้วยการตอบคำถาม หรือทำแบบฝึกหัดที่ออกแบบตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์
- 3) ผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงกับบริบทและโลกในชีวิตจริงของผู้เรียน และผู้สอนช่วยเติมเต็มเพื่อสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมของชั้นเรียนที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์และกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ลักษณะกิจกรรม

กิจกรรมที่ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกระบวนการแก้ปัญหาและการนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น สรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง และแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของตนเองผ่านการสะท้อนคิด ตอบคำถาม หรือทำแบบฝึกหัดตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์

บทบาทผู้สอน

ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิดเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนได้นำเสนอ รวบรวมและวิเคราะห์สิ่งที่ผู้เรียนสะท้อนคิดจากการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะและสรุปองค์ความรู้ในภาพรวมตามหลักการทางคณิตศาสตร์ และใช้แบบฝึกหัดตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์และความคิดรวบยอดของผู้เรียน

บทบาทผู้เรียน

ผู้เรียนร่วมตอบคำถาม สะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้และสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับตามความเข้าใจของตนเอง รวมถึงแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านการทำแบบฝึกหัดตามองค์ประกอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ตามรูปแบบการสอนตามแนวทางการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปเป้าหมายการเรียนรู้และผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

เป้าหมายการเรียนรู้ และผลลัพธ์ที่คาดหวังตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมายการเรียนรู้	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
1. ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)	1. ผู้เรียนสนใจในกระบวนการเรียนรู้ 2. ผู้เรียนเข้าใจความรู้พื้นฐานและประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ของตนเอง	ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน
2. ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	1. ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ 2. ผู้เรียนเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์กับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน	การเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมและความรู้ใหม่ และการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ทางคณิตศาสตร์และความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน
3. ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	1. ผู้เรียนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2. ผู้เรียนแสดงการใช้เหตุผลที่ใช้ในการสนับสนุนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 3. ผู้เรียนประเมินความเป็นไปได้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา 4. ผู้เรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านกระบวนการกลุ่ม	กระบวนการแก้ปัญหาและกระบวนการกลุ่มของผู้เรียน
4. ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)	1. ผู้เรียนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลสนับสนุนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น	ความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	เป้าหมายการเรียนรู้	ผลลัพธ์ที่คาดหวัง
	2. ผู้เรียนนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง 3. ผู้เรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาร่วมกันในห้องเรียน	
5. ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)	1. ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ 2. ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ของตนเอง 3. ผู้เรียนแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

แนวทางการวัดและประเมินผล

การวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แบ่งตามลักษณะวิธีการวัดและประเมินผล ดังนี้

1. การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) เพื่อตรวจสอบว่าความรู้ ทักษะ หรือคุณลักษณะของผู้เรียนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในคาบเรียนนั้น ๆ โดยประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนรายบุคคลและรายกลุ่มระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม ได้แก่ การตอบคำถาม การอภิปราย การลงมือปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา การนำเสนอข้อมูลและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มเรียน การสะท้อนคิดสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ และประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัด หรือการสร้างชิ้นงานจากกิจกรรมที่กำหนด

2. การวัดและประเมินผลสรุป (Summative Assessment) เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการวัดกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดลักษณะของปัญหาท้าทายที่สอดคล้องกับความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน และเป็นไปตามลำดับของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหา วางแผนแก้ปัญหา สร้างแนวคิด วิธีการหรือกระบวนการแก้ปัญหาและแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ผ่านแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัยแบบไม่จำกัดคำตอบ (Essay-Extended Response) และประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

(Rubric for scoring the mathematical thinking) ที่มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic scoring rubrics)

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง

ระบบสังคม ระบบสนับสนุน และหลักการตอบสนอง เป็นระบบที่สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย และช่วยให้กิจกรรมการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของรูปแบบการสอน ดังนี้

ระบบสังคม

กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือ ผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพปัญหา การวางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และนำไปสู่การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล รวมถึงการแสดงความสมเหตุสมผล และสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบขั้นตอน

ระบบสนับสนุน

การจัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน สถานการณ์หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริงของผู้เรียน และสอดคล้องกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และวัยของผู้เรียน รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้

หลักการตอบสนอง

ผู้สอนอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ข้อเสนอแนะ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ รวมถึงการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการตอบคำถาม ปฏิบัติกิจกรรมการแก้ปัญหา กระตุ้นกระบวนการทางความคิดในการแก้ปัญหา รวมถึงสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สรุปรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย ในลักษณะของแผนภาพ ดังนี้

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model)

หลักการ

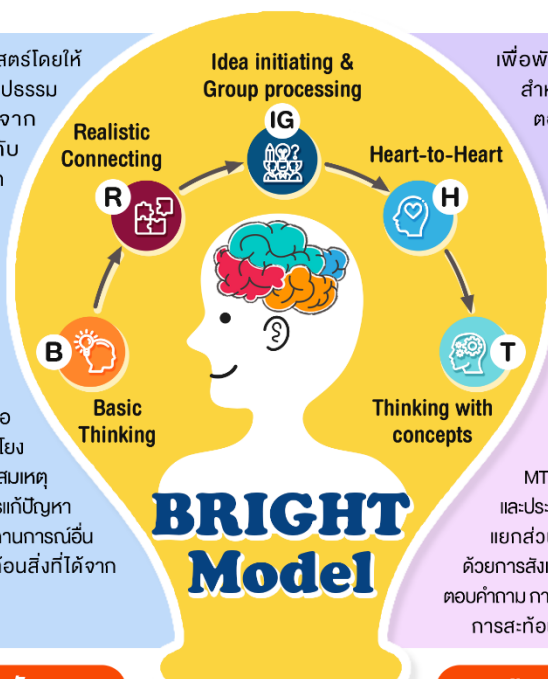
การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยให้ ผู้เรียน เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ไปสู่นามธรรม ใช้ปัญหาจาก สถานการณ์ที่สอดคล้องกับ ความเป็นจริง บริบทในโลก ชีวิตจริง และประสบการณ์ ตามความสนใจของผู้เรียน ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ และสร้างกระบวนการ แก้ปัญหาด้วยตนเอง ใช้ กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือ แลกเปลี่ยนเรียนรู้และนำเสนอ กระบวนการแก้ปัญหา ที่เชื่อมโยง ความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุ สมผล รวมถึงนำกระบวนการแก้ปัญหา ที่สร้างขึ้น ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ในชีวิตประจำวันได้ และสะท้อนสิ่งที่ได้จาก การเรียนรู้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ตอนปลาย ในด้านการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem Solving) และการ ให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning)

แนวทางการวัด และประเมินผล

การวัดและประเมินผลการคิด เชิงคณิตศาสตร์ ใช้แบบวัด การคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking Test: MTT) ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบอัตนัย และประเมินผลตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบ แยกส่วน และประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยการสังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ เช่น การ ตอบคำถาม การอภิปราย การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม การสะท้อนคิด หรือการทำชิ้นงาน เป็นต้น



ระบบสนับสนุน ระบบสังคม และหลักการตอบสนอง

ระบบสนับสนุน จัดเตรียมเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับ ความเป็นจริง บริบทในโลกชีวิตจริง และ ประสบการณ์ตามความสนใจของผู้เรียน
ระบบสังคม กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ใช้กระบวนการกลุ่ม เน้นการ ปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน
หลักการตอบสนอง ผู้สอนอำนวยความสะดวก ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ และเสริมสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1. **ขั้นความคิดพื้นฐาน**
(B : Basic Thinking)
2. **ขั้นเชื่อมโยงความจริง**
(R : Realistic Connecting)
3. **ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม**
(IG : Idea initiating & Group processing)
4. **ขั้นเปิดเผยความคิด**
(H : Heart-to-heart)
5. **ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้**
(T : Thinking with concepts)

รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (ฉบับรับรองคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ)

แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้

การนำรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ไปใช้ ผู้สอนควรดำเนินการ ดังนี้

การเตรียมความพร้อมของผู้สอน

1. การเตรียมความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ ด้วยการศึกษาคู่มือของรูปแบบการสอน ก่อนการใช้รูปแบบการสอนเพื่อให้มีความเข้าใจในหลักการ แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอน รวมถึงวัตถุประสงค์ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

2. การออกแบบกิจกรรมเรียนรู้ที่สอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของรูปแบบการสอน มีหลักการเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 จัดเตรียมปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องความเป็นจริงและบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน บูรณาการเชื่อมโยงกับความรู้และเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ และคำนึงถึงระดับเนื้อหาที่สามารถเชื่อมโยงได้อย่างเหมาะสม

2.2 ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล

2.3 ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ร่วมกันภายในกลุ่ม และภายในห้องเรียน ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอน ผ่านกระบวนการกลุ่มและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน

2.4 ส่งเสริมการนำเสนอแนวความคิดของผู้เรียนที่ได้จากการสร้างแนวคิด วิธีการ หรือกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการให้เหตุผล ผ่านการนำเสนองานในรูปแบบที่เหมาะสม

2.5 ส่งเสริมการอภิปรายความรู้ หรือสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผลของกระบวนการแก้ปัญหาและความเข้าใจร่วมกัน

3. การจัดกลุ่มผู้เรียนในกิจกรรมกลุ่ม ผู้สอนกำหนดกลุ่มผู้เรียนโดยละความสามารถเก่งปานกลาง อ่อน กลุ่มละ 4-5 คน โดยศึกษาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในปีที่ผ่านมา หรือภาคเรียนที่ผ่านมา

4. การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนสามารถนำรูปแบบการสอนคณิตศาสตร์ไปใช้ในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ควรพิจารณาความเหมาะสมด้านเนื้อหาและเวลาที่ใช้เพื่อประกอบการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

4.1 การจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้จะมีลักษณะเป็นแผนรายหน่วยการเรียนรู้ หรือรายเนื้อหาย่อยที่ผู้สอนได้วิเคราะห์ตามความเหมาะสมของช่วงเวลาในเรื่องนั้น ๆ โดยหลีกเลี่ยงการทำแผนการจัดการเรียนรู้รายชั่วโมง เพราะรูปแบบการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่สามารถเรียนรู้ทุกขั้นตอนได้ภายใน 1 คาบเรียน ทั้งนี้ผู้สอนต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่แสดงครบทั้ง 5 ขั้นตอนต่อหนึ่งเรื่อง หรือต่อเนื้อหาย่อยในหน่วยการเรียนรู้ นั้น ๆ เพื่อความต่อเนื่องของกิจกรรมการเรียนรู้ที่สะท้อนถึงการส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

4.2 การเลือกเนื้อหา หรือหน่วยการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหา หรือสถานการณ์ในการแก้ปัญหา เพื่อช่วยในการกระตุ้นและส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยวิเคราะห์เนื้อหาและแบ่งกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

5. ผู้สอนเตรียมสื่อ อุปกรณ์ หรือกิจกรรมกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการสร้างความสนใจในกระบวนการคิดของผู้เรียน ทั้งนี้จะต้องสอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน

6. ผู้สอนจัดเตรียมกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านกระบวนการกลุ่ม เน้นการปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน และจัดเตรียมเนื้อหา สื่อการเรียนรู้ สถานการณ์หรือปัญหาที่สอดคล้องกับความจริง และบริบทในโลกของชีวิตจริง ที่สอดคล้องกับระดับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์และวัยของผู้เรียน

7. ครูผู้สอนควรศึกษาและฝึกการใช้คำถามกระตุ้นความคิดและขยายองค์ความรู้ของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้ตั้งศักยภาพในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกมา และสามารถนำเสนอแนวคิดให้กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน

8. การเตรียมการวัดและประเมินผลผู้เรียน ผู้สอนเตรียมเครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน แบ่งออกเป็น 1) การวัดและประเมินผลระหว่างเรียน โดยประเมินผลตามสภาพจริง ด้วยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนรายบุคคลและรายกลุ่มระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม และประเมินผลจากการทำแบบฝึกหัด หรือการสร้างชิ้นงานจากกิจกรรมที่กำหนด และ 2) การวัดและประเมินผลสรุป เพื่อตรวจสอบกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบสอบการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ผู้สอนสามารถศึกษาองค์ประกอบเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือการวัดและประเมินผลได้จากตัวอย่างในคู่มือฉบับนี้

9. ข้อสังเกตในการนำรูปแบบการสอนไปใช้ จากการนำรูปแบบการสอนตามแนวคิด การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อ เสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (BRIGHT Model) ไปใช้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่คุ้นเคยกับกิจกรรมตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ ส่งผลให้การ ทำใบกิจกรรม การปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม และการแสดงกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ในช่วงระยะเวลาเริ่มต้นจะมีความล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนั้นครูผู้สอน ที่นำรูปแบบการสอนไปใช้ควรปรับสถานการณ์ หรือปัญหาท้าทาย รวมถึงกิจกรรมในการจัดการ เรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับระดับความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยในช่วง ระยะเวลาเริ่มต้นอาจประยุกต์ใช้ปัญหา หรือสถานการณ์ที่ไม่มีความซับซ้อน จากนั้นเมื่อผู้เรียนเข้าใจ กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์แล้ว จึงปรับปัญหา สถานการณ์ให้มีความท้าทายมากขึ้น รวมถึง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ที่ควรปรับปัญหาท้าทายให้มีความ เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียนด้วยเช่นกัน



ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้
หน่วยการเรียนรู้ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่องรูปสี่เหลี่ยม

ที่	มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
1	ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม 1. ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม 2. เส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม 3. ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม 4. โจทย์ปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม	6
2	ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุม หรือเมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม	การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการสร้างรูปสี่เหลี่ยม 1. การสร้างรูปสี่เหลี่ยมโดยกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุม 2. การสร้างรูปสี่เหลี่ยมโดยกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม 3. โจทย์ปัญหาการสร้างรูปสี่เหลี่ยม	6
3	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม 1. พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 2. พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน 3. พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน 4. โจทย์ปัญหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยม	6
4	ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป ค 2.2 ป.5/3 สร้างรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดความยาวด้านและขนาดของมุม หรือเมื่อกำหนดความยาวเส้นทแยงมุม ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับโจทย์การประยุกต์	3
รวมทั้งหมด			21

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา คณิตศาสตร์ (ค15101)	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
หน่วยการเรียนรู้ รูปสี่เหลี่ยม	จำนวน 21 ชั่วโมง
เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม	จำนวน 6 ชั่วโมง

1) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

มาตรฐานการเรียนรู้

ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนของสิ่งของที่ต้องการวัดและนำไปใช้

ค 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิต ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้

ตัวชี้วัด

ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหาคำตอบของโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

ค 2.2 ป.5/2 จำแนกรูปสี่เหลี่ยมโดยพิจารณาสมบัติของรูป

2) สาระสำคัญ

รูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปปิดที่มีสี่ด้าน มีสี่มุม ขนาดของมุมภายในรวมกันได้ 360 องศา แบ่งออกเป็น รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว และรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ซึ่งแต่ละชนิดจะมีสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมที่แตกต่างกันทั้งขนาดของมุม ความยาวด้าน การขนานกันของด้าน และลักษณะของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมนั้น ๆ

ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม เป็นผลรวมของความยาวด้านทั้งสี่ด้านของรูปสี่เหลี่ยมรูปนั้น และใช้ความสัมพันธ์ของการบวกและการคูณเพื่อหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมได้

การแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม โดยใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ผ่านการวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ การดำเนินการแก้ปัญหา และการประเมินความสมเหตุสมผล

3) จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากได้
2. ผู้เรียนอธิบายสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ได้
3. ผู้เรียนจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมตามสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมได้

4. ผู้เรียนหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ได้
5. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียน เกี่ยวกับการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมได้
6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ได้

4) สารการเรียนรู้แกนกลาง

1. ชนิดและสมบัติของรูปสี่เหลี่ยม
2. ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม
3. การแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

5) กิจกรรมการเรียนรู้

ชั่วโมงที่ 1 ชั้นความคิดพื้นฐาน

1. ผู้สอนชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง การคิดเชิงคณิตศาสตร์เกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

2. ผู้สอนนำเสนอภาพสิ่งก่อสร้างจากสถานการณ์จริง แล้วใช้คำถามกระตุ้นการคิดเพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์โดยยังไม่เฉลยคำตอบ

คำถาม: “สิ่งก่อสร้างในภาพ ประกอบไปด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติอะไรบ้าง”

แนวคำตอบ: รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปวงกลม

3. ผู้เรียนลงพื้นที่จริงบริเวณโรงเรียนเพื่อสังเกตอาคารเรียน วัสดุและอุปกรณ์ภายในโรงเรียนว่ามีลักษณะรูปร่างอย่างไร และผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “นักเรียนรู้จักรูปเรขาคณิตสองมิติหรือไม่ มีลักษณะรูปร่างอย่างไรบ้าง”

แนวคำตอบ: รูปเรขาคณิตสองมิติเป็นรูปที่มีเพียงด้านกว้างและด้านยาว เช่น รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม และรูปวงกลม

คำถาม: “อาคารเรียน หรือวัสดุ อุปกรณ์ภายในโรงเรียนของเรามีลักษณะเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติ มีอะไรบ้าง”

แนวคำตอบ: กรอบประตู กรอบหน้าต่าง มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หน้าจั่วอาคารเรียนมีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม หน้าปัดนาฬิกามีลักษณะเป็นรูปวงกลม

และให้ผู้เรียนบันทึกสิ่งที่ได้จากการสังเกตลงใน ใบกิจกรรมที่ 1.1 สังเกตดี ๆ มีรูปอะไรบ้าง

4. ผู้เรียนนำเสนอผลจากการสังเกตรูปเรขาคณิตสองมิติภายในบริเวณโรงเรียน

5. ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นความคิดเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

คำถาม: “จากที่เพื่อนได้นำเสนอมีรูปเรขาคณิตสองมิติหลายชนิด แล้วส่วนใดของอาคารเรียน หรือวัสดุ อุปกรณ์ใดบ้างที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก แล้วรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีลักษณะอย่างไร”

แนวคำตอบ: ประตู หน้าต่าง กระจาดน้ำ สนามวอลเลย์บอล มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพราะมีมุมทุกมุมเป็นมุมฉาก

6. ผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียน 4-5 คน คละความสามารถ (เก่ง ปานกลาง อ่อน) แล้วแจกบัตรภาพรูปเรขาคณิตสองมิติ เพื่อให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มจำแนกบัตรภาพระหว่างรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และรูปที่ไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และใช้คำถามกระตุ้นการคิด

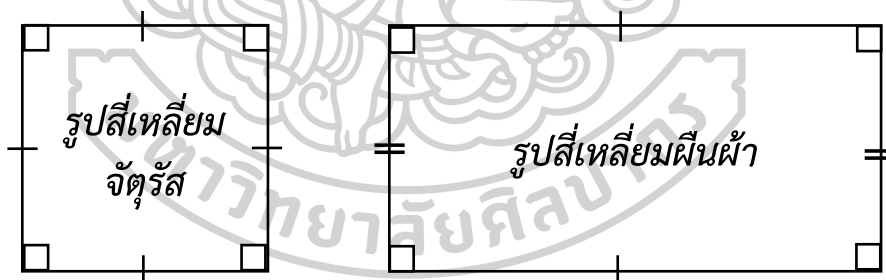
คำถาม: “รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีลักษณะอย่างไร แล้วรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีกี่ชนิด แต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร แล้วเราจะรู้ได้อย่างไรว่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก”

แนวคำตอบ: รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากมีมุมทุกมุมเป็นมุมฉาก แบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สามารถตรวจสอบได้จากการวัดขนาดของมุมแต่ละมุม

7. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแนวคิดของกลุ่มในการจำแนกรูปสี่เหลี่ยมจากบัตรภาพ

8. ครูนำภาพสิ่งก่อสร้างที่ถามไว้เมื่อต้นชั่วโมง มาสรุปร่วมกับผู้เรียนว่าในภาพประกอบไปด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติอะไรบ้าง

9. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปความรู้เดิมเกี่ยวกับสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยผู้สอนแสดงภาพรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และสรุปองค์ความรู้ ดังนี้



รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทั้งสี่มุมเป็นมุมฉาก จำแนกตามความยาวด้านได้ 2 ชนิด คือ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากันทุกด้าน และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากัน 2 คู่ โดยด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน และวัดขนาดของมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมด้วยโปรแทรกเตอร์ ซึ่งมุมฉากจะมีขนาด 90 องศา ดังนั้นมุมภายในของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากรวมกันได้ 360 องศา

ชั่วโมงที่ 2 ชั้นเชื่อมโยงความจริง

1. ผู้สอนทบทวนความรู้ ด้วยการใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่เราเรียนรู้ไปในคาบเรียนที่ผ่านมา มีลักษณะอย่างไร แบ่งออกเป็นกี่ชนิด”

แนวคำตอบ: รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทั้งสี่มุมเป็นมุมฉาก จำแนกตามความยาวด้านได้ 2 ชนิด คือ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากันทุกด้าน และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากัน 2 คู่ โดยด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน

2. ผู้สอนเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 สมบัติของรูปสี่เหลี่ยม

- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีด้านตรงข้ามขนานกันเพียงคู่เดียว
- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน
- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีมุมทุกมุมไม่ใช่มุมฉาก
- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือไม่

ประเด็นที่ 2 สมบัติของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม

- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน
- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีเส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน
- รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีเส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก

3. ผู้เรียนเข้ากลุ่มเดิม และแจกบัตรภาพรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ และอุปกรณ์ในการสำรวจ ได้แก่ ไม้บรรทัด และโปรแทรกเตอร์ โดยพิจารณาจากขนาดของมุม ความยาวของด้าน การขนานกันของด้าน และลักษณะของเส้นทแยงมุม เพื่อให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ผู้สอนได้เสนอไว้ เพื่อตรวจสอบว่าความรู้เดิมที่มีเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาหรือไม่

4. ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “รูปสี่เหลี่ยมแต่ละชนิดที่นักเรียนสำรวจ มีลักษณะอย่างไรบ้างที่เหมือนกัน และสอดคล้องกับประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ได้อย่างไร”

แนวคำตอบ:

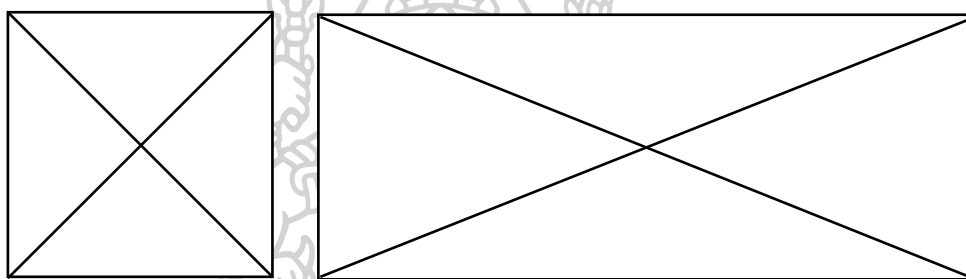
- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีมุมทั้งสี่มุมเป็นมุมฉาก และมีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน
- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน

- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีด้านตรงข้ามขนานกัน 2 คู่ และมีเส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน

- รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว เส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก

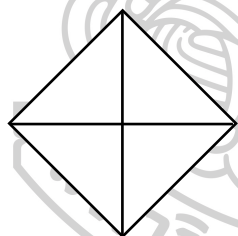
5. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปความคิดในการจัดกลุ่มรูปสี่เหลี่ยมแต่ละชนิดตามสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมที่สำรวจ และบันทึกลงกระดาษปฐพีในลักษณะของแผนผังความคิดและนำเสนอหน้าชั้นเรียน

6. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปและเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก และความรู้ใหม่เกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ และจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมตามสมบัติของเส้นทแยงมุม โดยแสดงภาพเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยมแต่ละชนิด และสรุปองค์ความรู้ ดังนี้

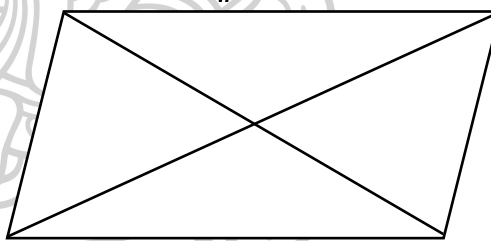


รูปสี่เหลี่ยม

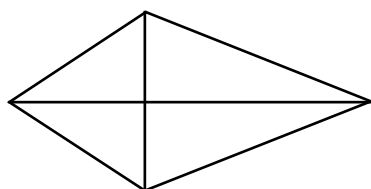
รูป



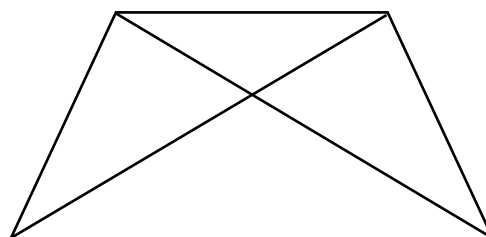
รูปสี่เหลี่ยมขนม



รูปสี่เหลี่ยมด้าน



รูปสี่เหลี่ยมรูป



รูปสี่เหลี่ยมคาง

ความรู้เดิม

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีมุมทั้งสี่มุมเป็นมุมฉาก จำแนกตามความยาวด้านได้ 2 ชนิด คือ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากันทุกด้าน และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านยาวเท่ากัน 2 คู่ โดยด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน

ความรู้ใหม่

สมบัติของรูปสี่เหลี่ยมที่พิจารณาจากขนาดของมุม ความยาวของด้าน การขนานกันของด้าน และลักษณะของเส้นทแยงมุม สรุปดังนี้

1) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านทุกด้านยาวเท่ากัน มีด้านตรงข้ามขนานกัน 2 คู่ และมีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน แบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน และตัดกันเป็นมุมฉาก

2) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน ด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน มีด้านตรงข้ามขนานกัน 2 คู่ และมีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน และแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน

3) รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกัน ด้านทุกด้านยาวเท่ากัน มุมแต่ละมุมไม่เป็นมุมฉาก มุมที่อยู่ตรงข้ามกันมีขนาดเท่ากัน และมีเส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน และตัดกันเป็นมุมฉาก

4) รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากันและขนานกัน 2 คู่ มุมที่อยู่ตรงข้ามกันมีขนาดเท่ากัน และเส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน

5) รูปสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านตรงข้ามขนานกัน 1 คู่

6) รูปสี่เหลี่ยมรูบ่าว เป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีด้านที่อยู่ติดกันยาวเท่ากัน 2 คู่ มุมตรงข้ามกันมีขนาดเท่ากัน 1 คู่ เส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก และมีเส้นทแยงมุมเพียงเส้นเดียวที่ถูกแบ่งครึ่งด้วยเส้นทแยงมุมอีกเส้นหนึ่ง

ความรู้เดิม + ความรู้ใหม่

การจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมตามสมบัติของเส้นทแยงมุมของรูปสี่เหลี่ยม

1. เส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. เส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
3. เส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว
4. เส้นทแยงมุมแบ่งรูปสี่เหลี่ยมออกเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากันสองรูป ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว

7. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำใบกิจกรรมที่ 1.2 สมบัติยูโทน ใครู้บอกที เป็นรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความคิดรวบยอดของความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่

ชั่วโมงที่ 3 ขึ้นเชื่อมโยงความจริง (ต่อ)

1. ผู้เรียนทบทวนความรู้เกี่ยวกับสมบัติของเส้นทแยงมุม โดยผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีเส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน”

แนวคำตอบ: รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

คำถาม: “รูปสี่เหลี่ยมใดบ้างที่มีเส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก”

แนวคำตอบ: รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว

2. ผู้เรียนเข้ากลุ่มเดิม และกำหนดสถานการณ์จริงเพื่อให้ผู้เรียนสำรวจความยาวรอบรูปของสิ่งของรูปสี่เหลี่ยม เช่น ความยาวรอบกระดานดำ ความยาวรอบโต๊ะเรียน ความยาวรอบประตูห้องเรียน ความยาวรอบประตูรั้วโรงเรียน ความยาวรอบสนามตะกร้อ เป็นต้น

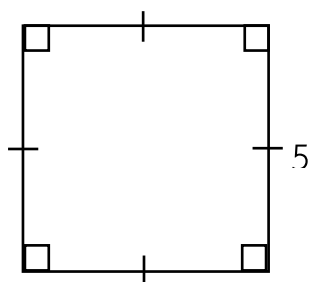
3. ผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “การหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมแต่ละชนิดมีวิธีการคิดอย่างไร และรูปสี่เหลี่ยมแต่ละชนิดมีวิธีคิดเหมือนกันหรือไม่ อย่างไร”

แนวคำตอบ: การหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมทุกชนิดหาได้จากการนำความยาวของทุกด้านมารวมกัน นอกจากบางรูปที่มีความยาวด้านเท่ากันทุกด้านสามารถใช้สี่คูณกับความยาวด้านแทนการบวกได้

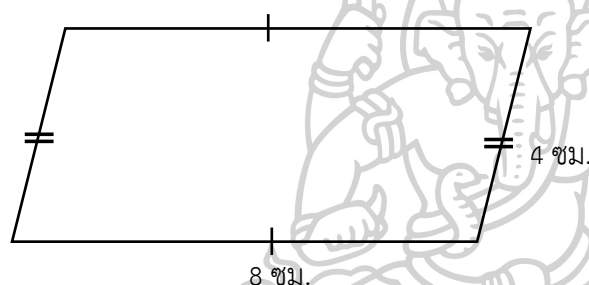
4. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสรุปความคิดในการหาความยาวรอบรูปและนำเสนอหน้าชั้นเรียน พร้อมยกตัวอย่างวิธีการคิดเพื่ออธิบายให้เพื่อนในชั้นเรียนฟัง และวิเคราะห์ร่วมกัน

5. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ในการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม ด้วยการแสดงภาพประกอบ และสรุปองค์ความรู้ ดังนี้



ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

แสดงวิธีคิดด้วยการบวก คือ $5 + 5 + 5 + 5 = 20$ เซนติเมตร
หรือแสดงด้วยการคูณ คือ $4 \times 5 = 20$ เซนติเมตร



ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

แสดงวิธีคิดด้วยการบวก คือ $8 + 4 + 8 + 4 = 24$ เซนติเมตร
หรือแสดงด้วยการคูณ คือ $2 \times (8 + 4) = 24$ เซนติเมตร

ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม หมายถึง ผลรวมของความยาวด้านทุกด้านของรูปสี่เหลี่ยม

6. ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น

สถานการณ์ “แม่ต้องการตัดผ้าคลุมเตียงนอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่นอนกว้าง 180 เซนติเมตร ยาว 198 เซนติเมตร และหนา 30 เซนติเมตร โดยเตียงนอนสูง 40 เซนติเมตร แม่ต้องการใช้ผ้าคลุมที่นอนและห้อยชายผ้ายาวลงมาครึ่งหนึ่งของความสูงของเตียงนอน แม่ต้องใช้ผ้าคลุมเตียงนอนที่มีความยาวรอบผืนผ้าอย่างน้อยเท่าไร”

และผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในการแก้ปัญหา หรือต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา”

แนวคำตอบ: วิเคราะห์สถานการณ์ว่าปัญหาคืออะไร และใช้ความรู้เรื่องการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมในการแก้ปัญหา

7. ผู้สอนสรุปประเด็นความรู้เดิมและความรู้ใหม่อีกครั้ง เพื่อทบทวนองค์ความรู้ทั้งหมด ได้แก่ สมบัติของรูปสี่เหลี่ยม เส้นทแยงมุม และการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในคาบเรียนถัดไป โดยไม่เฉลยสถานการณ์ที่นำเสนอไว้

ชั่วโมงที่ 4 ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม

1. ผู้เรียนเข้ากลุ่มเดิม และรับบัตรสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่มละ 1 สถานการณ์ ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับสถานการณ์เกี่ยวกับการแก้ปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม แต่มีเงื่อนไขของปัญหาแตกต่างกันไป และผู้สอนนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จากสถานการณ์ที่นำเสนอไว้ในคาบก่อนหน้า ประกอบด้วย 4 ชั้น ดังนี้

ชั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่โจทย์กำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน และประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล

สิ่งที่สถานการณ์ระบุ : เตียนนอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่นอนกว้าง 180 เซนติเมตร ยาว 198 เซนติเมตร และหนา 30 เซนติเมตร

เงื่อนไขจากสถานการณ์ : เตียนนอนสูง 40 เซนติเมตร แม้ต้องการใช้ผ้าคลุมที่นอนและห้อยชายผ้ายาวลงมาครึ่งหนึ่งของความสูงของเตียนนอน

ปัญหาของสถานการณ์ : แม้ต้องใช้ผ้าคลุมเตียนนอนมีความยาวรอบผืนผ้าอย่างน้อยเท่าไร

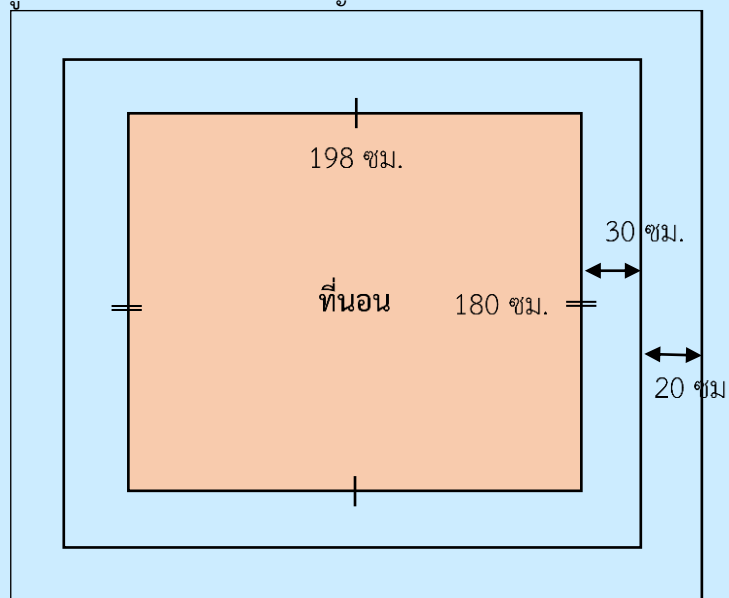
ประเมินความรู้ : ความรู้ที่ต้องใช้คือการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

ชั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ ผู้เรียนสามารถออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล เช่น

ขั้นตอนการออกแบบ/วางแผน	เหตุผล
1. วาดภาพรูปสี่เหลี่ยมประกอบการแก้ปัญหา	ใช้รูปวาดเป็นแบบจำลองแทนรูปที่นอนและเตียนนอน

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นได้ ถูกต้องและครบถ้วน และอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล เช่น

1. วาดภาพรูปสี่เหลี่ยมประกอบการแก้ปัญหา



ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ ถูกต้องและครบถ้วน และอธิบายเหตุผลเพื่อยืนยันได้อย่างสมเหตุสมผล เช่น

สมมติ ความยาวรอบผืนผ้าที่แม่ใช้คลุมเตียงนอน 400 เซนติเมตร
นักเรียนต้องตรวจสอบย้อนกลับได้ว่า ผ้าคลุมเตียงกว้างเท่าไร ยาวเท่าไร
สอดคล้องกับคำตอบที่ได้หรือไม่ แล้วค่อยสรุปว่า มีความสมเหตุสมผล

2. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดในการแก้สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ บันทึกแนวคิดลงในกระดาษปรูฟ และวางแผนเพื่อเตรียมนำเสนอในคาบเรียนถัดไป

3. ผู้สอนดูแล และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนตลอดการปฏิบัติกิจกรรม โดยไม่เฉลยคำตอบหรือบอกวิธีการหาคำตอบให้กับผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดของตนเองจากองค์ความรู้ที่มี

ชั่วโมงที่ 5 ชั้นเปิดเผยความคิด

1. ผู้เรียนแต่ละกลุ่มได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับ โดยผู้สอนใช้การถามตอบ และเปิดโอกาสให้เพื่อนร่วมชั้นได้วิเคราะห์และแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาของเพื่อนในชั้นเรียน
2. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันเฉลยสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมที่ผู้สอนได้นำเสนอมาวิเคราะห์ร่วมกัน

แม่ต้องการตัดผ้าคลุมเตียงนอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่นอนกว้าง 180 เซนติเมตร ยาว 198 เซนติเมตร และหนา 30 เซนติเมตร โดยเตียงนอนสูง 40 เซนติเมตร แม่ต้องการใช้ผ้าคลุมที่นอนและห้อยชายผ้าลงมายาวครึ่งหนึ่งของความสูงของเตียงนอน แม่ต้องใช้ผ้าคลุมเตียงนอนที่มีความยาวรอบผืนผ้าอย่างน้อยเท่าไร

ผู้สอนวิเคราะห์ตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้

สิ่งที่สถานการณ์ระบุ : เตียงนอนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่นอนกว้าง 180 เซนติเมตร ยาว 198 เซนติเมตร และหนา 30 เซนติเมตร

เงื่อนไขจากสถานการณ์ : เตียงนอนสูง 40 เซนติเมตร แม่ต้องการให้ผ้าคลุมที่นอนและห้อยชายผ้ายาวลงมาครึ่งหนึ่งของความสูงของเตียงนอน

ปัญหาของสถานการณ์ : แม่ต้องใช้ผ้าคลุมเตียงนอนที่มีความยาวรอบผืนผ้าอย่างน้อยเท่าไร

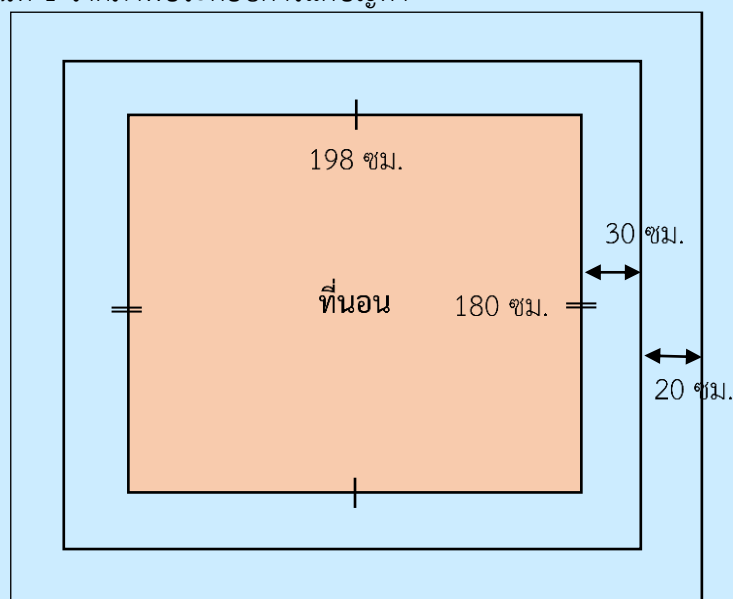
ประเมินความรู้ : ความรู้ที่ต้องใช้คือการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

2. การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

ขั้นตอนการออกแบบ/วางแผน	เหตุผล
1. วาดภาพรูปสี่เหลี่ยมประกอบการแก้ปัญหา โดยวาดภาพผ้าคลุมที่คลุมที่นอนและคลุมเตียงนอน	ใช้รูปวาดเป็นแบบจำลองแทนรูปที่นอนและเตียงนอน
2. หาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม ด้วยการหาความยาวของแต่ละด้านของที่นอนร่วมกับชายผ้าที่ต้องคลุมเตียง	เนื่องจากที่นอนเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และกำหนดเงื่อนไขว่าผ้าที่คลุมต้องคลุมที่นอนและห้อยชายผ้ายาวได้ครึ่งหนึ่งของความสูงของเตียงนอน
3. สรุปความยาวรอบผืนผ้าของผ้าคลุมเตียง	เป็นค่าของความยาวรอบรูปสี่เหลี่ยมที่ได้

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 1 วาดภาพประกอบการแก้ปัญหา



ขั้นตอนที่ 2 หาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

ความยาวด้านกว้าง มีค่า $180+30+20 = 230$ เซนติเมตร

ความยาวด้านยาว มีค่า $192+30+20 = 242$ เซนติเมตร

(เพราะเป็นความยาวที่นอนรวมกับความหนาของที่นอน
และครึ่งหนึ่งของความสูงเตียงนอนตามเงื่อนไข)

ดังนั้น ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

คือ $2 \times (230+242) = 944$ เซนติเมตร

ขั้นตอนที่ 3 สรุปลักษณะยาวรอบพื้นที่ของผ้าคลุมเตียง

ดังนั้น แม้ใช้ผ้าคลุมเตียงนอนมีความยาวรอบพื้นที่

อย่างน้อย 944 เซนติเมตร

ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล

จากความยาวรอบพื้นที่ที่แม่ใช้คลุมเตียงนอน 944 เซนติเมตร

เป็นด้านยาวของผ้า 242 เซนติเมตร จำนวน 2 ด้าน $242 \times 2 = 484$ เซนติเมตร

เป็นด้านกว้างของผ้า 230 เซนติเมตร จำนวน 2 ด้าน $230 \times 2 = 460$ เซนติเมตร

ดังนั้น $944 = 484 + 460$ จริง เพราะเป็นความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

นั่นคือ แม่ต้องใช้ผ้าคลุมเตียงนอนมีความยาวรอบพื้นที่อย่างน้อย 944 เซนติเมตร

สรุป มีความสมเหตุสมผล

3. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่น่าสนใจในการแก้ปัญหา ตามขั้นตอนของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ เป็นการระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหา และประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ เป็นการออกแบบและวางแผน กระบวนการแก้ปัญหา และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล เป็นการแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับ และอธิบายเหตุผลเพื่อยืนยันคำตอบ

4. ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมกลุ่มที่เป็นลักษณะสถานการณ์จริงเพื่อนำกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นไปใช้ในสถานการณ์อื่นที่สอดคล้องกับชีวิตจริง จาก**ใบกิจกรรมที่ 1.3 สนุกพบกับกระตาสสร้างสรรค์** โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขตามที่ระบุในใบกิจกรรม

5. ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ผลการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรมที่ 1.3 สนุกพบกับกระตาสสร้างสรรค์ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ภายในชั้นเรียน และสรุปกระบวนการแก้ปัญหาร่วมกัน

ชั่วโมงที่ 6 ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้

1. ผู้เรียนเข้ากลุ่มเดิม และทบทวนการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ด้วยการใช้คำถามกระตุ้นการคิด

คำถาม: “นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างกับการปฏิบัติกิจกรรมสนุกพบกับกระตาสสร้างสรรค์ในคาบเรียนที่ผ่านมา”

คำถาม: “การแก้ปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงของนักเรียนอย่างไรบ้าง”

2. ผู้เรียนทำ แบบฝึกหัดที่ 1.1 สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม เป็นรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเข้าใจในกระบวนการแก้ปัญหาตามกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

3. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปองค์ความรู้ กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงไปสู่บริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน

กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ เป็นการวิเคราะห์ปัญหาจากสิ่งที่สถานการณ์กำหนด เจาะลึกที่จะนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหา และประเมินความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ ว่าเพียงพอต่อการนำมาใช้ในการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาหรือไม่

ขั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ เป็นการสร้างกระบวนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวิธีการ หรือขั้นตอน เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และแสดงเหตุผลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ/วางแผนสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น และระบุอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล เป็นการประเมินกระบวนการแก้ปัญหา และหาคำตอบด้วยการตรวจสอบย้อนกลับและแสดงเหตุผลตามหลักการทางคณิตศาสตร์ เพื่อยืนยันคำตอบ

โดยสถานการณ์การหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม สามารถพบเจอได้ในชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้จากกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้

6) สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. บัตรภาพรูปเรขาคณิตสองมิติ ได้แก่ รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม รูปห้าเหลี่ยม รูปหกเหลี่ยม รูปแปดเหลี่ยม และรูปวงกลม
2. บัตรภาพรูปสี่เหลี่ยม ได้แก่ รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน รูปสี่เหลี่ยมรูปร่าง และรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
3. บัตรสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์
4. ใบกิจกรรมที่ 1.1 สังเกตดี ๆ มีรูปอะไรบ้าง
5. ใบกิจกรรมที่ 1.2 สมบัติอยู่ไหน ใครรู้บอกที
6. ใบกิจกรรมที่ 1.3 สนุกพบกับกระดาศสร้างสรรค์
7. แบบฝึกหัดที่ 1.1 สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

7) การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
1. ผู้เรียนอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากได้	1. ตรวจสอบกิจกรรมที่ 1.1 2. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม	1. ใบกิจกรรมที่ 1.1 2. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม	1. ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ 2. คุณภาพระดับดีขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
2. ผู้เรียนอธิบายสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ได้ 3. ผู้เรียนจำแนกชนิดของรูปสี่เหลี่ยมตามสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมได้ 4. ผู้เรียนหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมชนิดต่าง ๆ ได้	1. ตรวจสอบใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3 2. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม	1. ใบกิจกรรมที่ 1.2 และ 1.3 2. แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม	1. ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์ 2. คุณภาพระดับดีขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
5. ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และบริบทในโลกชีวิตจริงของผู้เรียนเกี่ยวกับความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมได้	แบบฝึกหัดที่ 1.1	แบบฝึกหัดที่ 1.1	คุณภาพระดับดีขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
6. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นและสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ได้	สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้แบบรายบุคคล	แบบสังเกตพฤติกรรม การเรียนรู้แบบรายบุคคล	ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์

เกณฑ์การให้คะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. การตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	4	ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถามได้ถูกต้องและครบถ้วน และแสดงความคิดเห็นอย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถามได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่แสดงความคิดเห็นไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนร่วมกันตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน และขาดการแสดงความคิดเห็น
	1	ผู้เรียนร่วมตอบคำถามเฉพาะคำถามใดคำถามหนึ่งและถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ตอบคำถามและไม่แสดงความคิดเห็น
2. การมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	4	ผู้เรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมทั้งหมด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มอย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมทั้งหมด แต่แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมบางส่วน และขาดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม
	1	ผู้เรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมเฉพาะกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่มีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม
3. การนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา	4	ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน และแสดงเหตุผลสนับสนุนได้สมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่แสดงเหตุผลสนับสนุนไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และขาดการแสดงผลสนับสนุน
	1	ผู้เรียนร่วมกันนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหาได้เฉพาะขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่มีกรนำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา
4. ผลการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	4	ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 80-100
	3	ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 70-79
	2	ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 50-69
	1	ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 30-49
	0	ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 0-29

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
5. การสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้	4	ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้สอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ครบถ้วน และสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้สอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้ครบถ้วน แต่ไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้สอดคล้องตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้บางส่วน และขาดความสมเหตุสมผล
	1	ผู้เรียนร่วมกันสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ได้เฉพาะขั้นตอนใด ขั้นตอนหนึ่งตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้บางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่มีการสะท้อนสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้

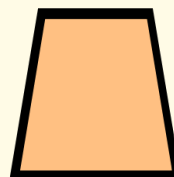
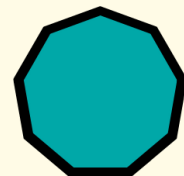
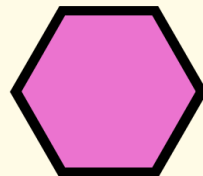
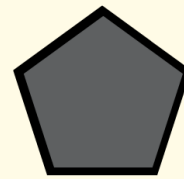
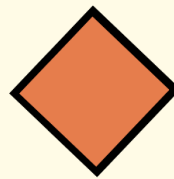
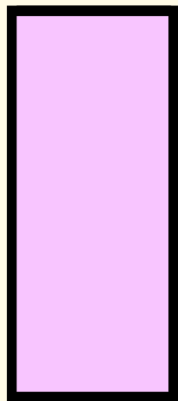
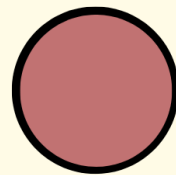
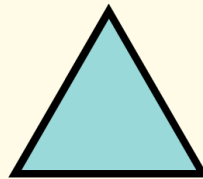
เกณฑ์การแปลผลคะแนนพฤติกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่ม

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
16 - 20	พฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับดีมาก
12 - 15	พฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับดี
8 - 11	พฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับปานกลาง
4 - 7	พฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับพอใช้
0 - 3	พฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับปรับปรุง



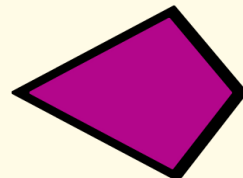
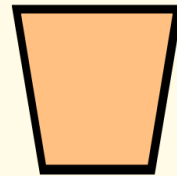
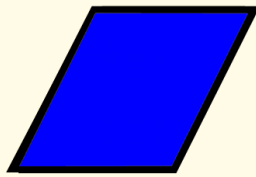
บัตรภาพ

รูปเรขาคณิตสองมิติ





บัตรภาพ
รูปสี่เหลี่ยม



บัตรสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์ที่ 1 แปลงผังสวนครัวของบ้านป้าน้อยเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาวแต่ละด้านไม่เท่ากัน มีด้านยาว 14 เมตร, 15 เมตร, 18 เมตร และ 21 เมตร ต้องการใช้ลวดล้อมแปลงผักทุกด้าน และเว้นช่องทางเข้าแปลงผักยาว 1.8 เมตร แต่ละด้านต้องขึงลวด 5 เส้น ป้าน้อยต้องใช้ลวดยาวอย่างน้อยกี่เมตรเพื่อทำรั้วล้อมแปลงผัก



สถานการณ์ที่ 2 ช่างก่อสร้างต้องการปูพื้นห้องครัว โดยใช้แผ่นกระเบื้องยารูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ยาวด้านละ 30 เซนติเมตร ช่างปูพื้นจนเต็มพื้นที่ห้องครัวและวางเรียงเป็นแถวให้ด้านชิดกันได้ 25 แถว แถวละ 30 แผ่น พื้นห้องครัวมีความยาวรอบห้องเท่าไร



สถานการณ์ที่ 3 กรรมการวัดต้องการประดับฝาผนังศาลาพระพุทธรูปด้วยกระจกสีรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนที่ยาวด้านละ 4 เซนติเมตร โดยมีกระจกสีทั้งหมด 840 แผ่น และวางเรียงเป็นแถวให้ด้านชิดกันได้ 24 แถว แถวละเท่าๆกัน จนเต็มฝาผนังพอดี ความยาวโดยรอบของฝาผนังที่นำกระจกสีที่นำมาเรียงติดกันมีความยาวเท่าไร



บัตรสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์

สถานการณ์ที่ 4 ลานจอดรถในห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ตีตารางแบ่งช่องจอดรถเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน โดยหนึ่งช่องยาว 2.4 เมตร และอีกด้านหนึ่งยาว 5.5 เมตร จำนวนทั้งหมด 12 ช่องเรียงติดกัน พื้นที่ที่ใช้ทำลานจอดรถมีความยาวโดยรอบเท่าไร



สถานการณ์ที่ 5 พ่อเกปุนรอบบ้านพัก ซึ่งบ้านพักมีพื้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 8.85 เมตร กว้าง 6.45 เมตร พ่อตีแบบสำหรับเกปุนโดยเว้นระยะห่างจากตัวอาคารด้านละ 1.8 เมตรเท่ากันทุกด้าน พื้นที่ทั้งหมดที่พ่อเกปุนรวมกับตัวบ้านมีความยาวโดยรอบเท่าไร



ใบกิจกรรมที่ 1 สังเกตดี ๆ มีรูปอะไรบ้าง

คำชี้แจง

ให้นักเรียนสังเกตอาคารเรียน วัสดุ หรืออุปกรณ์ภายในโรงเรียน และบันทึกสิ่งที่นักเรียนสังเกตว่ามีลักษณะเหมือนรูปเรขาคณิตสองมิติอะไรบ้าง

สิ่งที่พบ

ตัวอย่าง

หน้าต่างอาคารเรียน

รูปเรขาคณิตสองมิติ

รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ชื่อ _____

ชั้น ป.5/ _____ เลขที่ _____

ใบกิจกรรมที่ 1.2 สมบัติอยู่ไหน ใครรู้บอกที

คำชี้แจง

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนระบุชนิดของรูปสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้ตรงกับสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและเส้นทแยงมุม (รูปสี่เหลี่ยมหนึ่งชนิดสามารถระบุให้ตรงกับสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและเส้นทแยงมุมได้หลายข้อ)

- ก. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ข. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ค. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 ง. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ฉ. รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว จ. รูปสี่เหลี่ยมคางหมู

คำตอบ	สมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและเส้นทแยงมุม
	ด้านตรงข้ามยาวเท่ากันและขนานกัน
	เส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน
	ด้านทุกด้านยาวเท่ากัน
	เส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกันและกัน
	ด้านทุกด้านยาวเท่ากัน มุมทุกมุมไม่เป็นมุมฉาก
	ด้านทุกด้านยาวเท่ากัน มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก
	เส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก
	ด้านตรงข้ามยาวเท่ากันและขนานกัน 2 คู่ มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก
	ด้านตรงข้ามขนานกันเพียงคู่เดียว
	เส้นทแยงมุมแบ่งรูปสี่เหลี่ยมเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันสองรูป
	ด้านที่อยู่ติดกันยาวเท่ากันสองคู่
	เส้นทแยงมุมยาวไม่เท่ากัน
	มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก
	รูปที่ไม่ใช่รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ใบกิจกรรมที่ 2 สมบัติอยู่ไหน ใครรู้บอกที

คำชี้แจง

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนพิจารณาสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและลักษณะของเส้นทแยงมุมว่าสอดคล้องกับรูปสี่เหลี่ยมชนิดใด และทำเครื่องหมาย ลงในช่องว่าง

สมบัติของรูปสี่เหลี่ยมและ ลักษณะเส้นทแยงมุม	ชนิดของรูปสี่เหลี่ยม					
	รูปสี่เหลี่ยม จัตุรัส	รูปสี่เหลี่ยม ผืนผ้า	รูปสี่เหลี่ยม ขนมเปียก ปุ่น	รูปสี่เหลี่ยม ด้านขนาน	รูปสี่เหลี่ยม รูปร่าง	รูปสี่เหลี่ยม คางหมู
1) เส้นทแยงมุมยาวเท่ากัน						
2) ด้านตรงข้ามขนานกัน 2 คู่						
3) เส้นทแยงมุมตัดกันเป็น มุมฉาก						
4) มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก						
5) เส้นทแยงมุมแบ่งครึ่งซึ่งกัน และกัน						
6) ด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน 2 คู่						
7) เส้นทแยงมุมเพียงเส้นเดียว ที่ถูกแบ่งครึ่งด้วยเส้นทแยงมุม อีกเส้นหนึ่ง						
8) ด้านตรงข้ามขนานกัน 1 คู่						
9) ด้านที่อยู่ติดกันยาวเท่ากัน 2 คู่						
10) มุมที่อยู่ตรงข้ามกันมี ขนาดเท่ากัน						

ชื่อ

ชั้น ป.5/ เลขที่

ใบกิจกรรมที่ 1.4 สนุกพับกับกระดาษสร้างสรรค์

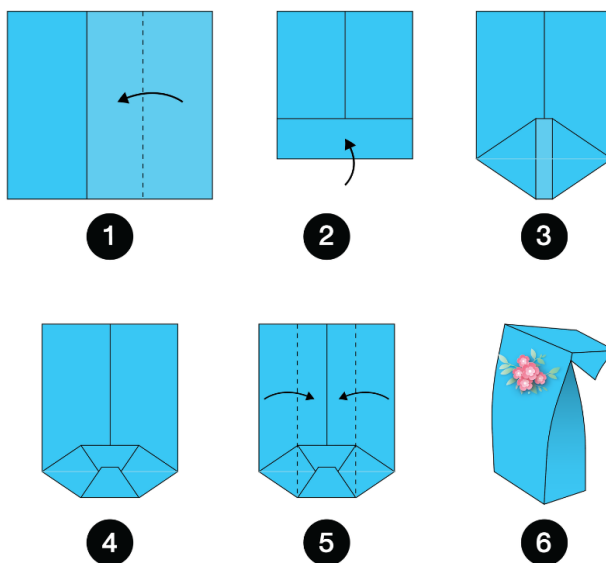
ชื่อกลุ่ม

คำชี้แจง

- 1) กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมกลุ่มที่นักเรียนต้องศึกษาและฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง
- 2) วัสดุอุปกรณ์ ได้แก่ กระดาษ A4 กระดาษโปสเตอร์ กาว กรรไกร ไม้บรรทัด และของขวัญปริศนา

ขั้นตอนการปฏิบัติกิจกรรม

- 1) ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการพับถุงกระดาษใส่ของขวัญจากภาพ ดังนี้



- 2) ให้นักเรียนช่วยกันพับกระดาษตามภาพตัวอย่างโดยใช้กระดาษ A4 แล้วนำมาแลกของขวัญปริศนาที่ครูผู้สอน



3) ให้นักเรียนวิเคราะห์ขนาดของของขั้วปริศนาที่ได้รับ และร่วมกันวางแผน/ออกแบบการพับกระดาษใส่ของขั้วจากกระดาษโปสเตอร์ให้มีขนาดตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ใช้งานได้จริงและตกแต่งให้สวยงาม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะได้ของขั้วปริศนาขนาดขึ้นไม่เท่ากัน ดังนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้กระดาษใส่ของขั้วที่มีขนาดแตกต่างกันไป

4) เงื่อนไขคือ กระดาษใส่ของขั้วที่นักเรียนสร้างขึ้นจะต้องพอดีกับขนาดของของขั้วปริศนามากที่สุด โดยสร้างกระดาษใส่ของขั้วที่มีความกว้างและความยาวมากกว่าของขั้วปริศนาไม่เกิน 2 เซนติเมตร และสูงกว่าของขั้วปริศนาไม่เกิน 5 เซนติเมตร และบันทึกข้อมูลตามข้อคำถามต่อไปนี้

1. ปัญหาคืออะไร

2. เงื่อนไขเป็นอย่างไร

3. ต้องใช้ความรู้อะไรบ้างในการแก้ปัญหา

4. วางแผนอย่างไร

5. ความยาวรอบกระดาษที่นำมาพับกระดาษใส่ของขั้ว



แบบฝึกหัดที่ 1.1 สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

คำชี้แจง

ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้ และใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในการแสดงการแก้ปัญหาและแสดงผลประกอบ

สถานการณ์ ครูพลเป็นครูสอนกีฬาฟุตบอล ต้องการตีกรอบสนามฟุตบอลเพื่อใช้ในการแข่งขันกีฬาประจำปีของโรงเรียน สนามหญ้าของโรงเรียนมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 127 เมตร และกว้าง 76 เมตร ต้องการเว้นช่องว่างให้กองเชียร์ทุกด้านของขอบสนาม โดยตีเส้นเข้ามาด้านในสนามทุกด้านเท่า ๆ กัน ด้านละ 4.5 เมตร และเว้นช่องว่างตรงหน้าประตูฟุตบอลทั้งสองฝั่ง ฝั่งละ 3 เมตร สนามฟุตบอลที่ครูพลตีกรอบมีความยาวโดยรอบเท่าไร



ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้

สิ่งที่สถานการณ์ระบุ

เงื่อนไขจากสถานการณ์

ปัญหาของสถานการณ์

ประเมินความรู้



ขั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

ขั้นตอนที่ 1

เหตุผล

ขั้นตอนที่ 2

เหตุผล

ขั้นตอนที่ 3

เหตุผล



ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

Handwriting practice area for Step 3, featuring ten horizontal dashed lines for text entry.



ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล

Handwriting practice area for Step 4, featuring ten horizontal dashed lines for text entry.



ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล

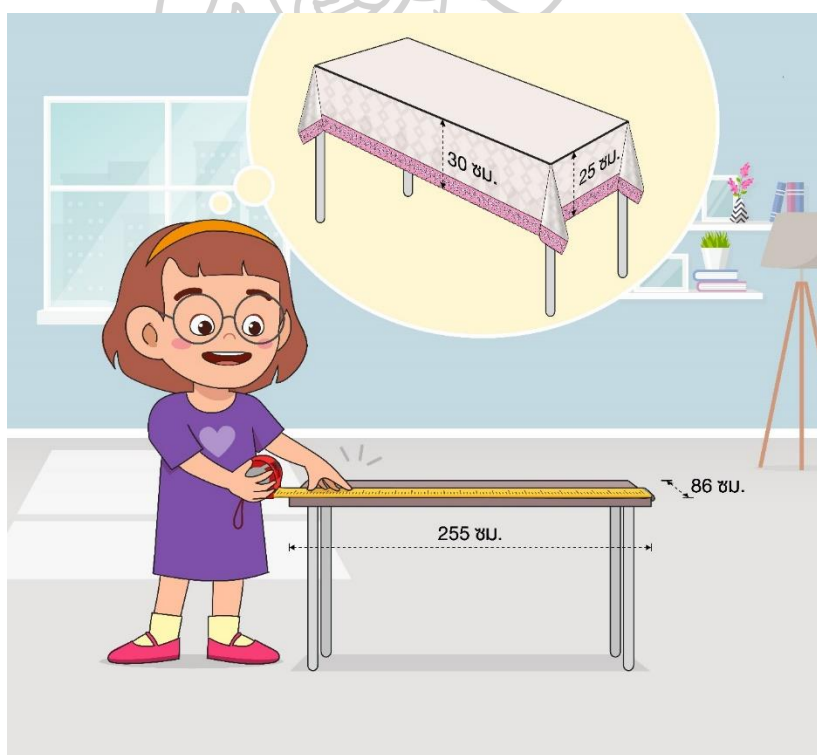
แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

เรื่อง สถานการณ์เกี่ยวกับปัญหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

คำชี้แจง

ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้ และใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์แสดงกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ

สถานการณ์ แม่ต้องการเย็บผ้าลูกไม้ต่อชายผ้าคลุมโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อวัดความยาวด้านหน้าของโต๊ะ ยาว 255 เซนติเมตร และกว้าง 86 เซนติเมตร แม่ต้องการให้ชายผ้าคลุมขอบโต๊ะเพื่อความสวยงาม โดยปล่อยชายผ้ายาวลงคลุมขอบโต๊ะด้านกว้าง ด้านละ 25 เซนติเมตร และด้านยาว ด้านละ 30 เซนติเมตร แม่ต้องใช้ผ้าลูกไม้อย่างน้อยกี่เมตร เพื่อต่อชายผ้าคลุมโต๊ะ



กระดาศคำตอบ

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้

สิ่งที่สถานการณ์ระบุ

.....

เงื่อนไขจากสถานการณ์

.....

ปัญหาของสถานการณ์

.....

ประเมินความรู้

.....

ขั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

ขั้นตอนที่ 1

.....

เหตุผล

.....

ขั้นตอนที่ 2

.....

เหตุผล

.....

ขั้นตอนที่ 3

.....

เหตุผล

.....

แนวทางการเฉลยคำตอบแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้

(4 คะแนน)

สิ่งที่สถานการณ์ระบุ

ด้านหน้าของโต๊ะมีความยาว 255 เซนติเมตร ความกว้าง 86 เซนติเมตร

เงื่อนไขจากสถานการณ์

แม่ต้องการให้ชายผ้าคลุมขอบโต๊ะเพื่อความสวยงาม โดยปล่อยชายผ้าคลุมโต๊ะลงมาจากขอบโต๊ะ ด้านกว้างด้านละ 25 เซนติเมตร และด้านยาวด้านละ 30 เซนติเมตร

ปัญหาของสถานการณ์

แม่ต้องการเย็บผ้าลูกไม้ต่อชายผ้าคลุมโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แม่ต้องใช้ผ้าลูกไม้อย่างน้อยกี่เมตรเพื่อติดชายผ้าคลุมโต๊ะ

ประเมินความรู้

ความรู้ที่ต้องใช้คือการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

ขั้นที่ 2 การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้

(4 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 วาดภาพประกอบการแก้ปัญหา

1. วาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแทนรูปหน้าโต๊ะ
2. วาดภาพรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าอีกรูปแทนรูปผ้าที่ใช้คลุมโต๊ะ

เหตุผล

ใช้รูปวาดเป็นแบบจำลองแทนรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ขั้นตอนที่ 2 หาความยาวรอบชายผ้าคลุม

โต๊ะ

ด้วยการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

เหตุผล

เนื่องจากโต๊ะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ขั้นตอนที่ 3 สรุปความยาวของผ้าลูกไม้

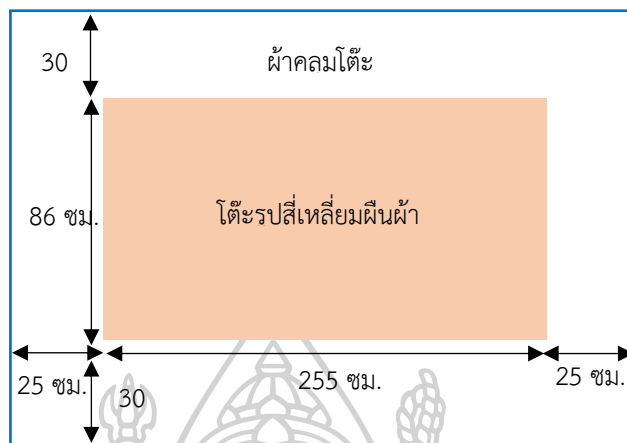
เหตุผล

ใช้ความยาวรอบผ้าคลุมโต๊ะ

ขั้นที่ 3 การดำเนินการแก้ปัญหา

(4 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 1 วาดภาพประกอบการแก้ปัญหา



ขั้นตอนที่ 2 หาความยาวรอบชายผ้าคลุมโต๊ะ

- 1) ความยาวด้านยาว มีค่า $255+25+25 = 305$ เซนติเมตร
เพราะ เป็นความยาวของโต๊ะและชายผ้าทั้งสองด้าน
- 2) ความยาวด้านกว้าง มีค่า $86+30+30 = 146$ เซนติเมตร
เพราะ เป็นความกว้างของโต๊ะและชายผ้าทั้งสองด้าน
- 3) ดังนั้น ความยาวรอบชายผ้าคลุมโต๊ะ มีค่า $2 \times (305+146) = 902$ เซนติเมตร
เพราะเป็นการหาความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยม

ขั้นตอนที่ 3 สรุปความยาวของผ้าลูกไม้

ดังนั้น แม่ต้องใช้ผ้าลูกไม้อย่างน้อย 902 เซนติเมตร เพื่อต่อชายผ้าคลุมโต๊ะ
เพราะความยาวผ้าลูกไม้มีค่าเท่ากับความยาวรอบชายผ้าคลุม

ขั้นที่ 4 การประเมินความสมเหตุสมผล

(4 คะแนน)

จากความยาวของผ้าลูกไม้ที่จะใช้ตัดชายผ้าคลุมโต๊ะ 902 เซนติเมตร
เป็นด้านยาวของผ้า 305 เซนติเมตร จำนวน 2 ด้าน $305 \times 2 = 610$ เซนติเมตร
เป็นด้านกว้างของผ้า 146 เซนติเมตร จำนวน 2 ด้าน $146 \times 2 = 292$ เซนติเมตร
ดังนั้น $902 = 610 + 292$ จริง เพราะเป็นความยาวรอบรูปของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
นั่นคือ แม่ต้องใช้ผ้าลูกไม้อย่างน้อย 902 เซนติเมตร เพื่อใช้ต่อชายผ้าคลุมโต๊ะ
สรุป มีความสมเหตุสมผล

เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
1. การวิเคราะห์ปัญหา และประเมินความรู้	4	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน และประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่ประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด และเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน และขาดการประเมินความรู้ที่จะใช้ในการแก้ปัญหา
	1	ผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยระบุเฉพาะปัญหา สิ่งที่เกี่ยวข้องกำหนด หรือเงื่อนไขของปัญหาอย่างใดอย่างหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการวิเคราะห์และประเมินความรู้
2. การออกแบบ/ วางแผนและเชื่อมโยง ความรู้	4	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด และเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนด แต่เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหาไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและสอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดได้บางส่วน และขาดการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จะนำมาใช้ในกระบวนการแก้ปัญหา

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนน	เกณฑ์การพิจารณา
	1	ผู้เรียนออกแบบและวางแผนกระบวนการแก้ปัญหาได้ เฉพาะขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการออกแบบ/วางแผนและ เชื่อมโยงความรู้
3. การดำเนินการ แก้ปัญหา	4	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้าง ขึ้นได้ถูกต้องและครบถ้วน และอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างสมเหตุสมผล
	3	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้าง ขึ้นได้ถูกต้องและครบถ้วน แต่อ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้าง ขึ้นได้ถูกต้องบางส่วน และขาดการอ้างอิงหลักเกณฑ์ หรือความรู้ทางคณิตศาสตร์
	1	ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้าง ขึ้นเฉพาะขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการดำเนินการแก้ปัญหา
	4. การประเมินความ สมเหตุสมผล	4
	3	ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ ถูกต้องและครบถ้วน แต่อธิบายเหตุผลเพื่อยืนยัน คำตอบไม่สมเหตุสมผล
	2	ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ ถูกต้องบางส่วน และขาดการอธิบายเหตุผลเพื่อยืนยัน คำตอบ
	1	ผู้เรียนแสดงการตรวจสอบคำตอบแบบย้อนกลับได้ เฉพาะขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง และถูกต้องบางส่วน
	0	ผู้เรียนไม่ระบุข้อมูลการประเมินความสมเหตุสมผล

เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์จำแนกตามพฤติกรรมบ่งชี้

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
3.21 - 4.00	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับดีมาก
2.41 - 3.20	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับดี
1.61 - 2.40	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับปานกลาง
0.81 - 1.60	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับพอใช้
0.00 - 0.80	พฤติกรรมบ่งชี้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การแปลผลคะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
13 - 16	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก
10 - 12	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี
7 - 9	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง
4 - 6	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้
0 - 3	การคิดเชิงคณิตศาสตร์อยู่ในระดับควรปรับปรุง





ภาคผนวก ค
คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

ผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการสัมภาษณ์

ประเด็นการสัมภาษณ์	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
1. ท่านคิดว่า ผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ควรมีพฤติกรรมการบ่งชี้ในการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างไร	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2. ท่านคิดว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามที่คุณวิจัยได้สังเคราะห์ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1.1) การศึกษาและเข้าใจปัญหา 1.2) การวางแผนแก้ปัญหา 1.3) การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น และ 1.4) การประเมินผลการแก้ปัญหา และองค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายหรือไม่ อย่างไร	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
3. ท่านคิดว่า สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้และหลักสูตรคณิตศาสตร์ในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อความคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีลักษณะเป็นอย่างไร เกิดจากปัจจัยใดบ้าง	1	1	0	1	0	0.6	ใช้ได้
4. ท่านคิดว่า แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ที่คุณวิจัยนำมาใช้เป็นแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมกับตัวแปรตามหรือไม่ อย่างไร	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
5. ท่านคิดว่า แนวทางการวัดและประเมินผลในด้านวิธีการและเครื่องมือวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินความต้องการจำเป็น

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม							
1) วิทยฐานะ <input type="checkbox"/> 1.1) ครูผู้ช่วย <input type="checkbox"/> 1.2) ครู <input type="checkbox"/> 1.3) ครูชำนาญการ <input type="checkbox"/> 1.4) ครูชำนาญการพิเศษ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ <input type="checkbox"/> 2.1) ประถมศึกษาปีที่ 4 <input type="checkbox"/> 2.2) ประถมศึกษาปีที่ 5 <input type="checkbox"/> 2.3) ประถมศึกษาปีที่ 6 <input type="checkbox"/> 2.4) สอนมากกว่า 1 ระดับชั้น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) ขนาดโรงเรียนที่สอน (จำนวนนักเรียน) <input type="checkbox"/> 3.1) เล็ก (1-120 คน) <input type="checkbox"/> 3.2) กลาง (121-600 คน) <input type="checkbox"/> 3.3) ใหญ่ (601-1,500 คน) <input type="checkbox"/> 3.4) ใหญ่พิเศษ (1,501 ขึ้นไป)	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ระดับการศึกษาสูงสุด <input type="checkbox"/> 4.1) ปริญญาตรี <input type="checkbox"/> 4.2) ปริญญาโท <input type="checkbox"/> 4.3) ปริญญาเอก	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) สาขาที่จบการศึกษา <input type="checkbox"/> 5.1) การประถมศึกษา <input type="checkbox"/> 5.2) คณิตศาสตร์ <input type="checkbox"/> 5.3) อื่น ๆ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์ <input type="checkbox"/> 6.1) น้อยกว่า 5 ปี <input type="checkbox"/> 6.2) 5-10 ปี <input type="checkbox"/> 6.3) 11-15 ปี <input type="checkbox"/> 6.4) 16 ปีขึ้นไป	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปล ผล
	1	2	3	4	5		
ตอนที่ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์							
ด้านที่ 1 หลักการจัดการเรียนรู้							
1) กำหนดปัญหา สถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยการสร้างแนวคิด ยุทธวิธี กระบวนการ หรือแบบจำลองในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสดงเหตุผลของกระบวนการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหาผ่านการนำเสนอ อภิปรายหรือสะท้อนคิด	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) เชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ รวมถึงปัญหา หรือสถานการณ์ในโลกของชีวิตจริง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) สร้างปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน และผู้เรียนกับผู้สอนผ่านกิจกรรมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
7) ใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อแก้ปัญหา หรือสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ร่วมกัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8) เปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่ม หรือในชั้นเรียนมีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นต่อการแก้ปัญหาของผู้อื่น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
9) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยคำนึงถึงลำดับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์จากง่ายไปยาก	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
10) จัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปนามธรรม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ด้านที่ 2 บทบาทผู้สอน							
1) ผู้สอนใช้ตัวอย่างเหตุการณ์ ปัญหา หรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
3) ผู้สอนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับปัญหา หรือสถานการณ์จากบริบทในชีวิตจริง	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
4) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
5) ผู้สอนร่วมเรียนรู้แนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์	1	0	1	0	1	0.6	ใช้ได้
6) ผู้สอนใช้การถามตอบ อภิปราย หรือให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของชั้นเรียน	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน							
1) ผู้เรียนร่วมปฏิบัติกิจกรรม ตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นด้วยความสนใจต่อประเด็นปัญหา	1	1	1	0	1	1.0	ใช้ได้
2) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ วางแผน สร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา แก้ปัญหา รวมถึงการตรวจสอบความสมเหตุสมผลร่วมกัน	1	0	1	0	1	0.6	ใช้ได้
3) ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
4) ผู้เรียนแสดงผลทางคณิตศาสตร์เพื่อประกอบการแก้ปัญหา	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
5) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอ	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
6) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล							
1) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดงวิธีการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด	1	0	1	1	1	0.8	ใช้ได้
5) ออกแบบเครื่องมือโดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการประเมินผลที่ชัดเจน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปล ผล
	1	2	3	4	5		
ตอนที่ 3 ปัญหาและแนวทางการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย							
1) การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะปัญหาเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้
2) แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลายควรมีลักษณะเป็นอย่างไร	1	1	1	0	1	0.8	ใช้ได้



ผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินรูปแบบการสอน

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
1. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน							
1.1 นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
1.2 นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ช่วยให้การวัดและประเมินผลเป็นรูปธรรม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
1.3 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ช่วยเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
1.4 แนวคิดสนับสนุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
1.5 แนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุนมีความสัมพันธ์และส่งเสริมกันและกัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2. รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน							
2.1 องค์ประกอบของรูปแบบการสอนครอบคลุมความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.2 องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องและส่งเสริมกันและกัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.3 การเรียงลำดับองค์ประกอบของรูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.4 หลักการของรูปแบบการสอนแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของแนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.5 วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.6 หลักการและวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.8 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.10 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
2.11 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.12 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.13 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.14 การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.15 แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.16 ระบบสังคมสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.17 ระบบสนับสนุนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.18 หลักการตอบสนองมีความสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.19 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2.20 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของรูปแบบการสอนในภาพรวมที่ชัดเจน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน							
3.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการแนวคิด และทฤษฎีรองรับ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับหลักการแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีกลไกในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน ขั้นที่ 1 ขั้นเริ่มต้น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ขั้นที่ 2 ขั้นเชื่อมโยงความจริง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ขั้นที่ 4 ขั้นเปิดเผยความคิด	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ขั้นที่ 5 ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ผลการประเมินความสอดคล้องของประเด็นการประเมินคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
1. คู่มือมีการจัดลำดับเนื้อหาที่ง่ายต่อการศึกษาและนำไปใช้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2. คู่มือมีการอธิบายเนื้อหาที่ครบถ้วนและชัดเจน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3. แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4. ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ แสดงให้เห็นถึงการวางแผนเนื้อหาในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนของรูปแบบการสอนและสามารถนำไปใช้ได้จริง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6. ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสามารถวัดและประเมินผลการคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
7. เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8. รายละเอียดในคู่มือมีความชัดเจน เหมาะสมที่จะทำให้อ่านนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

ข้อ	IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการพิจารณา	ผลการคัดเลือก
1 (1)	0.80	0.41	0.60	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
1 (2)	0.80	0.56	0.60	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
2 (1)	1	0.34	0.50	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
2 (2)	1	0.28	0.60	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
3 (1)	1	0.53	0.50	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
3 (2)	1	0.41	0.80	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
4 (1)	0.80	0.69	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
4 (2)	0.80	0.59	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
5 (1)	1	0.38	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
5 (2)	1	0.38	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
6 (1)	1	0.28	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
6 (2)	1	0.28	0.60	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
7 (1)	1	0.34	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
7 (2)	1	0.44	0.40	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
8 (1)	1	0.41	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
8 (2)	1	0.34	0.50	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
9 (1)	1	0.78	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
9 (2)	1	0.63	0.60	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
10 (1)	1	0.31	0.40	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
10 (2)	1	0.69	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
11 (1)	1	0.56	0.80	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
11 (2)	1	0.63	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
12 (1)	1	0.59	0.20	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
12 (2)	1	0.69	0.50	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
13 (1)	1	0.38	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
13 (2)	1	0.41	0.40	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
14 (1)	1	0.66	0.30	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
14 (2)	1	0.50	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
15 (1)	0.80	0.44	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
15 (2)	0.80	0.28	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
16 (1)	1	0.28	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้

ข้อ	IOC	ความยาก	อำนาจจำแนก	ผลการพิจารณา	ผลการคัดเลือก
16 (2)	1	0.25	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
17 (1)	1	0.31	0.80	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
17 (2)	1	0.44	0.30	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
18 (1)	1	0.41	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
18 (2)	1	0.38	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
19 (1)	1	0.25	0.40	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
19 (2)	1	0.25	0.50	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
20 (1)	1	0.38	0.30	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
20 (2)	1	0.53	0.40	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
21 (1)	1	0.38	0.10	ไม่ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
21 (2)	1	0.44	0.30	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
22 (1)	1	0.63	0.50	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
22 (2)	1	0.47	0.50	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
23 (1)	1	0.25	0.20	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
23 (2)	1	0.38	0.20	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
24 (1)	1	0.41	0.60	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
24 (2)	0.80	0.28	0.70	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
25 (1)	1	0.34	0.50	ผ่านเกณฑ์	นำไปใช้
25 (2)	1	0.28	0.80	ผ่านเกณฑ์	ตัดทิ้ง
ค่าความเที่ยงของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ จำนวน 25 ข้อที่คัดเลือกไปใช้					0.801

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ข้อ	ΣH	ΣT_H	P_H	ΣL	ΣT_L	P_L	P_i	R_i	การแปล ความหมาย	ผลการ คัดเลือก
1 (1)	164	224	0.73	80	224	0.36	0.54	0.38	ข้อสอบยากง่ายปานกลาง สามารถจำแนกกลุ่มสูงกลุ่มต่ำได้ปานกลาง	นำไปใช้
1 (2)	165	224	0.74	129	224	0.58	0.66	0.16	ข้อสอบค่อนข้างง่าย แต่อ่านจจำแนกต่ำ	ตัดทิ้ง
2 (1)	129	224	0.58	57	224	0.25	0.42	0.32	ข้อสอบยากง่ายปานกลาง สามารถจำแนกกลุ่มสูงกลุ่มต่ำได้ปานกลาง	นำไปใช้
2 (2)	89	224	0.40	42	224	0.19	0.29	0.21	ข้อสอบค่อนข้างยาก สามารถจำแนกกลุ่มสูงกลุ่มต่ำได้ปานกลาง	ตัดทิ้ง
ค่าความเที่ยงของแบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ข้อที่คัดเลือกไปใช้										0.924



ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้

ประเด็นการประเมิน	IOC / แผนการจัดการเรียนรู้			
	1	2	3	4
1) สาระสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานและตัวชี้วัด	1.0	1.0	1.0	1.0
2) สาระสำคัญสอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
3) จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	1.0	1.0	1.0	1.0
4) จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
5) สารการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
6) กิจกรรมการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนและต่อเนื่อง	1.0	1.0	1.0	1.0
7) กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
8) กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1.0	1.0	1.0	1.0
9) กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ดังนี้	1.0	1.0	1.0	1.0
9.1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)	1.0	1.0	1.0	1.0
9.2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	1.0	1.0	1.0	1.0
9.3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	1.0	1.0	1.0	1.0
9.4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)	1.0	1.0	1.0	1.0
9.5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)	1.0	1.0	1.0	1.0
10) สื่อและแหล่งเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
11) การกำหนดชิ้นงาน/ภาระงานมีความเหมาะสม	1.0	1.0	1.0	1.0
12) การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0
13) เครื่องมือการวัดและประเมินมีความชัดเจน	1.0	1.0	1.0	1.0
สรุปผล	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้	ใช้ได้

ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
ด้านที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้							
1) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) กระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) ส่งเสริมการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้							
1) มีความเป็นอิสระในการแสดงความคิดเห็น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) มีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) มีความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) เอื้อต่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) ส่งเสริมความกระตือรือร้นในการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ด้านที่ 3 ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ							
1) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) นักเรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) นักเรียนได้ทำงานผ่านกระบวนการกลุ่ม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
7) นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งกิจกรรมเดี่ยวและกิจกรรมกลุ่ม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8) นักเรียนมีความสามารถในการกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
9) นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้							
1) นักเรียนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1	1	1	0	0	0.6	ใช้ได้
2) นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมประชุม

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม							
1) เพศ <input type="checkbox"/> 1.1) ชาย <input type="checkbox"/> 1.2) หญิง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ตำแหน่ง <input type="checkbox"/> 2.1) ครู <input type="checkbox"/> 2.2) ศึกษานิเทศก์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) วิทยฐานะ <input type="checkbox"/> 3.1) ไม่มีวิทยฐานะ <input type="checkbox"/> 3.2) ชำนาญการ <input type="checkbox"/> 3.3) ชำนาญการพิเศษ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ) <input type="checkbox"/> 4.1) ประถมศึกษาปีที่ 4 <input type="checkbox"/> 4.2) ประถมศึกษาปีที่ 5 <input type="checkbox"/> 4.3) ประถมศึกษาปีที่ 6 <input type="checkbox"/> 4.4) มากกว่า 1 ระดับชั้น <input type="checkbox"/> 4.5) ทำหน้าที่พิเศษ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ตอนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน							
ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน							
1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้

ประเด็นการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5		
7) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8) การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
9) แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
10) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการแนวคิด และทฤษฎีรองรับ	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
11) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความชัดเจน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
11.1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
11.2) ชั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
11.3) ชั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)	1	1	1	0	0	1.0	ใช้ได้
11.4) ชั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
11.5) ชั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
12) แผนภาพรูปแบบการสอนสื่อความหมายของกระบวนการได้ชัดเจน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้							
1) ผู้เรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
3) ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
4) ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
5) ผู้เรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
6) ผู้เรียนได้รับความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
7) ผู้เรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
8) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่ม	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน							
1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีจุดเด่น หรือจุดบกพร่องที่ควรแก้ไขเพิ่มเติมอย่างไร	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้
2) ท่านมีแนวทางในการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้นไปปฏิบัติในชั้นเรียนอย่างไร	1	1	1	1	1	1.0	ใช้ได้



ภาคผนวก ง
เครื่องมือการวิจัย

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย
(สำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความต้องการจำเป็นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษาตอนปลาย
2. แบบประเมินความต้องการจำเป็นที่มีลักษณะเป็นแบบสอบถาม (Questionnaire) แบ่งออกเป็น 3 ตอน จำนวน 5 หน้า ดังนี้
 - ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 6 ข้อ
 - ตอนที่ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย เป็นแบบสอบถามที่มีรูปแบบของการตอบสนองคู่ (Dual-response format) ในลักษณะมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) หลักการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ 2) บทบาทผู้สอน จำนวน 6 ข้อ 3) พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน จำนวน 7 ข้อ และ 4) แนวทางการวัดและประเมินผล จำนวน 7 ข้อ
 - ตอนที่ 3 ปัญหาและแนวทางการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย เป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ
3. โปรดพิจารณาประเด็นการประเมินและตอบแบบประเมินตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน เพื่อประโยชน์ในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประกอบการพัฒนารูปแบบการสอน โดยคำตอบของท่านไม่มีผลกระทบหรือสร้างความเสียหายต่อท่านและโรงเรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง

นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ
นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นการประเมินและตอบแบบประเมินโดยใช้เครื่องหมาย ✓ ตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1) วิทยฐานะ

- 1.1) ครูผู้ช่วย
- 1.2) ครู
- 1.3) ครูชำนาญการ
- 1.4) ครูชำนาญการพิเศษ

2) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- 2.1) ประถมศึกษาปีที่ 4
- 2.2) ประถมศึกษาปีที่ 5
- 2.3) ประถมศึกษาปีที่ 6

3) ขนาดโรงเรียนที่สอน

- 3.1) เล็ก (1-120 คน)
- 3.2) กลาง (121-600 คน)
- 3.3) ใหญ่ (601-1,500 คน)
- 3.4) ใหญ่พิเศษ (1,501 ขึ้นไป)

4) ระดับการศึกษาสูงสุด

- 4.1) ปริญญาตรี
- 4.2) ปริญญาโท
- 4.3) ปริญญาเอก

5) สาขาที่จบการศึกษา

- 5.1) คณิตศาสตร์
- 5.2) ประถมศึกษา
- 5.3) อื่น ๆ (ระบุ)

6) ประสบการณ์เกี่ยวกับการสอนคณิตศาสตร์

- 6.1) น้อยกว่า 5 ปี
- 6.2) 5-10 ปี
- 6.3) 11-15 ปี
- 6.4) 16 ปีขึ้นไป

ตอนที่ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับ

ประถมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นการประเมินและตอบแบบประเมินโดยใช้เครื่องหมาย ✓ ตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ระดับ 5 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 สภาพที่พึงประสงค์และสภาพปัจจุบันในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตัวอย่างการตอบแบบสอบถาม

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์					สภาพปัจจุบัน				
	มากที่สุด	←			น้อยที่สุด	มากที่สุด	←			น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1) จัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เกมเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน		✓							✓	

จากตัวอย่าง หมายถึง สภาพที่พึงประสงค์ผู้ประเมินคิดว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เกมเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนควรอยู่ในระดับมาก แต่สภาพปัจจุบันการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้เกมเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนอยู่ในระดับน้อย

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์					สภาพปัจจุบัน				
	มากที่สุด		น้อยที่สุด			มากที่สุด		น้อยที่สุด		
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
2) ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อประเด็นปัญหาเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐาน										
3) ผู้สอนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาทางคณิตศาสตร์กับปัญหา หรือสถานการณ์จากบริบทในชีวิตจริง										
4) ผู้สอนกำหนดปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแนวทางการแก้ปัญหาและให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์										
5) ผู้สอนให้ข้อเสนอแนะที่สอดคล้องกับหลักการทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่ผู้เรียนสร้างขึ้น										
6) ผู้สอนใช้การถามตอบ คำถามกระตุ้นความคิด อภิปราย หรือให้ผู้เรียนสะท้อนสิ่งที่ได้เรียนเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ของชั้นเรียน										
ด้านที่ 3 พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน										
1) ผู้เรียนร่วมปฏิบัติกิจกรรม ตอบคำถาม หรือแสดงความคิดเห็นด้วยความสนใจต่อประเด็นปัญหา										
2) ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ และวางแผนการแก้ปัญหา										
3) ผู้เรียนสร้างแนวคิด ยุทธวิธีหรือกระบวนการแก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผล										
4) ผู้เรียนนำเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์										
5) ผู้เรียนแสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อประกอบการแก้ปัญหา										
6) ผู้เรียนร่วมกันอภิปราย หรือแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวคิดของเพื่อนที่นำเสนอเพื่อสนับสนุนแนวคิดที่ถูกต้อง										
7) ผู้เรียนสะท้อนคิดสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันเพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับ										
ด้านที่ 4 แนวทางการวัดและประเมินผล										

ประเด็นการประเมิน	สภาพที่พึงประสงค์					สภาพปัจจุบัน				
	มากที่สุด		น้อยที่สุด			มากที่สุด		น้อยที่สุด		
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย										
2) วัดและประเมินผลการเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์										
3) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการแสดง วิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์										
4) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการให้ เหตุผลทางคณิตศาสตร์										
5) วัดกระบวนการทางความคิดของผู้เรียนด้วยการนำเสนอ แนวคิดในการแก้ปัญหา อภิปรายหรือสะท้อนคิด										
6) ออกแบบเครื่องมือการวัดและประเมินผลโดยกำหนด สถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริงของ ผู้เรียน										
7) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการประเมินผลที่ ชัดเจน										

ตอนที่ 3 ปัญหาและแนวทางการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นคำถามและให้ข้อเสนอแนะตามความเป็นจริงที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านในประเด็นต่อไปนี้

1) การเรียนรู้ในปัจจุบันที่ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนมีลักษณะปัญหาเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

.....

.....

2) แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลายควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

แบบสัมภาษณ์เพื่อการวิจัย

เรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง
ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์)

คำชี้แจง

1. แบบสัมภาษณ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาตอนปลาย
2. แบบสัมภาษณ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง (Structure Interview) สำหรับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์
3. ผู้ให้สัมภาษณ์โปรดพิจารณาประเด็นการสัมภาษณ์เพื่อการให้ข้อมูลที่เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการวิจัย และวิเคราะห์เพื่อใช้ในการพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ให้มีความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำตอบของท่านไม่มีผลกระทบหรือสร้างความเสียหายต่อท่านและหน่วยงานของท่านทั้งทางตรงและทางอ้อม

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างยิ่ง

นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ

นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผู้ให้สัมภาษณ์

ผู้สัมภาษณ์

วันที่/เวลา

สถานที่

1. ท่านคิดว่า การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีความหมายอย่างไร และผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ควรมีลักษณะพฤติกรรมอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. ท่านคิดว่า องค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์ตามที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ ได้แก่ องค์ประกอบที่ 1 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 1.1) การศึกษาและเข้าใจปัญหา 1.2) การวางแผนแก้ปัญหา 1.3) การแก้ปัญหาผ่านแนวคิดที่สร้างขึ้น และ 1.4) การประเมินผลการแก้ปัญหา และ องค์ประกอบที่ 2 การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

3. ท่านคิดว่า สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้และหลักสูตรคณิตศาสตร์ในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อ การคิดเชิงคณิตศาสตร์มีลักษณะเป็นอย่างไร และเกิดจากปัจจัยใดบ้าง

.....

.....

.....

.....

4. ท่านคิดว่า แนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Realistic Mathematic Education: RME) และแนวคิด Model-Eliciting Activities (MEAs) ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นแนวคิดหลักในการพัฒนารูปแบบการสอนคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลาย มีความเหมาะสมหรือไม่ อย่างไร (ตามเอกสารที่แนบมา)

.....

.....

.....

.....

5. ท่านคิดว่า แนวทางการวัดและประเมินผลในด้านวิธีการและเครื่องมือวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับประถมศึกษาตอนปลาย ควรมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

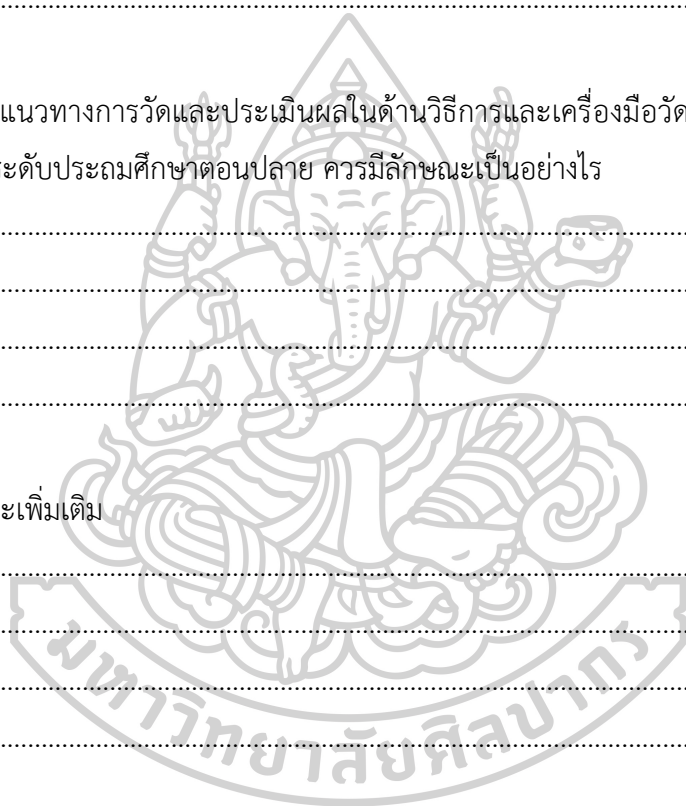
6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....



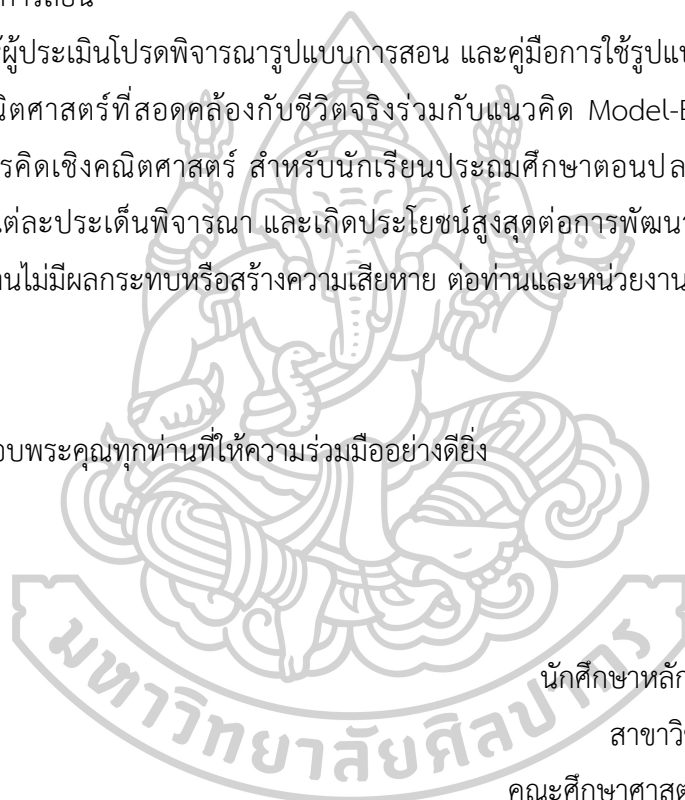
แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน
ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting
Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย
(สำหรับผู้เชี่ยวชาญ)

คำชี้แจง

1. แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน

2. ให้ผู้ประเมินโปรดพิจารณารูปแบบการสอน และคู่มือการใช้รูปแบบการสอน ตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และพิจารณาความเหมาะสมในแต่ละประเด็นพิจารณา และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อการพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยคำตอบของท่านไม่มีผลกระทบหรือสร้างความเสียหาย ต่อท่านและหน่วยงานของท่านทั้งทางตรงและทางอ้อม

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่ง



นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ
นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

**แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิด
การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities
เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย**

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และใส่เครื่องหมาย ✓ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านตามเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการสอน					
1.1 นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน					
1.2 นิยามเชิงปฏิบัติการ การคิดเชิงคณิตศาสตร์ช่วยให้การวัดและประเมินผลเป็นรูปธรรม					
1.3 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่นำมาใช้ช่วยเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน					
1.4 แนวคิดสนับสนุนที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลักในการพัฒนารูปแบบการสอน					
1.5 แนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุนมีความสัมพันธ์และส่งเสริมกันและกัน					
2. รูปแบบการสอนและองค์ประกอบของรูปแบบการสอน					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
2.1 องค์ประกอบของรูปแบบการสอนครอบคลุมความต้องการจำเป็นในการเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
2.2 องค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบมีความสอดคล้องและส่งเสริมกันและกัน					
2.3 การเรียงลำดับองค์ประกอบของรูปแบบการสอน					
2.4 หลักการของรูปแบบการสอนแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของแนวคิดหลักและแนวคิดสนับสนุน					
2.5 วัตถุประสงค์มีความชัดเจนสามารถแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียน					
2.6 หลักการและวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน					
2.7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง					
2.8 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์					
2.9 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์					
2.10 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุจุดประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน					
2.11 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน					
2.12 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
2.13 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
2.14 การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน					
2.15 แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์					
2.16 ระบบสังคมสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
2.17 ระบบสนับสนุนมีความเหมาะสมสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้					
2.18 หลักการตอบสนองมีความสอดคล้องกับบทบาทของผู้สอนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้					
2.19 แผนภาพแสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
2.20 แผนภาพแสดงองค์ประกอบของรูปแบบการสอนในภาพรวมที่ชัดเจน					
3. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน					
3.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการ แนวคิด และทฤษฎีรองรับ					
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่ใช้					
3.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีกลไกในการส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
3.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน					
ขั้นที่ 1 ขั้นเริ่มต้น (B: Basic Thinking)					
ขั้นที่ 2 ขั้นเชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)					
ขั้นที่ 3 ขั้นสร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)					
ขั้นที่ 4 ขั้นเปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)					
ขั้นที่ 5 ขั้นการคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)					

สรุปผลการรับรองคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีความคิดเห็นว่า

รับรอง รับรองและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ไม่รับรอง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
(.....)

วันที่.....



**แบบประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิด
การศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities
เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย**

คำชี้แจง

ให้ท่านพิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และใส่เครื่องหมาย ✓ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านตามเกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
1. คู่มือมีการจัดลำดับเนื้อหาที่ง่ายต่อการศึกษาและนำไปใช้					
2. คู่มือมีกรอบเนื้อหาที่ครบถ้วนและชัดเจน					
3. แนวทางการนำรูปแบบการสอนไปใช้เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน					
4. ตัวอย่างการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ แสดงให้เห็นถึงการวางแผนเนื้อหาในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้					
5. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับขั้นตอนของรูปแบบการสอนและสามารถนำไปใช้ได้จริง					
6. ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดและประเมินผลสามารถวัดและประเมินผล การคิดเชิงคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม					
7. เกณฑ์การให้คะแนนการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นไปตามองค์ประกอบของการคิดเชิงคณิตศาสตร์					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5	4	3	2	1
8. รายละเอียดในคู่มือมีความชัดเจน เหมาะสมที่จะทำให้อ่านนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบรรลุผลตามจุดมุ่งหมายของรูปแบบการสอน					

สรุปผลการรับรองคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

จากการประเมินความเหมาะสมของคู่มือการใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย มีความคิดเห็นว่า

รับรอง รับรองและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ไม่รับรอง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....



แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน-หลังเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม

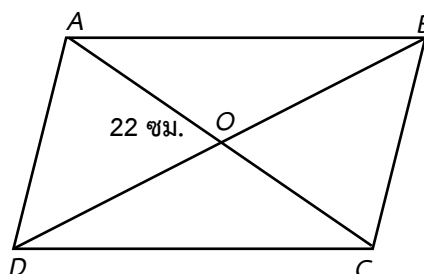
คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวและทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ และใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที

1. รูปสี่เหลี่ยมชนิดใดที่มีความยาวด้านทั้งสี่ด้านยาวเท่ากัน
 - 1) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - 2) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - 3) รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 - 4) รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

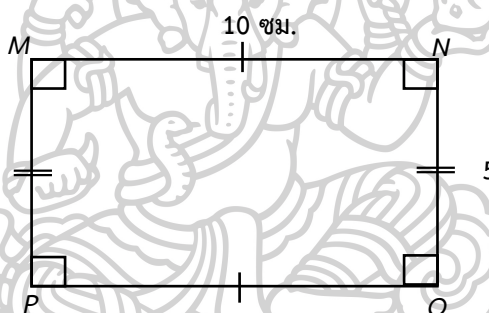
2. รูปสี่เหลี่ยมชนิดใดที่เส้นทแยงมุมตัดกันเป็นมุมฉาก
 - 1) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - 2) รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว และรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - 3) รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน
 - 4) รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน

3. รูปสี่เหลี่ยมรูปหนึ่ง มุมทุกมุมเป็นมุมฉาก มีด้านตรงข้ามยาวเท่ากัน และด้านที่อยู่ติดกันยาวไม่เท่ากัน ด้านยาวมีความยาวมากกว่าด้านกว้าง 2 เท่า ถ้าด้านกว้างยาว 15 เซนติเมตร ด้านยาวยาวกี่เซนติเมตร และเป็นรูปสี่เหลี่ยมชนิดใด
 - 1) 15 เซนติเมตร และเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - 2) 15 เซนติเมตร และเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
 - 3) 30 เซนติเมตร และเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
 - 4) 30 เซนติเมตร และเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน

4. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ABCD มีส่วนของเส้นตรง AC ยาว 22 เซนติเมตร ส่วนของเส้นตรง AO ยาวเท่าไร



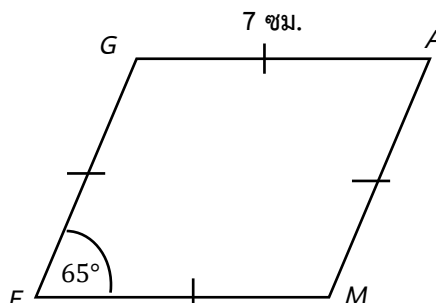
- 1) 8 เซนติเมตร
2) 11 เซนติเมตร
3) 16 เซนติเมตร
4) 22 เซนติเมตร
5. สร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า MNPO กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร



- (ก) สร้างมุมฉากโดยใช้โปรแทรกเตอร์ที่จุด P ลาก \overline{PM} ยาว 5 เซนติเมตร
(ข) ลาก \overline{PO} ยาว 10 เซนติเมตร
(ค) ลาก \overline{MN}
(ง) สร้างมุมฉากโดยใช้โปรแทรกเตอร์ที่จุด O ลาก \overline{ON} ยาว 5 เซนติเมตร
- ข้อใดเรียงลำดับการสร้างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า MNOP ได้ถูกต้อง

- 1) (ก) (ข) (ค) (ง)
2) (ข) (ค) (ง) (ก)
3) (ข) (ก) (ง) (ค)
4) (ง) (ค) (ข) (ก)

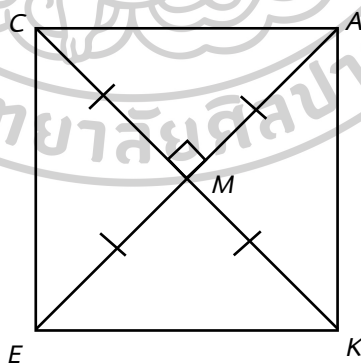
6. สร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน GAME มีความยาวด้านละ 7 เซนติเมตร โดยให้มุมหนึ่งมีขนาด 65 องศา



- (ก) ลาก \overline{EM} ยาว 7 เซนติเมตร
 (ข) สร้างมุม 65 องศาโดยใช้โปรแทรกเตอร์ที่จุด E ลาก \overline{EG} ยาว 7 เซนติเมตร
 (ค) ลาก \overline{AM}
 (ง) สร้างมุม 115 องศา โดยใช้โปรแทรกเตอร์ที่จุด G ลาก \overline{GA} ยาว 7 เซนติเมตร
 ข้อใดเรียงลำดับการสร้างรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน GAME ได้ถูกต้อง

- 1) (ก) (ข) (ง) (ค)
 2) (ก) (ค) (ข) (ง)
 3) (ข) (ก) (ง) (ค)
 4) (ง) (ค) (ข) (ก)

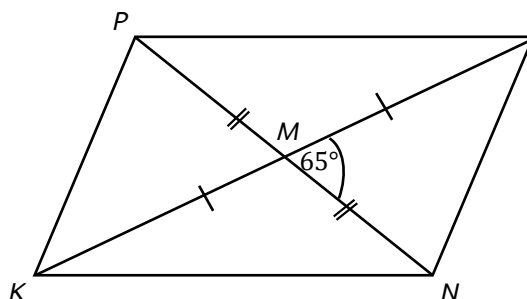
7. สร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส CAKE ให้มีเส้นทแยงมุมยาว 5 เซนติเมตร



- (ก) ลาก \overline{CA} , \overline{AK} , \overline{KE} , และ \overline{EC}
 (ข) ลาก \overline{EA} ยาว 5 เซนติเมตร และแบ่งครึ่ง \overline{EA} ที่จุด M
 (ค) ลาก \overline{CK} ให้ตั้งฉากกับ \overline{EA} ที่จุด M โดย $\overline{CM} = \overline{MK}$ ยาวด้านละ 2.5 เซนติเมตร
 ข้อใดเรียงลำดับการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส CAKE ได้ถูกต้อง

- 1) (ก) (ข) (ค) 2) (ข) (ค) (ก)
 3) (ค) (ข) (ก) 4) (ก) (ค) (ข)

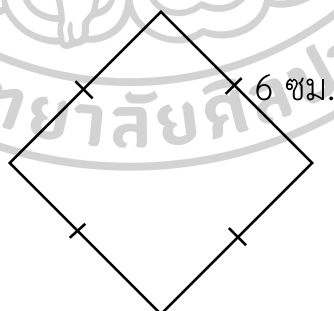
8. สร้างรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน PINK ให้มีเส้นทแยงมุมยาว 10 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร และมุมที่จุดตัดของเส้นทแยงมุมมุมหนึ่งมีขนาด 65 องศา



- (ก) ลาก \overline{PN} ให้ตัดกับ \overline{KI} ที่จุด M โดยมีขนาด $\angle IMN$ มีขนาด 65 องศา และให้ $\overline{PM} = \overline{MN}$ ยาวด้านละ 3 เซนติเมตร
- (ข) ลาก \overline{PI} , \overline{IN} , \overline{NK} , และ \overline{KP}
- (ค) ลาก \overline{KI} ยาว 10 เซนติเมตร และแบ่งครึ่ง \overline{KI} ที่จุด M
- ข้อใดเรียงลำดับการสร้างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส CAKE ได้ถูกต้อง

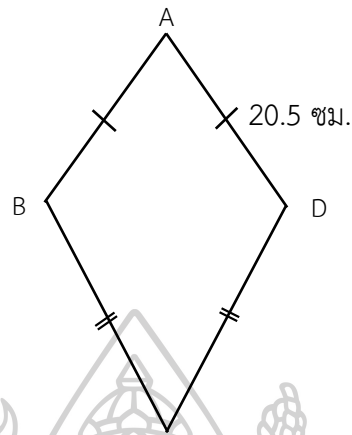
- 1) (ก) (ข) (ค)
- 2) (ข) (ค) (ก)
- 3) (ค) (ข) (ก)
- 4) (ค) (ก) (ข)

9. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนที่กำหนด มีความยาวรอบรูปเท่าไร



- 1) $6 + 6 = 12$ เซนติเมตร
- 2) $4 \times 6 = 24$ เซนติเมตร
- 3) $6 \times 6 = 36$ เซนติเมตร
- 4) $2 \times (6 + 4) = 20$ เซนติเมตร

10. รูปสี่เหลี่ยมรูปว่าว ABCD มีความยาวรอบรูป 125 เซนติเมตร ส่วนของเส้นตรง BC ยาวกี่เซนติเมตร



- 1) 30.5 เซนติเมตร
- 2) 40 เซนติเมตร
- 3) 42 เซนติเมตร
- 4) 84 เซนติเมตร

11. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ด้านหนึ่งยาว 45 เมตร และด้านที่อยู่ติดกันยาว 35 เมตร รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีความยาวรอบรูปกี่เซนติเมตร

- 1) 80 เซนติเมตร
- 2) 120 เซนติเมตร
- 3) 160 เซนติเมตร
- 4) 200 เซนติเมตร

12. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีความยาวรอบรูป 120 เซนติเมตร มีด้านหนึ่งยาว 25 เซนติเมตร ด้านที่อยู่ติดกันยาวกี่เซนติเมตร

- 1) 20 เซนติเมตร
- 2) 35 เซนติเมตร
- 3) 50 เซนติเมตร
- 4) 70 เซนติเมตร

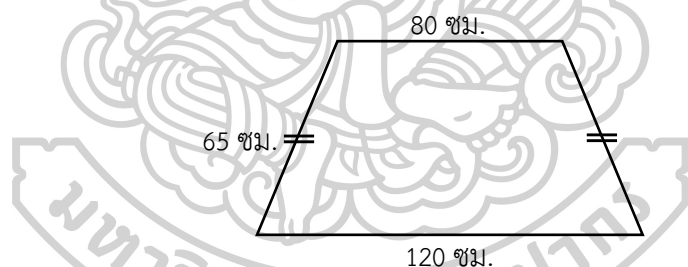
13. สนามฟุตบอลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 86 เมตร และกว้าง 56 เมตร ถ้าวิ่ง 1 รอบ สนามฟุตบอล จะมีระยะทางกี่เมตร

- 1) 142 เมตร
- 2) 284 เมตร
- 3) 340 เมตร
- 4) 396 เมตร

14. กระจับปี่พื้นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความยาวรอบแผ่นกระจับปี่ 152 เซนติเมตร กระจับปี่แต่ละด้านมีความยาวกี่เซนติเมตร

- 1) 19 เซนติเมตร
- 2) 38 เซนติเมตร
- 3) 76 เซนติเมตร
- 4) 84 เซนติเมตร

15. โຕະห้องปฏิบัติการคณิตศาสตร์เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังรูป



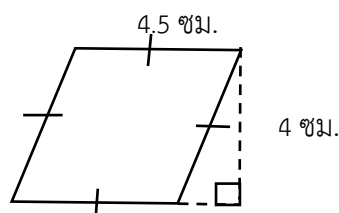
ถ้านำมาเรียงต่อกัน 3 ตัว



ความยาวรอบโຕະที่เรียงต่อกันยาวกี่เมตร

- 1) 7.3 เมตร
- 2) 73 เมตร
- 3) 15.9 เมตร
- 4) 159 เมตร

16. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ดังภาพ มีพื้นที่เท่าไร



- 1) $4.5 \times 4 = 18$ ตร.ซม.
- 2) $4.5 + 4 = 8.5$ ตร.ซม.
- 3) $2 \times (4.5 + 4) = 17$ ตร.ซม.
- 4) $4.5 + 4.5 + 4 + 4 = 17$ ตร.ซม.

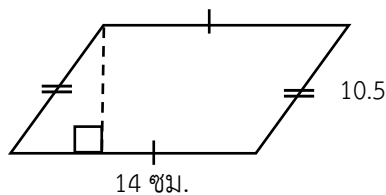
17. รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมีความยาวด้านละ 12 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างด้าน 7.5 เซนติเมตร รูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

- 1) 19.5 ตารางเซนติเมตร
- 2) 39 ตารางเซนติเมตร
- 3) 9 ตารางเซนติเมตร
- 4) 90 ตารางเซนติเมตร

18. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีความยาวฐาน 18 เซนติเมตร และสูง 10.5 เซนติเมตร รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

- 1) 57 ตารางเซนติเมตร
- 2) 94.5 ตารางเซนติเมตร
- 3) 189 ตารางเซนติเมตร
- 4) 205 ตารางเซนติเมตร

19. รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ดังภาพ มีพื้นที่ 252 ตารางเซนติเมตร สูงกี่เซนติเมตร



- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1) 15 เซนติเมตร | 2) 16 เซนติเมตร |
| 3) 17 เซนติเมตร | 4) 18 เซนติเมตร |

20. แผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีด้านคู่ขนานด้านหนึ่งยาว 10.5 เมตร ระยะห่างระหว่างด้านคู่ขนานยาว 4 เมตร แผ่นเหล็กมีพื้นที่กี่ตารางเมตร

- 1) 21 ตารางเมตร
- 2) 42 ตารางเมตร
- 3) 84 ตารางเมตร
- 4) 120 ตารางเมตร

21. แผ่นไม้สี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีขนาดเท่ากัน จำนวน 3 แผ่น มีพื้นที่รวมกัน 7,560 ตารางเซนติเมตร แต่ละแผ่นมีความยาวของฐาน 42 เซนติเมตร แผ่นไม้แต่ละแผ่นมีระยะห่างระหว่างด้านที่เซนติเมตร

- 1) 45 เซนติเมตร
- 2) 50 เซนติเมตร
- 3) 55 เซนติเมตร
- 4) 60 เซนติเมตร

22. กระจาดรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีความยาวของฐานยาว 25 เซนติเมตร มีระยะห่างระหว่างด้านคู่ขนานสั้นกว่าความยาวของฐาน 9 เซนติเมตร กระจาดมีพื้นที่กี่ตารางเซนติเมตร

- 1) 100 ตารางเซนติเมตร
- 2) 225 ตารางเซนติเมตร
- 3) 400 ตารางเซนติเมตร
- 4) 450 ตารางเซนติเมตร

23. โตะรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีความยาวรอบโตะ 18 เมตร ด้านตรงข้ามห่างกัน 4 เมตร บริเวณหน้าโตะมีพื้นที่กี่ตารางเมตร

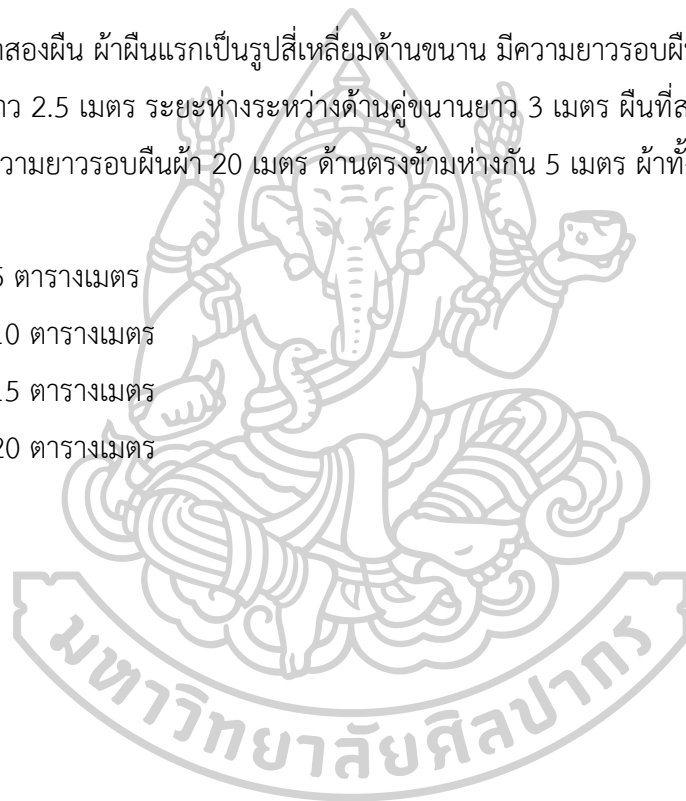
- 1) 4.5 ตารางเมตร
- 2) 9 ตารางเมตร
- 3) 18 ตารางเมตร
- 4) 36 ตารางเมตร

24. กระจาดสองแผ่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน แผ่นที่ 1 มีพื้นที่ 96 ตารางเซนติเมตร มีระยะห่างระหว่างด้าน 8 เซนติเมตร แผ่นที่ 2 มีความยาวรอบรูป 22 เซนติเมตร กระจาดทั้งสองแผ่นมีความยาวด้านต่างกันได้กี่เซนติเมตร

- 1) 5 เซนติเมตร
- 2) 5.5 เซนติเมตร
- 3) 6 เซนติเมตร
- 4) 6.5 เซนติเมตร

25. เจตมียี่สิบสองแผ่น แผ่นแรกเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีความยาวรอบรูป 15 เมตร ด้านที่อยู่ติดกับฐานยาว 2.5 เมตร ระยะห่างระหว่างด้านคู่ขนานยาว 3 เมตร แผ่นที่สองเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน มีความยาวรอบรูป 20 เมตร ด้านตรงข้ามห่างกัน 5 เมตร ผ้าทั้งสองแผ่นมีพื้นที่ต่างกันกี่ตารางเมตร

- 1) 5 ตารางเมตร
- 2) 10 ตารางเมตร
- 3) 15 ตารางเมตร
- 4) 20 ตารางเมตร



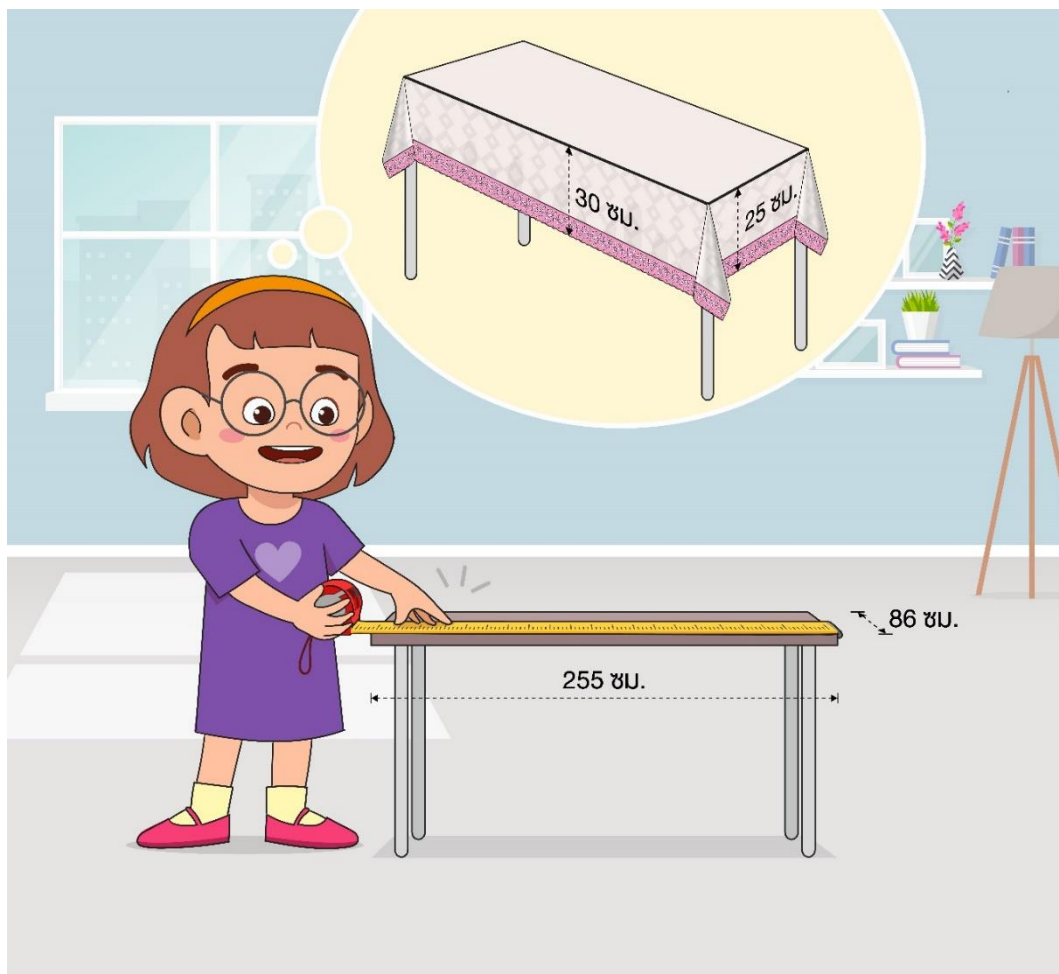
แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเรียน-หลังเรียน
หน่วยการเรียนรู้ เรื่องรูปสี่เหลี่ยม ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบวัดการคิดเชิงคณิตศาสตร์ฉบับนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 2 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 60 นาที
2. เกณฑ์การให้คะแนน เป็นไปตามเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย
 - 1) การวิเคราะห์ปัญหาและประเมินความรู้ คะแนนเต็ม 4 คะแนน
 - 2) การออกแบบ/วางแผนและเชื่อมโยงความรู้ คะแนนเต็ม 4 คะแนน
 - 3) การดำเนินการแก้ปัญหา คะแนนเต็ม 4 คะแนน
 - 4) การประเมินความสมเหตุสมผล คะแนนเต็ม 4 คะแนน
3. ให้นักเรียนวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ต่อไปนี้ และใช้กระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์แสดงกระบวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบลงในกระดาษคำตอบ



สถานการณ์ที่ 1 แม่ต้องการเย็บผ้าลูกไม้ต่อชายผ้าคลุมโต๊ะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อวัดความยาวด้านหน้าของโต๊ะ ยาว 255 เซนติเมตร และกว้าง 86 เซนติเมตร แม่ต้องการให้ชายผ้าคลุมขอบโต๊ะเพื่อความสวยงาม โดยปล่อยชายผ้ายาวลงคลุมขอบโต๊ะด้านกว้าง ด้านละ 25 เซนติเมตร และด้านยาว ด้านละ 30 เซนติเมตร แม่ต้องใช้ผ้าลูกไม้อย่างน้อยกี่เมตรเพื่อต่อชายผ้าคลุมโต๊ะ



สถานการณ์ที่ 2 นายช่างต้องการปูพื้นกระเบื้องห้องรับแขกที่มีพื้นที่ 22 ตารางเมตร สร้างลวดลายที่พื้นด้วยการปูแผ่นกระเบื้องสลับกันระหว่างแผ่นกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและแผ่นกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนดังภาพ แผ่นกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน มีความยาวรอบแผ่น 1.8 เมตร ด้านที่อยู่ติดกับฐานยาว 0.3 เมตร และด้านที่อยู่ตรงข้ามกับฐานห่างกัน 0.25 เมตร และแผ่นกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนมีความยาวรอบแผ่น 1.2 เมตร มีระยะห่างระหว่างด้าน 0.25 เมตร นายช่างต้องใช้แผ่นกระเบื้องรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานและรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนอย่างน้อยชนิดละกี่แผ่น



แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความคิดเห็นของนักเรียนไปใช้ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

2. แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็น มาตรการประมาณค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 5 ข้อ 2) บรรยากาศการเรียนรู้ จำนวน 4 ข้อ และ 3) ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ จำนวน 9 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ

3. ให้นักเรียนตอบแบบประเมินตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัย โดยคำตอบของนักเรียนไม่มีผลกระทบต่อคะแนน หรือสร้างความเสียหายต่อนักเรียนและโรงเรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม

นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ

นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน ตามเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้					
1) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน					
2) กระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์					
3) ส่งเสริมการค้นหาความรู้ด้วยตนเอง					
4) ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน					
5) ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
ด้านที่ 2 บรรยากาศการเรียนรู้					
1) มีความเป็นอิสระในการแสดงความคิดเห็น					
2) มีความน่าสนใจต่อการเรียนรู้					
3) มีความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
4) เอื้อต่อการทำงานร่วมกับผู้อื่น					
5) ส่งเสริมความกระตือรือร้นในการเรียนรู้					
ด้านที่ 3 ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับ					
1) นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง					
2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน					
3) นักเรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน					
4) นักเรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
5) นักเรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา					
6) นักเรียนได้ทำงานผ่านกระบวนการกลุ่ม					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
7) นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทั้งกิจกรรมเดี่ยวและกิจกรรมกลุ่ม					
8) นักเรียนมีความสามารถในการกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
9) นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้

1. นักเรียนรู้สึกอย่างไรเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

.....

.....

.....

2. นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์

.....

.....

.....

3. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้อง
กับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์
สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย
(สำหรับผู้เข้าร่วมประชุม)

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอนฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อนำความคิดเห็นของครูผู้สอนไปใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขรายละเอียดของรูปแบบการสอน
2. แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้
 - ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อคำถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 4 ข้อ
 - ตอนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะเป็น มาตรฐานค่า 5 ระดับ แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน จำนวน 11 ข้อ และด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้ จำนวน 8 ข้อ
 - ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน จำนวน 2 ข้อ
3. ให้ครูผู้สอนตอบแบบประเมินตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัย โดยคำตอบของท่านไม่มีผลกระทบต่อท่านและโรงเรียนทั้งทางตรงและทางอ้อม

นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ
นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดพิจารณาประเด็นการประเมินและตอบแบบประเมินโดยใช้เครื่องหมาย ✓ ตามความเป็นจริงให้ครบทุกข้อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1) เพศ

 1.1) ชาย 1.2) หญิง

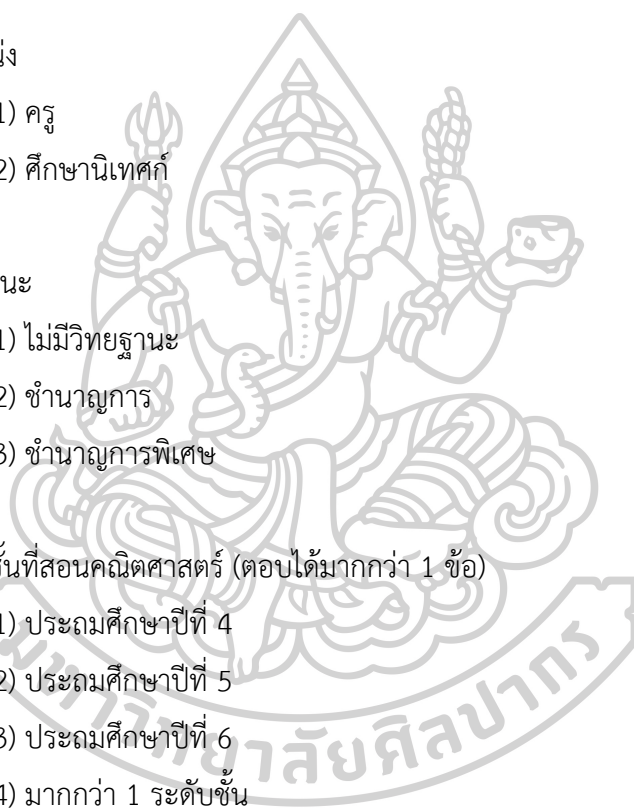
2) ตำแหน่ง

 2.1) ครู 2.2) ศึกษานิเทศก์

3) วิทยฐานะ

 3.1) ไม่มีวิทยฐานะ 3.2) ชำนาญการ 3.3) ชำนาญการพิเศษ

4) ระดับชั้นที่สอนคณิตศาสตร์ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

 4.1) ประถมศึกษาปีที่ 4 4.2) ประถมศึกษาปีที่ 5 4.3) ประถมศึกษาปีที่ 6 4.4) มากกว่า 1 ระดับชั้น 4.5) ทำหน้าที่นี้เทศ

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการสอน

คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนระบุคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ตามเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
- 4 หมายถึง เห็นด้วยมาก
- 3 หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 2 หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 1 หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านที่ 1 รูปแบบการสอน					
1) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้เป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง					
2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์					
3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์					
4) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
5) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ได้อธิบายถึงลักษณะของกิจกรรมที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติจริงได้ในชั้นเรียน					
6) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
7) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ระบุบทบาทผู้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
8) การสรุปเป้าหมายในแต่ละขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ช่วยให้เข้าใจความคิดรวบยอดของรูปแบบการสอน					
9) แนวทางการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับหลักการและวัตถุประสงค์					
10) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนมีหลักการ แนวคิด และทฤษฎีรองรับ					
11) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสอน					
11.1) ชั้นความคิดพื้นฐาน (B: Basic Thinking)					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
11.2) ^{ขั้น} เชื่อมโยงความจริง (R: Realistic connecting)					
11.3) ^{ขั้น} สร้างแนวคิดผ่านกระบวนการกลุ่ม (IG: Idea initiating & Group processing)					
11.4) ^{ขั้น} เปิดเผยความคิด (H: Heart-to-heart)					
11.5) ^{ขั้น} การคิดเชิงองค์ความรู้ (T: Thinking with concepts)					
12) แผนภาพรูปแบบการสอนสื่อความหมายของกระบวนการได้ชัดเจน					
ด้านที่ 2 การนำรูปแบบการสอนไปใช้					
1) ผู้เรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน					
2) ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้คณิตศาสตร์					
3) ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง					
4) ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเพื่อนและครูผู้สอน					
5) ผู้เรียนได้แก้ปัญหาผ่านกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์					
6) ผู้เรียนได้รับความท้าทายในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์					
7) ผู้เรียนได้แสดงผลทางคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการแก้ปัญหา					
8) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมร่วมกันผ่านกระบวนการกลุ่ม					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับรูปแบบการสอน

1) รูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น มีจุดเด่น หรือจุดบกพร่อง ที่ควรแก้ไขเพิ่มเติม อย่างไร

.....

.....

.....

.....

2) ท่านมีแนวทางในการนำรูปแบบการสอนที่พัฒนาขึ้น ไปปฏิบัติในชั้นเรียนอย่างไร

.....

.....

.....

.....



ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 25 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 25 คะแนน)
1	6	17
2	7	15
3	8	18
4	10	19
5	6	16
6	6	17
7	8	23
8	11	22
9	9	21
10	12	16
11	7	18
12	7	17
13	11	20
14	5	16
15	7	17
16	11	20
17	10	22
18	12	16
19	6	17
20	5	16
21	11	20
22	4	18
23	8	14
24	6	17
25	5	16
26	7	15
27	6	16
28	7	14
29	6	22
30	6	21
31	7	16

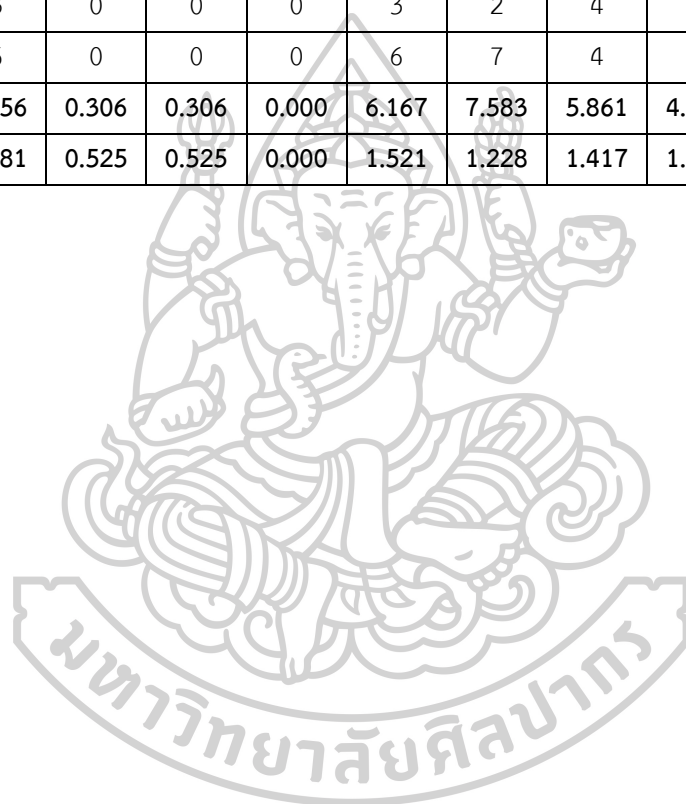
เลขที่	คะแนนก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 25 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 25 คะแนน)
32	8	16
33	7	19
34	6	14
35	11	15
36	5	13
<i>M</i>	7.611	17.472
<i>SD</i>	2.246	2.602



ผลประเมินการคิดเชิงคณิตศาสตร์

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน/ด้าน (คะแนนเต็ม 8 คะแนน/ด้าน)					คะแนนหลังเรียน/ด้าน (คะแนนเต็ม 8 คะแนน/ด้าน)				
	1	2	3	4	รวม	1	2	3	4	รวม
1	5	0	0	0	5	8	4	2	3	17
2	2	0	0	0	2	8	5	4	3	20
3	6	0	0	0	6	8	6	5	5	24
4	2	0	0	0	2	8	6	6	3	23
5	6	0	0	0	6	8	5	6	2	21
6	6	0	0	0	6	8	8	6	6	28
7	5	2	2	0	9	8	6	5	4	23
8	6	1	1	0	8	8	8	5	2	23
9	6	0	1	0	7	8	8	6	3	25
10	4	0	0	0	4	8	6	5	3	22
11	6	0	0	0	6	8	5	5	3	21
12	6	1	1	0	8	8	5	6	3	22
13	6	1	0	0	7	8	6	1	3	18
14	5	0	0	0	5	8	7	3	3	21
15	6	1	0	0	7	8	5	6	2	21
16	6	0	1	0	7	8	8	6	5	27
17	6	1	0	0	7	8	6	3	1	18
18	6	0	1	0	7	8	8	5	1	22
19	6	0	0	0	6	8	5	4	1	18
20	6	1	1	0	8	8	7	6	4	25
21	6	0	0	0	6	8	6	0	0	14
22	6	0	0	0	6	8	7	3	3	21
23	6	0	1	0	7	8	6	6	4	24
24	6	0	0	0	6	8	8	6	3	25
25	6	0	0	0	6	8	5	5	2	20
26	6	1	0	0	7	8	6	6	4	24
27	6	0	0	0	6	8	5	2	3	18
28	6	0	0	0	6	5	2	2	3	12
29	6	1	1	0	8	8	8	6	6	28

เลขที่	คะแนนก่อนเรียน/ด้าน (คะแนนเต็ม 8 คะแนน/ด้าน)					คะแนนหลังเรียน/ด้าน (คะแนนเต็ม 8 คะแนน/ด้าน)				
	1	2	3	4	รวม	1	2	3	4	รวม
30	6	0	0	0	6	8	6	5	3	22
31	6	0	0	0	6	8	5	4	4	21
32	6	0	1	0	7	6	5	4	4	19
33	6	1	0	0	7	5	5	3	4	17
34	6	0	0	0	6	8	5	3	4	20
35	3	0	0	0	3	2	4	3	3	12
36	6	0	0	0	6	7	4	4	3	18
<i>M</i>	5.556	0.306	0.306	0.000	6.167	7.583	5.861	4.361	3.139	20.944
<i>SD</i>	1.081	0.525	0.525	0.000	1.521	1.228	1.417	1.641	1.291	3.854



ผลการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของการคิดเชิงคณิตศาสตร์

เลขที่	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จำแนกตามรายด้าน				ภาพรวม
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	ด้านที่ 4	
1	100.000	50.000	25.000	37.500	44.444
2	100.000	62.500	50.000	37.500	60.000
3	100.000	75.000	62.500	62.500	69.231
4	100.000	75.000	75.000	37.500	70.000
5	100.000	62.500	75.000	25.000	57.692
6	100.000	100.000	75.000	75.000	84.615
7	100.000	66.667	50.000	50.000	60.870
8	100.000	100.000	57.143	25.000	62.500
9	100.000	100.000	71.429	37.500	72.000
10	100.000	75.000	62.500	37.500	64.286
11	100.000	62.500	62.500	37.500	57.692
12	100.000	57.143	71.429	37.500	58.333
13	100.000	71.429	12.500	37.500	44.000
14	100.000	87.500	37.500	37.500	59.259
15	100.000	57.143	75.000	25.000	56.000
16	100.000	100.000	71.429	62.500	80.000
17	100.000	71.429	37.500	12.500	44.000
18	100.000	100.000	57.143	12.500	60.000
19	100.000	62.500	50.000	12.500	46.154
20	100.000	85.714	71.429	50.000	70.833
21	100.000	75.000	0.000	0.000	30.769
22	100.000	87.500	37.500	37.500	57.692
23	100.000	75.000	71.429	50.000	68.000
24	100.000	100.000	75.000	37.500	73.077
25	100.000	62.500	62.500	25.000	53.846
26	100.000	71.429	75.000	50.000	68.000
27	100.000	62.500	25.000	37.500	46.154
28	50.000	25.000	25.000	37.500	23.077
29	100.000	100.000	71.429	75.000	83.333
30	100.000	75.000	62.500	37.500	61.538

เลขที่	คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จำแนกตามรายด้าน				ภาพรวม
	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านที่ 3	ด้านที่ 4	
31	100.000	62.500	50.000	50.000	57.692
32	0.000	62.500	42.857	50.000	48.000
33	0.000	57.143	37.500	50.000	40.000
34	100.000	62.500	37.500	50.000	53.846
35	0.000	50.000	37.500	37.500	31.034
36	50.000	50.000	50.000	37.500	46.154
<i>M</i>	88.889	72.239	53.075	39.236	57.337
<i>SD</i>	29.547	18.026	19.869	16.134	14.257
แปลผล	พัฒนาการ ระดับสูงมาก	พัฒนาการ ระดับสูง	พัฒนาการ ระดับสูง	พัฒนาการ ระดับสูง	พัฒนาการ ระดับกลาง





ภาคผนวก ง
หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



บันทึกข้อความ

สำนักงาน สำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ภายใน 216004

ที่ อว 8603.16/ 4548

วันที่ 26 ตุลาคม 2564

เรื่อง ผลการพิจารณาการขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เรียน นายณัฐพล เอี่ยมฉ่ำ (นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์) ผ่านอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. สรัญญา สันนท์ ฐสกุล

ตามที่ท่านได้ส่งโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษา
คณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิง
คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย (เลขที่โครงการ REC 64.0826-113-4783) ไปยัง
สำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ เพื่อขอรับการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการ
จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศิลปากร แล้วนั้น

บัดนี้ สำนักงานบริหารการวิจัยฯ ขอแจ้งผลการพิจารณาให้ทราบว่า โครงการวิจัยดังกล่าว
เข้าข่ายโครงการวิจัยที่ได้รับการพิจารณาแบบรวดเร็ว (Expedited review) จึงออกหนังสือรับรองให้กับ
โครงการวิจัยดังกล่าวตามเอกสารแนบ โดยขอให้รายงานฉบับสมบูรณ์เมื่อโครงการเสร็จสิ้น พร้อมแนบบันทึก
ข้อมูลจำนวน 1 แผ่น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ หากผู้วิจัยมีข้อสงสัยสามารถสอบถามเพิ่มเติมได้ที่ นางสาวณฤมล
นันท์ทิวาวัฒน์ โทร (เบอร์สำนักงาน) 098-5479738 ภายใน 216004

(ศาสตราจารย์ ดร.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์)
ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์



มหาวิทยาลัยศิลปากร

หนังสือฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

รหัสโครงการ: REC 64.0826-113-4783

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย): การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ): The Development of Mathematic Instruction Model Based on Realistic Mathematic Education and Model-Eliciting Activities Approach to Enhance of Mathematical Thinking for Upper Primary School Students

ผู้วิจัยหลัก: นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ

สังกัด: คณะศึกษาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เวอร์ชัน 01 ฉบับลงวันที่ 26 สิงหาคม 2564
2. แบบเสนอโครงการวิจัยเพื่อการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (ฉบับภาษาไทย) เวอร์ชัน 01 ฉบับลงวันที่ 26 สิงหาคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย เวอร์ชัน 01 ฉบับลงวันที่ 4 ตุลาคม 2564

ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยยึดหลักเกณฑ์ตามคำประกาศ เฮลซิงกิ (Declaration of Helsinki) และมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมายข้อบังคับ และข้อกำหนดภายในประเทศ โดยขอให้รายงานฉบับสมบูรณ์เมื่อโครงการเสร็จสิ้น



(ศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์)

ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยศิลปากร

หมายเลขใบรับรอง COE 64.1014-136

วันที่รับรอง: 14 ตุลาคม พ.ศ.2564

สำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์

6 ถนนราชมรรคาใน ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมืองนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

โทร 0-3425-5808 โทรสาร (Fax) : 0-3425-5808

email : su.ethicshuman@gmail.com



บันทึกข้อความ

ส่วนงาน สำนักงานบริหารการวิจัย นวัตกรรมและการสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ภายใน 216004

ที่ อว 8603.16/005318

วันที่ 27 ตุลาคม 2565

เรื่อง ผลการพิจารณาการต่ออายุเอกสารรับรองโครงการวิจัย

เรียน นายณัฐนาท เอี่ยมฉ่ำ (นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์)

ตามที่ท่านได้มีบันทึก ที่ อว 8612/1203 ลงวันที่ 26 สิงหาคม 2565 ขอต่ออายุโครงการวิจัย ที่ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการดำเนินงาน วิจัยครั้งที่ 1 ของโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนารูปแบบการสอนตามแนวคิดการศึกษาคณิตศาสตร์ที่สอดคล้อง กับชีวิตจริงร่วมกับแนวคิด Model-Eliciting Activities เพื่อเสริมสร้างการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียน ประถมศึกษาตอนปลาย (เลขที่โครงการ REC 64.0826-113-4783) โดยโครงการดังกล่าวได้รับการรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ เมื่อวันที่ 14 ตุลาคม 2564 ตามหมายเลขใบรับรอง COE 64.1014-136 และหมดอายุวันที่ 13 ตุลาคม 2565 โดยให้เหตุผลว่าเนื่องจากความล่าช้าในการเก็บข้อมูลในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 อันเนื่องมาจากสถานการณ์แพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 2019 ส่งผลให้การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่จะใช้ในระยะที่ 3 ไม่ทันเก็บข้อมูลกับผู้เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ผ่านมา และประสงค์ขอขยายเวลาในการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 3 ออกไป นั้น

ในการนี้ ที่ประชุมคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ครั้งที่ 5/2565 เมื่อวันที่ 21 ตุลาคม 2565 ได้พิจารณาตามเหตุผลข้างต้นแล้ว มีมติอนุมัติให้ต่ออายุ ระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่วันที่ 13 ตุลาคม 2565 และหมดอายุวันที่ 12 ตุลาคม 2566

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ศาสตราจารย์ ดร.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์)
ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายณฤนาท เอี่ยมฉ่ำ
สถานที่เกิด	จังหวัดชัยนาท
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม อันดับ 1) สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ พ.ศ. 2560 สำเร็จการศึกษา ศีษศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ. 2561 ศึกษาต่อ ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน กลุ่มวิชาการประถมศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร

