



Development of MACRO Model Learning Activities with Think-Talk-Write Technique to Promote Mathematical Understanding of Grade-11 Students

Naphatsakorn Photharam^{1,*} and Montri Thongmoon²

¹*Teaching of Science and Mathematics Program, Faculty of Education, Mahasarakham University*

²*Faculty of Science, Mahasarakham University*

*Email: 65010554022@msu.ac.th

Received <19 April 2024>; Revised <2 June 2024>; Accepted <17 June 2024>

Abstract

The purposes of this research were 1) to develop lesson plans on MACRO Model Learning Activities with Think-Talk-Write Technique on sequences and series with the efficiency 75/75 criteria, 2) to compare the mathematical understanding using MACRO Model Learning Management with Think-Talk-Write Technique on sequences and series between before class and after class, and 3) to compare the learning achievement using MACRO Model Learning Management with Think-Talk-Write Technique on sequences and series with the criteria of 75 percent. The research sample group consisted of 42 Grade-11 students at Kalasinpittayasan School in the academic year 2023, selected by cluster random sampling technique. The research instruments were as follows: 1) 10 lesson plans on MACRO Model Learning Activities with Think-Talk-Write Technique on sequences and series. 2) 5 items of the subjective test to assess mathematical understanding of sequences and series. 3) 30 four-option of mathematics learning achievement test. Statistics used in the research included: a percentage, a mean, a standard deviation, formulary of the efficiency of learning activity, t-test for one sample and t-test dependent sample. The research findings were as follows: 1) The lesson plans on MACRO Model Learning Management with Think-Talk-Write Technique, which enhance the mathematical understanding of sequences and series were found that the efficiency were 77.56/76.90 according to the 75/75 criteria, 2) The mathematical understanding of sequences and series after participating in the learning activities based on MACRO Model Learning Management with Think-Talk-Write Technique was statistically higher than before class at .05 level, and 3) The mathematics learning achievement of sequences and series after participating in the learning activities based on MACRO Model Learning Management with Think-Talk-Write Technique was statistically higher than the 75-percent criterion at .05 level.

Keywords: MACRO Model, Think Talk Write, Mathematical Understanding

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

นภัสร โพธาราม^{1*} และมนตรี ทองมูล²

¹สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

²คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

*Email: 65010554022@msu.ac.th

รับบทความ: 19 เมษายน 2567 แก้ไขบทความ: 2 มิถุนายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 17 มิถุนายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายคือ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ลำดับและอนุกรม ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ปีการศึกษา 2566 ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม จำนวน 10 แผน 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สูตรหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ และสถิติทดสอบที (t-test for one sample และ t-test dependent sample) ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ที่มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.56/76.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ 2) ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม พบว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: MACRO Model Think Talk Write ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจอย่างถ่องแท้และส่งเสริมให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์ด้วยการนำเสนอความคิดเห็น การพูดคุย การโต้แย้ง การลงมือปฏิบัติ การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ กิจกรรมต่าง ๆ (Perkins, 1993) ไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและมองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับสิ่งที่อยู่ในธรรมชาติ ซึ่งการเรียนรู้เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ได้นั้นจำเป็นต้องรู้กระบวนการที่เกิดขึ้นในตัวเองของผู้เรียนที่เน้นวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดไตร่ตรองได้อย่างสร้างสรรค์ และนำความรู้ที่ได้รับไปบูรณาการในการดำรงชีวิต

จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-Net) ที่มีผลการประเมินวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยเทียบกับคะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่าจากปีการศึกษา 2565 มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 21.61 และเกณฑ์ของผลการทดสอบมีมาตรฐานขั้นต่ำที่คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50 (Academic Kalasinpittayasan School, 2023) ซึ่งผลการทดสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานและแสดงให้เห็นถึงปัญหาของการเรียนคณิตศาสตร์ที่เรียนโดยการขาดความเข้าใจ การเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนและนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม และ รายงานการประเมินตนเอง (Self – Assessment Report) ประจำปีการศึกษา 2565 ของโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ในด้านการจัดกระบวนการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง จัดบรรยากาศสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ให้นักเรียนเรียนรู้จากการคิด ได้ปฏิบัติจริงด้วยวิธีการและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย สามารถเสนอแนวคิดของตนเองได้อย่างสร้างสรรค์ ใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ ออกแบบ สร้างสรรค์งาน สื่อสาร นำเสนอ เผยแพร่ผลงานได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Mekanong (2004) ที่กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาที่ซับซ้อน การเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการจำปราศจากความเข้าใจจะทำให้เกิดความไม่แน่ใจในการใช้ความรู้สำหรับแก้ปัญหา ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยการท่องจำ จะทำให้ปัญหาการเรียนคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงไม่ใช่การสอนที่มุ่งเฉพาะทักษะการคิดคำนวณ และบอกขั้นตอนวิธีให้ทำตาม จะทำให้นักเรียนขาดโอกาสและอิสระในการคิดด้วยตนเอง นักเรียนไม่สามารถคิดเป็นทำเป็น รวมถึงการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเอง นักเรียนควรศึกษาให้เกิดความเข้าใจในการเรียนคณิตศาสตร์

ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มุ่งเน้นให้เกิดขึ้นกับนักเรียน เพราะความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นการสร้าง การพิสูจน์ การค้นพบที่เป็นพื้นฐานในการสร้างองค์ความรู้และการเชื่อมโยง ในการเรียนหรือทักษะกระบวนการในระดับสูงขึ้นไป จะทำให้นักเรียนสามารถมีความคิดที่ลึกซึ้ง มีการสื่อสาร คิดอย่างสร้างสรรค์ Narkorn (2006) กล่าวว่า ความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการทางคณิตศาสตร์โดยใช้ยุทธวิธีหรือประยุกต์ความเข้าใจนั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับสมาคมคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) กล่าวว่า นักเรียนจะประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ โดยสามารถสร้างความรู้ใหม่จากประสบการณ์และความรู้ที่มีอยู่เดิม ซึ่งการเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจเป็นสิ่งที่ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์และแก้สถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีเหตุผล การเรียนการสอนคณิตศาสตร์นั้นผู้สอนจำเป็นต้องสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ โดยความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ จะตรงกันข้ามกับการท่องจำ (Rote Learning) เป็นการเรียนรู้เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ได้นั้น จำเป็นต้องรู้กระบวนการที่เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนที่เน้นวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดไตร่ตรองได้อย่างสร้างสรรค์ ช่วยพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม และนำความรู้ที่ได้รับไปบูรณาการในการดำรงชีวิตได้อย่างมีความสุข ตามหลักการของทฤษฎีนี้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิม นำความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์ และปรากฏการณ์ที่พบเห็นมาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ (Hiebert and Carpenter, 1992)

Usiskin (2001) กล่าวถึงความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง จนเกิดความเข้าใจในทักษะและกระบวนการ การเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน และสามารถนำเสนอคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งทำให้นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์ในระดับสูง การสร้างกระบวนการ การพิสูจน์ การค้นพบ การนำไปใช้และการพัฒนาการนำเสนอใหม่ ๆ ซึ่ง Usiskin (2001) ได้แบ่งความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เป็น 4 ลักษณะ ดังนี้ ลักษณะที่ 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ (Skill – Algorithm Understanding) หรือที่เรียกว่า ความเข้าใจทักษะ นักเรียนจะแสดงความเข้าใจในลักษณะนี้เมื่อได้ลงมือทำงาน ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการประกอบด้วย ความชำนาญในการตัดสินใจ การคิดรูปแบบที่ง่ายกว่าการคิดในรูปแบบเดิม หรือใช้วิธีการที่แตกต่างกันในการแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกัน ความสามารถในการตรวจสอบขั้นตอนวิธีการ หรือกระบวนการที่นำมาซึ่งผลลัพธ์

การสร้างขั้นตอนวิธีการหรือกระบวนการใหม่สำหรับการหาคำตอบ ลักษณะที่ 2 ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติคณิตศาสตร์ (Properties – Mathematics Understanding) เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เป็นความเข้าใจแสดงถึงรูปแบบทั่วไปของสิ่งที่นักเรียนเผชิญ สื่อได้ด้วยภาษาที่ถูกต้อง ได้ถ่ายทอดความเข้าใจให้กับนักเรียน งานที่แสดงถึงความเข้าใจสมบัติคณิตศาสตร์นี้ ได้แก่ งานระดับล่าง เช่น การระบุสมบัติทางคณิตศาสตร์ งานระดับกลาง เช่น การอธิบายความสำคัญของสมบัติ งานระดับสูง เช่น การเขียนพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ ลักษณะที่ 3 ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ (Use – Application Understanding) ซึ่งเป็นความเข้าใจที่แท้จริง เพราะนักเรียนจะต้องนำความรู้ที่มีอยู่ไปใช้อย่างสมเหตุสมผล นักเรียนต้องรู้ว่าเมื่อใดควรใช้คณิตศาสตร์ ใช้อะไร และใช้อย่างไร ความเข้าใจลักษณะนี้รวมการใช้งานของคณิตศาสตร์ทุกประเภท ลักษณะที่ 4 ความเข้าใจในการนำเสนอ (Understanding through Representation) นักเรียนที่มีความเข้าใจต้องสามารถนำเสนอสิ่งที่ตนเข้าใจให้ผู้อื่นทราบด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีโดยจะใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ประกอบการนำเสนอ ซึ่งอาจจะนำเสนอในรูปแบบที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้ ทั้งนี้จะเน้นที่ความสามารถในการถ่ายทอดสิ่งที่ตนเข้าใจให้ผู้อื่นได้เข้าใจด้วย

ปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาคณิตศาสตร์มักพบปัญหาเรื่องความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่เสมอ เนื่องจากความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ใหม่จากการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจเดิม และสามารถนำเสนอความรู้ที่ตนเข้าใจให้ผู้อื่นรับรู้ได้ด้วย การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model จะช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ สร้างองค์ความรู้ของตนเอง และสามารถเผยแพร่ความรู้ของตนเองให้ผู้อื่นได้ Wannasian (2015) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) การจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้ผู้เรียนกล้าตั้งคำถาม กล้าคิด กล้าตัดสินใจ กล้าแสดงออก เปลี่ยนการเรียนจากแบบรับฟังอย่างเดียว (passive) เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง (active) ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือกระทำด้วยตนเอง ได้ตกผลึกความรู้เป็นของตัวเอง เป็นความรู้ใหม่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ถูกต้อง ผู้เรียนจะจดจำความรู้นี้ได้ยาวนาน และได้ใช้กระบวนการทางสังคม (กระบวนการกลุ่ม) ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ ได้ร่วมมือทำงานเป็นทีมและมีส่วนร่วมในการเรียน รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model มีองค์ประกอบ ดังนี้ 1) M (motivation) การสร้างแรงจูงใจ ความสนใจ และความต้องการในการเรียนรู้ 2) A (active learning) การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือทำด้วยตนเอง ด้วยวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย จากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เป็นการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ 3) C (conclusion) ผู้เรียนสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิด และภาษาของตนเอง 4) R (reporting) ผู้เรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการที่เหมาะสม และ 5) O (obtain) ผู้เรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ต่อการเผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว ชุมชน และสังคมด้วยวิธีการที่เหมาะสม และเทคนิค Think-Talk-Write เป็นเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจประกอบการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงแนวคิดของตนเองผ่านการพูด และการเขียน ในประเด็นที่สงสัยหรือต้องการหาคำตอบ และมีโอกาสตรวจสอบความถูกต้องของแนวคิดตนเองผ่านการอภิปรายร่วมกับผู้อื่น และได้จัดบันทึกข้อสรุปจากสิ่งที่ได้อย่างถูกต้อง การสอนโดยใช้เทคนิค Think-Talk-Write นอกจากช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน ยังส่งเสริมทางด้านการคิดแก้ปัญหา การพูดและการเขียน ช่วยให้นักเรียนได้แสดงแนวคิด ความเข้าใจของตนเอง เทคนิคนี้อยู่บนพื้นฐานของการเข้าใจในการเรียน (Dila, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับ Usiskin (2001) ให้ความเห็นว่า หากเราเข้าใจเรื่องใดและสามารถแสดงให้คนอื่นทราบได้ว่าเรารู้ในเรื่องนั้น ๆ คนเหล่านั้นก็จะเข้าใจเรื่องนั้นด้วย ในทางตรงกันข้าม หากเราไม่รู้สิ่งที่คนอื่นไม่รู้ เราสามารถบอกได้ว่าพวกเขายังไม่เข้าใจอย่างแท้จริง

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ และนำความรู้ที่ได้ไปใช้และเผยแพร่ โดยผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write ไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัยและสมมติฐานการวิจัย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

- 1. ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – experimental research) ดำเนินการวิจัยตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest – Posttest Design

สัญลักษณ์ที่ใช้ในรูปแบบการวิจัย	O ₁ X O ₂
---------------------------------	--------------------------------------

- O₁ หมายถึง การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest)
- X หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write
- O₂ หมายถึง การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 มีจำนวน 9 ห้อง จำนวน 559 คน คละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) แบบคละความสามารถ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน เรื่อง ลำดับและอนุกรม จำนวน 10 แผน แผนละ 2 คาบ ผลคะแนนค่าความเที่ยงตรงโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา
แผนการจัดการเรียนรู้ 1	ลำดับ
แผนการจัดการเรียนรู้ 2	พจน์ทั่วไปของลำดับ
แผนการจัดการเรียนรู้ 3	ลำดับเลขคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 4	พจน์ทั่วไปของลำดับเลขคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 5	ลำดับเรขาคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 6	พจน์ทั่วไปของลำดับเรขาคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 7	อนุกรมเลขคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 8	ผลบวกพจน์ต่างๆของอนุกรมเลขคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 9	อนุกรมเรขาคณิต
แผนการจัดการเรียนรู้ 10	ผลบวกพจน์ต่าง ๆ ของอนุกรมเรขาคณิต

2. แบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยให้คะแนนข้อละ 8 คะแนน คะแนนเต็ม 40 คะแนน ซึ่งในแต่ละข้อจะวัดทั้ง 4 ลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติคณิตศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ และความเข้าใจในการนำเสนอ แต่ละลักษณะคะแนนเต็ม 2 คะแนน ที่มีเนื้อหา เรื่อง ลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.80 – 1.00 มีค่าความยากง่าย (P) มีค่าตั้งแต่ 0.25 – 0.59 มีค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.31 – 0.57 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.70

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 มีค่าความยากง่าย (P) มีค่าตั้งแต่ 0.25 – 0.75 มีค่าอำนาจจำแนก (D) มีค่าตั้งแต่ 0.24 – 0.70 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.79

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม และแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่องลำดับและอนุกรม

2. ผู้วิจัยดำเนินการสอนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 จำนวน 10 แผน

3. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม และแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ เรื่องลำดับและอนุกรม ซึ่งแบบทดสอบก่อนเรียน (pre-test) และ แบบทดสอบหลังเรียน (post-test) เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน

4. นำคะแนนหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความเข้าใจคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม มาวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2. หาค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงตรง และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

3. หาค่าอำนาจจำแนก ค่าความเที่ยงตรง และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

5. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) โดยคำนวณหาค่า E_1 จากแบบทดสอบท้ายแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 10 แผน และคำนวณค่า E_2 จากการทำแบบทดสอบวัดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (40 คะแนน) และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30 คะแนน) เรื่อง ลำดับและอนุกรม โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การทดสอบ	ด้านกระบวนการ (E ₁)	ด้านผลลัพธ์ (E ₂)
ประสิทธิภาพ	77.56	76.90
การแปลผล	สูงกว่าเกณฑ์	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 2 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E₁) เท่ากับ 77.56 และประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E₂) เท่ากับ 76.90 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write มีประสิทธิภาพ (E₁/E₂) เท่ากับ 77.56/76.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้

2. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ โดยให้คะแนนข้อละ 8 คะแนน คะแนนเต็ม 40 คะแนน ซึ่งในแต่ละข้อจะวัดทั้ง 4 ลักษณะของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ คือ ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติคณิตศาสตร์ ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ และความเข้าใจในการนำเสนอ แต่ละลักษณะคะแนนเต็ม 2 คะแนน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test Dependent Sample ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	Mean	S. D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S. D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	Sig.
ก่อนเรียน	42	40	8.24	3.69	22.33	3.91	37.00*	0.000
หลังเรียน	42	40	30.57	3.19				

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.24 คะแนน และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.57 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ลำดับและอนุกรม โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับและอนุกรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ t-test for one Sample ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม

คะแนนเต็ม	N	คะแนนเกณฑ์ร้อยละ 75	$\bar{x}$	% of Mean	S. D.	df	t	Sig.
30	42	22.50	23.10	76.98	1.84	41	2.09*	0.0214

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.10 คะแนน

และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่าคะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 77.56 และประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 76.90 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 77.56/76.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้

จากการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านขั้นตอนกระบวนการสร้างอย่างเป็นระบบและถูกต้องเหมาะสม โดยได้ทำการศึกษาโครงสร้างหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์การเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด รวมถึงศึกษาเอกสาร วิทยุและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model และเทคนิค Think-Talk-Write ดังที่ Wannasian (2015) ได้กล่าวถึงแนวคิดในการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 คือ สอนน้อยลงทำให้เรียนรู้ได้มากขึ้น (Teach Less , Learn More) ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายหรือ ครูคอยบอกเล่าให้น้อยลง แต่สนับสนุนให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองเพิ่มขึ้น ส่วนอีกแนวคิดคือ การเรียนรู้โดย Active Learning โดยมุ่งจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุดโดยผ่านการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติ คิด แก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม นักเรียนสรุปความรู้และสามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสม แสดงได้ดังภาพที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับ Thimkaew and Onthanee (2023) ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามสภาพจริงเป็นฐานร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาตามสภาพจริงเป็นฐานร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล และความสามารถในการสื่อสารและการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 76.67/77.31 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และ Netthip, Chomphucome and Kruekamai (2023) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้ MACRO Model ร่วมกับการสะท้อนคิด เพื่อส่งเสริมผลการเรียนรู้และทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 เพื่อสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ MACRO Model ร่วมกับการสะท้อนคิด พบว่าชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.75/80.00



ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่นำไปเผยแพร่ในแอปพลิเคชัน Clearnote

2. ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.24 คะแนน และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.57 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่าคะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และผลการวิเคราะห์ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ลักษณะ คือ ลักษณะที่ 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.45 ลักษณะที่ 2 ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติคณิตศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.88 ลักษณะที่ 3 ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 และลักษณะที่ 4 ความเข้าใจในการนำเสนอ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 จะเห็นได้ว่าความเข้าใจในลักษณะที่ 2 ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด นั่นคือนักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติทางคณิตศาสตร์สามารถเขียนระบุ หรืออธิบายสมบัติทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจน และถูกต้องได้มากที่สุด ลักษณะที่ 3 ความเข้าใจเกี่ยวกับการนำไปใช้ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.90 นั่นคือนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ลักษณะที่ 4 ความเข้าใจในการนำเสนอ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.17 นั่นคือนักเรียนสามารถนำเสนอกระบวนการ ลำดับขั้นตอน

และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนถูกต้องและสมเหตุสมผล และความเข้าใจในลักษณะที่ 1 ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการนั้นมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด หากพิจารณาจากลักษณะความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในลักษณะที่ 2, 3 และ 4 จะเห็นได้ว่านักเรียนสามารถอธิบายสมบัติทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน นำความรู้ที่ได้รับไปใช้กับสถานการณ์ที่กำหนดได้อย่างเหมาะสม และสามารถเขียนนำเสนอแสดงกระบวนการ ขั้นตอน ได้ชัดเจน ถูกต้องและสมเหตุสมผล จะเห็นได้ว่าการแสดงขั้นตอนวิธีการนักเรียนบางส่วนสามารถแสดงขั้นตอน วิธีการ หรือกระบวนการ ได้สมบูรณ์ และแสดงคำตอบได้ถูกต้อง นักเรียนบางส่วนสามารถแสดงขั้นตอน วิธีการ ได้สมบูรณ์ แต่มีการคำนวณผิดพลาดและคำตอบที่ได้ผิดพลาด จึงทำให้คะแนนเฉลี่ยในลักษณะที่ 1 มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จากการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้โดยมีการจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ความรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง ได้สื่อสาร พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียน เกิดการเรียนรู้ และนำเสนอผลการเรียนรู้ที่ได้ตกผลึกความรู้เป็นของผู้เรียนเอง และได้เผยแพร่ความรู้ที่ได้รับ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ตกตะกอนความคิดของตนเอง ส่งผลให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน และนำความรู้ไปเผยแพร่ได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Rozana, Makmuri and Hakim (2020) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมความสามารถการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write มีความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write ไม่มีความแตกต่างกัน การจัดการเรียนรู้ทั้งสองรูปแบบสามารถส่งเสริมความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ และ Jusniani, Setiawan and Inayah (2020) ได้ศึกษาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write และ interactive media พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write และ interactive media มีทักษะการสื่อสารที่สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ นั่นคือการจัดการเรียนรู้แบบ Think-Talk-Write ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้นักเรียนได้ค้นพบ แนวคิดหลักการของตนเอง แทนที่จะเป็นผู้บรรยายหรือควบคุมกิจกรรมทั้งหมดในห้องเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) ครูผู้สอนสร้างแรงจูงใจในการเรียน ทบทวนความรู้และนำเข้าสู่บทเรียน โดยจัดกิจกรรม เช่น การตั้งคำถามกระตุ้นความสนใจ การยกตัวอย่างสถานการณ์ใกล้ตัว เป็นต้น ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้ Active Learning ครูผู้สอนให้ความรู้พื้นฐานหรือบทเรียนใหม่ให้ผู้เรียนได้คิดและเข้าใจถึงกระบวนการสร้างองค์ความรู้ (Think) จากนั้นจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน (Talk) และนำความรู้ที่ได้มาจดบันทึกเป็นความเข้าใจของตนเอง (Write) โดยผู้เรียนจะศึกษาค้นคว้าตามประเด็นความรู้ หรือหัวข้อที่ตกลงกัน ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) ครูและผู้เรียนร่วมกันตรวจสอบและสรุปเนื้อหาที่ได้จากการเรียน และทำกิจกรรมร่วมกันเป็นความรู้ใหม่ โดยใช้วิธีการเขียนด้วยแผนผังความคิด เขียนบรรยาย จดบันทึก วาดภาพ เป็นต้น ขั้นที่ 4 ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting) ขั้นนี้จะให้ผู้เรียนแสดงผลงานที่ได้จากการทำกิจกรรมร่วมกันและสรุปเป็นความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นที่ 3 ขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสแสดงผลงานของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ และช่วยให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ขั้นที่ 5 ขั้นการเผยแพร่ความรู้ (Obtain) เป็นขั้นของการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะ นำความรู้ความเข้าใจของตนเองไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ และเผยแพร่ความรู้ผ่านสื่อสังคมออนไลน์

National Council of Teachers of Mathematics (2000) กล่าวว่า นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้และสามารถที่จะสร้างความเข้าใจได้ควรที่จะส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยผู้สอนสร้างความสนใจ และกระตุ้นให้คิดค้นวิธีทำขึ้นมาเองเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และเมื่อผู้เรียนได้คำตอบแล้ว ผู้สอนก็จะยังไม่เฉลยในทันที แต่จะให้ผู้เรียนได้ร่วมกันแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกัน ทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และได้รับรู้ว่าตนเองสามารถคิดและหาคำตอบได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนได้ใช้ความคิดไตร่ตรองหาข้อสรุป วิธีการดำเนินการหรือกระบวนการหาคำตอบ โดยการใช้สมบัติทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และได้จดสรุปเป็นความเข้าใจของตนเอง เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Usiskin (2001) ที่กล่าวว่า หากเราเข้าใจเรื่องใดและสามารถแสดงให้คนอื่นทราบได้ว่าเรารู้ในเรื่องนั้น ๆ คนเหล่านั้นก็จะเข้าใจเรื่องนั้นด้วย ในทางตรงกันข้ามหากเรารู้สิ่งที่ไม่รู้ เราสามารถบอกได้ว่าพวกเขายังไม่เข้าใจอย่างแท้จริง และ Narkorn (2006) การพัฒนาให้นักเรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์นั้นทำให้นักเรียนสามารถดำเนินการทางคณิตศาสตร์โดยใช้

ยุทธวิธีหรือประยุกต์ความเข้าใจนั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาและตัดสินใจกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล และสามารถนำเสนอสิ่งที่ตนเข้าใจให้ผู้อื่นทราบด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีโดยจะใช้สื่อ วัสดุอุปกรณ์ประกอบการนำเสนอ ซึ่งอาจจะนำเสนอในรูปแบบที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรมก็ได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.10 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนสอบหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่าคะแนนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write มีประสิทธิภาพ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่อยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจในการเรียนซึ่งสอดคล้องกับ Ibrahim, Dassa and Dinar (2017) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ โดยใช้เทคนิค Think-Talk-Write เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ พบว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write นักเรียนร่วมห้องได้คะแนน 35.05 และมีผลการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มสูง มีคะแนนเฉลี่ย 83.50 ส่วน Chaiseeha and Intasena (2022) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Think-Talk-Write เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ 77.18/76.14 ซึ่งนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 76.14 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือทำ ได้คิดหาคำตอบที่เป็นไปได้ และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูสร้างความสนใจโดยใช้กิจกรรมหรือใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหา ให้นักเรียนได้เป็นผู้คิดมากขึ้นโดยครูจะยังไม่บอกคำตอบไปตรง ๆ ฝึกให้นักเรียนได้สื่อสาร พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนหรือสะท้อนความคิดของตนเองร่วมกับผู้อื่น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในความรู้พื้นฐาน นักเรียนจะสามารถตรวจสอบความเข้าใจของตนเองได้จากการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนในชั้นเรียน แล้วนำมาเขียนสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเองตามความเข้าใจ สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างเหมาะสม นำเสนอผลการเรียนรู้ที่ได้ตลกผลึกความรู้เป็นของผู้เรียนเอง และได้เผยแพร่ความรู้ที่ได้รับเป็นภาษาของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับ Mekanong (2004) ที่กล่าวว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และการนำความรู้ที่มีอยู่ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 77.56/76.90 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนด
2. ผลการเปรียบเทียบความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม พบว่าความเข้าใจทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม คิดเป็นร้อยละ 76.98 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้
 - 1.1 ในการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เรื่อง ลำดับและอนุกรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นจัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ความรู้จากการลงมือทำด้วยตนเอง ได้สื่อสาร พูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกับเพื่อนในชั้นเรียนและนำเสนอผลการเรียนรู้ที่ได้ตลกผลึกความรู้เป็นของผู้เรียนเอง และได้เผยแพร่ความรู้ที่ได้รับ ดังนั้นครูจะต้องกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และจัดบรรยากาศในชั้นเรียนเพื่อให้ผู้เรียนสะดวกต่อการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดร่วมกัน
 - 1.2 ในระหว่างการจัดการเรียนรู้จะต้องแบ่งเวลาให้นักเรียนได้ศึกษา พิจารณาตัวอย่างที่ครูนำเสนอ เพื่อให้ นักเรียนได้ร่วมกันคิด วิเคราะห์ตัวอย่าง รายละเอียดของเนื้อหา เพื่อนำไปสู่การสรุปเป็นความรู้

1.3 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และสร้างความสนใจโดยใช้การจัดกิจกรรม หรือใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ ให้นักเรียนคิดมากกว่าการบอกคำตอบกับนักเรียนไปตรง ๆ เพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่มระหว่างทำกิจกรรม

1.4 ในขั้นตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ คือขั้นการเผยแพร่ความรู้ ควรเลือกแพลตฟอร์มในการเผยแพร่ความรู้ที่เข้าถึงได้ง่าย และใช้งานง่าย สะดวก เหมาะสมกับนักเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write เพื่อพัฒนาความสามารถหรือทักษะกระบวนการในด้านอื่น ๆ เช่น การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ และการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เป็นต้น

2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิค Think-Talk-Write ในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ สามารถพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ได้หรือไม่

References

- Academic Kalasinpittayasan School. (2023). **Self-Assessment Report : SAR** (in thai). Kalasin: Kalasinpittayasan School.
- Chaiseeha, N. and Intasena, A. (2022). Learning management using Think Talk Write Learning Activities techniques to improve Mathematical problem solving ability for Mathayomsuksa 2 students (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 7(11), 145-159.
- Dila, D. O. (2012). Think Talk Write strategies. Retrieved 23 December 2023, from **dila' s story**: http://syahputri90dila.blogspot.com/2012/01/metope-pembelajaran-bahawalpur-inggris_12.html
- Hiebert, J. and Carpenter, T. P. (1992). Learning and Teaching with Understanding. In D.A. Grouws (Ed.), **Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning** (pp. 65-97). New York: MacMillan.
- Ibrahim, M. I., Dassa, A. and Dinar, M. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Think-Talk-Write (TTW) Terhadap Partisipasi Siswa dan Hasil Belajar Siswa dalam Pelajaran Matematika. **Issues in Mathematics Education**. 1(1), 26-32.
- Jusniani, N., Setiawan, E. and Inayah, S. (2020). Secondary School Students' Mathematical Communication Through Think-Talk-Write (TTW) Learning Model and Interactive Media. **Journal of Physics: Conference Series**, 1477, 1-5.
- Makanong, A. (2004). **Mathematical process skill: Development for Development** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University.
- Narkorn, P. (2006). The Development of mathematical process and skills (in Thai). **Journal of Education Khonkaen University**, 29, 38-47.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). **Principle and standards for school mathematics**. Reston. VA: NCTM.
- Netthip, S., Chomphucome, P. and Kruekamai, W. (2023). Development of Mathematical Learning Activity Packages using the MACRO Model with Reflection to promote learning Outcomes and Analytical Thinking skills of Prathomsuksa 6 students under the Ching Mai primary education area office 3 (in thai). **Journal of Graduate Studies Valaya Alongkron Rajabhat University**, 17(1), 178-194.
- Perkins, E. (1993). Portfolio Assessment in Social Studies : A Program That offers a Systematic Approach. **Social-Studies Review**, 32(3), 44-47.
- Rozana, I., Makmuri, M. and Hakim, L. E. (2020). Problem-based and thinking talk write learning model, mathematical reasoning, and transformation geometry. **Journal of Physics: Conference Series**, 1663, 1-9.

- Thimkaew, C. and Onthanee, A. (2023). Development of Learning Activities by using Authentic Problem Based Learning with Think-Talk-Write Technique to Enhance Mathematical Reasoning and Mathematical Communication and Interpretation for Grade 12 students (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 8(10), 482-508.
- Usiskin Z. (2001). Trends in Mathematics educations. In Document for conference, **Trends in mathematics education (pp. 14-22)**. CT: Bangkok
- Wannasian, D. (2015). **MACRO Model: Learning management model for the 21st Century Skills** (in Thai). Retrieved 29 March 2023. from **Anyflip**: <https://anyflip.com/iuaa/elyg/basic>