ISSN: 2586-923X E-ISSN: 2630-0362

JMND
Journal of MCU NakhonDhat
วารสารมหาจุฬานาครทรรศน์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กุมภาพันธ์) : Vol.11 No.2 (2024)
https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND
pp: 289-298

บทความวิจัย : Research article

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)*

THE EFFECTS OF USING LEARNING ACTIVITY ON MATHEMATIZING PROCESS UPON MATHEMATICAL PROBLEMSOLVING ABILITY AND MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY ON THE APPLICATION OF LINEAR EQUATION FOR GRADE 7 STUDENTS PRASARNMIT DEMONSTRATION SCHOOL (SECONDARY)

ทิพย์วรรณ จันทร์เขียว
Thipwan Junkiaw
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Secondary), Bangkok, Thailand
*Corresponding author E-mail: thipwan631nim@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ และ 4) เปรียบเทียบความสามารถในสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบ One - Group Pretest - Posttest Design กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 30 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยแบบ One - Group Pretest - Posttest Design ผลการวิจัย พบว่า 1) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

* Received February 13, 2024; Revised February 26, 2024; Accepted February 29, 2024

คำสำคัญ: กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์, ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

Abstract

The purposes of this study were: 1) to compare students' mathematical problem solving ability of seventh grade students before and after administrating mathematizing process. 2) to compare students' mathematical problem solving ability after administrating mathematizing process with the criterion of seventy percent. 3) to compare students' mathematical communication ability before and after administrating mathematizing process. 4) to compare students' mathematical communication ability after administrating mathematizing process with the criterion of seventy percent. The experimental method is One - Group Pretest - Posttest Design. The sample of this study included 30 of seventh grade. They were selected via cluster random sampling. The findings of this study were as follows: 1) mathematical problem solving ability of the students after experiencing mathematizing process were higher than before experiencing the treatment statistically significant at a level of .05. 2) mathematical problem solving ability of the students after experiencing mathematizing process were higher than the criterion of seventy percent statistically significant at a level of .05 3) mathematical communication ability of the students after experiencing mathematizing process were higher than before experiencing the treatment statistically significant at a level of .05. 4) mathematical communication ability of the students after experiencing mathematizing process were higher than the criterion of seventy percent statistically significant at a level of .05

Keywords: Mathematizing Process, Mathematical Problem Solving, Communication Abilities

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากคณิตศาสตร์ช่วยให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุมีผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผนตัดสินใจ แก้ปัญหา ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560) คณิตศาสตร์ไม่ได้มีประโยชน์เพียงเพื่อการคิดคำนวณ คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ มีลักษณะเป็นสากล เป็นภาษาสัญลักษณ์ กำหนดสัญลักษณ์เพื่อสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์มีความเป็นเหตุเป็นผล คณิตศาสตร์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เกี่ยวข้องกับความคิด เป็นโครงสร้างที่มีเหตุผล และมีความเป็นศิลปะ ฝึกการคิดอย่างมีระบบระเบียบ ฝึกการแก้ปัญหาและการให้เหตุผล (ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี, 2561) จากความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังกล่าว หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) จึงได้กำหนดเป้าหมายในการเรียนคณิตศาสตร์เพื่อให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้นคือ ให้นักเรียนมีทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การใช้เทคโนโลยี การสื่อสารและการร่วมมือ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในปัจจุบันให้ได้ผลตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรนั้น จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคและวิธีการสอน ที่เหมาะสมทั้งในด้านของเนื้อหาสาระ ด้านการจัดกระบวนการเรียนรู้ แม้ว่านักเรียนจะมีความรู้ความเข้าใจ ในเนื้อหาสาระเป็นอย่างดี แต่นักเรียนจำนวนไม่น้อยยังต้องพัฒนา

ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น ความสามารถเกี่ยวกับการแก้ปัญหา การสื่อสารหรือการนำเสนอแนวคิดทางคณิตศาสตร์ การเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาคณิตศาสตร์กับสถานการณ์ต่าง ๆ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ปัญหาเหล่านี้ทำให้นักเรียน ไม่สามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในชีวิตประจำวันและในการศึกษาต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากรายงานผลการประเมินนักเรียนนานาชาติ (PISA) พบว่า การรับรู้ในด้านคณิตศาสตร์ของประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ย 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2563) และการประเมินผลการจัดการศึกษาระดับชาติ (O - NET) จากสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.) ในปี 2562 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั่วประเทศ พบว่า วิชาคณิตศาสตร์ ได้คะแนนเฉลี่ย 28.06 คะแนน ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562)

กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (Mathematizing Process) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ PISA ให้การยอมรับและเล็งเห็นถึงความสำคัญ เมื่อนักเรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ของปัญหาในชีวิตจริง กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการจัดการระบบตัวแทนความคิดในสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อนำมาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยคำนึงถึงความถูกต้องตามหลักการและโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ ความสมเหตุสมผลบนพื้นฐานของความเป็นจริง (Grigoras, R., 2008) เป็นกระบวนการคิดโดยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ไปสู่ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแก้ปัญหานั้นด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและนำคำตอบนั้นย้อนกลับไปตอบปัญหาในชีวิตจริง ซึ่ง OECD ได้นำเสนอกระบวนการนี้เป็นกระบวนการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง โดยกำหนดไว้ 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 เริ่มด้วยปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง ขั้นที่ 2 จัดการปัญหาให้อยู่ในรูปแบบตามแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ขั้นที่ 3 ตัดข้อเท็จจริงที่เป็นปัญหาในชีวิตจริงออกไปก่อน โดยนำคณิตศาสตร์เข้ามาเชื่อมโยง ขั้นที่ 4 แก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และขั้นที่ 5 แปลผลจากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ให้กลับเป็นปัญหาในสถานการณ์ของชีวิตจริง (OECD, 2009)

การแก้ปัญหาเป็นทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่มีความสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยนักเรียนต้องได้รับโอกาสอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับ Kennedy, L. & Tipps, S. ที่ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการที่เป็นเป้าหมายพื้นฐานในการสอนคณิตศาสตร์ คือ ทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ เข้าใจ สามารถคิดเป็นและแก้ปัญหาได้ อีกทั้งการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้น ไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนตลอดจนเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ตลอดชีวิต (Kennedy, L. & Tipps, S., 1994) ทักษะหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้เนื้อหาคณิตศาสตร์ให้เกิดความเข้าใจ คือ “ทักษะหรือความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์” ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาเพื่อแสดงความเข้าใจหรือความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริก NCTM ได้กล่าวว่า “การสื่อสารและการนำเสนอต้องเป็นจุดเน้นที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์” (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) สอดคล้องกับ Kennedy, L. & Tipps, S. ที่ว่าเป้าหมายที่สำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ก็คือ ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพราะการสื่อสารจะเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ความรู้ และสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์และเป็นการเสนอแนวคิด แลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Kennedy, L. & Tipps, S., 1994) ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ได้เน้นเรื่องการสื่อสารสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอมากนัก นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถนำเสนอข้อมูลให้ผู้อื่นเห็นภาพรวมของสิ่งที่ต้องการนำเสนอได้ ไม่สามารถสื่อความหมายเรื่องบางเรื่องให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกันได้ คนที่เรียนคณิตศาสตร์เก่งมาก ๆ มักสื่อความหมายหรือพูดให้คนอื่นเข้าใจไม่ได้ หรือแม้แต่

นักเรียนที่เก่งคณิตศาสตร์บางคนก็อาจบอกว่าตนเองเข้าใจแต่อธิบายเป็นคำพูดไม่ได้ สิ่งเหล่านี้แสดงถึงปัญหาในการสื่อสารการพัฒนานักเรียนให้สามารถ สื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และนำเสนอให้ผู้อื่นเข้าใจได้ จึงมีความจำเป็น (อัมพร ม้าคนอง, 2557)

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เนื่องจากชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เป็นระดับชั้นที่ต้องเตรียมความพร้อมเพื่อเลือกวิชาเอกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังนั้น เพื่อให้นักเรียนได้มีทักษะทางด้านการคิดติดตัว จึงเป็นทักษะหนึ่งที่เหมาะสมอย่างยิ่ง เพื่อให้นักเรียนสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา คิดเพื่อทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว ผลการวิจัยนี้จะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์สำหรับครูและผู้เกี่ยวข้องในการนำกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนรวมถึงได้แนวทางในการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

วิธีดำเนินการวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ดำเนินการวิจัยดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 12 ห้องเรียน ห้องละ 30 คน รวมจำนวนนักเรียน 360 คน ซึ่งโรงเรียนจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 30 คน

ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) ด้วยการจับสลากมา 1 ห้องเรียน จากห้องเรียนทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 7 แผน โดยผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นปรึกษากับที่ปรึกษาโครงการ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้ (IOC) เท่ากับ 1.00

2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นด้วยการนำเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ช่วยพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา โดยการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) ความเหมาะสม ความชัดเจนของข้อคำถาม การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 - 1.00 และได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.89

3. แบบวัดความสามารถในสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นด้วยการนำเสนอผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ช่วยพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา โดยการประเมินความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) ความเหมาะสม ความชัดเจนของข้อคำถาม การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไข แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.67 - 1.00 และได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.96

การเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเริ่มจากการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้กำหนดไว้ คือ ทดสอบก่อนเรียนดำเนินการสอนด้วยตนเองตามแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นเวลา 14 คาบ คาบละ 45 นาที ทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ และหลังเรียน 2 คาบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล โดย 1) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์โดยใช้สถิติ t - test for dependent 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์โดยใช้สถิติ t - test for dependent 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t - test for One Sample 4) เปรียบเทียบความสามารถในสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t - test for One Sample

ผลการวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) มีดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

คะแนน	n	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	11.30	4.23	35.149*
หลังเรียน	30	28.70	3.60	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 11.30 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 28.70

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

คะแนน	n	μ	$\bar{x}$	S.D.	t
หลังเรียน	30	25.2	28.70	3.60	5.322*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 25.2 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 79.72 ของคะแนนเต็ม

3. ความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

คะแนน	n	$\bar{x}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	30	12.70	4.13	24.346*
หลังเรียน	30	26.20	4.87	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 ความสามารถในการสื่อสารคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 12.70 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 26.20 คะแนน

4. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบความสามารถในสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (คะแนนเต็ม 36 คะแนน)

คะแนน	n	μ	$\bar{x}$	S.D.	t
หลังเรียน	30	25.2	26.20	4.96	1.124*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 26.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.78 ของคะแนนเต็ม

อภิปรายผล

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ได้มีการอภิปรายผล ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 70% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 28.70 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 79.72 ของคะแนนเต็ม คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 11.30 คะแนน ทั้งนี้ เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยครูได้นำเสนอปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดพื้นฐานกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ทำให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นเสนอปัญหาในชีวิตจริง เป็นการเสนอปัญหาที่มีอยู่ในชีวิตจริง โดยครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความรู้สึกอยากแก้ปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นมองปัญหาในเชิงคณิตศาสตร์ เป็นขั้นที่ให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อให้นักเรียนเห็นปัญหา และเกิดความสามารถในการสื่อสารและการให้เหตุผล ซึ่งแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาจากความรู้คณิตศาสตร์ได้ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ขั้นที่ 3 ขั้นแปลงปัญหาในชีวิตจริงเป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นการฝึกจากที่นักเรียนมีความรู้ทางคณิตศาสตร์ให้นำความรู้คณิตศาสตร์นั้นมาเชื่อมโยงใช้ในการแก้ปัญหา ส่งผลสามารถเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมมากแก้ปัญหากระตุ้นให้นักเรียนได้คิดและเกิดความสามารถในการแก้ปัญหาจากสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว พร้อมให้เหตุผลและสื่อสารในการเลือกวิธีทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Yoon, C. ที่กล่าวว่า การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์จากกระบวนการ 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์จากสถานการณ์จริง และการใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ไปสู่สถานการณ์จริงที่กำหนดให้เป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาในด้านการแสดงออกทางความคิด (Yoon, C., 2009) ขั้นที่ 4 ขั้นแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากการแปลงปัญหาให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์แล้วให้นักเรียนนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ และสามารถนำเสนอตัวแทนความคิดในกระบวนการแก้ปัญหาได้ ขั้นที่ 5 ขั้นสะท้อนคิด เป็นการให้นักเรียนสามารถแปลผลจากการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ กลับไปสู่ปัญหานั้น ๆ โดยนำความสามารถการนำเสนอตัวแทนความคิดแปลผลให้เป็นการสรุปคำตอบได้อย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Sears, S. J. และ Williams D. L. ที่กล่าวในทำนองเดียวกันว่า การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้ใกล้ชิดกับชีวิตจริง ทำให้นักเรียนสนใจและเห็นถึงความสำคัญ

ในสิ่งที่เรียนของการเป็นส่วนหนึ่งในชีวิต และเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้และร่วมมือในการทำกิจกรรมอย่างตั้งใจ (Sears, S. J., 2002); (Williams, D. L., 2007)

2. ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ 70% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 26.20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.78 ของคะแนนเต็ม ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน 12.70 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 26.20 คะแนน โดยที่นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นตามลำดับ ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ปัญหา ระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบคืออะไร และระบุได้ว่าสิ่งที่ปัญหากำหนดมาให้คืออะไร พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ก็สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้แต่ไม่ครบถ้วน ใช้ลอกข้อความจากปัญหา เมื่อทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาด้านวิเคราะห์ปัญหาได้ดีขึ้น ระบุข้อมูลตามระบุข้อมูลในในสิ่งที่เข้าใจ และเลือกใช้กลยุทธ์ในการแก้ปัญหา จากการวิจัยช่วงแรกนักเรียนขาดความมั่นใจในการเลือกกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาหรือนักเรียนสามารถเลือกกลยุทธ์ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาได้แต่ยังไม่เหมาะกับปัญหาทำให้ดูยุ่งยากเกินความจำเป็น แต่ในกิจกรรมต่อมานักเรียนสามารถใช้ กลยุทธ์ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้โดยการเริ่มกำหนดตัวแปรและมีการสร้างสมการได้เหมาะสมและเข้าใจง่ายมากขึ้น 2) ความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์และข้อมูลในการวิเคราะห์ปัญหา นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาได้ ครูจึงต้องแนะนำความรู้ทางคณิตศาสตร์กับนักเรียน แล้วนักเรียนจึงสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ครูแนะนำมาใช้ ในการแก้ปัญหาต่อไป หลังจากได้ทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์นักเรียน สามารถอธิบายเหตุผลของการเลือกใช้ได้ แต่นักเรียนอธิบายความสอดคล้องของปัญหาบางส่วนยังไม่ชัดเจน 3) ความสามารถในการดำเนินการแก้ปัญหา การใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการทำความเข้าใจปัญหา โดยอาจใช้ข้อความ วาดภาพ สัญลักษณ์หรือตัวแปร ใช้การขีดเขียนข้อความในนักเรียนส่วนใหญ่ใช้การเขียนข้อความ และสัญลักษณ์หรือตัวแปรในการทำเข้าใจปัญหาที่จะนำไปสู่สิ่งที่ปัญหาต้องการทราบได้ หลังจากนักเรียนทำความเข้าใจปัญหา จากการเขียนข้อความ สร้างสัญลักษณ์หรือตัวแปร และนักเรียนนำมาสร้างสมการและแสดงกระบวนการในการแก้ปัญหาโจทย์ปัญหาได้ 4) ความสามารถในการตรวจสอบผล ครูต้องเน้นทบทวนวิธีการคำนวณให้ถูกต้อง และการใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการแสดงการสรุปคำตอบของปัญหา โดยใช้ข้อความหรือสัญลักษณ์ จากการใช้การนำเสนอตัวแทนความคิดในการแสดงกระบวนการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถนำคำตอบที่ได้จากการแสดงกระบวนการแก้ปัญหานั้นมาสรุปคำตอบหาสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบได้ จากการสรุปคำตอบนั้นมีผลต่อเนื่องมาจากการแสดงกระบวนการแก้ปัญหาถ้านักเรียนแก้ปัญหาคำนวณผิดข้างต้นก็จะนำให้สรุปปัญหาได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้น ครูจึงให้นักเรียนมีการตรวจสอบความสมเหตุสมผลและความเหมาะสมในการสรุปคำตอบของปัญหา สอดคล้องกับแนวคิดของ Rowan, T. E. & Morrow, L. J. ที่กล่าวว่า การชี้แนะโดยตรงและโดยอ้อม (Overt and covert clues) ของครูเกี่ยวกับผลงานหรือแนวคิดของนักเรียน เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียน และพัฒนาหรือปรับปรุงผลงานของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Rowan, T. E., & Morrow, L. J., 1993) และยังสอดคล้องกับแนวทางการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของหทัยรัตน์ ยศแผ่น ที่ได้ศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการเสริมต่อการเรียนรู้ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ความช่วยเหลือนักเรียนในรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน ใช้การสนทนา ซักถาม ยกตัวอย่าง และอภิปราย เพื่อให้นักเรียนระลึกถึงสิ่งที่นักเรียนเคยเรียน ทำให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนการจัดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (หทัยรัตน์ ยศแผ่น, 2556)

สรุป/ข้อเสนอแนะ

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สรุปผลได้ ดังนี้ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยครูได้นำเสนอปัญหาในชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนเกิดพื้นฐาน กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ทำให้เกิดความสามารถในการแก้ปัญหา ขั้นแปลงปัญหาในชีวิตจริงให้เป็นปัญหาทางคณิตศาสตร์หรือการแปลงโจทย์คณิตศาสตร์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่ยังทำได้ไม่ดีนัก งานวิจัยในอนาคตควรศึกษาวิธีการส่งเสริมความสามารถในการตีความและแปลงโจทย์คณิตศาสตร์ให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ ให้แก่นักเรียน 2) ควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ ในเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์เรื่องอื่น ๆ หรือในรายวิชาอื่น ๆ 3) ควรศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการคิดให้เป็นคณิตศาสตร์ที่ ที่มีต่อตัวแปรอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เช่น มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และความตระหนักในคุณค่าทางคณิตศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2561). การเรียนการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). ค่าสถิติพื้นฐาน O - NET มัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562 (online). เรียกใช้เมื่อ 2 ธันวาคม 2563 จาก www.onetresult.niets.or.th.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2563). การแถลงข่าวผลการประเมินในโครงการ PISA 2015. เรียกใช้เมื่อ 12 กันยายม 2565 จาก https://pisathailand.ipst.ac.th/news-8.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะ/กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ส.เจริญการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

หทัยรัตน์ ยศแผ่น. (2556). “ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการเสริมต่อการเรียนรู้ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2”. ใน วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคนอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬากรณ์มหาวิทยาลัย.

Grigoras, R. (2008). Modelling in environments without numbers - A case study. Retrieved January 12 , 2023, from http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/cerme6/wg11-17-grigoras.pdf

Kennedy, L. & Tipps, S. (1994). Guiding children's learning of mathematics. California: Woodworth Publishing.

OECD. (2009). OECD Future of Education and Skills 2030: Conceptual learning framework. Retrieved September 2, 2023, from http://www.oecd.org/education/2030project/teaching-

Rowan, T. E., & Morrow, L. J. (1993). Implementing K-8 curriculum and evaluation standards: reading from the arithmetic Teacher . Virginia: The National Council of teachers of Mathematics.

Sears, S. J. (2002). Contextual teaching and learning: a primer for effective instruction. Bloomington, Indiana: Phi Delta Kappa Educational Foundation.

Williams, D. L. (2007). The what, why, and how of contextual teaching in a mathematics classroom. Mathematics Teacher, 100(8), 572-575.

Yoon, C. (2009). Modelling the height of the antiderivative. Retrieved September 9, 2023, from http://www.merga.net.au/documents/Yoon_RP09.pdf