

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของ  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน  
10<sup>TH</sup> GRADE STUDENTS' MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY AND  
STUDENTS' MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN A PROBLEM-BASED  
LEARNING (PBL) CLASSROOM

Received: May 8, 2020

Revised: June 29, 2020

Accepted: July 16, 2020

นริศรา ธรรมนันตา<sup>1\*</sup> ดวงหทัย กาตวิบูลย์<sup>2</sup>

Narissara Thammananta<sup>1\*</sup> Duanghathai Katwibun<sup>2</sup>

\*Corresponding Author, E-mail: duanghathai.k@cmu.ac.th

## บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน (1 ห้องเรียน) ในห้องเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน 2) ผลงานของผู้เรียน 3) แบบบันทึกหลังการสอนของครู 4) แบบสะท้อนคิดของนักเรียน 5) แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และ 6) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลวิจัยพบว่า จากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ชุดใช้วัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ในช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงท้ายของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นดังนี้ ชุดที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้ ชุดที่ 2 อยู่ในระดับดี และชุดที่ 3 อยู่ในระดับดี ตามลำดับ โดยความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) การเขียนอธิบายจากกราฟ 2) การวาดกราฟ และ 3) การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ โดยรวมแล้วพบว่า ด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เป็นด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในขณะที่ด้านการเขียนอธิบายจากกราฟนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ ดร. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์พบว่านักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เฉลี่ยเป็น 15.81 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน (คิดเป็น 88.89%) และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.28 โดยนักเรียน (มากกว่า 80%) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ผ่านเกณฑ์ 60%

**คำสำคัญ:** การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน, ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

## Abstract

This study aimed to explore mathematical communication ability and mathematics achievement of 45 tenth-grade students in a mathematics problem-based learning (PBL) classroom in the second semester of academic year 2019. The research instruments were included: 1) eight PBL lesson plans 2) students' artifact 3) the teachers' notes 4) students' reflections 5) mathematical communication test and 6) mathematics achievement test. The data were statistically analyzed by using mean, percentage and standard deviation.

The results showed that from the 3 sets of mathematical communication ability tests, that were conducted at the beginning, middle, and at the end of using PBL lesson plans, respectively, the students showed their mathematical communication abilities as follows: Set 1 was a fair level, set 2 was a good level and set 3 was a good level. Focusing on the ability to communicate mathematically in all 3 dimensions, consisting of 1) explaining writing from the graph 2) draw the graph and 3) explaining writing using mathematical language or symbols, the results were as follows: the students showed their highest mean score on explaining writing using mathematical language or symbols. Nevertheless, the students obtained lowest mean score on explanation writing from the graph.

For mathematics achievement, most of the students (more than 80%) had their mathematics achievement mean score higher than the school's standard, which was at 60%. The mean score was 15.81 points (88.89%) from the full 20 points with a standard deviation of 2.28.

**Keywords:** Problem-based Learning (PBL), Mathematical Communication Ability, Mathematics Achievement

## บทนำ

การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นหนึ่งในทักษะที่สำคัญและจำเป็นต้องมีในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพราะเป็นวิธีการแบ่งปันความคิดและความเข้าใจที่ชัดเจน (The National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000) โดยตามหลักสูตรการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในประเทศสิงคโปร์ หนึ่งในกระบวนการที่จำเป็นอย่าง

มากคือการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการฝึกฝนเพื่อพัฒนาความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ (Kaur, 2019) อีกทั้งกระทรวงศึกษาธิการได้เสนอว่าในการพัฒนาเยาวชนเข้าสู่ยุคแห่งศตวรรษที่ 21 ในหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานของวิชาคณิตศาสตร์ ควรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ และหนึ่งในนั้นคือความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท], 2560)

นอกจากนี้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ถูกอธิบายว่า “มีบทบาทสำคัญในฐานะการเป็นตัวแทนทางคณิตศาสตร์ของความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง” (Kuntari & Rosnawati, 2016) จะเห็นได้ว่าหนึ่งในหัวใจของการเรียนรู้แนวคิดทางคณิตศาสตร์คือความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (Tiffany, Surya, Panjaitan, & Syahputra, 2017)

สำหรับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้มีการให้ความหมายไว้ว่า เป็นความสามารถในการใช้รูป ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร สื่อความหมาย สรุปผล และนำเสนอได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน (สสวท, 2560) และได้มีกำหนดกรอบแนวคิดไว้อย่างหลากหลาย ซึ่งสำหรับในงานวิจัยนี้ได้จะใช้กรอบแนวคิดของ Tiffany, Surya, Panjaitan, and Syahputra (2017) ที่ได้เสนอกรอบแนวคิดของความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ไว้ 3 ด้าน ดังนี้คือ (1) การเขียนอธิบายจากกราฟ (2) การวาดกราฟ และ (3) การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ถึงแม้ว่าการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะมีความสำคัญเป็นอย่างมาก แต่การสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ไม่ได้เน้นเรื่องนี้มากนัก ดังนั้นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจึงไม่ดีเท่าที่ควร (กรวิกา ปานศักดิ์, 2562) กล่าวคือเมื่อนักเรียนต้องรับบทบาทเป็นผู้ส่งสาร มักจะเป็นเรื่องยากลำบากและทำได้ไม่ดี ไม่สามารถสื่อสารอย่างคล่องแคล่วและชัดเจน ซึ่งปัญหาดังกล่าวนั้นเนื่องมาจากการขาดโอกาสในการปฏิบัติและฝึกฝนที่เหมาะสมเพียงพอ (ดวงหทัย กาศวิบูลย์, 2552) รวมถึงครูส่วนใหญ่ยังคงเน้นการสอนเนื้อหาให้กับนักเรียนโดยใช้วิธีการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดประสบการณ์ในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เข้ากับสภาพการดำเนินชีวิต นักเรียนส่วนใหญ่จึงได้ความรู้เนื้อหามากกว่าทักษะกระบวนการ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2560) โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียนไม่สามารถนำเสนอข้อมูลในภาพรวมให้ผู้อื่นเข้าใจประเด็นสำคัญ หรือไม่สามารสื่อสารปัญหาบางอย่างกับผู้อื่นเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง (อัมพร ม้าคอง, 2553) อีกทั้งจากผลลัพธ์ของ PISA 2018 แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยได้คะแนนวิชาคณิตศาสตร์เพียง 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจหรือ OECD ที่มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 489 คะแนน

นอกจากนี้จากการประเมินผลการทดสอบทางการศึกษาขั้นพื้นฐานหรือ O-NET ประจำปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมา พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศเป็นดังนี้ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 32.9 คะแนน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 26.73 คะแนน และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยเป็น 25.41 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนที่ลดลงจากการศึกษา 2561 ทั้ง 3 ระดับชั้น อีกทั้งในปีการศึกษา 2562 วิชาคณิตศาสตร์ยังเป็นวิชาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดที่สุดสำหรับทั้ง 3 ระดับชั้น (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562)

จากการฝึกประสบการณ์วิชาชีพรูที่โรงเรียนแห่งหนึ่ง ผู้วิจัยพบปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องเซตและตรรกศาสตร์ โดยพบว่าในการทำข้อสอบหรือแบบฝึกหัดในห้องเรียน นักเรียนส่วนมากใช้สัญลักษณ์และภาษาทางคณิตศาสตร์ในการแสดงแนวคิดในการหาคำตอบได้ไม่ถูกต้อง อีกทั้งยังเขียนอธิบายหรือให้เหตุผลในการ

แสดงแนวคิดได้ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนแล้ว จากข้อมูลทางโรงเรียนพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ที่ผ่านมามาก่อนข้างต่ำ โดยมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

จากปัญหาทั้งหมดเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่าในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังนั้นครูผู้สอนควรเน้นปัญหาของนักเรียนเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนได้มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีมากขึ้น และแนวทางการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์นั้น ครูควรเน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางตามศตวรรษที่ 21 ตามที่สสวท (2560) ได้เสนอแนวทางไว้

สสวท (2560) ได้นำเสนอแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยใช้การเรียนรู้เชิงรุก ประกอบด้วย (1) กำหนดโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจและเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนและ (2) ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเอง โดยผู้สอนชี้แนะแนวทางในการสื่อสารและการสื่อความหมาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวทางนี้สอดคล้องกับการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL) ที่มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจ และเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและได้มีส่วนร่วมในการอภิปรายที่หลากหลาย นอกจากนี้การวิจัย โดย Kuntari and Rosnawati (2016) ได้ระบุว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่ถูกสอนแบบการบรรยายทั่วไป อีกทั้งในงานวิจัยของจตุรงค์ เลิศชูวงศ์ (2559) ได้ระบุผลของการสอนโดยใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานที่พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์มาตรฐานของโรงเรียน คือมากกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ดังนั้นหนึ่งในการจัดการเรียนรู้ที่น่าจะเหมาะสมสำหรับการศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คือ การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (PBL)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน

## วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน

## กรอบแนวคิดและทฤษฎีการวิจัย

**การจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน**

สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ศึกษาและปรับตามกรอบแนวคิดของ Othman, Salleh, and Sulaiman (2013) ซึ่งมี 5 ขั้น ดังนี้

**ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอสถานการณ์ปัญหา** เป็นขั้นแรกของการเรียนรู้ โดยผู้สอนจะนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงเพื่อจะให้เกิดการเรียนรู้

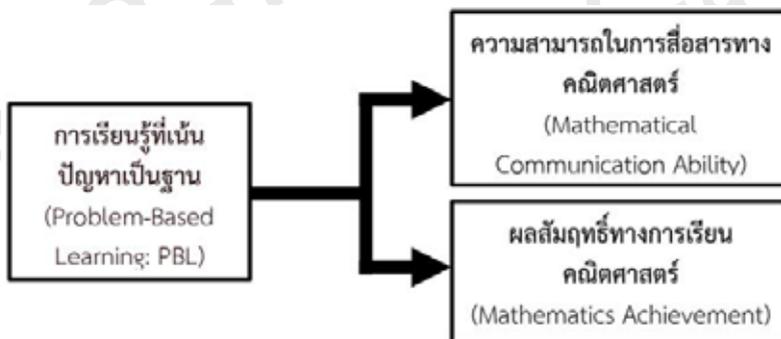
**ขั้นที่ 2 ขั้นทำงานเดี่ยว** เป็นขั้นที่นักเรียนจะทำกิจกรรมโดยการแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตัวเอง ซึ่งนักเรียนสามารถใช้เข้าถึงแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต จากนั้นสรุปสิ่งที่ได้พร้อมทั้งพิจารณาเครื่องมือในการเรียนรู้เพิ่มเติมหากจำเป็น

**ขั้นที่ 3 ขั้นทำงานกลุ่ม** เป็นขั้นที่นักเรียนจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นทำงานเดี่ยวมาคุยแลกเปลี่ยนกัน รวมถึงการทำงานกลุ่มร่วมกัน ซึ่งเป็นกลุ่มที่ละความสามารถประมาณ 5 – 6 คน จนกระทั่งได้ข้อสรุปของกลุ่มแล้วจึงเตรียมการนำเสนอและอภิปรายในขั้นที่ 4

**ขั้นที่ 4 ขั้นนำเสนอ อภิปราย และสรุป** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้นำเสนอสิ่งที่ได้เรียนรู้ร่วมกันในกลุ่มให้แก่เพื่อนนักเรียนคนอื่นๆ ในห้องฟัง ซึ่งผู้สอนสามารถให้นักเรียนใช้รูปแบบในการนำเสนอได้อย่างอิสระ เช่น การนำเสนอแบบเดี่ยว เป็นคู่ จากนั้นจึงทำการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียนและสรุปองค์ความรู้ร่วมกัน

**ขั้นที่ 5 ขั้นให้งานหรือแบบฝึกหัด** เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ทำแบบงานที่ได้รับมอบหมายหรือแบบฝึกหัดอย่างเหมาะสมตามดุลยพินิจของผู้สอนและตามระยะเวลาที่เหลือในการทำกิจกรรมเพื่อเป็นการทำให้ความเข้าใจของนักเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ตามกรอบแนวคิดในการทำวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

## วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน (จำนวน 1 ห้องเรียน) โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน (แผนละ 100 นาที) มีค่า IOC แต่ละแผนเป็น 0.67 – 1.00
- 2) ผลงานของผู้เรียน (ใบกิจกรรมเดี่ยว ใบกิจกรรมกลุ่ม และแบบฝึกหัดท้ายคาบ)

- 3) แบบบันทึกหลังการสอน
- 4) แบบสะท้อนคิด
- 5) แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (จำนวน 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน คิดเป็นชุดละ 12 คะแนน) มีค่า IOC แต่ละชุดเป็น 0.67 – 1.00
- 6) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ (จำนวน 16 ข้อ ประกอบด้วยข้อคำถามแบบปรนัย 14 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ข้อคำถามแบบอัตนัย 2 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวม 20 คะแนน) มีค่า IOC เป็น 0.67 – 1.00 ค่าความยากเป็น 0.29 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกเป็น 0.25 – 0.70 ค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.74

## วิธีสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของ Tiffany et al. (2017) และศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานของ Othman et al. (2013)
- 2) สร้างแผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน เรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้
  - 2.1) ศึกษาเนื้อหาตามหนังสือเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มาตรฐาน ค 1.2 ตัวชี้วัด ค 1.2 ม.5/1 เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน เพื่อจัดแบ่งเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้
  - 2.2) ออกแบบสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมในแต่ละคาบเรียน
  - 2.3) ออกแบบใบกิจกรรมเดี่ยว ใบกิจกรรมกลุ่ม และแบบฝึกหัดท้ายคาบ
  - 2.4) นำแผนการเรียนรู้ทั้งหมดที่ออกแบบให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ 3 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในส่วนของรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ ความเหมาะสมของสถานการณ์ปัญหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความสอดคล้องของรางวัลและการประเมิน
- 3) สร้างแบบบันทึกหลังการสอนสำหรับครูผู้สอน เพื่อบันทึกทุกครั้งหลังมีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นปัญหาเป็นฐานเสร็จสิ้น
- 4) สร้างแบบสะท้อนคิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เขียนสะท้อนผลการเรียนของตนเอง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์
- 5) สร้างแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จำนวน 3 ชุดสำหรับวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงท้ายของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ในเนื้อหา เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ 3 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นของ ความเข้าใจง่ายของภาษา ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ และความยากง่ายของสถานการณ์ปัญหา
- 6) สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ 3 ท่าน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในประเด็นของความเข้าใจง่ายของภาษา ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้ และความยากง่ายของข้อสอบ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับ

นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยศึกษาจากงานวิจัยของกุลจิรา ฝุ่นวัง (2561)

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน จำนวน 8 แผน โดยแต่ละแผนใช้เวลา 100 นาที และเก็บข้อมูลเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ซึ่งหลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลในแผนที่ 1 – 3 แล้ว จะให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 1 (ช่วงต้น) จากนั้นหลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลในแผนที่ 4 – 5 แล้ว จะให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 2 (ช่วงกลาง) และหลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลในแผนที่ 6 – 8 แล้ว จะให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ชุดที่ 3 (ช่วงท้าย) และให้นักเรียนทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ พิจารณาจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ผลงานของนักเรียน (ใบกิจกรรมเดี่ยว ใบกิจกรรมกลุ่ม และแบบฝึกหัดท้ายคาบ) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ พิจารณาจากแบบสะท้อนคิดของนักเรียน และแบบบันทึกหลังการสอน โดยใช้การพรรณนาวิเคราะห์ (Descriptive Analysis)

## ผลการวิจัย

จากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 ชุด โดยแต่ละชุดจะประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน คิดเป็นชุดละ 12 คะแนน ในเนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ซึ่งได้มีการกำหนดระดับคุณภาพจากการกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียน โดยอ้างอิงจากเกณฑ์แปลความหมายค่าเฉลี่ยของบุญชม ศรีสะอาด (2556) ดังนี้ 0.00 – 0.50 อยู่ในระดับต้องแก้ไข 0.51 – 1.50 อยู่ในระดับควรปรับปรุง 1.51 – 2.50 อยู่ในระดับพอใช้ 2.51 – 3.50 อยู่ในระดับดี และ 3.51 – 4.00 อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยเฉลี่ยแล้วเป็นดังนี้ ชุดที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้ ชุดที่ 2 อยู่ในระดับดี และชุดที่ 3 อยู่ในระดับดี โดยที่ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเขียนอธิบายจากกราฟ 2) การวาดกราฟ และ 3) การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งพบว่าทั้ง 3 ชุด นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์สูงที่สุด ในขณะที่คะแนนเฉลี่ยรองลงมาคือด้านการวาดกราฟ และคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดคือด้านการเขียนอธิบายจากกราฟ ดังแสดงในตาราง 1

**ตารางที่ 1** แสดงการวิเคราะห์ระดับคุณภาพของคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทาง  
 คณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 ชุด (n = 45)

ความสามารถใน การสื่อสารทาง คณิตศาสตร์	แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์						คะแนนเฉลี่ย รายด้าน	SD
	ชุดที่ 1		ชุดที่ 2		ชุดที่ 3			
	คะแนนเฉลี่ย	SD	คะแนนเฉลี่ย	SD	คะแนนเฉลี่ย	SD		
ด้านที่ 1	2.24 (พอใช้)	1.07	2.87 (ดี)	0.89	3.42 (ดี)	0.65	2.84 (ดี)	0.60
ด้านที่ 2	2.33 (พอใช้)	1.06	3.07 (ดี)	0.99	3.44 (ดี)	0.80	2.95 (ดี)	0.57
ด้านที่ 3	2.46 (พอใช้)	0.89	3.17 (ดี)	0.85	3.56 (ดีมาก)	0.88	3.06 (ดี)	0.56
<b>รวม</b>	<b>2.38 (พอใช้)</b>	<b>1.01</b>	<b>3.04 (ดี)</b>	<b>0.91</b>	<b>3.47 (ดี)</b>	<b>0.78</b>	<b>2.95 (ดี)</b>	<b>0.57</b>

ผลงานของผู้เรียนที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน แสดงได้ดังต่อไปนี้

#### ด้านที่ 1 การเขียนอธิบายจากกราฟ

การเขียนอธิบายจากกราฟคือ การเขียนอธิบายจากภาพ กราฟ หรือตาราง ให้เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สังเกตได้ชัดว่าในขั้นที่ 1 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานได้มีการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่น่าสนใจ ซึ่งเป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการอธิบายถึงแนวคิดในการหาคำตอบ ทำให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญในการอธิบายกราฟให้เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งในขั้นที่ 4 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานยังเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดในการหาคำตอบกัน ทำให้นักเรียนได้ประเด็นในการอธิบายลักษณะของกราฟได้อย่างครบถ้วนมากขึ้น ดังนั้นในขั้นของการทำงานเดี่ยว ขั้นการทำงานกลุ่ม และขั้นให้งานหรือแบบฝึกหัดนักเรียนจึงแสดงการเขียนอธิบายจากกราฟได้ดังตัวอย่างของสถานการณ์ต่อไปนี้ “ถ้าแอเรียลเปิดร้านชานมไข่มุก โดยมีต้นทุนค่าตักแต่งร้านค่าและอุปกรณ์ 700 บาท และราคาต้นทุนต่อแก้ว 6 บาท”

**คำถาม** จะสามารถอธิบายแนวโน้มจากกราฟของฟังก์ชันระหว่างจำนวนชานมไข่มุกและต้นทุนได้อย่างไร ซึ่งด้านที่ 1 การเขียนอธิบายจากกราฟมีเกณฑ์การวัดและประเมินเป็นคะแนนและระดับคุณภาพดังตารางที่ 2

## ตารางที่ 2 แสดงเกณฑ์การประเมินด้านการเขียนอธิบายจากกราฟ

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	สามารถอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพิจารณาจากกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
3 (ดี)	สามารถอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพิจารณาจากกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
2 (พอใช้)	สามารถอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพิจารณาจากกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างครบถ้วน แต่ไม่ถูกต้อง
1 (ควรปรับปรุง)	สามารถอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพิจารณาจากกราฟ ภาพ หรือตารางได้บางส่วน แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด
0 (ต้องแก้ไข)	ไม่เขียนหรือไม่สามารถอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยการพิจารณาจากกราฟได้

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ได้ 4 คะแนน (ดีมาก) ซึ่งพิจารณาจาก การเขียนอธิบายแนวโน้มและลักษณะของกราฟได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2

x แทน จำนวนแก้วที่ดื่มไปมาก , y แทน จำนวน บาทที่จ่าย จะเห็นว่า เมื่อ ค่า x เพิ่มขึ้น ค่า y ก็เพิ่มขึ้นตาม ดังนั้น ถ้า จำนวนแก้วที่ดื่มไปมากแล้ว จำนวนที่จ่ายก็จะมากขึ้นตาม ค่า x สูง ค่า y ก็สูง แต่ถ้า จำนวนแก้วที่น้อย ค่าที่จ่ายก็จะต่ำ

$$y = 6x + 700$$

เป็นสมการเส้นตรง

ภาพที่ 2 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ถูกต้องและครบถ้วน

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ได้ 3 คะแนน (ดี) ซึ่งพิจารณาจากการเขียนอธิบายแนวโน้มและลักษณะของกราฟได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้อธิบายถึงลักษณะของกราฟ ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 3

แต่ไม่บอกว่าเป็นเส้นตรงหรือทำเครื่องหมายบอกในแกน

ภาพที่ 3 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน

### ด้านที่ 2 การวาดกราฟ

การวาดกราฟคือ การวาดภาพ กราฟ หรือตารางในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ สังเกตได้ชัดว่าในขั้นที่ 1 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานได้มีการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่น่าสนใจ ซึ่งเป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการวาดกราฟ และเห็นถึงความสำคัญของกราฟ อีกทั้งในขั้นที่ 4 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานยังเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดในการวาดกราฟ ทำให้นักเรียนได้รายละเอียด

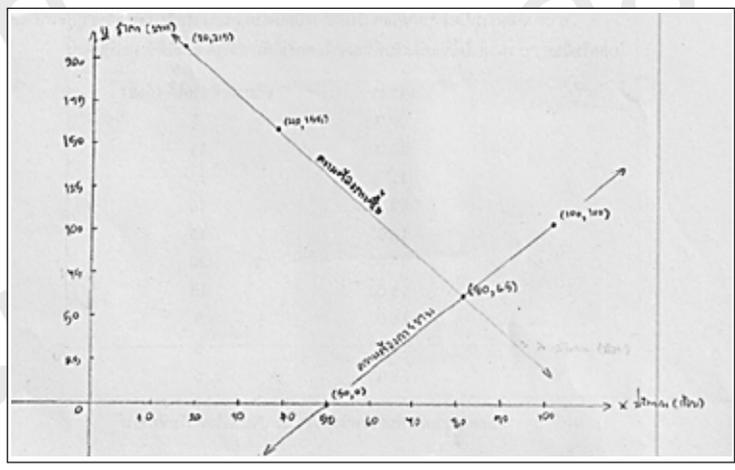
ของการวาดกราฟอย่างครบถ้วน และคำนึงถึงหลักของการวาดกราฟ ดังนั้นในขั้นของการทำงานเดี่ยว ขั้นการทำงานกลุ่ม และขั้นให้งานหรือแบบฝึกหัดนักเรียนจึงแสดงการวาดกราฟได้ดังตัวอย่างของสถานการณ์ต่อไปนี้ “อาริตาได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราคากับปริมาณความต้องการซื้อและความต้องการขายของร้านขายไอศกรีมแห่งหนึ่งพบว่า ความสัมพันธ์ของปริมาณความต้องการซื้อ(อุปสงค์) เป็น  $y = -3x + 275$  และความสัมพันธ์ของปริมาณความต้องการขาย (อุปทาน) เป็น  $y = 2x - 100$  เมื่อ  $x$  เป็นปริมาณไอศกรีม (ถ้วย) และ  $y$  เป็นราคาของไอศกรีม (บาท) ”

คำถาม จะสามารถเขียนกราฟของปริมาณความต้องการซื้อและปริมาณความต้องการขายได้อย่างไร ซึ่งด้านที่ 2 การวาดกราฟมีเกณฑ์การวัดและประเมินเป็นคะแนนและระดับคุณภาพดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงเกณฑ์การประเมินด้านกรวาดกราฟ

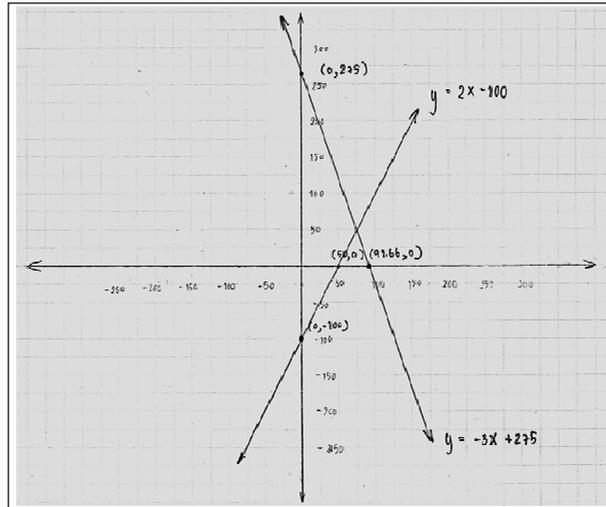
คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	สามารถสร้างกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
3 (ดี)	สามารถสร้างกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
2 (พอใช้)	สามารถสร้างกราฟ ภาพ หรือตารางได้อย่างครบถ้วน แต่ไม่ถูกต้อง
1 (ควรปรับปรุง)	สามารถสร้างกราฟ ภาพ หรือตารางได้บางส่วน แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด
0 (ต้องแก้ไข)	ไม่เขียนหรือไม่สามารถสร้างกราฟ ภาพ หรือตารางได้

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ได้ 4 คะแนน (ดีมาก) ซึ่งพิจารณาจากการวาดกราฟได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการวาดกราฟที่ถูกต้องและครบถ้วน

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายจากกราฟที่ได้ 3 คะแนน (ดี) ซึ่งพิจารณาจากการวาดกราฟได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้มีการกำหนดแกน X และแกน Y ว่าแทนอะไร ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการวาดกราฟที่ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน

### ด้านที่ 3 การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์คือการเขียนเพื่อแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์หรือแสดงสถานการณ์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ สังเกตได้ชัดว่าในขั้นที่ 1 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานได้มีการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงที่น่าสนใจ ซึ่งเป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการอธิบายถึงแนวคิดในการหาคำตอบ ทำให้นักเรียนมีเป้าหมายในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งในขั้นที่ 4 ของการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานยังเป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดในการหาคำตอบกัน ทำให้นักเรียนได้ประเด็นของแนวคิดในการหาคำตอบได้ครบถ้วนมากขึ้น ดังนั้นในขั้นของการทำงานเดี่ยว ขั้นการทำงานกลุ่ม และขั้นให้งานหรือแบบฝึกหัดนักเรียนจึงแสดงการเขียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ ดังตัวอย่างของสถานการณ์ต่อไปนี้ “ร้านขายกางเกงแห่งหนึ่งมีต้นทุนในการผลิตกางเกงเป็น  $x^2 - 20x + 900$  บาท ถ้าร้านแห่งนี้ขายกางเกงไปในราคาตัวละ 80 บาท”

**คำถาม** อยากทราบว่าถ้าร้านแห่งนี้ต้องการกำไรสูงสุดควรขายกางเกงให้ได้จำนวนกี่ตัว และกำไรสูงสุดนั้นเป็นเท่าใด จงแสดงวิธีคิดอย่างละเอียด ซึ่งด้านที่ 3 การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ มีเกณฑ์การวัดและประเมินเป็นคะแนนและระดับคุณภาพดังตารางที่ 4

#### ตารางที่ 4 แสดงเกณฑ์การประเมินด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

คะแนน (ระดับคุณภาพ)	เกณฑ์การพิจารณา
4 (ดีมาก)	สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ในการเขียนเพื่อเป็นการแสดงแทนแนวคิดนั้นได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน
3 (ดี)	สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ในการเขียนเพื่อเป็นการแสดงแทนแนวคิดนั้นได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
2 (พอใช้)	สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ในการเขียนเพื่อเป็นการแสดงแทนแนวคิดนั้นได้อย่างครบถ้วน แต่ไม่ถูกต้อง
1 (ควรปรับปรุง)	สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ในการเขียนเพื่อเป็นการแสดงแทนแนวคิดนั้นได้บางส่วน แต่ไม่ถูกต้องทั้งหมด
0 (ต้องแก้ไข)	ไม่เขียนหรือไม่สามารถแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ในการเขียนเพื่อเป็นการแสดงแทนแนวคิดนั้นได้

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ 4 คะแนน (ดีมาก) ซึ่งพิจารณาจากการอธิบายถึงแนวคิดในการหาคำตอบอย่างถูกต้องและครบถ้วน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 6

$\begin{aligned} \text{กำไร} &= \text{ยอดขาย} - \text{ต้นทุน} \\ y &= 80x - (x^2 - 20x + 900) \\ &= 80x - x^2 + 20x - 900 \\ &= -x^2 + 100x - 900 \\ &= -(x^2 - 100x + 900) \\ &= -(x^2 - 2(50)x + 50^2 - 50^2 + 900) \\ &= -(x - 50)^2 - 2500 + 900 \\ &= -(x - 50)^2 - 1600 \\ &= -(x - 50)^2 + 1600 \end{aligned}$	<p>จาก <math>\rightarrow y = a(x-h)^2 + k</math>  <math>(h, k) = (50, 1600)</math>          จุดสูงสุดในพาราโบลาคือ <math>(h, k) \rightarrow (50, 1600)</math> นี้จะจุดสูงสุด.          ∴ ร้านแห่งนี้ควรขายถุงเท้า 50 คู่ จึงจะได้กำไรสูงสุด คือ 1600 บาท ✖</p>
---	--

ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและครบถ้วน

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้ 3 คะแนน (ดี) ซึ่งพิจารณาจากการอธิบายถึงแนวคิดในการหาคำตอบอย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้อธิบายว่าจุด  $(h, k)$  ที่หาได้มีความสัมพันธ์กับคำตอบอย่างไร ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 7

ให้  $x$  แทน จำนวนที่ต้องขาย เพื่อให้ได้กำไรสูงสุด

$$y = 80x + x^2 - 20x + 900$$

$$y = x^2 + 60x + 900$$

$$y = x^2 + 2(30)(x) + 30^2$$

$$y = a(x-h)^2 + k$$

$$y = (x+30)^2 + 1600$$

จุด  $(h, k)$   
 $(-30, 1600)$

ภาพที่ 7 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนด้านการเขียนอธิบาย โดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน

จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัย 16 ข้อ แบ่งเป็นปรนัย 14 ข้อและอัตนัย 2 ข้อ โดยประกอบด้วย 4 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การนำไปใช้ และ 4) การวิเคราะห์ ผลวิจัยพบว่า นักเรียน (มากกว่า 80%) มีคะแนนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน คือได้คะแนนมากกว่า 60% โดยมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 15.81 คะแนน (คิดเป็น 79.05%) จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.28 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาตามรายด้านของข้อสอบ พบว่า ด้านความเข้าใจเป็นด้านที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านการวิเคราะห์ และด้านความรู้ความจำในการคิดคำนวณ ตามลำดับ และด้านที่มีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนต่ำที่สุดคือ ด้านการนำไปใช้ ดังแสดงในตาราง 5

ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ผ่านเกณฑ์ 60%
ความรู้ความจำในการคิดคำนวณ (3 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 3 คะแนน)	2.11	70.33	0.81	36 (80.00%)
ความเข้าใจ (8 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 8 คะแนน)	7.14	89.25	1.03	43 (95.56%)
การนำไปใช้ (3 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 3 คะแนน)	1.80	60.00	1.13	23 (51.11%)
การวิเคราะห์ (2 ข้อ ข้อละ 3 คะแนน รวม 6 คะแนน)	4.77	79.50	1.36	34 (75.56%)
รวม (16 ข้อ 20 คะแนน)	15.81	79.05	2.28	40 (88.99%)

จากแบบบันทึกหลังการสอนของครู ผลงานของผู้เรียนอื่นๆ และแบบสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในด้านการเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ดีมาก กล่าวคือ นักเรียนส่วนมากสามารถเขียนแสดงแนวคิดหรือแสดงสถานการณ์โดยใช้สัญลักษณ์หรือภาษาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน ในขณะที่ในด้านการเขียนอธิบายจากกราฟและด้านการวาดกราฟ

อยู่ในระดับดี กล่าวคือ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายจากกราฟและวาดกราฟได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน เนื่องจากการเขียนอธิบายจากกราฟและการวาดกราฟของนักเรียนยังขาดรายละเอียดบางอย่างที่จะทำให้สมบูรณ์ได้

## สรุปการวิจัย

จากผลการวิจัย เรื่อง การศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในห้องเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน จากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ชุด พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นดังนี้คือ ชุดที่ 1 อยู่ในระดับพอใช้และมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 2.44 คะแนน ชุดที่ 2 อยู่ในระดับดีและมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 3.07 คะแนน และชุดที่ 3 อยู่ในระดับดีและมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 3.47 คะแนน ทั้งนี้เห็นได้จากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ชุด นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ 1) การเขียนอธิบายจากกราฟ 2) การวาดกราฟ และ 3) การเขียนอธิบายโดยใช้ภาษาหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัย 16 ข้อ แบ่งเป็นปรนัย 14 ข้อ และอัตนัย 2 ข้อ พบว่านักเรียน 40 คนจากทั้งหมด 45 คน (คิดเป็น 88.89%) มีคะแนนผ่านเกณฑ์มาตรฐานของโรงเรียนคือได้คะแนนมากกว่า 60% โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเป็น 15.81 คะแนน (คิดเป็น 79.05%) จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 2.28

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่านักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้านตามกรอบแนวคิดของ Tiffany et al. (2017) โดยมีระดับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากการทำแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ชุดในภาพรวมอยู่ในระดับดี อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของโรงเรียน ซึ่งผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผล ดังนี้

### 1) ประเด็นความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ชุด จะเห็นว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกด้าน ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ซึ่งขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทของครูมีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานนั้นได้มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ และได้ลงมือแก้สถานการณ์ปัญหาได้ด้วยตนเอง ทั้งการทำงานเดี่ยว ทำงานกลุ่ม และแบบฝึกหัด ซึ่งในหลายงานวิจัย (Kuntari, 2015; Surya, Syahputra, & Jumiaty, 2018) ได้มีการระบุว่าการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น ซึ่งการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในพีชคณิตนั้น อันดับแรกจะเริ่มจากการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้มีการวิเคราะห์ กำหนดตัวแปร เขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปของสมการหรือสมการตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด และดำเนินการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางพีชคณิต ซึ่งเป็นการการฝึกทักษะให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ปัญหาและสามารถเขียนปัญหาในรูปของตาราง กราฟ หรือข้อความ เพื่อสื่อสารความสัมพันธ์ของ

จำนวนเหล่านั้นได้ (สสวท, 2560) ซึ่งเป็นไปตามขั้นของการจัดเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานที่มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนได้ลงมือแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง โดยที่ปัญหานั้นจะกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีการแสวงหาความรู้เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา (พรทิพา เมืองโคตร, 2559)

ซึ่งการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและแสดงความคิดเห็นด้วยตนเองนั้นเป็นแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้ดีขึ้นได้ (สสวท, 2560) อีกทั้งในการทำงานกลุ่ม นักเรียนจะได้ร่วมแสดงความคิดเห็นและปรึกษากับเพื่อนในกลุ่ม เพื่อช่วยกันเขียนแสดงแนวคิดในการหาคำตอบ โดยการกระทำเหล่านี้ จะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเขียนแสดงแนวคิดซึ่งกันและกัน ซึ่งช่วยให้ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนดีขึ้น (กรวิกา ปานศักดิ์, 2562) และยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายความรู้ร่วมกัน โดยการพูดและแสดงแนวคิดนั้นจะเป็นขั้นตอนสำคัญที่จะนำไปสู่การเขียน ซึ่งนักเรียนจะได้มีการชี้แจงแนวคิดโดยการอธิบายเหตุผลในการแสดงแนวคิด ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ ได้มีการเรียนรู้ที่จะรับฟังแนวคิดในลักษณะต่างๆ และทำให้เกิดความชัดเจนในแนวคิดของตนเอง ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมและพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (NCTM, 1989; Dacey and Eston, 2002 ปภัสชญา เสมอ, 2560)

## 2) ประเด็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน

การที่นักเรียนส่วนมาก (มากกว่า 80%) ของห้องเรียนมีคะแนนจากการทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ผู้วิจัยคาดว่าน่าจะเป็นผลเนื่องมาจากการใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานเป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากขึ้น มีความสามารถในการแก้ปัญหาและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล อีกทั้งยังมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนและเพิ่มความสามารถในการเรียนได้มากกว่าการเรียนแบบทั่วไป (นภสร เรือนโรจน์รุ่ง, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของณัฐพร เอี่ยมทอง (2561) ที่พบว่านักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนในชั้นเรียนที่ใช้การสอนแบบปกติ อีกทั้งในงานวิจัยของ Fatade, Mogari, and Arigbabu (2013) ยังได้ระบุว่าควรนำการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานมาใช้เป็นกลยุทธ์ในการส่งเสริมองค์ความรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ดีขึ้น

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับปฏิบัติ

1.1 สำหรับผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในด้านการเขียนอธิบายจากกราฟอยู่ในระดับต่ำสุด ดังนั้นครูผู้สอนในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานควรตระหนักถึงความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ในด้านนี้ โดยการเปิดโอกาสและให้เวลาแก่นักเรียนได้มีการพิจารณาในการเขียนอธิบายจากกราฟได้มากขึ้น

1.2 สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน ในขั้นของการทำงานเดี่ยวและทำงานกลุ่ม ควรมีการบอกเวลาเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำงานเสร็จได้ตามเวลาที่กำหนด ยกตัวอย่างเช่น การบอกเวลาด้วยนาฬิกาที่จับเวลานับถอยหลังที่ฉายโดยเครื่องโปรเจคเตอร์

1.3 สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานในเรื่องความสัมพันธ์และฟังก์ชัน ในขั้นการนำเสนออภิปรายและสรุป เมื่อนักเรียนได้นำเสนอและอภิปรายเรียบร้อยแล้ว ครูควรยกตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่มีความเป็นนามธรรมแบบทั่วไป เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันได้อย่างถูกต้อง

## 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ในห้องเรียนที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่นๆ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง

2.2 ควรออกแบบการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

## เอกสารอ้างอิง

- กรวิกา ปานศักดิ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอด้วยการจัดการเรียนรู้แบบเสริมต่อการเรียนรู้เรื่องจำนวนจริง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 13(2), 32-44.
- กุลจิรา ฝุ่นวัง. (2561). การสร้างลักษณะเฉพาะของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 29(3), 174-189.
- จตุรงค์ เลิศชูวงศ์. (2559). *การใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมอภิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ณัฐพร เอี่ยมทอง. (2561). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยรูปแบบ Problem-based Learning กับรูปแบบการสอนปกติ. *วารสารราชพฤกษ์*, 16(2). 53-60.
- ดวงหทัย กาศวิบูลย์. (2552). กลยุทธ์การส่งเสริมทักษะการสื่อสารในชั้นเรียนคณิตศาสตร์. *วารสาร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 4(1). 38-51.
- นภสร เรือนโรจน์รุ่ง. (2558). *การจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน และเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2*. สืบค้นจาก คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เว็บไซต์: [http://cuir.chula.ac.th/dspace/bitstream/123456789/47689/3/Noppasorn\\_Ru.pdf](http://cuir.chula.ac.th/dspace/bitstream/123456789/47689/3/Noppasorn_Ru.pdf)
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ปภัศชญา เสมอ. (2560). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการร่วมมือแบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2. *An Online Journal of Education*, 12(4), 666-680.

- พรทิพา เมืองโคตร. (2559). ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร. *วารสารศึกษาศาสตร์*, 27(3), 122-132.
- มนตรี วงษ์สะพาน. (2560). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้สื่อการเรียนรู้จากท้องถิ่น สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 19(2), 71-82.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สทศ.). (2561). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขึ้น พื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562. สืบค้น 5 มีนาคม 2563, จาก <https://www.niets.or.th/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- อัมพร ม้าคอง. (2553). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Fatade, A. O., Mogari, D., & Arigbabu, A. A. (2013). Effect of Problem-Based Learning on Senior Secondary School Students' Achievements in Further Mathematics. *Acta Didactica Napocensia*, 6(3), 27-44.
- Firdaus, H. P. E. (2017). Analysis of Mathematical Communication Skills Students in Mathematics Education at Study Course Junior High School Mathematics. *International Conference on Education (IECO)*, 1(1), 344-351.
- Habsah, F. (2017). Developing Teaching Material Based on Realistic Mathematics And oriented to the Mathematical Reasoning and Mathematical Communication. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 4(1), 43-55.
- Kaur, B. (2019). Evolution of Singapore's school mathematics curriculum. In C. Vistro-Yu, & T.L. Toh (Eds.) *School mathematics curricula: Asian perspectives and glimpses of reform* (pp. 21-38). New Delhi: Springer.
- Kuntari, T. A., & Rosnawati, R. (2016). The Effect of Problem Based Learning (PBL) Model to Mathematical Communication Skills and Problem Solving 7 th Grade Students of Junior High School in MERGANGSAN DISTRICTS of YOGYAKARTA. *Jurnal Pendidikan Matematika-S1*, 5(4), 1-10.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Othman, H., Salleh, B. M., & Sulaiman, A. (2013). 5 ladders of active learning: An innovative learning steps in PBL process. In K. M. Yusof, M. Arsat, M. T. Borhan, E. D. Graaff, A. Kolmos, & F. A. Phang (Eds.), *PBL across cultures* (pp. 245-253). Aalborg, Denmark: Aalborg University Press.

- Paridjo, W., & St. B. (2017). Analysis Mathematical Communication Skills Students In The Matter Algebra Based NCTM. *Journal of Mathematics*, 13(1), 60-66.
- Perwitasari, D., & Surya, E. (2017). The Development of Learning Material Using Problem Based Learning to Improve Mathematical Communication Ability of Secondary School Students. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, 33(3), 200-207.
- Surya, E., Syahputra, E., & Jumiati, N. (2018). Effect of Problem Based Learning Toward Mathematical Communication Ability and Self-Regulated Learning. *Journal of Education and Practice*, 9(6), 14-23.
- Tiffany, F., Surya, E., Panjaitan, A., & Syahputra, E. (2017). Analysis Mathematical Communication Skills Student At The Grade IX Junior High School. *IJARIIIE-ISSN (O)-2395-4396*, 3(2), 2160-2164.

วารสารศึกษาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยบูรพา