

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK
เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงนิทัศน์
ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*

THE DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES BASED ON THE TPACK CONCEPT
OF GRAPHS AND LINEAR RELATIONSHIPS TO ENHANCE MATHEMATICAL
CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF SEVENTH GRADE STUDENTS

พีระพัฒน์ แสงรุ่ง^{1**}, สุขแก้ว คำสอน² และ อุเทน ปุ่มล้นเหิยะ³

Phiraphat Saengrung^{1**}, Sukkaew Comesorn² and Uthen Pumsanthia³

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 66 ถ.วังจันทร์ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000^{1, 2, 3}

Pibulsongkram Rajabhat University, 66 Wang Chan Road, Nai Mueang Sub-district, Mueang District,
Phitsanulok Province 65000 ^{1, 2, 3}

**Corresponding author E-mail: Phiraphat.sa@psru.ac.th

(Received: 16 Aug, 2022; Revised: 27 Dec, 2022; Accepted: 27 Dec, 2022)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) ศึกษาระดับความเข้าใจเชิงนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น แบบทดสอบวัดความเข้าใจเชิงนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาตามแนวคิด TPACK ที่ส่งเสริมนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 86.56/87.28 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น คะแนนความเข้าใจเชิงนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับการกระทำ (A) สูงสุด รองลงมาคือ กระบวนการ (P) และสิ่งที่เรียนรู้ (O) ตามลำดับ และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.47, \sigma = 0.78$).

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนรู้, แนวคิด TPACK, ความเข้าใจเชิงนิทัศน์ทางคณิตศาสตร์

* งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินกองทุนพัฒนาการวิจัยและบริหารจัดการงานวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (ประเภททุนวิจัยและนวัตกรรมสำหรับนักศึกษาและบัณฑิตศึกษา)

¹ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์

² รองศาสตราจารย์ ดร. สาขาการวิจัยและประเมินทางการศึกษา คณะครุศาสตร์

³ อาจารย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop and determine the effectiveness of learning activities based on the TPACK concept on graph and linear relationships to reach efficiency of 75/75, 2) to study levels of the mathematical conceptual understanding on graph and linear relationships of seven grade students, and 3) to study students' satisfaction toward learning activities based on the TPACK concept. The target group consisted of 30 seventh grade students which the purposive sampling method was applied to select. The research instruments were lesson plans and learning activities based on the TPACK concept in graph and linear relationships, the level of mathematical conceptual understanding's test, and the satisfaction questionnaire. The data were analyzed by using percentages, mean, and standard deviations.

The research findings were as follows: 1) The effectiveness of the developed learning activities based on the TPACK concept of graph and linear relationships was 86.56/87.28 which was higher than the 75/75 criteria. 2) After studying with learning activities developed based on the TPACK concept of graphs and linear relationships. Students' math comprehension scores are at the highest action (A) level, followed by process (P) and learning (O), respectively, and 3) The student's level of satisfaction toward the learning activities based on the TPACK concept in graphs and linear relationships were at the high level ($\mu = 4.47$, $\sigma = 0.78$).

KEYWORDS: Learning Activities, TPACK Concept, Mathematical Conceptual Understanding

บทนำ

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจ การคิด การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และสามารถนำไปใช้ แก้ปัญหาที่ซับซ้อนและไม่คุ้นเคยได้ (Makanong, 2014) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลลัพธ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ (Makanong, 2003) นักเรียนที่มีความเข้าใจ มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์จะเข้าใจเนื้อหาการดำเนินการ และความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ สามารถเชื่อมโยง ความรู้เดิมที่มีอยู่และประยุกต์ใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ไป ยังสถานการณ์ใหม่ ๆ เพื่อแก้โจทย์ปัญหาสถานการณ์ทาง คณิตศาสตร์ด้วยวิธีการที่หลากหลาย (Prachumkayohmat, 2019; Kilpatrick, Swafford, and Findell, 2001) แล้วสร้างเป็นความรู้ใหม่

ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (APOS) เป็นกลไกทางการคิดจากการทำงานภายในจิตใจ การประสานงาน การคิดกลับ การห่อหุ้มไว้และลักษณะทั่วไปที่นำไปสู่การสร้างภาพทางความคิดโดยเริ่มต้นจาก การรับมโนทัศน์สิ่งที่เรียนรู้เข้าไปผ่านการกระทำ (Action) ทำให้เกิดกระบวนการทำงานของจิตใจซึ่งผู้เรียนจะรับรู้ และเข้าใจได้ทันทีจากการปฏิบัติตามคำสั่งหรือตอบคำถาม เมื่อปฏิบัติซ้ำ ๆ จะทำให้เกิดการสะท้อนคิดหรือการ คิดย้อนกลับเกี่ยวกับกระบวนการที่ปฏิบัติซ้ำและให้ ความหมายกับสิ่งที่เกิดขึ้น เรียกการทำงานในจิตใจ ระดับนี้ว่า กระบวนการ (Process) ซึ่งจะถูกห่อหุ้มไว้ ภายใต้อารมณ์จิตใจ เกิดการเชื่อมโยงและสะท้อนคิดกลายเป็นสิ่งที่เรียนรู้ (Object) ทางคณิตศาสตร์ เช่น ผู้เรียน ค้นพบว่าจำนวนกระต่ายที่ได้จากการแบ่งครึ่งออกเป็น ครึ่งละ 2 ส่วน เท่า ๆ กัน คือ เมื่อ n คือจำนวนครั้งที่ แบ่งกระต่าย และสามารถสรุปได้ว่าการดำเนินกิจกรรม นี้เกี่ยวกับเลขยกกำลัง ทำให้ผู้เรียนเกิดแผนภาพ ทางปัญญา (Schema) (Dubinsky, 1991, Cited in Arnon et al., 2014) จากกระบวนการสร้างภาพทางความคิด ที่สามารถคิดเชื่อมโยงหรือคิดย้อนกลับเพื่อนำไปสู่ การสร้างมโนทัศน์ใหม่ ๆ หรือมโนทัศน์ที่สูงขึ้น เนื้อหา เรื่องกราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้นจึงเป็นบทเรียนที่มี ความสำคัญที่ผู้เรียนต้องมีความเข้าใจ เนื่องจากเป็นความรู้

พื้นฐานที่นำไปใช้เรียนคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การติดต่อสื่อสารและ เผยแพร่ข้อมูลสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็ว ด้วยสื่ออุปกรณ์ที่ทันสมัย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์จึงต้องพัฒนาให้สอดคล้องกับเทคโนโลยี ที่เปลี่ยนแปลงไปโดยนำสื่อเทคโนโลยีสารสนเทศมา ประยุกต์ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ มากยิ่งขึ้น (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), Ministry of Education, 2017) การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเรียนรู้เพียง อย่างเดียวยังไม่สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องออกแบบกิจกรรม การเรียนรู้บนสื่อเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับแนวทาง การจัดการเรียนรู้หรือวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหา และเลือกใช้สื่อการสอนที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ใน แต่ละขั้นตอนของกิจกรรมซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ สิ่งที่เรียนมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกันจนเกิดเป็นความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ได้ สอดคล้องกับอัศพรพล พรหมตรุษ (Promtrud, 2022) ที่ศึกษาพบว่ารูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีผลต่อ ความเข้าใจมโนทัศน์ของผู้เรียน นอกจากนี้การนำเทคโนโลยี มาบูรณาการกับความรู้ด้านวิธีสอนและด้านเนื้อหา (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) มาใช้ในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียน จะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและเชื่อมโยง องค์ความรู้เดิมสู่องค์ความรู้ใหม่ได้ (Mishra & Koehler, 2006)

จากรายงานผลการสอบโครงการประเมินผล นักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment) ปี 2015 (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2018) นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ 415 คะแนน จากคะแนนมาตรฐาน 490 คะแนน อยู่ในช่วงลำดับที่ 49 – 55 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มากกว่า หนึ่งระดับ (IPST, 2018) และปี 2018 มีคะแนนเฉลี่ย

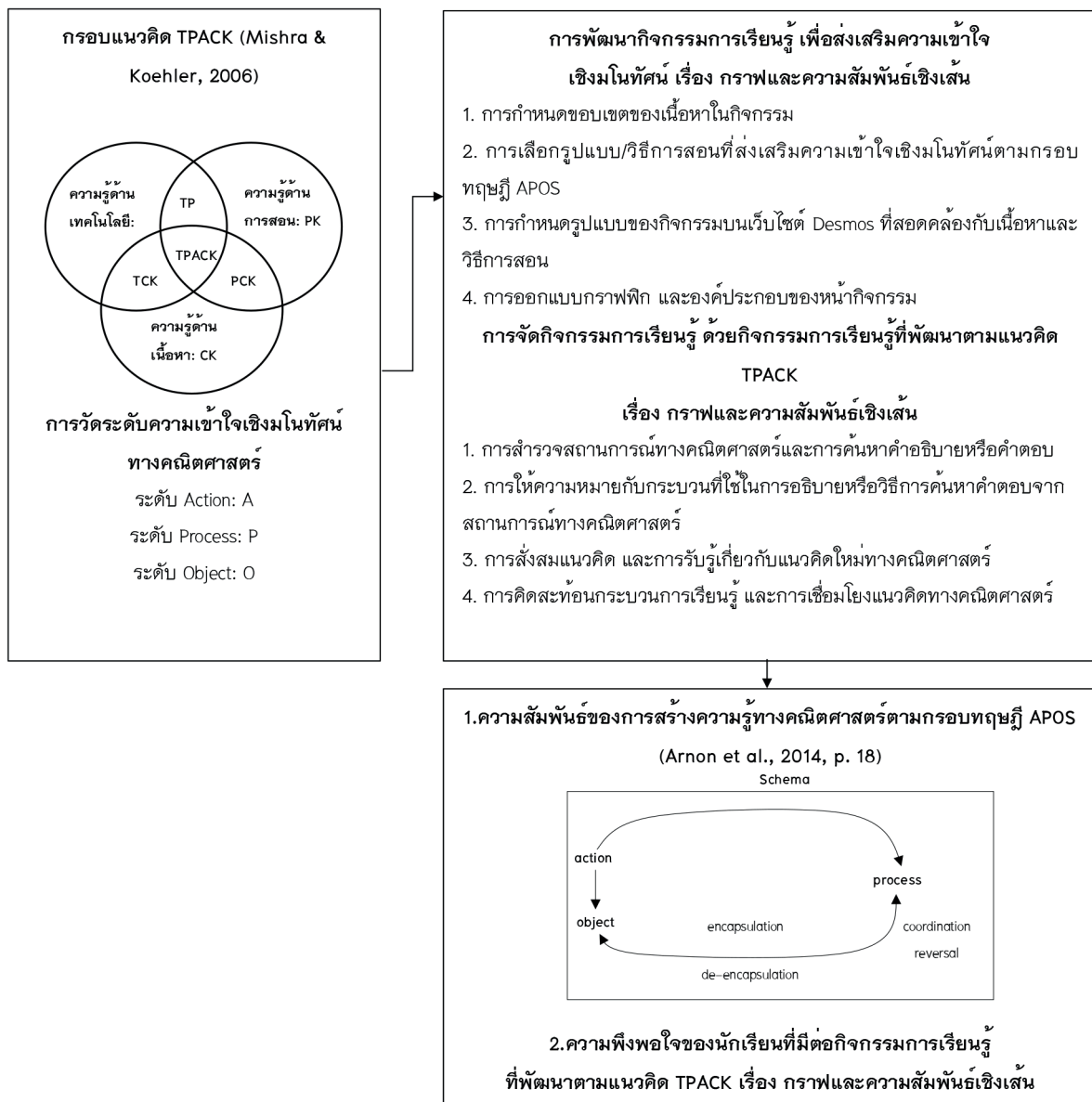
419 คะแนน ซึ่งยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD มีเพียงร้อยละ 2.3 ที่มีผลการประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ระดับ 5 และระดับ 6 เมื่อเทียบกับประเทศสมาชิก OECD มีนักเรียนประมาณร้อยละ 11 อยู่ในกลุ่มนี้ (IPST, 2021) สอดคล้องกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐานรายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนพุทธชินราชพิทยา พบว่า ปีการศึกษา 2563 มีนักเรียนเพียงร้อยละ 6.05 สอบได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม (National Institute of Education Testing Service (Public Organization): NIETS, 2020) และ ปีการศึกษา 2564 มีนักเรียนเพียงร้อยละ 5.07 สอบได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม (National Institute of Education Testing Service (Public Organization) (NIETS), 2021) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยมีความสามารถและทักษะการคิดขั้นสูงเกี่ยวกับคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังไม่เหมาะสมสำหรับการเรียนการสอนและขาดการนำเทคโนโลยี เช่น การใช้โปรแกรมและซอฟต์แวร์ทางการศึกษา มาบูรณาการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน เป็นต้น (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2015)

จากความสำคัญที่กล่าวมาจึงเห็นควรที่จะมีการศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยนำวิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ละสาระการเรียนรู้ย่อยมาออกแบบเป็นกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะเป็นแนวทางสำหรับผู้สอนนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง และเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับผู้เรียนได้ศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเองทั้งในและนอกห้องเรียน ตลอดจนเป็นแนวทางการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาบูรณาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถทางคณิตศาสตร์และนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาต่อระดับที่สูงขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่พัฒนาตามแนวคิด TPACK
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) แบบแผน One Group Posttest Only Design มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพุทธชินราชพิทยาล จังหวัดพิษณุโลก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากนักเรียนที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ 2 ในห้องเรียนปกติ

เครื่องมือการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ในเว็บไซต์ Desmos
2. แบบวัดระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์
3. แบบประเมินความพึงพอใจกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

1. แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิด TPACK เรื่องกราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ในเว็บไซต์ Desmos มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องกราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น

1.3 ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้/วิธีสอนที่เหมาะสมกับเนื้อหาเรื่องกราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น และการออกแบบสื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้

1.4 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 แผน ใช้เวลาแผนละ 60 นาที และชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้บนเว็บไซต์ Desmos จำนวน 10 กิจกรรม

1.5 นำแผนและชุดกิจกรรมการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมและแก้ไขตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษา แล้วนำขึ้นบนเว็บไซต์ Desmos ตามลิงก์ [<https://teacher.desmos.comcollection/6220efb3a41e1d20d81b1d25?lang=th>]

1.6 นำแผนและชุดกิจกรรมการเรียนรู้หาประสิทธิภาพรายบุคคล โดยทดลองจัดกิจกรรมกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 3 คน แบ่งเป็น เก่ง กลาง อ่อน ซึ่งคัดเลือกจากลำดับของผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ได้ค่าประสิทธิภาพของกิจกรรมเท่ากับ 85.56/80.77

1.7 นำแผนและชุดกิจกรรมการเรียนรู้หาประสิทธิภาพรายกลุ่ม โดยทดลองจัดกิจกรรมกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 9 คน คือ กลุ่มเก่ง กลุ่มกลาง กลุ่มอ่อน กลุ่มละ 3 คน คัดเลือกจากลำดับของผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ได้ค่าประสิทธิภาพ

ของกิจกรรมเท่ากับ 83.70/84.29

1.8 นำแผนและชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผ่านการหาประสิทธิภาพรายบุคคลและรายกลุ่มไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมภาคสนาม

2. แบบวัดระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์

2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องกราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น

2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระกับตัวชี้วัด/ตัวชี้วัดรายภาคสาระการเรียนรู้ช่วงชั้นกับสาระการเรียนรู้แกนกลางและตัวชี้วัด กับความรู้/ทักษะ/คุณลักษณะ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2.3 ศึกษาแนวทางการสร้างแบบวัดระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ตามกรอบทฤษฎี APOS

2.4 ร่างแบบวัดระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เป็นแบบอัตนัย 6 ข้อ

2.5 นำแบบวัดระดับความเข้าใจ ที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ ด้านการสอนคณิตศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผลทางการศึกษา พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถามกับระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ตามทฤษฎี APOS คือ 1) การกระทำ (Action: A) 2) กระบวนการ (Process: P) 3) สิ่งการเรียนรู้ (Object: O) แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า IOC ระหว่าง 0.67 – 1.00

2.6 นำแบบวัดระดับความเข้าใจ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย เพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (Discrimination) และเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ในช่วง 0.20 – 0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป แบ่งเป็นระดับ A 2 ข้อ ระดับ P 2 ข้อ และระดับ O 2 ข้อ รวม 6 ข้อ โดยมีค่าความยาก (Difficulty) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.62 และอำนาจจำแนก (Discrimination) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.67

2.7 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดระดับความเข้าใจ ทั้งฉบับด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของ ครอนบาค (Cronbach Alpha Coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

3. แบบประเมินความพึงพอใจกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น

3.1 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

3.2 ร่างแบบประเมินความพึงพอใจ แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 การประเมิน 3 ด้าน ประกอบด้วย 1) ด้านการใช้เทคนิค/วิธีจัดการเรียนรู้ 2) ด้านเนื้อหา/บทเรียนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านสื่อ/เทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert Scale) และส่วนที่ 2 ข้อเสนอแนะเป็นคำถามแบบปลายเปิด

3.3 นำแบบประเมินความพึงพอใจเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย 1) ด้านการสอนคณิตศาสตร์ 1 คน 2) ด้านการวัดประเมินการศึกษา 2 คน พิจารณาความเที่ยงตรงข้อคำถาม แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า IOC ระหว่าง 0.67 – 1.00

3.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจ ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย 20 คน แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 มีรายละเอียดดังนี้

1. ทดลองจัดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบแผนการจัดการเรียนรู้ในเว็บไซต์ Desmos ที่สร้างขึ้นเป็นเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน คาบเรียนละ 60 นาที โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 คาบเรียนและทำใบงานเก็บคะแนนระหว่างเรียน 1 คาบเรียน

2. ทดสอบระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น และทำแบบประเมินความพึงพอใจ หลังดำเนินการทดลองจัดการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.1 การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้มีแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังตัวอย่างในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

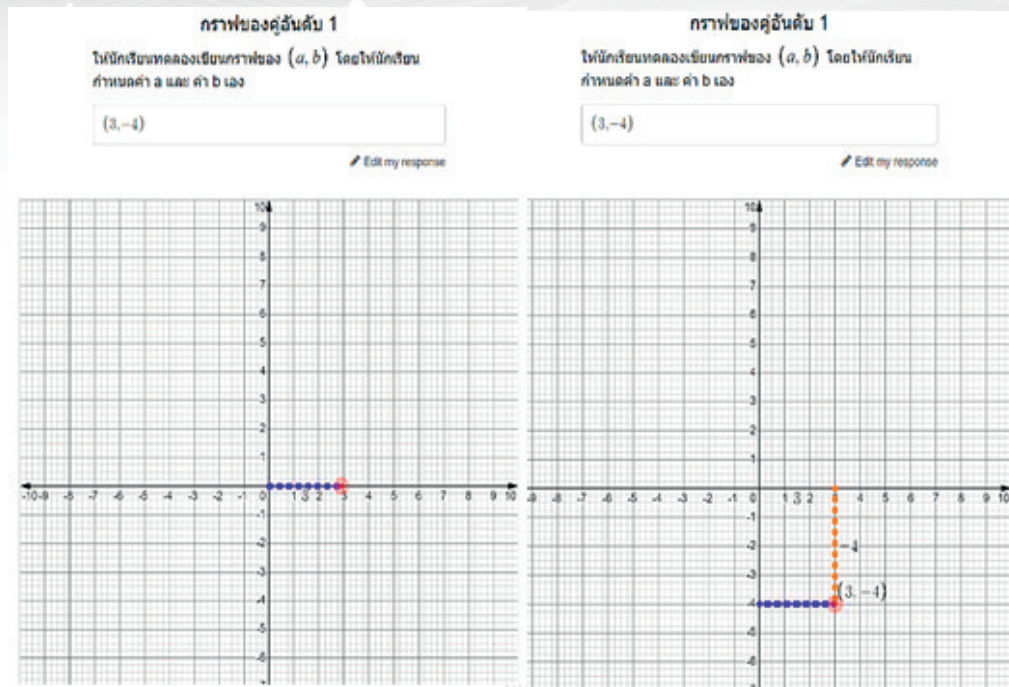
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความสัมพันธ์และคู่อันดับ	เวลา 60 นาที
สาระสำคัญ: การเขียนแทนความสัมพันธ์ของปริมาณสองปริมาณ สามารถเขียนในรูป (a, b) เมื่อ a, b แทนจำนวนใด ๆ ซึ่งอ่านว่า “คู่อันดับ เอ บี” โดยที่ a เป็นสมาชิกตัวที่หนึ่งของคู่อันดับ และ b เป็นสมาชิกตัวที่ 2 ของคู่อันดับ และเมื่อต้องการใช้คู่อันดับแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของกลุ่มสองกลุ่ม จะต้องมีข้อตกลงว่า สมาชิกตัวที่หนึ่งและสมาชิกตัวที่สองของคู่อันดับมาจากกลุ่มใด นอกจากนี้ในการที่สลับตำแหน่งระหว่างสมาชิกตัวที่หนึ่งและสมาชิกตัวที่สองของคู่อันดับ ทำให้ได้คู่อันดับที่แตกต่างจากเดิมและมีความหมายเปลี่ยนไป และคู่อันดับสองคู่ใด ๆ จะเท่ากัน เมื่อสมาชิกตัวที่หนึ่งของคู่อันดับเท่ากัน และสมาชิกตัวที่สองของคู่อันดับเท่ากัน	
จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถเขียนความสัมพันธ์จากสถานการณ์ที่กำหนด และเขียนคู่อันดับแทนความสัมพันธ์ที่กำหนดได้	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการสอน	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อการสอน
ขั้นที่ 1 เตรียมความพร้อม	- ครูอธิบายการใช้เครื่องมือกิจกรรมการเรียนรู้บนเว็บไซต์ Desmos - ให้นักเรียนทดลองกิจกรรมสำรวจความสัมพันธ์จำนวนยานสำรวจกับจำนวนดาวที่ยานแต่ละลำสำรวจได้ จากนั้นให้ตอบคำถามจากการสำรวจ เพื่อเตรียมความพร้อมการใช้งานหน้ากิจกรรมของนักเรียน	กิจกรรมภาพความสัมพันธ์บนเว็บไซต์ Desmos
ขั้นที่ 2 การนำเสนอตัวอย่าง	- ครูนำเสนอตัวอย่างภาพความสัมพันธ์ กำหนดกลุ่มสมาชิกตัวที่หนึ่ง สมาชิกตัวที่สองของความสัมพันธ์ การนำเสนอสมาชิกในความสัมพันธ์มาเขียนเป็นคู่ลำดับ ในหน้ากิจกรรม “การสำรวจดาวของยานอวกาศ”	หน้ากิจกรรมสำรวจดาว
ขั้นที่ 3 การเปรียบเทียบ	- นักเรียนใส่ค่าแทนความสัมพันธ์ในตารางที่กำหนดลำดับสมาชิกไว้แล้ว จากนั้นนำค่าที่ใส่ในตารางไปเขียนคู่ลำดับในรูปแบบ “(a, b) = (ค่าที่ใส่ในคอลัมสมาชิกตัวที่ 1, ค่าที่ใส่ในคอลัมสมาชิกตัวที่ 2), a = ค่าของสมาชิกตัวที่ 1, ค่าของสมาชิกตัวที่ 2” แล้วให้สังเกตและเปรียบเทียบรูปแบบการเขียน และสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้	หน้ากิจกรรมค่าของคู่ลำดับและสมาชิกในคู่ลำดับ
ขั้นที่ 4 ขั้นกฎเกณฑ์	- นักเรียนตอบคำถามสะท้อนคิดจากกิจกรรมขั้นตอนที่ 1 – 3 - ครูแสดงคำตอบของนักเรียนแต่ละคนที่หน้าจอของชั้นเรียน ให้นักเรียนอภิปรายสรุปประเด็นสำคัญของความสัมพันธ์และคู่ลำดับ	หน้ากิจกรรมสรุปขั้นตอนการเขียนคู่ลำดับแทนความสัมพันธ์
ขั้นที่ 5 การนำไปใช้	นักเรียนทำแบบฝึกหัดขั้นตอนการเขียนคู่ลำดับจากความสัมพันธ์ที่กำหนดให้ และการนำค่า a และ b ที่กำหนดให้ไปเขียนคู่ลำดับ	แบบฝึกหัดการเขียนคู่ลำดับแทนความสัมพันธ์

1.2 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบแผนจัดการเรียนรู้บนเว็บไซต์ Desmos จำนวน 10 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมเน้นกระบวนการคิดผ่านการกระทำ ต่อปัญหาหรือสิ่งที่สังเกตได้จากหน้าของกิจกรรมซึ่งจะเป็นสิ่งเร้าให้นักเรียนเกิดการคิดภายในจิตใจ โดยระหว่างการสอนของครูมีการกำหนดลำดับหน้า (Lock Screen) เพื่อให้นักเรียนเกิดการกระทำ (Action) อย่างเพียงพอในขั้นแรกของสิ่งที่ต้องการให้เรียนรู้ ดังตัวอย่างกิจกรรมการเขียนกราฟของคู่ลำดับ ใช้เครื่องมือ กำหนดโจทย์บนหน้ากิจกรรมด้วยการให้นักเรียนทดลองเขียนกราฟของ (a, b) โดยกำหนดค่า a และ ค่า b ที่เป็นจำนวนเต็ม โดยพิมพ์คู่ลำดับ (a, b) ลงในช่องว่างที่เรียกว่า Math Input แล้วกดคำสั่งเขียนกราฟ ซึ่งจะมีการเคลื่อนไหวในหน้าของกราฟเกิดเป็นจุดสีม่วงเคลื่อนที่บนแกน x

ไปตามค่าของ a หาก a เป็นจำนวนบวกจุดจะเคลื่อนที่ไปทางขวาแกน y แต่หาก a เป็นจำนวนลบจุดจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายแกน y พร้อมกับระยะห่างจากจุด (0, 0) เป็นระยะทาง หน่วย จากนั้นเคลื่อนที่ต่อเป็นจุดสีส้มขนานแกน y ไปตามค่าของ b ถ้าหาก b เป็นจำนวนบวกจุดจะเคลื่อนที่เหนือแกน x ขึ้นไปแต่ถ้าหาก b เป็นจำนวนลบจุดจะเคลื่อนที่ลงไปได้แกน y พร้อมกับระยะห่างจากจุด (0, 0) เป็นระยะทาง $|b|$ หน่วย เมื่อเคลื่อนที่ครบตามสมาชิกตัวที่หนึ่งและสมาชิกตัวที่สองของคู่ลำดับแล้วเส้นของจุดสีม่วงและเส้นของจุดสีส้มจะตัดกันทำให้เกิดเป็นจุดตัดซึ่งจุดตัดนี้จะเป็นกราฟของ (a, b) พร้อมกับแสดงพิกัด (a, b) ตามที่นักเรียนระบุค่าลงไป ตัวอย่างการเขียนกราฟของ (3, -4) ดังภาพที่ 2

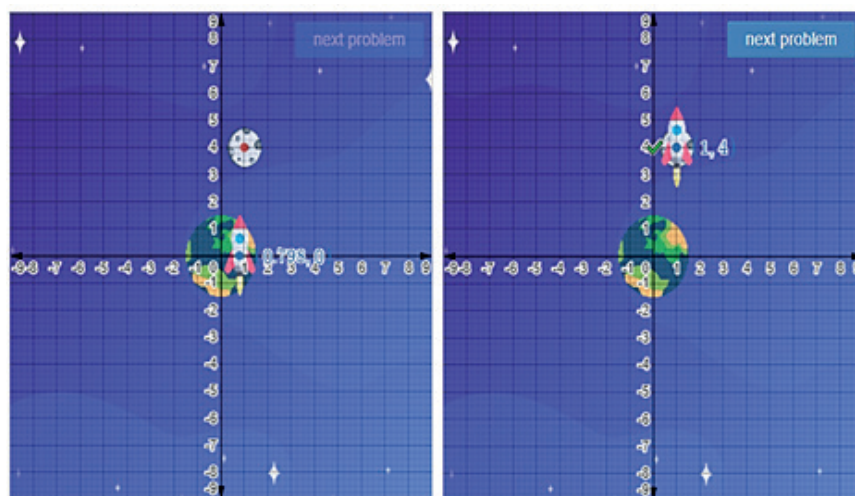


ภาพที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรมบนเว็บไซต์ Desmos ในการสำรวจกระบวนการเขียนกราฟของคู่อันดับ

จากกิจกรรมนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้การเขียนกราฟของคู่อันดับบนระบบพิกัดฉาก โดยเขียนกราฟของ (a, b) สมาชิกตัวหนึ่งของคู่อันดับ คือ ค่าที่จะอ่านบนแกน x และสมาชิกตัวที่สองของคู่อันดับ คือ ค่าที่จะอ่านบนแกน y ซึ่งเมื่ออ่านค่าบนแกน x ได้ให้สร้างเส้นตั้งฉากจากจุดที่อ่านค่าได้กับแกน x จากนั้นอ่านค่าบนแกน y แล้วสร้างเส้นตั้งฉากจากจุดที่อ่านค่าได้กับแกน y จุดตัดของเส้นตั้งฉากทั้งสองเส้นจะเป็นจุดกราฟของ (a, b) ซึ่งจะเป็นความเข้าใจในระดับของการกระทำ (Action)

กิจกรรมถัดไปนักเรียนมีการคิดสะท้อนกระบวนการกระทำที่ผ่านมา โดยให้ความหมายของการกระทำ

ทำนั้น ๆ จนถึงขั้นที่จะสามารถคาดการณ์คำตอบล่วงหน้าที่จะเกิดขึ้นจากการกระทำได้ ดังตัวอย่างของกิจกรรมการเดินทางของนักบิน บนหน้าของกราฟระบบจะสุ่มพิกัดดวงจันทร์ (จุดสีแดงกลางดวงจันทร์) ซึ่งแต่ละคนจะได้พิกัดของดวงจันทร์แตกต่างกัน แต่จะมีจุดปล่อยจรวดบนโลกเหมือนกันที่พิกัด $(0, 0)$ ซึ่งเมื่ออ่านพิกัดดวงจันทร์บนกราฟได้แล้วพิมพ์ (x, y) ลงในช่องว่าง Math Input จะปรากฏยานสำรวจขึ้นบนโลกที่พิกัด $(0, 0)$ แล้วกดปล่อยยานสำรวจก็จะเกิดการดำเนินการบนหน้ากิจกรรมในรูปแบบเดียวกับการกระทำในหน้ากิจกรรมก่อนหน้านี้ ถ้าพิกัดถูกต้องจะปรากฏเครื่องหมายถูกสีเขียว ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 หน้ากิจกรรมเมื่อนักเรียนสามารถระบุพิกัดของดวงจันทร์ได้ถูกต้อง

กระบวนการนี้จะทำให้นักเรียนคิดสะท้อนกระบวนการกระทำในการเขียนกราฟคู่อันดับ โดยมองจุดสีแดงกลางดวงจันทร์แล้วสร้างเส้นตั้งฉากจากจุดมาตั้งฉากกับแกน x และแกน y ตามลำดับ พร้อมอ่านค่าที่ได้จากเส้นตั้งฉากกับแกน x และแกน y จะทำให้ทราบพิกัด (x, y) ของดวงจันทร์ที่ถูกต้อง สะท้อนถึงกระบวนการที่ทราบผลจากการกระทำ โดยกระบวนการทำงานภายในจิตใจนี้จะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process)

จากการดำเนินการที่ถูกต้องนักเรียนจะสามารถกด Next Problem บนกราฟเพื่อสุ่มพิกัดดวงจันทร์ใหม่ได้แล้วนำยานสำรวจไปลงจอดบนดวงจันทร์ให้ได้ 10 ครั้งตามพิกัดที่สุ่มได้จะถือว่าภารกิจสำเร็จ ซึ่งจะนับคำตอบที่ถูกต้องด้านล่างของช่องส่งคำตอบ Math Input หากนักเรียนพิมพ์ (x, y) ไม่ถูกต้องตามพิกัดของดวงจันทร์ ยานสำรวจจะเดินทางไม่ถึงดวงจันทร์และจะไม่สามารถสุ่มพิกัดจากปุ่ม Next Problem บนเครื่องมือกราฟได้ และจะไม่นับคำตอบที่ถูกให้จนกว่านักเรียนจะแก้ไขให้พิกัดใหม่ถูกต้อง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าของกิจกรรมเมื่อนักเรียนระบุพิกัดของดวงจันทร์ไม่ถูกต้อง

จากการออกแบบกิจกรรมโดยใช้เทคโนโลยีวิธีการสอนที่เหมาะสมมาช่วยสอนในสิ่งที่ต้องการให้เกิดการเรียนรู้ นักเรียนจะเกิดการคิดเชิงเชื่อมโยงการกระทำจนเกิดเป็นความเข้าใจระดับกระบวนการ และเมื่อเกิดการรับรู้ของสิ่งที่ได้คิดจากกระบวนการทั้งสอง ก็จะทำให้เกิดความเข้าใจในระดับ สิ่งที่เราเรียนรู้ (Object) เช่น จากกิจกรรมตัวอย่างนักเรียนเข้าใจว่ากระบวนการและการกระทำนั้น

เป็นกราฟเขียนกราฟหรือการลงจุดของคู่อันดับบนระบบพิกัดฉาก และเป็นการอ่านค่าพิกัดบนกราฟของจุดในระบบพิกัดฉาก

1.3 การหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (N=30)

ครั้งที่	คะแนนทดสอบย่อยระหว่างเรียน (E_1)						รวม	คะแนนสอบ (E_2)
	1	2	3	4	5	6		
คะแนนเต็ม	5	5	5	5	5	5	30	52
คะแนนเฉลี่ย	4.70	4.50	3.30	4.07	4.73	4.67	25.97	45.38
คิดเป็นร้อยละ	94.00	90.00	66.00	81.33	94.67	93.33	86.56	87.28
E_1/E_2	86.56							87.28

จากตารางที่ 2 ค่าร้อยละคะแนนทดสอบย่อยระหว่างเรียน (E_1) จากการทำแบบฝึกหัดและกิจกรรม เท่ากับ 86.56 และค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังการเรียน (E_2) เท่ากับ 87.28 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK

เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 86.56/87.28 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75

2. ผลการศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ตามทฤษฎี APOS ของนักเรียน แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ตามทฤษฎี APOS ของนักเรียน

รายการ	ระดับความเข้าใจ		
	การกระทำ (Action : A)	กระบวนการ (Process : P)	สิ่งที่เรียนรู้ (Object : O)
จำนวนนักเรียน	28	17	13
คิดเป็นร้อยละ	93.33	56.67	43.33

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียน มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในระดับกระทำ (Action) จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 93.33 ระดับกระบวนการ (Process) จำนวน

17 คน คิดเป็นร้อยละ 56.67 และ ระดับสิ่งที่รู้ (Object) จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแนวคิดการตอบคำถามของนักเรียนในระดับ A, P และ O ตามลำดับจากซ้ายไปขวา

3. การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์

ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น

รายการประเมิน	μ	σ	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านเทคนิค/วิธีจัดการเรียนรู้			
1.1 รูปแบบของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.37	0.80	มาก
1.2 ลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครู	4.53	0.78	มากที่สุด
1.3 ความสอดคล้องของวิธีการจัดการเรียนรู้กับเนื้อหาและเทคโนโลยีที่ใช้ในการสอนของครู	4.17	0.79	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.36	0.80	มาก
2. ด้านเนื้อหา/บทเรียนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้			
2.1 ลำดับการจัดเนื้อหาในการสอนของครู	4.23	0.86	มาก
2.2 ความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนของครู	4.53	0.68	มากที่สุด
2.3 การอธิบายและช่วยเหลือนักเรียนประเด็นด้านความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาของครู	4.43	0.86	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.40	0.80	มาก
3. ด้านสื่อ/เทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
3.1 ทักษะในการใช้สื่อและเทคโนโลยีในการจัดการเรียนรู้ของครู	4.67	0.71	มากที่สุด
3.2 การจัดเตรียมเครื่องมือต่าง ๆ ของสื่อและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้ของครู	4.57	0.82	มากที่สุด
3.3 ความสวยงามและความสร้างสรรค์สื่อและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเรียนรู้ของครู	4.70	0.65	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.64	0.72	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.47	0.78	มาก

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้นในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.47$, $\sigma = 0.78$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือการใช้สื่อ/เทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\mu = 4.64$, $\sigma = 0.72$) รองลงมาคือเนื้อหา/บทเรียนที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ และเทคนิค/วิธีจัดการเรียนรู้ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\mu = 4.40$, $\sigma = 0.80$; $\mu = 4.36$, $\sigma = 0.80$) ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ประกอบด้วยแผนการเรียนรู้ 10 แผน และกิจกรรมการเรียนรู้ 10 กิจกรรม มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 86.56/87.28 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75

2. หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น นักเรียนคะแนนความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับการกระทำ (A) สูงสุด รองลงมาคือ กระบวนการ (P) และสิ่งที่เรียนรู้ (O) ตามลำดับ

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ภาพรวมอยู่ในระดับมาก

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า กิจกรรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้บูรณาการการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน แล้วนำมาออกแบบเป็นกิจกรรมบนเว็บไซต์ Desmos ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยการสังเกตทำความเข้าใจกับงานปฏิบัติต่าง ๆ ที่ครูออกแบบและมอบหมายไว้ในกิจกรรมซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลายส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทบทวนได้อย่างต่อเนื่องทั้งในและนอกห้องเรียน นอกจากนี้ผู้สอนสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน รวมทั้งสามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ และคำแนะนำให้กับผู้เรียนจากเว็บไซต์ได้ สอดคล้องกับ National Council of Teachers of Mathematics (2000) ที่กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทำให้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ช่วยจัดการกับข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ช่วยให้การคิดคำนวณถูกต้องแม่นยำเป็นต้น ส่งผลให้รูปแบบการเรียนการสอนเปลี่ยนแปลงไปและเพิ่มขีดความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน สอดคล้องกับลิลลา อดุลยาศสน์ (Adulyasas, 2018) ที่ศึกษาพบว่าการบูรณาการเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอนช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพ และเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์เต็มตามศักยภาพและพัฒนาเป็นทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 (Thinwiangthong, Ya-amphan, and Woranetsudathip, 2022)

2. การศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่พัฒนาตามแนวคิด TPACK พบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจ

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับการกระทำ (Action: A) มากที่สุด ทั้งนี้อาจเกิดจากผู้เรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติตามคำสั่งของกิจกรรม การตอบคำถามหรืออธิบายข้อค้นพบจากการสังเกตภาพความสัมพันธ์ เช่น การให้สังเกตความสัมพันธ์ระหว่างภาพจำนวนแท่งไอติมกับภาพเหรียญราคาจากแบบทดสอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะสังเกตและสามารถตอบได้ว่าภาพดังกล่าวแทนความสัมพันธ์ใด แตกต่างจากมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับกระบวนการ (Process: P) ที่ผู้เรียนมีคะแนนการคิดระดับนี้เพียงร้อยละ 56.67 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้เรียนจะมีมโนทัศน์ในระดับนี้ได้ต้องเกิดการสะท้อนคิดจากการกระทำที่ได้ปฏิบัติซ้ำ ๆ จะเห็นได้จากการทำแบบทดสอบที่กำหนดให้เขียนจุดตามคุณสมบัติที่กำหนด เช่น จุด A อยู่ใต้แกน x เท่ากับ 3 หน่วย และอยู่ทางซ้ายของแกน y เท่ากับ 1 หน่วย เมื่อผู้เรียนมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ในระดับกระบวนการจะสามารถทราบว่ากราฟของจุดดังกล่าวมีพิกัดที่หนึ่งและสองเป็นจำนวนลบ ดังนั้นจุดตัดเส้นตั้งฉากจากแกน x และแกน y จะต้องอยู่ในจุดภาคที่สอง โดยวิธีการสร้างเส้นตั้งฉากดังกล่าวนี้จะดำเนินการนับค่าบนแกน y จาก (0, 0) ไปทางจำนวนลบ 3 หน่วย นั่นคือ ที่จุด $y = -3$ สร้างเส้นตั้งฉากไปในจุดภาคที่สอง จากนั้นนับค่าบนแกน x จาก (0, 0) ไปทางจำนวนลบ 1 หน่วย นั่นคือ ที่จุด $y = -1$ สร้างเส้นตั้งฉากไปในจุดภาคที่สอง จะพบจุดตัดของเส้นตั้งฉาก ที่เป็นกราฟของคู่อันดับที่ สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด ผู้เรียนบางคนอาจมีการกระทำภายในจิตใจไม่เพียงพอจะทำให้เกิดความเข้าใจในระดับกระบวนการ นอกจากนี้พบว่าผู้เรียนส่วนน้อยคิดเป็นร้อยละ 43.33 มีความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object: O) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าผู้เรียนจะมีมโนทัศน์ในระดับนี้ต้องสามารถเชื่อมโยงการคิดในระดับการกระทำกับระดับกระบวนการแล้วสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ (Object: O) ได้ เช่น กิจกรรมกำหนดจุดให้ 2 จุด แล้วให้ผู้เรียนเติมจุดเพิ่มให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานโดยมีเงื่อนไขว่าในแต่ละจุดภาคจะมีจุดได้เพียงจุดเดียวเท่านั้น ผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบข้อนี้จะต้องสรุปได้ว่าสองจุดที่เหลือควรอยู่ในจุดภาคใด และควรลงจุดแกน X และ แกน Y เท่าใดจึงจะเกิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ซึ่งจะต้องมีความเข้าใจสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

และคิดกลับเพื่อสรุปเป็นความคิดรวบยอดตามแก้ปัญหาข้อนี้ได้ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ยาก ดังที่คิลแพทริก และคณะ (Kilpatrick et al, 2001) ได้กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้โดยการคิดผ่านกระบวนการเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ในอดีตเข้ากับความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ที่มีความสัมพันธ์กันเข้าด้วยกัน จนสามารถจัดหมวดหมู่ขององค์ความรู้และเลือกองค์ความรู้ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่พบเจอ ซึ่งจะเป็นพื้นฐานการเรียนรู้และเข้าใจคณิตศาสตร์ในระดับสูงทำให้ผู้เรียนมีความคิดที่ลึกซึ้งและนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนสอดคล้องกับเพชรนิก จันท์หอม (Janhom, 2018) ที่ศึกษาพบว่า การเรียนรู้โดยการปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจและสนใจในกิจกรรมเรียนรู้มากขึ้นเกิดมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์สามารถสรุปอธิบายหลักการและเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับสิ่งที่ป็นนามธรรมได้ด้วยตนเอง เช่นเดียวกับ Arnawa, Kartasasmita and Baskoro (2007) ที่ศึกษาพบว่า การนำทฤษฎี APOS มาประยุกต์ใช้ในการสอนช่วยพัฒนาสามารถทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้ (Baye, Ayele and Wondimune, 2021)

3. การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้พัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้นพบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมาก และด้านที่มีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านสื่อ/เทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าสื่อเทคโนโลยีที่นำมาใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความน่าสนใจ และออกแบบได้หลากหลายตรงกับความต้องการของผู้เรียน เช่น มีการออกแบบเป็นมินิเกมสำหรับให้เล่นสะสมคะแนน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวจะทำให้ผู้เรียนสนุกสนานในการเรียนรู้ รวมทั้งมีความเห็นว่าการเรียนรู้เป็นเรื่องที่ง่ายและสามารถทำได้ตลอดเวลา นอกจากนี้กิจกรรมที่ออกแบบมีความท้าทายที่จะแก้ปัญหาจากประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริงผ่านสื่อเทคโนโลยีที่ผู้สอนนำมาใช้ สอดคล้องกับพิระพัฒน์ แสงรุ่ง, ธนัตต์ ขุนชุม, สุกัญญา สีสมบา และอุเทน ปุ่มสันเทียะ (Saengrung, Khoonchoom, Seesomba, and Pumsanthia, 2022) ที่ศึกษาพบว่า

การจัดการเรียนรู้ด้วยเกมแอปพลิเคชันทำให้เนื้อหาน่าสนใจ ผู้เรียนสามารถมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกันได้ ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอน และช่วยพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Khonyutrakul, Sriarunrasmee, and Sriprasertpap, 2019)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. จากผลการศึกษาพบว่านักเรียนเพียงร้อยละ 43.33 มีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ในระดับสิ่งที่เรียนรู้ ดังนั้นครูผู้สอนควรวางแผนรูปแบบการใช้สื่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในระดับของการกระทำ (Action) ที่จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงแนวคิดไปสู่ความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process) และสิ่งเรียนรู้ (Object)

2. การจัดการเรียนการสอนตามแนวคิด TPACK เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ผู้สอนควรตั้งคำถามที่กระตุ้นการคิดย้อนกลับในสิ่งที่ดำเนินการหรือวิธีที่นำมาสู่การค้นพบคำตอบ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีแนวทางพัฒนากระบวนการกระทำต่อสิ่งที่กำลังเรียนรู้ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ส่งผลให้เกิดการพัฒนาความเข้าใจในระดับการกระทำที่หลากหลายรูปแบบจนสามารถค้นพบและเปรียบเทียบความเข้าใจที่ถูกต้องกับความเข้าใจที่ผิดพลาดในสิ่งที่เรียนรู้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษากิจกรรมพัฒนากระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิด TPACK เรื่อง กราฟและความสัมพันธ์เชิงเส้น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema) เพื่อให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

2. ควรมีการศึกษากิจกรรมออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้บนเว็บไซต์ Desmos โดยใช้เครื่องมือของกราฟและเครื่องมือต่าง ๆ ในออกแบบพัฒนาร่วมกับการเขียน Script สร้างเกมคณิตศาสตร์หรือสถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหาโดยการนำองค์ความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการคิดเชื่อมโยงเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ และการคิดขั้นสูงให้กับนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Arnawa, I. M., Kartasasmita, B., & Baskoro, E. T. (2007). Applying the APOS theory to improve students' ability to prove in elementary abstract algebra. *Journal of the Indonesian Mathematical Society*, 133–148.
- Arnon, I., Cottrill, J., Dubinsky, E., Oktac, A., Roa, S., Trigueros, M., and Weller, K. (2014). *APOS theory: A framework for research and curriculum development in mathematics education*. Springer, NY: Heidelberg, Dordrecht, London.
- Adulyasas, L. (2018). The effects of developing pre-Service mathematics teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK) on mathematics students' achievement. *Journal of Yala Rajabhat University*, 13(1), 115–128. [in Thai]
- Baye, M. G., Ayele, M. A., & Wondimuneh, T. E. (2021). Implementing GeoGebra integrated with multi-teaching approaches guided by the APOS theory to enhance students' conceptual understanding of limit in Ethiopian Universities. *Heliyon*, 7(5), e07012.
- Janhom, P. (2018). *The development of mathematical concept with learning activities based on concrete-pictorial-abstract (C-P-A) approach on two-dimensional and three-dimensional geometry for 7th grade students*. (Master Of Education (Mathematics Education, Graduate school Naresuan University). [in Thai]
- Kilpatrick, J., Swafford, J., and Findell, B. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. Washington, DC: National Academies Press.
- Makanong, A. (2003). *Mathematics: Teaching and Learning*. Bangkok: Center for Textbooks and Academic Papers Chulalongkorn University. [in Thai]
- Makanong, A. (2014). *Mathematics for high school teacher*. Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Mishra, P., and Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principle and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- National PISA Operations Center, Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2021). *PISA 2015 results: Reading, mathematics, and science*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). [in Thai]
- National Institute of Education Testing service (Public Organization) (NIETS). (2020). *The report of results: Ordinary National Educational Test (O-NET) 2020*. Retrieved from <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/2989>
- National Institute of Education Testing service (Public Organization) (NIETS). (2021). *The report of results: Ordinary National Educational Test (O-NET) 2021*. Retrieved from <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/2989>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2018). *PISA 2015 results: Science, reading and mathematics excellence and equality in education*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). [in Thai]

- Prachumkayohmat, S. (2019). *Study of the mathematical conceptual understanding of prathomsuksa six students on measurements of length and weight*. (The Degree of Doctor of Education (Mathematics), Faculty of Science, Srinakharinwirot University). [in Thai]
- Promtrud, A. (2022). Development of conceptual understanding in mathematics of 7th grade students using open approach: Classroom action research. *Chiang Mai University Journal of Education*, 6(2), 61 – 75. [in Thai]
- Saengrungs, P., Khoonchoom, T., Seesomba, S., and Pumsanthia, U. (2022). the development of game application for learning of the adding and subtracting for 2nd grade students. *Chiang Mai University Journal of Education*, 6(1), 44 – 57. [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2015). *Mathematics education at the Thai school level: development – impact – current recession*. Retrieved from <https://pisathailand.ipst.ac.th/ipst-958/> [in Thai]
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), Ministry of Education. (2017). *Curriculum Manual for Mathematics Learning (Revised Edition 2017)*. Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). [in Thai]
- Thinwiangthong, S., Ya-amphan, D., and Woranetsudathip, N. (2022). New normal mathematics teaching practice integrating technological pedagogical content knowledge in cycle of professional learning community. *Journal of Education Khon Kaen University*, 45(1), 115–129. [in Thai]
- Khonyutrakul, C., Sriarunrasmee, J., and Sriprasertpap, K. (2019). Development of learning activity package combined with augmented reality in mathematics to promote analytical thinking ability among grade six students. *Jurnal of Graduate Research*, 10(2), 39–54. [in Thai]