



ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และ
ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3

Effects of Organizing Mathematics Learning Activities Using Worked Examples on
Mathematical Knowledge and Communication Abilities of Ninth Grade Students

พลฐวัตร ฉิมทอง¹ และ ไพโรจน์ น่วมนุ้ม^{2*}

Phonthawat Chimthong¹ and Pairot Noumnom^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม 2) เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนสหศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ เขตราชเทวี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ : ตัวอย่างงาน, ความรู้ทางคณิตศาสตร์, ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

¹ นิสิตมหาบัณฑิตสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Graduate Student of Mathematics Education Division, Department of Curriculum and Instruction,
Faculty of Education, Chulalongkorn University, E-mail: phonthawat.c@gmail.com

² อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Lecturer of Mathematics Education Division, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of
Education, Chulalongkorn University, E-mail: pairoj_m@yahoo.com

* Corresponding author

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the mathematical knowledge of the students after being taught using organizing mathematics learning activities to the criteria score 60%, 2) to compare the mathematical communication abilities of the students before and after being taught using organizing mathematics learning activities, and 3) to compare the mathematical communication abilities of the student after being taught using organizing mathematics learning activities to the criteria score 60%. The subjects were 35 ninth grade students from an extra-large school under the office of Secondary Educational Service Area 1 in Ratchathewi district, Bangkok. The instruments used for data collection included a mathematical knowledge test, mathematical communication abilities tests and interview record form. The data were analyzed using arithmetic mean, standard deviation, and t-test. The results of the research revealed that 1) the mathematical knowledge of the students after being taught using organizing mathematics learning activities were higher than the minimum criteria of 60% at the .05 level of significance, 2) the mathematical communication abilities of the students after being taught using organizing mathematics learning activities were higher than those of the students before being taught using organizing mathematics learning activities at the .05 level of significance, and 3) the mathematical communication abilities of the students after being taught using organizing mathematics learning activities were lower than the minimum criteria of 60% at the .05 level of significance.

Keywords: worked examples, mathematical knowledge, mathematical communication ability

บทนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ และความเจริญก้าวหน้าของโลก มนุษย์ใช้คณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ รวมทั้งใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการพัฒนาการคิดที่หลากหลาย ทั้งการคิดวิเคราะห์สังเคราะห์ คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ และคิดอย่างเป็นระบบและมีระเบียบแบบแผน ลักษณะการคิดดังกล่าว ทำให้มนุษย์สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) การจัดการศึกษาคณิตศาสตร์จะมีประสิทธิภาพหรือประสบความสำเร็จได้ต้องอาศัยการตรวจสอบผลที่ได้จากการเรียนการสอน ด้วยการจัดให้มีการวัดผล ประเมินผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน เพื่อให้สะท้อนคุณภาพที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพของนักเรียนทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร สะท้อนจากการประเมินหลายงานทั้งระดับชาติและนานาชาติ เช่น ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 ในการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์เพียง 30.04 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100

คะแนน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2562ข) สอดคล้องกับผลการประเมินสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอายุ 15 ปี ในปี ค.ศ. 2018 จากโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) พบว่า นักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ คือ 419 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD คือ 489 คะแนน และได้คะแนนลดน้อยลงจากปี ค.ศ. 2012 ซึ่งนักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยคณิตศาสตร์ 427 คะแนน (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2562ก) ผลจากการประเมินดังกล่าว สะท้อนถึงความจำเป็นในการแนวทางในการพัฒนา “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์” ของนักเรียนให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ โดยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว จะต้องอาศัยการพัฒนาพื้นฐานสำคัญคือ “ความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะหรือความสามารถทางคณิตศาสตร์”

ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ของนักเรียน ที่เกิดจากการได้รับประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียน โดยความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นจุดเน้นสำคัญของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการนำคณิตศาสตร์ไปใช้งานต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้สิ่งใหม่ การศึกษาต่อ ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ครูจึงควรเน้นให้นักเรียนได้รับความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้งความรู้เชิงมโนทัศน์และความรู้เชิงกระบวนการ เพื่อที่นักเรียนจะเชื่อมโยงได้ว่าขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ที่ตนเองคุ้นเคยนั้นมีที่มาหรือความหมายอย่างไร และจะนำไปใช้ได้อย่างไร (อัมพร ม้าคนอง, 2553) อีกทั้งครูควรเน้นให้นักเรียนมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอสำหรับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปในสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้เนื้อหา (นิชาพร เจริญวานิชกูร, 2559) ทักษะหรือความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นความสามารถหรือความชำนาญในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ (อัมพร ม้าคนอง, 2553) โดยทักษะหรือความสามารถทางคณิตศาสตร์มีอยู่หลายทักษะ ทักษะหนึ่งที่เป็นจุดเน้นของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ คือ “ทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์” (NCTM, 2000; สสวท., 2555) การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่เน้นการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จะมีส่วนช่วยให้นักเรียนได้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล ความรู้ และสิ่งที่เป็นนามธรรมไปสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (Kennedy and Tipps, 1994) รวมถึงจะมีส่วนช่วยให้นักเรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด เหตุผล และความคิดเห็น ได้รับฟังความรู้ แนวคิด และเหตุผลของนักเรียนคนอื่น ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น (Mumme & Shepherd, 1993)

อย่างไรก็ตาม สาเหตุที่ทำให้การพัฒนาความรู้และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ยังไม่ประสบผลสำเร็จ อาจมีหลายประการ สาเหตุประการหนึ่ง คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ยัง “ไม่เอื้อให้นักเรียนได้ฝึกใช้ความรู้และทักษะการสื่อสารคณิตศาสตร์ในบริบทที่หลากหลาย มักเน้นการจำสูตร บทนิยาม และวิธีการหาคำตอบ ที่ถูกต้องด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง การสอนการนำความรู้ไปประยุกต์กับการแก้ปัญหา มักเน้นการใช้สูตรและฝึกทำตามขั้นตอนที่ครูสอนไว้ มากกว่าการฝึกกระบวนการคิดและการแก้ปัญหา ” (อัมพร ม้าคนอง, 2553) สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูอาจไม่สอดคล้องกับแนวคิดของการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่นักการศึกษาได้นำเสนอไว้ (NTCM, 2000 อ้างถึงใน

อัมพร ม้าคนอง, 2553) ผู้วิจัยจึงศึกษาแนวทางการพัฒนาความรู้คณิตศาสตร์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์จากนักการศึกษาต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือก “แนวคิดหรือวิธีการ” มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ควรมีขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดความรู้ที่ถูกต้องอย่างค่อยเป็นค่อยไป และสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง (Ausubel, 1968) เน้นการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่มากขึ้น (NCTM, 2000) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีโอกาสมีปฏิสัมพันธ์ (Rowan and Morrow, 1993) มีโอกาสในการอธิบายแนวคิด แสดงความคิดเห็นและเหตุผลของตนเองอย่างต่อเนื่อง ทั้งที่อยู่ในรูปของภาษาพูดและภาษาเขียน (Buschman, 1995) ผู้วิจัยจึงศึกษาและคัดเลือก “แนวคิดหรือวิธีการ” ที่สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ข้างต้น คือ “แนวคิดการเรียนรู้จากตัวอย่างงาน (example-based learning)”

แนวคิดการเรียนรู้จากตัวอย่างงาน พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีภาระทางปัญญา (cognitive load theory) เพื่อพัฒนาการเรียนการสอนปกติให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Sweller & Cooper, 1985) แนวคิดการเรียนรู้จากตัวอย่างงาน มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจของเนื้อหาด้วยตนเองจากการศึกษาและทำความเข้าใจ “ตัวอย่างงาน” ซึ่งเป็น “ตัวอย่างของวิธีคิดหรือแนวคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์” ที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหา ซึ่งวิธีคิดหรือแนวคิดดังกล่าว จะมีการสอดแทรกคำอธิบายเพื่อให้เห็นที่มาหรือเหตุผลของแนวคิด และแทรกคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด หรือตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง นอกจากนี้ยังเน้นการเรียนรู้จากตัวอย่างงานที่เป็น “ตัวอย่างที่มีวิธีคิดหรือแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง” เพื่อเน้นให้นักเรียนมองเห็นและปรับแก้ข้อผิดพลาดต่าง ๆ หรือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของแนวคิดในการแก้ปัญหา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างงาน พบงานวิจัยของ Renkl (2002) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ตัวอย่างงาน พบว่า สามารถพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ และยังพบงานวิจัยที่ยืนยันว่าสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ เช่น งานวิจัยของ Retnowati et al. (2010) งานวิจัยของ Rodiawati (2018) และงานวิจัยของ สุพัตรา จอมคำสิงห์ (2552) แต่ไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาผลของการใช้ตัวอย่างงานที่สามารถพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ ผู้วิจัยจึงศึกษา “การเรียนรู้จากตัวอย่างงาน” ตามแนวคิดของนักการศึกษาต่าง ๆ ได้แก่ Huang (2007) Van Gog (2008) และ Booth et al. (2015) และพบว่าการเรียนรู้จากตัวอย่างงานตามแนวคิดของ Booth et al. (2015) มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ โดยตัวอย่างงานตามแนวคิดของ Booth et al. (2015) มี 4 รูปแบบ คือ 1) ตัวอย่างงานแบบลดขั้นตอน (Faded worked examples) เป็นตัวอย่างงานที่มีปัญหาหลายๆ ข้อ โดยข้อแรกจะมีขั้นตอนการหาและสรุปคำตอบที่ถูกต้อง ส่วนปัญหาถัดไปจะมีขั้นตอนการหาคำตอบให้เพียงบางส่วนโดยจะค่อย ๆ ลดการแนะขั้นตอนลงเรื่อย ๆ แล้วนักเรียนเป็นผู้เติมขั้นตอนที่เหลือเอง 2) ตัวอย่างงานแบบอธิบายด้วยตนเอง (Worked examples with self-explanation) คือตัวอย่างงานที่มีปัญหา มีขั้นตอนการหาและสรุปคำตอบที่ถูกต้อง และมีการแทรกคำถามให้นักเรียนตอบเพื่อ

ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนการหาคำตอบ 3) ตัวอย่างงานแบบเน้นข้อผิดพลาด (Incorrect worked examples) เป็นตัวอย่างงานที่มีปัญหา มีขั้นตอนการหาคำตอบที่ “ไม่ถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาด” ซึ่งมาจากความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน และมีการแทรกคำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบหรือค้นหาว่าวิธีการคำตอบนั้นมีข้อผิดพลาดหรือดำเนินการไม่ถูกต้องอย่างไร และจะแก้ไขให้ถูกต้องอย่างไร และ 4) ตัวอย่างงานแบบเน้นเปรียบเทียบแนวคิดหรือวิธีการ (Comparing worked examples) เป็นตัวอย่างงานที่มีปัญหาและแสดงวิธีการหาคำตอบที่หลากหลาย เพื่อให้เกิดการเปรียบเทียบความแตกต่าง สิ่งที่ไม่ถูกต้อง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างงานตามแนวคิดของ Booth et al. (2015) จำนวน 3 แบบ ที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดย “ตัวอย่างแบบลดขั้นตอนและตัวอย่างงานแบบอธิบายด้วยตนเอง” เอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นเป็นตอน รวมถึงเอื้อให้นักเรียนได้เข้าใจถึงวิธีการใช้ความรู้ วิธีการเขียนสื่อสารแนวคิดอย่างเป็นระบบและใช้ภาษาที่ถูกต้อง และ “ตัวอย่างงานแบบเน้นข้อผิดพลาด” เอื้อให้นักเรียนเห็นถึงการแสดงแนวคิดที่มีข้อผิดพลาดหรือไม่ถูกต้อง รวมถึงการเขียนสื่อสารแนวคิดที่ไม่เป็นระบบ หรือใช้ภาษาไม่ถูกต้อง

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำแนวคิดการเรียนรู้จากตัวอย่างงาน มาปรับใช้กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และศึกษาผลในด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์และด้านความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยศึกษากับเนื้อหา เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวอย่างงาน และการพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เพราะเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับตัวแปร นิพจน์ สัญลักษณ์ การสร้างประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ การแสดงแนวคิดเพื่อหาคำตอบ และการแก้โจทย์ปัญหา โดยลักษณะของเนื้อหาดังกล่าวจะเอื้อให้สามารถออกแบบตัวอย่างงานที่เน้นเรื่องการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งในเรื่องการใช้ภาษา และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และการแสดงแนวคิดในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน ผลงานวิจัยนี้จะให้ตัวอย่างและแนวทางสำหรับครูและผู้เกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน เพื่อเสริมสร้างความรู้และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ

วัตถุประสงค์

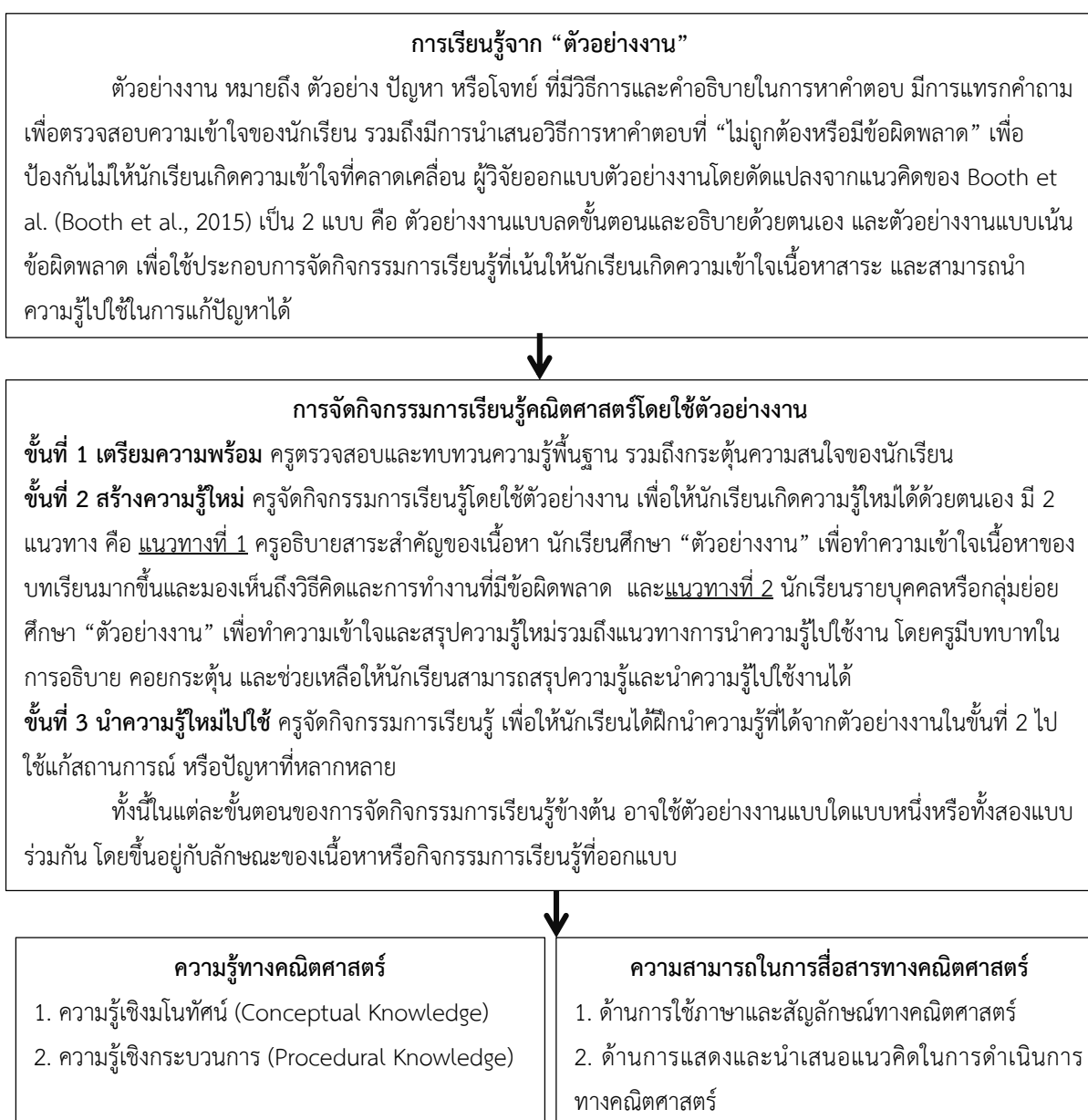
1. เปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม
2. เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานมีความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

ภาพ 1

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ที่มีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว โดยก่อนการทดลองจะมีการทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และหลังจากทดลองการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน จะมีการทดสอบหลังการทดลอง ได้แก่ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้มาโดย ผู้วิจัยกำหนดเงื่อนไข คือ นักเรียนห้องปกติชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้อง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรวมของทั้งชั้นเรียนมากที่สุด และละความสามารถทางการเรียนทั้งในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ และโรงเรียนพิจารณาคัดเลือกนักเรียน 1 ห้อง ตามเงื่อนไขข้างต้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนสหศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ เขตราชเทวี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา เขต 1 กรุงเทพมหานคร

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ชนิด ได้แก่

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน เรื่อง อสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว รายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 11 แผน แผนละ 50 นาที

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

(1) แบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบวัดปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.778 ค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.20–0.72 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.25–0.60 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ คือ ตอบถูกต้อง 1 คะแนน และตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน

(2) แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน ใช้เวลาทำฉบับละ 50 นาที เนื้อหาที่ใช้คือ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ความเท่ากันทุกประการ และเส้นขนาน เป็นแบบอัตนัย ฉบับละ 4 ข้อ แต่ละข้อจะมีสถานการณ์และคำถามย่อยให้นักเรียนเขียนแสดงการใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ 1 คำถาม และ เขียนแสดงแนวคิดและวิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 1 คำถาม โดยฉบับก่อนเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.702 ค่าความยาก ตั้งแต่ 0.35–0.77 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.35–0.78 และฉบับหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.715 ค่าความยาก ตั้งแต่ 0.43–0.78 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.43–0.67 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แต่ละด้าน แสดงดังตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์แต่ละด้าน

คะแนน	การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์	การเขียนแสดงแนวคิดและวิธีการดำเนินการทางคณิตศาสตร์
3	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องทั้งหมด	เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องทั้งหมด และมีลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ
2	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเกือบทั้งหมด	- เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องทั้งหมด แต่มีลำดับขั้นตอนที่ไม่เป็นระบบ - เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องบางส่วน แต่มีลำดับขั้นตอนเป็นระบบ
1	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องบางส่วน	- เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง แต่มีลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบ - เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ถูกต้องบางส่วน แต่มีลำดับขั้นตอนที่ไม่เป็นระบบ
0	เขียนอธิบายโดยใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่ตอบ	- เขียนแสดงแนวคิดโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง และมีลำดับขั้นตอนที่ไม่เป็นระบบ - ไม่มีการแสดงคำตอบ หรือเว้นว่าง

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติมประกอบการให้คะแนน ในกรณีที่นักเรียนเขียนตอบในแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้งฉบับก่อนเรียนและหลังเรียนไม่ชัดเจน

3. การทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากในช่วงทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล อยู่ในช่วงสถานการณ์ของการแพร่ระบาดของเชื้อโรค COVID-19 ผู้วิจัยจึงดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยระบบออนไลน์ผ่านโปรแกรม Google Meet โดยผู้วิจัยพยายามควบคุมการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลให้เป็นไปตามแผนการดำเนินการวิจัยอย่างเคร่งครัด มีการชี้แจงให้นักเรียนใช้ความพยายามและตั้งใจทำกิจกรรมและการตอบคำถาม อีกทั้งในการเก็บรวบรวมข้อมูล จะใช้การสัมภาษณ์เพิ่มเติมประกอบการให้คะแนนจากการทดสอบด้วยแบบวัด โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ก่อนการทดลอง ผู้วิจัยทดสอบ “ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน” ของนักเรียน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลา 50 นาที ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 1 และสัมภาษณ์เพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนเขียนตอบไม่ชัดเจน

3.2 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวนทั้งสิ้น 11 คาบ คาบละ 50 นาที โดยสอน 3 คาบต่อสัปดาห์ รวมเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564

3.3 หลังการทดลอง ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียน โดยจัดสอบวันละหนึ่งฉบับ จากนั้นผู้วิจัยตรวจให้คะแนนแบบวัด

ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 1 และสัมภาษณ์เพิ่มเติมกรณีที่นักเรียนเขียนตอบในแบบวัดไม่ชัดเจน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

4.1 เปรียบเทียบความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความรู้ทางคณิตศาสตร์ มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตเทียบกับเกณฑ์ด้วยการทดสอบค่าที (*t*-test for one sample)

4.2 เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน โดยผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและฉบับหลังเรียน ซึ่งคะแนนดังกล่าวตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 1 มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตด้วยการทดสอบค่าที (Dependent sample *t*-test)

4.3 เปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ฉบับฉบับหลังเรียน ซึ่งคะแนนดังกล่าวตรวจด้วยเกณฑ์การให้คะแนนตามตารางที่ 1 คำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตเทียบกับเกณฑ์ด้วยการทดสอบค่าที (*t*-test for one sample)

ผลการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความรู้ทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงตาราง 2

ตาราง 2

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (*M*) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และการทดสอบค่าที (*t*-test) ของคะแนนความรู้ทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ทั้งหมด 35 คน

ความรู้ทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	<i>M</i>	<i>SD</i>	ร้อยละ	<i>t</i> -test	Sig.
ความรู้เชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์	10	6.97	1.77	69.97	3.24	0.00*
ความรู้เชิงกระบวนการทางคณิตศาสตร์	10	6.4	1.19	64.00	1.98	0.03*
รวม	20	13.37	2.68	66.85	3.03	0.00*

* $p < .05$

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตาราง 3

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าที (t -test) ของคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ทั้งหมด 35 คน

ความสามารถ ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t -test	Sig.
		M	SD	M	SD		
ด้านที่ 1 การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย	12	4.29	3.17	6.94	3.91	4.67	0.00*
ด้านที่ 2 การนำเสนอขั้นตอนและลำดับขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	12	4.34	3.67	6.97	3.70	4.63	0.00*
รวม	24	8.31	6.64	13.89	7.58	5.38	0.00*

* $p < .05$

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และการทดสอบค่าที (t -test) ของคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ทั้งหมด 35 คน

ความสามารถ ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์	คะแนนเต็ม	M	SD	ร้อยละ	t -test	Sig.
ด้านที่ 1 การใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย	12	6.94	3.91	57.83	-0.39	0.35
ด้านที่ 2 การนำเสนอขั้นตอนและลำดับขั้นตอนในการดำเนินการทางคณิตศาสตร์	12	6.97	3.70	58.08	-0.37	0.36
รวม	24	13.89	7.58	57.88	-0.40	0.35

* $p < .05$

อภิปรายผล

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษา ผู้วิจัยนำเสนอการอภิปรายเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ความรู้ทางคณิตศาสตร์

ผลการวิจัยที่พบว่า ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้แนวคิดใกล้เคียง คือ การที่นักเรียนได้ศึกษาจากตัวอย่างงานด้วยตนเอง งานวิจัยของ Renkl (2002) ที่พบว่า เมื่อผู้สอนให้นักเรียนอธิบายขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถบอกทฤษฎีหรือหลักการที่ใช้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ Retnowati et al. (2010) ได้ศึกษา ผลจากการเรียนรู้จากตัวอย่างงานระหว่างเรียนรู้ด้วยตนเอง กับเรียนรู้แบบกลุ่ม ซึ่งได้ผลว่านักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่กว้างขึ้นหรือซับซ้อนมากขึ้นได้ ทั้งนี้อาจมีเหตุผลสนับสนุน 2 ประการ ดังนี้ **ประการแรก** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดความรู้ที่ถูกต้องอย่างค่อยเป็นค่อยไป กล่าวคือ **ขั้นที่ 1** นักเรียนได้รับการทบทวนและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นให้เพียงพอสำหรับการทำความเข้าใจเนื้อหาสาระหรือสร้างความรู้ใหม่ **ขั้นที่ 2** นักเรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหาสาระและสร้างความรู้ที่ถูกต้อง ผ่านตัวอย่างงานทั้งสองลักษณะ คือ แบบเน้นข้อผิดพลาดและแบบลดขั้นตอนและมีการอธิบาย ซึ่งตัวอย่างงานดังกล่าว จะแสดงลักษณะสำคัญของความรู้ แนวคิดหรือแนวทางในนำความรู้ไปใช้กับโจทย์อย่างง่าย มีคำถามเพื่อเน้นให้เข้าใจถึงวิธีการหาคำตอบ และมีการนำเสนอวิธีการคำตอบที่ “ไม่ถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาด” เพื่อเน้นป้องกันไม่ให้นักเรียนทำตาม รวมถึงมีแบบฝึกหัดให้นักเรียนฝึกทำ จนเกิดความเข้าใจเนื้อหาสาระที่ถูกต้องมากขึ้น และขั้นที่ 3 นักเรียนได้นำความรู้ใหม่ไปใช้ในสถานการณ์หรือปัญหาที่หลากหลาย ผ่านตัวอย่างงานทั้งสองลักษณะดังกล่าวซึ่งแสดงวิธีคิดหรือแนวทางในการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยในแต่ละขั้น จะครูคอยให้การสนับสนุนการสรุปและนำความรู้ใหม่ไปแก้ปัญหาจากการศึกษาตัวอย่างงาน การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานตามขั้นตอนทั้ง 3 อย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ที่ถูกต้องและชัดเจนขึ้น และ **ประการที่สอง** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่โดยใช้ตัวอย่างงานมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวทางพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ของสมาคมครูคณิตศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา (NCTM, 2000) ที่กล่าวว่าแนวทางพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์ทำได้โดยเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ร่วมกับการฝึกการรู้คิด (metacognition) และได้เสนอหลักการเรียนรู้ไว้ว่า นักเรียนต้องเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ นักเรียนที่เรียนโดยการท่องจำสูตร กฎ ทฤษฎีหรือขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ โดยปราศจากความเข้าใจนั้น มักจะไม่สามารถนำความรู้ที่ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ Klausmeier and Ripple (1971) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความรู้รวมถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนทำได้โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ที่เรียนในการแก้ปัญหา และลักษณะสำคัญในส่วนที่ให้นักเรียน “สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง” การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเองตลอดจนครูควรให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับผลการเรียนรู้แก่นักเรียน เพื่อให้ทราบข้อผิดพลาดและสิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข อีกทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และนำความรู้ไปใช้ด้วยตนเอง

ตอนที่ 2 ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์

ผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 มีประเด็นในการอภิปรายดังนี้

2.1 ผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ **ประการแรก** การที่ผู้วิจัยประเมิน “ข้อดีและข้อบกพร่อง” ในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนโดยพิจารณาจากคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียน และนำข้อมูลการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนดังกล่าวออกแบบตัวอย่างงานทั้งสองแบบ เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่าน “ตัวอย่างแบบลดขั้นตอนและมีการอธิบาย” ทำให้นักเรียนเห็นตัวอย่างการเขียนสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ภาษาและสัญลักษณ์อย่างถูกต้อง มีการแสดงแนวคิดอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และแสดงรายละเอียดของความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง รวมถึงนักเรียนได้เรียนรู้ผ่าน “ตัวอย่างงานแบบเน้นข้อผิดพลาด” ทำให้นักเรียนเห็นการเขียนการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง หรือแสดงแนวคิดที่มีข้อผิดพลาดหรือไม่ถูกต้อง อาจส่งผลให้นักเรียนเห็นแนวทางการเขียนสื่อสารที่ถูกต้องชัดเจน ซึ่งอาจเป็นผลทำให้นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Renkl (2011) ที่พบว่า ตัวอย่างงานคือเนื้อหา ตัวอย่างปัญหา และการแสดงวิธีแก้ปัญหามาให้นักเรียนได้ฝึกทักษะต่าง ๆ ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเห็นกระบวนการคิด และเขียนอธิบายขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้น และ สอดคล้องกับแนวคิดของ Buschman (1995) ที่กล่าวว่า การสอนโดยใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลซึ่งมีขั้นตอนของการแสดงแนวคิดและมีการใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้อง หรือการสอนโดยใช้ปัญหาและมีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่ถูกต้องหรือมีข้อผิดพลาด สามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ และ **ประการที่สอง** จากการที่ผู้วิจัยประเมินการเขียนอธิบายและแสดงแนวคิดในตัวอย่างงานของนักเรียน ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นข้อดีและข้อบกพร่องในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เมื่อนักเรียนเขียนไม่ถูกต้องหรือไม่สามารถเขียนได้ ผู้วิจัยสามารถชี้แนะ หรือเขียนแสดงวิธีการที่ถูกต้องให้นักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Rowan and Morrow (1993) ที่กล่าวว่า การชี้แนะโดยตรงและโดยอ้อม (Overt and covert clues) ของครูเกี่ยวกับผลงานหรือแนวคิดของนักเรียน เป็นการสนับสนุนให้นักเรียนได้ทราบถึงเป้าหมายในการเรียน และพัฒนาหรือปรับปรุงผลงานของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2.2 ผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียน ไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ **ประการแรก** การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานในครั้งนี้เป็น “รูปแบบออนไลน์” อาจทำให้เกิดข้อจำกัดที่ส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนและการช่วยเหลือของครู เช่น ขาดการมีปฏิสัมพันธ์ทั้งระหว่างนักเรียนด้วยกันและครูกับนักเรียน นักเรียนขาดแรงจูงใจและสมาธิในการเรียน และครูที่ไม่ประเมินระหว่างเรียนและช่วยเหลือนักเรียนรายบุคคลได้ นอกจากนี้การที่นักเรียนบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือในการเปิดกล่องขณะเรียน อาจทำให้ครูไม่สามารถตรวจสอบได้ว่านักเรียนทุกคนได้ฝึกเขียนสื่อสารทาง

คณิตศาสตร์ในโจทย์จากตัวอย่างงานแบบลดขั้นตอนและมีการอธิบายหรือไม่ รวมถึงความไม่พร้อมของอุปกรณ์ในการเรียนและความเสถียรของสัญญาณอินเทอร์เน็ตของนักเรียนบางส่วน อาจส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแลกเปลี่ยนแนวคิดของตนเองกับเพื่อน หรือตอบคำถามครูได้ และ **ประการที่สอง** เนื้อหาที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 เรื่อง คือ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ความเท่ากันทุกประการ และเส้นขนาน เป็นเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 อาจทำให้นักเรียนเกิดการหลงลืมความรู้บางเรื่อง ซึ่งส่งผลต่อการตอบแบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ จิรรัตน์ จตุรานนท์ (2554) ที่ได้กล่าวว่า เนื้อหาหรือความรู้ทางคณิตศาสตร์ หากไม่ได้รับการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดความหลงลืมได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน เน้นการออกแบบและเลือกใช้ “ตัวอย่างงาน” ที่หลากหลายและเหมาะสม โดยครูควรวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อกำหนดความรู้ที่สำคัญ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับนักเรียน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ “ตัวอย่างงาน” ให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหานั้น ๆ

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน เน้นให้นักเรียนศึกษาและสรุปความรู้ที่สำคัญจาก “ตัวอย่างงาน” ด้วยตัวนักเรียนเอง โดยครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาและทำความเข้าใจตัวอย่างงานด้วยตนเองเสียก่อน หากนักเรียนไม่สามารถสรุปได้ ครูจึงใช้คำถามเพื่อแนะนำและช่วยเหลือ นอกจากนี้ ครูควรใช้คำถามถามนักเรียนให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีคิดของตนเองและเพื่อน ๆ รวมถึงถามคำถามให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดซึ่งกันและกันมากขึ้น ซึ่งเป็นการเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องนั้น ๆ ให้ถูกต้องและชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการวิจัยที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน มีความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์หลังเรียนไม่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม และได้อภิปรายว่าอาจเกิดจากสาเหตุที่การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลใช้ระบบออนไลน์ ดังนั้น จึงควรนำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานไปทดลองซ้ำกับการเรียนการสอนในห้องเรียนจริง และศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม

2. ในระหว่างทดลอง ผู้วิจัยพบหลักฐานหรือร่องรอยที่สะท้อนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จากผลงานของนักเรียนในเขียนอธิบายและแสดงแนวคิดในตัวอย่างงานทั้งสองแบบ ซึ่งนักเรียนสามารถให้เหตุผลประกอบการพิจารณาแนวคิดหรือวิธีการหาคำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ พร้อมทั้งการแสดงการปรับแก้ให้ถูกต้อง รวมถึงการเขียนอ้างอิงความรู้ในการแต่ละขั้นตอนของการแสดงแนวคิด ดังนั้น จึงควรมี

การศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงาน ในด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิรรัตน์ จตุรานนท์. (2554). การศึกษาความรู้คณิตศาสตร์ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนการสอนของนิสิตนักศึกษาคณะครุศาสตร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรรณทิพา พรหมรักษ์. (2552). การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการวางนัยทั่วไปเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางพีชคณิตและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณิชพร เจริญวานิชกูร. (2559). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดของ MAYNES และ SCOTT ที่มีต่อความรู้ทางคณิตศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2555). การวัดผลประเมินคณิตศาสตร์. ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2562ก). ผลการประเมิน PISA 2018. Google Drive.

<https://drive.google.com/file/d/18DKqGcld1dN6IWF07TXG8YZsQOg-NLWZ>

สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ. (2562ข). รายงานผลทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (O-NET) ม.3 ปีการศึกษา 2561. <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/280>

สุพัตรา จอมคำสิงห์. (2552). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างงานที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความคงทนในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคอง. (2553). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : การพัฒนาเพื่อพัฒนาการ. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัมพร ม้าคอง. (2557). คณิตศาสตร์สำหรับครูมัธยม. ศูนย์ตำราและเอกสารทางวิชาการ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. Holt Rinegart and Winston.

- Booth, J. L., McGinn, K. M., Young, L. K., & Barbieri, C. (2015). Simple practice doesn't always make perfect: Evidence from the worked example effect. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 2(1), 24-32.
- Buschman, L. (1995). Communicating in the language of mathematics. *Teaching Children Mathematics*, 1(6), 324-330.
- Huang, X. (2007). The effect of different types of worked examples on student learning and transfer of a problem-solving task. http://purl.flvc.org/fsu/fd/FSU_migr_etd-3679
- Kennedy, L., & Tippis, S. (1994). *Guiding children's learning of mathematics*. Woodworth Publishing.
- Klausmeier, H. J., & Ripple, R. E. (1971). *Learning and human abilities*. Educational psychology. Harper Row.
- Mumme, J., & Shepherd, N. (1993). *Communication in mathematics in implementing the K-8 curriculum and evaluation standard*. National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Renkl, A. (2002). Worked-out examples: Instructional explanations support learning by self-explanations. *Learning and instruction*, 12(5), 529-556.
- Renkl, A. (2011). Instruction based on examples. *Handbook of research on learning and instruction*, 272-295.
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2010). Worked example effects in individual and group work settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349-367.
- Rodiawati, A. (2018). Worked example using ILL-structured problem: Trained high order thinking skill. *AKSIOMA Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 7(2), 308-313.
- Rowan, T. E., & Morrow, J. L. (1993). *Implementing the K-8 curriculum and evaluation standard: The arithmetic teacher*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59-89.
- Van Gog, T., Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. (2008). Effects of studying sequences of process-oriented and product-oriented worked examples on troubleshooting transfer efficiency. *Learning and Instruction*, 18(3), 211-222.