

Research article

การพัฒนาบทเรียนเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA
ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

DEVELOPMENT OF A LESSON ON PRISMS AND CYLINDERS USING THE CPA APPROACH
WITH GEOGEBRA TO ENHANCE LEARNING ACHIEVEMENT FOR GRADE 8 STUDENTS

ชาญชัย ชนไพโรจน์, ปวีณา ขันธศิลา* และประภาพร นองหารพิทักษ์

Chanchai Chonpairot, Paweena Khansila*, and Prapaporn Nongharnpituk

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46230 ประเทศไทย
Department of Mathematics, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University,
Kalasin 46230 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 2), <https://doi.org/10.55003/JIE.23205>

Received: March 4, 2024, | Revised: April 9, 2024, | Accepted: April 21, 2024

ABSTRACT

This research uses a learning management process based on Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) approach with GeoGebra on prisms and cylinders. This pattern of learning management can help students interested in learning, supporting interaction, and having fun in the classroom because they are involved in learning from learning media that can be seen as concrete, thus stimulating learning very well. The sample group used in the research included 24 students of Grade 8, semester 1, and academic year 2023 at Huaiphung Pittaya School, which was obtained by simple random sampling using the classroom as the random unit. The tools used in this research were learning management plans, the achievement test, and a satisfaction questionnaire. Statistics used in the research include mean, standard deviation, percentage, and hypothesis testing using statistics (t-test). The results of the research found that: 1) the learning achievement on prisms and cylinders of grade 8 students after studying using the learning management process based on CPA approach with GeoGebra was higher than the 70 percent threshold with statistical significance at the .05. 2) The learning achievement on prisms and cylinders of grade 8 students after studying using the learning management process based on CPA approach with GeoGebra was significantly higher than before studying at the .05. 3) Students who received learning on prism and cylinder using the learning management process based on CPA approach with GeoGebra had a high level of satisfaction ($\bar{x} = 4.13$, SD = 0.70).

Keywords: Learning achievement, Process learning for Concrete-Pictorial-Abstract (CPA), GeoGebra

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ปริซึม และทรงกระบอก ซึ่งการจัดการเรียนในรูปแบบนี้สามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดความสนใจในการเรียน สนับสนุนการปฏิสัมพันธ์ และความสนุกสนานในชั้นเรียน เนื่องจากได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้จากสื่อการเรียนรู้ที่มองเห็นเป็นรูปธรรม จึงกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ได้เป็นอย่างดี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียน ห้วยผึ้งพิทยา จำนวน 24 คน ซึ่งได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ (t-test) ผลวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.13$, $SD = 0.70$)

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การจัดการเรียนรู้ Concrete-Pictorial-Abstract (CPA), จีโอจีบร้า

1. บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 โลกมีการเปลี่ยนแปลงในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านเศรษฐกิจ สังคม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ส่งผลให้จำเป็นต้องมีการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของโลก ครูผู้สอนจึงต้องมีความตื่นตัวและเตรียมพร้อมในการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัยให้ผู้เรียนมีความรู้ในวิชาหลัก (Core subjects) มีทักษะการเรียนรู้ (Learning skills) และพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology [IPST], 2017, p. 52) จากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างประชากร ทำให้ต้องให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ สังคม และการเมือง ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อการศึกษาและเป็นกลไกหลักในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ อันเป็นรากฐานของการพัฒนาประเทศ เพราะการที่มีรากฐานของชีวิตที่ดีนั้น ย่อมส่งผลในด้านดี ดังนั้นระบบการศึกษาจึงต้องปรับเปลี่ยนให้พร้อมและรองรับความท้าทาย ในขณะเดียวกันวิชาคณิตศาสตร์ก็มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างเป็นระบบระเบียบ มีเหตุผล มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างชัดเจนถี่ถ้วนและรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ตัดสินใจและวางแผนแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และคณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง คณิตศาสตร์จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนามนุษย์ให้มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา อารมณ์ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (Ministry of Education, 2017, p. 1)

Putri (2015, pp. 113-126) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สอนด้วย Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) ในโรงเรียนประถมศึกษา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้วิธี CPA ในการสอนทางคณิตศาสตร์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของกลุ่มที่มีการเรียนการสอนแบบ CPA มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่ากลุ่มที่มีการเรียนการสอนแบบปกติ Vongsanon and Sakpakornkan (2014, pp. 75-84) กล่าวว่า การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาจากคุณสมบัติที่เคลื่อนไหว หมุน พลิก ช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น อีกทั้งสามารถช่วยในการสร้างรูปเรขาคณิตในมิติต่าง ๆ ทำให้นักเรียนเกิดการสำรวจและทำความเข้าใจ ในเนื้อหาเรขาคณิตได้ง่าย เป็นเครื่องมือกระตุ้นให้เกิดกระบวนการค้นพบ สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง และสามารถเรียนได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการโดยที่ครูผู้สอนคอยช่วยแนะนำ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CPA ซึ่งนักจิตวิทยาชาวอเมริกันชื่อ Jerome Bruner เป็นผู้พัฒนา เป็นวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่กระทรวงศึกษาธิการสิงคโปร์ได้บรรจุในหลักสูตรการพัฒนาแนวคิดคณิตศาสตร์เบื้องต้นที่นำมาใช้ในโรงเรียนทาง Hui et al. (2017, pp. 1-28) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้จากสิ่งของที่เป็นรูปธรรมก่อน หลังจากนั้นทำการถ่ายทอดให้อยู่ในรูปแบบของแผนภาพ แล้วจึงนำมาเชื่อมโยงสู่สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้เรียนสามารถอธิบายภาพรวม เข้าใจที่มาที่ไปของโจทย์ที่ซับซ้อนได้ และนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาได้ในที่สุด เพราะการเรียนรู้แบบ CPA เป็นวิธีที่สร้างความเข้าใจความหมาย ส่งเสริมการเรียนรู้จากระดับที่ง่ายก่อน ไปถึงระดับที่ยาก และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับพัฒนาการด้านปัญญาตามวัยของผู้เรียน งานวิจัยของ Chotwinyu et al. (2022, pp. 33-43) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมกับสถานการณ์จริงที่มีความเป็นรูปธรรม งานวิจัยของ Sirikampla and Poonpaiboonpipat (2020, pp. 155-164) กล่าวว่า การใช้วัตถุของจริงทำให้เกิดความเข้าใจความหมายและความสัมพันธ์เป็นรูปธรรมที่ชัดเจน เกิดการนำความรู้ไปเชื่อมโยงสู่การใช้ภาพจำลองความคิดแทนปัญหาทางคณิตศาสตร์ และเมื่อภาพปัญหาชัดเจนร่วมกับการมีความรู้ความเข้าใจ ทำให้แผนภาพเป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้อง Phoodee (2020, pp. 190-199) กล่าวว่า GeoGebra เป็นแอปพลิเคชันทางคณิตศาสตร์ สามารถใช้งานผ่านเว็บไซต์ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ และสมาร์ตโฟนได้ โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้หลากหลายเรื่อง เช่น เรขาคณิต รูปสามมิติ กราฟ สมการ สามารถใช้เป็นสื่อช่วยครูในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปธรรมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนคณิตศาสตร์โดยการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น งานวิจัยของ Maneelam and Suwannasri (2021, pp. 255-263) กล่าวว่า GeoGebra สามารถเพิ่มความคิดเชิงเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งนักเรียนสามารถวาดรูปปริซึมแบบต่าง ๆ ได้ บอกฐาน ความสูง ด้านข้างของปริซึม สามารถวาดรูปคลี่ของปริซึมได้ แล้วนำความรู้เรื่องรูปคลี่ไปใช้ในการแก้ปัญหาการหาพื้นที่ผิวของปริซึม นำความรู้เรื่องลักษณะของปริซึมไปใช้แก้ปัญหาในการหาปริมาตรของปริซึมได้ งานวิจัยของ Sriha et al. (2023, pp. 1-14) ได้ทำวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CPA คือวิธีการสอนคณิตศาสตร์ที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้รับประสบการณ์จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการปฏิบัติและนำมาแปลงเป็นรูปภาพและสามารถเชื่อมโยงสัญลักษณ์ได้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ Wong (2015, pp. 40-42) กล่าวถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ไว้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นการสอนเชิงรูปธรรม (Concrete) เป็นขั้นการเรียนรู้กับสิ่งที่เห็นรูปธรรม สามารถจับต้องได้ โดยในขั้นนี้นักเรียนควรได้มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุที่จับต้องได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความรู้ทางคณิตศาสตร์มากกว่าการสาธิตของครู เช่น การวัด การนับ การพับกระดาษ ขั้นที่ 2 ขั้นการสอนเชิงรูปภาพ (Pictorial) เป็นขั้นการเรียนรู้โดยใช้รูปภาพหรือภาพวาดที่เป็นตัวแทนของวัตถุที่จับต้องได้จากขั้นการสอนเชิงรูปธรรม โดยรูปภาพที่ใช้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาพที่มีความหมายโดยตรง หมายถึง การวาดรูปภาพซึ่งเลียนแบบวัตถุ เช่น วาดภาพส้ม 3 ผล แทนส้มจริง 3 ผล ภาพที่มีความหมายเชิงสัญลักษณ์ หมายถึง การวาดภาพซึ่งเป็นสัญลักษณ์เพื่อแทนวัตถุ เช่น การวาดภาพจุด 3 จุด แทนส้ม 3 ผล ขั้นที่ 3 ขั้นการสอนเชิงนามธรรม (Abstract) เป็นขั้นการใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นตัวแทนวัตถุที่จับต้องได้จากขั้นการสอนที่เป็นรูปธรรมหรือเป็นตัวแทนของรูปภาพจากขั้นการสอนเชิงรูปภาพ Janhom (2019, p. 17) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบ CPA เป็นแนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น ทำให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม ซึ่งเรียนรู้จากสิ่งของที่เป็นรูปธรรม จากนั้นเรียนรู้ผ่านภาพแทน และจบลงด้วยการแก้ปัญหาโดยใช้สัญลักษณ์นามธรรม ซึ่งนักเรียนจะได้สำรวจพร้อมทั้งเรียนรู้และใช้ความรู้กับบริบทในชีวิตประจำวัน หรือทรัพยากรอื่น ๆ ได้อย่างเหมาะสม อีกทั้ง

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมทางการศึกษาที่นิยมในการสนับสนุนการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โปรแกรมนี้มีความหลากหลายฟังก์ชันที่ช่วยในการศึกษาและการสอนคณิตศาสตร์ในระดับต่าง ๆ Joshi and Singh (2020, pp. 76-83) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ทำให้เข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์เพิ่มความมั่นใจ ทำให้การเรียนรู้มีความสนุกสนาน ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพิ่มความเข้าใจและแนวคิดของนักเรียน Setsee (2022, p. 23) กล่าวว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมเรขาคณิตแบบพลวัต ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสำรวจเรขาคณิตผ่านการสร้างและการเลื่อนอ็อบเจกต์ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนเรขาคณิตได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้โปรแกรม GeoGebra สามารถเข้าถึงได้ง่ายและไม่เสียค่าใช้จ่าย Temna (2019, pp. 40-41) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง เวกเตอร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง เวกเตอร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

สมมติฐานการวิจัย ประกอบด้วย การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับโดยใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ไม่น้อยกว่าระดับมาก

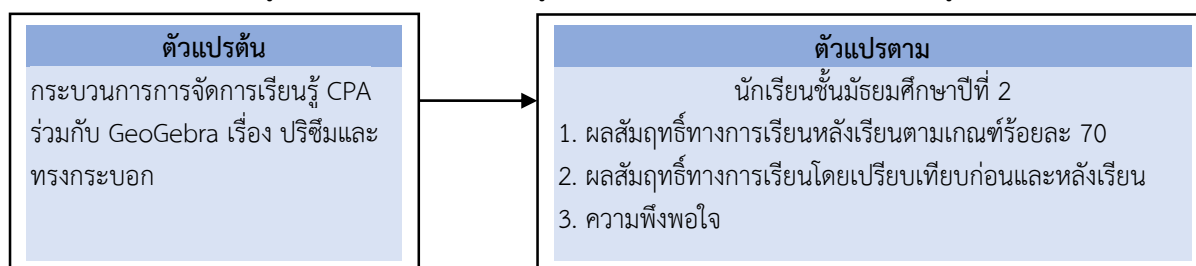
3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) ดำเนินการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest โดยดำเนินการตามขั้นตอนวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยดังรูปที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.2 ขอบเขตการวิจัย

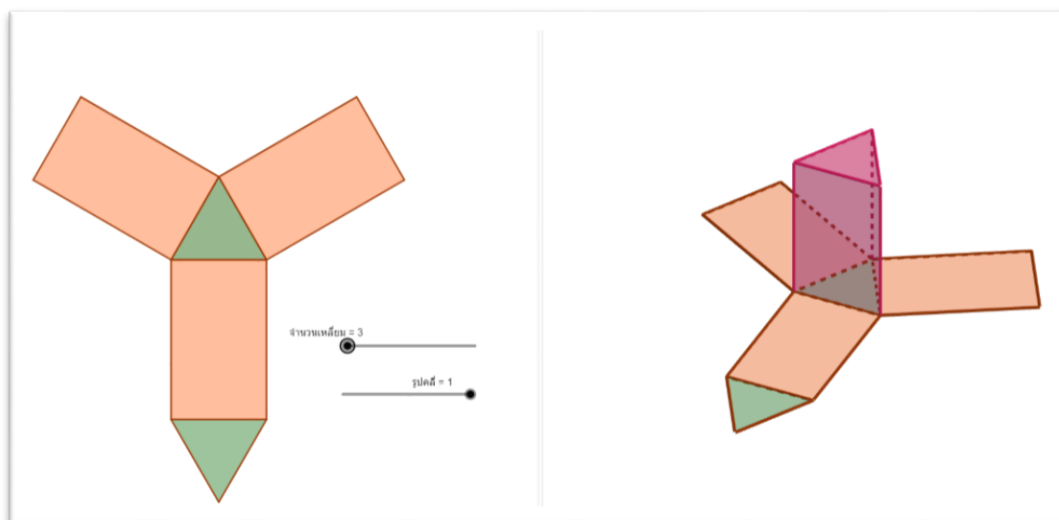
ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 3 ห้องเรียน 77 คน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 24 คน ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม (Simple random sampling)

ขอบเขตด้านตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ตัวแปรต้น ได้แก่ กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก และความพึงพอใจ

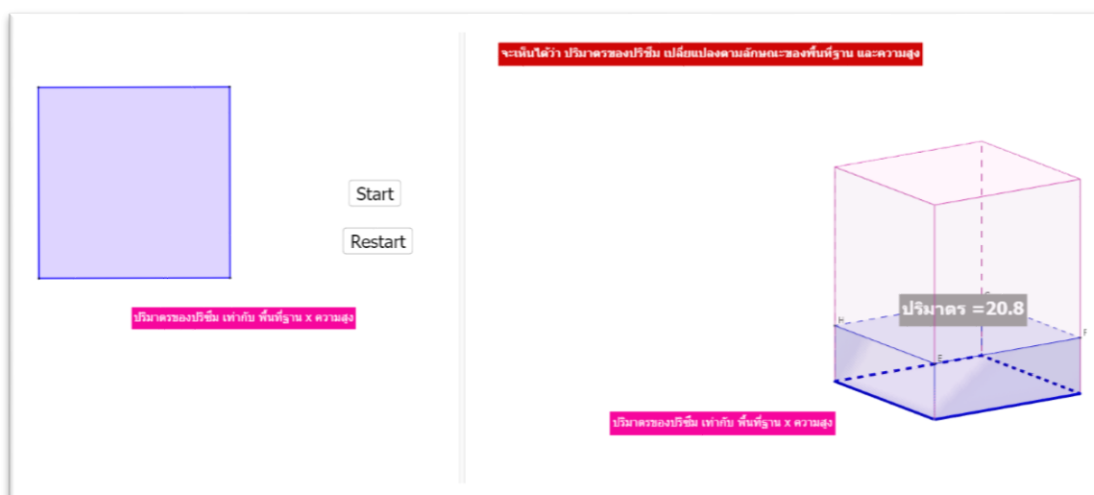
ขอบเขตด้านเนื้อหา รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 9 ชั่วโมง ประกอบด้วย เนื้อหา พื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม จำนวน 4 ชั่วโมง และพื้นที่ผิวและปริมาตรของทรงกระบอก จำนวน 5 ชั่วโมง

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

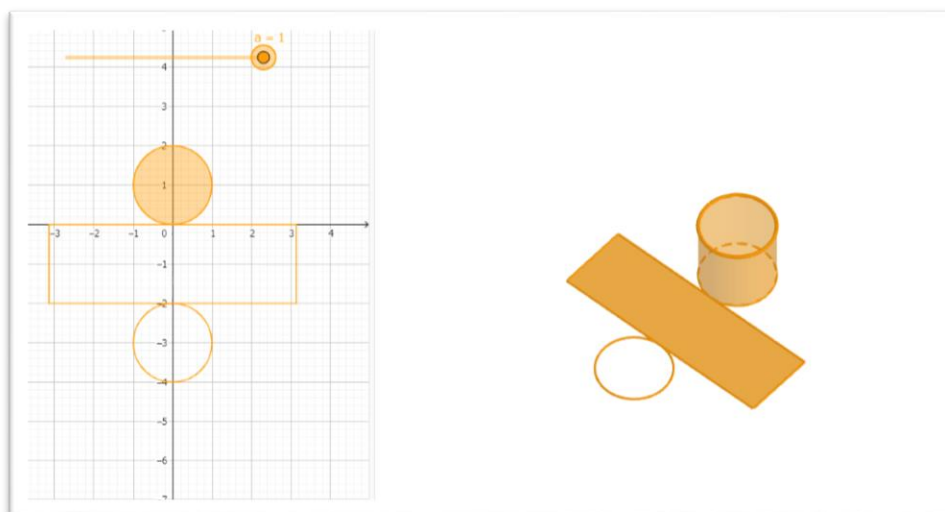
1. แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra จำนวน 9 แผน ใช้เวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก



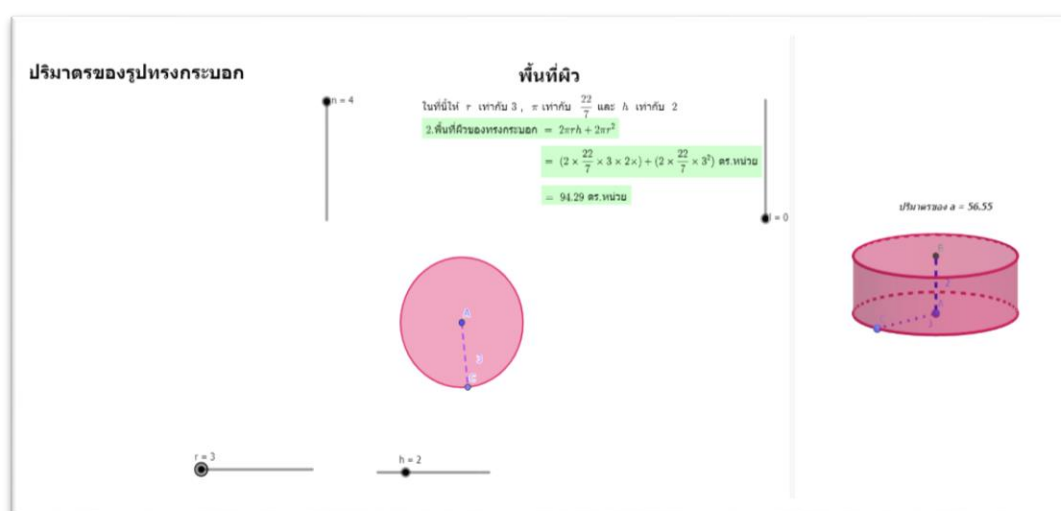
รูปที่ 2 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra: รูปคลี่ปริซึมสามเหลี่ยม



รูปที่ 3 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra: ปริมาตรของปริซึมที่เปลี่ยนแปลงตามความสูง



รูปที่ 4 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra: ลักษณะรูปคลี่ของทรงกระบอก



รูปที่ 5 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra: ปริมาตรและพื้นที่ผิวของทรงกระบอกพร้อมวิธีทำ

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ จำนวน 1 ฉบับ ประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามวัดคุณประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.25-0.71 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.25-0.58 และมีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.86

3. แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 1 ฉบับ ประกอบด้วย ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อคุณภาพการจัดการเรียนการสอนเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) จำนวน 16 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดความพึงพอใจในแต่ละด้าน (IOC) เท่ากับ 1.00

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประสานขอความร่วมมือในการกำหนดตารางสอน และขอบเขตเนื้อหาที่ใช้กระบวนการเรียนการสอนกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
2. ผู้วิจัยจัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

3. ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก จำนวน 9 แผน แผนละ 60 นาที
4. ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้วิจัยยังเก็บข้อมูลจากการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก
5. เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มาทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง
6. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีผลต่อการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra
7. หลังเสร็จสิ้นการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ผู้วิจัยนำผลการทดสอบหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าของการเรียน

3.5 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test one sample)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra โดยหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for dependent sample)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra โดยใช้สถิติพื้นฐานค่าเฉลี่ย ร้อยละ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. ผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยการทดสอบค่าที (t-test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	ร้อยละ	t
ผลการทดสอบหลังเรียน	24	20	14.75	1.62	73.75	2.27*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) เท่ากับ 2.27 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 คิดเป็นร้อยละ 73.75 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 สรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4.2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยนำผลคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบก่อนเรียน มาเปรียบเทียบกับแบบทดสอบหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	ร้อยละ	t
ก่อนเรียน	24	20	5.42	1.95	27.08	19.43*
หลังเรียน	24	20	14.75	1.62	73.75	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าสถิติทดสอบที (t-test) เท่ากับ 19.43 ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1.95 คิดเป็นร้อยละ 27.08 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.62 คิดเป็นร้อยละ 73.75 สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยาคม อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra

ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก

รายการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านครูผู้สอน	4.30	0.74	มาก
2. ด้านการจัดการเรียนรู้	4.05	0.68	มาก
3. ด้านการวัดและประเมินผล	4.05	0.68	มาก
ภาพรวมของผลการสอบถามความพึงพอใจ	4.13	0.70	มาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.13$, SD = 0.70) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ทุกด้านมีค่าเฉลี่ยในระดับมากเช่นกัน โดยด้านครูผู้สอนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x} = 4.30$, SD = 0.74) รองลงมาคือ ด้านการจัดการเรียนรู้ ($\bar{x} = 4.05$, SD = 0.68) และด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{x} = 4.05$, SD = 0.68)

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้นสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากซึ่งมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.13

สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ CPA เป็นวิธีที่สร้างความเข้าใจความหมาย ส่งเสริมการเรียนรู้จากง่ายไปยากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิด ความเข้าใจจากการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมไปสู่ความคิด ความเข้าใจเชิงนามธรรม ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างในชั้นเรียนของผู้วิจัยมีจำนวนไม่มากนัก จึงทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพทั่วถึง นักเรียนได้มีส่วนร่วมทุกคน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคิด ความเข้าใจเชิงนามธรรมได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Thaiphoo et al. (2023, pp. 45-53) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิด CPA ร่วมกับบาร์โมเดล พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด

CPA เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยเพิ่มทักษะทางคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียน สามารถมององค์ความรู้จากเป็นนามธรรม กลายเป็นรูปธรรม ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ สอดคล้องกับ Tippayarungroch (2023, p. 87) ที่ได้พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA และแนวคิด Model-Eliciting Activities เรื่อง ทศนิยมเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 79.30 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมเรขาคณิตที่ได้รับความนิยม ซึ่งเป็นโปรแกรม Open source สามารถใช้งานได้ฟรี ติดตั้งง่าย มีแถบเครื่องมือที่สะดวกต่อการใช้งาน การทำงานของโปรแกรมมีความยืดหยุ่นและสามารถปรับให้เข้ากับความต้องการของผู้ใช้ได้ง่าย เป็นเครื่องมือการเขียนภาพทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างแผนงานแบบโต้ตอบ สามารถหาชิ้นงานที่ผู้สร้างไว้แล้วได้เพื่อศึกษาเพิ่มเติม อีกทั้งมีเครื่องมือทางเรขาคณิตที่สามารถออกแบบปรับแต่งรูปเรขาคณิตได้อิสระ นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองและทำการเรียนรู้ได้ตลอดเวลาตามต้องการ สอดคล้องกับ Saduakdee et al. (2023, pp. 4-13) ได้ศึกษาการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) สมุทรปราการ พบว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือช่วยแสดงรูปให้นักเรียนเห็นเป็นรูปธรรม และยังมีนักเรียนที่มีคะแนนสอบหลังเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 คิดเป็นร้อยละ 78.57 และยังสอดคล้องกับ Eapim (2021, p. 31) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยี GeoGebra ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารณราชวิทยาลัย เพชรบุรี ผลวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง กราฟของฟังก์ชัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้สื่อเทคโนโลยี GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ที่เป็นเช่นนี้เพราะแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นนั้น ได้ผสมผสานการจัดการเรียนรู้ CPA กับสื่อโปรแกรม GeoGebra ซึ่งทำให้ผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้นั้น มีความตื่นตัวจากกิจกรรมการเรียนรู้ สนุกสนาน และมีความกระตือรือร้นกับการเรียนรู้ เพราะผู้เรียนสามารถจับต้องสิ่งของและเรียนรู้จากสิ่งที่สัมผัสได้เพื่อเขียนภาพโดยใช้โปรแกรม GeoGebra เข้ามาสร้างเป็นรูปภาพให้นักเรียนได้เข้าใจมากยิ่งขึ้นและนำมาเปลี่ยนให้เป็นสัญลักษณ์แทนโจทย์จากรูปภาพ ให้กลับมาเป็นสัญลักษณ์เพื่อเพิ่มทักษะและทำความเข้าใจ สอดคล้องกับ Khatboonprom et al. (2023, pp. 93-106) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า โปรแกรม GeoGebra ช่วยส่งเสริมให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนมีหน้าที่คอยแนะนำ สนับสนุนผู้เรียน และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าก่อนใช้การจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Insiri et al. (2022, pp. 14-24) ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบเปิด (Open approach) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ด้วยโปรแกรม GeoGebra พบว่า หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเปิดแตกต่างกัน คะแนนการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้แบบเปิดสูงกว่าคะแนนการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้แบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 อีกทั้งที่เป็นเช่นนี้ยังเป็นผลมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ที่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิด ความเข้าใจจากการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรมไปสู่ความคิดความเข้าใจในเชิงนามธรรม แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนคือ 1. Concrete (สิ่งที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้) ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกๆที่ผู้เรียนรู้สามารถเรียนรู้ได้จากการเห็นของจริง จับต้องได้หรือสัมผัสได้ 2. Pictorial (เห็นเป็นภาพ) ขั้นตอนนี้เป็นกรวาดภาพจากของจริงแทนสิ่งของนั้น ๆ ให้ออกมาเป็นภาพให้เห็นได้ชัดเจน ขั้นตอนนี้จะช่วยให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น 3. Abstract (สัญลักษณ์) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่เราแปลงภาพเหล่านั้นให้เป็นสัญลักษณ์เป็นการฝึกแทนโจทย์จากรูปภาพ ให้กลับมาเป็นสัญลักษณ์ เพื่อเพิ่มทักษะในการจดจำและทำความเข้าใจ ซึ่งสอดคล้องกับ Thaiphoo et al. (2023, pp. 45-53) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ร่วมกับบาร์-โมเดล พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังใช้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียน เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ เพราะฉะนั้นนักเรียนสามารถจับสิ่งของแล้วนำมาวาดเป็นภาพและใช้โปรแกรม GeoGebra มาแสดงให้นักเรียนได้เห็นรูปอย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น เน้นที่กระบวนการเพื่อให้นักเรียน

สามารถคิดจากรูปธรรมมาเป็นนามธรรม สามารถปรับเปลี่ยนได้ในแต่ละขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นขั้นที่จับต้องได้หรือขั้นเห็นเป็นภาพ และขั้นสัญลักษณ์จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความสุข สนุกสนาน กล้าแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ คิด วิเคราะห์ โดยครูให้ความช่วยเหลือและแนะนำเท่านั้น ทำให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ Thaiphoo et al. (2023, pp. 45-53) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ร่วมกับบาร์โมเดล พบว่า การจัดการเรียนรู้ CPA ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมและเข้าใจง่ายขึ้น ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด CPA ร่วมกับบาร์โมเดลรายวิชาคณิตศาสตร์อยู่ระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khatboonprom et al. (2023, pp. 93-106) ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับโปรแกรม GeoGebra พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบเปิดร่วมกับโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hongthong et al. (2023, pp. 320-332) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับบทเรียนผ่าน GeoGebra ที่มีต่อการคิดเชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นสื่อการเรียนรู้ที่มีความน่าสนใจ มีความแปลกใหม่ มีความไม่ยุ่งยากซับซ้อนของการใช้โปรแกรม GeoGebra นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้จริง เกิดความสุข สนุกสนานในเวลาเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมาก จะเห็นได้ว่าทั้ง 3 อันดับ นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ให้มีความเหมาะสมกับการเรียนคณิตศาสตร์ และมีการเรียงลำดับการจัดการเรียนรู้จากเนื้อหาที่ง่ายไปยาก โดยเริ่มจากการใช้สื่อหรือสิ่งของที่เป็นรูปธรรมจับต้องได้เพื่อเชื่อมโยงไปยังสิ่งที่เป็นนามธรรม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ คณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง อีกทั้งนักเรียนยังรู้สึกสนุกเมื่อได้ใช้สื่อ GeoGebra ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน คณิตศาสตร์มากขึ้น ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจในกระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.13

6. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ CPA ร่วมกับ GeoGebra ครูควรเตรียมสื่อที่นักเรียนสามารถจับต้องและเรียนรู้จากสิ่งนั้นได้ โดยสิ่งนั้นไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีราคาแพง สามารถใช้สิ่งของในชีวิตประจำวันที่นักเรียนคุ้นเคยได้ ในส่วนขั้นการแปลงจากรูปภาพมาเป็นสัญลักษณ์ ในขั้นนี้ครูจำเป็นต้องให้เวลานักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดเพื่อแปลงรูปที่ได้เป็นสัญลักษณ์ ซึ่งขั้นตอนนี้จำเป็นต้องใช้เวลาพอสมควร

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทวัญ เริ่มสูงเนิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรรณรัตน์ ก้วยเจริญพานิชก์ และคุณครูสุมาลี เทวฤทธิ์ ที่เสียสละเวลาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัยตลอดจนให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับประกาศนียบัตรรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ซึ่งได้รับเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2566 ที่จัดอบรมออนไลน์โดย กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Chotwinyu, N., Kongthip, Y., & Chaladgarn, T. (2022). A study of mathematical problem-solving ability in linear equations in one variable of Grade 7 students using concrete-pictorial-abstracts: CPA approach. *Journal of Industrial Education*, 21(1), 33-43. (in Thai)
- Eapim, J. (2021). The effects of learning activities management using GeoGebra media technology on mathematics learning achievement in the topic of graph of function of Grade 10 students at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi in Phetchaburi Province [Master's thesis]. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Hongthong, N., Lolkathat, T., & Prateep, S. (2023). Effect of inquiry-based learning with GeoGebra for geometric thinking and mathematical achievement of Grade-8 students. *Journal of Science and Science Education: JSSE*, 6(2), 320-332. (in Thai)
- Hui, C. S., Hoe, L. N., & Lee, K. P. (2017). Teaching and learning with concrete-pictorial-abstract sequence: A Proposed model. *The Mathematics Educator*, 17(1), 1-28.
- Insiri, S., Tannin, S., Thongsomnuk, I., & Neammalai, P. (2022). The development of the open approach learning management plan to improve the mathematical achievement learning on the topic of two-dimensional and three-dimensional geometry shapes using GeoGebra program for the First Grade students of Khoa Yoi Wittaya School. *Suan Sunandha Academic Journal of Education*, 6(2), 14-24. (in Thai)
- Janhom, P. (2019). *The development of mathematical concepts with learning activities based on Concrete-Pictorial-Abstract (C-P-A) approaches on two-dimensional and three-dimensional geometry for 7th Grade students* [Master's thesis]. Naresuan University. (in Thai)
- Joshi, D. R., & Singh, K. B. (2020). Effect of using GeoGebra on Eight Grade students' understanding in learning linear equations. *Mathematics Teaching Research Journal*, 12(3), 76-83.
- Khatboonprom, S., Nongharnpituk, P., & Phukrongtung, S. (2023). The development of mathematics learning achievement on two-dimensional and three-dimensional geometric shapes for Grade 7 students using an open approach model with GeoGebra program. *Kalasin University Journal of Humanities Social Sciences and Innovation*, 2(1), 93-106. (in Thai)
- Maneelam, M., & Suwannasri, P. (2021). Development of dynamic GeoGebra learning activity of prism to improve student's 3D geometry thinking. *Journal of Science and Science Education (JSSE)*, 4(2), 255-263. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *Learning standards and indicators for math, science, and geography subject groups in the learning subject group of social studies, religion, and culture (updated edition B.E. 2017) according to the core curriculum of basic education, B.E. 2008*. Agricultural Cooperative Association of Thailand. (in Thai)
- Phooddee, W. (2020). Mathematics instruction in digital age: Methods and tools. *Journal of Science and Science Education*, 3(2), 190-199. (in Thai)
- Putri, H. E. (2015). The influence of Concrete Pictorial Abstract (CPA) approach to the mathematical representation ability achievement of the pre service teachers at elementary school. *International Journal of Education and Research*, 3(6), 113-126.
- Saduakdee, S., Chamniyan, R., Suriyan, P., Karen-in, J., & Khotchasam, K. (2023). The results of using GeoGebra in mathematics learning management based on flipped classroom on geometric transformation of Secondary 2 Students Bodindecha (Sing Singhaseni) SamutPrakarn School. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 13(1), 4-13. (in Thai)

- Setsee, R. (2022). *The development of mathematics learning activity in geometric construction by using application GeoGebra geometry of Matthayomsuksa 1 Students* [Thesis]. Udon Thani Rajabhat University. (in Thai)
- Sirikampla, R., & Poonpaiboonpipat, W. (2020). Learning implementation based on Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) approach to enhance mathematical concepts on addition subtraction multiplication and division for Grade-4 student. *Journal of Science and Science Education*, 3(2), 155-164. (in Thai)
- Sriha, W., Khansila, P., & Thienyutthakul, S. (2023). The effect of using GeoGebra program in process learning on surface area and volume of Eighth-Grade students. *Journal of Academic Surindra Rajabha*, 1(4), 1-14. (in Thai)
- Temna, P. (2019). *The effects of learning activities management using Geogebra's program in the topic of vector on mathematics learning achievement and mathematics connection ability of Mathayom Suksa V Students at Benjamarachutit School in Nakhon Si Thammarat Province* [Master's thesis]. Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai)
- Thaiphoo, R., Jermtaisong, R., & Lhongsap, P. (2023). The learning management of the concrete-pictorial-abstract approach combined with the bar model to develop mathematics learning achievement for Secondary 2 (Grade 8) students. *Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 13(2), 45-53. (in Thai)
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). *Manual for curriculum of mathematics (Revised 2017) upper secondary school level*. IPST. (in Thai)
- Tippayarungroch, A. (2023). *The development of mathematical learning activities package by using concrete-pictorial-abstract and model-eliciting activities learning management on decimal to enhance students' achievement and problem solving skills for Grade 5 students* [Master's thesis]. Yala Rajabhat University. (in Thai)
- Vongsanon, V., & Sakpakornkan, N. (2014). Polya using the GeoGebra program as a learning tool for solving word problems on the three-dimensional geometric figures and volume of rectangular shape for Prathomsuksa 6 students with Polya's solving steps. *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal*, 20(2.3), 75-84. (in Thai)
- Wong, K. Y. (2015). *Effective mathematics lessons through an eclectic Singapore approach*. World Scientific.