

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต

Organizing Cooperative Learning Activities in Conjunction with the GeoGebra Program That Promotes Algebraic Thinking and Geometric Thinking Levels

บติศร อนุชาติ¹ และ รามนรี นนทภา²

Bodeeson Anuchat¹, and Ramnaree Nontapa²

^{1,2} คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

Faculty of Education, Rajabhat Maha Sarakham University, Thailand

¹E-mail: Bodeeson1994@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-0928-5938>

²E-mail: ramnaree_cute.pig@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-7586-0617>

Received 29/06/2023

Revised 21/07/2023

Accepted 30/07/2023

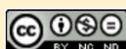
บทคัดย่อ

การส่งเสริมการจัดกิจกรรมทางการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดี เพื่อให้ นักเรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ร่วมกันแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการคิดเชิงพีชคณิตและระดับ การคิดทางเรขาคณิตสำหรับนักเรียนนั้นมีความสำคัญมาก ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อ ศึกษาผลการศึกษาคณิตเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต 3) เพื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงพีชคณิตและ ระดับการคิดทางเรขาคณิตกับเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน 4) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra 5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวาปีปทุม จำนวนนักเรียน 39 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra 2) แบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต 3) แบบสอบถาม ความพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สถิติที่ ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่า (1) การจัดกิจกรรมการ เรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เท่ากับ 74.00/76.25 (2) นักเรียนมีการคิดเชิงพีชคณิตมากที่สุดในการตระหนักรู้องค์ประกอบ และสมบัติพื้นฐานคิดเป็นร้อยละ 94.87 และมีระดับการคิดทางเรขาคณิตมากที่สุดในระดับที่ 0 คิดเป็นร้อยละ 100 (3) การคิดเชิงพีชคณิต และการคิดทาง เรขาคณิต ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 คิดเป็นร้อยละ 85.50 และ 80.10 อยู่ใน ระดับดีเยี่ยม (4) ผลการศึกษาดัชนีประสิทธิผล ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra คิดเป็นร้อยละ 73.65 (5) ความพึงพอใจของนักเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 4.59

คำสำคัญ: การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ; โปรแกรม GeoGebra; การคิดเชิงพีชคณิต; ระดับการ คิดทางเรขาคณิต

[625]

Citation:



บติศร อนุชาติ และ รามนรี นนทภา. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทาง เรขาคณิต. วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3 (5), 625-646

Anuchat, B., & Nontapa, R. (2023). Organizing Cooperative Learning Activities in Conjunction with the GeoGebra Program That Promotes Algebraic Thinking and Geometric Thinking Levels. Interdisciplinary Academic and Research Journal, 3 (5), 625-646; DOI: <https://doi.org/10.14456/iarj.2023.273>

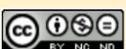
Abstract

The objective of this research is to promote mathematics teaching and learning activities that facilitate effective learning of mathematics, enabling students to collaborate and help each other in problem-solving efficiently. Emphasizing mathematical and spatial thinking skills is of great importance for students. Therefore, the objectives of this research are as follows: 1) To develop collaborative learning activities using the GeoGebra program that meet the criteria of 75/75 effectiveness. 2) To study the impact of mathematical and spatial thinking skills. 3) To compare the levels of mathematical and spatial thinking with a score criterion of 70. 4) To examine the effectiveness index of collaborative learning activities using the GeoGebra program. 5) To investigate the satisfaction of students with collaborative learning activities using the GeoGebra program. The sample group used in the research consists of 39 students from the 3rd year of Vapi Pattana School. The research tools used include 1) Collaborative learning activities combined with the GeoGebra program. 2) Mathematical thinking assessment tests and geometric thinking level assessments. 3) Satisfaction surveys of students who learned through collaborative learning activities combined with the GeoGebra program. The statistical measures used in the research include frequency, percentage, mean, and standard deviation. The study found that: 1) Collaborative learning activities combined with the GeoGebra program had an effective learning activity organization with a score of 74.00/76.25. 2) Students had the highest level of mathematical thinking in terms of component awareness and basic geometric thinking, with a percentage of 94.87 and a level of 0, respectively. (3) The mathematical thinking and geometric thinking of the students were significantly higher than the criterion at a statistical significance level of .05, with percentages of 85.50 and 80.10, respectively, indicating an excellent level. 4) The effectiveness index of collaborative learning activities combined with the GeoGebra program was 73.65. 5) Students' satisfaction with the collaborative learning activities combined with the GeoGebra program was at the highest level, with an average score of 4.59.

Keywords: Organizing Cooperative Learning Activities; GeoGebra Program; Algebraic Thinking; Geometric Thinking Level

[626]

Citation:



บติศร อนุชาติ และ รามนรี นนทภา. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต. วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3 (5), 625-646

Anuchat, B., & Nontapa, R. (2023). Organizing Cooperative Learning Activities in Conjunction with the GeoGebra Program That Promotes Algebraic Thinking and Geometric Thinking Levels. Interdisciplinary Academic and Research Journal, 3 (5), 625-646; DOI: <https://doi.org/10.14456/iarj.2023.273>

บทนำ

คณิตศาสตร์มีความสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหา และสถานการณ์ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จึงมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต และช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้นช่วยพัฒนาคนให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีความสมดุลทั้งทางร่างกาย จิตใจ สติปัญญา และอารมณ์ สามารถคิดเป็นทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2561: 47) จากคุณค่าและความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังกล่าว ทุกประเทศจึงกำหนดให้ทุกคนต้องเรียนวิชาคณิตศาสตร์และถือเป็นหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนในการจัดการศึกษาจะต้องหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้เยาวชนรู้และตระหนักถึงคุณค่าของคณิตศาสตร์ต่อไป (ปานทอง กุลนาถศิริ, 2546: 11-15)

การคิดเชิงพีชคณิต หมายถึง การสร้างความเป็นลักษณะทั่วไป (generalizations) จากประสบการณ์ที่ เกี่ยวข้องกับจำนวน การคำนวณ และการใช้สัญลักษณ์ การสำรวจมโนคติในเชิงรูปแบบหรือฟังก์ชัน (Van de Walle, Karp, & Bay-Williams, 2011 cited in Ontario Ministry of Education, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับ แนวคิดของ Pierce & Stacey (2007) กล่าวว่า กระบวนการคิดของนักเรียนในการเรียนรู้พีชคณิต โดยผ่าน การคิด เพื่ออธิบายหรือแสดงหลักฐานในการทำความเข้าใจสถานการณ์ทางพีชคณิตต่างๆ เช่น แบบรูป ความสัมพันธ์ การแก้ปัญหาค่าไม่ทราบค่า ฟังก์ชัน เป็นต้น นอกจากนี้ พีชคณิตเป็นกุญแจสำคัญในการประสบความสำเร็จ ใดๆ ในคณิตศาสตร์และพีชคณิตนามธรรมเป็นสิ่งสำคัญในการทำงานในคณิตศาสตร์ขั้นสูงและชีวิต การทำงาน ซึ่ง NCTM (2000) กล่าวว่า ความสามารถทางพีชคณิตมีความสำคัญในการดำเนินชีวิตของบุคคลทั้ง ในการประกอบอาชีพและการเตรียมตัวศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น นักเรียนทุกคนจึงต้องเรียนรู้พีชคณิต

เรขาคณิตเป็นอีกสาขาหนึ่งของคณิตศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมากเรา ใช้เรขาคณิตในการทำความเข้าใจและอธิบายสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เรขาคณิตเป็นเนื้อหาที่มีความเป็นรูปธรรม เช่น รูปเรขาคณิตต่าง ๆ และมีความเป็นนามธรรม เช่น การให้เหตุผล การพิสูจน์การแก้ปัญหา (สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548: 45) ซึ่งสอดคล้องกับ ยุพิน พิพิธกุล (2545: 56) ระบุว่าเรขาคณิตเป็น สาระหนึ่งของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีสำรวจพื้นที่ สร้างผังเมือง สร้างถนน สำรวจโลกและ อวกาศ หรือสิ่งต่าง ๆ นอกจากนั้นเรขาคณิตยังช่วยพัฒนาทักษะที่สำคัญหลายประการ เช่น ทักษะเชิงมิติ สัมพันธ์หรือความรู้สึกเชิงปริภูมิ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545: 43)ระดับการคิด ทางเรขาคณิตเป็นแนวคิดตามแนวของ Van Hiele ซึ่งเป็นรูปแบบเกี่ยวกับความคิดทางเรขาคณิต เพื่อใช้ ประเมินความสามารถของนักเรียน โดยวัดจากระดับความคิดทางเรขาคณิต จากการศึกษาค้นคว้าและการทำ งานวิจัยของ Pierre Van Hiele และ Dina Van Hiele พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนเกี่ยวกับการเรียน เรขาคณิต คือ นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาวิชาเรขาคณิต นักเรียนมีความคิดเห็นว่าเรขาคณิตเป็นเรื่องยากซึ่ง Van Hiele Model ได้แบ่งระดับความคิดทางเรขาคณิตจากระดับต่ำสุดไปสู่ระดับสูงสุดเป็น 5 ระดับ มี รายละเอียดในแต่ละระดับดังนี้ ระดับ 0: ระดับการมองเห็นรูปธรรมภายนอก ระดับ 1: ระดับการวิเคราะห์ ระดับ 2: ระดับการอนุมานที่ไม่เป็นแบบแผน ระดับ 3: ระดับการอนุมานที่เป็นแบบแผน และระดับ 4: ระดับ

.....

การคิดสุดยอด ครูเป็นบุคลากรสำคัญที่ต้องรู้พัฒนาการระดับขั้นการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ต้องพัฒนาอย่างสมบูรณ์เป็นไปตามระดับขั้นไม่สามารถคิดข้ามขั้นได้กล่าวคือ นักเรียนต้องผ่านการคิดจากขั้นต่ำไปสู่ขั้นสูงทีละขั้น พร้อมกันนี้ครูควรหมั่นประเมินนักเรียนตรวจสอบความเข้าใจและสื่อสารกับนักเรียนในขณะทำการเรียนการสอนอยู่เสมอ (กาญจนา สายสุรินทร์, 2561: 7) หลักสูตรเรขาคณิตได้รับการพัฒนาและออกแบบตามแบบจำลองการคิดเชิงเรขาคณิตของ van Hiele ในได้หวั่น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ของระดับการคิดเชิงเรขาคณิตอยู่ในระดับที่ 1 นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ส่วนใหญ่จะมีผลสัมฤทธิ์ของระดับการคิดเชิงเรขาคณิตอยู่ในระดับ 2 และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และ 6 ส่วนใหญ่จะมีผลสัมฤทธิ์ของระดับการคิดเชิงเรขาคณิตอยู่ในระดับ 3 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2558: 15) จากการสอบถามครูผู้สอนและการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทำแบบทดสอบ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ ของนักเรียน พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของโรงเรียนสาธิตสาสน์วิเทศเชียงใหม่ มีปัญหาในเรื่อง ของความรู้สึกเชิงปริภูมิและการคิดทางเรขาคณิต โดยปัญหาในด้านความรู้สึกเชิงปริภูมิพบว่า นักเรียนไม่สามารถเขียนรูปคลี่ของรูปเรขาคณิตสามมิติและไม่สามารถบอกรูปต้นแบบของรูปคลี่ที่กำหนดให้ได้ นอกจากนี้ นักเรียนยังไม่สามารถเขียนภาพที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ และเมื่อให้เขียนรูปสองมิติที่ได้จากการมองด้านหน้า ด้านข้าง และด้านบนของรูปเรขาคณิตสามมิติที่ประกอบจากลูกบาศก์พร้อมทั้งให้เขียนตัวเลขแสดงจำนวนลูกบาศก์ นักเรียนไม่สามารถเขียนได้ เมื่อให้นักเรียนระบุชื่อของรูปเรขาคณิตสามมิตินักเรียนก็ไม่สามารถระบุชื่อของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ และเมื่อให้นักเรียนอธิบายวิธีการที่นักเรียนทำนักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ อธิบายไม่ตรงประเด็น หรืออธิบายได้เพียงลักษณะที่เป็นรูปธรรมภายนอกเท่านั้น ไม่มีการกล่าวถึงสมบัติของรูปเรขาคณิตหรือนิยามและรายละเอียดปลีกย่อยต่าง ๆ ตลอดจนนักเรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์หรือเปรียบเทียบความเหมือนหรือต่างของรูปเรขาคณิตสองสิ่งได้ เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาพบว่า นักเรียนไม่เคยเห็นลักษณะการคลี่รูปเรขาคณิตสามมิติหรือรูปคลี่ที่เป็นของจริง เนื่องจากทางโรงเรียนสอนตามในหนังสือเรียน ทำให้นักเรียนไม่ได้เห็นการพลิกหรือหมุนรูปเรขาคณิตสามมิติ ส่งผลให้นักเรียนไม่เห็นรูปร่าง สมบัติ และลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติประกอบกับการที่นักเรียนไม่ได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตัวของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนไม่เกิดการใช้จินตนาการในการมองภาพและการมองถึงความสัมพันธ์ต่างๆ ของรูปเรขาคณิต และในการจัดการเรียนการสอนของทางโรงเรียนในเรื่องความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ แต่เดิมจะเน้นให้นักเรียนเขียนรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติออกมาให้ได้ ซึ่งนักเรียนจะใช้การจดจำภาพมากกว่าใช้ความเข้าใจ ดังนั้นเมื่อให้นักเรียนอธิบายถึงวิธีการหรือเหตุผลที่เขียนรูปดังกล่าวนักเรียนจึงไม่สามารถอธิบายได้ (อัศวรักษ์ ช่างอินทร์, 2559: 2)

ผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2564 ของโรงเรียนวาปีปทุม พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ ต่ำกว่าเกณฑ์ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) และจากการศึกษาผลการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ยกเว้นห้องเรียนพิเศษ) พบว่ายังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่โรงเรียนกำหนด จากการปฏิบัติการสอนข้างต้น พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมีปัญหาเกี่ยวกับการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ที่ต่ำ โดยเฉพาะนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีปัญหาทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปว่าจากปัญหาการเรียนการสอนและการสำรวจผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทางคณิตศาสตร์ยังเป็นปัญหาอยู่มากสมควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน เพราะการส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตสำหรับนักเรียนนั้นมีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นการส่งเสริมการจัดกิจกรรมทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีที่สุด เพื่อให้นักเรียนเป็นคนที่มีความประสิทธิภาพของสังคม (ฝ่ายวิชาการโรงเรียนวาปีปทุม, 2565: 13) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ รูปแบบหนึ่งที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มเล็ก ๆ แต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิกที่มีความรู้ ความสามารถแตกต่างกันโดยแต่ละคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และในความสำเร็จอย่างแท้จริงทั้งโดยการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การแบ่งปันทรัพยากรการเรียนรู้ ตลอดจนเป็นกำลังใจซึ่งกันและกัน คนที่เรียนเก่งจะช่วยคนที่เรียนอ่อนกว่าสมาชิกในกลุ่มไม่เพียงแต่รับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองเท่านั้นแต่จะต้องรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของเพื่อนสมาชิกทุกคนในกลุ่ม ความสำเร็จของแต่ละบุคคลหมายถึงความสำเร็จของกลุ่มด้วยดังนั้นการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจึงมีลักษณะตรงกันข้ามกับการเรียนที่เน้นการแข่งขัน และการเรียนตามลำพัง (จันทร์ธา ต้นธุ์พงศานุรักษ์, 2543: 36 - 45) โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่เกี่ยวกับเรื่ององค์ความรู้และองค์ประกอบต่าง ๆ เชิงคณิตศาสตร์แทบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องเรขาคณิต พีชคณิต ตรีโกณมิติ กราฟ สถิติ แคลคูลัสรวมถึงการใช้สูตรคำนวณหาค่าต่าง ๆ และกระบวนการประยุกต์ใช้ของคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างละเอียดสามารถใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับผู้สอน ให้ผู้เรียนเข้าใจในหลักสูตรต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ในการใช้งานและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งอื่น ๆ ในชีวิตประจำวันได้ดียิ่งขึ้นนอกจากนี้โปรแกรม ยังมีฟังก์ชันที่ใช้สำหรับการใส่สูตรต่าง ๆ เข้าไปประกอบกับรูปภาพ หรือโมเดลแบบ 3 มิติ ให้สามารถเรียนรู้และวิเคราะห์ เพื่อสร้างความเข้าใจในหลักการคำนวณของสูตรต่าง ๆ ได้ อย่างรวดเร็วและแม่นยำมาก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการเรียนการสอนในโรงเรียน (ศิริขวัญ พอค้า, 2562: 21)

จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวผู้ศึกษาค้นคว้าจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างร่วมมือร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาให้เกิดการส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตแก่ผู้เรียนทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์และเพื่อที่จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นและให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
- 2) เพื่อศึกษาผลการศึกษาคณิตศาสตร์เชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตจำแนกตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 3) เพื่อเปรียบเทียบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตกับเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน

[629]

Citation:



ปติศร อนุชาติ และ รามนรี นนทภา. (2566). การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต. วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3 (5), 625-646

Anuchat, B., & Nontapa, R. (2023). Organizing Cooperative Learning Activities in Conjunction with the GeoGebra Program That Promotes Algebraic Thinking and Geometric Thinking Levels. Interdisciplinary Academic and Research Journal, 3 (5), 625-646; DOI: <https://doi.org/10.14456/iarj.2023.273>

4) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง: ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวาปีปทุม อำเภอลำปำ จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 14 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 548 คน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวาปีปทุม อำเภอลำปำ จังหวัดมหาสารคาม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 39 คน ใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา: เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ เนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง) พุทธศักราช 2560

3. ขอบเขตด้านตัวแปร 1.2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ 1) ความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิต 2) ระดับการคิดทางเรขาคณิต 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4) ความพึงพอใจ

4. ขอบเขตด้านระยะเวลา: ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

การทบทวนวรรณกรรม

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเทคนิค TAI (Team Assisted Individualization) หมายถึง วิธีการสอนที่ผสมผสานระหว่างการเรียนแบบร่วมมือ และการสอนรายบุคคล เข้าด้วยกัน เป็นวิธีการเรียนการสอนที่สนองความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถ จากแบบฝึกทักษะ และส่งเสริมความร่วมมือภายในกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

โปรแกรม GeoGebra หมายถึง เครื่องมือหรือสื่อในการจัดการเรียนรู้จะช่วยให้การเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิกหมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้ผู้เรียนสามารถสังเกตในสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟได้อย่างชัดเจน

การคิดเชิงพีชคณิต หมายถึง ความสามารถเกี่ยวกับการแสดงแทน อธิบายถึงรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณในการทำความเข้าใจสถานการณ์ทางพีชคณิตต่างๆ เช่น แบบรูป ความสัมพันธ์ การแก้ปัญหาสำหรับตัวไม่ทราบค่าฟังก์ชัน เป็นต้นซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ 1) การตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน 2) กำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง 3) การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ

ระดับการคิดทางเรขาคณิต หมายถึง ระดับการคิดทางเรขาคณิตตามแนวคิดของ Van Hiele ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 0 การรับรู้จากการมองเห็น ระดับที่ 1 การวิเคราะห์หรือการพรรณนา รูปลักษณะ ระดับที่ 2 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนหรือการจัดลำดับความสัมพันธ์ ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน และระดับที่ 4 การเป็นนามธรรม

ดัชนีประสิทธิผล หมายถึง ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน เมื่อเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งวัดได้จากคะแนนของแบบทดสอบ เรื่อง พีระมิด กรวยและทรงกลม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

เกณฑ์คะแนน 70 คะแนน หมายถึง ค่าคะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง พีระมิด กรวยและทรงกลมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผ่านเกณฑ์ ซึ่งในที่นี้กำหนดเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน โดยการเปรียบเทียบคะแนน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ซึ่งวิเคราะห์จาก คะแนนสอบหลังเรียนแล้วนำมาเฉลี่ยคะแนนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน

ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ซึ่งเป็นประสิทธิภาพกระบวนการและประสิทธิภาพผลลัพธ์ตามเกณฑ์ 70/70

70 ตัวแรก (E_1) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบย่อย คิดเป็นร้อยละ 70

70 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของนักเรียนทุกคนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน คิดเป็นร้อยละ 70

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หมายถึง การวัดการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ในการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ทั้งในส่วนของเนื้อหาสาระ ข้อเท็จจริงที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ ตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี 3 ระดับคือ ระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

ความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด หรือพฤติกรรมของนักเรียนในเชิงบวกที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง พีระมิด กรวย และทรงกลม กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวัดได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วน การประเมินค่า 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมแบบกลุ่มร่วมมือ

ร่วมกับโปรแกรมGeoGebra ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้มีกระบวนการ ดังนี้ 1) ชี้นำ 2) ชี้นสอนเนื้อหาใหม่ 3) ชี้นฝึกทักษะ 4) ชี้นวัดและประเมินผล และ 5) ชี้นสรุป

ใช้การคิดเชิงพีชคณิตตามกรอบแนวคิด Pierce & Stacey เป็นลักษณะของการคิดเชิงพีชคณิตที่แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ 1) การตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน 2) กำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง และ 3) การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ

ใช้ระดับการคิดทางเรขาคณิตแบบ Van Hiele Model ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 0 การรับรู้จากการมองเห็น ระดับที่ 1 การวิเคราะห์หรือการพรรณนารูปลักษณะ ระดับที่ 2 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนหรือการจัดลำดับความสัมพันธ์ ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน และระดับที่ 4 การเป็นนามธรรม

ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)

ตัวแปรตาม (Dependent Variables)



แผนภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่อง พัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย: 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต จำนวน 13 แผน 2) แบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตชุดที่ 1 ใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

จำนวน 10 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 3) แบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตชุดที่ 2 ใช้ทดสอบระหว่างเรียน ประกอบไปด้วย แบบทดสอบย่อย (1) ใช้ทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต จำนวน 10 ข้อ เป็นระดับง่าย เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย แบบทดสอบย่อย (2) ใช้ทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต จำนวน 10 ข้อ เป็นระดับปานกลาง เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย และแบบทดสอบย่อย (3) ใช้ทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต จำนวน 10 ข้อ เป็นระดับยาก เป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย 4) แบบสอบถามความพอใจในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 13 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์งานเขียน (Tark Analysis) และการบรรยายวิเคราะห์ (descriptive analysis) สถิติทดสอบ t-test การใช้สูตรคำนวณของ กูดแมน, เฟรทเชอร์ และชไนเดอร์ (Goodman, Fretcher and Schneider. 1980: 30-34)

การวิเคราะห์ข้อมูล: (1) การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1. โดยการหาร้อยละ ของค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมดที่ได้จากการทำแบบฝึกทักษะ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อย ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_1) และหาร้อยละ ของค่าเฉลี่ยในการสอบด้วยแบบทดสอบการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต เรื่อง พีระมิด กรวยและทรงกลม หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (E_2) (2) การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2. โดยใช้ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (3) การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3. โดยใช้สถิติทดสอบ t-test (One-Sample t-test) การวิเคราะห์งานเขียน (Tark Analysis) และการบรรยายวิเคราะห์ (descriptive analysis) (4)การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4. โดยการใช้สูตรคำนวณของ กูดแมน, เฟรทเชอร์ และชไนเดอร์ (Goodman, Fretcher and Schneider, 1980: 30-34) (5) การวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 5. โดยใช้ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิต ดังแสดงในตาราง ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

เลขที่	E_1		รวม (100)	ทดสอบหลังเรียน (80) E_2
	แบบฝึกหัด (40)	แบบทดสอบย่อย (60)		
\bar{x}	32.00	42.00	74.00	61.00
S.D.	1.40	3.13	4.53	4.037
ร้อยละ	80.00	70.00	74.00	76.25

(E_1 / E_2) เท่ากับ 74.00/76.25

จากตารางที่ 1 พบว่า มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 74.00 และมีประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 76.25 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาจำนวนนักเรียน และร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันกับการคิดเชิงพีชคณิต

ลักษณะการคิดเชิงพีชคณิต	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	คะแนนเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
1. การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ	เก่ง	28	71.80	82.57	3.18
	ปานกลาง	9	23.07	63.55	4.45
	อ่อน	2	5.13	38	0.00
2. กำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง	เก่ง	32	82.06	81.28	4.80
	ปานกลาง	6	15.38	65.33	2.07
	อ่อน	1	2.56	39	0.00
3. การตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน	เก่ง	37	94.87	81.11	4.50
	ปานกลาง	2	5.13	68	0.00
	อ่อน	-	-	-	-

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนมีลักษณะการคิดเชิงพีชคณิตเมื่อพิจารณาตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ลักษณะการคิดเชิงพีชคณิต การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 71.80 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 82.57 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 3.18 ระดับปานกลาง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 23.07 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 63.55 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 4.45 ระดับอ่อน จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.13 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 38.00 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.00 ลักษณะการคิดเชิงพีชคณิต กำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 82.06 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 81.28 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 4.80 ระดับปานกลาง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 65.33 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 2.07 ระดับอ่อน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 2.56 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 39.00 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.00 ลักษณะการคิดเชิงพีชคณิต การตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 94.87 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 81.11 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 4.50 ระดับปานกลาง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.13 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 68.00 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.00

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาจำนวนนักเรียน และร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันกับระดับการคิดทางเรขาคณิต

ระดับการคิดทางเรขาคณิต	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	คะแนนค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$)
ระดับ 4	เก่ง	28	71.79	82.57	3.18
	ปานกลาง	11	28.21	64.55	4.55
	อ่อน	-	0.00	0.00	0.00
ระดับ 3	เก่ง	32	82.05	83.31	4.93
	ปานกลาง	7	17.95	64.71	2.93
	อ่อน	-	0.00	0.00	0.00
ระดับ 2	เก่ง	33	84.62	85.12	3.99
	ปานกลาง	6	15.38	64.67	6.47
	อ่อน	-	0.00	0.00	0.00
ระดับ 1	เก่ง	35	89.74	86.74	5.56
	ปานกลาง	4	10.25	66.25	1.26
	อ่อน	-	0.00	0.00	0.00
ระดับ 0	เก่ง	39	100.00	98.18	3.09
	ปานกลาง	-	0.00	0.00	0.00
	อ่อน	-	0.00	0.00	0.00

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนมีระดับการคิดทางเรขาคณิตเมื่อพิจารณาตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ พบว่า ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับที่ 4 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 71.79 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 82.57 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 3.18 ระดับปานกลาง จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 28.21 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 64.55 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 4.55 ระดับการคิดทางเรขาคณิต

ระดับที่ 3 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 82.05 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 83.31 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 4.93 ระดับปานกลาง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 17.95 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 64.71 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 2.93 ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับที่ 2 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 84.62 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 85.12 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 3.99 ระดับปานกลาง จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 15.38 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 64.67 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 6.47 ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับที่ 1 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 89.74 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 86.74 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 5.56 ระดับปานกลาง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 10.25 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 66.25 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 1.26 ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับที่ 0 มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับเก่ง จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 100 มีคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) เท่ากับ 98.18 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 3.09

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงพีชคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra กับเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน

ความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิต	<i>n</i>	\bar{x}	<i>S.D.</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
กิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra	39	17.12	2.264	38	7.379*	.000

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความสามารถการคิดเชิงพีชคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์คะแนน 70 คะแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 17.12 คิดเป็นร้อยละ 85.60 ดังนั้น ความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิตอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรมGeoGebra กับเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน

ความสามารถในระดับการคิดทางเรขาคณิต	<i>n</i>	\bar{x}	<i>S.D.</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
กิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra	39	16.02	2.229	38	6.732*	.000

หมายเหตุ * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการเปรียบเทียบความสามารถในระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์คะแนน 70 คะแนน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ย 16.02 คิดเป็นร้อยละ 80.10 ดังนั้น ความสามารถในระดับการคิดทางเรขาคณิตอยู่ในระดับดีมาก

ตารางที่ 6 ผลดัชนีประสิทธิผลกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมคะแนนของนักเรียนทุกคน		ดัชนีประสิทธิผล (<i>E.I.</i>)
		ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบหลังเรียน	
39	20	355	668	0.7365

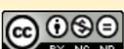
จากตารางที่ 6 พบว่า ดัชนีประสิทธิผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เท่ากับ 0.7365 ร้อยละ 73.65 แสดงว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 73.65

ตารางที่ 7 การประเมินความพึงพอใจ ของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตนำเสนอโดยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความพึงพอใจ

ข้อ	รายการ	\bar{x}	<i>S.D.</i>	ระดับความพึงพอใจ
1	นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม	4.56	0.552	ระดับมากที่สุด
2	นักเรียนชอบกิจกรรมในช่วงที่ให้ออกมาทำเกี่ยวกับโปรแกรม GeoGebra	4.47	0.656	ระดับมาก

[637]

Citation:



บติศร อนุชาติ และ รามนรี นนทภา. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต. วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3 (5), 625-646

Anuchat, B., & Nontapa, R. (2023). Organizing Cooperative Learning Activities in Conjunction with the GeoGebra Program That Promotes Algebraic Thinking and Geometric Thinking Levels. Interdisciplinary Academic and Research Journal, 3 (5), 625-646; DOI: <https://doi.org/10.14456/iarj.2023.273>

ข้อ	รายการ	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
3	นักเรียนมีความสนุกสนานและพึงพอใจในการทำกิจกรรมการเรียนรู้	4.58	0.554	ระดับมากที่สุด
4	การทำงานเป็นกลุ่มทำให้การแก้สถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ เกิดประสบผลสำเร็จ	4.48	0.685	ระดับมาก
5	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนต้องตื่นตัวตลอดเวลา	4.54	0.552	ระดับมากที่สุด
6	สถานการณ์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายความสามารถ	4.47	0.892	ระดับมาก
7	เวลาจัดกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสม	4.49	0.636	ระดับมาก
8	นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างมากในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra	4.52	0.610	ระดับมากที่สุด
9	นักเรียนสามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตัวเอง	4.48	0.890	ระดับมาก
10	นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูในระหว่างเรียนมากยิ่งขึ้น	4.59	0.553	ระดับมากที่สุด
11	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้มีแนวทางในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่หลากหลาย	4.43	0.623	ระดับมาก
12	นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้เมื่อเจอสถานการณ์ปัญหาในสถานการณ์จริง	4.45	0.626	ระดับมากที่สุด
13	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญวิชาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.48	0.658	ระดับมาก
รวม		4.503	0.6528	ระดับมากที่สุด

จากตารางที่ 7 พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต มีความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 4.503 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ ตั้งแต่ 4.51-5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูในระหว่างเรียนมากยิ่งขึ้น ($\bar{x} = 4.59, S.D. = 0.553$) รองลงมา คือ นักเรียนมีความสนุกสนานและพึงพอใจในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{x} = 4.58, S.D. = 0.554$) และนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม ($\bar{x} = 4.56, S.D. = 0.552$) ตามลำดับ

อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่อง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีประสิทธิภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เท่ากับ 74.00/76.25 ทั้งนี้เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีการช่วยเหลือซึ่งกันและกันในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ เป็นการเรียนที่ต้องมีการพึ่งพาอาศัยช่วยเหลือกัน โดยสมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องระลึกเสมอว่าเขาเป็นส่วนสำคัญของกลุ่ม ความสำเร็จหรือความล้มเหลวของกลุ่มเป็นความสำเร็จหรือความล้มเหลวของทุกคน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของกลุ่ม ทุกคนจึงต้องมีการอภิปราย ซักถาม ทำกิจกรรมร่วมกัน ช่วยกันปรับปรุงแก้ไข วางเป้าหมายของกลุ่มให้ดี ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การจัดกิจกรรมทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตร่วมกัน และการร่วมมือกันภายในกลุ่ม โดยมีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำครูจะกำหนดปัญหาที่เกี่ยวกับการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตมาใช้จัดการเรียนการสอน โดยขั้นที่ 1 ชี้นำครูแบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน ครูแสดงรูปทรงเรขาคณิตสามมิติแล้วทบทวนสูตรการหาปริมาตรและสูตรการหาพื้นที่ของพีระมิด กรวยและทรงกลม โดยให้ตัวแทนของนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเขียนสูตรให้ถูกต้องและครูยกตัวอย่างโจทย์แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำแล้วให้กลุ่มที่ทำเสร็จก่อนออกมาทำบนกระดานแล้วเฉลยร่วมกัน กลุ่มที่ทำเสร็จก่อนและถูกต้องจะได้คะแนน 3 คะแนน กลุ่มที่เสร็จและถูกต้องต่อมาจะได้คะแนน 2 คะแนนและนอกนั้นจะได้เพียง 1 คะแนน ขั้นที่ 2 สอนเนื้อหาใหม่ ครูแสดงตัวอย่างรูปทรงสามมิติที่สร้างจากโปรแกรม GeoGebra ผ่านหน้าจอ ครูเลือกรูปทรงสามมิติมารูปหนึ่งแล้วอธิบายเครื่องมือและหน้าที่ของโปรแกรม GeoGebra และวิธีการสร้างรูปทรงสามมิติผ่านโปรแกรม GeoGebra พร้อมทั้งกำหนดความยาวและกำหนดจุด เมื่อนักเรียนพอเข้าใจแล้วครูก็อธิบายขั้นตอนวิธีการสร้างรูปทรงสามมิติที่ครูสร้างขึ้นและครูอธิบายส่วนประกอบของรูปคลี่แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันบอกสมบัติและหาส่วนประกอบของรูปทรงสามมิติที่คลี่ออกมา เมื่อเสร็จแล้วครูก็แสดงวิธีทำและอธิบายขั้นตอนและแนวคิดการหาปริมาตรและพื้นที่อย่างละเอียด ขั้นที่ 3 ฝึกทักษะ ให้นักเรียนส่งตัวแทนออกมาสร้างรูปทรงเรขาคณิตสามมิติและแสดงรูปคลี่ของแต่ละรูปทรงผ่านโปรแกรม GeoGebra และครูอธิบายส่วนประกอบของรูปคลี่แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันบอกสมบัติและหาส่วนประกอบพร้อมทั้งหาปริมาตรของรูปทรงสามมิติตามที่กลุ่มของตนเองสนใจแล้วส่งตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกมาอธิบาย จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มหัดโจทย์ปัญหาพาเพลินขึ้นมา 1 ใบ พร้อมกับแจกกระดาษทศให้แต่ละกลุ่มอย่างละ 1 แผ่น จากนั้นให้สมาชิกของแต่ละกลุ่มร่วมมือกันหาคำตอบจากโจทย์ที่ได้รับ แล้วส่งตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกมาสร้างรูปทรงสามมิติและรูปคลี่ที่กลุ่มตัวเองได้รับและอธิบายวิธีการแก้โจทย์ กลุ่มที่ทำเสร็จก่อนและถูกต้องจะได้คะแนน 3 คะแนน กลุ่มที่เสร็จและถูกต้องต่อมาจะได้คะแนน 2 คะแนนและนอกนั้นจะได้เพียง 1 คะแนน จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบย่อย 2.1 (แบบง่าย) ตามโจทย์ที่ครูเตรียมไว้ แล้ว

นักเรียนในกลุ่มจับคู่กันตรวจ การจับคู่ควรเป็นนักเรียนเก่งคู่กับนักเรียนอ่อน นักเรียนปานกลางคู่กับนักเรียนปานกลาง เมื่อผลตรวจออกแล้วจับคู่ที่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ให้นักเรียนซ่อมโดยให้ทำแบบทดสอบย่อย 2.2 ซึ่งเป็นแบบทดสอบเรียนซ่อมเนื้อหาในแบบทดสอบย่อย 2.2 เป็นเนื้อหาที่ง่าย ๆ ในจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้นจึงให้ทำแบบทดสอบย่อย 2.3 ส่วนนักเรียนที่ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 70 ให้นักเรียนจับคู่และให้ทำแบบทดสอบย่อย 2.3 เนื้อหาในแบบทดสอบนี้เป็นเนื้อหาที่มีระดับความยากสูงชันกว่าเนื้อหาในแบบทดสอบย่อย 2.2 เมื่อเสร็จแล้วทบทวนแบบทดสอบทั้ง 3 ชุด ชั้นที่ 4 วัดและประเมินผล ครูทดสอบนักเรียนรายบุคคล ให้นักเรียนนั่งห่างกัน โดยครูแจกข้อสอบ พร้อมกระดาษทดเตรียมไว้ เมื่อสอบเสร็จแล้วให้นักเรียนเปลี่ยนกันตรวจ โดยจะต้องเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม เมื่อตรวจข้อสอบเสร็จแล้ว ครูยกแบบทดสอบข้อที่นักเรียนส่วนใหญ่ทำไม่ได้หรือทำไม่ถูก แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ร่วมกันและเฉลยไปด้วยกัน ซึ่งผลที่ได้จากการทำกิจกรรมในขั้นนี้ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนมาลงมือปฏิบัติในการทำข้อสอบ รู้วิธีการทำแบบทดสอบที่ยาก และสามารถทำโจทย์ปัญหาการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตได้เป็นดีขึ้น จะเกิดระดับทางเรขาคณิต ระดับที่ 0 การรับรู้จากการมองเห็น ระดับที่ 1 การวิเคราะห์หรือการพรรณนารูปลักษณะ ระดับที่ 2 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างไม่เป็นแบบแผนหรือการจัดลำดับความสัมพันธ์ ระดับที่ 3 การให้เหตุผลเชิงนิรนัยอย่างเป็นแบบแผน ระดับที่ 4 การเป็นนามธรรม และเกิดการคิดเชิงพีชคณิต ในลักษณะที่ 1 การตระหนักรู้องค์ประกอบและสมบัติพื้นฐาน ลักษณะที่ 2 กำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง ลักษณะที่ 3 การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญ ชั้นที่ 5 สรุป ครูและนักเรียนสรุปผลการทำกิจกรรม การทำแบบทดสอบร่วมกัน แล้วครูสรุปผลคะแนนทุกคนภายในกลุ่มและนำมารวมกัน แล้วประกาศผลกลุ่มที่ชนะ มอบของรางวัลและกล่าวชมเชยทุกกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ST.Nuaisyah karim (2017: 46) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้วิธีการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ TAI (Team Assisted Individualization) เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อความของนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่านักเรียนได้คะแนนในการทดสอบก่อนเรียนโดยมีค่าเฉลี่ยคะแนน 21.86 หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มร่วมมือ TAI นักเรียนได้คะแนนในการทดสอบหลังจากการเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนน 77.73 ในด้านการอ่านและการวิเคราะห์สถานการณ์ ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถด้านการเรียนสูงจะรับผิดชอบในการช่วยเหลือนักเรียนที่มีความสามารถด้านการเรียนต่ำในกลุ่มของเขา ดังนั้น นักเรียนที่มีความสามารถด้านการเรียนสูงสามารถพัฒนาความสามารถและทักษะของตนเอง ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถด้านการเรียนต่ำจะได้รับการช่วยเหลือในการเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Pavlovicova and Zahorska (2015: 1912) นักเรียนมีทัศนคติที่เป็นกลางในเรื่องเรขาคณิต พวกเขาไม่มีทัศนคติเชิงลบกับครูหรือการศึกษาในโรงเรียนและรูปทรงเรขาคณิต ทัศนคติเชิงบวกต่อรูปทรงเรขาคณิตไม่ได้ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการพิจารณาคุณสมบัติของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสโดยนักเรียนได้รับอิทธิพลจากระดับการคิดเชิงตรรกะและความสามารถในการรับรู้ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของรูปทรงเรขาคณิต รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัย Tinungki, G.M. (2015: 30) พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ TAI เนื่องจากในชั้นเรียนที่ใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือ นักเรียนจะต้องช่วยเหลือซึ่งกันและกัน อภิปรายและโต้เถียง เพื่อเพิ่มพูน



ความรู้ที่พวกเขามีในปัจจุบัน และเพื่อเอาชนะช่องว่างในความเข้าใจในหมู่นักเรียน จึงทำให้การสื่อสารทางคณิตศาสตร์เป็นไปได้ด้วยดี

2. นักเรียนมีการคิดเชิงพีชคณิตมากที่สุดอยู่ในการตระหนักองค์ประกอบ และสมบัติพื้นฐานคิดเป็นร้อยละ 94.87 รองลงมาคือ การกำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้างคิดเป็นร้อยละ 82.06 และสุดท้ายคือ การหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญคิดเป็นร้อยละ 71.80 และมีระดับการคิดทางเรขาคณิตมากที่สุดอยู่ในระดับที่ 0 คิดเป็นร้อยละ 100 รองลงมาคือ ระดับที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 89.74 ระดับที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 84.62 ระดับที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 82.05 และระดับที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 71.79 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มร่วมมือแบบ TAI ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จะทำให้นักเรียนมองเห็นภาพของเรขาคณิตได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนมีระดับการคิดทางเรขาคณิตที่จะสูงขึ้น และเมื่อนักเรียนมองภาพเรขาคณิตชัดเจนขึ้นและในโปรแกรม GeoGebra มีสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นการเชื่อมโยงของสัญลักษณ์จากการแก้ปัญหาผ่านโปรแกรม GeoGebra และจากการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมกลุ่มร่วมมือแบบ TAI แบบฝึกหัด และแบบทดสอบ จึงส่งผลให้ทั้งการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับกรอบของ Moonpo, Inprasitha & Changsri (2018: 27) ลักษณะของการใช้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้ 1) การใช้พีชคณิตเชิงนิพจน์เพื่อเป็นตัวแทนของสถานการณ์การบวกและ การวางตัวสถานการณ์เพื่อเป็นตัวแทนของนิพจน์ที่กำหนด 2) การสร้างและใช้เครื่องมือเพื่อค้นหา ผลลัพธ์ของปัญหาได้ง่ายขึ้น 3) ขยายการแก้ปัญหาไปยังโดเมนอื่น ๆ จำนวน 4) ใช้การแสดงแทนที่หลากหลายเพื่อปรับวิธีการคิดของพวกเขา และ 5) การให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลข การใช้เหตุผลเชิงพีชคณิตเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ครูและนักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่าง 3 โลกตามแนวทางของ Inprasitha: โลกแห่งความจริงโลกถึงรูปธรรมและโลกคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ozçakir, B. Ozdemir, D.& Kıymaz, Y. Kemp (2020: 48) กล่าวว่าการจัดกิจกรรมทางเรขาคณิตแบบพลวัตจะช่วยให้นักเรียนสามารถเลื่อนจากระดับความคิดทางเรขาคณิตเกี่ยวกับการรู้จักรูปร่างด้วยการดูผ่านสายตาไปสู่ระดับสูงขึ้นเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตของรูปร่างความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและโครงสร้างทางเรขาคณิต

3. ผลการเปรียบเทียบการคิดเชิงพีชคณิต และการคิดทางเรขาคณิต ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 คิดเป็นร้อยละ 85.50 และ 80.10 อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งการตระหนักองค์ประกอบ และสมบัติพื้นฐาน มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับ 0 ถึง 2 นักเรียนสามารถแยกแยะประเภทของรูปเรขาคณิตสามมิติ ระบุหมายเลข คิดตามที่โจทย์กำหนด สามารถวาดภาพรูปทรงเรขาคณิตสามมิติได้ถูกต้อง การกำหนดเอกลักษณ์ของโครงสร้าง มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิตระดับ 3 นักเรียนทราบว่าสิ่งที่กำลังพิสูจน์อยู่เป็นจริง และเป็นไปได้อย่างไร มองเห็นโครงสร้างย่อยที่ซ่อนอยู่ภายในตัวแปรหรือสัญลักษณ์ และสามารถเข้าใจการเท่ากันได้อย่างถูกต้อง และบอกความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ และการหาเอกลักษณ์ของคุณสมบัติที่สำคัญคิด มีนักเรียนที่อยู่ระดับการคิดทางเรขาคณิต ระดับ 4 นักเรียนสามารถแทนค่าสัญลักษณ์ตามสูตร วิเคราะห์หาตัวแปรของโจทย์ที่ซับซ้อนได้ และสามารถแบ่งรูปแบบโจทย์ออกเป็นปัญหาย่อย ๆ มีกระบวนการในการคิดแบ่งรูปทรงเรขาคณิตออกเป็น 2 ส่วนได้ แล้วนำมาวิเคราะห์เป็นองค์รวมได้ และสามารถคำนวณได้ถูกต้องสมบูรณ์ ทั้งนี้เนื่องมาจาก



การจัดการเรียนการสอนแบบกลุ่มร่วมมือแบบ TAI ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จะทำให้นักเรียนมองเห็นภาพของเรขาคณิตได้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนมีระดับการคิดทางเรขาคณิตก็จะสูงขึ้น และเมื่อนักเรียนมองเห็นภาพเรขาคณิตชัดเจนขึ้นและในโปรแกรม GeoGebra มีสัญลักษณ์ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นการเชื่อมโยงของสัญลักษณ์จากการแก้ปัญหาผ่านโปรแกรม GeoGebra และจากการแก้ปัญหาผ่านกิจกรรมกลุ่มร่วมมือแบบ TAI จึงส่งผลให้ทั้งการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตของนักเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moonpo, Inprasitha & Changsri (2018: 27) ลักษณะของการใช้เหตุผลเชิงพีชคณิตของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 1 มีดังนี้ 1) การใช้พีชคณิตเชิงนิพจน์เพื่อเป็นตัวแทนของสถานการณ์การบวกและการวางตัวสถานการณ์เพื่อเป็นตัวแทนของนิพจน์ที่กำหนด 2) การสร้างและใช้เครื่องมือเพื่อค้นหา ผลลัพธ์ของปัญหาได้ง่ายขึ้น 3) ขยายการแก้ปัญหาไปยังโดเมนอื่น ๆ จำนวน 4) ใช้การแสดงแทนที่หลากหลายเพื่อปรับวิธีการคิดของพวกเขา และ 5) การให้เหตุผลเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวเลข การใช้เหตุผลเชิงพีชคณิตเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขที่ครูและนักเรียนมีการเชื่อมโยงระหว่าง 3 โลกตามแนวทางของ Inprasitha: โลกแห่งความจริงโลกถึงรูปธรรมและโลกคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ozçakir, B. Ozdemir, D.& Kiyamaz, Y. Kemp (2020: 48) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมทางเรขาคณิตแบบพลวัตจะช่วยให้ นักเรียนสามารถเลื่อนจากระดับความคิดทางเรขาคณิตเกี่ยวกับการรู้จักรูปร่างด้วยการดูผ่านทางสายตาไปสู่ระดับสูงขึ้นไปเกี่ยวกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตของรูปร่าง ความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างและโครงสร้างทางเรขาคณิต

4. ผลการศึกษาดัชนีประสิทธิผล ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เท่ากับ 0.7365 คิดเป็นร้อยละ 73.65 แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 73.65 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือร่วมกับโปรแกรม GeoGebra มีการดำเนินการเป็นไปตามระบบขั้นตอน มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการช่วยกันทำงานเป็นกลุ่มและยังมีโปรแกรม GeoGebra ในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และใช้แบบทดสอบ ในการประเมินความรู้ความสามารถของนักเรียนในด้านต่าง ๆ ซึ่งกิจกรรมที่กล่าวมานอกจากจะทำให้นักเรียนสนุกสนาน มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมแล้วยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต และช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขวัญฤดี วินโรตอง ประภาพร หนองหารพิทักษ์ และ ปวีณา ชันธศิลา (2562: 1) ได้ศึกษาการพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของการแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค TAI มีค่าเท่ากับ 0.5395 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 53.95 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชลธิชา สาชิน (2560: 151) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้กลุ่มร่วมมือแบบ TAI เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่องพหุนาม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องพหุนาม โดยใช้กลุ่มร่วมมือแบบ TAI มีค่าเท่ากับ 0.7001 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 70.01

5. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต มีความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 4.503 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยที่ได้อยู่ในเกณฑ์ ตั้งแต่ 4.51–5.00 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3 ลำดับแรก คือ นักเรียนชอบที่ตนเองได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูในระหว่างเรียนมากยิ่งขึ้น มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.59 รองลงมา คือ นักเรียนมีความสุขสนุกสนานและพึงพอใจในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.58 และนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมภายในกลุ่มมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.56 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตนักเรียนมีความสุขและสนุกกับการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม เพราะได้แสดงความสามารถมีการแข่งขันกันระหว่างกลุ่ม ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ได้เปลี่ยนบรรยากาศในการเรียนทำให้ตื่นเต้นและครึกครื้นเด็กเก่งได้เป็นผู้นำ ส่วนเด็กปานกลางก็มีความสุขที่ได้นั่งทำงานกับเพื่อน ซึ่งเดิมอยู่คนละกลุ่ม เด็กอ่อนก็มีความสุขที่ได้พูดคุยกับเพื่อนกลุ่มที่เรียนเก่ง ช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ในการอยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม จะต้องมีความรับผิดชอบในการทำงาน ซึ่งเดิมเด็กอ่อนไม่ชอบการทำงาน และเลี้ยงไม่ส่งงาน โดยมีข้ออ้างต่าง ๆ นานาแต่เมื่อจัดให้ทำกิจกรรมกลุ่ม โดยมอบบทบาทให้สมาชิกในกลุ่มได้กระตุ้นและดูแลกันเองมีการกำหนดกฎเกณฑ์ ในการทำงานและมีการควบคุมเวลาทำให้เด็กอ่อนมีการพัฒนาศักยภาพของตนเองดีขึ้น ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เช่นนี้ จะช่วยส่งเสริมพัฒนาการเด็กให้ดียิ่งขึ้น และช่วยให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วยแต่ทั้งนี้จะต้องมีความยืดหยุ่นในด้านของเวลา จึงจะทำให้การจัดกิจกรรมดำเนินไปด้วยความเรียบร้อยและประสบความสำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวีพงษ์ ดีพันธ์ (2563: 76) ได้ศึกษาผลการใช้แบบฝึกทักษะ เรื่อง การคูณ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค TAI สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยแบบฝึกทักษะ เรื่อง การคูณ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค TAI สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.59, S.D. = 0.17$) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุขานันท์ จงนอก (2563: 67) ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ตามวิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI พบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ตามวิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนควรนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งเสริมการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ไปใช้ในการสอนคณิตศาสตร์ให้ครบถ้วน โดยเฉพาะ



.....
ขั้นที่มีการแทรกโปรแกรม GeoGebra พยายามให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการออกมาทำผ่านโปรแกรม เพื่อจะทำให้นักเรียนเกิดทักษะและเกิดความเคยชินกับโปรแกรม GeoGebra เพื่อที่จะได้ทำโจทย์ได้ง่ายขึ้น

1.2 ครูสามารถใช้ผลการวิจัยในการศึกษาความรู้การคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาอยู่ในระดับใด และเป็นแนวทางในการพัฒนาการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิต ซึ่งจะส่งผลให้ระดับความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาว่าปัจจัยใด ที่ส่งผลให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra ส่งผลให้เกิดการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตที่สูงที่สุด

2.2 ควรมีการขยายการศึกษาไปในระดับต่าง ๆ เช่น ระดับประถมศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับอุดมศึกษา เพื่อศึกษาว่าเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือ ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra แล้วผู้เรียนจะเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดเชิงพีชคณิตและระดับการคิดทางเรขาคณิตที่สูงที่สุด และทักษะด้านอื่น ๆ มากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560)*. กรุงเทพฯ: ชุมชนุสสภกรรมการเกษตรแห่งประเทศไทย.

กาญจนา สายสุรินทร์. (2561). *การศึกษามโนทัศน์ของรูปสามเหลี่ยมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ขวัญฤดี วินไธสง ประภาพร หนองหารพิทักษ์ และ ปวีณา ชันธิศิลา (2562). การพัฒนาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง เศษส่วน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI. *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ครั้งที่ 1 ประจำปี 2562 “นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ เพื่อความยั่งยืน”* (ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 15 - 16 กรกฎาคม 2562): 442-453.

จันทร์ดา ตันติพิงศานุรักษ์. (2543). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning). *วารสารวิชาการ*. 3(12), 36-55.

ชลธิชา สาชิน. (2543). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้กลุ่มร่วมมือแบบ TAI เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่องพหุนาม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทวีพงษ์ ดีพันธ์. (2563). *ผลการใช้แบบฝึกทักษะ เรื่อง การคูณ โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค TAI สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2*. คุรุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ปานทอง กุลนาถศิริ. (2546). ความสำคัญของคณิตศาสตร์. *วารสารคณิตศาสตร์*, 46(530-532), 11-15.

ฝ่ายวิชาการโรงเรียนวชิรวิทย์. (2565). รายงานการดำเนินงานของฝ่ายวิชาการโรงเรียนวชิรวิทย์.

มหาสารคาม: โรงเรียนวชิรวิทย์.

ยุพิน พิพิธกุล. (2545). *การสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริขวัญ พ้อคำ (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra เรื่องเรขาคณิตวิเคราะห์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัย อุบลราชธานี.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2564). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้น พื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทาง การศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน).

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2558). *คู่มือการจัดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้น พื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทาง การศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2548). *เรขาคณิต*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์. สถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุชานันท์ งามนอก. (2563). ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ร้อยละ ของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 5 ตามวิธีการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TAI. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์ศึกษา): มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อัศวรักษ์ ช่างอินทร์. (2559). *การส่งเสริมความรู้สึกเชิงปริภูมิและการคิดทางเรขาคณิต เรื่อง ความสัมพันธ์ ระหว่างรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้แนวการสอนของแวน ฮีลี ร่วมกับโปรแกรมจีโอเมตริคส์เก็ทแอสเพด*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Goodman, R.I., Fletcher, K.A., & Schneider, E.W. (1980). The Effectiveness Index as a Comparative Measure in Media Product Evaluation. *Educational Technology*. 20(9), 30-34.

Moonpo, P., Inprasitha, M., & Changsri, N. (2018). Algebraic Reasoning in Early Grade: Promoting through Lesson Study and Open Approach. *Psychology*, 9, 1558-1569.

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Ozçaklr, B., Ozdemir, D., & Klymaz, Y. (2020). *Effects of dynamic geometry software on students' geometric thinking regarding the probability of giftedness in mathematics*. Alanya Alaaddin Keykubat University.

-
- Palovicova & Zahorska. (2015). *The Attitudes of Students to the Geometry and The About Square*. Peer review under the responsibility of Academic World Education and Research Center, 1907 - 1912.
- Pierce, R., & Stacey, K. (2007). Developing algebraic insight. *Mathematics Teaching Incorporating Micromath*, 203. 12-16.
- ST. Nuaisyah karim. (2017). *The Effectiveness of TAI (Team-Assisted Reading Individualization) to Improve Students' Comprehension at the Second Grade of Senior High School 1 South Polongbnagkeng*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Tarbiyah and Teaching Science.
- Tinungki, G.M. (2015). *The Role of Cooperative Learning Type Teams Assisted Individualization to Improve The Student's Mathematics Communication Ability in the Subject of Probability Theory*. Hasanuddin University Makassar. Mathematics and Natural Sciences Faculty.
- Van de Walle, J.A., K.S. Karp and J.M. Bay-Williams. (2011). *Elementary and Middle School Mathematics: Teaching Developmentally*. 7th edition. New York: Pearson Education.
- Van Hiele, P.M. (1984). *A Child's Thought and Geometry*. In *English Translation of Selected Writings of Dina Van Hiele-Geldof and Pierre M. Van Hiele, edited by D. Fuys, D. Goddess, and R.W. Tischler, 1959/1985*. Brooklyn: Brooklyn College.

