

Utilizing GeoGebra Classroom in Digital Learning: Enhancing Mathematical Reasoning Ability and Achievement on the Topic of Geometric Transformations for Grade 8 students

Wuttichai Phoodee^{1,*}, Pornthip Khempanya¹, Tussanee Nakham¹, Nuttaporn Dettason¹,
Suttichai Nakain¹ and Attaporn Wannathong²

¹Uthen Pattana School, The Secondary Education Service Area Office, Nakhon Phanom, Thailand.

²Major Computer Education, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani, Thailand.

*Email: w.phoodee@gmail.com

Received <6 Oct. 2025>; Revised <7 Nov. 2025>; Accepted <8 Nov. 2025>

Abstract

This study aimed to (1) study the level of mathematical reasoning ability of Grade 8 students, (2) compare students' learning achievement in geometric transformations before and after digital learning using GeoGebra Classroom, and (3) examine students' attitudes toward the learning activities. The research employed a design for classroom action research. The participants were 34 of Grade 8 students enrolled in the first semester of the 2025 academic year. The research instruments included: (1) seven GeoGebra Classroom-based digital learning innovations on geometric transformations topic, conducted over 13 hours; (2) a 30-item multiple-choice achievement test; (3) a holistic rubric for assessing mathematical reasoning ability; (4) an open-ended interview form; and (5) a student attitude questionnaire. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, criterion-referenced comparison, and dependent t-test. The findings revealed that (1) integrating GeoGebra Classroom into digital learning effectively enhanced students' mathematical reasoning ability, enabling them to construct knowledge and explain geometric concepts more logically; (2) students' post-test achievement scores in geometric transformations were significantly higher than their pre-test scores at the 0.01 level; and (3) students exhibited a positive attitude toward digital learning through GeoGebra Classroom, Agree level ($\bar{X}$ =4.13, SD= 0.61) for positive items and a disagree level ($\bar{X}$ =1.54, SD= 0.52) for negative items. Furthermore, students demonstrated greater enthusiasm, confidence in expressing ideas, and deeper conceptual understanding. The use of GeoGebra Classroom also fostered real-time teacher-student interaction, making the learning process more meaningful and connected to real-life experiences.

Keywords: GeoGebra Classroom; Digital learning; Mathematical reasoning ability; Learning achievement; Attitude.

การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล:
การส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2

วุฒิชัย ภูติ^{1*} พรทิพย์ เข้มปัญญา¹ ทศนีย์ นาคำ¹ ณัฐพร เดชทะสอน¹ สุทธิชัย นาคะอินทร์¹ และ อรรถพร วรรณทอง²

¹โรงเรียนอุเทนพัฒนา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครพนม จังหวัดนครพนม

²สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

*Email: w.phoodee@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล และ (3) ศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยในชั้นเรียน โดยกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 34 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย (1) นวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 10 นวัตกรรม จำนวน 13 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน (3) แบบประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นแบบองค์รวม (Holistic rubrics) (4) แบบการสัมภาษณ์ผู้เรียนโดยใช้คำถามปลายเปิด และ (5) แบบสอบถามเจตคติของผู้เรียน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเทียบกับเกณฑ์คุณภาพ และ Dependent t-test เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการเรียนรู้ ผลการวิจัย พบว่า (1) การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้และอธิบายแนวคิดทางเรขาคณิตได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น (2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งค่าเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียน และ (3) ผู้เรียนมีเจตคติเชิงบวกต่อการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}$ =4.13, SD= 0.61) และเจตคติเชิงลบของผู้เรียนโดยรวมอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ($\bar{X}$ =1.54, SD= 0.52) นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนรู้ผ่านสื่อดิจิทัล โดยรู้สึกสนุก กล้าแสดงออกทางความคิด และเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งมากขึ้น และการใช้ GeoGebra Classroom ยังช่วยสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูและผู้เรียนแบบเรียลไทม์ ทำให้การเรียนรู้มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ: GeoGebra Classroom; การเรียนรู้แบบดิจิทัล; ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน; เจตคติ

บทนำ

หลังจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ส่งผลต่อการปรับตัวของพฤติกรรมในการใช้ชีวิตมนุษย์ (Butngam *et al.*, 2023) รวมทั้งในด้านการศึกษา เทคโนโลยีดิจิทัลได้มีบทบาทเป็นเครื่องมือสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนและกลายเป็นกลไกสำคัญที่ขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงของระบบการศึกษาอย่างกว้างขวาง โดยเทคโนโลยีช่วยเสริมสร้างความยืดหยุ่น ขยายโอกาสในการเข้าถึงและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความต้องการที่หลากหลายของผู้เรียน อีกทั้งยังเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคตที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Nguyen *et al.*, 2023) การเรียนรู้แบบดิจิทัล (Digital Learning) เป็นแนวทางการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อยกระดับประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ครอบคลุมทุกมิติและมีความหลากหลาย เช่น การเรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) การเรียนแบบไฮบริด (Hybrid Learning) การเรียนออนไลน์ (Online Learning) และการเรียนทางไกล (Distance Learning) (Oregon Department of Education (ODE), 2023; Phoodee, 2025) นอกจากนี้ เทคโนโลยียังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นรากฐานในการเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผลเชิงวิพากษ์การแก้ปัญหา (Alkouri and Wardat, 2025) ทักษะเหล่านี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาศักยภาพผู้เรียนให้ก้าวทันความเปลี่ยนแปลงของโลกยุคดิจิทัล

เครื่องมือดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ช่วยสร้างแรงจูงใจและความสนใจของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์ที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในบทเรียนซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น สื่อการสอน โปรแกรมคณิตศาสตร์แบบไดนามิก (Dynamic Mathematics Software, DMS) หรือแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้ (Zengin and Tatar, 2017) เครื่องมือเหล่านี้เป็นสิ่งที่ช่วยอำนวยความสะดวกต่อการจัดการเรียนรู้โดยครูและผู้เรียนสามารถนำมาใช้ปฏิบัติจริงในห้องเรียนคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้สำรวจ ตรวจสอบ พิสูจน์ ที่นำไปสู่การอธิบายเชิงเหตุผล (Phoodee, 2020) นอกจากนี้ เครื่องมือดิจิทัลยังมีส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงทั้งวิธีการเรียนรู้และเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในชั้นเรียน ซึ่งบทบาทของครูจึงไม่เพียงเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ แต่ยังต้องทำหน้าที่ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) และจัดเตรียมแนวทางการเสริมต่อความรู้ (scaffolding) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุผลการเรียนรู้ตามเป้าหมาย (Phoodee, 2023) รวมทั้งยังมีส่วนช่วยสนับสนุนการจัดการชั้นเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ (Awaji, Khalil and AL-Zahrani, 2025)

การบูรณาการโปรแกรมคณิตศาสตร์แบบไดนามิกเข้าสู่การเรียนการสอนได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยเฉพาะ GeoGebra ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เชื่อมโยงเนื้อหาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สาขา ได้แก่ เรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส และสถิติ ในสภาพแวดล้อมเชิงโต้ตอบ (Interactive environment) (Hohenwarter and Fuchs, 2004) และการใช้ GeoGebra ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างภาพ การปรับเปลี่ยน และการจำลองสถานการณ์ ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงสืบเสาะและการสร้างความเข้าใจเชิงมีนทัศน์อย่างลึกซึ้งจากการศึกษาวิจัยพบว่า การใช้ GeoGebra ในห้องเรียนช่วยเพิ่มพูนทักษะการแก้ปัญหาและการสร้างข้อโต้แย้งเชิงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Yohannes and Chen, 2023; Horzum and Ünlü, 2017) นอกจากนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ GeoGebra ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการสร้างทางเรขาคณิต แต่ยังช่วยให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์รูปแบบ ทดสอบข้อสันนิษฐานและอธิบายเหตุผลของตนเอง (Yunianto, Galic, and Lavicza, 2024) ในลักษณะเชิงสำรวจและการมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับผู้อื่น (Interactive) และยังส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญโดยการทำให้สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ มองเห็นได้เป็นรูปธรรม และช่วยในการหาข้อสรุปผ่านการอุปนัย ตลอดจนการใช้ตรรกะในการสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ (Shute, Sun and Asbell-Clarke, 2017) และทำให้พัฒนาความเข้าใจเชิงมีนทัศน์ (conceptual understanding) เพิ่มแรงจูงใจและทัศนคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาและความสามารถในการทำงานร่วมกันของผู้เรียน ในมิติของครูพบว่า การพัฒนาวิชาชีพที่บูรณาการการใช้ GeoGebra ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการให้เหตุผลและการอธิบายเชิงคณิตศาสตร์ครูสามารถนำ GeoGebra ไปใช้ในการสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างข้อโต้แย้งตรวจสอบคำตอบ และทำงานร่วมกันอย่างมีเหตุผล (Lotey *et al.*, 2025) ดังนั้น GeoGebra ไม่เพียงแต่เป็นประโยชน์ต่อผู้เรียน แต่ยังเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยยกระดับการจัดการเรียนการสอนของครูอีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินของโปรแกรมประเมินสมรรถนะผู้เรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA (Programme for International Student Assessment) ปี 2022 ของประเทศไทย พบว่า คะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้ (Literacy) ผู้เรียนของประเทศไทยในทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลงจากปีก่อนหน้าซึ่งต่ำสุดในรอบ 20 ปี และต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศ OECD สาเหตุหลักเกิดจากผลกระทบของสถานการณ์โควิด-19 ที่ทำให้ระบบการศึกษาทั่วโลกประสบปัญหา ดังนั้น จึงควรมีมาตรการในการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ โดยส่งเสริมสมรรถนะครูในการจัดการเรียนรู้

เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นให้ผู้เรียน และสนับสนุนทรัพยากรและสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพให้สถานศึกษา (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2023) ซึ่งจากการสังเกตชั้นเรียนคณิตศาสตร์ ครูผู้วิจัยได้สังเกตเห็นพฤติกรรม พบว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายหรือให้เหตุผลที่มาของคำตอบที่ผู้เรียนตอบได้ ซึ่งผู้เรียนมีพฤติกรรมที่ลังเลในการตอบคำถามหรือขาดความมั่นใจในการตอบคำถามของครูซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีประสิทธิภาพ โดยปัญหาดังกล่าวบ่งชี้ถึงความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning Ability) ของผู้เรียน ซึ่งถือเป็นสมรรถนะหลักในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดอย่างมีเหตุผล การแก้ปัญหา และการสร้างความเข้าใจทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง ตามที่ Yerizon *et al.* (2023) อธิบายว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการทางความคิดที่ช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลเชิงตรรกะ ให้คำอธิบายอย่างมีหลักการ และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง และสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) ได้อธิบายว่าการให้เหตุผลเป็นทั้งเครื่องมือและเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพราะผู้เรียนต้องใช้การให้เหตุผลในการสร้างความเข้าใจใหม่ ๆ ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ และพัฒนาความคิดเชิงนามธรรมที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น การฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน คาดการณ์ และหาหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิดของตน ช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ตลอดจนความมั่นใจในการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ความสามารถในการให้เหตุผลยังเป็นพื้นฐานของการแก้ปัญหา (problem solving) การเชื่อมโยงแนวคิด (connections) และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ (communication) ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง (Lotey *et al.*, 2025) และยังมีประเด็นสำคัญคือการติดเกมบนสมาร์ตโฟนของผู้เรียนมีอยู่อย่างแพร่หลายในโรงเรียนซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อพัฒนาการโดยรวมของผู้เรียนในด้านการเรียนรู้และพฤติกรรมต่าง ๆ ของผู้เรียน

จากการสังเกตข้างต้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องดำเนินการแก้ไขในระดับชั้นเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมในห้องเรียน การเสริมสร้างความสามารถในการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นครูในฐานะผู้วิจัยจึงหาแนวทางในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนได้นำเสนอแนวการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยภาพ ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่ส่งผลต่อและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ถือเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนให้สอดคล้องกับความต้องการในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล
3. เพื่อศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งมีลักษณะทำงานในรูปแบบวนซ้ำ ซึ่งเป็นแนวคิดที่สนับสนุนให้ครูแก้ปัญหาในชั้นเรียนร่วมกันผ่านการสะท้อนความคิดและปรับเปลี่ยนวิธีการสอนอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองต่อผลลัพธ์ของผู้เรียนและเป็นการพัฒนาการสอนของตนเอง (Barnes, 2015) ในการวิจัยนี้จะใช้วิธีการวิจัยแบบแผนเชิงผสมผสาน (Mixed Method Research) ซึ่งเป็นการวิจัยที่มีการวิจัยย่อยเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณภายในการวิจัยหลัก (Buason, 2013) ซึ่งแนวทางนี้สอดคล้องกับเป้าหมายของงานวิจัยในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ซึ่งการวิจัยนี้ได้ดำเนินการตลอดภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์และผ่านการสะท้อนผลร่วมกัน จึงทำให้คณะผู้วิจัยได้ข้อมูลเชิงลึกในการพัฒนาผู้เรียนและในการจัดการเรียนรู้ของครู โดยมีกระบวนการ 4 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นการวางแผน (Plan) ขั้นการปฏิบัติการ (Act) ขั้นการสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นการสะท้อนกลับ (Reflect) (Kemmis and McTaggart, 1988)

กลุ่มเป้าหมาย กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งใน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครพนม จำนวน 34 คน ซึ่งคัดเลือกจากระดับชั้นที่มีปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มี 5 ประเภทได้แก่

1. นวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 10 นวัตกรรม จำนวน 13 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น ดังนิตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต

เรื่อง	เนื้อหา	นวัตกรรม	ชั่วโมง
การสะท้อน	การสะท้อน	1	1
	การสะท้อนผ่านเส้นสะท้อน	2	1
	การสะท้อนในระบบพิกัดฉาก	3	1
การเลื่อนขนาน	การเลื่อนขนาน	4	1
	การเลื่อนขนานโดยระบุทิศทาง	5	1
	การเลื่อนขนานโดยระบุเวกเตอร์	6	2
การหมุน	การหมุน	7	1
	การหมุนในพิกัดฉาก 1	8	1
	การหมุนในพิกัดฉาก 2	9	2
เทสเซลเลชัน	เทสเซลเลชัน (Tessellation)	10	2
รวม		10	13

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน

3. แบบประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นแบบองค์รวม (Holistic rubrics) หรือเป็นลักษณะ บังชี้ถึงพฤติกรรมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้สำหรับประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ มี 5 ระดับดังนี้ ระดับที่ 0 (ต้องปรับปรุง) ระดับที่ 1 (ควรปรับปรุง), ระดับที่ 2 (พอใช้), ระดับที่ 3 (ดี) และ ระดับที่ 4 (ดีมาก) ตามกรอบแนวคิดของ Bragg and Herbert (2018) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบองค์รวม (Holistic rubrics)

ระดับ	คำอธิบายระดับความสามารถ
4 (ดีมาก)	ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ในทุกด้าน โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างชัดเจน สร้างข้อคาดการณ์และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปในรูปแบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง รวมถึงอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบของตนโดยใช้หลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์
3 (ดี)	ผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ สร้างข้อคาดการณ์และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปได้ถูกต้องบางส่วน และอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบโดยใช้หลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม
2 (พอใช้)	ผู้เรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ในระดับพื้นฐาน โดยอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สร้างข้อคาดการณ์และสรุปกฎเกณฑ์ทั่วไปได้ในระดับเบื้องต้น แต่ยังไม่สามารถแสดงในรูปสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ครบถ้วน และให้เหตุผลสนับสนุนได้เพียงบางส่วนเท่านั้น
1 (ควรปรับปรุง)	ผู้เรียนสามารถแสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างจำกัด มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูล สร้างข้อคาดการณ์หรือสรุปกฎเกณฑ์ทั่วไปได้ไม่ถูกต้องและให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบโดยไม่มีหลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม
0 (ต้องปรับปรุง)	ผู้เรียนไม่สามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือสร้างข้อคาดการณ์และสรุปกฎเกณฑ์ทั่วไปได้ และไม่สามารถให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบได้อย่างถูกต้อง

4. แบบการสัมภาษณ์ผู้เรียนโดยใช้คำถามปลายเปิด
5. แบบสอบถามเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 20 ข้อ ซึ่งแยกเป็นเจตคติทางบวก 10 ข้อและ เจตคติทางลบ 10 ข้อ โดยใช้การประมาณแบบมาตราส่วน 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Preserthlap and Krukpusana, 2015) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์แปลผลระดับเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้

คะแนน	ระดับเจตคติ
4.51-5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51-4.50	เห็นด้วย
2.51-3.50	ไม่แน่ใจ
1.51-2.50	ไม่เห็นด้วย
1.00-1.50	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการด้วยรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Plan) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวางแผนดังนี้

- 1) คณะผู้วิจัยร่วมกันศึกษาชั้นเรียนด้วยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัญหาในการเรียนรู้ของผู้เรียน ผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)
- 2) คณะผู้วิจัยได้หาแนวทางการแก้ไขปัญหา โดยการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ GeoGebra Classroom และการเรียนรู้แบบดิจิทัล รวมทั้งออกแบบสื่อการจัดการเรียนรู้
- 3) คณะผู้วิจัยร่วมกันสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย
 - (1) นวัตกรรมการเรียนรู้การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต
 - (2) แบบประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน
 - (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - (4) แบบสอบถามเจตคติของผู้เรียน
 - (5) คำถามปลายเปิดที่ใช้สัมภาษณ์ผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติการ (Act) ในการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E

(Bybee et al.,2006) โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมดังนี้

- 1) การสร้างความสนใจ (Engage) สร้างความสนใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความรู้เดิมโดยใช้เครื่องมือดิจิทัล
- 2) ขั้นสำรวจ (Explore) สนับสนุนการสำรวจ โดยให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงผ่านการใช้เครื่องมือดิจิทัล
- 3) ขั้นอธิบาย (Explain) สนับสนุนการอภิปรายของผู้เรียนจากข้อค้นพบที่ได้จากขั้นการสำรวจ
- 4) ขยายความรู้ (Elaborate) ผู้เรียนขยายความรู้โดยการนำความรู้ที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่
- 5) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ประเมินการเข้าใจและสะท้อนผลจากการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observe) คณะผู้วิจัยร่วมกันศึกษาชั้นเรียนผ่านการสังเกตพฤติกรรมผู้เรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflect) คณะผู้วิจัยได้ร่วมกันสรุปผล วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อปรับปรุงและพัฒนาผู้เรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับผู้เรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคณะผู้วิจัยได้ทดสอบผู้เรียนก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ และจัดการเรียนรู้ตามนวัตกรรมการเรียนรู้การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต จำนวน 10 นวัตกรรม จำนวน 13 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น ดังตารางที่ 1 โดยระหว่างการจัดกิจกรรมครูจะแบบประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นแบบองค์รวม (Holistic rubrics) ดังตาราง

ที่ 2 เมื่อทำการจัดการเรียนการสอนสิ้นสุดลงจึงทำการสอบหลังเรียนโดยใช้ข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ และ ประเมินเจตคติต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยใช้แบบสอบถามเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัลโดยใช้ GeoGebra Classroom โดยใช้เทคนิค Thurstone ซึ่งเป็นการประมาณแบบมาตราส่วน 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Preserthlap and Krukposana, 2015) จำนวน 20 ข้อ โดยแยกเป็นเจตคติทางบวกจำนวน 10 ข้อและเจตคติทางลบจำนวน 10 ข้อ และสัมภาษณ์ผู้เรียนโดยใช้คำถามปลายเปิด

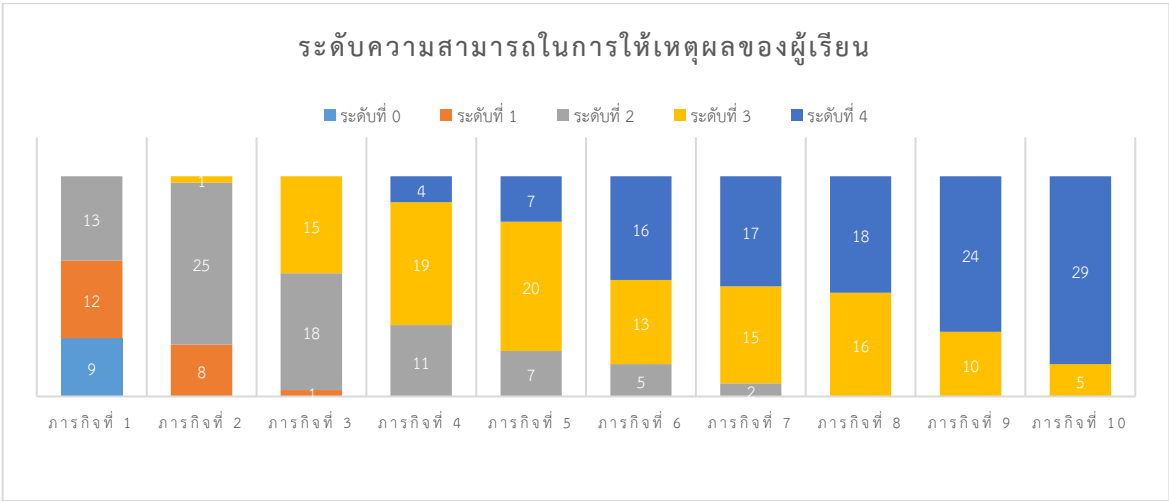
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้สะท้อนผลของการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบประเมินพฤติกรรมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และ แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียน และการสัมภาษณ์ผู้เรียนโดยใช้คำถามปลายเปิด โดยแบ่งเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

คณะผู้วิจัยทำการศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยใช้แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้ของผู้เรียนจำนวน 34 คน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียน (n=34)

จากภาพที่ 1 ผลการประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียนจำนวน 34 คน โดยการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการเรียนรู้ 10 นวัตกรรม ดังตารางที่ 1 โดยแบ่งระดับพฤติกรรมออกเป็น 5 ระดับ ดังตารางที่ 2 โดยพบว่า นวัตกรรมที่ 1 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 0 จำนวน 9 คน ระดับที่ 1 จำนวน 12 คน และระดับที่ 2 จำนวน 13 คน นวัตกรรมที่ 2 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 1 จำนวน 8 คน ระดับที่ 2 จำนวน 25 คนและระดับที่ 3 จำนวน 1 คน นวัตกรรมที่ 3 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 1 จำนวน 1 คน ระดับที่ 2 จำนวน 18 คนและระดับที่ 3 จำนวน 15 คน นวัตกรรมที่ 4 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 2 จำนวน 11 คน ระดับที่ 3 จำนวน 19 คนและระดับที่ 4 จำนวน 4 คน นวัตกรรมที่ 5 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 2 จำนวน 7 คน ระดับที่ 3 จำนวน 20 คนและระดับที่ 4 จำนวน 7 คน นวัตกรรมที่ 6 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 2 จำนวน 5 คน ระดับที่ 3 จำนวน 13 คนและระดับที่ 4 จำนวน 16 คน นวัตกรรมที่ 7 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรมระดับที่ 2 จำนวน 2 คน ระดับที่ 3 จำนวน 15 คนและระดับที่ 4 จำนวน 17 คน นวัตกรรมที่ 8 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรม ระดับที่ 3 จำนวน 16 คนและระดับที่ 4 จำนวน 18 คน นวัตกรรมที่ 9 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรม ระดับที่ 3 จำนวน 10 คนและระดับที่ 4 จำนวน 24 คน นวัตกรรมที่ 10 จำนวนผู้เรียนที่มีระดับพฤติกรรม ระดับที่ 3 จำนวน 5 คนและระดับที่ 4 จำนวน 29 คน ซึ่งจะเห็นว่า ผู้เรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการใช้เหตุผล ทั้งเชิงวิเคราะห์ การตีความ และการให้เหตุผลเชิงสรุปที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
คณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ 30 คะแนน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบคู่ขนาน โดยใช้ทดสอบก่อนและหลังเรียน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนและหลังการได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล

คะแนน	N	Means	Std Dev	Mean Difference	T	P
หลังเรียน	34	20.59	2.59	4.91	9.3035	0.0000*
ก่อนเรียน		15.68	3.55			

* p < 0.01

จากตารางที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียนจำนวน 34 คน ระหว่างก่อนและหลังการได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย การใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ($\bar{X}$ = 20.59, SD = 2.59) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 15.68, SD = 3.55) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (t = 9.3035, p < .01) โดยมีค่าความแตกต่างเฉลี่ยเท่ากับ 4.91 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย GeoGebra Classroom ในรูปแบบการเรียนรู้แบบดิจิทัลมีประสิทธิผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 3 การศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล

คณะผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล โดยใช้แบบวัดเจตคติจำนวน 20 ข้อ โดยแยกเป็นเจตคติทางบวกจำนวน 10 ข้อและเจตคติทางลบจำนวน 10 ข้อ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล

รายการ		$\bar{X}$	SD	ผลระดับเจตคติ
เจตคติเชิงบวก (Positive Attitude: 10 ข้อ)				
1	การใช้ GeoGebra ทำให้ฉันสามารถอธิบายวิธีแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ชัดเจนขึ้น	4.16	0.57	เห็นด้วย
2	GeoGebra ช่วยให้เห็นเหตุผลและความสัมพันธ์ของกฎทางเรขาคณิตได้ง่ายขึ้น	3.97	0.64	เห็นด้วย
3	ฉันเข้าใจบทเรียนเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตมากขึ้นเมื่อใช้ GeoGebra	4.06	0.66	เห็นด้วย
4	ภาพและการเคลื่อนไหวใน GeoGebra ทำให้ฉันเรียนคณิตศาสตร์อย่างสนุกสนาน	4.28	0.51	เห็นด้วย
5	GeoGebra ช่วยฉันกล้าที่จะทดลองและค้นหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง	4.16	0.57	เห็นด้วย
6	ฉันสามารถใช้ GeoGebra ในการตรวจสอบคำตอบหรือเหตุผลของตนเองได้	4.13	0.70	เห็นด้วย
7	การเรียนรู้ด้วย GeoGebra ทำให้ฉันอยากศึกษาเรื่องคณิตศาสตร์เพิ่มเติมนอกห้องเรียน	4.06	0.61	เห็นด้วย
8	GeoGebra ช่วยฉันสื่อสารและอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ๆ ได้ดีขึ้น	4.25	0.56	เห็นด้วย
9	การเรียนรู้ด้วย GeoGebra ทำให้ฉันรู้สึกมั่นใจในความสามารถทางคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.09	0.63	เห็นด้วย
10	ฉันอยากให้ครูใช้ GeoGebra ในการสอนบทเรียนคณิตศาสตร์อื่น ๆ ต่อไป	4.16	0.67	เห็นด้วย
โดยรวม		4.13	0.61	เห็นด้วย
เจตคติเชิงลบ (Negative Attitude: 10 ข้อ)				
1	การใช้ GeoGebra ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ซับซ้อนเกินไป	1.63	0.48	ไม่เห็นด้วย
2	ฉันรู้สึกสับสนเมื่อต้องเรียนเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตด้วย GeoGebra	1.63	0.54	ไม่เห็นด้วย
3	GeoGebra ไม่ได้ช่วยให้ฉันเข้าใจบทเรียนได้ดีกว่าการเรียนรู้แบบเดิม	1.41	0.49	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	ฉันเสียเวลาไปกับการเรียนรู้การใช้โปรแกรมมากกว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์	1.59	0.49	ไม่เห็นด้วย
5	การใช้ GeoGebra ทำให้ฉันไม่สามารถใช้เหตุผลได้ดีกว่าปกติ	1.50	0.56	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

รายการ		$\bar{X}$	SD	ผลระดับเจตคติ
6	ฉันไม่สามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองโดยใช้ GeoGebra ได้	1.44	0.50	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
7	GeoGebra ทำให้ฉันเบื่อหน่ายกับการเรียนคณิตศาสตร์	1.56	0.50	ไม่เห็นด้วย
8	การใช้ GeoGebra ไม่ได้ช่วยเพิ่มความมั่นใจในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์	1.56	0.50	ไม่เห็นด้วย
9	ฉันไม่อยากให้ครูนำ GeoGebra มาใช้ในการสอนอีก	1.44	0.56	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
10	ฉันคิดว่าการเรียนด้วย GeoGebra เป็นเรื่องยากและไม่คุ้มค่าเวลา	1.63	0.54	ไม่เห็นด้วย
โดยรวม		1.54	0.52	ไม่เห็นด้วย

จากตารางที่ 5 พบว่า ผลการวิเคราะห์เจตคติเชิงบวกของผู้เรียนที่มีต่อการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}$ =4.13, SD= 0.61) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ภาพและการเคลื่อนไหวใน GeoGebra ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนคณิตศาสตร์อย่างสนุกสนาน ($\bar{X}$ =4.28, SD= 0.51) และช่วยให้ผู้เรียนสื่อสารและอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับเพื่อน ๆ ได้ดีขึ้น ($\bar{X}$ =4.25, SD= 0.56) ในขณะเดียวกัน เจตคติเชิงลบมีค่าเฉลี่ยต่ำ โดยรวมอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ($\bar{X}$ =1.54, SD= 0.52) นั่นคือผู้เรียนไม่เห็นว่าการใช้ GeoGebra ทำให้เกิดความซับซ้อน สับสน หรือเสียเวลาเกินความจำเป็นในการเรียนรู้

ตอนที่ 4 ผลศึกษาผลการสัมภาษณ์ผู้เรียน

ในขั้นตอนนี้ คณะผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ผู้เรียนจำนวน 6 คนเป็นชาย 2 คน ได้แก่ นายและภูมิ หญิง 4 คน ได้แก่ ฟ้า, กนก, แพรและอ้อ ซึ่งเป็นนามสมมุติ โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านสัมภาษณ์หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้คำถามแบบเปิด ซึ่งในการนำเสนอตามลำดับคำถามของการวิจัยดังนี้

1. การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนหรือไม่

ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาจากการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านการใช้โทรศัพท์มือถือช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเวลา ช่วยพัฒนาการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ทักษะการใช้เทคโนโลยีและทักษะการตอบคำถามโดยใช้เหตุผล โดยยกตัวอย่างคำตอบของ ภูมิ กนกและอ้อ

- ภูมิ : “ผมใช้คำตอบจากการใช้เครื่องมือการแปลง การวัดใน GeoGebra ไปตอบคำถามครูและสอนเพื่อน”
- กนก : “GeoGebra ช่วยให้หนูเห็นความเชื่อมโยงคณิตศาสตร์ชัดเจนขึ้นกับภาพจริง ทำให้เข้าใจได้ชัดเจนขึ้น”
- อ้อ : “เข้าใจมากขึ้นจากที่เรียนแบบปกติมาเรียนในโทรศัพท์รู้สึกดีมากๆ”

2. GeoGebra Classroom กับการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หรือไม่

ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ว่าศักยภาพสูงในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ผ่านการเสริมสร้างเจตคติที่ดีและความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหา ทั้งยังสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก (active learning) โดยยกตัวอย่างคำตอบของ แพรและนาย

- แพร : “หนูคิดว่าการใช้ GeoGebra จะช่วยให้หนูทำวิชาคณิตได้ง่ายขึ้นและจำได้ค่ะแล้วก็ชอบในวิชาคณิตมากขึ้นจากที่ไม่ชอบเลย”
- นาย : “GeoGebraใช้ให้เข้าใจมาก ๆ เนื่องจากได้เห็นรูปทรงต่าง ๆ และการหมุนดั่งเรขาคณิตการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต”

3. เจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom กับการเรียนรู้แบบดิจิทัลของผู้เรียนหลังการเรียนรู้เป็นอย่างไร

ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom กับการเรียนรู้แบบดิจิทัล GeoGebra Classroom ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น แต่ยังมีผลในการปรับเปลี่ยนทัศนคติจากเชิงลบเป็นเชิงบวกต่อวิชาคณิตศาสตร์ และช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนที่สนุกสนาน ลดความกดดัน และทำให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการสร้างทัศนคติที่ดีและการมีส่วนร่วมเชิงรุกในกระบวนการเรียนรู้ โดยยกตัวอย่างคำตอบของ ฟ้า อ้อและแพร

- ฟ้า : “หนูคิดว่าการใช้ GeoGebra จะช่วยให้หนูทำวิชาคณิตได้ง่ายขึ้นและจำได้ค่ะแล้วก็ชอบในวิชาคณิตมากขึ้นจากที่ไม่ชอบเลย”

อ้อ : “หลังจากใช้ GeoGebra หนูเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้นและจำได้ดีกว่าเดิม”

แพร : “รู้สึกว่าการใช้ GeoGebra เป็นผลต่อการเรียนและมีความสุขสนุกไปกับมันค่ะ”

อภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล การส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 คณะผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

1. การศึกษาระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล มีส่วนช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการคิด วิเคราะห์ และสร้างข้อสรุปทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น เนื่องจากการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองผ่านการโต้ตอบกับสื่อดิจิทัลอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการให้เหตุผลเชิงตรรกะ การตั้งสมมติฐาน การตรวจสอบ และการสรุปผล ซึ่งเป็นสาระสำคัญของการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (constructivist learning) ทั้งนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Yerizon *et al.* (2023) พบว่า GeoGebra ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคุณสมบัติของสมการเชิงเส้นและความสัมพันธ์ระหว่างเส้นขนานและเส้นตั้งฉากได้ชัดเจนขึ้น ผ่านการสำรวจ การทดลอง และการพิสูจน์เชิงภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และยังช่วยในการการเรียนรู้เชิงสังคม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสังคมของ Bandura ที่ระบุว่าผู้เรียนสามารถพัฒนาเหตุผลผ่านการสังเกต การเลียนแบบ และการสะท้อนคิด และสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Negara *et al.* (2022) พบว่า ผู้เรียนที่เรียนรู้ด้วย GeoGebra ร่วมกับแนวทาง Social Cognitive Learning มีการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนรู้ด้วยปัญหาเป็นฐาน (PBL) แสดงให้เห็นว่า GeoGebra ช่วยเป็นสื่อกลางทางปัญญา (cognitive scaffold) ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ การสร้างข้อสรุป และการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ และงานวิจัยของ Silalahi, Siagian and Mukhtar (2024) ยังยืนยันว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Learning) ที่บูรณาการ GeoGebra สามารถยกระดับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ PISA 2022 ที่มุ่งเน้นให้การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เป็นกระบวนการหลักในการแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

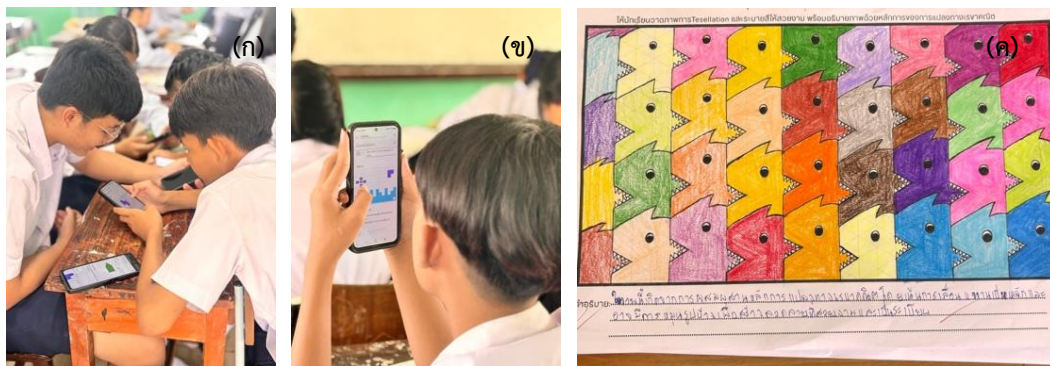
ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เนื่องจากการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้งด้านความเข้าใจเชิงแนวคิดและความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้เชิงลึกและการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zagoto *et al.* (2025) พบว่า การใช้ GeoGebra ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการรับรู้ (cognitive participation) และแรงจูงใจของผู้เรียน โดยมีค่าร้อยละประสิทธิภาพเฉลี่ยสูงถึง 82% อยู่ในระดับมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่า GeoGebra ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดนามธรรมของฟังก์ชันและการแปลงเรขาคณิตได้ชัดเจนผ่านการมองเห็นเชิงภาพและการทดลองแบบโต้ตอบและการเรียนรู้ด้วย GeoGebra ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจและทดลองการแปลงทางเรขาคณิต เช่น การเลื่อน การสะท้อน การหมุน และการขยาย ผ่านการลากจุดและปรับค่าพารามิเตอร์ ทำให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสอดคล้องกับ Silalahi, Siagian and Mukhtar (2024) พบว่า การใช้ GeoGebra ในการเรียนรู้แบบ Inquiry ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหา การใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูงเช่นกัน และงานวิจัยของ Negara *et al.* (2022) พบว่า ผู้เรียนในกลุ่มที่ได้รับการสอนด้วย GeoGebra-SCL มีคะแนนการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่ม GeoGebra-PBL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของการใช้ GeoGebra ในการเสริมสร้างการเข้าใจเชิงแนวคิด (conceptual understanding) และการเชื่อมโยงระหว่างภาพเชิงเรขาคณิตกับสมการเชิงพีชคณิต

3. การศึกษาเจตคติของผู้เรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล

ผลการวิจัยด้านเจตคติของผู้เรียนสะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนมีเจตคติเชิงบวกในระดับสูง ($M = 4.13$, $SD = 0.61$) โดยเฉพาะในด้านความสนใจ ความมั่นใจ และความพึงพอใจในการเรียนรู้ เนื่องจากการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดการเรียนรู้แบบดิจิทัล ช่วยสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมาย สนุก และมีปฏิสัมพันธ์สูง ทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดี

ต่อคณิตศาสตร์ กล่าวตั้งคำถาม กล่าวแสดงความคิดเห็น และพร้อมเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สอดคล้องกับข้อค้นพบของ Zagoto *et al.* (2025) พบว่าการใช้ GeoGebra ช่วยกระตุ้นความกระตือรือร้น ความอยากรู้อยากเห็น และความสนุกในการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมเชิงอารมณ์ (affective engagement) ในระดับสูง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสร้างแรงจูงใจภายใน (intrinsic motivation) และความยั่งยืนในการเรียนรู้ นอกจากนี้ Sari, Sumarmo and Supriatna (2025) และ Narpila *et al.* (2025) ได้ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความเชื่อมั่นในตนเอง (self-efficacy) และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนที่มี self-efficacy สูงมักมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาและมีทัศนคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ การเรียนรู้ผ่าน GeoGebra Classroom ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสำรวจ ทดลอง และได้รับผลย้อนกลับแบบทันทีช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นและเจตคติในเชิงบวกต่อการเรียนรู้และงานวิจัยของ Awaji, Khalil and AL-Zahrani (2025) ยังพบว่า การเรียนรู้ด้วยตนเอง การให้เหตุผลทาง การแก้ปัญหา และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เป็นแนวโน้มการวิจัยร่วมสมัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ GeoGebra ในช่วงปี 2020–2023 สะท้อนให้เห็นว่าการส่งเสริมเจตคติและความเชื่อมั่นของผู้เรียนเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาแนวทางการสอนคณิตศาสตร์ในยุคดิจิทัล

จากผลการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่คณะผู้วิจัยได้ศึกษาในหลายประเด็น ได้แก่ GeoGebra มีศักยภาพในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการสร้างเจตคติเชิงบวก แต่ในขณะเดียวกันก็มีจุดเด่นที่แตกต่าง คือ การบูรณาการ GeoGebra Classroom ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเพื่อน และครูมากขึ้น ส่งผลต่อทักษะการคิดสร้างสรรค์ในเชิงความรู้และอารมณ์อย่างรอบด้าน พร้อมทั้งส่งเสริมศักยภาพของการจัดการเรียนรู้ดิจิทัลที่สอดคล้องกับสมรรถนะตาม PISA framework ในศตวรรษที่ 21 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 (ก) ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับเพื่อน (ข) การใช้เทคโนโลยีในการเรียนรู้ (ค) ผลงานของผู้เรียน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการใช้ GeoGebra Classroom ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบดิจิทัล การส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ เรื่องการแปลงทางเรขาคณิต สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีผลดังต่อไปนี้

1. การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยจากผลการประเมินระดับความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียนจำนวน 34 คน พบว่าหลังจากผู้เรียนทำนวัตกรรม 1-10 ความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียนมีการเพิ่มขึ้น เมื่อสังเกตจากการประเมินในนวัตกรรมที่ 10 พบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ในทุกด้าน โดยสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างชัดเจน สร้างข้อคาดการณ์และสรุปเป็นกฎเกณฑ์ทั่วไปในรูปแบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง รวมถึงอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบของตนโดยใช้หลักการหรือทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

2. การใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัลช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. เจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัลของผู้เรียนหลังการเรียนรู้ พบว่าเจตคติเชิงบวกของผู้เรียนโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.13$, $SD= 0.61$) และ เจตคติเชิงลบของผู้เรียนโดยรวมอยู่ในระดับไม่เห็นด้วย ($\bar{X}=1.54$, $SD= 0.52$)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าการใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ส่งผลทางบวกต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนพร้อมทั้งมีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยยังพบปัญหาในระหว่างการทำกรวิจัยจากกลุ่มเป้าหมายซึ่งเป็นผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งยังไม่เคยใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้ผ่านทางสมาร์ทโฟนมาก่อนจึงทำให้เวลาการสอนไม่เพียงพอต่อการจัดกิจกรรมดังนั้นครูสามารถทำวิดีโอการสอนให้ผู้เรียนได้ศึกษาและทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่จำเป็นก่อนที่จะเรียนในชั้นเรียน และเมื่อเข้าชั้นเรียนแล้ว ครูมีความจำเป็นในการสำรวจหาผู้เรียนที่ยังไม่สามารถใช้เครื่องมือได้และต้องให้คำแนะนำกับผู้เรียน

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ครูควรมีความรู้เบื้องต้นในการใช้งาน GeoGebra Classroom เพื่อใช้ในการออกแบบกิจกรรมและควรใช้สถานการณ์ในบริบทจริงที่ไม่ซับซ้อนและเหมาะสมกับซึ่งในการออกแบบต้องเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากการสำรวจ ตรวจสอบและค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองผ่านนวัตกรรมที่ครูออกแบบไว้โดยใช้ GeoGebra Classroom และครูควรมีการจัดบรรยากาศในชั้นเรียนให้มีการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เพื่อที่จะได้มาร่วมกันวิพากษ์และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผล

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งถัดไป

ผู้ที่สนใจในการทำวิจัยครั้งถัดไปสามารถใช้ GeoGebra Classroom ในการเรียนรู้แบบดิจิทัล ร่วมการเทคนิคการสอน วิธีการสอน หรือรูปแบบการสอนอื่น เพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ผู้เรียน ได้แก่ การแก้ปัญหา การสื่อความหมาย การเชื่อมโยง การให้เหตุผลและการพิสูจน์และความคิดสร้างสรรค์ ทักษะเหล่านี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะครู ผู้บริหาร และคณาจารย์ที่สนับสนุนกำลังใจและสร้างแรงบันดาลใจ และผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายพร้อมทั้งผู้ปกครองที่ให้ความร่วมมือในการทำกรวิจัยในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในสิทธิส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและหลักความยุติธรรม

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ ในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นไปในระดับสนับสนุนทางเทคนิคและการเขียนต้นฉบับ เช่น ปรับปรุงความชัดเจน ความถูกต้อง และความเป็นทางการของภาษาในบทความเท่านั้น ซึ่งในส่วนของความถูกต้องของข้อมูล ผลการวิเคราะห์ การตีความ และข้อสรุปทั้งหมดในบทความนี้เป็นการตัดสินใจและอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบโดยตรงของผู้เขียน เพื่อรักษามาตรฐานทางวิชาการและจริยธรรมการวิจัยอย่างเคร่งครัด

References

- Alkouri, Z. and Wardat, Y. (2025). Digital integration in preschool math: Assessing the efficacy of a structured curriculum in classroom settings. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 20(4), em0845.
- Awaji, B. M., Khalil, I. and AL-Zahrani, A. (2025). A Bibliometrics Study of Two Decades of Geogebra Research in Mathematics Education. *Journal of Educational and Social Research*, 15(1), 130-150.
- Barnes, Y. (2015). Action research in education. *Educational Action Research*, 23(2), 306–307.
- Bragg, L. A. and Herbert, S. (2018). What Can Be Learned from Teachers Assessing Mathematical Reasoning: A Case Study. *Proceedings of the 41st Annual Conference of The Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp.178-185). Auckland: Massey University.

- Buason, R. (2013). **Mixed Method Research and Evaluation** (in Thai). 2nd ed. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Butngam, T., Sangsavang, J., Ar-rom, k. and Makmee, S. (2023). Adaptive Behaviors Towards the New Normal after Covid-19 Pandemic of People in Buriram Province (in Thai). **Journal of Boromarajonani College of Nursing, Surin**, 13(1), 1–12.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. **Colorado Springs, Co: BSCS**, 5(88-98).
- Hohenwarter, M. and Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. In **Computer algebra systems and dynamic geometry systems in mathematics teaching conference** (pp. 1-6). Salzburg: University of Salzburg.
- Horzum, T. and Ünlü, M. (2017). Pre-Service Mathematics Teachers' Views about GeoGebra and Its Use. **Acta Didactica Napocensia**, 10(3), 77-90.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). **The action research planner**. Deakin University Press.
- Lotey, E. K., Boateng, F. O., Arthur, Y. D., Adu-Obeng, B. and Gordon, J. F. (2025). Exploring GeoGebra acceptance: an implication for pre-service mathematics teachers' professional development. **Cogent Education**, 12(1), 2514980.
- Narpila, S. D., Tarwiyah, T., Purba, O. N., Purba, A. and Lestari, I. (2025). A systematic literature review: Self-efficacy toward mathematical reasoning ability. **Absis Journal**, 8(2), 291–299.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). **Principles and standards for school mathematics**. Reston, VA: Author.
- Negara, H. R. P., Wahyudin, E., Nurlaelah, E. and Herman, T. (2022). Improving students' mathematical reasoning abilities through social cognitive learning using GeoGebra. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, 17(18), 118–132.
- Nguyen, L. T., Kanjug, I., Lowatcharin, G., Manakul, T., Poonpon, K., Sarakorn, W. and Tuamsuk, K. (2023). Digital learning ecosystem for classroom teaching in Thailand high schools. **Sage Open**, 13(1), 21582440231158303.
- Oregon Department of Education (ODE). (2023). Digital Learning Instructional Design and Pedagogical Considerations. Oregon.gov. Retrieved 5 April 2025 from **Oregon Department of Education**: <https://www.oregon.gov/ode/educator-resources/teachingcontent/Documents/Digital%20Learning%resources/teachingcontent/Documents/Digital%20Learning%20Instructional%20Design%20and%20Pedagogical%20Considerations.pdf>
- Phoodee, W. (2020). Mathematics instruction in digital age: Methods and tools (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(2), 190-199.
- Phoodee, W. (2023). Effects of student self-assessment and using GeoGebra™ on students' achievements and self-directed learning in mathematics lessons in a junior high classroom. **Southeast Asian Mathematics Education Journal**, 13(2), 141-160.
- Phoodee, W. (2025). Digital Learning: GeoGebra Digital Tools for Mathematics Education (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 8(1), 180–189.
- Preserthlap, M. and Krukousana, K. (2015). Reliability Comparison of Likert Attitude Test with Different Scales. **Silpakorn Educational Research Journal**, 7(2), 249-258.
- Sari, L. M., Sumarmo, U. and Supriatna, T. (2025). The relationship between mathematical reasoning ability and self-efficacy on junior high school students. **Journal of Innovative Mathematics Learning**, 8(3), 306–314.

- Shute, V. J., Sun, C. and Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. **Educational research review**, 22, 142-158.
- Silalahi, J. P., Siagian, P. and Mukhtar, M. (2024). Development of learning media based on GeoGebra-assisted inquiry learning models to improve students' mathematical reasoning abilities. **Numerical: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika**, 8(1), 461–474.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (2023). Press conference announcing the results of the PISA 2022 assessment. Retrieved 3 April 2025 from **PISA Thailand**: <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/>
- Yerizon, A., Arnellis, F., Tasman, W. and Widjaja, W. (2023). Enhancing junior high school students' reasoning of linear equations using GeoGebra software. **International Journal of Interactive Mobile Technologies**, 17(18), 16–32.
- Yohannes, A. and Chen, H. L. (2023). GeoGebra in mathematics education: a systematic review of journal articles published from 2010 to 2020. **Interactive Learning Environments**, 31(9), 5682-5697.
- Yunianto, W., Galiç, S. and Lavicza, Z. (2024). Exploring Computational Thinking in Mathematics Education: Integrating ChatGPT with GeoGebra for Enhanced Learning Experiences. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, 12(6), 1451-1470.
- Zagoto, M. M., Musdi, E., Arnawa, I., Fauzan, A., Bentri, A. and Dakhi, O. (2025). Effectiveness of Geogebra-Based Learning on Students' Cognitive and Affective Participation in Mathematics. **Salud, Ciencia y Tecnología**, 5.
- Zengin, Y. and Tatar, E. (2017). Integrating dynamic mathematics software into cooperative learning environments in mathematics. **Journal of Educational Technology & Society**, 20(2), 74-88.