

ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา

Critical Thinking Skills through Online Learning in

Problem-solving Classroom

ณรงค์ศักดิ์ แสงป้อม (Narongsak Sangpom)* วาสุกรี แสงป้อม (Wasukree Sangpom)^{1**}

(Received: January 12, 2025; Revised: April 29, 2025; Accepted: May 1, 2025)

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงคุณภาพนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจำนวน 16 คน ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบบันทึกภาคสนาม แบบสัมภาษณ์ แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้และแบบประเมินทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ เน้นการวิเคราะห์เนื้อหาและการบรรยายเชิงวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงเป้าหมายการเรียนรู้ในระดับความเข้าใจและวิเคราะห์ในขั้นนำเสนอปัญหา แต่ไม่พบในระดับการประยุกต์ใช้ ขั้นการแก้ปัญหาด้วยตนเองผู้เรียนใช้วิธีการหลากหลายโดยใช้ความรู้พื้นฐานและ GeoGebra ขั้นการอภิปรายให้เหตุผลเน้นการใช้คำถามกระตุ้น และขั้นการสรุปเชื่อมโยงแนวคิดด้วย GeoGebra การประเมินทักษะการคิดเชิงวิพากษ์อยู่ในระดับดี การศึกษาในอนาคตควรมุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรมที่ท้าทายการประยุกต์ใช้จริง สํารวจปัจจัยปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ในทุกระดับ และขยายขอบเขตการศึกษาไปยังเนื้อหา สาขาวิชา และระดับชั้นปีอื่นเพื่อสร้างแนวทางการสอนออนไลน์ด้วย GeoGebra ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการคิดขั้นสูงอย่างรอบด้าน

ABSTRACT

This qualitative research aimed to develop critical thinking skills in 16 electrical engineering students through online learning using GeoGebra in a problem-based learning classroom. Data collection instruments included learning management plans, field notes, interview protocols, learning reflection forms and critical thinking skills assessment. Data analysis focused on content analysis and analytical descriptions. The research findings indicated that the majority of learners demonstrated learning objectives at the comprehension and analysis levels during the problem presentation phase. However, these levels were not observed in the application phase. In the self-directed problem-solving phase, learners employed diverse methods utilizing their foundational knowledge and GeoGebra. The reasoning discussion phase emphasized the use of probing questions, and the concept summarization and connection phase utilized GeoGebra. The overall assessment

¹Corresponding author: wasukree.s@rmutsb.ac.th

*อาจารย์ หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

Lecturer, Bachelor of Science in Industrial Education, Program in Computer Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi campus.

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

Assistant Professor, Bachelor of Science Program in Computational Science, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Suphanburi campus.

of critical thinking skills was at a good level. Future studies should focus on designing activities that challenge real-world application, exploring interaction factors influencing the development of critical thinking skills at all levels, and expanding the scope of the study to other content areas, disciplines, and academic years. This would contribute to establishing effective online teaching guidelines using GeoGebra for the comprehensive development of advanced thinking skills.

คำสำคัญ: ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ การเรียนรู้แบบออนไลน์ โปรแกรม GeoGebra

Keywords: Critical thinking skills, Online learning, GeoGebra's program

บทนำ

ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking Skills) เป็นทักษะสำคัญที่มีบทบาทต่อการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนในระบบการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่มีความซับซ้อนของข้อมูล ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และความท้าทายทางสังคมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว [1-2] อีกทั้งช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูล สร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผล และตัดสินใจได้อย่างรอบคอบในสถานการณ์ต่าง ๆ ในบริบทของระบบการศึกษา ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ไม่ได้มีความสำคัญเฉพาะในการพัฒนาการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญของการแก้ปัญหา การสร้างนวัตกรรม และการทำงานร่วมกันในทีม [3] นอกจากนี้ การส่งเสริมทักษะนี้ในกระบวนการเรียนการสอนยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวในโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิต [4] จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การบูรณาการทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในระบบการศึกษา มีผลโดยตรงต่อการพัฒนาความคิดเชิงวิเคราะห์และความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน [5] ความท้าทายที่สำคัญต่อระบบการศึกษาคือการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนและการประเมินผลที่สามารถสนับสนุนการพัฒนาทักษะนี้ได้อย่างยั่งยืน [6] ดังนั้น การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในระบบการศึกษาจึงเป็นประเด็นที่สำคัญจำเป็นต่อการพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนและยกระดับมาตรฐานการศึกษาในระดับสากล

ในยุคดิจิทัลเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญต่อการศึกษา การเรียนรู้แบบออนไลน์ (Online Learning) จึงเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สำคัญสำหรับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีเหตุผล ตัดสินใจอย่างชาญฉลาด และแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย มีลักษณะยืดหยุ่นและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ตามศักยภาพของตนเอง [7-9] ทำให้การเรียนรู้แบบออนไลน์ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์มีความสำคัญอย่างยิ่งในยุคปัจจุบัน เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนพร้อมรับมือกับความเปลี่ยนแปลงและความท้าทายที่เกิดขึ้นในสังคมดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน รวมทั้งส่งเสริมกระบวนการคิดที่ซับซ้อนผ่านการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ โดยเน้นการใช้ คำถามที่กระตุ้นการคิด [10] ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการอภิปรายในสภาพแวดล้อมออนไลน์ ผ่านการตั้งคำถามที่สามารถสะท้อนและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีเหตุผล

การคิดเชิงวิพากษ์เป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาควรพัฒนา เนื่องจากเป็นพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อน การตัดสินใจที่มีเหตุผล และการมีส่วนร่วมในสังคมที่เต็มไปด้วยข้อมูลหลากหลายมิติ [3] ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ การตีความ การประเมินผล การสรุปข้อเท็จจริง และการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้สำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมในการเผชิญกับความท้าทายทั้งในชีวิตส่วนตัวและการทำงาน [11] จากการศึกษากรอบการพัฒนาหลักสูตรระดับอุดมศึกษาทั่วโลก ได้แก่ Framework for Higher Education Qualifications (FHEQ) ของสหราชอาณาจักร และ American Association of Colleges and

Universities (AAC&U) ของสหรัฐอเมริกา การคิดเชิงวิพากษ์ถูกบูรณาการในวิชาแกนกลางและวิชาเฉพาะทางเพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดอย่างมีเหตุผลและการตัดสินใจที่ยั่งยืน [12] เนื่องจากการสอนแบบดั้งเดิมที่มุ่งเน้นการถ่ายทอดข้อมูลมากกว่าการวิเคราะห์ การขาดเครื่องมือประเมินที่เหมาะสมในบริบทของชั้นเรียน [13] ดังนั้น การบูรณาการเทคโนโลยีและกลยุทธ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น การใช้ Discussion Boards หรือการเรียนรู้แบบออนไลน์ จึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ [14] การปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอนให้เหมาะสม การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในระดับอุดมศึกษาจึงไม่เพียงแต่เป็นเป้าหมายทางการศึกษาที่สำคัญ แต่ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยเตรียมผู้เรียนให้พร้อมสำหรับการเป็นพลเมืองที่มีความรับผิดชอบและมีบทบาทสำคัญในสังคม

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีสารสนเทศในยุคปัจจุบันได้ส่งผลให้การเรียนรู้แบบออนไลน์กลายเป็นแนวทางสำคัญในการจัดการศึกษา โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเทคโนโลยีมีบทบาทในการช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นแนวคิดที่ซับซ้อนในลักษณะที่เข้าใจง่ายขึ้น โปรแกรม GeoGebra ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่รวมเอาคณิตศาสตร์ในรูปแบบของเรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส และการแสดงผลแบบพลวัตเข้าด้วยกัน ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางว่าเป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบเชิงรุกและการแก้ปัญหา [15] การเรียนรู้แบบออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรม GeoGebra มีจุดเด่นในการช่วยให้ผู้เรียนสามารถสำรวจและทดลองแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ โปรแกรมยังสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านการสร้างภาพเชิงโต้ตอบที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในเนื้อหาและแนวคิดที่ซับซ้อน [16] ได้แก่ การใช้ GeoGebra ในการสอนเรขาคณิตช่วยให้ผู้เรียนสามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตและสมการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ในบริบทของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ [17] การประยุกต์ใช้ GeoGebra ในการเรียนรู้แบบออนไลน์มีความท้าทาย ได้แก่ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เรียน [18] ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ GeoGebra ในการเรียนรู้แบบออนไลน์จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับยุคดิจิทัล รวมถึงเสนอแนวทางการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหาในบริบทของคณิตศาสตร์ยุคใหม่

ชั้นเรียนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งทางด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการเรียนรู้ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียนควบคู่ไปพร้อม ๆ กันเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้อย่างมีความหมาย [19] ผู้สอนสามารถเข้าถึงการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละบุคคลโดยการค้นหาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการคิดของผู้เรียน [20] เน้นให้ผู้เรียนแก้ปัญหาและเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยตนเองอย่างมีความหมาย ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา 2. ขั้นการเรียนรู้ของผู้เรียน 3. ขั้นการอภิปรายและเปรียบเทียบร่วมกันทั้งชั้นเรียน และ 4. ขั้นการสรุปโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นของผู้เรียน [21] จากการศึกษาและการปฏิบัติในชั้นเรียน ผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายมีความรู้พื้นฐานเวกเตอร์และปริภูมิสามมิติ มีทักษะแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เบื้องต้นให้เหตุผลเชิงตรรกะ และมีความอยากรู้อยากเห็น อีกทั้งคุ้นเคยเทคโนโลยีโดยเฉพาะ GeoGebra ระดับหนึ่ง สามารถสร้างข้อโต้แย้ง สะท้อนการคิด เปิดใจรับฟัง ปรับปรุง มีแรงจูงใจในการพัฒนาพร้อมมีส่วนร่วม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความสำคัญดังกล่าว ได้พยายามนำแนวทางการเรียนรู้นี้มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบริบทของชั้นเรียนในปัจจุบัน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาอย่างมีความหมายในผู้เรียน การหาแนวทางการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนระดับอุดมศึกษาในบริบทการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา ซึ่งเชื่อมโยงกับความสำคัญของทักษะในศตวรรษที่ 21 ข้อจำกัดของการสอนแบบเดิม ศักยภาพและความท้าทายของเทคโนโลยี และความจำเป็นของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญและการแก้ปัญหอย่างมีความหมาย

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาและเรียนรู้ด้วยตนเองในสภาพแวดล้อมออนไลน์ทั้งหมดต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ เนื่องจากงานวิจัยที่มีอยู่ส่วนใหญ่เน้นการเรียนรู้ออนไลน์แบบผสมผสาน การศึกษาในอนาคตควรมุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรมที่ทำนายและส่งเสริมการนำความรู้ไปใช้ในบริบทใหม่ โดยสำรวจปัจจัยปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน กิจกรรม และโปรแกรม GeoGebra ที่ส่งผลต่อการพัฒนาการคิดเชิงวิพากษ์ในทุกระดับ รวมถึงการศึกษาในเนื้อหา สาขาวิชา และระดับชั้นปีที่แตกต่างกัน เพื่อสร้างแนวทางการสอนออนไลน์ด้วย GeoGebra ที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาการคิดขั้นสูงอย่างรอบด้าน

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี
2. เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นรายวิชาแคลคูลัส 2 รหัสวิชา 401-12-07 หน่วยกิต 3(3-0-6) หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ
3. ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย สัปดาห์ละ 3 คาบ จำนวน 12 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนที่ประกอบด้วยลักษณะการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการวางกรอบความคิดที่ชัดเจนและเรียงลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ ได้แก่

ขั้นที่ 1 การกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ในเชิงพฤติกรรมและพฤติกรรมของผู้เรียนสามารถตั้งคำถามที่มีความหมาย เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตัวเองจากการสืบค้น ผู้สอนตั้งประเด็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้การคิดเชิงวิเคราะห์และค้นคว้าข้อมูลให้คำแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลหรือเครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้า

ขั้นที่ 3 ใช้โปรแกรม GeoGebra เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ผู้สอนเก็บแนวคิดของผู้เรียนตามลำดับความสำคัญเพื่อนำไปสู่เป้าหมายของบทเรียน ความคิดรวบยอดรวบรวมข้อมูลย้อนกลับหลังการปรับปรุง

ขั้นที่ 5 การสะท้อนผลให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดและสิ่งที่เรียนรู้จากงานที่ตนเองทำเกี่ยวกับเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ ผู้เรียนประเมินความถูกต้องของคำตอบหรือแนวทางที่ใช้และผู้สอนประเมินพัฒนาการของผู้เรียนและให้ข้อเสนอแนะ

การเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ดำเนินการผ่านระบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ เรื่อง เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างและโต้ตอบกับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์และกราฟิก

ชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา หมายถึง แนวทางการสอนในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่เน้นการแก้ปัญหตามแนวคิดของไมตรี อินทร์ประสิทธิ์ [22] ประกอบด้วย 4 ขั้น ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของการจัดการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี ได้แก่

ขั้นที่ 1 การนำเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้สอนซ่อนวัตถุประสงค์ไว้ในปัญหาทางคณิตศาสตร์และให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองที่มีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือ

ขั้นที่ 2 การแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นขั้นของการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการแก้ปัญหา ผู้สอนสนับสนุนในการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคน ผู้เรียนต้องพยายามแก้ปัญหาโดยอาศัยแนวคิดของตนเองด้วยวิธีการที่หลากหลาย และผู้สอนรวบรวมวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน

ขั้นที่ 3 การอภิปรายให้เหตุผลและเปรียบเทียบแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนผู้สอนใช้การอภิปรายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์โดยอาศัยแนวคิดของผู้เรียนมาอภิปรายวิธีแก้ปัญหาร่วมกันและเปรียบเทียบวิธีการคิดเพื่อขยายแนวคิดของผู้เรียน

ขั้นที่ 4 การสรุปเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เกิดในชั้นเรียน เพื่อให้ผู้เรียนค้นหารากเหง้าไป กฎสูตรทางคณิตศาสตร์ จากนั้นให้ผู้เรียนบันทึกแนวคิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยภาษาของตนเอง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา

คำถามการวิจัย

การเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนอย่างไร

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 16 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรีที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาแคลคูลัส 2 โดยใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นกลุ่มที่ผู้วิจัยเฝ้าสังเกตวิธีการคิดในรายวิชาแคลคูลัส 1 มาแล้วสามารถวิเคราะห์เครื่องมือที่กลุ่มเป้าหมายจะนำมาใช้แก้ปัญหาได้ มุ่งเน้นการสำรวจประสบการณ์และความหมายของการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาในเชิงลึก ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์ร่วมกันในการเรียนรู้ในบริบทที่กำหนด เข้าใจถึงกระบวนการและประสบการณ์ของผู้เรียนอย่างรอบด้าน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้มีเนื้อหาตามกรอบ มคอ.3 รายวิชาแคลคูลัส 2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ จำนวน 4 แผน ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 บทเรียนเรื่อง ระบบพิกัดฉากในปริภูมิสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 บทเรียนเรื่อง เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 บทเรียนเรื่อง เส้นตรงในปริภูมิสามมิติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 บทเรียนเรื่อง ระนาบในปริภูมิสามมิติ

ประเด็นการอภิปราย ประกอบด้วย เป้าหมายของบทเรียนในกิจกรรม (aim of the lesson) การคาดการณ์แนวคิดของผู้เรียนเป็นข้อมูลแนวคิดของผู้เรียนจากรายวิชาแคลคูลัส 1 ซึ่งเป็นชั้นเรียนก่อนหน้านี การจัดลำดับการนำเสนอ

แนวคิดของผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงทั้งแนวคิดและความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ นำเสนอผู้เชี่ยวชาญพิจารณา และให้ข้อเสนอแนะในการตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาสาระและ กิจกรรมการเรียนรู้ แล้วปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไข แล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญอีกครั้งเพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขเป็นฉบับสมบูรณ์ในการนำไปใช้

2. โปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยใช้โปรแกรมนี้เพื่อการเรียนรู้แบบออนไลน์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาตามแนวคิด [23] และเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รวมไปถึงการสะท้อนผลหลังการเรียนรู้อันของผู้เรียน

3. แบบบันทึกภาคสนาม ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้การสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านการคิดเชิงวิพากษ์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา

4. แบบสัมภาษณ์ เป็นแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Interview)

5. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับผู้วิจัยในการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้หลังจากการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน เพื่อที่ผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดให้เขียนแสดงความคิดเห็น สภาพปัญหา ข้อดี ข้อด้อย ของการจัดการเรียนรู้ แนวทางในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละชั้น กรณีสะท้อนในมุมมองที่เป็นข้อด้อยต้องเสนอแนวทางการแก้ไข บันทึกในส่วนของข้อดีที่ควรคงไว้ในกาปฏิบัติและการพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

6. การประเมินตามสภาพจริง ประเมินจากผลงานหรือกระบวนการแก้ปัญหาที่กำหนด การนำเสนอผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ราย มีเกณฑ์ประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการประเมินทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหา

ระดับ	เกณฑ์การประเมิน
ดีเยี่ยม	ผู้เรียนมีความเข้าใจลึกซึ้งในแนวคิดเวกเตอร์และปริภูมิสามมิติ นำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์งานได้อย่างดีเยี่ยม มีความเชี่ยวชาญในการใช้ GeoGebra นำเสนอผลงานอย่างมีอาชีพ พร้อมกระบวนการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ มีเหตุผล โดยใช้ GeoGebra สืบค้นและทดลองแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ดี	ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเวกเตอร์และปริภูมิสามมิติในระดับที่นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานได้บ้าง แต่มีข้อผิดพลาดหรือความไม่ชัดเจนบางส่วนสามารถใช้เครื่องมือพื้นฐานของโปรแกรม GeoGebra ได้ แต่ขาดความคล่องแคล่วในการใช้เครื่องมือขั้นสูง และมีกระบวนการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่จำกัด
พอใช้	ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ระดับพื้นฐาน สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง แต่ยังขาดความลึกซึ้ง ความแม่นยำ ความสามารถในการใช้เครื่องมือพื้นฐานของโปรแกรม GeoGebra ได้ จำกัด ต้องการความช่วยเหลือในการสร้างสรรค์ผลงานที่ซับซ้อน มีความพยายามในการแก้ปัญหา แต่กระบวนการยังไม่ชัดเจน การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการแก้ปัญหายังไม่มีประสิทธิภาพ
ต้องปรับปรุง	ผู้เรียนมีความเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์น้อยมาก ไม่ถูกต้อง ไม่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยากลำบากในการใช้เครื่องมือพื้นฐานของโปรแกรม GeoGebra ไม่สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นได้ ไม่แสดงให้เห็นถึงกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ไม่สามารถใช้โปรแกรม GeoGebra แก้ปัญหาได้

7. การประเมินตนเองและการสะท้อนคิด (Self-Assessment and Reflection) ผู้เรียนประเมินทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของตนเองและสะท้อนกระบวนการคิดผ่านการสรุปเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน แล้วให้ผู้เรียนบันทึกแนวคิดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยภาษาของตนเอง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมี 2 ระยะดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 การดำเนินการก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยจัดเตรียมห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการฝึกปฏิบัติ สืบค้นและเรียนรู้โปรแกรม GeoGebra เริ่มจากผู้เรียนศึกษาคู่มือการใช้งานเบื้องต้นแล้วดาวน์โหลดโปรแกรม GeoGebra ที่เว็บไซต์ www.geogebra.org

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 เป็นระยะเวลารวม 12 ชั่วโมงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยต่าง ๆ จากนั้นผู้เรียนเขียนสิ่งที่ได้เรียนรู้เรื่อง เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติแล้วนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อไป

ระยะที่ 2 การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการประกอบด้วย 3 ขั้นตอน รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยร่วมกันออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra จากนั้นเสนอแผนการจัดการเรียนรู้ตามประเด็นการอภิปรายให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและดำเนินการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

2. การสังเกตชั้นเรียนร่วมกับการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยดำเนินการตามบทบาทหน้าที่มอบหมาย คือ การไม่เข้าไปแทรกแซงวิธีการคิดของผู้เรียน ผู้สังเกตจะสังเกตและบันทึกทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนในแบบบันทึกภาคสนามตามกรอบแนวคิดที่กำหนด

3. การสะท้อนผลบทเรียนหลังจากการสอน ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัย สะท้อนผลกิจกรรมร่วมกันหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน โดยจะสะท้อนผลเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลและสะท้อนเกี่ยวกับปัญหาและแนวทางการแก้ไขเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

4. การสัมภาษณ์ผู้เรียนกลุ่มเป้าหมายหลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอน และเสร็จสิ้นการสะท้อนผลในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเพื่อเป็นข้อมูลไปร่วมวิเคราะห์กับข้อมูลส่วนอื่น ๆ โดยจะนำวิธีการคิดของผู้เรียนมาประกอบการสัมภาษณ์ ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์ แบบบันทึกภาคสนาม และผลงานของผู้เรียนด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อหาร่องรอยการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้ออนไลน์ด้วย GeoGebra ในชั้นเรียนแก้ปัญหา จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตีความเพื่อระบุข้อสำคัญ เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ และใช้ตัวอย่างประกอบเพื่อสนับสนุนข้อสรุป ความน่าเชื่อถือได้รับการตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่ง วิธีการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าด้านข้อมูล (Data Triangulation) จากการเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบบันทึกภาคสนามกับการสัมภาษณ์ผู้เรียน เปรียบเทียบการแก้ปัญหาของผู้เรียนในช่วงที่ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์ซึ่งเป็นคนละช่วงเวลา

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาจากแผนการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน มีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเสนอปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองโดยพิจารณาจากเป้าหมายของการเรียนรู้ในเชิงพฤติกรรมที่มีผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ความช่วยเหลือ

1.1 เป้าหมายของการเรียนรู้ในเชิงพฤติกรรมเกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ พบว่า ผู้เรียนมีเป้าหมายของการเรียนรู้ที่แสดงออกมา 2 ระดับ จากทั้งหมด 3 ระดับ ได้แก่

1.1.1 ระดับความเข้าใจ (Understanding) ผู้เรียนอธิบายแนวคิดพื้นฐาน อธิบายส่วนประกอบของเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ ตั้งคำถามที่มีความหมายของเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ เช่น ขนาด ทิศทาง การบวก การลบ และการคูณ ได้อย่างถูกต้อง

1.1.2 ระดับการวิเคราะห์ (Analysis) ผู้เรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สองเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ เช่น การคำนวณผลคูณเชิงจุด (dot product) และผลคูณเชิงเวกเตอร์ (cross product)

1.1.3 ระดับการประยุกต์ใช้ (Application) ไม่พบในชั้นเรียนนี้เนื่องจากเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติมีความซับซ้อนในด้านการคำนวณและการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแรง การวิเคราะห์สนามไฟฟ้า หรือการจำลองระบบสามมิติ ผู้เรียนไม่เห็นความสำคัญหรือการประยุกต์ใช้เวกเตอร์ในชีวิตจริง เนื่องจากขาดการเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในวิชาชีพหรือในโลกจริง เช่น การออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งผู้สอนได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงของผู้เรียนมากที่สุดเพื่อให้ผู้เรียนจินตนาการสถานการณ์ปัญหา

1.2 ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตัวเองจากการสืบค้นผู้สอนแนะนำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและเครื่องมือโปรแกรม GeoGebra ได้แก่

1.2.1 <https://www.geogebra.org/3d> เป็นเครื่องมือสำหรับการสร้างเวกเตอร์ การคำนวณขนาดเวกเตอร์ และการแสดงภาพในปริภูมิสามมิติ

1.2.2 <https://www.geogebra.org/tutorials> เป็นแหล่งวิดีโอและคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือ 3D ในการแก้ปัญหาเวกเตอร์

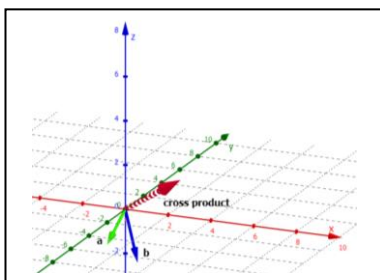
1.2.3 หนังสือและเอกสารออนไลน์ฟรีที่มีหัวข้อเกี่ยวกับเวกเตอร์ใน 3D Space <https://openstax.org/>

1.2.4 วิดีโอการสอน 3Blue1Brown เป็นการแสดงภาพเชิงคณิตศาสตร์แบบสามมิติ Mathologer เป็นแนวคิดและตัวอย่างที่เข้าใจง่าย GeoGebra Official เป็นการใช้งานโปรแกรมในหัวข้อเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติ

ขั้นที่ 2 การแก้ปัญหาด้วยตนเอง เป็นขั้นของการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการแก้ปัญหา ผู้สอนสนับสนุนในการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละคน

2.1 ผู้เรียนใช้ความรู้พื้นฐานเรื่องผลคูณเชิงเวกเตอร์ (Cross Product) ได้แก่ แนวคิดเรื่องเวกเตอร์และคุณสมบัติของผลคูณเชิงเวกเตอร์ในบริบทของเรขาคณิตและพีชคณิต แนวคิดเรื่องระนาบและมิติ โปรแกรม Geogebra คำสั่งที่ใช้ในการคำนวณ การวิเคราะห์การตั้งฉาก การแสดงกราฟิกสามมิติ

2.2 ผู้เรียนใช้แนวคิดผลคูณเชิงเวกเตอร์จะได้เวกเตอร์ที่ตั้งฉากกัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 $\vec{a} \times \vec{b}$ ได้เวกเตอร์ที่ตั้งฉากกับ $\vec{a}$ และ $\vec{b}$

2.3 ตัวอย่าง กระบวนการแก้ปัญหากำหนด $\vec{a} = -2\vec{j} - \vec{k}$, $\vec{b} = \vec{i} - \vec{j} - 2\vec{k}$ จงหา $\vec{a} \times \vec{b}$
สามารถเขียนในรูปพิกัด $\vec{a} = (0, -2, -1)$, $\vec{b} = (1, -1, -2)$

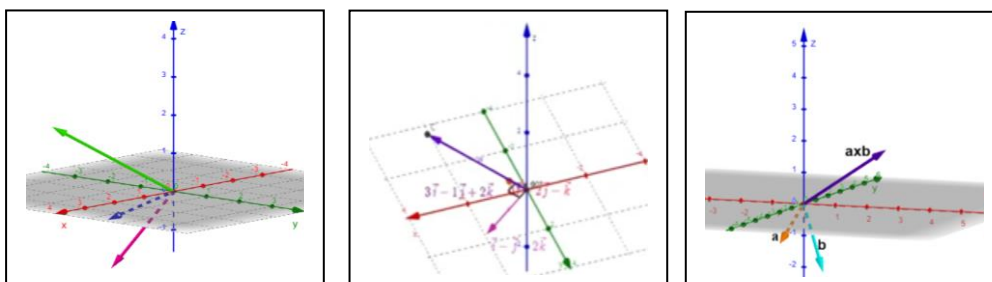
$$\text{ใช้เมทริกซ์ในการคำนวณ } \vec{a} \times \vec{b} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 0 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -2 & -1 \\ -1 & -2 \end{bmatrix} \vec{i} - \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -2 \end{bmatrix} \vec{j} + \begin{bmatrix} 0 & -2 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \vec{k}$$

คำนวณโดยหาดีเทอร์มิแนนต์ของเมทริกซ์

$$\begin{aligned} \vec{a} \times \vec{b} &= ((-2)(-2) - (-1)(-1))\vec{i} - ((0)(-2) - (-1)(-1))\vec{j} + ((0)(-1) - (-1)(-2))\vec{k} \\ &= (4-1)\vec{i} - (0-(-1))\vec{j} + (0-(-2))\vec{k} \\ &= 3\vec{i} - \vec{j} + 2\vec{k} \\ &= (3, -1, 2) \end{aligned}$$

ผู้เรียนเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงวิธีการคิดผลคูณเชิงเวกเตอร์หรือผลคูณไขว้

2.4 ประเด็นคำถามที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้การคิดเชิงวิเคราะห์และค้นคว้าด้วยตัวเอง ได้แก่

ความแตกต่างระหว่างเวกเตอร์ในปริภูมิสองมิติกับสามมิติคืออะไร

การวิเคราะห์เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติทำไมจึงสำคัญในทางคณิตศาสตร์และทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

ถ้าเลือกใช้ผลคูณเชิงจุดแทนผลคูณเชิงเวกเตอร์ ผลลัพธ์มีความหมายอย่างไรในทางเรขาคณิต

ถ้าเวกเตอร์สองเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกันในปริภูมิสามมิติ จะพิสูจน์ได้อย่างไร

ในชีวิตประจำวันหรือการทำงานที่เกี่ยวข้อง คิดว่าการวิเคราะห์เวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติสามารถนำไปใช้

ประโยชน์ในสถานการณ์ใดบ้าง

ยกตัวอย่างปัญหาที่ต้องใช้वेक्टरในปริภูมิสามมิติเพื่อแก้ไข เช่น การนำทาง หรือการออกแบบโครงสร้างทางวิศวกรรม

ขั้นที่ 3 การอภิปรายให้เหตุผลและเปรียบเทียบแนวคิดที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนผู้สอนนำแนวคิดผลคูณเชิงเวกเตอร์มาเป็นประเด็นหลักในการอภิปรายร่วมกัน ตั้งคำถามเชิงกระตุ้น ได้แก่ ผลคูณเชิงเวกเตอร์หมายถึงอะไรในเชิงเรขาคณิต หรือผลคูณแบบจุดและผลคูณเชิงเวกเตอร์แตกต่างกันอย่างไร กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามและทบทวนความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้งานผลคูณเชิงเวกเตอร์จากโปรแกรม GeoGebra ที่สามารถคำนวณค่าผลคูณแบบจุด และ ผลคูณเชิงเวกเตอร์ได้โดยอัตโนมัติ การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่าน GeoGebra โดยการตั้งคำถามในประเด็นผลคูณเชิงเวกเตอร์ทำไมถึงเวกเตอร์สองเวกเตอร์จึงตั้งฉากกันและให้ผู้เรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ ในการสร้างแบบจำลองอาศัยบทบาทของผู้สอนในการขยายแนวคิดของผู้เรียนเพื่อสร้างสถานการณ์ใหม่ในการคำนวณแรงที่กระทำในมุมต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 การสรุปเพื่อเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ผู้เรียนทบทวนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง อธิบายวิธีการคิดของตนเองอีกครั้ง ผู้เรียนและผู้สอนร่วมกันสรุปโดยใช้โปรแกรม GeoGebra การแสดงภาพในรูปแบบสามมิติ ผู้เรียนปรับค่าของเวกเตอร์ทั้งสองเพื่อสังเกตผลกระทบต่ออีกเวกเตอร์ โปรแกรมจะสร้างเวกเตอร์ผลลัพธ์ที่ตั้งฉากกับทั้งสองเวกเตอร์ ผู้เรียนใช้การทดลองในโปรแกรมเพื่อค้นหาความสัมพันธ์ผลคูณเชิงเวกเตอร์ใช้บอกทิศทางและพื้นที่ การตรวจสอบในโปรแกรม GeoGebra ทำได้โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์กับสูตรทางคณิตศาสตร์ ตรวจสอบคุณสมบัติ ใช้ภาพช่วยยืนยันคุณสมบัติทางเรขาคณิต

การประเมินทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาพบว่าในผลงานของผู้เรียนหมายเลข 7 9 12 15 ให้เหตุผล ความเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน พบว่า ผู้เรียนทราบว่ารนาบถูกกำหนดโดยจุดสามจุดที่ไม่เป็นเส้นตรง หรือโดยเส้นตรงสองเส้นที่ตัดกัน โดยเส้นตรงกับจุดที่ไม่อยู่บนเส้นตรงนั้น รวมถึงสมการของระนาบในรูปแบบต่าง ๆ ข้อผิดพลาดหรือความไม่ชัดเจน พบว่า การให้เหตุผลของพวกเขผู้เรียนอาจจะไม่ถูกต้องทั้งหมด ขาดความรัดกุม หรือมีการอธิบายที่ไม่ชัดเจนในบางประเด็น การใช้เครื่องมือพื้นฐาน GeoGebra พบว่า ผู้เรียนสามารถสร้างระนาบจากจุดหรือเวกเตอร์ใน GeoGebra ได้ แต่การใช้เครื่องมือขั้นสูงเพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของระนาบ หรือความสัมพันธ์ระหว่างระนาบกับวัตถุอื่น ๆ ทำได้ไม่ดีนัก กระบวนการแก้ปัญหาอยู่ในระดับที่จำกัด พบว่า เมื่อเผชิญกับปัญหาที่ซับซ้อนเกี่ยวกับระนาบ เช่น การหาระนาบที่ผ่านเงื่อนไขที่กำหนด การหาจุดตัดระหว่างระนาบกับเส้นตรง ผู้เรียนมีขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นระบบ ไม่สามารถวิเคราะห์และให้เหตุผลได้อย่างครอบคลุม จากเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์ด้วย GeoGebra พบว่าขั้นการนำเสนอปัญหา ผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงเป้าหมายการเรียนรู้ในระดับความเข้าใจทฤษฎีพื้นฐานและระดับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และคำนวณการดำเนินการทางเวกเตอร์ด้วยโปรแกรม GeoGebra อย่างไรก็ตาม ระดับการประยุกต์ใช้ยังไม่บรรลุเป้าหมาย เนื่องจากความซับซ้อนของเนื้อหาและการขาดการเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน [23-24] โปรแกรม GeoGebra มีบทบาทในการสร้างความเข้าใจเชิงภาพ [15,24] แต่การออกแบบกิจกรรมที่เน้นบริบทจริงยังเป็นสิ่งที่ต้องพัฒนา ขั้นการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการค้นคว้าและแก้ปัญหาภายใต้การสนับสนุนของผู้สอน [25-26] แม้ว่าการเรียนรู้ด้วยตนเองจะส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ [27] แต่การขาดกิจกรรมกลุ่มและการมุ่งเน้นการกระตุ้นตนเองอาจทำให้ผู้เรียนบางรายรู้สึกไม่มั่นใจ แนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาสะท้อนความเข้าใจในพื้นฐานเวกเตอร์และ

การใช้ GeoGebra [28-29] ขั้นการอภิปรายให้เหตุผล การนำประเด็นหลักมาอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามกระตุ้นของผู้สอน (Socratic Questioning) ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเปรียบเทียบแนวคิด [30] การใช้โปรแกรม GeoGebra ในการคำนวณและวิเคราะห์เหตุผลเชิงเรขาคณิตช่วยให้ผู้เรียนทบทวนและขยายความเข้าใจ [31] ขั้นการสรุปเพื่อเชื่อมโยงแนวคิด ผู้เรียนทบทวนและอธิบายวิธีคิดโดยใช้ GeoGebra ในการสร้างภาพและทดลองแนวคิด [32] การเปรียบเทียบผลลัพธ์กับสูตรคณิตศาสตร์และการใช้ภาพสามมิติช่วยยืนยันความถูกต้องและความเข้าใจเชิงลึก

การบูรณาการผลการศึกษากับผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่สนับสนุนบทบาทของเทคโนโลยี เช่น โปรแกรม GeoGebra ในการส่งเสริมความเข้าใจทางคณิตศาสตร์และการคิดเชิงวิพากษ์ [24,26] อย่างไรก็ตาม ข้อค้นพบระดับการประยุกต์ใช้ยังไม่เด่นชัดเน้นย้ำถึงความสำคัญของการออกแบบกิจกรรมที่เชื่อมโยงเนื้อหากับสถานการณ์จริงมากขึ้น สอดคล้องกับข้อเสนอแนะในการพัฒนาการเรียนรู้ที่เน้นบริบท [23,25] นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนบางรายอาจรู้สึกไม่มั่นใจในขั้นการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการสนับสนุนที่สมดุลระหว่างการกระตุ้นการเรียนรู้ด้วยตนเองและการให้คำแนะนำที่เหมาะสม [29]

การจัดการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้ GeoGebra ในชั้นเรียนที่เน้นการแก้ปัญหาที่มีศักยภาพในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ในระดับความเข้าใจและการวิเคราะห์ แต่การส่งเสริมทักษะในระดับการประยุกต์ใช้ยังต้องการการปรับปรุงในการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงและการสนับสนุนผู้เรียนอย่างเหมาะสมในกระบวนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ผ่านการเรียนรู้แบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นเครื่องมือสำคัญในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมการแก้ปัญหา โดยกำหนดโจทย์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง เช่น การวิเคราะห์กราฟหรือการคำนวณในมิติสามมิติ เพื่อสร้างความท้าทายและดึงดูดความสนใจของผู้เรียนส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive Learning) โดยให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันในกลุ่มย่อยเพื่อสร้างและปรับเปลี่ยนเวกเตอร์ หรือค้นหาความสัมพันธ์ในข้อมูลผ่านโปรแกรม GeoGebra

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้วิจัย

การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์นอกจากการเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นการคิดแล้ว ควรเตรียมกลุ่มเป้าหมายเกี่ยวกับเครื่องมือที่กลุ่มเป้าหมายนำมาใช้ในการแก้ปัญหา ผู้วิจัยต้องมองเห็นการเชื่อมโยงของเนื้อหาในระดับหลักสูตร ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม ออกแบบกิจกรรมที่เน้นการแก้ปัญหาโดยใช้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง (real-world problems) เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและความท้าทาย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการทำวิจัยครั้งนี้ไม่พบเป้าหมายของการเรียนรู้ในเชิงพฤติกรรมระดับการประยุกต์ใช้ (Application) ในชั้นเรียนนี้ เนื่องจากเวกเตอร์ในปริภูมิสามมิติมีความซับซ้อนในด้านการคำนวณและการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณแรง ควรออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดเป้าหมายของการเรียนรู้ในเชิงพฤติกรรมระดับดังกล่าว และควรออกแบบสถานการณ์ใหม่เพื่อให้ผู้เรียนขยายแนวคิดโดยใช้ความเป็นพลวัตจากโปรแกรม GeoGebra เชื่อมโยงไปยังเนื้อหาอื่น

เอกสารอ้างอิง

1. Facione PA. Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Research findings and recommendations. Newark, DE: American Philosophical Association; 1990.
2. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st century learning. Washington, DC: Partnership for 21st Century Skills; 2009.
3. Brookfield SD. Teaching for critical thinking: Tools and techniques to help students question their assumptions. San Francisco: Jossey-Bass; 2012.
4. Halpern DF. Teaching critical thinking for transfer across domains: Dispositions, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *Am Psychol.* 1998;53(4):449–55.
5. Prince M. Does active learning work? A review of the research. *J Eng Educ.* 2004;93(3):223–31.
6. Lai ER. Critical thinking: A literature review. Boston: Pearson; 2011.
7. Paul R, Elder L. Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life. 2nd ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson/Prentice Hall; 2006.
8. Anderson LW. Anderson's taxonomy: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Pearson Education; 2008.
9. Garrison DR, Anderson T, Archer W. Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education. *Internet High Educ.* 2001;2(2-3):87–105.
10. Halpern DF. Thought and knowledge: An introduction to critical thinking. 5th ed. New York: Psychology Press; 2014.
11. Facione PA. Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Newark, DE: American Philosophical Association; 1990.
12. Paul R, Elder L. Critical thinking: Tools for taking charge of your learning and your life. 3rd ed. Upper Saddle River (NJ): Pearson Education; 2014.
13. Terenzini PT, Cabrera AF, Colbeck CL, Parente JM, Bjorklund SA. Collaborative learning vs. lecture/discussion: Students' reported learning gains. *J High Educ.* 2001;72(6):235–56.
14. Garrison DR, Anderson T, Archer W. Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education. *Internet High Educ.* 2001;2(2-3):87–105.
15. Hohenwarter M, Preiner J. GeoGebra: A dynamic mathematics software for education in schools of the 21st century. 2007.
16. Laborde C, Guédin M, Sutherland R, Sträßer R. Technology and mathematics education: Theoretical and practical aspects. New York: Springer; 2006.
17. Zengin Y, Özdemir S, Gülbahar Y, Yılmaz R. Exploring the impact of using digital tools on the students' learning in the classroom. *Educ Technol Soc.* 2012;15(2):179–91.
18. Noss R, Hoyles C. Windows on mathematical meaning: Learning cultures and computers. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 1996.

19. Shimizu S. Professional development through lesson study: A Japan case. Paper presented at: APEC Int Symp Innovation and Good Practice for Teaching and Learning Mathematics through Lesson Study; 2006; Khon Kaen, Thailand.
20. Inprasitha M. Process of problem-solving in school mathematics. Khon Kaen: Centre for Research in Mathematics Education; 2014. Thai.
21. Inprasitha M. Reform process of learning mathematics in schools focusing mathematical process. Khon Kaen: Khon Kaen Publisher; 2003. Thai.
22. Inprasitha M. Process of problem-solving in school mathematics. Khon Kaen: Centre for Research in Mathematics Education; 2014. Thai.
23. Stein MK, Engle RA, Smith MS, Hughes EK. Orchestrating discussions: Five practices for helping teachers move beyond the basics of effective instruction. Yearb Natl Counc Teach Math. 2009;1:43–55.
24. Niss M. Didactical design in mathematics education. Nord Stud Math Educ. 2007;13(3):7–14.
25. Jonassen DH. Designing constructivist learning environments. Instr Sci. 1999;28(5):345–62.
26. Zbiek RM, Heid MK, Blume GW, Dick TP. Teaching and learning mathematics with technology: A handbook for teachers. Upper Saddle River (NJ): Pearson/Prentice Hall; 2007.
27. Knowles MS. Self-directed learning: A guide for learners and teachers. Cambridge: Cambridge Adult Education; 1975.
28. Savery JR, Duffy TM. Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. Educ Technol. 1995;35(5):31–8.
29. Vygotsky LS. Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge (MA): Harvard University Press; 1978.
30. Strang G. Introduction to linear algebra. 4th ed. Wellesley: Wellesley-Cambridge Press; 2003.
31. Anton H, Rorres C. Elementary linear algebra: Applications version. 11th ed. Hoboken (NJ): Wiley; 2013.
32. Jonassen DH. Learning to solve problems: An instructional design guide. San Francisco (CA): Pfeiffer; 2000.