Journal of Information and Learning
Volume 37, Issue 3, September–December, 2026 ■ e291249
E-ISSN 2730-2202 ■ https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil

Research Article

Mathematical Problem-Solving Outcomes of Mathayom Suksa 1 Students Learning in Constructivist Digital Game-Based Learning Environment

ผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Pakorn Surapongrat and Sumalee Chaijaroen*

ภากร สุรพงษ์รัตน์ และ สุมาลี ชัยเจริญ*

Department of Innovation Technology and Learning Sciences, Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

สาขานวัตกรรม เทคโนโลยี และวิทยาการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

*Corresponding author: sumalee@kku.ac.th

Received August 19, 2026 ■ Revised September 25, 2026 ■ Accepted September 29, 2026 ■ Published November 16, 2026

Abstract

Mathematical problem-solving is an essential competency for applying mathematical knowledge to real-life situations. This study aimed to: 1) examine the post-learning mathematical problem-solving scores of Mathayom Suksa 1 students who learned in a constructivist digital game-based learning environment in relation to the predetermined criterion, and 2) examine students' mathematical problem-solving processes across the four steps adapted from Polya's approach. This article reports on Phase 3, the validation phase, of a developmental research project and employs a pre-experimental one-group posttest-only design (a one-shot case study). The target group consisted of 16 purposively selected Mathayom Suksa 1 students enrolling in mathematics at Siharatdechochai School, Khon Kaen Province during the second semester of the 2025 academic year. The instruments utilized in this article were the constructivist digital game-based learning environment, a four-item mathematical problem-solving assessment, and a mathematical problem-solving interview protocol. Quantitative data were analyzed using the mean, standard deviation, and percentage, while interview data were analyzed using protocol analysis and analytical description. The results showed that the students achieved a mean problem-solving score of 13.88 out of 16 (*SD* = 1.54), equivalent to 86.75% of the total score. Fifteen from the 16 students (93.75%) achieved at least 70% of the total score, exceeding the criterion requiring at least 80% of students to meet the 70% achievement threshold. Interviews with 10 purposively selected students showed evidence of all four problem-solving steps: understanding the problem, devising a plan, carrying out the plan, and looking back. Because the study used a one-group posttest-only design, these findings reflect outcomes observed in this target group and should not be interpreted as causal evidence.

Keywords: mathematical problem-solving, learning environment, constructivist theory, game-based learning

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญในการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้กับสถานการณ์จริง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และ 2) ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนตาม 4 ขั้นตอนที่ประยุกต์จากหลักของ Polya การนำเสนอในบทความนี้เป็นส่วนของระยะที่ 3 การตรวจสอบความตรงของงานวิจัยเชิงพัฒนา และใช้รูปแบบการวิจัยเชิงก่อนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 16 คน ที่เรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสีหราชเดโชชัย จังหวัดขอนแก่น ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่รายงานในบทความ ประกอบด้วย สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ชนิดอัตนัย 4 ข้อ และแบบสัมภาษณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ ส่วนข้อมูลจากการสัมภาษณ์วิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลและการบรรยายเชิงวิเคราะห์ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 13.88 คะแนนจากคะแนนเต็ม 16 คะแนน (*SD* = 1.54) คิดเป็นร้อยละ 86.75 โดยนักเรียน 15 จาก 16 คน หรือร้อยละ 93.75 ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มขึ้นไป ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดให้นักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 80 ต้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผลการสัมภาษณ์นักเรียนที่คัดเลือกแบบเจาะจง จำนวน 10 คน พบหลักฐานของกระบวนการแก้ปัญหาครบทั้ง 4 ขั้น ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนวิธีการแก้ปัญหา การลงมือทำตามแผน และการตรวจคำตอบ ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษาส่วนนี้ใช้รูปแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน ผลที่ได้จึงสะท้อนผลลัพธ์ที่พบในกลุ่มเป้าหมายและไม่ควรตีความเป็นหลักฐานเชิงเหตุและผล

คำสำคัญ: การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์, สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้, ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์, การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

© 2026 The Author(s). Published by the Office of Academic Resources, Prince of Songkla University. This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

บทนำ (Introduction)

การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัลทำให้การเรียนคณิตศาสตร์ต้องมุ่งพัฒนาความสามารถในการคิด วิเคราะห์ และใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหา มากกว่าการจดจำขั้นตอนเพียงอย่างเดียว เทคโนโลยีสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายและมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาได้ แต่ผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับวิธีที่เทคโนโลยีถูกออกแบบให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ (Claro & Castro-Grau, 2023; Drijvers & Sinclair, 2024) ขณะเดียวกัน ผลการประเมิน PISA 2022 รายงานว่า คะแนนคณิตศาสตร์เฉลี่ยของนักเรียนไทยอยู่ที่ 394 คะแนน ลดลงจาก 419 คะแนนในปี 2018 และการประเมินดังกล่าวให้ความสำคัญกับการนำคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในบริบทจริง (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2023, 2024) สถานการณ์นี้จึงสะท้อนความจำเป็นในการออกแบบการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดและลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง

แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์อธิบายว่าผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านการเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมกับข้อมูลหรือสถานการณ์ใหม่ โดยผู้สอนทำหน้าที่สนับสนุนและจัดเงื่อนไขให้เกิดการสร้างความหมาย (Chaijaroen, 2016; University at Buffalo, 2024; McLeod, 2025) แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya ซึ่งประกอบด้วยการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การลงมือทำตามแผน และการตรวจคำตอบ (Thaweechai & Saksangwichit, 2025) เมื่อนำมาใช้กับโจทย์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว กระบวนการทั้งสี่ช่วยจัดลำดับการคิดตั้งแต่การระบุข้อมูลและสิ่งที่โจทย์ถาม ไปจนถึงการสร้างสมการ การคำนวณ และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานสามารถเพิ่มโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับภารกิจทางคณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะเมื่อเกมมีความท้าทาย การตอบสนองต่อการกระทำของผู้เรียน และข้อมูลป้อนกลับที่สัมพันธ์กับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ งานทบทวนร่วมสมัยพบว่าเกมดิจิทัลมีศักยภาพต่อทั้งด้านการรู้คิด แรงจูงใจ และการมีส่วนร่วมในการเรียนคณิตศาสตร์ (Hui & Mahmud, 2023; Debrenti, 2024; Wang et al., 2023) อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะของเกมไม่ได้ก่อให้เกิดผลทางการเรียนรู้โดยอัตโนมัติ แต่ต้องเชื่อมกับเป้าหมายและกระบวนการคิดที่ต้องการพัฒนาอย่างชัดเจน

งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์สามารถสนับสนุนกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้ ทั้งในรูปแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายและการจัดสถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับบริบทของผู้เรียน (Sirichokchaitrakool et al., 2024; Suwannachai et al., 2024) ขณะที่งานของ Thamklang et al. (2024) ได้ผสานสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เข้ากับ E-Board Game เพื่อส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตาม งานที่ผ่านมาอธิบายความสัมพันธ์ในระดับกระบวนการระหว่างกลไกของเกมกับขั้นตอนการคิดของผู้เรียนไว้ไม่ชัดเจนนัก โดยเฉพาะว่าความท้าทาย การตอบสนอง และข้อมูลป้อนกลับทำหน้าที่สนับสนุนการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นอย่างไร การศึกษาครั้งนี้จึงออกแบบให้ความท้าทาย (Challenge) ปรากฏผ่านสถานการณ์ปัญหาและภารกิจการเรียนรู้ การตอบสนอง (Response) เกิดจากการที่ผู้เรียนลงมือเลือกหรือกรอกคำตอบ และข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ทำหน้าที่แจ้งผลการดำเนินงานและชี้นำให้ผู้เรียนกลับไปทบทวนข้อมูลหรือใช้แหล่งช่วยเหลือเมื่อยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ กลไกเหล่านี้ทำงานร่วมกับองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ 7 ส่วน ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา ศูนย์การเรียนรู้ ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา ศูนย์ช่วยเหลือ ศูนย์ร่วมมือ ศูนย์ให้คำแนะนำ และศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยสถานการณ์ปัญหาและความท้าทายช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนพิจารณาข้อมูลและทำความเข้าใจโจทย์ ศูนย์การเรียนรู้และศูนย์เครื่องมือทางปัญญาช่วยสนับสนุนการวางแผนแก้ปัญหา ศูนย์ช่วยเหลือและการตอบสนองของระบบช่วยประคับประคองการดำเนินการตามแผน ขณะที่ข้อมูลป้อนกลับและศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาช่วยให้ผู้เรียนตรวจสอบคำตอบ ทบทวนขั้นตอน และปรับวิธีคิดของตนเอง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ กลไกของเกม และขั้นตอนการแก้ปัญหาตามแนวคิดของ Polya ควบคู่กับผลการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยไม่ได้อาศัยคะแนนหลังเรียนเพียงด้านเดียว

เนื้อหาที่ใช้คือโจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งต้องอาศัยทั้งการตีความสถานการณ์ การกำหนดตัวแปร การสร้างสมการ การดำเนินการทางพีชคณิต และการตรวจสอบคำตอบ จึงเหมาะสำหรับใช้ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาแบบเป็นขั้นตอน โดยนวัตกรรมถูกพัฒนาเป็นสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเว็บไซต์ที่ผู้เรียนควบคุมตัวละครเพื่อเข้าสู่สถานการณ์ปัญหาและเลือกใช้แหล่งสนับสนุนตามความต้องการ ในบทความนี้ “สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้” หมายถึง ระบบการเรียนรู้ดิจิทัลบนเว็บไซต์ที่รวมสถานการณ์ปัญหา ภารกิจเกม และแหล่งสนับสนุนการเรียนรู้ไว้ในพื้นที่เดียวกัน โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยระบบดังกล่าวตามแผนการจัดการเรียนรู้

จากเหตุผลดังกล่าว การศึกษานี้มุ่งตรวจสอบผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ควบคู่กับการศึกษากระบวนการคิดของนักเรียนตาม 4 ขั้นตอนของ Polya โดยพิจารณาทั้งผลคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้รอบด้านมากขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

2. เพื่อศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ตาม 4 ขั้นตอนที่ประยุกต์จากหลักของ Polya ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนวิธีการแก้ปัญหา การลงมือทำตามแผนหรือวิธีการที่วางไว้ และการตรวจคำตอบ

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

การทบทวนวรรณกรรมมุ่งสังเคราะห์ความสัมพันธ์ของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ และการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อใช้เป็นกรอบในการออกแบบและตีความผลการศึกษา ดังนี้

แนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Problem-Solving)

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในงานนี้ใช้กระบวนการ 4 ขั้น

ของ Polya เป็นกรอบ ได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา โดยระบุข้อมูลที่โจทย์กำหนดและสิ่งที่ต้องการทราบ 2) วางแผนวิธีการแก้ปัญหาโดยกำหนดตัวแปรและเชื่อมความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อสร้างสมการ 3) ลงมือทำตามแผน โดยดำเนินการกับสมการอย่างเป็นลำดับ และ 4) ตรวจคำตอบ โดยแทนค่ากลับและอธิบายคำตอบในบริบทของโจทย์ แนวทางร่วมสมัยที่ประยุกต์กระบวนการของ Polya แสดงให้เห็นการใช้ขั้นตอนดังกล่าวเพื่อจัดระบบการแก้ปัญหาและติดตามวิธีคิดของผู้เรียน (Boonying & Thongmoon, 2025; Thaweechai & Saksangwichit, 2025)

เมื่อเชื่อมกับคอนสตรัคติวิสต์ ผู้เรียนไม่ได้รับวิธีทำสำเร็จรูป แต่ต้องใช้สถานการณ์ปัญหาและทรัพยากรในสิ่งแวดล้อมเพื่อสร้างความหมายและปรับความเข้าใจของตนเอง ขณะที่เกมทำหน้าที่จัดจังหวะการมีส่วนร่วมผ่านความท้าทาย การตอบสนอง และข้อมูลป้อนกลับ งานด้านเกมดิจิทัลร่วมสมัยชี้ว่าเกมสามารถสนับสนุนแรงจูงใจ การมีส่วนร่วม และกระบวนการทางปัญญาได้ แต่ผลขึ้นอยู่กับการออกแบบที่เชื่อมกลไกของเกมกับกิจกรรมการเรียนรู้ (Hui & Mahmud, 2023; Wang et al., 2023; Debrenti, 2024) ดังนั้น ในงานนี้ Polya ทำหน้าที่เป็นกรอบของกระบวนการคิดคอนสตรัคติวิสต์เป็นฐานของการสร้างความรู้ และกลไกของเกมเป็นตัวจัดปฏิสัมพันธ์และข้อมูลป้อนกลับระหว่างที่ผู้เรียนแก้ปัญหา

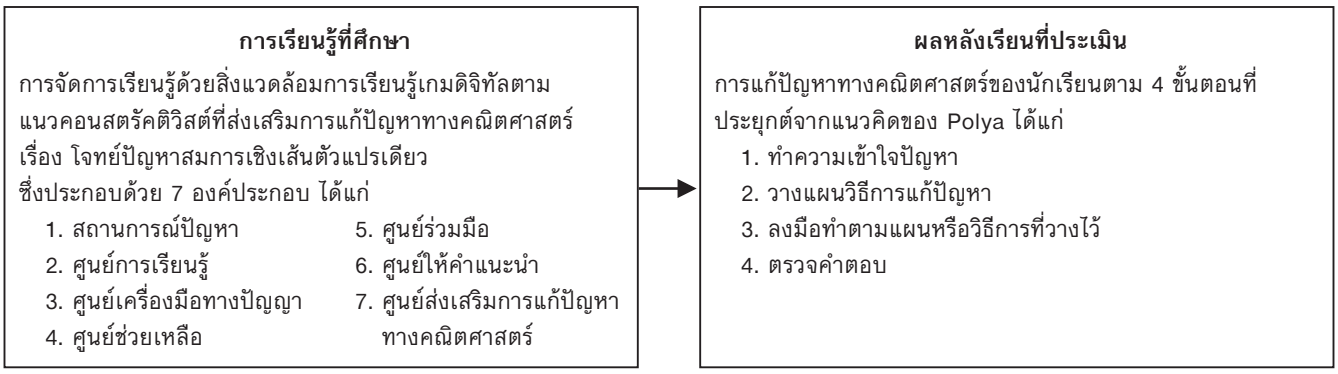
แนวคิดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับเกมเป็นฐาน (Constructivist Game-Based Learning Environment)

สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ถูกออกแบบในรูปแบบเว็บไซต์ที่บูรณาการองค์ประกอบสำคัญ 7 ส่วนไว้ในระบบเดียว ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา ศูนย์การเรียนรู้ ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา ศูนย์ช่วยเหลือ ศูนย์ร่วมมือ ศูนย์ให้คำแนะนำ และศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้ความท้าทาย (Challenge) ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ปัญหาและภารกิจการเรียนรู้ การตอบสนอง (Response) เกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนลงมือแก้โจทย์และโต้ตอบกับเกม ส่วนข้อมูลป้อนกลับ (Feedback) ทำหน้าที่แจ้งผลการดำเนินงานและชี้นำให้ผู้เรียนกลับไปใช้แหล่งสนับสนุนเมื่อยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ (Plass et al., 2015) การบูรณาการดังกล่าวแตกต่างจากการใช้เกมเป็นเพียงกิจกรรมเสริม เนื่องจากกลไกของเกม ถูกเชื่อมโยงเข้ากับกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นของ Polya และทรัพยากรที่สนับสนุนการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนโดยตรง จุดเด่นของการออกแบบลักษณะนี้อยู่ที่การเชื่อมองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ กลไกของเกม และขั้นตอนการแก้ปัญหาให้ทำงานร่วมกันภายในกิจกรรมเดียวกัน ซึ่งผลการวิจัยของ Daungtod and Chaijaroen (2019) พบว่า การจัดองค์ประกอบสนับสนุนการเรียนรู้ร่วมกับกลไกเชิงปฏิสัมพันธ์ของเกม มีความเหมาะสมเชิงหลักการในการช่วยส่งเสริมแรงจูงใจภายในและการกำกับตนเองในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการศึกษาครั้งนี้พิจารณาผลที่เกิดขึ้นทั้งจากคะแนนการแก้ปัญหาหลังเรียนและข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสัมภาษณ์กระบวนการคิดของนักเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากกรอบการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ การศึกษานี้พิจารณาคะแนนและกระบวนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน ดังแสดงในกรอบแนวคิดการวิจัย

Figure 1
Conceptual Framework
กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

บทความนี้นำเสนอข้อมูลจากระยะที่ 3 การตรวจสอบความตรง (Validation process) ของงานวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental research type I) ซึ่งเป็นระยะที่ตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นหลังนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในบริบทจริง สำหรับการศึกษาผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในระยะนี้ ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงก่อนการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลหลังเรียน (One-shot case study) โดยให้นักเรียนเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ แล้วเก็บข้อมูลหลังเรียนด้วยแบบวัดและการสัมภาษณ์ รูปแบบดังกล่าวเหมาะสำหรับการพิจารณาผลลัพธ์เบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ในบริบทจริง แต่ไม่มีคะแนนการแก้ปัญหาก่อนเรียนหรือกลุ่มเปรียบเทียบ จึงไม่ใช้เพื่อยืนยันความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล และการตีความผลจำกัดอยู่ที่กลุ่มเป้าหมายที่ศึกษา

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 16 คน ที่ลงทะเบียนเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนสีหราชเดโชชัย

เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

เครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและสื่อที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งเป็น 1) สื่อและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สื่อและแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรม

1. สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเว็บไซต์ การพัฒนาดำเนินตามกระบวนการของงานวิจัยเชิงพัฒนา โดยสังเคราะห์จากหลักการ ทฤษฎี บริบทการเรียนการสอน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และคุณลักษณะของสื่อดิจิทัล ก่อนแปลงเป็นกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีและกรอบแนวคิดการออกแบบ

กระบวนการพัฒนาประกอบด้วย 9 ขั้น ได้แก่ 1) ศึกษาหลักการ ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) ศึกษาสภาพบริบทการจัดการเรียนรู้ 3) สังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี 4) สังเคราะห์กรอบแนวคิดการออกแบบ 5) ออกแบบองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ 6) พัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเว็บไซต์ 7) ประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา สื่อ และการออกแบบ 8) ประเมินการใช้ในบริบทจริง และ 9) นำไปประเมินผลด้านการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยส่วนที่นำเสนอในบทความนี้มุ่งที่ผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

เว็บไซต์พัฒนาด้วย Construct 2 และจัดโครงสร้างให้ผู้เรียนควบคุมตัวละครเข้าสู่พื้นที่การเรียนรู้ 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) สถานการณ์ปัญหา 2) ศูนย์การเรียนรู้ 3) ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา 4) ศูนย์ช่วยเหลือ 5) ศูนย์ร่วมมือ 6) ศูนย์ให้คำแนะนำ และ 7) ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยกลไกเกมหลัก ประกอบด้วย ความท้าทาย ผ่านสถานการณ์และภารกิจ การตอบสนอง ผ่านการเลือก/กรอกคำตอบและการปฏิบัติในเกม และข้อมูลป้อนกลับเพื่อรายงานสถานะความก้าวหน้าและชี้ให้ผู้เรียนกลับไปใช้แหล่งสนับสนุนเมื่อยังแก้ปัญหาไม่สำเร็จ

องค์ประกอบดังกล่าวถูกเชื่อมกับ 4 ขั้น ของ Polya โดยสถานการณ์ปัญหาใช้กระตุ้นการทำความเข้าใจโจทย์ ศูนย์การเรียนรู้และเครื่องมือทางปัญญาสนับสนุนการวางแผน ศูนย์ช่วยเหลือ ศูนย์ร่วมมือ และศูนย์ให้คำแนะนำสนับสนุนการลงมือทำตามแผน ขณะที่ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาและข้อมูลป้อนกลับใช้ฝึกและตรวจสอบคำตอบ การออกแบบจึงแยกบทบาทของ ‘สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้’ ซึ่งเป็นสื่อ/ระบบบนเว็บไซต์ ออกจาก ‘แผนการจัดการเรียนรู้’ ซึ่งกำหนดลำดับกิจกรรมและเวลาในการใช้ระบบในชั้นเรียน หลังสร้างต้นแบบตามกรอบการออกแบบ ผู้วิจัยนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องขององค์ประกอบ เนื้อหา สื่อ และการออกแบบ แล้วปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง ค่าดัชนีความสอดคล้องของรายการประเมินอยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้สำหรับการนำไปใช้ในขั้นประเมิน

2. แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตจากหลักสูตรและตัวชี้วัด ค 1.3 ม.1/1 เรื่องโจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แล้วออกแบบกิจกรรมให้ใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ทั้ง 7 องค์ประกอบร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นของ Polya ภายใน 2 คาบ คาบละ 1 ชั่วโมง

กิจกรรมแต่ละคาบประกอบด้วยขั้นนำ ขั้นกระบวนการเรียนรู้ และขั้นสรุป ในขั้นนำผู้วิจัยแนะนำการใช้งานระบบ ในขั้นกระบวนการเรียนรู้นักเรียนเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ทำภารกิจ และเลือกใช้ศูนย์การเรียนรู้/เครื่องมือ/ความช่วยเหลือตามความจำเป็น ส่วนขั้นสรุปนักเรียนและผู้วิจัยร่วมกันตรวจสอบคำตอบและทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหา

การบูรณาการดังกล่าวทำให้แผนการสอนทำหน้าที่กำกับลำดับและเวลา ขณะที่เว็บไซต์ทำหน้าที่เป็นพื้นที่ปฏิสัมพันธ์และแหล่งสนับสนุนการคิด โดยรายละเอียดการใช้งานและหน้าจอขององค์ประกอบสำคัญแสดงใน Figures 2–12

โดยขั้นนำ ผู้วิจัยให้นักเรียนเข้าเว็บไซต์สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ

ขั้นตอนที่ 1

ผู้วิจัยให้นักเรียนควบคุมตัวละครในเกมไปที่สถานการณ์ปัญหาที่ 1 ดังแสดงใน Figure 2 ผู้วิจัยจะแนะนำและสาธิตการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ทั้ง 7 องค์ประกอบ ดังแสดงใน Figure 3

Figure 2

Main Menu of Constructivist Digital Game-Based Learning Environment on Web
เมนูหลักของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเว็บไซต์



Figure 3

Guidelines for Using the 7 Components of the Constructivist Digital Game-Based Learning Environment on Web
แนะนำการใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเว็บไซต์ทั้ง 7 องค์ประกอบ



ขั้นตอนที่ 2

ให้นักเรียนเข้าไปที่สถานการณ์ปัญหา (Problem base) เป็นสถานการณ์ในรูปแบบวิดีโอที่ออกแบบจากบริบทจริงของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้เกิดความสงสัยและความไม่สมดุลทางปัญญา ซึ่งจะนำไปสู่การแสวงหาความรู้เพื่อปรับสมดุลทางปัญญา โดยมี 2 สถานการณ์ปัญหา ได้แก่ 1) นัทกับซิโอะปัง และ 2) ปันสุขกับชาเขียว เมื่อนักเรียนได้รับสถานการณ์ปัญหาแล้ว นักเรียนจะกดปุ่มรูปดินสอ ดังแสดงใน Figure 4 เพื่อเข้าไปทำภารกิจการเรียนรู้

Figure 4

Pencil Button in Problem Base
ปุ่มดินสอในสถานการณ์ปัญหา



ขั้นตอนที่ 3

ให้นักเรียนพิมพ์คำตอบในประเด็นคำถามที่ถูกกำหนดในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์จากหลักของ Polya ทั้ง 4 ขั้นตอน ดังแสดงใน Figure 5

Figure 5

Learning Task

ภารกิจการเรียนรู้



ขั้นตอนที่ 4

ในกรณีที่นักเรียนสามารถปฏิบัติการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในภารกิจการเรียนรู้สำเร็จ ให้นักเรียนรอสรุปร่วมกันในชั้นเรียนกับนักเรียนกลุ่มอื่น แต่ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถปฏิบัติการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สำเร็จ เช่น ไม่สามารถตอบคำถามได้ นักเรียนต้องไปศึกษาเพิ่มเติมในองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ฯ ที่มีทั้งหมด 6 องค์ประกอบ โดยนักเรียนไม่จำเป็นต้องศึกษาทั้งหมด

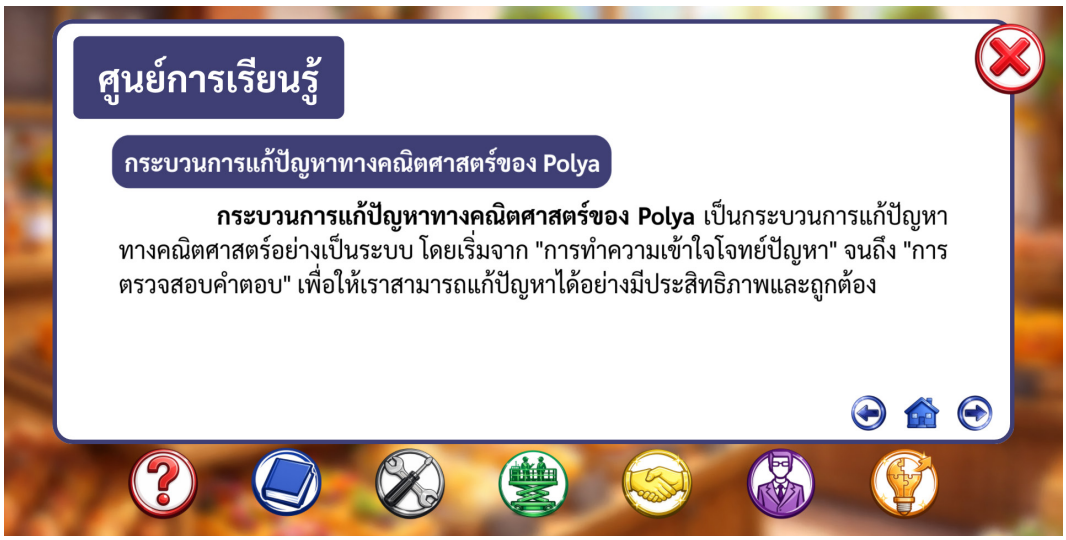
ศูนย์การเรียนรู้ (Learning Center)

เป็นแหล่งที่รวบรวมข้อมูล เนื้อหาสารสนเทศที่นักเรียนจะใช้ในการหาคำตอบ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่นักเรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหา โดยจะเป็นเนื้อหาเรื่องโจทย์ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ซึ่งจะออกแบบเป็นรูปแบบสไลด์ที่นักเรียนสามารถกดปุ่มซ้ายขวาที่มุมขวาล่าง เพื่อเลื่อนไปยังหน้าถัดไปหรือถอยกลับ ดังแสดงใน Figure 6

Figure 6

Learning Center

ศูนย์การเรียนรู้



ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Tools Center)

ทำหน้าที่ช่วยให้นักเรียนคิดและจัดการข้อมูลจากสถานการณ์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ลดภาระทางปัญญาในการเรียนรู้ ช่วยให้เชื่อมโยงข้อมูลและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น รวมถึงสนับสนุนให้นักเรียนปรับสมดุลทางปัญญา ประกอบด้วย 1) เครื่องมือการสืบค้น (Seeking tools) ใช้สำหรับการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์จากแหล่งภายนอก 2) เครื่องมือการรวบรวม (Collecting tools) ใช้สำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโจทย์ปัญหา โดยใช้ Canva และ Google Docs บันทึกข้อมูลสำคัญ 3) เครื่องมือการสื่อสาร (Communication tools) ใช้สำหรับจัดกลุ่มและแลกเปลี่ยนข้อมูลผ่านการสื่อสาร/ประชุมออนไลน์ เช่น Discord, Google Meet, Messenger, Zoom เพื่อร่วมกันอภิปรายและจัดระเบียบความคิด และ 4) เครื่องมือการบูรณาการ (Integrating tools) ใช้สำหรับเชื่อมโยงและสรุปแนวคิดให้เป็นแผนผังความคิด โดยใช้ Mindmeister และ Mindmup สร้าง Mind Map เพื่อเชื่อมโยงมโนมติกับวิธีแก้ปัญหา ดังแสดงใน Figure 7

Figure 7

Cognitive Tools Center

ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา



ศูนย์ช่วยเหลือ (Scaffolding Center)

ทำหน้าที่ให้คำแนะนำแก่นักเรียนที่ไม่สามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง และต้องการแนวทางในการแก้ปัญหา โดยจะช่วยแนะนำกลยุทธ์และกระบวนการคิดในการแก้ปัญหาหรือปฏิบัติภารกิจการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ฐาน คือ 1) ฐานการช่วยเหลือการสร้างความคิดรวบยอด (Conceptual scaffolding) 2) ฐานการช่วยเหลือด้านการคิด (Metacognitive scaffolding) 3) ฐานการช่วยเหลือด้านกระบวนการ (Procedural scaffolding) และ 4) ฐานการช่วยเหลือด้านกลยุทธ์ (Strategic scaffolding) ดังแสดงใน Figure 8

Figure 8

Scaffolding Center

ศูนย์ช่วยเหลือ



ศูนย์ร่วมมือ (Collaboration Center)

ทำหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ทั้งระหว่างนักเรียนกับนักเรียน นักเรียนกับผู้สอน และนักเรียนกับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะช่วยขยายมุมมองความคิดที่หลากหลาย นำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาและสร้างความรู้ โดยผู้วิจัยออกแบบในรูปแบบกลุ่ม Discord, Google Meet, Messenger และ Zoom สำหรับให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน ดังแสดงใน Figure 9

Figure 9

Collaboration Center

ศูนย์ร่วมมือ



ศูนย์ให้คำแนะนำ (Coaching Center)

ทำหน้าที่ให้นักเรียนที่เพิ่งเริ่มต้นสามารถมีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ โดยผู้วิจัยที่เป็นโค้ชจะคอยสังเกตนักเรียนขณะปฏิบัติภารกิจ คอยให้คำใบ้ (Hint) และเข้าช่วยเหลือเมื่อจำเป็น โค้ชต้องคอยติดตามการทำงานของนักเรียน เพื่อป้องกันความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน พร้อมทั้งให้เวลานักเรียนได้สำรวจและแก้ไขปัญหาด้วยตนเองในชั้นเรียน ดังแสดงใน Figure 10

Figure 10

Coaching Center

ศูนย์ให้คำแนะนำ

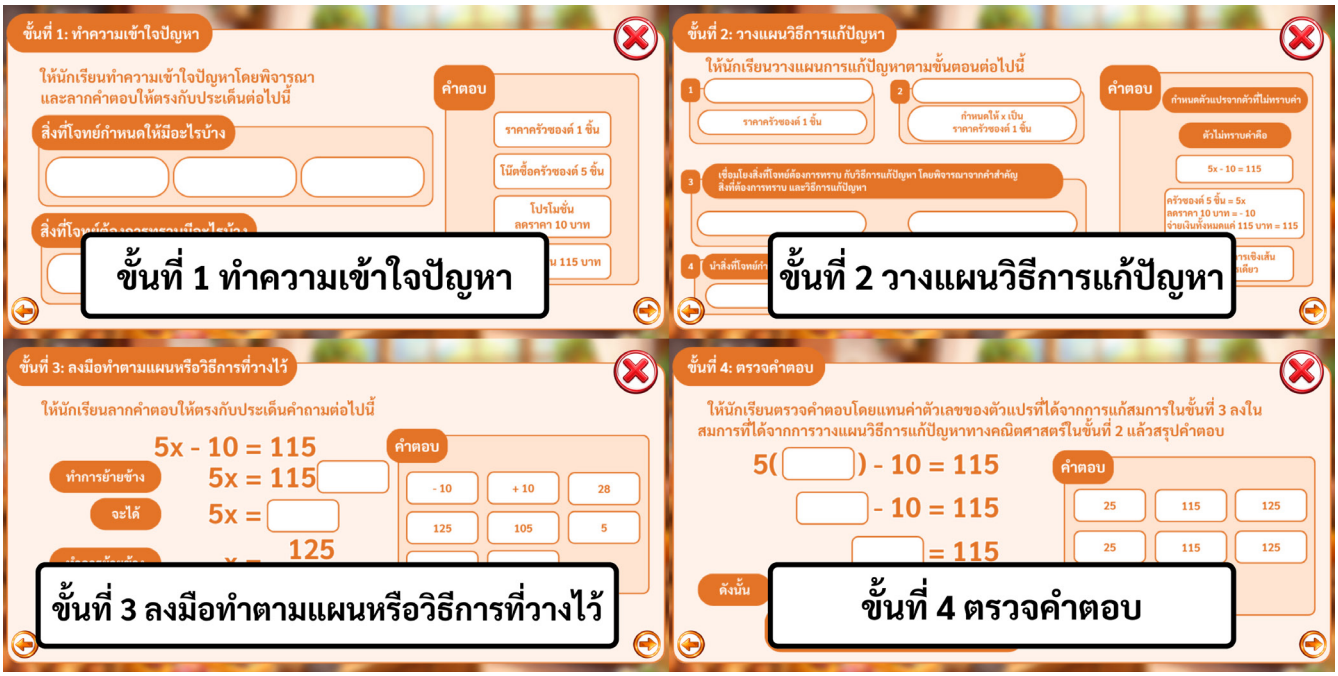


ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Problem-Solving Enhancement Center)

เป็นศูนย์สำหรับฝึกการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กรอบกระบวนการของ Polya ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-based learning) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การทำความเข้าใจปัญหา 2) การวางแผนวิธีการแก้ปัญหา 3) การลงมือทำตามแผนหรือวิธีการที่วางไว้ และ 4) การตรวจคำตอบ โดยออกแบบเป็นเกมลากคำตอบไปวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง (Drag and drop) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงใน Figure 11

Figure 11

Problem-Solving Enhancement Center
ศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์



ขั้นตอนที่ 5

หลังจากที่นักเรียนเข้าไปศึกษาความรู้ในองค์ประกอบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ฯ ต่าง ๆ แล้วนักเรียนกลับไปทำภารกิจการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 2 ดังแสดงใน Figure 5 จนกว่านักเรียนทุกกลุ่มทำภารกิจการเรียนรู้สำเร็จ

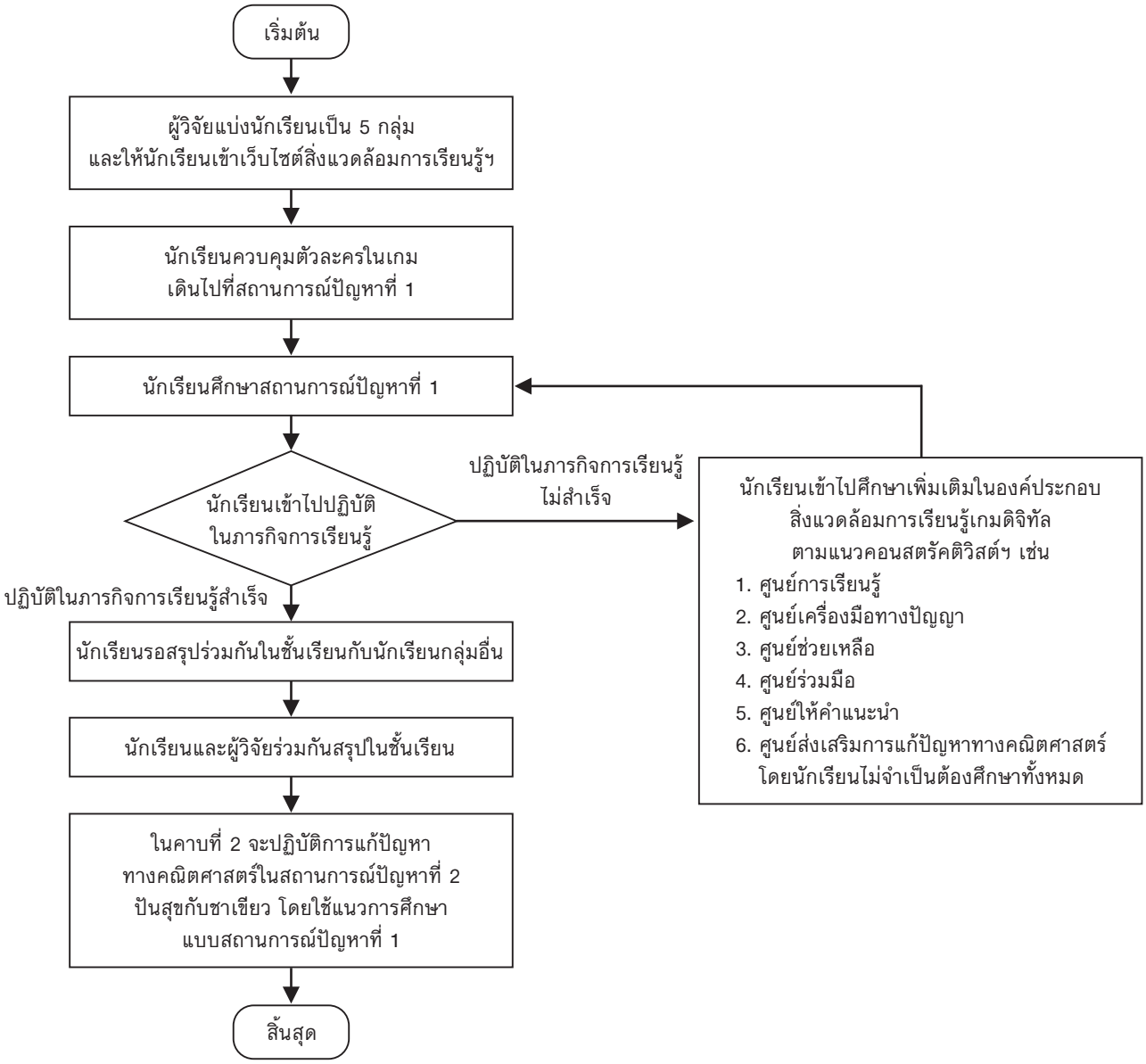
ขั้นสรุป

นักเรียนและผู้วิจัยร่วมกันสรุปคำตอบที่ถูกต้อง และทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์จากหลักของ Polya และผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนทราบว่า ในคาบที่ 2 จะปฏิบัติการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในสถานการณ์ปัญหาที่ 2 ปันสุขกับชาเขียว โดยใช้แนวการศึกษาแบบสถานการณ์ปัญหาที่ 1

การบูรณาการองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ทั้ง 7 เข้ากับขั้นตอนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ 4 ขั้นตอนของ Polya ดำเนินการผ่านแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 คาบ คาบละ 1 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละคาบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป โดยในขั้นนำผู้วิจัยแนะนำและสาธิตการใช้งานองค์ประกอบทั้ง 7 เพื่อเตรียมความพร้อมนักเรียนก่อนเข้าสู่การแก้ปัญหา ในขั้นสอน นักเรียนลงมือแก้ปัญหาผ่านภารกิจการเรียนรู้ในสถานการณ์ปัญหาที่ออกแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยใช้องค์ประกอบทั้ง 7 ได้แก่ สถานการณ์ปัญหา ศูนย์การเรียนรู้ ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา ศูนย์ช่วยเหลือ ศูนย์ร่วมมือ ศูนย์ให้คำแนะนำ และศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับขั้นตอนการแก้ปัญหา ได้แก่ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผนวิธีการแก้ปัญหา ลงมือทำตามแผนหรือวิธีการที่วางไว้ และตรวจคำตอบ ในขั้นสรุปนักเรียนกับผู้วิจัยร่วมกันสรุปคำตอบที่ถูกต้องและทบทวนขั้นตอนการแก้ปัญหาร่วมกันทั้งชั้น โดยลำดับกิจกรรมแสดงใน Figure 12

Figure 12

Flowchart of Learning Management Using the Constructivist Digital Game-Based Learning Environment on Web
แผนผังการจัดการเรียนรู้โดยใช้สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนเว็บไซต์



นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา ความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ

นำเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แต่ละข้อมีช่วงค่าดัชนีสอดคล้องระหว่าง 0.67–1.00 แสดงว่า เครื่องมือมีคุณภาพเหมาะสม

จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนจริงต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เป็นข้อสอบอัตนัย 4 ข้อ พัฒนาจากกรอบ 4 ขั้นของ Polya และกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแบบวิเคราะห์ (Analytic scoring) ครอบคลุมการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การลงมือทำตามแผน และการตรวจคำตอบ ร่างเครื่องมือได้รับการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด ภาษา และการสื่อความหมาย โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของรายการอยู่ระหว่าง 0.67–1.00

2. แบบสัมภาษณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างที่มีประเด็นคำถามกำกับตาม 4 ขั้นของ Polya ใช้เพื่อให้ผู้เรียนอธิบายวิธีคิดและเหตุผลประกอบการแก้ปัญหา ร่างประเด็นสัมภาษณ์ได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องกับกรอบแนวคิด วัตถุประสงค์ ความตรงเชิงเนื้อหา และความชัดเจนของภาษาโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าดัชนีความสอดคล้องของรายการอยู่ระหว่าง 0.67–1.00

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลดำเนินการในบริบทชั้นเรียนจริงตามแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 2 คาบ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ก่อนเรียน ผู้วิจัยชี้แจงการใช้งานเว็บไซต์และจัดนักเรียน 16 คน เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 4 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน และ 1 กลุ่ม 4 คน เพื่อให้จำนวนสมาชิกสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายจริง จากนั้นสาธิตการใช้องค์ประกอบทั้ง 7 และให้นักเรียนทดลองเข้าใช้ระบบ

ระหว่างเรียน นักเรียนทำภารกิจจากสถานการณ์ปัญหาเป็นกลุ่ม โดยสามารถเลือกใช้ศูนย์การเรียนรู้ ศูนย์เครื่องมือทางปัญญา ศูนย์ช่วยเหลือ ศูนย์ร่วมมือ ศูนย์ให้คำแนะนำ และศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาตามความจำเป็น หลังจบกิจกรรม ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปคำตอบและทบทวน 4 ขั้นของ Polya

หลังเรียน นักเรียนทั้ง 16 คน ทำแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากนั้นสัมภาษณ์นักเรียน 10 คน ที่คัดเลือกแบบเจาะจง โดยแบ่งตามคะแนนแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเป็นต่ำกว่าร้อยละ 50 จำนวน 5 คน และตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จำนวน 5 คน เพื่อให้ข้อมูลเชิงคุณภาพสะท้อนวิธีคิดของผู้เรียนที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ที่ใช้แบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย คือ ค่าเฉลี่ย (*M*) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และร้อยละ

2. การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ ที่ใช้แบบสัมภาษณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ใช้วิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลโดยการสรุป ตีความ และบรรยายเชิงวิเคราะห์ โดยอาศัยพื้นฐานจากการประยุกต์จากหลักของ Polya (1957)

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เกมดิจิทัลตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ฯ ที่ได้จากแบบวัดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Table 1

The Results of the Analysis of Students' Mathematical Problem-Solving After Learning with the Learning Environment, Compared to the Specified Criteria (70% of the Total Score)

ผลการวิเคราะห์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ฯ เทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม)

จำนวนนักเรียน	นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์		นักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์		คะแนนผลการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์			
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย (*M*)	ร้อยละ
16	15	93.75	1	6.25	16	11	13.88	86.75

ผลการวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 13.88 คะแนนจากคะแนนเต็ม 16 คะแนน (*SD* = 1.54) คิดเป็นร้อยละ 86.75 นักเรียน 15 จาก 16 คน หรือร้อยละ 93.75 ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มขึ้นไป และมีนักเรียน 1 คน หรือร้อยละ 6.25 ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ดังนั้นสัดส่วนผู้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 93.75 จึงสูงกว่าเกณฑ์ระดับกลุ่มที่กำหนดให้นักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 80 ต้องผ่านเกณฑ์รายบุคคลร้อยละ 70 ทั้งนี้ ตัวเลขร้อยละ 86.75 หมายถึงคะแนนเฉลี่ยเทียบกับคะแนนเต็ม ส่วนร้อยละ 93.75 หมายถึงสัดส่วนของนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ ซึ่งเป็นคนละตัวชี้วัด

2. ผลจากการสัมภาษณ์นักเรียน 10 คน ที่คัดเลือกแบบเจาะจงจากกลุ่มเป้าหมาย วิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์โปรโตคอลตาม 4 ขั้นของ Polya พบรูปแบบการคิด ดังต่อไปนี้

2.1 การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) นักเรียนสามารถแยกข้อมูลที่โจทย์กำหนดออกจากสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบในสถานการณ์ "นัทขายนมช็อกโกแลตในงานวันคริสต์มาส" โดยระบุจำนวนนมช็อกโกแลต ค่ากล่องบรรจุ และจำนวนเงินรวมเป็นข้อมูลที่กำหนด และระบุราคานมช็อกโกแลตเป็นสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ ลักษณะการคิดดังกล่าวสะท้อนว่าดังกล่าวสะท้อนว่าผู้เรียนไม่ได้เริ่มจากการคำนวณทันที แต่จัดโครงสร้างข้อมูลของปัญหาก่อน

2.2 การวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) นักเรียนกำหนดราคานมช็อกโกแลตเป็นตัวแปร x แล้วเชื่อมข้อมูล "4 กล่อง" "ค่ากล่อง 8 บาท" และ "รวม 88 บาท" เป็นประโยคสัญลักษณ์ 4x + 8 = 88 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนข้อมูลจากภาษาของสถานการณ์ไปเป็นตัวแทนทางพีชคณิต ซึ่งสะท้อนให้เห็นวิธีการวางแผนก่อนดำเนินการคำนวณอย่างชัดเจน

2.3 การลงมือทำตามแผนหรือวิธีการที่วางไว้ (Carrying out the Plan) นักเรียนดำเนินการจากสมการ 4x + 8 = 88 โดยจัดการค่าคงตัวและสัมประสิทธิ์ตามลำดับจนได้ x = 20 ข้อมูลโปรโตคอลแสดงการดำเนินการตามแผนที่สร้างไว้ในขั้นก่อนหน้ามากกว่าการคาดเดาคำตอบจากตัวเลขในโจทย์

2.4 การตรวจคำตอบ (Looking Back) นักเรียนแทนค่า x = 20 กลับในสมการ 4x + 8 = 88 และตรวจได้ว่า 4(20) + 8 = 88 หรือ 88 = 88 จากนั้นเชื่อมผลกลับไปยังบริบทของโจทย์ว่า "ราคานมช็อกโกแลตเท่ากับ 20 บาท" ขั้นตอนนี้แสดงทั้งการตรวจความถูกต้องเชิงสัญลักษณ์และการตีความคำตอบให้สัมพันธ์กับสถานการณ์ปัญหา

อภิปรายผล (Discussion)

ผลเชิงปริมาณแสดงว่า นักเรียน 15 จาก 16 คน (ร้อยละ 93.75) ผ่านเกณฑ์รายบุคคลร้อยละ 70 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ระดับกลุ่มที่กำหนดไว้ที่ร้อยละ 80 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 86.75

ของคะแนนเต็ม การพิจารณาข้อมูลทั้งสองตัวชี้วัดควบคู่กันทำให้เห็นทั้งระดับคะแนนโดยรวมและสัดส่วนผู้เรียนที่บรรลุเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาส่วนนี้เป็น One-shot case study จึงไม่สามารถระบุได้ว่าผลที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากนวัตกรรมเพียงปัจจัยเดียว ผลควรตีความเป็นหลักฐานเบื้องต้นจากกลุ่มเป้าหมายและบริบทที่ศึกษา

ข้อมูลโปรโตคอลช่วยอธิบายลักษณะการแก้ปัญหาที่อยู่เบื้องหลังคะแนน โดยพบว่า ผู้เรียนสามารถแยกข้อมูลของโจทย์ กำหนดตัวแปร สร้างสมการ 4x + 8 = 88 ดำเนินการจนได้ x = 20 และแทนค่ากลับเพื่อตรวจว่า 88 = 88 กระบวนการคิดดังกล่าวสอดคล้องกับ 4 ขั้นของ Polya และทำให้ผลการวิจัยไม่ได้พึ่งพาคะแนนจากแบบวัดเพียงอย่างเดียว ในเชิงการออกแบบสถานการณ์ปัญหาและความท้าทายของเกมทำหน้าที่ดึงผู้เรียนเข้าสู่ขั้นทำความเข้าใจปัญหา การตอบสนองของระบบและการเข้าถึงศูนย์การเรียนรู้/เครื่องมือทางปัญญาช่วยให้ผู้เรียนสร้างและดำเนินแผน ส่วนข้อมูลป้อนกลับและศูนย์ส่งเสริมการแก้ปัญหาเปิดโอกาสให้ผู้เรียนตรวจคำตอบและย้อนกลับไปทบทวนเมื่อยังไม่สำเร็จ ความสัมพันธ์เชิงหน้าที่ระหว่างกลไกเกมกับขั้นของ Polya นี้เป็นจุดสำคัญของการบูรณาการ ไม่ใช่เพียงการเพิ่มเกมเพื่อสร้างความสนุก

ผลที่พบสอดคล้องกับงานร่วมสมัยที่รายงานศักยภาพของการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์และเกมดิจิทัลต่อการมีส่วนร่วมและการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (Hui & Mahmud, 2023; Thamklang et al., 2024; Avwiri & Obioma, 2025) และสอดคล้องกับข้อค้นพบที่ว่า คุณลักษณะของเกมดิจิทัลสามารถสัมพันธ์กับแรงจูงใจ ภาระทางปัญญา และการได้มาซึ่งความรู้ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ (Xiang et al., 2025) อย่างไรก็ตาม กลุ่มเป้าหมายมีเพียง 16 คน และไม่มีการสุ่มหรือกลุ่มเปรียบเทียบ จึงควรศึกษาซ้ำกับกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ใช้การวัดก่อน–หลังหรือกลุ่มเปรียบเทียบและเก็บข้อมูลระบบระหว่างเรียนเพิ่มเติม เพื่อแยกให้ชัดขึ้นว่ากลไกใดของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการแก้ปัญหา

สรุปผล (Conclusions)

การศึกษานี้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์เฉลี่ย 13.88 จาก 16 คะแนน (*SD* = 1.54) หรือร้อยละ 86.75 และมีนักเรียน 15 จาก 16 คน (ร้อยละ 93.75) ผ่านเกณฑ์รายบุคคลร้อยละ 70 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ระดับกลุ่มที่กำหนดให้นักเรียนอย่างน้อยร้อยละ 80 ต้องผ่านเกณฑ์ดังกล่าว ข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักเรียน 10 คนยังแสดงกระบวนการคิดครบ 4 ขั้นของ Polya ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การลงมือทำตามแผน และการตรวจคำตอบ ผลดังกล่าวสนับสนุนการนำสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ไปใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมแก้ปัญหาในบริบทใกล้เคียง แต่ไม่ควรตีความเป็นข้อสรุปเชิงเหตุและผลเนื่องจากไม่มีคะแนนการแก้ปัญหาก่อนเรียนและไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ งานวิจัยต่อไปควรใช้แบบวิจัยที่สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจนขึ้นและเก็บข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของผู้เรียนระหว่างแต่ละกลไกของเกมเพื่ออธิบายกระบวนการแก้ปัญหาในระดับที่ละเอียดกว่าเดิม

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Ethics)

งานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เลขที่รับรอง HE683610 ลงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2569

การใช้ปัญญาประดิษฐ์ในบทความ (Declaration of Generative AI)

ผู้วิจัยไม่ได้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์เชิงกำเนิดในการจัดทำบทความนี้

แหล่งทุนวิจัย (Funding)

ผู้วิจัยไม่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากหน่วยงานภายนอก

การประกาศผลประโยชน์ทับซ้อน (Declaration of Competing Interest)

ผู้เขียนขอประกาศว่าไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อนใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการศึกษาวิจัยนี้

การมีส่วนร่วมของผู้เขียน (Author Contributions)

ภากร สุรพงษ์รัตน์: เขียนต้นฉบับร่างแรก ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับ ออกแบบแนวคิดการวิจัย ดำเนินการวิจัย จัดการข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล พัฒนาซอฟต์แวร์ และสร้างภาพประกอบ **สุมาลี ชัยเจริญ:** ทบทวนและแก้ไขต้นฉบับ ออกแบบแนวคิดการวิจัย ออกแบบวิธีการวิจัย และกำกับดูแลการวิจัย

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะศึกษาศาสตร์ สาขานวัตกรรมเทคโนโลยี และวิทยาการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (References)

Avwiri, E., & Obioma, K. C. (2025). Effect of a constructivist approach on students' problem-solving skills in mathematics education. *Journal of Education in Developing Areas, 33*(1), 103–113. https://journals.journalsplace.org/index.php/JEDA/article/view/662

Boonying, P., & Thongmoon, M. (2025). The development of mathematical problem-solving ability and mathematics achievement by using deductive learning with GeoGebra program for grade 11 students. *Journal of Education Burapha University, 36*(3), 73–95. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edubuu/article/view/278942

Chaijaroen, S. (Ed.). (2016). *Instructional design: Principles and theories to practices* (2nd ed.). Penprinting.

Claro, M., & Castro-Grau, C. (2023). The role of digital technologies in 21st century learning. *Regional Forum on Education Policy, 7*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386981_eng

Daungtod, S., & Chaijaroen, S. (2019). *A synthesis framework of constructivist via gamification-based learning environments model to enhance self-regulation for undergraduate students* [Conference session]. IC4E '19: 10th International Conference on E-Education, E-Business, E-Management and E-Learning. https://doi.org/10.1145/3306500.3306542

Debrenti, E. (2024). Game-based learning experiences in primary mathematics education. *Frontiers in Education, 9*, Article 1331312. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1331312

Drijvers, P., & Sinclair, N. (2024). The role of digital technologies in mathematics education: Purposes and perspectives. *ZDM Mathematics Education, 56*, 239–248. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01535-x

Hui, H. B., & Mahmud, M. S. (2023). Influence of game-based learning in mathematics education on the students' cognitive and affective domain: A systematic review. *Frontiers in Psychology, 14*, Article 1105806. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1105806

McLeod, S. (2025, March 31). *Constructivism as a theory for teaching and learning.* Simply Psychology. https://www.simplypsychology.org/constructivism.html

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). PISA 2022 assessment and analytical framework. OECD. https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational Psychologist, 50*(4), 258–283. https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533

Polya, G. (1957). *How to solve it* (2nd ed.). Princeton University Press.

Sirichokchaitrakool, S. (2024). Effectiveness of the design of the web-based learning environment supporting grade 1 students' problem solving skills. *Educational Management and Innovation Journal, 7*(1), 31–47. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/emi/article/view/265033

Suwannachai, S., Woranetsudathip, N., & Chumwangwapee, P. (2024). The study of results of learning environment based on constructivism to promote grade 3 students' problem solving in mathematics. *Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus, 13*(1), 571–580. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/AJMBU/article/view/275076

Thamklang, W., Kaennakham, J., Jaidaow, W., & Peanork, S. (2024). Design and developing innovative constructivist web-based learning environment (Edulearn) with e-board games that promote solving math problems for students on the subject of GCD. and LCM. for the sixth grade students in Khon Kaen University Demonstration Elementary School (modindaeng). *Journal of Education Khon Kaen University, 47*(1), 1–14. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ/article/view/264758

Thaweechai, S., & Saksangwichit, A. (2025). Effect of Polya's problem solving process incorporating with Think-Pair-Share learning technique on the stoichiometry problem solving ability and self-confidence of Matthayom Suksa 4 students. *Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus, 36*(3), 1–13. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsu/article/view/274216

University at Buffalo. (2024). *Constructivism.* Center for Educational Innovation, University at Buffalo. https://www.buffalo.edu/catt/teach/develop/theory/constructivism.html

Wang, K., Liu, P., Zhang, J., Zhong, J., Luo, X., Huang, J., & Zheng, Y. (2023). Effects of digital game-based learning on students' cyber wellness literacy, learning motivations, and engagement. *Sustainability, 15*(7), Article 5716. https://doi.org/10.3390/su15075716

Xiang, M., Zhang, L., Liu, Y., Wang, X., & Shang, J. (2025). Acquisition of math knowledge in digital and non-digital game-based learning classrooms: Impact of intrinsic motivation and cognitive load. *Entertainment Computing, 52*, Article 100869. https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100869