



การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น A Needs Assessment for Developing a Web Application Integrated with an Artificial Intelligence Chatbot as a Learning Assistant to Enhance Mathematical Literacy among Lower Secondary School Students

อนัสยา เจริญอุดมไพศาล¹ และ จินตวีร์ คล้ายสังข์^{2*}
Anasaya Charoenudompaisal¹ and Jintavee Khlaisang^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น 2) ศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ และ 3) ศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบตามความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเชิงปริมาณเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 391 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มในระดัภูมิภาค (Cluster sampling) และตัวอย่างเชิงคุณภาพเป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยการหาค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นแบบปรับปรุง ($PNI_{modified}$) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนส่วนใหญ่เข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่บ้านและมีประสบการณ์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ คิดเป็นร้อยละ 92.58 โดยปัญหาด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่พบมากที่สุดคือการแก้โจทย์ที่ซับซ้อน คิดเป็นร้อยละ 85.17 2) ความต้องการจำเป็นสูงสุดอยู่ที่ด้านรูปแบบกิจกรรมและฟังก์ชันของแพลตฟอร์ม ($PNI_{modified} = 0.17$) รองลงมา คือ ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ($PNI_{modified} = 0.16$) และด้านประสบการณ์การเรียนรู้ ($PNI_{modified} = 0.13$) และ 3) ครูผู้สอนคณิตศาสตร์เสนอว่าระบบควรมีโจทย์เชื่อมโยงสถานการณ์จริง แชทบอตที่ให้คำใบ้และคำถามชี้แนะ ระบบปรับระดับคำถามตามความสามารถของผู้เรียน และระบบติดตามความก้าวหน้ารายบุคคล ผลการวิจัยสะท้อนว่าการพัฒนาระบบควรมุ่งสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเอง การโต้ตอบอย่างมีความหมาย และการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : เว็บแอปพลิเคชัน, แชทบอตปัญญาประดิษฐ์, ผู้ช่วยเรียนรู้, ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

¹ นิสิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : anasaya.c@gmail.com
Master Student in Division of Educational Technology and Communications, Department of Educational Technology and Communications,
Faculty of Education, Chulalongkorn University. Email: anasaya.c@gmail.com

² ศาสตราจารย์ ดร. ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : jinmonsakul@gmail.com
Professor (Ph.D.) in Division of Educational Technology and Communications, Department of Educational Technology and Communications,
Faculty of Education, Chulalongkorn University. Email: jinmonsakul@gmail.com

Abstract

The aims of this study were to: 1) explore lower secondary school students' basic information regarding digital technology use and mathematics learning; 2) investigate the prioritized needs for developing a web application integrated with an artificial intelligence chatbot as a learning assistant to enhance mathematical literacy; and 3) examine system development guidelines based on mathematics teachers' opinions. The quantitative sample consisted of 391 lower secondary school students selected through regional cluster sampling, while the qualitative sample included 5 mathematics teachers who were selected through purposive sampling. The research instruments were a questionnaire and a semi-structured interview form. Quantitative data were analyzed using frequency, percentage, mean, standard deviation, and the Modified Priority Needs Index (PNI_{modified}), while qualitative data were analyzed using content analysis. The findings revealed that: 1) most students had access to the internet at home and had high levels of experience using artificial intelligence, accounting for 92.58%, while the most common problem in mathematics learning was solving complex problems, accounting for 85.17%; 2) the highest priority need was in the dimension of activity design and platform functions ($PNI_{\text{modified}} = 0.17$), followed by the use of technology for mathematics learning ($PNI_{\text{modified}} = 0.16$) and learning experiences ($PNI_{\text{modified}} = 0.13$); and 3) mathematics teachers suggested that the system should include real-world problem situations, a chatbot capable of providing hints and guiding questions, adaptive questions based on learners' ability levels, and an individualized progress-tracking system. The findings suggest that the development of the system should emphasize self-directed learning, meaningful interaction, and continuous monitoring of learners' progress.

Keywords: web application, artificial intelligence chatbot, learning assistant, mathematical literacy

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์พื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียน เช่น การวิเคราะห์ การใช้เหตุผล การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในบริบทที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญในศตวรรษที่ 21 และจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคดิจิทัล (Erdoğan & Zengin, 2025; Kappassova et al., 2025; Lina et al., 2025; Taguma et al., 2023; OECD, 2023a) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์จึงไม่ควรมุ่งเพียงการคำนวณหรือการจดจำสูตร แต่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง ใช้เหตุผลอย่างเป็นระบบ และอธิบายแนวคิดของตนเองได้อย่างเหมาะสม

แนวคิดที่ได้รับความสำคัญในระดับนานาชาติ คือ ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical literacy) ซึ่ง OECD ให้นิยามว่าเป็นสมรรถนะในการให้เหตุผล คิด ใช้ และตีความคณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในบริบทชีวิตจริงที่หลากหลาย โดยครอบคลุมความสามารถในการกำหนดปัญหา สร้างแบบจำลอง เลือกริธีแก้ปัญหา ตีความผลลัพธ์ และประเมินความสมเหตุสมผลของคำตอบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2568; OECD, 2023b; OECD, 2023c; UNESCO, 2021) ทั้งนี้ กรอบการประเมิน PISA

2022 ยังชี้ให้เห็นว่า ผู้เรียนต้องสามารถคิดหรือแปลงสถานการณ์ให้อยู่ในรูปคณิตศาสตร์ ใช้แนวคิดและวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา และตีความผลลัพธ์กลับสู่บริบทจริง จึงจะถือว่ามีความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง (OECD, 2023b)

อย่างไรก็ตาม ผลการประเมิน PISA 2022 (OECD, 2023b) โดยผู้เรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์อยู่ที่ 394 คะแนน ลดลงจาก 419 คะแนนในปี 2018 และต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ซึ่งอยู่ที่ 472 คะแนน นอกจากนี้ มีนักเรียนไทยเพียงร้อยละ 32 ที่มีสมรรถนะถึงระดับขั้นต่ำ (Level 2) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย OECD ที่ร้อยละ 69 สะท้อนว่านักเรียนไทยยังมีข้อจำกัดด้านการคิดวิเคราะห์ การตีความข้อมูล และการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง แม้จะเรียนเนื้อหาตามหลักสูตรแล้วก็ตาม แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้ตอบสนองต่อการคิดเชิงเหตุผล การสร้างแบบจำลอง และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์มากขึ้น โดยเฉพาะในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นซึ่งเป็นช่วงวัยสำคัญของการพัฒนาทักษะดังกล่าว (World Economic Forum, 2025)

ในบริบทการเรียนรู้ยุคดิจิทัล เว็บแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์เป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในการสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านการเข้าถึงเนื้อหาได้ทุกที่ทุกเวลา การโต้ตอบ การตั้งคำถามขึ้นนำ การให้คำแนะนำที่ละเอียด และ การสะท้อนกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าเว็บแอปพลิเคชัน และแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์สามารถสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้หลายด้าน เช่น การให้ผลย้อนกลับทันที การเรียนรู้แบบเฉพาะบุคคล และการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (นพณัฐ ผลทวี และ ไหมไทย ไชยพันธุ์, 2567) ขณะเดียวกันงานวิจัยเกี่ยวกับความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ได้ชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง การใช้เหตุผล และการสะท้อนคิด สามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้ (พิสิทธา กาชัย และคณะ, 2566; อสิริยาภรณ์ เสวตรพนิต และคณะ, 2568) นอกจากนี้ แนวคิดการฝึกหัดเชิงความคิด (Cognitive Apprenticeship) ยังได้รับการเสนอว่าเป็นแนวทางที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านการสาธิต การโค้ช การให้โครงช่วย และการสะท้อนคิดอย่างเป็นลำดับขั้น (Wang et al., 2024)

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ยังไม่พบการศึกษาที่มุ่งสำรวจความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยตรง โดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีของผู้เรียน พื้นฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์ สภาพปัญหาที่ผู้เรียนเผชิญ และความต้องการต่อฟังก์ชันของระบบ ซึ่งเป็นสารสนเทศสำคัญสำหรับการออกแบบและพัฒนานวัตกรรมให้เหมาะสมกับผู้ใช้จริง

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์จึงมีความสำคัญ เนื่องจากช่วยสะท้อนทั้งสภาพปัจจุบันและสภาพที่คาดหวังของผู้เรียน อันนำไปสู่การมองเห็นช่องว่างของความต้องการที่แท้จริง และใช้เป็นข้อมูลในการจัดลำดับประเด็นสำคัญสำหรับการพัฒนาระบบ การศึกษาลักษณะดังกล่าว จะช่วยให้การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันและแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์มีความสอดคล้องกับบริบทของผู้ใช้

มากยิ่งขึ้น ทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม การสนับสนุนการคิด และฟังก์ชันการใช้งานที่จำเป็นต่อการส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น
3. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นตามความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและตัวอย่าง

1.1 เชิงปริมาณ

ประชากร คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.)

ตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ได้มาจากการสุ่มเลือกระดับภูมิภาค (Cluster sampling) คำนวณจากสูตรของ Cochran (1977) ได้จำนวนอย่างน้อย 385 คน ผู้วิจัยจึงกำหนดเก็บข้อมูล 400 คน เพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลหรือการตอบแบบสอบถามไม่สมบูรณ์ การได้มาซึ่งตัวอย่างใช้การสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage sampling) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งตัวอย่างตามภูมิภาคของประเทศ 4 ภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้

ขั้นที่ 2 คัดเลือกจังหวัดภูมิภาคละ 2 จังหวัด โดยการเลือกแบบเจาะจงจากจังหวัดที่มีโรงเรียนเข้าร่วมโครงการ PISA

ขั้นที่ 3 คัดเลือกโรงเรียนจังหวัดละ 1 โรงเรียน โดยการเลือกแบบเจาะจงจากโรงเรียนที่เข้าร่วมโครงการ PISA รวมทั้งสิ้น 8 โรงเรียน

ขั้นที่ 4 สุ่มนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากแต่ละโรงเรียนด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โรงเรียนละ 50 คน รวมทั้งสิ้น 400 คน

1.2 เชิงคุณภาพ

ประชากร คือ ครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.)

ตัวอย่าง คือ เป็นครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ จำนวน 5 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติว่าต้องมีประสบการณ์สอนไม่น้อยกว่า 5 ปี ปฏิบัติหน้าที่สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และมีประสบการณ์ใช้สื่อหรือเทคโนโลยีดิจิทัลในการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ คัดเลือกให้ครอบคลุมครูจากหลายภูมิภาคของประเทศ เพื่อให้ได้มุมมองที่หลากหลายและสอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ประเภท ได้แก่ แบบสอบถามสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์

2.1 แบบสอบถามสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

เป็นแบบสอบถามสำรวจประสบการณ์และความต้องการจำเป็นในการใช้เว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ ตามแนวคิดการฝึกหัดเชิงความคิดของ Collins et al. (1989) เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น เพศ ระดับชั้น ผลการเรียนรู้เฉลี่ย และการเข้าถึงเทคโนโลยี

ตอนที่ 2 พฤติกรรมและประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการเรียนรู้ เช่น การใช้เว็บแอปพลิเคชัน สื่อออนไลน์ และความถี่ในการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้

ตอนที่ 3 พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

ตอนที่ 4 ความต้องการจำเป็นในการใช้เว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ด้านฟังก์ชันและรูปแบบเทคโนโลยี และด้านแรงจูงใจและประสบการณ์การเรียนรู้

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยประเมินค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ผลการประเมินพบว่าแบบสอบถามมีค่า I-CVI อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 และมีค่า S-CVI เท่ากับ 0.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สมเหตุสมผลและน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขถ้อยคำ เนื้อหา และความเหมาะสมของข้อคำถามให้มีความชัดเจนและเหมาะสมยิ่งขึ้น จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงสมบูรณ์แล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อทดสอบค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่าความเที่ยงโดยรวมเท่ากับ 0.88 ซึ่งอยู่ในระดับสูง แสดงให้เห็นว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้เก็บข้อมูลกับตัวอย่างได้จริง

2.2 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างสำหรับครูผู้สอนคณิตศาสตร์

เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ใช้เพื่อศึกษามุมมองเชิงลึกของครูเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหาที่พบในชั้นเรียน และแนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปัญหาในชั้นเรียน และตอนที่ 2 ความต้องการต่อเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์เพื่อการเรียนรู้

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยด้านความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity Index: CVI) ผลการประเมินพบว่าค่าดัชนีความตรงเชิงเนื้อหามีค่า I-CVI อยู่ระหว่าง 0.67 ถึง 1.00 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ ผู้วิจัยจึงปรับปรุงถ้อยคำและลำดับคำถามตามข้อเสนอแนะก่อนนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google Forms กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เป็นตัวอย่าง โดยประสานขอความอนุเคราะห์จากโรงเรียนที่ได้รับการคัดเลือกเพื่อส่งลิงก์แบบสอบถามให้ผู้ตอบตามจำนวนที่กำหนด ทั้งนี้ ก่อนการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัย ระยะเวลาในการตอบ สิทธิในการปฏิเสธหรือยุติการตอบได้ตลอดเวลา และการรักษาความลับของข้อมูล โดยไม่ระบุชื่อหรือข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงอคติที่อาจเกิดจากการตอบแบบสอบถามออนไลน์ เช่น การตอบไม่ครบถ้วนหรือการตอบโดยไม่พิจารณาข้อคำถามอย่างรอบคอบ จึงตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ และใช้เฉพาะแบบสอบถามที่สมบูรณ์ จำนวน 391 ฉบับ

3.2 เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างกับครูผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 คน เป็นรายบุคคล คนละ 1 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 5 ครั้ง ใช้เวลาครั้งละประมาณ 20–30 นาที โดยนัดหมายวัน เวลา และรูปแบบออนไลน์ ก่อนการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอความยินยอมในการให้ข้อมูลและการบันทึกข้อมูล พร้อมทั้งยืนยันการรักษาความลับ และเปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลสามารถยุติการสัมภาษณ์ได้ตลอดเวลา

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ดังนี้

4.1 อธิบายข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเรียนรู้คณิตศาสตร์วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของสภาพปัจจุบันและสภาพที่คาดหวัง และจัดลำดับความต้องการจำเป็นด้วยดัชนีลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นแบบปรับปรุง (Modified Priority Needs Index: PNI_{modified}) ของสุวิมล ว่องวาณิช (2562) จากสูตร $PNI_{modified} = (I - D)/D$

โดยที่ PNI_{modified} หมายถึง ดัชนีเรียงลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น

I หมายถึง สภาพที่ควรจะเป็น

D หมายถึง สภาพจริงที่เป็นจริง

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ วิเคราะห์โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) จากนั้นสรุปสาระสำคัญและจัดหมวดหมู่ประเด็น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้

ผลการวิจัย

ผลการวิจัย เรื่อง การศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บไซต์แอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น แบ่งเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการสำรวจนักเรียนส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่บ้านได้ คิดเป็นร้อยละ 91.56 ขณะเดียวกัน นักเรียนส่วนใหญ่ใช้อินเทอร์เน็ตมากกว่า 6 ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 64.71 สะท้อนว่าตัวอย่างมีการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและมีประสบการณ์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในระดับค่อนข้างสูง นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่เคยใช้แพลตฟอร์มหรือแอปเพื่อการเรียนคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 77.75 การใช้ AI ในการเรียนหรือชีวิตประจำวัน คิดเป็นร้อยละ 92.58 และการใช้ Chatbot คิดเป็นร้อยละ 82.10 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีประสบการณ์พื้นฐานกับเทคโนโลยีดิจิทัลและปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญต่อการออกแบบเว็บไซต์แอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียน (ตาราง 1)

ตาราง 1

ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น (n = 391)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตบ้าน		
มี	358	91.56
ไม่มี	33	8.44
ระยะเวลาการใช้อินเทอร์เน็ตต่อวัน		
น้อยกว่า 1 ชั่วโมง	7	1.79
1-3 ชั่วโมง	23	5.88
4-6 ชั่วโมง	108	27.62
มากกว่า 6 ชั่วโมง	253	64.71

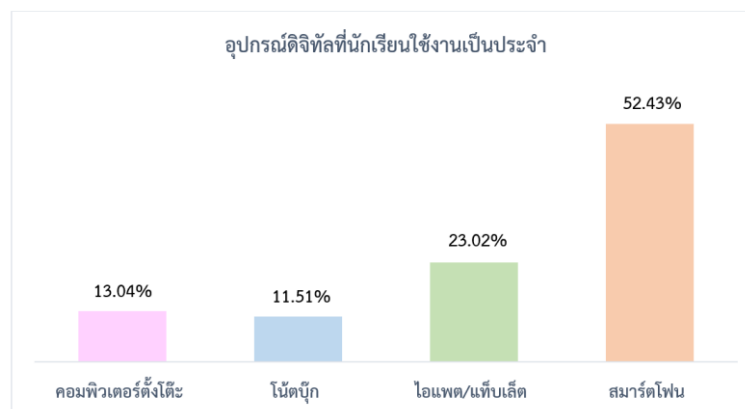
ตาราง 1 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 391$)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ประสบการณ์การใช้แพลตฟอร์มหรือแอปเพื่อการเรียนคณิตศาสตร์		
เคย	304	77.75
ไม่เคย	87	22.25
การใช้ AI ในการเรียนหรือชีวิตประจำวัน		
เคย	362	92.58
ไม่เคย	29	7.42
การใช้ Chatbot		
เคย	321	82.10
ไม่เคย	70	17.90

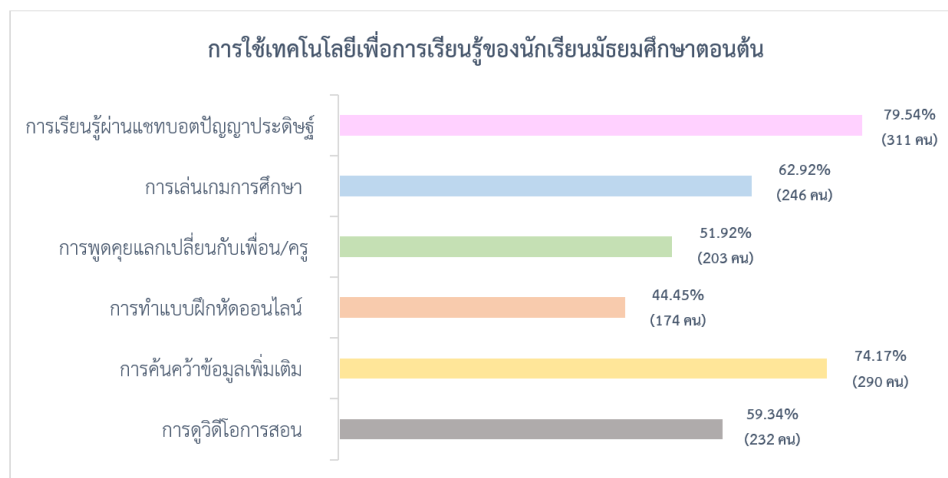
อุปกรณ์ดิจิทัลที่นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นใช้งานเป็นประจำมากที่สุด คือ สมาร์ทโฟน คิดเป็นร้อยละ 52.43 รองลงมา คือ ไอแพด/แท็บเล็ต คิดเป็นร้อยละ 23.02 คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คิดเป็นร้อยละ 13.04 และโน้ตบุ๊ก คิดเป็นร้อยละ 11.51 ตามลำดับ (ภาพ 1)

ภาพ 1

ผลการสำรวจการใช้อุปกรณ์ดิจิทัลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 391$)

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้มากที่สุดในการเรียนรู้ผ่านแพลตฟอร์มปัญหาประดิษฐ์คิดเป็นร้อยละ 79.54 รองลงมา คือ การค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 74.17 การเล่นเกมการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 62.92 การดูวิดีโอการสอน คิดเป็นร้อยละ 59.34 การพูดคุยแลกเปลี่ยนกับเพื่อน/ครู คิดเป็นร้อยละ 51.92 และการทำแบบฝึกหัดออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 44.45 ตามลำดับ (ภาพ 2)

ภาพ 2

ผลสำรวจการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 391$)

หมายเหตุ: ผู้ตอบสามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($M = 3.29$, $SD = 0.90$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุดคือนักเรียนมีความมั่นใจในการคำนวณพื้นฐาน เช่น บวก ลบ คูณ หาร ($M = 4.18$, $SD = 0.90$) รองลงมาคือนักเรียนสามารถใช้ทักษะคณิตศาสตร์ในการคำนวณหรือหาคำตอบได้อย่างมีเหตุผล ($M = 3.56$, $SD = 0.71$) และนักเรียนสามารถใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้ ($M = 3.53$, $SD = 0.86$) ขณะที่ข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือนักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญเมื่อโจทย์มีข้อความยาว ($M = 2.49$, $SD = 0.88$) รองลงมา ได้แก่ นักเรียนสับสนเมื่อตัวเลขหรือเงื่อนไขของโจทย์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ($M = 2.78$, $SD = 1.01$) และนักเรียนใช้แอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์เพื่อฝึกทำโจทย์คณิตศาสตร์ ($M = 2.91$, $SD = 1.13$) สะท้อนว่านักเรียนมีพื้นฐานด้านการคำนวณในระดับค่อนข้างดี แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการตีความโจทย์ การจัดการกับข้อมูลในโจทย์ที่ซับซ้อน และการใช้เครื่องมือดิจิทัลเพื่อฝึกเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ตาราง 2)

ตาราง 2

ข้อมูลพื้นฐานด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ($n = 391$)

รายการ	<i>M</i>	<i>SD</i>	ระดับ
1. นักเรียนสามารถเข้าใจโจทย์คณิตศาสตร์ที่มีหลายเงื่อนไขได้ด้วยตนเอง	3.45	0.69	มาก
2. นักเรียนสามารถวางแผนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนได้	3.25	0.64	ปานกลาง
3. นักเรียนไม่สามารถระบุข้อมูลสำคัญเมื่อโจทย์มีข้อความยาว	2.49	0.88	ปานกลาง
4. นักเรียนสามารถใช้ความรู้คณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริงได้	3.53	0.86	มาก
5. นักเรียนสับสนเมื่อตัวเลขหรือเงื่อนไขของโจทย์เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	2.78	1.01	ปานกลาง
6. นักเรียนสามารถใช้ทักษะคณิตศาสตร์ในการคำนวณหรือหาคำตอบได้อย่างมีเหตุผล	3.56	0.71	มาก

ตาราง 2 (ต่อ)

ข้อมูลพื้นฐานด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ($n = 391$)

รายการ	<i>M</i>	<i>SD</i>	ระดับ
7. นักเรียนสามารถตีความผลลัพธ์และอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบได้	3.38	0.91	ปานกลาง
8. นักเรียนมีความมั่นใจในการคำนวณพื้นฐาน เช่น บวก ลบ คูณ หาร	4.18	0.90	มาก
9. นักเรียนมักจะสอบถามครูหรือเพื่อนเมื่อไม่เข้าใจเนื้อหา	3.44	1.01	มาก
10. นักเรียนใช้แอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์เพื่อฝึกทำโจทย์คณิตศาสตร์	2.91	1.13	ปานกลาง
11. นักเรียนรู้สึกกังวลหรือกลัวเมื่อทำโจทย์คณิตศาสตร์ยาก ๆ	3.24	1.20	ปานกลาง
รวม	3.29	0.90	ปานกลาง

จากปัญหานี้ที่นักเรียนพบมากที่สุดในการเรียนคณิตศาสตร์ คือ การแก้โจทย์ที่ซับซ้อน คิดเป็นร้อยละ 85.17 รองลงมา คือ การประยุกต์ใช้กับชีวิตจริง คิดเป็นร้อยละ 44.50 ความเข้าใจเนื้อหา คิดเป็นร้อยละ 40.92 และการเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละบทเรียน คิดเป็นร้อยละ 33.50 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีข้อจำกัดในการจัดการกับโจทย์ที่ต้องใช้กระบวนการคิดหลายขั้นตอน รวมถึงการนำความรู้คณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในบริบทจริง ซึ่งสอดคล้องกับประเด็นด้านความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยมุ่งศึกษา (ตาราง 3)

ตาราง 3

ปัญหาที่นักเรียนพบในการเรียนคณิตศาสตร์ ($n = 391$)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ความเข้าใจเนื้อหา	160	40.92
2. การประยุกต์ใช้กับชีวิตจริง	174	44.50
3. การแก้โจทย์ที่ซับซ้อน	333	85.17
4. การเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละบทเรียน	131	33.50

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอต ปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็น (Modified Priority Needs Index: $PNI_{modified}$) ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านรูปแบบกิจกรรมและฟังก์ชันของแพลตฟอร์มมีค่าดัชนีความต้องการจำเป็นสูงที่สุด ($PNI_{modified} = 0.17$) รองลงมา ได้แก่ ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ($PNI_{modified} = 0.16$) และด้านประสบการณ์การเรียนรู้ ($PNI_{modified} = 0.13$) ตามลำดับ (ตาราง 4)

ตาราง 4

ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับเซตของปัญหาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 391$)

รายการประเมิน	สภาพความเป็นจริง (D)			สภาพที่คาดหวัง (I)			PNI	ลำดับ
	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล		
1. ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์								2
1.1 นักเรียนสามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อค้นคว้าหรือเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ	3.46	0.79	มาก	4.52	0.72	มากที่สุด	0.31	1
1.2 นักเรียนเคยใช้แอป หรือเว็บไซต์ออนไลน์เพื่อฝึกทำแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง	3.33	1.18	ปานกลาง	4.06	0.98	มาก	0.22	2
1.3 นักเรียนเคยใช้เทคโนโลยี AI หรือเซตของปัญหาหรืออธิบายแนวคิดคณิตศาสตร์	4.07	1.01	มาก	4.37	1.03	มากที่สุด	0.07	5
1.4 นักเรียนใช้แพลตฟอร์มมีระบบโต้ตอบทันที หรือแนะนำการคิดทีละขั้น	3.50	1.11	มาก	3.87	1.20	มาก	0.11	4
1.5 นักเรียนสามารถใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตเพื่อเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้สะดวก	4.06	1.07	มาก	4.56	0.79	มากที่สุด	0.12	3
รวม	3.68	1.03	มาก	4.28	0.94	มากที่สุด	0.16	-
2. ด้านรูปแบบกิจกรรมและฟังก์ชันของแพลตฟอร์ม								1
2.1 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีเกมหรือสถานการณ์จำลองเพื่อฝึกทักษะการแก้ปัญหา	3.76	1.21	มาก	4.28	0.98	มากที่สุด	0.14	5
2.2 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีระบบติดตามผลและแสดงความก้าวหน้าการเรียนรู้ของผู้เรียน	3.59	1.06	มาก	4.28	0.98	มากที่สุด	0.19	2
2.3 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีระบบแนะนำแบบฝึกหัดตามระดับความสามารถ	3.85	0.88	มาก	4.43	0.77	มากที่สุด	0.15	4
2.4 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีระบบสะท้อนผล (Log หรือ Dashboard) หลังเรียน	3.69	1.04	มาก	4.28	0.96	มากที่สุด	0.16	3

ตาราง 4 (ต่อ)

ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับเซตของปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ เพื่อส่งเสริม
 ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ($n = 391$)

รายการประเมิน	สภาพความเป็นจริง (D)			สภาพที่คาดหวัง (I)			PNI	ลำดับ
	M	SD	แปลผล	M	SD	แปลผล		
2.5 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีฟังก์ชันให้ผู้เรียนสะท้อนความเข้าใจของตนเองหลังการเรียนรู้แต่ละครั้ง	3.72	1.02	มาก	4.46	0.72	มากที่สุด	0.20	1
รวม	3.72	1.04	มาก	4.35	0.88	มากที่สุด	0.17	-
3. ด้านประสบการณ์การเรียนรู้								3
3.1 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีผู้ช่วยเสมือน (AI Agent) ที่พูดคุยและให้คำแนะนำได้เหมือนครู	4.04	1.12	มาก	4.69	0.61	มากที่สุด	0.16	2
3.2 นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมในการโต้ตอบ ถาม-ตอบ กับ AI มากกว่าการรับคำตอบตรง ๆ	3.69	1.04	มาก	4.35	1.03	มากที่สุด	0.19	1
3.3 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มช่วยเพิ่มความมั่นใจในการแก้โจทย์คณิตศาสตร์ด้วยตนเอง	3.83	0.93	มาก	4.41	0.84	มากที่สุด	0.15	3
3.4 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มให้ข้อเสนอแนะเชิงบวก หรือคำชม เมื่อทำกิจกรรมได้สำเร็จ	3.81	1.10	มาก	4.19	1.07	มาก	0.10	4
3.5 นักเรียนต้องการให้แพลตฟอร์มมีการสะท้อนความเข้าใจหลังจบการเรียนรู้ เช่น สรุปจุดเด่น จุดที่ต้องปรับปรุง หรือคำแนะนำเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ครั้งต่อไป	4.07	1.01	มาก	4.37	1.03	มากที่สุด	0.07	5
รวม	3.89	1.04	มาก	4.40	0.92	มากที่สุด	0.13	-

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นต้องการให้เว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์มีฟีเจอร์ระบบสนทนา (Chatbot) สำหรับถามตอบปัญหามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90.79 รองลงมา ได้แก่ แบบฝึกหัดแบบโต้ตอบ คิดเป็นร้อยละ 68.54 วิดีโอหรือบทเรียนสั้นที่เข้าใจง่าย คิดเป็นร้อยละ 63.17 และเนื้อหาวิดีโอ/บทเรียนที่เข้าใจง่ายและกระชับ คิดเป็นร้อยละ 57.54 ตามลำดับ นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องการเกมหรือสถานการณ์จำลองในการเรียนคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 55.50 และระบบบันทึกความก้าวหน้าและสะท้อนผลการเรียน คิดเป็นร้อยละ 53.71 สะท้อนว่านักเรียนต้องการเครื่องมือช่วยเรียนรู้ที่สามารถโต้ตอบได้ทันที ช่วยอธิบายเนื้อหาอย่างเข้าใจง่าย สนับสนุนการฝึกปฏิบัติ และติดตามพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง (ตาราง 5)

ตาราง 5

ความต้องการของนักเรียนต่อฟีเจอร์ของเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชทบอตปัญญาประดิษฐ์ ($n = 391$)

ฟีเจอร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ระบบสนทนา (Chatbot) สำหรับถามตอบปัญหา	355	90.79
2. แบบฝึกหัดแบบโต้ตอบ	268	68.54
3. เกมหรือสถานการณ์จำลองในการเรียนคณิตศาสตร์	217	55.50
4. เนื้อหาวิดีโอ/บทเรียนที่เข้าใจง่ายและกระชับ	225	57.54
5. วิดีโอหรือบทเรียนสั้น เข้าใจง่าย	247	63.17
6. ระบบแจ้งเตือน/กระตุ้นการเรียน	167	42.71
7. ระบบจัดการบทเรียนแบบแนะนำรายบุคคล	138	35.29
8. ระบบบันทึกความก้าวหน้าและสะท้อนผลการเรียน	210	53.71

หมายเหตุ. ผู้ตอบสามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

นักเรียนให้ความสำคัญกับคุณลักษณะของแพลตฟอร์มด้านการใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 92.84 รองลงมา ได้แก่ การรองรับการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟนหรือแท็บเล็ต คิดเป็นร้อยละ 83.38 และการมีระบบสนับสนุนผู้เรียน เช่น คำใบ้หรือคำอธิบายเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 66.75 ตามลำดับ นอกจากนี้ นักเรียนยังให้ความสำคัญกับการมีแบบฝึกหัดที่หลากหลายและทันสมัย คิดเป็นร้อยละ 51.92 และการประเมินผลแบบเรียลไทม์ คิดเป็นร้อยละ 46.29 สะท้อนว่าการออกแบบแพลตฟอร์มควรคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน ความยืดหยุ่นในการเข้าถึงผ่านอุปกรณ์ดิจิทัล และการสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคลอย่างเหมาะสม (ตาราง 6)

ตาราง 6

คุณลักษณะสำคัญของแพลตฟอร์มตามความคิดเห็นของนักเรียน (n = 391)

คุณลักษณะที่ให้ความสำคัญ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	363	92.84
2. รองรับการใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน/แท็บเล็ต	326	83.38
3. มีแบบฝึกหัดที่หลากหลายและทันสมัย	203	51.92
4. สามารถประเมินผลแบบเรียลไทม์	181	46.29
5. มีระบบสนับสนุนผู้เรียน เช่น คำใบ้หรือคำอธิบายเพิ่มเติม	261	66.75

หมายเหตุ: ผู้ตอบสามารถเลือกคำตอบได้มากกว่า 1 ข้อ

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ตามความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์

จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสังเคราะห์ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ โดยสามารถสรุปได้ 2 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) ปัญหาและข้อจำกัดของนักเรียนในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ และ (2) แนวทางการพัฒนาระบบเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ดังนี้

3.1 ปัญหาและข้อจำกัดของนักเรียนในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์

จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีข้อจำกัดสำคัญในการพัฒนาความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์จริง การตีความข้อมูล และการเลือกวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนส่วนใหญ่มักคุ้นเคยกับโจทย์ที่มีรูปแบบชัดเจนหรือทำตามตัวอย่าง แต่เมื่อพบโจทย์ที่ต้องคิดหลายชั้นกลับทำได้ไม่ทัน ครูผู้ให้ข้อมูลรายหนึ่งสะท้อนว่า “นักเรียนจะกังวลมากเมื่อโจทย์ไม่ได้บอกวิธีทำชัดเจน และต้องอธิบายเหตุผลของคำตอบ” (T1, การสื่อสารส่วนบุคคล, 5 มกราคม 2569) นอกจากนี้ ครูอีกท่านยังเห็นว่า “โจทย์ในบริบททางสังคมและวิทยาศาสตร์เป็นบริบทที่ยากสำหรับนักเรียน เนื่องจากต้องตีความข้อมูลหลายส่วน จึงควรออกแบบระบบให้ช่วยฝึกการตีความสถานการณ์จริงและการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์มากขึ้น” (T2, การสื่อสารส่วนบุคคล, 7 มกราคม 2569) ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าการพัฒนาระบบควรให้ความสำคัญกับโจทย์สถานการณ์จริง การตีความข้อมูล และการฝึกใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์

3.2 แนวทางการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้

จากการสัมภาษณ์ครูผู้สอนคณิตศาสตร์ พบว่า ระบบควรสนับสนุนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งด้านการฝึกแก้ปัญหา การนำเสนอโจทย์ตามระดับความสามารถของผู้เรียน การให้ผลย้อนกลับทันที และการติดตามพัฒนาการรายบุคคล อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้นอกเวลาเรียนได้ ดังที่ครูผู้ให้ข้อมูลรายหนึ่งกล่าวว่า “ถ้ามีเว็บแอปที่ช่วยจัดโจทย์ให้เหมาะกับระดับของนักเรียนและบอกผลย้อนกลับทันที

จะช่วยให้เด็กได้ฝึกคิดด้วยตนเองมากขึ้น” (T3, การสื่อสารส่วนบุคคล, 8 มกราคม 2569) นอกจากนี้ครูส่วนใหญ่มองว่าแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ควรทำหน้าที่เป็น “ผู้ช่วยเรียนรู้” มากกว่าการให้คำตอบสำเร็จรูป โดยควรช่วยตั้งคำถามขึ้นำ ให้คำใบ้ที่ละชั้น และค่อย ๆ ลดระดับการช่วยเหลือลงเมื่อผู้เรียนสามารถคิดได้ด้วยตนเองมากขึ้น ดังที่ครูอีกท่านสะท้อนว่า “แพลตฟอร์มไม่ควรตอบคำถามทันที แต่ควรช่วยถามนำและค่อย ๆ พาเด็กคิดไปทีละชั้น” (T4, การสื่อสารส่วนบุคคล, 10 มกราคม 2569) ครูยังเสนอว่าระบบควรมีฟังก์ชันสำคัญ เช่น โจทย์ที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง การปรับระดับคำถามตามความสามารถของผู้เรียน และการแสดงความก้าวหน้าของผู้เรียนทั้งรายบุคคลและภาพรวมในรูปแบบที่เข้าใจง่าย “ถ้ามีระบบที่บอกได้ว่าเด็กก่อนตรงไหน ใช้เวลาทำโจทย์เท่าไร และควรพัฒนาทักษะด้านใดต่อ ครูจะสามารถช่วยเหลือได้ตรงจุดมากขึ้น” (T5, การสื่อสารส่วนบุคคล, 11 มกราคม 2569) ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนว่าระบบที่พัฒนาขึ้นควรมุ่งสนับสนุนกระบวนการคิดของผู้เรียน มากกว่าการมุ่งเฉลยคำตอบโดยตรง และควรสนับสนุนการติดตามพัฒนาการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

อภิปรายผล

การวิจัยเพื่อการศึกษาความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ครั้งนี้ผลการวิจัยได้ค้นพบประเด็นพิจารณา ดังนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นมีความพร้อมด้านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลค่อนข้างสูง โดยส่วนใหญ่ใช้อุปกรณ์ดิจิทัลผ่านสมาร์ทโฟน สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ และมีประสบการณ์ใช้แพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์เพื่อการเรียนรู้ ผลดังกล่าวสะท้อนว่าผู้เรียนมีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีดิจิทัลและพร้อมต่อการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นพณัฐ ผลทวี และ ไหมไทย ไชยพันธุ์ (2567) พบว่า เทคโนโลยีดิจิทัลและแพลตฟอร์มสามารถสนับสนุนการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ตอบสนองผู้เรียนได้ทันที และเอื้อต่อการเรียนรู้เฉพาะบุคคล อย่างไรก็ตาม ข้อมูลพื้นฐานด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับปานกลาง โดยเฉพาะด้านการตีความโจทย์ การใช้เหตุผล และการจัดการกับปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พิสิฐธา กาชัย และคณะ (2566) ได้กล่าวว่า ความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ต้องอาศัยการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงและการคิดอย่างเป็นขั้นตอน นอกจากนี้ ปัญหาที่นักเรียนพบมากที่สุดคือการแก้โจทย์ที่ซับซ้อนและการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในชีวิตจริง ซึ่งสอดคล้องกับ OECD (2023b) ที่อธิบายว่าความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ครอบคลุมการแปลงสถานการณ์ปัญหา การใช้เหตุผล และการตีความผลลัพธ์ ซึ่งผู้เรียนมักประสบปัญหาเมื่อเผชิญโจทย์ที่ต้องใช้การคิดหลายขั้นตอนและการเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

2. ความต้องการจำเป็นในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแพลตฟอร์มปัญญาประดิษฐ์ในบทบาทผู้ช่วยเรียนรู้ พบว่า ความต้องการจำเป็นสูงสุดของนักเรียนอยู่ในด้านรูปแบบกิจกรรมและฟังก์ชันของแพลตฟอร์ม รองลงมา คือ ด้านการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และด้านประสบการณ์การเรียนรู้ตามลำดับ อีกทั้งนักเรียนยังต้องการฟีเจอร์สำคัญ เช่น ระบบสนทนาเพื่อถามตอบปัญหา แบบฝึกหัดแบบ

โต้ตอบ เนื้อหาที่เข้าใจง่าย ระบบติดตามความก้าวหน้า และฟังก์ชันสะท้อนผลการเรียนรู้ สะท้อนว่านักเรียนต้องการระบบที่เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ทั้งในด้านการโต้ตอบ การฝึกปฏิบัติ และการติดตามพัฒนาการของตนเอง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Labadze et al. (2023) พบว่า แชนบอตปัญญาประดิษฐ์ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้เฉพาะบุคคลและการพัฒนาทักษะของผู้เรียน อีกทั้งสอดคล้องกับ UNESCO (2021) ที่เสนอว่า เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้จะเกิดคุณค่าเมื่อระบบถูกออกแบบให้เข้าถึงง่าย ตอบสนองความแตกต่างระหว่างผู้เรียน และสนับสนุนการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง รวมทั้งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อีสริยาภรณ์ เสวตรพนิต และคณะ (2568) พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมผ่านเว็บสามารถส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. แนวทางการพัฒนาระบบตามความคิดเห็นของครูผู้สอนคณิตศาสตร์ พบว่า ครูเสนอให้ระบบมีโจทย์ที่เชื่อมโยงสถานการณ์จริง แชนบอตที่ให้คำใบ้และคำถามชี้แนะ ระบบปรับระดับคำถามตามความสามารถของผู้เรียน และระบบติดตามผลรายบุคคล สะท้อนว่าระบบควรทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสนับสนุนกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นขั้นตอน มากกว่าการเป็นเพียงแหล่งคำตอบสำเร็จรูป ผลดังกล่าวสอดคล้องกับ Wang et al. (2024) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการฝึกหัดเชิงความคิด (cognitive apprenticeship) ซึ่งเน้นการสาธิต การชี้แนะ การให้โครงช่วย และการค่อย ๆ ลดการช่วยเหลือ สามารถส่งเสริมสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในผู้เรียนที่ยังต้องการการสนับสนุนเชิงกระบวนการคิด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล และชนิศวรา เลิศอมรพงษ์ (2568) ที่ชี้ว่าแชนบอตสามารถทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยในการเรียนรู้และสนับสนุนกระบวนการคิดของผู้เรียนได้จริง สอดคล้องกับ ชาริษฐ์ เหล็กมัญญ์ และ อัมพร วัจนะ (2569) พบว่า การใช้แชนบอตเพื่อการศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์สามารถช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับ Labadze et al. (2023) ที่เสนอว่า การใช้แชนบอตปัญญาประดิษฐ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจำเป็นต้องอาศัยหลักการสอนที่ชัดเจนและต้องมีการกำกับดูแลจากครู เพื่อป้องกันการพึ่งพาเทคโนโลยีมากเกินไปหรือการรับข้อมูลที่ไม่เหมาะสมกับระดับผู้เรียน ดังนั้น การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชนบอตปัญญาประดิษฐ์จึงควรมุ่งออกแบบระบบให้ช่วยกระตุ้นการคิด ให้คำแนะนำและสนับสนุนการเรียนรู้รายบุคคลอย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีดิจิทัลแต่ยังมีข้อจำกัดด้านการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และมีความต้องการต่อเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชนบอตปัญญาประดิษฐ์ที่สนับสนุนการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะในการนำแนวทางไปใช้ ดังนี้

1. ควรนำผลการวิจัยไปใช้เป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับแชนบอตปัญญาประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยให้ความสำคัญกับด้านรูปแบบกิจกรรมและฟังก์ชันของแพลตฟอร์ม

2. ควรออกแบบแพลตฟอร์มให้ใช้งานง่าย รองรับสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ต ภายในระบบมีการช่วยเหลือผู้เรียน เช่น คำใบ้หรือคำอธิบายเพิ่มเติม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการจำเป็น และแนวทางการพัฒนาระบบโดยยังไม่ได้มีการพัฒนาและทดลองใช้จริงกับผู้เรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. ควรมีการวิจัยและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันร่วมกับเซพบอตปัญญาประดิษฐ์ต้นแบบตามแนวทางที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ แล้วนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

2. ควรพัฒนาฟีเจอร์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนจริง เช่น ระบบสนทนา แบบฝึกหัดแบบโต้ตอบ วิดีโอหรือบทเรียนสั้น ระบบติดตามความก้าวหน้า และระบบสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

3. ควรศึกษาผลของการใช้ระบบต่อความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจของผู้เรียน โดยอาจใช้การเปรียบเทียบก่อน-หลังเรียนหรือเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ซารีผะฮ์ เหลี่ยมนัย และ อัมพร วัจนะ. (2569). ผลการใช้เซพบอตเพื่อการศึกษา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้

แบบห้องเรียนกลับด้าน เรื่อง พหุนาม รายวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.

วารสารครุศาสตร์ปัญญา, 5(1), 282–296. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/IEJ/article/view/291038/193527>

นพณัฐ ผลทวี และ ไหมไทย ไชยพันธุ์. (2567). เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับการจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์

ในศตวรรษที่ 21. วารสาร มจร อุบลปริทรรศน์, 9(3), 2435-2446. <https://ird.skru.ac.th/RMS/file/34766.pdf>

พิสิทธา กาชัย, ทรงชัย อักษรคิด, ชานนท์ จันทรา, และ สกล ตั้งเกาสกุล. (2566). การศึกษาความฉลาดรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยวิธีการแบบเปิด.

วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3(5), 255–270. <https://doi.org/10.14456/iarj.2023.252>

เมธาสิทธิ์ ธัญรัตนศรีสกุล และ ชนิศวรา เลิศอมรพงษ์. (2568). การพัฒนาไลน์แชทบอต “Sparkistics” เพื่อเป็นผู้ช่วยครูสำหรับวิเคราะห์คำตอบและแนะนำวิธีการส่งเสริมสมรรถนะการใช้ตัวแสดงแทนทาง

คณิตศาสตร์ เรื่อง การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงคุณภาพ. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 24(2), 38–52. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/263153/174946>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2568). ผลการประเมิน PISA 2022 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์). <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-fullreport/>

สุวิมล ว่องวานิช. (2562). การวิจัยประเมินความต้องการจำเป็น. (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิสริยาภรณ์ เสวตรพนิต, วิจารณ์ มุสิกะเจริญ, และ สิทธิกร สุมาลี. (2568). การพัฒนาชุดกิจกรรมผ่านเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 17(49), 31–42. <https://so16.tci-thaijo.org/index.php/jci/article/view/1897/1508>

ภาษาอังกฤษ

- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). Wiley. https://archive.org/details/samplingtechniqu0000coch_t4x6/page/n7/mode/2up
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1987). Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Cognition and instruction: Issues and agendas* (pp. 1–27). Lawrence Erlbaum Associates. https://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/9107/mod_resource/content/1/Collins%20report.pdf
- Erdoğan, F., & Zengin, F. T. (2025). Key to 21st century skills: Collaborative problem solving in Mathematics education. *İnönü University Journal of the Faculty of Education*, 26(2), 640–673. <https://doi.org/10.17679/inuefd.1569112>
- Kappassova, S., Abylkassymova, A., Bulut, U., Zykrina, S., Zhumagulova, Z., & Balta, N. (2025). Mathematical literacy and its influencing factors: A decade of research findings (2015–2024). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(7). Article em2671. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16615>
- Labadze, L., Grigolia, M., & Machaidze, L. (2023). Role of AI chatbots in education: Systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, Article 56. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00426-1>
- Lina, S. I., Johar, R., & Anwar. (2025). The role of mathematics education in shaping sustainable futures: A systematic literature review. *Jurnal Elemen*, 11(3), 757–782. <https://e-journal.hamzanwadi.ac.id/index.php/jel/article/view/29706>
- OECD. (2023a). *The future of education and skills: Education 2030*. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf
- OECD. (2023b). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. PISA, OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-assessment-and-analytical-framework_dfe0bf9c-en.html

- OECD. (2023c). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. PISA, OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html
- Taguma, M., Makowiecki, K., & Gabriel, F. (2023). OECD learning compass 2030: Implications for mathematics curricula. In Y. Shimizu & R. Vithal (Eds.), *Mathematics curriculum reforms around the world: The 24th ICMI study* (pp. 479–509). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13548-4_32
- UNESCO. (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. <https://doi.org/10.54675/ASRB4722>
- Wang, R., Zulkifli, N. N., & Mohd Ayub, A. F. (2024). Investigating the impact of the stratified cognitive apprenticeship model on high school students' Math performance. *Education Sciences*, 14(8), Article 898. <https://doi.org/10.3390/educsci14080898>
- World Economic Forum. (2025). *Future of jobs report 2025*. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf