

Received: 4 มิ.ย. 2568

Revised: 21 ก.ค. 2568

Accepted: 23 ก.ค. 2568

การพัฒนาาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

Development of an Arithmetic Interactive Training System
for Elementary School Studentsอักรพล พูลสวัสดิ์¹ และ ศิริพล แสนบุญส่ง^{2*}¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

²สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาAkarapon Poonsawad¹ and Siripon Saenboonsong^{2*}¹Computer Science, Faculty of Science and Technology,

Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

²Computer Education, Faculty of Education,

Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

*Corresponding author: ssiripon@aru.ac.th

Abstract

This research aimed to: 1) develop an arithmetic interactive training system for elementary school students; and 2) evaluate the effectiveness of the developed system. The system was designed using the System Development Life Cycle framework and implemented as a web application incorporating interactive video-based learning, pre-post-assessments, and automated certification issuance. Development tools included PHP, Angular, HTML, CSS, and MySQL. The research instrument consisted of 1) an arithmetic interactive training system and 2) a system efficiency evaluation form. Data were analyzed using descriptive statistics, specifically the mean and standard deviation. The results of the study revealed that: 1) The system operates through two main components: user interface and administrator interface. The user interface comprises the following functional modules: system membership, mathematics thinking training, training performance reports, and profile management. and 2) The system's performance was evaluated by five experts in educational technology and mathematics using blackbox testing. The results revealed that the overall system effectiveness was rated at the highest level ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.48),

particularly in functional requirements, usability, integration, and performance. These findings indicate that the system is highly effective in supporting the development of foundational arithmetic skills for elementary students.

Keywords: Web Application; Arithmetic Skills; Arithmetic Interactive Training System; System Development

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา และ 2) ประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา กระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศใช้แบบ SDLC โดยออกแบบให้สามารถฝึกผ่านวิดีโอประกอบการมีปฏิสัมพันธ์ พร้อมแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน และการออกคู่มืออัตโนมัติ เครื่องมือในการพัฒนา ได้แก่ ภาษา PHP, Angular, HTML, CSS และ MySQL เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ และ 2) แบบประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบฝึกคณิตคิดเป็นมีการทำงาน 2 ส่วนได้แก่ ผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ สำหรับผู้ใช้งานประกอบด้วยฟังก์ชันงาน ดังนี้ สมาชิกระบบ การฝึกคณิตคิดเป็น รายงานผลการฝึกคิดเป็น และการจัดการโปรไฟล์ และผู้ดูแลระบบประกอบด้วยฟังก์ชันงานดังนี้ การเข้าระบบ บทฝึกคณิตคิดเป็น คลังข้อสอบและชุดข้อสอบ การจัดการคู่มือ รายงานผลค่าคะแนน และการจัดการข้อมูลนักเรียน และ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ด้านเทคนิคและการออกแบบระบบโดยใช้หลัก Blackbox Testing พบว่าระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$, S.D. = 0.48) ประกอบด้วย ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้เว็บแอปพลิเคชัน, ด้านการทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันงานของเว็บแอปพลิเคชัน, ด้านความง่ายต่อการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน และ ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเว็บแอปพลิเคชัน สะท้อนถึงความเหมาะสมและศักยภาพของระบบในการส่งเสริมทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนในระดับประถมศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน; การคิดเลขเป็น; ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์; การพัฒนาระบบ

1. บทนำ

ทักษะการคิดเลขเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษาเป็นช่วงวัยสำคัญในการวางรากฐานทักษะที่จำเป็น โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการให้เหตุผล ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560) ซึ่งปัจจุบันการพัฒนาทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนไทยยังประสบปัญหาหลายประการ ดังจะเห็นจากผลการทดสอบ PISA ในปี ค.ศ. 2022 ด้านคณิตศาสตร์ของนักเรียนประเทศไทยได้ 394 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (472 คะแนน) อย่างมีนัยสำคัญ โดยคะแนนของไทยลดลงจากการทดสอบในปี 2018 ซึ่งได้ 419 คะแนน (OECD, 2023) ซึ่งสาเหตุของปัญหาการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทย พบว่าเกิดจาก ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษาระหว่างนักเรียนในเขตเมืองและในพื้นที่ชนบท วิธีการสอนที่เน้นการท่องจำ ทักษะคิดเชิงลบต่อวิชาคณิตศาสตร์ หลักสูตรที่เนื้อหาค่อนข้างมากทำให้ไม่มีเวลาเพียงพอในการทำความเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน การขาดแคลนครูคณิตศาสตร์ที่มีคุณภาพ การขาดสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม การประเมินผลที่ไม่สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2566; กระทรวงศึกษาธิการ, 2566; สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2565; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565; สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์ และคณะ, 2563)

ทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนไทยจึงจำเป็นต้องส่งเสริมเพื่อเป็นรากฐานที่สำคัญในดำรงชีวิต โดยที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการเรียนรู้และพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2567) การนำเทคโนโลยีมาใช้มีประโยชน์ในการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่น่าสนใจ การนำเสนอเนื้อหาที่หลากหลาย การเรียนรู้แบบปรับเหมาะ การวิเคราะห์ติดตามความก้าวหน้า รวมถึงสามารถให้ผลป้อนกลับได้ทันที การใช้เทคโนโลยีในรูปแบบต่างๆ เช่น แอปพลิเคชัน เกมการศึกษา และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถช่วยพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจในการเรียนของนักเรียนได้เป็นอย่างดี (สุวิมล ว่องวานิช และคณะ, 2566)

การใช้เทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันในการส่งเสริมการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่มีสำคัญอย่างยิ่งในยุคดิจิทัล เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้อย่างหลากหลาย จากการศึกษาของ วิจารย์ พานิช (2565) พบว่า การพัฒนาระบบการเรียนรู้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้การเรียนรู้ไม่ถูกจำกัดอยู่เพียงในห้องเรียน เว็บแอปพลิเคชันยังเอื้อต่อการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์ ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (สุรศักดิ์ ปาเฮ, 2566) นอกจากนี้ งานวิจัยของ Siemens และ Down es (2024) แสดงให้เห็นว่า การเรียนรู้แบบเชื่อมโยง

ผ่านเครือข่าย (Connectivism) ที่สนับสนุนโดยเว็บแอปพลิเคชันช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นและผู้สอน

จากสภาพปัญหาการส่งเสริมทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนประถมศึกษาในประเทศไทย ประกอบกับศักยภาพของเทคโนโลยีในปัจจุบัน ซึ่งสามารถบูรณาการเพื่อนำเทคโนโลยีพัฒนาเป็นระบบที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลาในการพัฒนาตนเองด้านการคิดเลขเป็นของนักเรียนระดับประถมศึกษา ดังนั้น การพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ให้ใช้งานง่ายและเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา เพื่อตอบสนองความต้องการในการส่งเสริมทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา

3. วิธีการดำเนินการ

3.1 ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาทางคอมพิวเตอร์และคณิตศาสตร์ เป็นครูสังกัดกระทรวงศึกษาธิการ และอาจารย์ระดับอุดมศึกษา จำนวน 5 คน คัดเลือกโดยวิธีเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ตามคุณสมบัติที่กำหนด คือเป็นผู้มีความรู้เกี่ยวกับการศึกษาระดับประถมศึกษา เทคโนโลยี คอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี สำเร็จการศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป และยินยอมให้ข้อมูล เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพของระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ด้านเทคนิคและการออกแบบ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

3.2.1.1 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ภาษา PHP (PHP: Hypertext Preprocessor) ใช้สำหรับเขียน API ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่าง ฐานข้อมูล และ ส่วนแสดงผลของเว็บไซต์

Angular ใช้เป็น framework สำหรับสร้างเว็บไซต์แบบ Single Page Application โดยใช้ภาษา TypeScript และ JavaScript

HTML (Hyper Text Markup Language) ใช้สำหรับสร้างโครงสร้างของหน้าเว็บไซต์ (Page Structure) วาง layout พื้นฐานของหน้าเว็บ กำหนดหัวข้อ ย่อหน้า ลิงก์ รูปภาพ และปุ่ม

CSS (Cascading Style Sheets) ใช้สำหรับ กำหนดรูปแบบการแสดงผลของ HTML เช่น สี ขนาด ตัวอักษร ระยะห่าง และการจัดวาง และมี Bootstrap Framework ที่ใช้ร่วมกันกับชุดเครื่องมือ CSS ที่ช่วยจัดการ layout, ปุ่ม, ฟอรั่ม, และ responsive design ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้หน้าเว็บดูสวยงามและเป็นระเบียบและรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ได้หลากหลาย

3.2.1.2 การจัดการฐานข้อมูล

MySQL ใช้เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ จัดเก็บข้อมูล ทำงานร่วมกับภาษา SQL ในการเขียนคำสั่งจัดการข้อมูล

phpMyAdmin ใช้เป็นเครื่องมือแบบ Web-based สำหรับจัดการ MySQL Database สร้างและออกแบบฐานข้อมูล และจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล

Visual Studio Code ใช้เป็นเครื่องมือในการเขียนโปรแกรม

3.2.2 เครื่องมือการประเมินประสิทธิภาพ

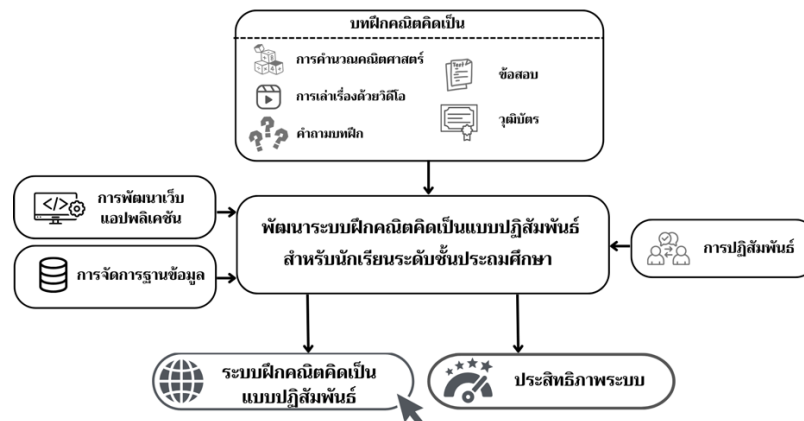
แบบประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ปรับแบบประเมินจาก ศิริพล แสตนบุญสง. (2566) สำหรับผู้เชี่ยวชาญโดยแบ่งหัวข้อในการประเมินตามหลัก Blackbox Testing พิจารณาผลลัพธ์ตามคำสั่งของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชันแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้ ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้ ด้านการทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันงาน ด้านความง่ายต่อการใช้งาน และด้านประสิทธิภาพการทำงาน ใช้มาตราส่วนประเมินแบบลิเคิร์ต มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด. 2545:103) ดังนี้ 4.51 - 5.00 อยู่ในระดับ มากที่สุด, 3.51 - 4.50 อยู่ในระดับ มาก, 2.51 - 3.50 อยู่ในระดับ ปานกลาง, 1.51 - 2.50 อยู่ในระดับ น้อย, 1.00 - 1.50 อยู่ในระดับ น้อยที่สุด

3.3 การพัฒนาระบบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ตามกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ System Development Life Cycle (SDLC) ของ ศรีนวล พองมณี (2556) โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาข้อมูลเพื่อวางแผน ผู้วิจัยได้ศึกษาสภาพปัญหาของทักษะการคิดเลขเป็นของนักเรียนไทย ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความสามารถด้านการคิดเลขพื้นฐาน แนวทางการนำเทคโนโลยีเว็บแอปพลิเคชันมาใช้ในการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ด้วยวิดีโอ การมีปฏิสัมพันธ์กับการเรียนรู้ การทดสอบ วิเคราะห์การใช้งานของผู้ใช้ การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันและการจัดการฐานข้อมูล จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ทำให้ได้กรอบแนวคิดของระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ได้ดังภาพที่ 1

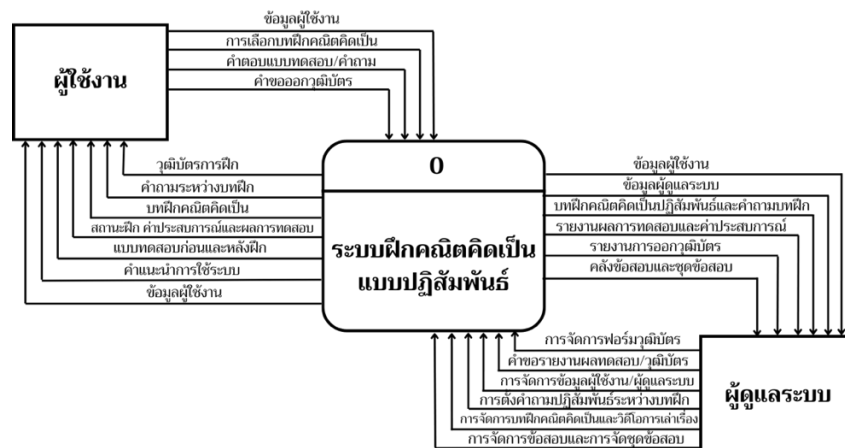


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์แสดงถึงองค์ประกอบในการพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ประกอบด้วย 1) บทฝึกคณิตคิดเป็น เป็นองค์ประกอบที่ระบุความสามารถของระบบฝึกคณิตคิดเป็น ดังนี้ เนื้อหาที่ใช้คือการคำนวณคณิตศาสตร์พื้นฐาน รูปแบบการฝึกในลักษณะการเล่าเรื่องด้วยวิดีโอ โดยมีคำถามระหว่างการฝึก การมีข้อสอบวัดทักษะคณิตคิดเป็น และการได้รับรางวัลบัตรเมื่อฝึกเสร็จสิ้น 2) การปฏิสัมพันธ์ เป็นองค์ประกอบที่ระบบฝึกคณิตคิดเป็นจะออกแบบให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและระบบในรูปแบบการตอบคำถาม 3) การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน เป็นองค์ประกอบเทคโนโลยีที่พัฒนาระบบขึ้นมาตามความต้องการและการใช้งาน 4) การจัดการฐานข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่จัดการข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในระบบฝึกคณิตคิด เมื่อองค์ประกอบประกอบกันและจะส่งผลให้ได้ ระบบฝึกคณิตคิดเป็นนำมาใช้ส่งเสริมการเรียนรู้ และประสิทธิภาพการทำงานของระบบได้จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

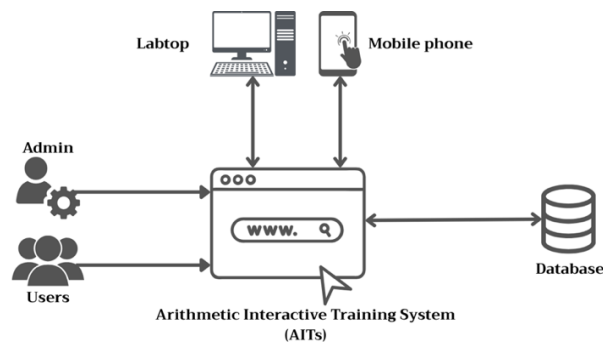
3.3.1.2 วิเคราะห์ความต้องการของระบบ ผู้วิจัยวิเคราะห์คุณสมบัติหลักของการใช้งานระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ได้ดังนี้ 1) จัดเก็บข้อมูลผู้ใช้งานเป็นระบบ 2) สามารถทดสอบทักษะคณิตคิดเป็นของผู้ใช้งานก่อนและหลังการฝึก 3) ฝึกทักษะคณิตคิดเป็นผ่านระบบสื่อวิดีโอและผู้ใช้งานมีปฏิสัมพันธ์กับการตอบคำถามระหว่างที่ฝึก 4) จัดเก็บข้อมูลสถานะการฝึกของผู้ใช้งาน 4) ออกบัตรได้หลังจากผ่านกระบวนการฝึก 5) จัดการเนื้อหาบทฝึก สื่อวิดีโอ คำถามปฏิสัมพันธ์ แบบทดสอบ ได้ตามความเหมาะสมและมีความยืดหยุ่น 6) รายงานผลการทดสอบก่อนและหลังฝึก

3.3.1.3 ออกแบบระบบ ผู้วิจัยออกแบบแผนภาพกระแสนิเวศข้อมูลระดับภาพรวม (Context Diagram) ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา ดังภาพที่ 2 ออกแบบสถาปัตยกรรมระบบฝึกคณิตคิดเป็นดังภาพที่ 3 และออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 2 ส่วนได้แก่ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน ตัวอย่างดังภาพที่ 4 และ 5



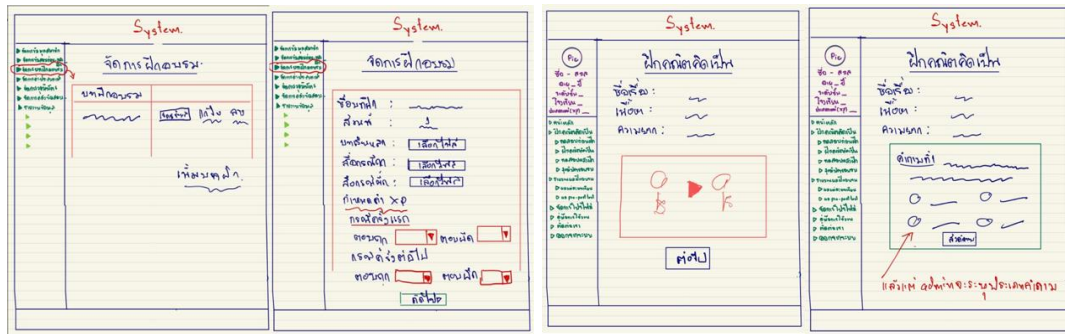
ภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับภาพรวม ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

จากภาพที่ 2 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับภาพรวมระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ เป็นแผนภาพที่แสดงเห็นถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในระบบและการดำเนินการที่สามารถทำได้แต่ละประเภทผู้ใช้ แบ่งเป็น ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน โดยที่ผู้ดูแลระบบเป็นผู้จัดการข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ ผู้ใช้งาน บทฝึกคณิตคิดเป็น แบบฟอร์มวุฒิบัตร การตั้งคำถามระหว่างฝึก ข้อสอบและจัดชุดข้อสอบ สามารถดูรายงานผลการทดสอบและค่าประสิทธิภาพ และรายงานการออกวุฒิบัตรของผู้ใช้งานได้ ส่วนผู้ใช้งาน สามารถจัดการการเป็นสมาชิกของระบบ ทำข้อสอบก่อนและหลังฝึก เรียนรู้บทฝึก และสามารถดูรายงานความคืบหน้าและรับวุฒิบัตรของตนเองได้เมื่อปฏิบัติตามเงื่อนไข ซึ่งแผนภาพกระแสข้อมูลระดับรวมจะทำให้เห็นขอบเขตการทำงานของระบบทั้งหมด



ภาพที่ 3 สถาปัตยกรรมระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

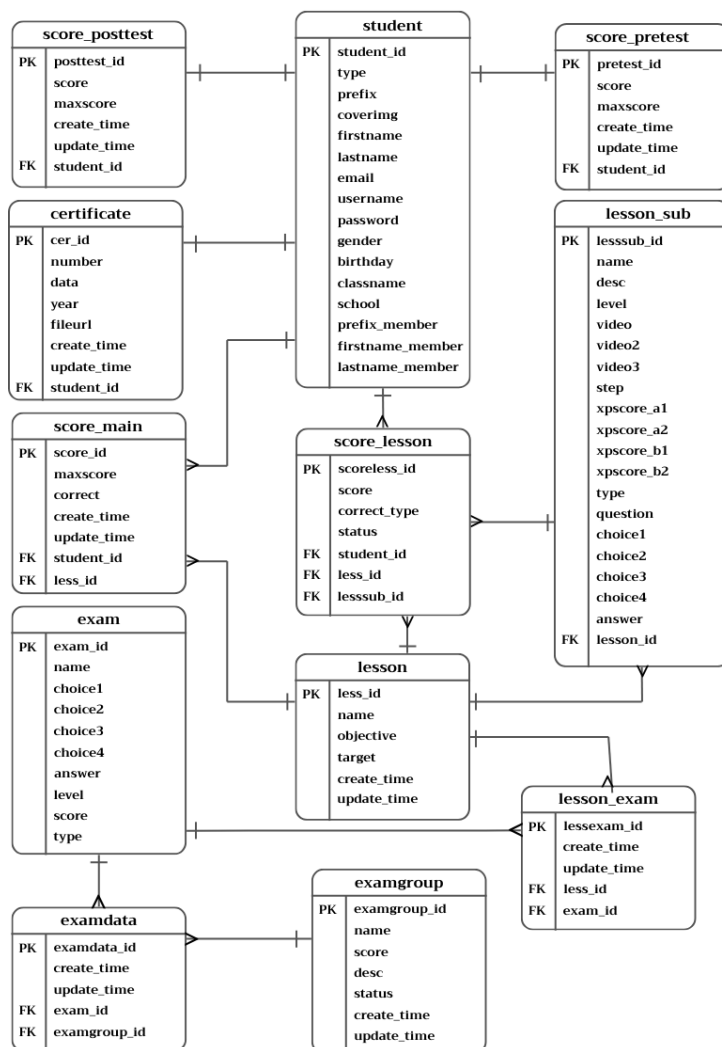
จากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงสถาปัตยกรรมระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ ดังนี้ ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ เป็นลักษณะเว็บแอปพลิเคชันที่มีการจัดการข้อมูลด้วยระบบจัดการฐานข้อมูล สามารถแสดงผลด้วยอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์และสมาร์ตโฟนได้ โดยมีผู้ใช้งาน 2 ประเภท คือ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4 ตัวอย่างการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ส่วนผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งาน

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ทั้งส่วนผู้ดูแลระบบ และผู้ใช้งานในรูปแบบที่เป็นภาพวาดในส่วนการใช้งานของระบบ ก่อนที่จะนำไปพัฒนาระบบในรูปแบบ เว็บแอปพลิเคชัน

3.3.1.4 พัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ ประกอบด้วย 3 ส่วน 1) การออกแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ สำหรับเก็บข้อมูลที่นำมาใช้ในระบบคณิตคิด เป็นแบบปฏิสัมพันธ์ ดังภาพที่ 5 2) เว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งาน ในการฝึกคณิตคิดเป็น และ 3) เว็บ แอปพลิเคชันสำหรับผู้ดูแลระบบในการบริหารจัดการระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์



ภาพที่ 5 ER-Diagram ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

3.3.1.5 ทดสอบระบบ ผู้วิจัยได้ทดสอบการทำงานของระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์โดยนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ เช่น ข้อมูลนักเรียน ข้อมูลข้อสอบ ข้อมูลการจัดชุดแบบทดสอบ ข้อมูลบทฝึก ข้อมูลชุดบัตร การทดสอบก่อนฝึก การเข้าฝึกบทฝึก การทดสอบหลังฝึก รวมทั้งทดสอบผลลัพธ์การแสดงผลข้อมูลที่มีความสอดคล้องข้อมูลที่กรอกเข้าสู่ระบบ เช่น การแสดงข้อมูลข้อสอบและแบบทดสอบ การแสดงข้อมูลบทฝึก การแสดงข้อมูลคะแนนการฝึก การแสดงข้อมูลค่าประสบการณ์ที่ได้รับ การแสดงข้อมูลความก้าวหน้าและคะแนนของนักเรียน รายงานค่าสถิติข้อมูล ทั้งนี้หากมีข้อผิดพลาดผู้วิจัยได้ปรับปรุงข้อมูลและการแสดงผลให้มีความถูกต้องและสอดคล้องกันทั้งระบบจนสมบูรณ์พร้อมที่ใช้งาน หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินประสิทธิภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ แบบ Blackbox testing โดยนำผลประเมินและข้อเสนอแนะมาปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.3.1.6 ติดตั้งและจัดทำคู่มือการใช้งาน และประเมินประสิทธิภาพระบบ ผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับผู้ใช้งาน ที่เว็บไซต์ <https://aits.dpess.app/login> จัดทำคู่มือการใช้งาน และจัดทำคู่มือการใช้งานสำหรับผู้ดูแลระบบ

3.3.1.7 บำรุงรักษา และนำไปใช้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบและปรับปรุงระบบ กรณีมีข้อผิดพลาดเพิ่มเติม นำไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาและเผยแพร่การใช้งานต่อไป

3.3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้พัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นมีความสมบูรณ์ จึงให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ประเมินประสิทธิภาพของระบบด้านเทคนิคและการออกแบบตามหลักการ Blackbox Testing พิจารณาการแสดงผลลัพธ์ตามคำสั่งของผู้ใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

3.3.2.1 ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement Test)

3.3.2.2 ด้านการทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันงาน (Integration Test)

3.3.2.3 ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)

3.3.2.4 ด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test)

ผู้วิจัยได้รวบรวมผลประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญนำมาวิเคราะห์ โดยใช้สถิติการวิจัยได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำมาแปลผลประสิทธิภาพของระบบฝึกคณิตคิดเป็น และนำข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ เป็นเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับ HTML และ CSS โดยมีกลุ่มผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ผู้ใช้งาน และ 2) ผู้ดูแลระบบ การใช้งานมีความแตกต่างกันตามฟังก์ชันการทำงาน แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1.1 ผลการพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 6 ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

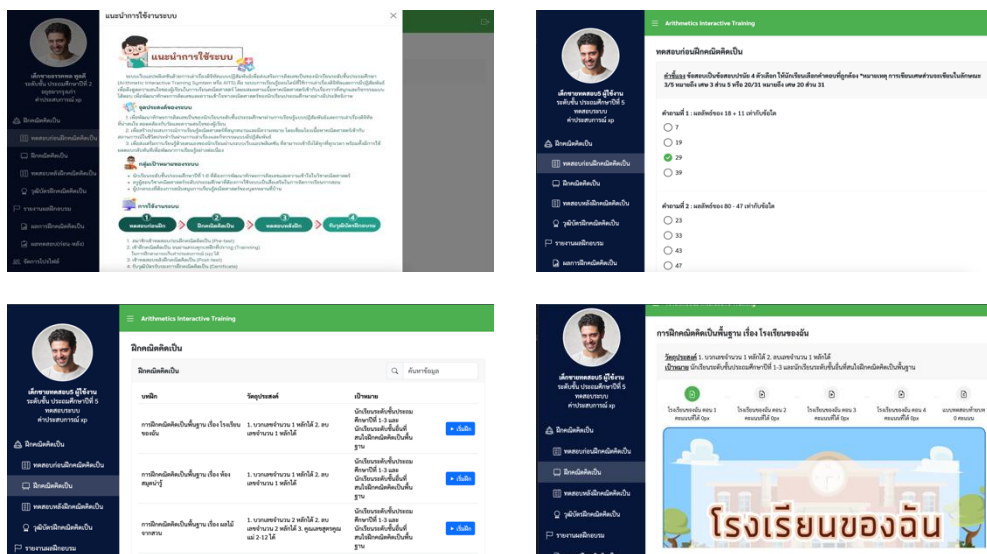
1) การสมัครสมาชิกระบบและการเข้าสู่ระบบ เป็นฟังก์ชันการทำงานเริ่มต้นของผู้ใช้งานที่จะต้องเป็นสมาชิกของระบบโดยกรอกข้อมูลส่วนตัวพื้นฐานเพื่อสมัคร หลังจากนั้นจะสามารถใช้ข้อมูลผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อเข้าใช้ระบบได้

2) การฝึกคณิตคิดเป็น เป็นฟังก์ชันการทำงานหลักที่ผู้ใช้งานจะฝึกคณิตคิดเป็น โดยจะต้องดำเนินการตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ทดสอบก่อนฝึก 2) ฝึกคณิตคิดเป็น 3) ทดสอบหลังฝึก และ 4) รับวุฒิบัตรฝึกอบรม โดยจะข้ามขั้นตอนใดไม่ได้

3) รายงานผลการฝึกคณิตคิดเป็น เป็นฟังก์ชันที่ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบผลการฝึกคณิตคิดเป็นระหว่างฝึกได้ตลอดเวลา ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการฝึกคณิตคิดเป็น และ 2) ผลทดสอบก่อนและหลังฝึกคณิตคิดเป็น

4) การจัดการโปรไฟล์ เป็นฟังก์ชันการทำงานที่สามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลส่วนตัว

5) การออกจากระบบ เป็นฟังก์ชันการทำงานเมื่อผู้ใช้งานต้องการออกจากระบบ



ภาพที่ 6 ตัวอย่างระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ สำหรับผู้ใช้งาน

4.1.2 ผลการพัฒนากระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ สำหรับผู้ดูแล ดังภาพที่ 7 ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงาน ดังนี้

1) การเข้าสู่ระบบและการจัดการบัญชีผู้ดูแลระบบ เป็นฟังก์ชันที่ผู้ดูแลระบบจะต้องลงชื่อเข้าใช้งานระบบก่อน และสามารถจัดการบัญชีผู้ดูแลระบบได้

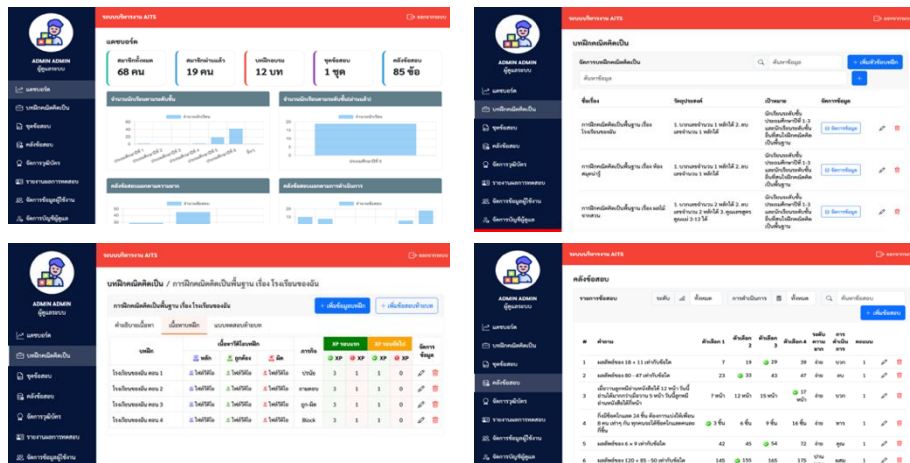
2) บทฝึกคณิตคิดเป็น เป็นฟังก์ชันหลักการจัดการบทฝึกใช้กำหนดเนื้อหา วิดีโอ คำถาม และแบบทดสอบ โดยจะต้องสร้างบทฝึกและรายละเอียดให้พร้อมเพื่อให้ผู้ใช้ได้ใช้งาน

3) คลังข้อสอบและชุดข้อสอบ เป็นฟังก์ชันการทำงานที่ผู้ดูแลระบบจะต้องสร้างข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จัดเก็บเป็นคลังข้อสอบไว้ เพื่อนำไปใช้จัดชุดข้อสอบเพื่อใช้สำหรับทดสอบก่อนและหลังฝึก รวมทั้งแบบทดสอบหลังบทฝึกแต่ละบท โดยผู้ดูแลระบบจะต้องสร้างข้อสอบแต่ละข้อประกอบด้วย คำถาม ตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก เฉลย ระดับความยาก คะแนน และการดำเนินการ ทั้งนี้สามารถแก้ไขและลบข้อสอบที่ได้สร้างไปแล้วได้

4) การจัดการผู้สมัคร เป็นฟังก์ชันที่ผู้ดูแลระบบกำหนดเทมเพลตของวุฒิบัตรรับรองผู้ใช้งานที่ผ่านการฝึกคณิตคิดเป็น และสามารถดูรายงานของการออกวุฒิบัตร

5) รายงานค่าประสบการณ์และคะแนนทดสอบ เป็นฟังก์ชันการทำงานที่สามารถดูรายงานคะแนนประสบการณ์และคะแนนการทดสอบของผู้ใช้งานได้

6) การจัดการข้อมูลนักเรียน เป็นฟังก์ชันจัดการข้อมูลสมาชิกของระบบ



ภาพที่ 8 ตัวอย่างระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ สำหรับผู้ดูแลระบบ

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและการออกแบบตามหลักการ Blackbox Testing พิจารณาการแสดงผลลัพธ์ตามคำสั่งของผู้ใช้งานระบบโดยแสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วน	ระดับ ประสิทธิภาพ
		เบี่ยงเบน มาตรฐาน	
1. ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement Test)	4.69	0.47	มากที่สุด
1.1 ความสามารถในการเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชันจาก หน้าจอ	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 ความสามารถของการใช้งาน	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับประสิทธิภาพ
1.3 ความสามารถในการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเว็บแอปพลิเคชันกับผู้ใช้งาน	4.80	0.45	มากที่สุด
1.4 ความสามารถในการนำเสนอเนื้อหาการเรียนรู้ดิจิทัล	4.60	0.55	มากที่สุด
1.5 ความสามารถในการแสดงภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว	4.60	0.55	มากที่สุด
1.6 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล	4.80	0.45	มากที่สุด
1.7 ความสามารถของเสียงดนตรีประกอบดังชัดเจน	4.80	0.45	มากที่สุด
2. ด้านการทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันงาน (Integration Test)	4.60	0.50	มากที่สุด
2.1 ความถูกต้องของการเชื่อมโยงจากหน้าเมนู	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ความถูกต้องในการประมวลผลคำตอบ	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ความถูกต้องในการแสดงข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการคิดคำนวณ	4.40	0.55	มาก
2.4 ความถูกต้องของการให้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็น เช่น คำชี้แจง วิธีการ ใช้งาน ผู้จัดทำ เป็นต้น	4.40	0.55	มาก
2.5 ความถูกต้องของเสียงกับเนื้อหา ได้แก่ เสียงบรรยาย ดนตรีประกอบ และเอฟเฟ็กต์	4.80	0.45	มากที่สุด
2.6 ความถูกต้องของการนำเสนอภาพกราฟิกกับเนื้อหา	4.40	0.55	มาก
2.7 ความถูกต้องของข้อความประกอบการบรรยายเนื้อหา	4.60	0.55	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.63	0.49	มากที่สุด
3.1 ความง่ายต่อการใช้งานของเว็บแอปพลิเคชัน	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 ความเหมาะสมของเมนูสามารถสื่อสารได้เข้าใจง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับ ประสิทธิภาพ
3.3 ความเหมาะสมของตำแหน่งการจัดวางส่วน ต่างๆ บนจอภาพ	4.80	0.45	มากที่สุด
3.4 ความชัดเจนของข้อความที่แสดงผลบนจอภาพ	4.40	0.55	มาก
3.5 ความชัดเจนของภาพกราฟิกที่แสดงผลบน จอภาพ	4.80	0.45	มากที่สุด
3.6 ความเหมาะสมของตัวอักษรเกี่ยวกับขนาด สี ความชัดเจนต่อการอ่าน	4.60	0.55	มากที่สุด
3.7 ความเหมาะสมของปริมาณข้อมูลที่น่าเสนอแต่ ละหน้าจอ	4.60	0.55	มากที่สุด
4. ด้านประสิทธิภาพการทำงาน (Performance Test)	4.66	0.48	มากที่สุด
4.1 ความเร็วในการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 ความเร็วในการเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชัน	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 ความเร็วในการนำเสนอข้อความ	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 ความเร็วในการนำเสนอกราฟิก	4.60	0.55	มากที่สุด
4.5 ความเร็วในการนำเสนอเสียง	4.60	0.55	มากที่สุด
4.6 ความเร็วในการเชื่อมโยงไปยังหน้าถัดไป	4.60	0.55	มากที่สุด
4.7 ความเร็วในการตอบสนองเมื่อสัมผัสหน้าจอ	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.64	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความสามารถตรงตามความต้องการของผู้ใช้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.69$, S.D. = 0.47) มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ด้านประสิทธิภาพการทำงาน ($\bar{X} = 4.66$, S.D. = 0.48) มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด ด้านความง่ายต่อการใช้งาน ($\bar{X} = 4.63$, S.D. = 0.49) มีประสิทธิภาพมากที่สุด และ ด้านการทำงานได้ถูกต้องตามฟังก์ชันงาน ($\bar{X} = 4.60$, S.D. = 0.50) มีประสิทธิภาพระดับมากที่สุด ตามลำดับ

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 การพัฒนาระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันดำเนินการตามกระบวนการ SDLC ออกแบบให้มีลักษณะของการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ผ่านวิดีโอประกอบคำถาม การทดสอบก่อนและหลังเรียน และการรับรู้ฉบับอัตโนมัติ โดยมีฟังก์ชันการจัดการเนื้อหา คลังข้อสอบ และรายงานผลแบบครบวงจร ซึ่งแสดงถึงแนวทางการพัฒนาระบบที่ครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหา เทคโนโลยี และการจัดการเรียนรู้ แนวทางการออกแบบดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chan et al. (2019) ซึ่งเสนอว่า ระบบการเรียนรู้ที่ประสบความสำเร็จในระดับประถมศึกษา ควรใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับกลไกการให้ผลตอบกลับแบบทันที เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น และสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การที่ระบบมีความยืดหยุ่นในการจัดการข้อมูลและเนื้อหา รวมถึงความสามารถในการเข้าถึงได้ทุกที่ทุกเวลา ตอบสนองต่อแนวทางการเรียนรู้แบบเปิด ซึ่งเน้นการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องและไม่จำกัดบริบททางกายภาพ (Ng, Or, & Ho, 2020; โสภณัท สุยะ และ ศิวินิต อรรถวุฒิ กุล, 2565)

สรุปได้ว่า ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบการเรียนรู้เชิงปฏิสัมพันธ์ มีการออกแบบที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ และการสนับสนุนความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของการใช้เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมทักษะพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ในยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับมากที่สุดทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ความสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ การทำงานที่ถูกต้อง ความง่ายในการใช้งาน และประสิทธิภาพในการประมวลผล สะท้อนให้เห็นว่าระบบตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับงานของ Poon et al. (2020) ที่ระบุว่า การออกแบบแอปพลิเคชันด้านการศึกษาที่มีความยืดหยุ่น ใช้งานง่าย และมีปฏิสัมพันธ์ที่ชัดเจน ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมและการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการพัฒนาระบบคณิตคิดเป็นมีการพัฒนาอย่างเป็นระบบตามกระบวนการ SDLC ทำให้ระบบที่ถูกพัฒนามีความบูรณ์ต่อการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับ จิราภรณ์ มีสง่า และ ศิริพล แสนบุญส่ง (2567) ที่ได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่มีกระบวนการขั้นตอนที่เป็นระบบ ทำให้การประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันฯ ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

ระบบฝึกคณิตคิดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ได้พัฒนาอย่างเป็นระบบ มีความพร้อมในเชิงเทคนิค การออกแบบ และการใช้งานจริง สามารถนำไปใช้ในสถานศึกษาระดับประถมศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเลขเป็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

6.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้

1. ควรนำระบบไปใช้เพื่อเสริมนอกเหนือการสอนตามหลักสูตรเพื่อเสริมทักษะการคิดเลขเป็น สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาหรือระดับชั้นอื่น ๆ ที่ต้องการพัฒนาทักษะการคิดเลขเป็น

2. ควรจัดอบรมครูผู้สอนในการใช้ระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานในชั้นเรียนจริง

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ควรนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในระบบเพื่อเสริมความอัตโนมัติในการทำงาน

2. ควรพัฒนาระบบให้สามารถปรับระดับความยากของบทฝึกได้อัตโนมัติตามผลการเรียนของผู้ใช้แต่ละคน

7. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2566). รายงานการสำรวจทัศนคติและความวิตกกังวลของนักเรียนต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2567). แนวทางการพัฒนาทักษะคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนไทย.

กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

จิราภรณ์ มีสง่า และ ศิริพล แสนบุญส่ง. (2567). การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการคิดขั้นสูงของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา. วารสารวิจัยวิชาการ, 8(2), 211-226.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.

วิจารณ์ พานิช. (2565). การเรียนรู้เพื่อศตวรรษที่ 21: การเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางผ่านเทคโนโลยีดิจิทัล. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.

ศรินทร์ล ฟองมณี. (2556). การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. เชียงราย: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย.

ศิริพล แสนบุญส่ง. (2566). การพัฒนาเกมบนโมบายล์แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้เท่าทันสื่อเทคโนโลยีสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษา สังกัดเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาพระนครศรีอยุธยา.

วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 34(1), 57-69.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2566). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2565. กรุงเทพฯ: สทศ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2565). รายงานการศึกษาสภาพการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ: สสวท.

- สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์, เกรียงไกร เจริญธนาวัฒน์, และ รักษ์ พรหมมีกุล. (2563). **รายงานสถานการณ์คุณภาพการศึกษาไทยในเวทีโลก ปี 2562-2563**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย (TDRI).
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2565). **รายงานการขาดแคลนครูที่มีคุณสมบัติตรงตามสาขาวิชาในโรงเรียนสังกัด สพฐ.** กรุงเทพฯ: สพฐ.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579**. กรุงเทพมหานคร:พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สุรศักดิ์ ปาเฮ. (2566). เทคโนโลยีการศึกษากับการพัฒนาทักษะการคิดในศตวรรษที่ 21. **วารสารศึกษาศาสตร์**, 34(1), 78-92.
- สุวิมล ว่องวาณิช และคณะ. (2566). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์. **วารสารศึกษาศาสตร์**, 34(2), 45-60.
- โสภณัท สุขะ และ ศิวนิต อรรถวุฒิกุล. (2565). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเว็บแอปพลิเคชันตามแนวคิดเกมมิฟิเคชัน ที่ส่งผลต่อความผูกพันในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีระดับผลการเรียนแตกต่างกัน. **Journal of Modern Learning Development**, 8(8), 62–76.
- Chan, T. Y., Lam, C. H., & Lee, W. H. (2019). Enhancing primary students' mathematics learning through interactive multimedia application. **Journal of Educational Computing Research**, 57(8), 1984–2006.
<https://doi.org/10.1177/0735633118820431>
- Ng, W. W. Y., Or, C. H., & Ho, T. Y. (2020). The use of gamification in primary mathematics education: A case study of a web-based learning application. **Education and Information Technologies**, 25(5), 4377–4397.
<https://doi.org/10.1007/s10639-020-10161-8>
- OECD (2023a), **PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education**, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>.
- Poon, T., Tan, C. W., & Wee, K. N. L. (2020). Designing mobile learning environments for primary mathematics: A user experience design perspective. **Australasian Journal of Educational Technology**, 36(3), 20–35.
<https://doi.org/10.14742/ajet.5203>
- Siemens, G., & Downes, S. (2024). Connectivism and Learning in the Digital Age: Understanding the Impact of Web Applications on Knowledge Construction. **International Journal of Educational Technology**, 15(2), 226-241.