

การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในโลกชีวิตวิถีใหม่ เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต

Development of Augmented Reality Technology in the New Normal to Enhance Mathematics Skills and Processes for Lifelong Learning

Received : 2024-10-14

Revised : 2024-11-12

Accepted : 2025-03-20

ผู้วิจัย เลอสันต์ ฤทธิจันทร์¹

จารุมาศ แสงสว่าง²

วิชัยพร จันทะนันท์³

Lerson LitthiKhan

Jarumas Sangsavang

Jarumas.sa@bru.ac.th

Wichayaporn Jantana

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามเกณฑ์ 80/80 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้อินเตอร์แอคทีฟเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 โรงเรียนโนนสุวรรณพิทยาคม จำนวน 30 คน สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจ และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ประสิทธิภาพของสื่อ E1/E2 และสถิติทดสอบ t-test for dependent

ผลการวิจัยพบว่า สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พัฒนามาตามกระบวนการของ ADDIE Model มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.83/80.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้อินเตอร์แอคทีฟเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมโดยภาพรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

คำสำคัญ : สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ทักษะทางคณิตศาสตร์ มัธยมศึกษาตอนต้น

Abstract

This study aimed to 1) develop augmented reality (AR) technology-based instructional media for mathematics courses, 2) evaluate the effectiveness of the augmented reality

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาและคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Assistant Professor Dr., Department of Educational Technology and Computer Education, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University

² อาจารย์, กลุ่มวิชาทดสอบและวิจัยการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Lecturer, Department of Testing and Educational Research, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

Assistant Professor, Department of Mathematics, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University

instructional media in mathematics for Grade 9 students based on the 80/80 criterion, 3) compare students' learning achievement before and after using the augmented reality instructional media in mathematics, and 4) examine students' satisfaction with the use of AR media in mathematics instruction. The sample consisted of 30 students from Class Mathayom 3/3 at Nonsuwan Pittayakhom School, selected through simple random sampling, using the classroom as the sampling unit. The research instruments included AR media, an academic achievement test, and a student satisfaction survey. Data were analyzed using mean, standard deviation, E1/E2 efficiency analysis, and a paired t-test.

The findings indicated that the AR media, developed following the ADDIE model demonstrated an efficiency level of 81.83/80.17, meeting the prescribed criteria. Students' post-test learning achievement was significantly higher than their pre-test scores ($p < 0.05$). Additionally, students expressed a very high level of satisfaction with the AR media, with an average score of 4.62 and a standard deviation of 0.53.

Keywords : Augmented Reality Media, Mathematical Skills, Junior High School

บทนำ

โลกในศตวรรษที่ 21 เปลี่ยนแปลงไปอย่างมากในแง่ของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหลังสถานการณ์โควิด 19 หรือ ยุคปกติใหม่ (New Normal) ที่การจัดการเรียนการสอนต้องปรับตัวอย่างมากเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่พึ่งพาเทคโนโลยีมากขึ้น (UNESCO, 2024) โดยหนึ่งในเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิชาการและนักวิจัยทางการศึกษา คือ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เนื่องจากจะช่วยให้เพิ่มปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนในการเรียนรู้ผ่านการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบที่มีความสมจริงและสามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นนามธรรมกับสถานการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Prayoga et al., 2024) ซึ่งแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ได้เน้นถึงความสำคัญของการพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับนักเรียน เพื่อเตรียมความพร้อมให้แกกำลังหลักของชาติสำหรับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม โดยมีการส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการพัฒนาทักษะดิจิทัลให้กับเยาวชน เพื่อให้สามารถปรับตัวและมีส่วนร่วมในการพัฒนาประเทศในยุคดิจิทัล นอกจากนี้ ยังระบุถึงความสำคัญของการเสริมสร้างศักยภาพของนักเรียนผ่านการบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) เข้ากับกระบวนการจัดการเรียนการสอน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อาทิเช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และความคิดสร้างสรรค์ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2565) ซึ่งรายวิชาคณิตศาสตร์ถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 อย่างไรก็ตาม ผู้เรียนมักเกิดปัญหาในการทำความเข้าใจกับแนวคิด หลักการทางคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรม ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น ซึ่งหากมีการนำเทคโนโลยี AR เข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนรู้และพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ไม่ว่าจะในด้านการให้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Reasoning) หรือการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) จะสามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนได้มากขึ้น (Majid et al., 2024; Susanto & Nurtamam, 2024)

จากการศึกษาผลการทดสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในวิชาคณิตศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2566 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) โดยการศึกษาในระดับคุณภาพจำแนกตามขนาดของโรงเรียน แสดงให้เห็นว่าโรงเรียนขนาดกลางและขนาดใหญ่พิเศษมีนักเรียนส่วนใหญ่ที่อยู่ในระดับคุณภาพ "พอใช้" และ "ปานกลาง" โดยเฉพาะในโรงเรียนขนาดกลาง ซึ่งมีจำนวนนักเรียนในระดับ "พอใช้" มากที่สุด

คิดเป็น 16.34% ขณะที่โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจะมีนักเรียนในระดับ "ดีมาก" และ "ดีเยี่ยม" จำนวนมากกว่าขนาดอื่น ๆ แต่ยังคงมีนักเรียนในระดับ "ควรปรับปรุง" และ "ควรปรับปรุงอย่างยิ่ง" ที่มีจำนวนไม่น้อย ซึ่งส่วนใหญ่พบในโรงเรียนขนาดกลางและขนาดเล็ก (ธนวัฒน์ เศรษฐธีร์โชติ, 2567) จากผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและสร้างโอกาสในการเรียนรู้ที่เท่าเทียมสำหรับนักเรียนทุกคน ซึ่งหากมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอนอาจจะช่วยสร้างความเสมอภาคทางการเรียนรู้และก่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในโลกชีวิตวิถีใหม่ เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดบุรีรัมย์ จึงเป็นหนึ่งในตัวช่วยที่จะแก้ปัญหาเหล่านี้ จากการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในการสอนแบบ Active learning ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เห็นรูปแบบของอุปกรณ์หรือสิ่งของเสมือนว่าได้เห็นอุปกรณ์หรือสิ่งของจริง โดยการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมไปใช้ในการส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ไม่ว่าจะเป็นด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบมีแบบแผน ด้านการคิดวิเคราะห์ และด้านมิติสัมพันธ์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบและถี่ถ้วน ช่วยให้คาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจแก้ปัญหา รวมไปถึงการประยุกต์ความเป็นจริงเสริมกับการเรียนการสอนในชีวิตวิถีใหม่ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย เรียนรู้ด้วยตัวเองตลอดเวลา อันจะช่วยยกระดับการศึกษาและทำให้เยาวชนและมีความรู้และทักษะที่เท่าทันการเปลี่ยนแปลงสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต ตามเกณฑ์ 80/80
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนโนนสุวรรณพิทยาคม ปีการศึกษา 2566 จำนวน 4 ห้องเรียน รวม 148 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/3 โรงเรียนโนนสุวรรณพิทยาคม ปีการศึกษา 2566 จำนวน 30 คน สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในการออกแบบและพัฒนาผู้วิจัยได้ดำเนินการตามกระบวนการ ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน (ศักดิ์เรศ ประกอบผล, 2563) ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ (Analysis) ศึกษาเอกสารและทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม วิเคราะห์จุดประสงค์และรายละเอียดของเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีเนื้อหาประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 2) วงกลม พีระมิต กรวย และทรงกลม 3) ความน่าจะเป็น และ 4) อัตราส่วนตรีโกณมิติ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนา

1.2 การออกแบบ (Design) ออกแบบสื่อให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ เนื้อหาที่จัดการเรียนรู้ และออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard) ของสื่อ โดยได้ออกแบบสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ออกแบบหน้าจอ ออกแบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อวางโครงสร้างสำหรับการพัฒนา และเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาและความสอดคล้องของรูปแบบสื่อ

1.3 การพัฒนา (Development) นำโครงสร้างสื่อที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาพัฒนาตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้โปรแกรม Moodle ในการสร้างบทเรียนออนไลน์ และใช้โปรแกรม Zapp work และ Unity ในการสร้างสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีเนื้อหาประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 2) วงกลม พีระมิต กรวย และทรงกลม 3) ความน่าจะเป็น และ 4) อัตราส่วนตรีโกณมิติ จากนั้นนำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ วัดและประเมินผลการศึกษา และเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 คน

1.4 การนำไปใช้ (Implementation) หลังจากการพัฒนาสื่อและได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วนั้น จากนั้นจะดำเนินการนำสื่อไปทดลองใช้เพื่อประเมินการใช้งานและประเมินประสิทธิภาพของสื่อในขั้นถัดไป

1.5 การประเมินผล (Evaluation) ประเมินผลการทดลองใช้โดยการหาประสิทธิภาพของสื่อตามแนวคิดของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80/80 โดย

E1: ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนรู้ 4 หน่วย

E2: ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

นอกจากนั้น เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์

2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ศึกษาทฤษฎีและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 25 ข้อ นำไปหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ วัดและประเมินผลการศึกษา และเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 คน เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) พบว่า จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีข้อสอบจำนวน 20 ข้อ ที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) ขึ้นไป จากนั้นนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองเพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบรายข้อ พบว่า ข้อสอบมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ทุกข้อ และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบรายฉบับด้วยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้วิธีการ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.77 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่คุณภาพของแบบทดสอบที่ยอมรับได้ (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2564)

3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบประเมิน สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยกำหนดหัวข้อในการ

ประเมินออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการนำเสนอเนื้อหา ด้านการออกแบบ ด้านกิจกรรมในบทเรียน และด้านประโยชน์ที่ได้รับ โดยมีข้อคำถามรวมจำนวน 17 ข้อ เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) ดังนี้ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง 4 หมายถึง พึงพอใจมาก และ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความพึงพอใจด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.72 จึงถือว่าแบบประเมินมีความเชื่อมั่น (ไพศาล วรคำ, 2561) สามารถนำไปใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยก่อนการจัดการเรียนการสอนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมได้ดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เมื่อทำการทดสอบก่อนเรียนแล้วเสร็จ ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อร่วมกับการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน โดยเรียนเนื้อหาประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 2) วงกลม พีระมิด กรวย และทรงกลม 3) ความน่าจะเป็น และ 4) อัตราส่วนตรีโกณมิติ เมื่อเรียนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จะมีการฝึกปฏิบัติผ่านใบงาน เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 4 สัปดาห์ เมื่อเรียนจบเนื้อหาจะดำเนินการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันแต่สลับข้อ และหลังจากนั้นจะให้ผู้เรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80/80
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้สถิติทดสอบ t-test for dependent
3. วิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย (ไพศาล วรคำ, 2561) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51 – 5.00	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.51 – 4.50	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับมาก
ค่าเฉลี่ย	2.51 – 3.50	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.51 – 2.50	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.50	หมายถึง มีความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ประกอบด้วยเนื้อหา 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 2) วงกลม พีระมิด กรวย และทรงกลม 3) ความน่าจะเป็น และ 4) อัตราส่วนตรีโกณมิติ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ประเมินความเหมาะสมของสื่อในด้านเนื้อหาและการออกแบบ ซึ่งสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.82 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21 โดยมีตัวอย่างของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 พบว่า ผู้เรียนที่เรียนผ่านสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ มีคะแนนระหว่างเรียนโดยเฉลี่ยแต่ละหน่วยการเรียนรู้เท่ากับ 4.09 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.83 ($E1 = 81.83$) และคะแนนสอบหลังเรียนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.03 จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 80.17 ($E2 = 80.17$) ถือว่าสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ $81.83/80.17$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หมายความว่า รายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียน

กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t-test	p-value
ก่อนเรียน	30	20	8.83	2.67	8.008	<0.001*
หลังเรียน	30	20	16.03	2.06		

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 พบว่า คะแนนสอบก่อนเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.83 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.67 และมีคะแนนสอบหลังเรียนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 16.03 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.06 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนโดยใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการนำเสนอเนื้อหา	4.63	0.52	มากที่สุด
ด้านการออกแบบ	4.61	0.58	มากที่สุด
ด้านกิจกรรมในบทเรียน	4.59	0.52	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.63	0.49	มากที่สุด
รวม	4.62	0.53	มากที่สุด

จากตารางที่ 3 พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 เมื่อพิจารณาแต่ละด้าน ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ด้านการนำเสนอเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.63 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 รองลงมาคือ ด้านการออกแบบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.61 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.58 และ ด้านกิจกรรมภายในสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ตามลำดับ

อภิปรายผล

การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในโลกชีวิตวิถีใหม่ เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสู่การเรียนรู้ตลอดชีวิต ตามเกณฑ์ 80/80 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนและหลังเรียนที่เรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ และ 4) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.83/80.17 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ตามที่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากในการออกแบบและพัฒนาผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมให้สามารถจัดการเรียนการสอนตามบริบทของครู นักเรียนโดยอาศัยกระบวนการ ADDIE Model 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบและพัฒนาที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ ศักดิ์เศรษฐ์ ประกอบผล (2563) ที่กล่าวไว้ว่า การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้กระบวนการ ADDIE Model จะทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chen (2024) ซึ่งได้ผลการวิจัยที่พบว่าการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการจัดการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ช่วยเพิ่มความสนใจและแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและจดจำแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ ยุวธิดา อัครชาติ (2566) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า ผลการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการแก้โจทย์ปัญหามีประสิทธิภาพ (E1/E2) เท่ากับ 82.50/81.49 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเท่ากับ 80/80 และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Angraini et al. (2023) พบว่า สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิมาน ใจดี และคณะ (2564) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคกลุ่มแข่งขัน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคกลุ่มแข่งขัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในรายวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 เนื่องจากในการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ ที่ประกอบด้วย 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร 2) วงกลม พีระมิด กรวย และทรงกลม 3) ความน่าจะเป็น และ 4) อัตราส่วนตรีโกณมิติ แม้จะเป็นเนื้อหาที่มีความยาก แต่ในสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ได้พัฒนาขึ้นนั้นเป็นเนื้อหาที่มีกิจกรรมเสริมสอดแทรกและไม่จำกัดการเรียนเนื้อหาเหล่านี้เพียงในหนังสือหรือต้องเรียนให้จบในชั้นเรียนเท่านั้น ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เพิ่มเติมได้ตลอดเวลาจากบทเรียนออนไลน์ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ปรับเปลี่ยนการเรียนรู้ได้ตามความพอใจของผู้เรียน และผู้เรียนยังสามารถใช้เทคโนโลยีร่วมกับการเรียนซึ่งเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนไม่เบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทองมา แป้นดวงเนตร และคณะ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยี

ความจริงเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหา อยู่ในระดับมากที่สุด และยังสอดคล้องกับ ฤชา รัตนศิลป์ และพีระพงษ์ พรหมจันทร์ (2564) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์วิศวกรรมเครื่องกลของนักเรียนนายเรือ ด้วยบทเรียนออนไลน์โปรแกรม Moodle พบว่า นักเรียนนายเรือในกลุ่มทดลองมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนออนไลน์วิชาคณิตศาสตร์ วิศวกรรมเครื่องกล ด้วยโปรแกรม Moodle อยู่ในระดับมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย

1. การนำสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมเป็นสื่อในการจัดการเรียนรู้ ประสิทธิภาพของสื่ออาจขึ้นอยู่กับ การเข้าถึงอินเทอร์เน็ต ความสามารถ หรือความคุ้นเคยของผู้เรียนกับเทคโนโลยี ซึ่งหากพื้นที่ที่ใช้งานสื่อเทคโนโลยีมี ข้อจำกัดอาจทำให้การนำสื่อมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อาจเกิดอุปสรรคได้
2. การนำสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอน โดยเฉพาะในวิชา คณิตศาสตร์ ซึ่งการใช้สื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมในการสอนเรื่องที่เป็นนามธรรมและมีความซับซ้อนจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้นและเพิ่มความสนใจในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรขยายผลนำเทคโนโลยีความจริงเสริมไปบูรณาการร่วมกับการจัดการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ อาทิเช่น วิทยาศาสตร์ ศิลปะ หรือภาษาไทย ซึ่งเนื้อหาของวิชาเหล่านี้สามารถปรับใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อ เสริมสร้างการเรียนรู้และการเข้าใจมากยิ่งขึ้น
2. ควรมีการวิจัยต่อเนื่องเพื่อประเมินผลกระทบของการใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมต่อการเรียนรู้ใน ระยะยาว โดยเฉพาะในแง่ของการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ใน ชีวิตประจำวัน การประเมินผลในระยะยาวจะช่วยให้เห็นภาพรวมของประสิทธิผลและผลกระทบที่แท้จริงของสื่อ เทคโนโลยีความจริงเสริมต่อผู้เรียน

บรรณานุกรม

- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์*, 5(1), 7-20.
- ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2564). *การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- ทองมา แป้นดวงเนตร เทียมยศ ปะสาวะโน และธิปไตย โสถถาวรณ. (2564). การพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสริม วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องโจทย์ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏ*, 9(3), 107-118.
- ธนวัฒน์ เศรษฐธีรโชติ. (2567). การประเมินผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) วิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัด สพฐ. *วารสารการทดสอบและการประเมินทางการศึกษา ระดับชาติ*, 5(2), 66-82.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ไพศาล วรคำ. (2561). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 9). มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.
- ยุริดา อัครา. (2566). การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค KWDL ร่วมกับสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริม. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 8(9), 19-38.

- ฤชา รัตนศีล และพีระพงษ์ พรหมจันทร์. (2564). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
วิศวกรรมเครื่องกลของนักเรียนนายเรือ ด้วยบทเรียนออนไลน์โปรแกรม Moodle. *วารสารเทคโนโลยี
และสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 4(11), 38 – 53.
- วิทยากร เชียงกุล. (2558). *สภาวะการศึกษาไทย 2557/2558 : จะปฏิรูปการศึกษาไทยให้ทันโลกในศตวรรษที่ 21
ได้อย่างไร*. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.
- วิมาน ใจดี ชัชชญา อภมพรราช และมนัสสิน ใจดี. (2564). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริง
เสริม รายวิชาคณิตศาสตร์ ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคกลุ่มแข่งขัน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารศึกษาศาสตร์ มมร*, 9(2), 335 – 370.
- ศักดิ์เครต ประกอบผล. (2563). การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้แอดดัมเดลและ
แนวคิดของกาเย่. *วารสารครุศาสตร์สาร*, 14(1), 17-30.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2566). *แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13
(พ.ศ. 2566–2570)*. ราชกิจจานุเบกษา, 139(ตอนพิเศษ 258 ง).
- Angraini, L. M., Susilawati, A., Noto, M. S., Wahyuni, R., & Andrian, D. (2023). Augmented Reality
for Cultivating Computational Thinking Skills in Mathematics Completed with Literature
Review, Bibliometrics, and Experiments for Students. *Indonesian Journal of Science and
Technology*, 9(1), 225–260. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i1.67258>
- Chen, A. (2024). Leveraging Virtual and Augmented Reality to Boost Student Engagement in STEM
Disciplines. *Region - Educational Research and Reviews*, 6(12), 61.
<https://doi.org/10.32629/rerr.v6i12.2999>
- Islim, Omer Faruk & Namli, Şenol & Sevim, Nese & Ozcakir, Bilal & Lavicza, Zsolt. (2024). Augmented
Reality in Mathematics Education: A Systematic Review. *Participatory Educational
Research*. 11. 115-139. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>.
- Majid, A. F., Baharuddin, B., Nursalam, N., Tayeb, T., Mattoliang, L. A., Kusumayanti, A., & Amin, B.
(2024). Development of augmented reality-based mathematics learning media to facilitate
students' mathematical computational thinking skills. *Mapan*, 12(2) , 416– 439.
<https://doi.org/10.24252/mapan.2024v12n2a12>
- Prayoga, H. A., Pamungkas, M. D., & Nurjanah, A. (2024). Development of Augmented Reality media
in polyhedral space- building lessons to improve the mathematical reasoning ability.
Union, 12(3), 598–611. <https://doi.org/10.30738/union.v12i3.17756>
- Susanto, R., & Nurtamam, M. E. (2024). Development of AR-Based Educational Games for
Mathematics Learning in Elementary Schools. *Journal of Computer Science
Advancements*, 2(5), 273–284. <https://doi.org/10.70177/jsca.v2i5.1325>
- UNESCO. (2024). *Digital education: What you need to know*. United Nations Educational, Scientific
and Cultural Organization.