

**การพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม
เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน
Development of Augmented Reality Application on Solar System
for the Hearing Impaired**

**พิเชนทร์ จันทรปัม^{1*}, สุธิรา จันทรปัม², สุรเชษฐ์ เหลือมณเภา³ และ วินิจ สุขวงศ์⁴
Pichain Junpoom^{1*}, Suthira Junpoom², Surachet Lueamphao³ and Winit Sookawong⁴**

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร^{1*,2,3,4}
Computer Department Faculty of Science and Technology Sakon Nakhon Rajabhat University^{1*,2,3,4}
pichain@snru.ac.th^{1*}, suthira@snru.ac.th², surachet.lu61@snru.ac.th³, winit.so61@snru.ac.th⁴
(Received: July 29, 2023; Revised: November 20, 2023; Accepted: November 21, 2023)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน 2) ประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มเป้าหมายคือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และนักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน จำนวน 20 คน เครื่องมือการวิจัย คือ แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน แบบประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของมาร์กเกอร์ สำหรับสแกน เพื่อแสดงข้อมูลระบบสุริยะจักรวาล โมเดล 3 มิติ เสียงบรรยาย และวิดีโอภาษามือ และ ส่วนของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ทำงานบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : แอปพลิเคชัน, เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, ระบบสุริยะจักรวาล, ผู้บกพร่องทางการได้ยิน

Abstract

The objectives of this research are to 1) develop an augmented reality technology application on the topic of the solar system. for the hearing impaired, 2) evaluate the effectiveness of augmented reality technology applications, and 3) study the satisfaction of the target group with the use of augmented reality technology applications. The target group is three experts and 20 hearing-impaired students. The research tool is an augmented reality technology application on the solar system for the hearing impaired, a performance evaluation form and a questionnaire on satisfaction with using augmented reality technology applications. Statistics used in research are mean and standard deviation.

The research results found that 1) The augmented reality application consists of two parts: a scanning marker to display solar system data, a 3D model, audio, and a sign language video and augmented reality applications that run on smartphones running the Android operating system.

2) Results of efficiency evaluation by experts at a high level, and 3) results of the study of satisfaction of the target group at a high level.

Keywords : Application, Augmented Reality, Solar System, Hearing Impaired

บทนำ

การศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้คนในชาติได้รับการพัฒนาและนำพาให้ประเทศชาติเจริญเท่าเทียม นานาอารยประเทศ ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวจึงได้มีการออกกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการเพื่อให้คนพิการได้รับการศึกษาเสมอภาคกับคนทั่วไป ซึ่งการจัดการศึกษาสำหรับคนพิการมุ่งเน้นพัฒนาความสามารถคนพิการให้เต็มศักยภาพของแต่ละบุคคลและจัดในรูปแบบที่หลากหลายตั้งแต่การให้บริการช่วยเหลือระยะแรกเริ่มหรือแรกพบความพิการจนถึงตลอดชีวิต [1] ปัจจุบันสื่อการเรียนการสอนสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยินยังมีอยู่น้อย ซึ่งสื่อที่มีอยู่ส่วนใหญ่มักมีลักษณะเป็นตัวอักษรและรูปภาพ 2 มิติ ในขณะที่สอนจะต้องใช้ภาษามือในการอธิบาย โดยผ่านล่ามภาษามือ ซึ่งถ้าไม่เข้าใจวิธีการและการสื่อสารออกมาไม่ชัดเจนไม่ถูกต้อง อาจทำให้ความหมายผิดเพี้ยนไปจากสิ่งที่ต้องการสื่อสาร ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเรียนการสอนไม่ดีเท่าที่ควร

เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เป็นเทคโนโลยีที่ผสมเอาโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเสมือน (Virtual) ผ่านอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ร่วมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ทำให้สามารถมองเห็นภาพที่มีลักษณะเป็นวัตถุ (Object) แสดงผลในจอภาพกลายเป็นวัตถุ 3 มิติ ลอยอยู่เหนือพื้นผิวจริง มีการแสดงผลที่แสดงวัตถุมีการเคลื่อนไหว ภูมิมิติ มีความตื่นตันทื่นใจ [2] เทคโนโลยีความจริงเสริม หรือเออาร์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์(Marker base) และ 2) แบบที่ใช้ระบบพิกัด (Location base) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อมูลบนโลกเสมือนจริง ภาพสัญลักษณ์ที่ใช้นิยมเรียกว่า มาร์คเกอร์ (Marker) หรืออาจจะเรียกว่าเออาร์โค้ดก็ได้ โดยใช้กล้องเว็บแคมในการรับภาพ เมื่อซอฟต์แวร์ที่ใช้งานประมวลผลรูปภาพพบสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ ก็จะแสดงข้อมูลภาพสามมิติที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรมให้เห็น ทำให้ผู้เรียนสามารถที่จะหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ทุกทิศทาง หมุนได้ 360 องศา [3] การนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาพัฒนาให้เป็นสื่อการเรียนการสอนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในยุคปัจจุบัน เนื่องจากเด็กสามารถเรียนรู้และเลียนแบบภาพเคลื่อนไหวที่เกิดจากเทคโนโลยีความจริงเสริม ซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดใจการเรียนรู้ให้กับเด็กที่บกพร่องทางการได้ยิน เป็นประโยชน์ต่อการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ด้านภาษาให้กับเด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินได้ โดยเฉพาะเทคโนโลยีความจริงเสริม ซึ่งมีจุดเด่นหลากหลายสามารถนำมาพัฒนาเป็นสื่อเพื่อการเรียนรู้และสร้างเสริมพัฒนาการทางด้านภาษามือและการสื่อสารของเด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินได้เป็นอย่างดี [1]

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล ที่สามารถใช้สมาร์ตโฟน หรือแท็บเล็ตในการแสดงลักษณะสามมิติ เพื่อให้ผู้บกพร่องทางการได้ยิน มีสื่อในการเรียนรู้ที่ส่งเสริมจินตนาการ ให้ความรู้สึกเสมือนจริงมากขึ้น และทำให้การเรียนรู้สนุกสนาน ส่งผลให้ผู้บกพร่องทางการได้ยินมีพัฒนาการทางการเรียนรู้ และพัฒนาการด้านอื่นๆ ต่อไป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

1.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality : AR)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม [4] นิยามโดย Ronald T. Azuma ซึ่งเป็นผู้คิดค้น และทำงานกับ Augmented Reality ที่เป็นเทคโนโลยีที่ผสานโลกโลกแห่งความจริงและโลกเสมือน (Real and virtual environment) เข้าด้วยกัน โดยวิธีการซ้อนภาพสองมิติ หรือสามมิติ เช่น ไฟล์เสียง และวีดิทัศน์ ข้อมูลเป็นตัวอักษรที่อยู่ในโลกเสมือน ให้อยู่บนภาพที่เห็นจริง ที่สามารถตอบโต้ได้ทันที (Interactive in real time)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการแสดงกราฟิกจำลองเสมือนจริง 3 มิติ อาศัยเทคนิคการแสดงทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัลที่ใช้ในการติดตาม (Tracking) และการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) ด้วยเครื่องหมายเออาร์ (AR marker) เพื่อเข้ารหัสทวิภาค (Binary Code) ด้วยวิธีขีดแบ่ง (Thresholding) เพื่อใช้ในการคำนวณตำแหน่งระหว่างกล้องกับเครื่องหมายเออาร์ รวมทั้งเพื่อระบุและนำคุณลักษณะจากการเข้ารหัส (Identification marker; Ids) มาจับคู่กับเทมเพลตในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ หรือฐานข้อมูลในรูปแบบการส่งข้อมูลสัญญาณวิดีโอต่อเนื่องชนิดการถ่ายทอดสด (Live-Video Streams) โดยกระบวนการภายในของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ประกอบด้วย 3 กระบวนการ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) 2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (Pose Estimation) 3) การสร้างภาพ 2 มิติ จากโมเดล 3 มิติ (3D Rendering)

หลักการทำงานเพื่อการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถแบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้ [5]

- 1) วัตถุสัญลักษณ์ คือ ส่วนที่กำหนดมุมมอง และตำแหน่งในการวางวัตถุเสมือน หรือกราฟิก ให้กับส่วนประมวลผล
- 2) ส่วนรับภาพ ทำหน้าที่รับภาพจากวัตถุสัญลักษณ์ เพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผล อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับรับภาพ เช่น กล้องวิดีโอ กล้องโทรศัพท์มือถือ กล้องเว็บแคม ซึ่งสามารถเชื่อมต่อสัญญาณไปยังหน่วยประมวลผลได้
- 3) ส่วนการประมวลผล ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์วัตถุสัญลักษณ์ แล้วสืบค้นข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลวัตถุเสมือนจริง หรือกราฟิกที่เชื่อมโยงกัน เพื่อเตรียมการแสดงผลวัตถุเสมือน หรือกราฟิกนั้น โดยทำการประมวลผลผ่านซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถแบ่งตามประเภทการวิเคราะห์ภาพออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ วิเคราะห์ภาพวัตถุสัญลักษณ์แบบที่เป็นมาร์คเกอร์ (Marker Based AR) และวัตถุสัญลักษณ์แบบอาศัยลักษณะต่างๆที่อยู่ในภาพ (Marker-Less Based AR)

4) ส่วนแสดงผล ทำหน้าที่แสดงผลสภาพแวดล้อมจริง และวัตถุเสมือน หรือกราฟิก ที่ส่วนการประมวลผลขึ้นมาแสดง อุปกรณ์ที่ใช้แสดงผล เช่น จอคอมพิวเตอร์ จอโทรศัพท์มือถือ จอแสดงผลแบบสวมศีรษะ

2.1.2 สื่อการเรียนรู้สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

สื่อการเรียนการสอนสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยินเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นตัวช่วยในการสนับสนุนการเรียนรู้ โดยกระตุ้นให้เกิดความสนใจและอยากที่จะเรียนรู้สามารถแบ่งสื่อทางการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการได้ยิน ดังนี้

- 1) สื่อที่รับรู้ได้ด้วยการเห็น ผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถรับรู้หรือเรียนรู้ด้วยการเห็น การดู และการอ่าน เช่น ตัวอักษรรูปภาพวัตถุ ทำทางเป็นต้นซึ่งเด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินจะรับรู้ภาษาเมื่อ ได้ดีที่สุด

2) สื่อที่มีทั้งภาพและเสียง ผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถมองเห็นภาพได้ แต่มีข้อจำกัดในการรับรู้จากเสียง เมื่อใช้สื่อที่มีทั้งภาพและเสียง ควรจัดให้มีคำบรรยายแทนเสียง (Closed Caption) ใต้ภาพ และเพื่อความสะดวกสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน ควรมีล่ามภาษามือสำหรับช่วยสื่อความหมายช่วยให้เข้าใจยิ่งขึ้น

3) สื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ สื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ในรูปแบบมัลติมีเดียจะส่งเสริมและพัฒนารับรู้ของผู้บกพร่องทางการได้ยิน ที่อาศัยประสาทสัมผัสทางตาได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้พบว่าในรูปแบบชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสอนคอมพิวเตอร์สำหรับคนหูหนวก ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถศึกษาและทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง

ผู้บกพร่องทางการได้ยินใช้ภาพในการรับรู้เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากผู้บกพร่องทางการได้ยินต้องอาศัยประสาทสัมผัสทางตาในการรับรู้ภาพ การใช้ภาพเพื่อสื่อความหมายและอธิบายข้อความต่าง ๆ ทำให้เข้าใจได้ และเกิดการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดี ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์กระตุ้นให้เกิดจินตนาการอย่างต่อเนื่อง เกิดนวัตกรรมได้ง่ายกว่าการใช้ถ้อยคำ ทำให้การเรียนการสอนง่ายแก่การทำความเข้าใจมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นสิ่งเร้าที่จะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ การใช้สื่อปฏิสัมพันธ์เพื่อเป็นสื่อในการเรียนการสอนใช้ได้ดีในด้านความคิดรวบยอด ซึ่งสามารถนำมาช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนเด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน เพราะเด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินสามารถเข้าถึงบทเรียนต่าง ๆ ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยตนเอง [1]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์ อรทัย จิตรักษ์ และณภัสกรณ นามดี [6] ได้วิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E1/E2) เท่ากับ 80.74/82.59 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับที่ .05 3) ดัชนีประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 0.5407 4) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับพอใจมาก

วรรณศิลป์ ภูเด่นใส และ สุนันทา ศรีม่วง [7] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริงเรื่องระบบสุริยะ ด้วยเทคโนโลยีอวกาศเมตเตดเรียลลิตี มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริง สำหรับโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ด้วยเทคโนโลยีอวกาศเมตเตดเรียลลิตี 2) เพื่อประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องระบบสุริยะ ด้วยเทคโนโลยีอวกาศเมตเตดเรียลลิตีและ เป็นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนมัลติมีเดียเรื่อง ระบบสุริยะ 3) ศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งาน ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันเสมือนจริงเรื่องระบบสุริยะ พบว่า เทคโนโลยีอวกาศเมตเตดเรียลลิตีที่พัฒนาขึ้นนั้นจะประกอบไปด้วย แอปพลิเคชัน และหนังสือประกอบ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ เนื่องจากสามารถเพิ่มภาพเสมือนของโมเดลสามมิติหรือวิดีโอลงในภาพที่ถ่ายมาจากกล้อง เว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก 2) การศึกษาผลการทดลองใช้พบว่า คุณภาพของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

วรรณิสสา เสวกวิหารี และ สุขสถิต มีสถิตย์ [8] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง หลวงปู่มั่น ภูริทัตโต ในจังหวัดสกลนคร ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง หลวงปู่มั่น ภูริทัตโต ในจังหวัดสกลนคร ที่พัฒนาขึ้น สามารถให้ข้อมูลสถานที่ในจังหวัดสกลนครซึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับหลวงปู่มั่น ทั้ง 7 แห่ง ด้วยภาพเสมือนจริงของสถานที่ พร้อมเสียงบรรยาย และเส้นทางไปยังสถานที่เหล่านั้น 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 อยู่ในระดับมาก และ 3) ผลการ

ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยกลุ่มตัวอย่าง คือ บุคคลทั่วไปที่ใช้สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ จำนวน 30 คน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 อยู่ในระดับมาก

ณัฐกานต์ ภาคพรต และ หทัยรัตน์ ศรีสวัสดิ์ [9] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนา และประเมินสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ผ่านกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 2 ท่าน ด้านเทคโนโลยีเสมือนจริง จำนวน 2 ท่าน และด้านการจัดการเรียนการสอน จำนวน 1 ท่าน ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) สัญลักษณ์นำเข้าสู่ (Trigger) มีลักษณะเป็นสัญลักษณ์หรือภาพถ่ายที่สื่อถึงข้อมูลที่ต้องการนำเสนอ 2) ข้อมูลนำเสนอ (Overlay) เป็นเนื้อหาข้อมูลให้ผู้สอนต้องการถ่ายทอด เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน และ 3) อุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (Mobile Device) เช่น สมาร์ทโฟน Smartphone) และแท็บเล็ต (Tablet) ผลการประเมินสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ผ่านการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่าสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหา โดยศึกษาเกี่ยวกับ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ระบบสุริยะจักรวาล และการพัฒนาสื่อสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน
- 1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยวิเคราะห์เนื้อหาเรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล
- 1.3 ออกแบบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยทำการออกแบบส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน
- 1.4 พัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยเริ่มจากสร้างภาพมาร์คเกอร์ สร้างโมเดล 3 มิติ สร้างวิดีโอภาษามือ สร้างแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สร้างแบบประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน และสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน
- 1.5 นำแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ปรับปรุง และแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
- 1.6 ทดลองใช้แอปพลิเคชันความเป็นจริงเสริมกับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน หลังจากกลุ่มเป้าหมายทดลองใช้แอปพลิเคชันแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย
- 1.7 เก็บรวบรวมข้อมูล และทำการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นทำการสรุปผล

2. เครื่องมือการวิจัย

- 2.1 แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน
- 2.2 แบบประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน
- 2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

3. กลุ่มเป้าหมาย

- 3.1 ผู้เชี่ยวชาญ เป็นอาจารย์สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จำนวน 3 คน

3.2 นักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จำนวน 20 คน

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [10]

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

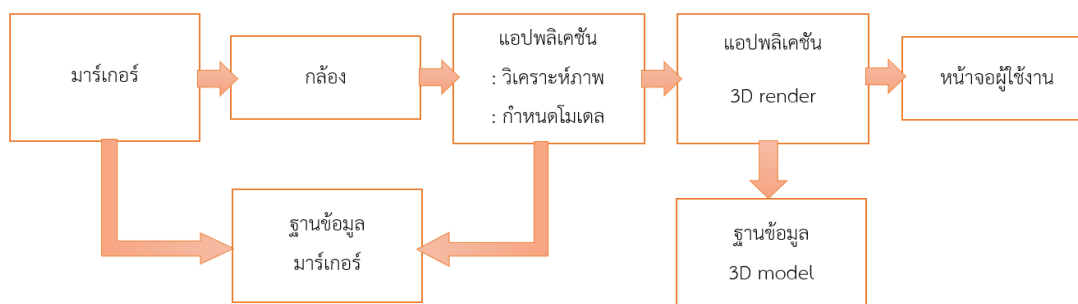
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน

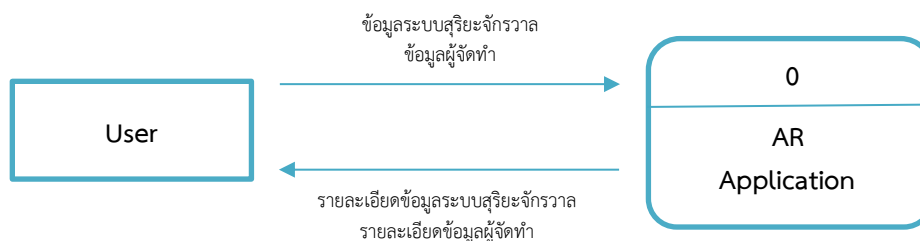
ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน ตามขั้นตอนการวิจัยในระยที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา มาวิเคราะห์ และออกแบบส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

จากภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม แบ่งเป็นส่วนเนื้อหา ประกอบด้วย มาร์คเกอร์ กล่อง แอปพลิเคชัน วิเคราะห์ภาพ กำหนดโมเดล และฐานข้อมูลมาร์คเกอร์ ส่วนผู้ใช้ประกอบด้วย แอปพลิเคชัน 3D render ฐานข้อมูล 3D model และหน้าจอผู้ใช้งาน

เมื่อดำเนินการออกแบบส่วนประกอบของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบผลการวิเคราะห์เชิงโครงสร้างของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงด้วยแผนภาพ Context Diagram แสดงดังภาพที่ 2

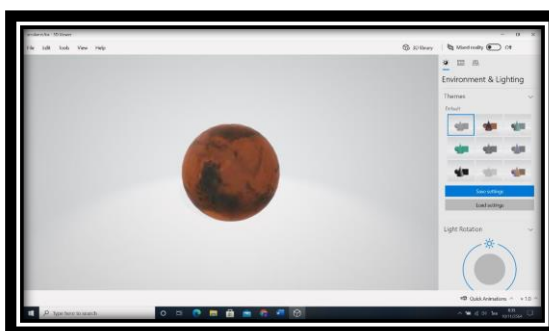


ภาพที่ 2 Context Diagramed ของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริง

จากการออกแบบในข้างต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยสร้างภาพมาร์คเกอร์ ดาวเคราะห์ 8 ดวง สำหรับใช้แสดงแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จากนั้น สร้างโมเดล 3 มิติ ดาวเคราะห์ และสร้างวิดีโอภาษามือสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน เพื่อใช้ในการอธิบายดาวเคราะห์แต่ละดวง แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถทำงานผ่านสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ แสดงผลดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพมาร์คเกอร์ ดาวเคราะห์



ภาพที่ 4 ตัวอย่างโมเดลดาวเคราะห์ 3 มิติ



ภาพที่ 5 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

จากภาพที่ 3 แสดงภาพมาร์คเกอร์ ดาวเคราะห์ ซึ่งทำเป็นหนังสือเล่มเล็ก สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน ใช้ประกอบในการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ภาพที่ 4 ตัวอย่างโมเดลดาวเคราะห์ที่ใช้สำหรับแสดงผลภาพสามมิติ เมื่อใช้แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และภาพที่ 5 แสดงผลการใช้แอปพลิเคชันร่วมกับหนังสือทำมือ ซึ่งจะแสดงโมเดลดาวเคราะห์ และแสดงวิดีโอภาษามือ เพื่ออธิบายเนื้อหา

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ผู้วิจัยดำเนินการนำแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนาขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จากนั้นนำผลการประเมินประสิทธิภาพมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านเนื้อหากระบบสุริยะจักรวาล	4.25	0.50	มาก
2. ด้านการออกแบบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	4.40	0.42	มาก
3. ด้านการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	4.66	0.40	มากที่สุด
โดยรวม	4.44	0.44	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีระดับความคิดเห็น โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 รองลงมาคือด้านการออกแบบแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 และด้านเนื้อหากระบบสุริยะจักรวาล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. ความถูกต้องสมบูรณ์ของเนื้อหา	4.40	0.68	มาก
2. ภาษาที่ใช้บรรยายเข้าใจง่าย และถูกต้อง	4.30	0.65	มาก
3. ข้อมูลต่างๆ มีความครบถ้วนถูกต้อง	4.40	0.68	มาก
4. ขนาดและรูปแบบของตัวอักษร ในการนำเสนอเหมาะสม	4.35	0.67	มาก
5. การออกแบบโมเดลมีความสมจริง	4.60	0.59	มากที่สุด
6. เนื้อหามีสาระและมีประโยชน์	4.75	0.44	มากที่สุด
7. ข้อมูลความรวดเร็วในการทำงานของแอปพลิเคชัน	4.55	0.51	มากที่สุด
8. ความง่ายต่อการใช้งานของแอปพลิเคชัน	4.60	0.50	มากที่สุด
โดยรวม	4.49	0.59	มาก

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน มีระดับความคิดเห็น โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า เนื้อหามีสาระ และมีประโยชน์ มีระดับความคิดเห็นมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 รองลงมาคือ การออกแบบโมเดลมีความสมจริง และความง่ายต่อการใช้งานของแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และข้อที่น้อยที่สุด คือ ภาษาที่ใช้บรรยายเข้าใจง่าย และถูกต้อง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30

อภิปรายผลการวิจัย

1. แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน ประกอบด้วย องค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของมาร์กเกอร์ สำหรับสแกน เพื่อแสดงข้อมูลระบบสุริยะจักรวาล โมเดล 3 มิติ เสียงบรรยาย และวิดีโอภาษามือ และส่วนของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ทำงานบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สอดคล้องกับ สุทธิกานต์ ป่อจักรพันธ์ อรทัย จิตรักษ์ และนภัสกรณ์ นามดี [6] ได้วิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อการสอนที่สร้างขึ้นมีเนื้อหาที่ถูกต้อง ชัดเจนอ่านง่าย มีโมเดลเรขาคณิตที่เป็น 3 มิติ ที่สามารถเคลื่อนไหว ข้อมูลของรูปเรขาคณิตแต่ละรูปที่เหมาะสมกับวัยของนักเรียน ซึ่งได้นำเอาทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเยมาปรับใช้ เพื่อสร้างความสนใจ โดยใช้โมเดลเรขาคณิต 3 มิติ เพื่อก่อให้เกิดการตอบสนองให้ผู้เรียนสนใจและเกิดกระบวนการเรียนรู้ และสอดคล้องกับวรรณศิลป์ ภูเด่นใส และสุนันทา ศรีม่วง [7] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องระบบสุริยะ ด้วยเทคโนโลยีออคเมนต์เตดเรียลริตี้ ผลการวิจัย พบว่า แอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องระบบสุริยะ ด้วยเทคโนโลยีออคเมนต์เตดเรียลริตี้ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย แอปพลิเคชัน และหนังสือประกอบ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนได้ เนื่องจากสามารถเพิ่มภาพเสมือนของโมเดลสามมิติ หรือวิดีโอลงในภาพที่ถ่ายมาจากกล้อง เว็บแคม หรือกล้องในโทรศัพท์สมาร์ตโฟน ด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็น โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 ทั้งนี้เนื่องจากแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่พัฒนา มีการออกแบบที่เหมาะสมกับผู้บกพร่องทางการได้ยินสามารถ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย และสะดวก ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์และส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับผู้บกพร่องทางการได้ยิน สอดคล้องกับ ณัฐกานต์ ภาคพรต และหทัยรัตน์ ศรีสวัสดิ์ [8] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ผลการประเมินสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ ผ่านการประเมินของ

ผู้เชี่ยวชาญ พบว่าสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อการใช้งานแอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า นักศึกษาผู้บกพร่องทางการได้ยิน มีระดับความคิดเห็น โดยรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อหาเรื่องระบบสุริยะจักรวาลเป็นเรื่องที่น่าสนใจ เมื่อนำมาพัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมยิ่งทำให้มีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ประกอบกับมีวิดีโอคำอธิบายภาษามือที่ช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการได้ยินมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาได้มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ วรณิสา เสวกวิหารี และสุขสถิต มีสถิตย์ [9] ได้ทำการวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง หลวงปู่่มั่น ภูริทัตโต ในจังหวัดสกลนคร พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยกลุ่มตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 อยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ระบบสุริยะจักรวาล สำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยิน พัฒนาขึ้นรองรับสมาร์ตโฟนที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 10 ขึ้นไป เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการติดตั้งแอปพลิเคชัน ควรแจ้งให้ผู้ใช้ทราบก่อนการใช้งานแอปพลิเคชัน

2. ในการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยสามารถพัฒนาแอปพลิเคชันที่สามารถรองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบปฏิบัติการไอโอเอส และระบบปฏิบัติการอื่น เพื่อให้รองรับกับอุปกรณ์ที่หลากหลาย ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ง่ายและสะดวก

เอกสารอ้างอิง

- [1] เกยูร วงศ์ก้อม.(2563). การพัฒนาชุดส่งเสริมพัฒนาการทางภาษาและการสื่อสาร เด็กที่มีความบกพร่องทางการได้ยินในระยะแรกเริ่ม (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.
- [2] ญาติาวี ทิพย์เที่ยงแท้. (2565). อิทธิพลของเทคโนโลยีความจริงเสริมที่มีต่อความตั้งใจซื้อสินค้ากลุ่มเครื่องสำอางผ่านทัศนคติต่อเทคโนโลยี. (สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [3] ดุสิต ขาวเหลือง, และอภิชาติ อนุกุลเวช. (2562). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้สามมิติแบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม Augmented Reality (AR) เพื่อพัฒนาทักษะการคิดของนักศึกษาอาชีวศึกษาที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างกัน (รายงานการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [4] อัครเทพ อัครเดช. (2563). การพัฒนาสื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมเรื่อง เครื่องดนตรีสากล สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์. (ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [5] กัญญารัตน์ ทองชุม. (2561). การพัฒนาแอปพลิเคชันค้นคว้าด้วยเทคโนโลยี Augmented Reality โดยกระบวนการเรียนรู้เชื่อมโยงภาพ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น.
- [6] สุทธิกานต์ บ่อจักรพันธ์, อรทัย จิตร์รักษ์, และณภัสนันท์ นามดี. (2562). แอปพลิเคชันเทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการสอน เรื่อง เรขาคณิต สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 5 (472-479). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [7] วรณิศา เสวกวิหารี และสุนันทา ศรีม่วง.(2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันเสมือนจริง เรื่องระบบสุริยะ ด้วยเทคโนโลยีออคเมนต์เดดเรียลิตี. วารสารโครงการงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, 3(1), 63-69.
- [8] วรณิศา เสวกวิหารี และสุขสถิต มีสถิตย์. (2562). แอปพลิเคชันเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง หลวงปู่่มั่น ภูริทัตโต ในจังหวัดสกลนคร. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 5 (2450-2456). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.
- [9] ณัฐกานต์ ภาคพรต และหทัยรัตน์ ศรีสวัสดิ์. การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี, 9(3), 15-23.
- [10] บุญชม ศรีสะอาด. (2560). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.