

ED-010

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

Development of 3D Learning Materials via the Metaverse Integrated with
Instructional Management in Computer Science for Grade 11 Students at
Kabinwittaya School

สุนทรียา ปัญญาเกษมทรัพย์*

Suntareeya Panyakasemsap *

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

King Mongkut's University of Technology Thonburi

*Corresponding author's email: Krusuntareeya@kabin.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา 2) ศึกษาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส โดยผู้ทรงคุณวุฒิ กลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) นักเรียน เก่ง กลาง อ่อน จำนวน 8 ห้อง รวม 320 คน สุ่มห้องเรียนละ 5 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 40 คน เครื่องมือที่ใช้ 1. สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ความรู้ด้านวิทยาการคำนวณ 3. แบบประเมินคุณภาพของสื่อสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ 4. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test for Independent Samples)

ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีคุณภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย= 4.65, S.D.= 0.55) โดยคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.60 , S.D.=0.52) และคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.52, S.D.=0.58) มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 76.59/79.67 ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ 70/70 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่ออยู่ในระดับความพึงพอใจมาก (ค่าเฉลี่ย=3.99, S.D.= 0.62)

คำสำคัญ : ห้องเรียนเมตาเวิร์ส , ห้องเรียนจักรวาลนฤมิต

ABSTRACT

This research aimed to (1) develop and evaluate the effectiveness of 3D learning media through the Metaverse integrated with self-directed learning in Computer Science for Grade 11 students at Kabinwittaya School, and (2) assess the quality of the 3D learning media via expert evaluation. The sample was selected using cluster random sampling, comprising 320 students across 8 classrooms (ranging from high-achieving to low-achieving learners). From each classroom, five students were randomly selected, resulting in a sample group of 40 students. The research instruments included: (1) 3D learning media via the Metaverse, (2) a Computer Science knowledge test, (3) a media quality evaluation form for experts, and (4) a student satisfaction questionnaire.

The results revealed that the 3D learning media via the Metaverse was of high overall quality (mean = 4.65, S.D. = 0.55). Specifically, the content quality was rated very high (mean = 4.60, S.D. = 0.52), as was the media production quality (mean = 4.52, S.D. = 0.58). The effectiveness of the media, measured by the E1/E2 index, was 76.59/79.26, exceeding the standard criterion of 70/70. Furthermore, the post-instruction academic achievement of students who learned through the 3D Metaverse-based media was significantly higher than that of students who received traditional instruction ($p < .05$).

Keywords: Metaverse classroom

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ สารสนเทศน์โหลย (วิทยาการคำนวณ) ในโรงเรียน กบินทร์วิทยา โดยรายวิชามีเป้าหมายในการพัฒนานักเรียนให้สามารถคิดวิเคราะห์ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็น ขั้นตอนและเป็นระบบ สามารถค้นหาข้อมูลหรือสารสนเทศ รวมทั้งประเมิน จัดการ วิเคราะห์สังเคราะห์และ สามารถนำสารสนเทศไปใช้ในการแก้ปัญหาสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและทำงาน ร่วมกันอย่างสร้างสรรค์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอย่างปลอดภัย รู้เท่าทันสื่อ มีความรับผิดชอบและมีจริยธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาการคำนวณ (Computing Science) ที่ผ่านมามีพบว่าการจัดการ เรียนการสอนวิชาวิทยาการคำนวณไม่ประสบความสำเร็จตามเกณฑ์มาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานเมื่อ เปรียบเทียบมาตรฐานที่ 1 คุณภาพของนักเรียนโดยไม่สามารถพัฒนาคุณภาพของนักเรียนเป็นไปตาม เป้าหมายที่กำหนด ดังนั้น ครูผู้สอนจะต้องปรับการเรียนเปลี่ยนวิธีการสอนในรูปแบบใหม่ให้สอดคล้องกับ

รายวิชาที่เปลี่ยนไป ต้องพัฒนาสื่อวัตกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ให้เหมาะสมกับยุคสมัย ต้องเข้าใจ เรียนรู้ และใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการจัดการศึกษาได้อย่างผสมผสาน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนมีผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาระที่ 4 เทคโนโลยี ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 โดยมี คะแนนเฉลี่ย ระดับโรงเรียน (ค่าเฉลี่ย = 32.69, S.D. = 32.98) คะแนนเฉลี่ยระดับจังหวัด (ค่าเฉลี่ย = 29.10, S.D. = 32.67) คะแนนเฉลี่ยระดับสังกัด (ค่าเฉลี่ย = 34.02, S.D. = 33.94) และคะแนนระดับประเทศ (ค่าเฉลี่ย = 35.08, S.D. = 34.08) จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2564) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการเรียนรู้ทางเทคโนโลยีวิทยาการคำนวณ อย่างเร่งด่วน เพื่อให้ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์มาใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2565)

ความสำคัญของรายวิชาวิทยาการคำนวณในปัจจุบัน วิทยาการคำนวณ (Computational Science) ในยุคปัจจุบันมีบทบาทสำคัญในหลากหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นการศึกษา ธุรกิจ วิศวกรรม วิทยาศาสตร์สุขภาพ และปัญญาประดิษฐ์ โดยมีแนวโน้มที่สำคัญดังนี้ 1. ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence - AI) AI และ Machine Learning ถูกนำมาใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การแพทย์ (เช่น การวินิจฉัยโรคด้วย AI), การเงิน (เช่น การวิเคราะห์ตลาดหุ้น), และธุรกิจ (เช่น แชทบอทอัตโนมัติ)มีการพัฒนาโมเดลขนาดใหญ่ขึ้น เช่น chatGPT และ Transformer-based models ที่สามารถทำงานซับซ้อนได้อย่างแม่นยำ 2. คอมพิวเตอร์ควอนตัม (Quantum Computing)คอมพิวเตอร์ควอนตัมกำลังเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณโดยใช้หลักการของกลศาสตร์ควอนตัม มีศักยภาพในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน เช่น การเข้ารหัสข้อมูล การพัฒนา ยา และการเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึม3. อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things - IoT) อุปกรณ์ IoT ทำให้สามารถเก็บข้อมูลและประมวลผลแบบเรียลไทม์ เช่น สมาร์ทโฮม เมืองอัจฉริยะ และอุตสาหกรรม 4.0 มีการใช้ AI ร่วมกับ IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น ระบบการจัดการพลังงานและระบบอัตโนมัติในโรงงาน 4. วิทยาการข้อมูล (Data Science) และบิ๊กดาต้า (Big Data) มีการใช้ข้อมูลจำนวนมากในการตัดสินใจทางธุรกิจและการพยากรณ์แนวโน้มของตลาด การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย AI และ Machine Learning ช่วยให้สามารถสกัดความรู้จากข้อมูลขนาดใหญ่ได้รวดเร็วขึ้น 5. การประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing) ทำให้สามารถเข้าถึงพลังการคำนวณที่ทรงพลังผ่านอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องลงทุนฮาร์ดแวร์เอง มีการใช้คลาวด์ในการพัฒนา AI, Big Data Analytics และการจัดเก็บข้อมูลแบบกระจายศูนย์ 6. ความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cybersecurity) ความก้าวหน้าทางดิจิทัลทำให้ภัยคุกคามทางไซเบอร์มีความซับซ้อนมากขึ้น แนวโน้มใหม่ๆ เช่น Blockchain และ Zero Trust Security กำลังถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความปลอดภัย 7. การประมวลผลขอบเครือข่าย (Edge Computing) ลดความหน่วงของเครือข่ายโดยการประมวลผลข้อมูลใกล้กับแหล่งกำเนิดข้อมูล เช่น ในรถยนต์ไร้คนขับและโรงงานอัจฉริยะ ช่วยลดภาระของศูนย์ข้อมูลคลาวด์

และเพิ่มความเร็วในการประมวลผล สรุป วิทยาการคำนวณในปัจจุบันเป็นรากฐานสำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัล ที่ช่วยขับเคลื่อนสังคมและเศรษฐกิจ โดยเทคโนโลยีที่กำลังมาข้างหน้าต้นมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนานวัตกรรมในอนาคต

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการเรียนการสอน Metaverse (จักรวาลเสมือน) ถือเป็นหนึ่งในนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทางการศึกษาสำหรับนักเรียนยุคสมัยใหม่ Metaverse หรือ จักรวาลเสมือน คือ คำที่ใช้แทนสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ในอนาคตอันใกล้คาดการณ์ว่า Metaverse จะกลายเป็นโลกคู่ขนานที่มีระบบเศรษฐกิจ ระบบการบริหาร ปกครอง เป็นของตนเองจนเปรียบเสมือนโลกจริงอีกหนึ่งใบ (กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย, 2566) ซึ่งการจัดการเรียนการสอนทำให้นักเรียนสามารถใช้จักรวาลเสมือนในการศึกษาเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองและนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ทุกเวลา (ใจทิพย์ ณ สงขลา, 2565) โดยห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลเสมือนใช้สภาพแวดล้อมออนไลน์ในอินเทอร์เน็ตนำเอานักเรียนและครูมาพบกันทำการเรียนการสอนและสื่อสารกันได้ในรูปแบบเสมือนจริง ทำให้นักเรียนกล้าถามกล้าตอบมากยิ่งขึ้นการนำมาปรับใช้กับการศึกษาก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้สามารถเพิ่มศักยภาพในการเรียนรู้ด้วยตนเองได้มากขึ้น จากความหลากหลายของเนื้อหาในรูปแบบสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (ยุภาวดี พรหมเสถียร และธีรชัย เนตรณอมศักดิ์, 2564)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจในการการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา ซึ่งถือเป็นการจัดบรรยากาศชั้นเรียนเชิงบวกในศตวรรษที่ 21 ที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง ค้นพบด้วยตนเองตามหลักการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นสำคัญและนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. การพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพ ของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา
2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาการคำนวณ ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส กับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ
3. ศึกษาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา
4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สมมติฐานการวิจัย

1. สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 70/70
2. คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา โดยผู้ทรงคุณวุฒิ อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ มีความพึงพอใจของนักเรียน อยู่ในระดับคุณภาพ มาก

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาปราจีนบุรีนครนายก ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 8 ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ถึง 5/8 จำนวน 320 คน ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณด้วยวิธีปกติ

ตารางที่ 1 เกรดเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

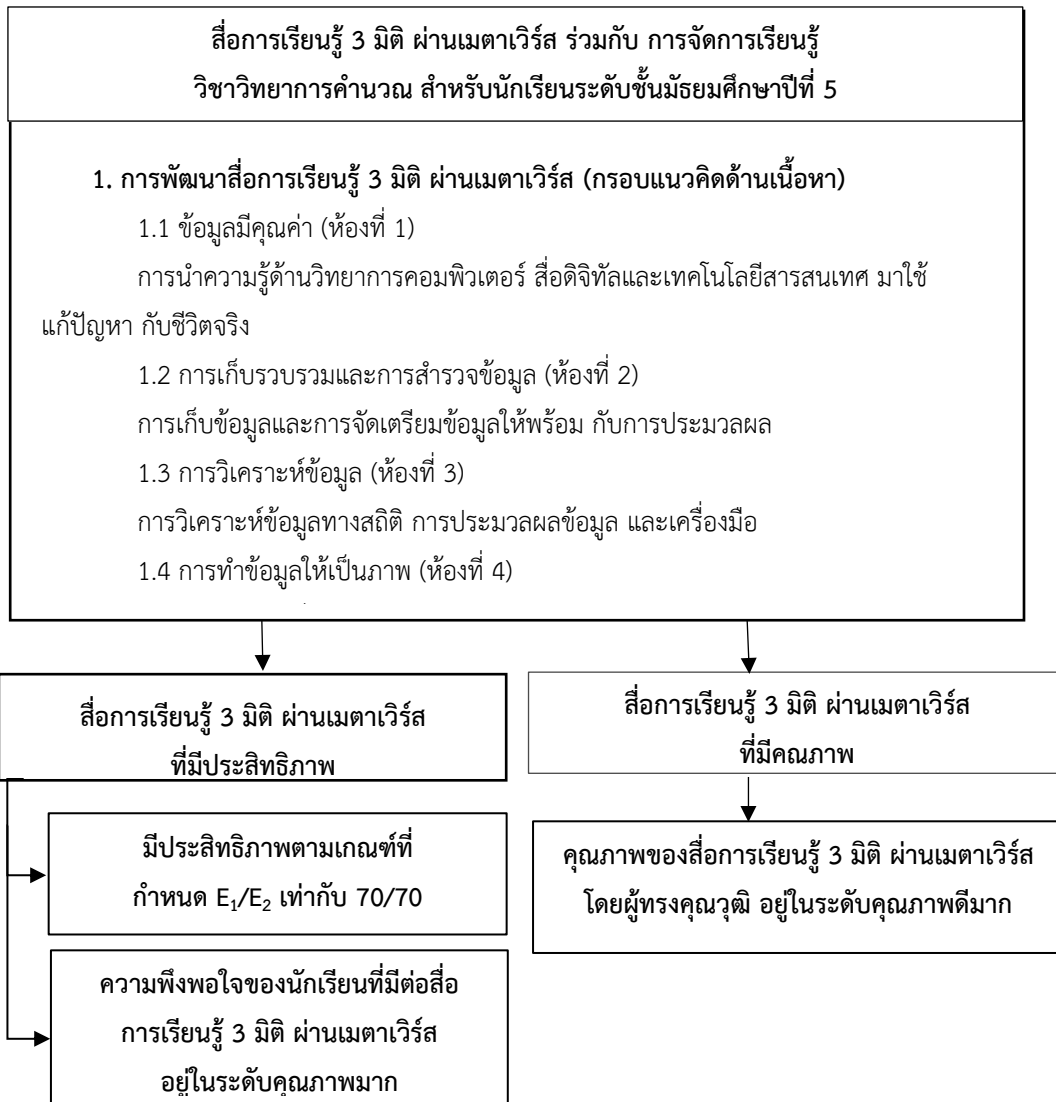
วิชา	เกรดเฉลี่ยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5							
	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8
วิทยาการคำนวณ	3.87	3.7	3.6	3.5	3.0	2.95	2.5	2.00

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนปกติที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน (เก่ง กลาง อ่อน) อ้างอิงจากข้อมูลเกรดเฉลี่ยของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2567 รายวิชาวิทยาการคำนวณ จากนั้นผู้วิจัยทำการสุ่มโดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) อย่างง่าย จับฉลากกลุ่มตัวอย่าง จากจำนวน 8 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 5 คน ได้กลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม จำนวน 40 คน

กรอบแนวคิดการวิจัย

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา กรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาการคำนวณ จำนวน 30 ข้อ
3. แบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 20 ข้อ
4. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 ข้อ

วิธีการรวบรวมข้อมูล

- 1 การรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส
 - 1.1 ผู้วิจัยชี้แจงให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการใช้งานสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ
 - 1.2 ให้นักเรียนทดลองเรียนรู้ที่ละหัวข้อด้วยสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส จริงและทำใบกิจกรรมระหว่างเรียนเก็บสะสมรวมกันซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)
 - 1.3 หลังจากจบกระบวนการทดลองแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)
 - 1.4 เปรียบเทียบอัตราส่วน E_1 ต่อ E_2 กับเกณฑ์ 70/70 ที่ตั้งไว้ ถ้าค่าที่ได้เท่ากับ หรือสูงกว่าเกณฑ์แสดงว่าสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีประสิทธิภาพ และหากได้ค่าต่ำกว่าเกณฑ์แสดงว่าสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ไม่มีประสิทธิภาพ
 - 1.5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนแบบมีกลุ่มตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มมีการวัดเฉพาะหลังให้สิ่งทดลอง (randomized control group posttest-only design) (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2559)

ตารางที่ 2 การวัดเฉพาะหลังให้สิ่งทดลอง (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2559 : 290)

กลุ่มตัวอย่าง	วัดก่อน	การให้สิ่งทดลอง	วัดหลัง
RC	-	-	T_C
RE	-	X	T_E

RC หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มซึ่งเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

RE หมายถึง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส

X หมายถึง สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส

T_C หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

T_E หมายถึง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส

- 1.6 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส กับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้การทดสอบค่าที (Independent Sample t-Test)

- 1.7 การวิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส โดยนำคะแนนจากแบบประเมินมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐาน ซึ่งมีเกณฑ์การแปลความหมายระดับความพึงพอใจของนักเรียน 5 ระดับ ดังนี้
(ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์, 2539)

ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81–2.60 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึง ระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

สูตรและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สูตรดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน $E_1 : E_2$ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556 : 7-18) ดังนี้

สูตรที่ 1 การคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ

$$E_1 = \frac{\bar{X}}{A} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของใบกิจกรรมระหว่างเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 การคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$$E_2 = \frac{\bar{Z}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\bar{Z}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบหลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

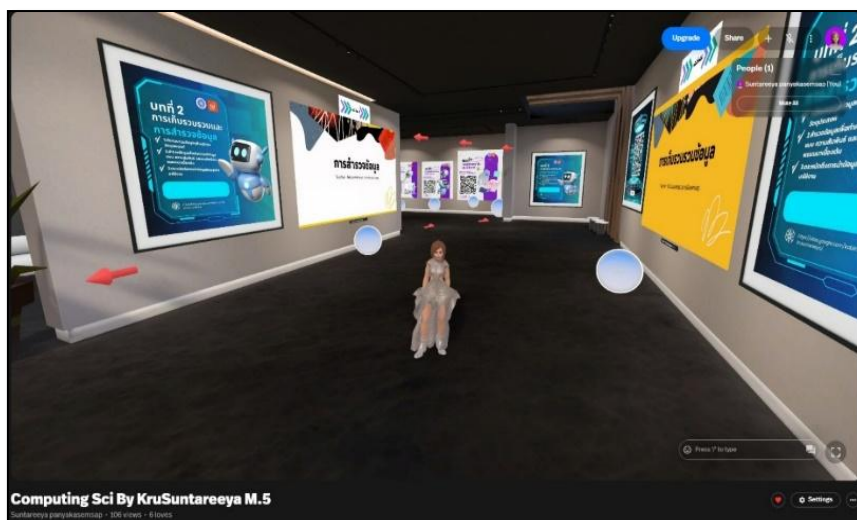
สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยพัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส โดยใช้ <https://www.spatial.io/> ดังภาพที่ 4.1

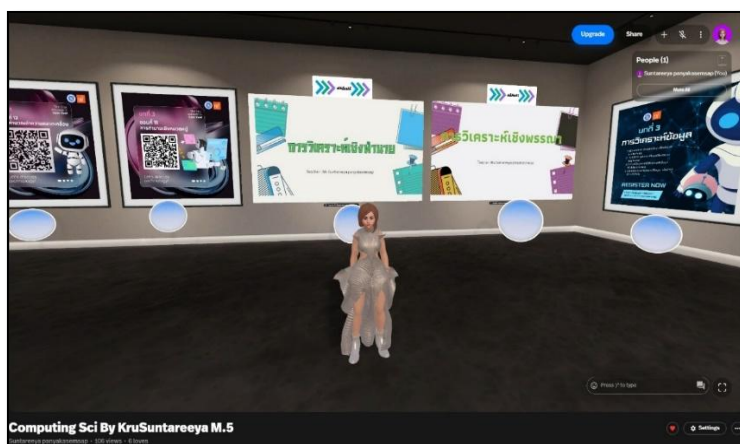
ภาพที่ 4.1 แสดงตำแหน่งเริ่มต้นเมื่อนักเรียนเข้าห้องเรียนเสมือน สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์สซึ่งภายในห้องเรียน ประกอบด้วยห้องต่าง ๆ ดังภาพที่ 4.1(ก-ง)



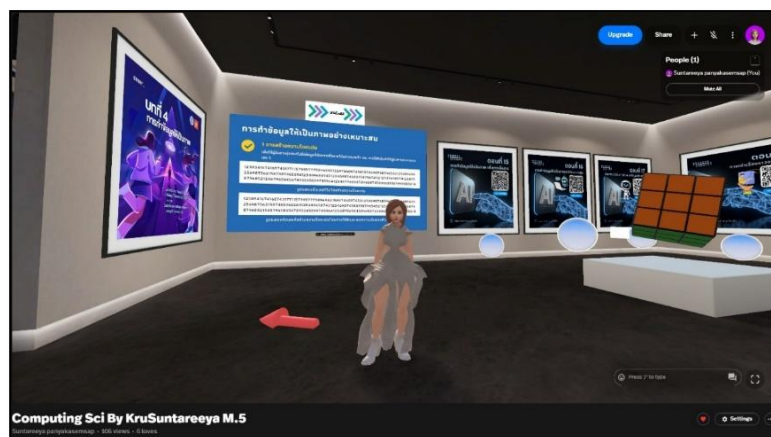
ภาพที่ 4.1 (ก)



ภาพที่ 4.1 (ข)



ภาพที่ 4.1 (ค)



ภาพที่ 4.1 (ง)

ภาพที่ 4.1 (ก-ง) ตัวอย่าง สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ในแต่ละห้อง

ภาพที่ 4.1 (ก) ห้องศึกษา ข้อมูลมีคุณค่า เป็นแหล่งรวบรวมองค์ความรู้ ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิทยาการคำนวณ จุดประสงค์ของห้อง 1.อธิบายกระบวนการวิทยาการข้อมูล 2.ตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูล 3.ประโยชน์หรือคุณค่าของข้อมูล 4.เลือกแหล่งข้อมูลสาธารณะที่เชื่อถือได้ นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบสื่อผนังความรู้ที่นักเรียนสามารถศึกษาเนื้อหาความรู้ โดยการเลื่อนลูกศร ไปทางขวาเพื่อพลิกหน้า

ภาพที่ 4.1 (ข) ห้องศึกษา การเก็บรวบรวมและการสำรวจข้อมูล จุดประสงค์ของห้อง 1.เก็บรวบรวมข้อมูลทฤษฎีตามวัตถุประสงค์ 2.สำรวจข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจรูปแบบ ความสัมพันธ์ และผลลัพธ์เชิงพรรณนาเบื้องต้น 3.ตระหนักถึงการนำข้อมูลส่วนบุคคลมาใช้งาน เมื่อทำการคลิกจะเชื่อมโยงไปยังช่อง YouTube สามารถรับชมรับฟัง รวมถึงการส่งงานผ่านไดรฟ์ที่มีการฝังไว้กับ portal

ภาพที่ 4.1 (ค) ห้องการวิเคราะห์ข้อมูล จุดประสงค์ของห้อง 1.อธิบายหลักการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา และเชิงทำนาย 2. เลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ 3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป หรือโปรแกรมภาษา 4.อธิบายผลของการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ คลิปวิดีโอแบ่งตามหัวข้อ ซึ่งตั้งอยู่บนผนังของห้องสื่อวิทัศน์น์ เมื่อทำการคลิกไปยังลิงก์วิดีโอ นั้น ๆ ก็จะเชื่อมโยงไปยังช่อง YouTube เพื่อทำการรับฟังและรับชมประกอบการจัดการเรียน

ภาพที่ 4.1 (ง) ห้องการทำข้อมูลให้เป็นภาพและการสื่อสารด้วยข้อมูล จุดประสงค์ของห้อง 1.อธิบายวิธีการทำข้อมูลให้เป็นภาพ 2.ทำข้อมูลให้เป็นภาพและนำเสนอได้อย่างเหมาะสม 3.เล่าเรื่องราวจากข้อมูล และเผยแพร่อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยผู้วิจัยได้ออกแบบห้องเรียน มีภาพติดผนังที่ให้ความรู้ ลิงค์ทำแบบทดสอบ ลิงค์ความรู้ ใบกิจกรรม สไลด์บทเรียน และสื่อวิทัศน์น์



ภาพที่ 4.2 บรรยากาศในการใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์สร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการ
คำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการ
คำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำตนเอง
วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

	คะแนนกระบวนการจากใบกิจกรรม					คะแนนสอบหลัง เรียน (30 คะแนน)
	กิจกรรมที่ 1 (15 คะแนน)	กิจกรรมที่ 2 (15 คะแนน)	กิจกรรมที่ 3 (20 คะแนน)	กิจกรรมที่ 4 (20 คะแนน)	รวม (70 คะแนน)	
ค่าเฉลี่ย	11.44	12.16	14.61	15.21	53.42	23.90
ร้อยละ	76.26	81.05	73.03	76.05	76.59	79.67
$E_1/E_2 = 76.59/79.67$						

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา วิทยาการคำนวณ ระหว่างกลุ่มที่เรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส กับ กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig
กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มซึ่งเรียนด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ	40	30	21.45	3.08	5.84*	0.05*
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส	40	30	23.90	2.51		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากตารางที่ 3 มีผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของสื่อมีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 76.59/79.67 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ตรงตามวัตถุประสงค์และสมมติฐานที่ตั้งไว้ข้อที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีประสิทธิภาพในการเป็นสื่อเสริมการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาการคำนวณ อีกทั้ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชา วิทยาการคำนวณ ระหว่างกลุ่มที่เรียนผ่านสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส กับ กลุ่มที่เรียนด้วยวิธีปกติ โดยการทดสอบค่าทางสถิติ t-test แบบ Independent Sample จากตารางที่ 4 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ข้อที่ 2

ผลการศึกษาคุณภาพสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา

ตารางที่ 5 จากการวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชา วิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับคุณภาพ
ด้านเนื้อหา	4.60	0.52	ดีมาก
ด้านเทคนิคและการผลิตสื่อ	4.52	0.58	ดีมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 ด้าน	4.56	0.55	ดีมาก

ผลการศึกษาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จากตารางที่ 5 พบว่าอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.56, S.D.=0.55) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 โดยเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 คุณภาพด้านเนื้อหา (ค่าเฉลี่ย=4.60 , S.D.=0.52) ลำดับที่ 2 คุณภาพด้านเทคนิคและการผลิตสื่อ (ค่าเฉลี่ย=4.52, S.D.=0.58)

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการวิชา วิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกบินทร์วิทยา พบว่า ในภาพรวมนักเรียน มีความพึงพอใจ อยู่ในระดับความพึงพอใจ มาก (ค่าเฉลี่ย=3.99, S.D.=0.62) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในสามลำดับแรก ได้แก่ ข้อที่ 1 สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีความน่าสนใจ (ค่าเฉลี่ย=4.55 , S.D.=0.50) รองลงมาลำดับที่สอง คือ ข้อที่ 2 ห้องเรียนเสมือนจริง ผ่านเมตาเวิร์ส มีความเหมาะสมและสวยงาม (ค่าเฉลี่ย = 4.50, S.D. = 0.50) และลำดับที่ 3 คือ ข้อที่ 3 การใช้ สื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส มีความเพลิดเพลิน สนุกสนาน (ค่าเฉลี่ย = 4.34 , S.D.=0.48)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพของห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิต พบว่า มีค่า ประสิทธิภาพ เท่ากับ 76.59/79.67 เป็นไปตามเกณฑ์ 70/70 ที่ได้กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจาก นักวิจัยคำนึงถึง หลักการออกแบบและพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริงด้วยจักรวาลนฤมิตอย่างเป็นระบบ ตามขั้นตอนของ ADDIE Model (Briggs, 1970; ญัฐกร สงคราม, 2558) โดยก่อนการพัฒนาผู้วิจัย วิเคราะห์นักเรียน การจัดการเรียนรู้ เนื้อหาบทเรียน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำข้อมูล ดังกล่าวมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและ พัฒนาสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ ปณิดา ประทุมคำ (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริง ด้วย Metaverse Spatial เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิต วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 1 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ ระดับ .05 สอดคล้องกับ ศุภรัตน์ โสตาจันทร์ ทนงศักดิ์ ไสวจัสสตากุล และศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี (2563) ได้ศึกษาการพัฒนาสื่อการ เรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ด้วย เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง งานช่างภายในบ้าน ของนักเรียนมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า 1) สื่อการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง งานช่าง ภายในบ้าน มีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 77.92/75.00 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับ อัครณีย์ หมาดบำรุง และทศพร แสงสว่าง (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาห้องเรียนเสมือนจริง เรื่อง การสร้างเว็บไซต์ด้วยโปรแกรมดรีมวีฟเวอร์ CS6 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า 1) ห้องเรียนเสมือนจริง เรื่อง การสร้างเว็บไซต์ด้วยโปรแกรมดรีมวีฟเวอร์ CS6 มีคุณภาพและมี ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ E_1/E_2 เท่ากับ 81.92/80.56

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ 3 มิติ ผ่านเมตาเวิร์ส ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ วิชาวิทยาการคำนวณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.56, S.D.=0.55) เนื่องจากผู้วิจัย ได้ออกแบบเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ มีความเหมาะสมใน การจัดการเรียงลำดับเนื้อหา ความน่าสนใจความทันสมัยของเนื้อหาเนื้อหาที่มีความสอดคล้อง เชื่อมโยง กันโดยได้รับการตรวจสอบ แก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้าน ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เมื่อจำแนกเป็นรายด้านได้พบว่า ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.56, S.D.=0.55) เนื่องจาก ผู้วิจัยได้ดำเนินงานตามขั้นตอนที่วางแผนเอาไว้ โดยเริ่มจาก การวิเคราะห์เนื้อหาที่ควรจะมีในบทเรียน กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหา แนวคิดของ ญัตกร สงคราม (2557: 78-125) กล่าวว่า การออกแบบบทเรียนจะต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้น ทำการสร้างบทเรียน และนำมาใช้ ทดลองกับผู้เรียน จากนั้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมิน และ ปรับปรุงแก้ไขและนำมาใช้จริง เนื้อหาด้านเทคนิคการผลิตสื่อผลการวิจัย พบว่า สื่อมีคุณภาพด้านเทคนิค การผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ย=4.52, S.D.=0.58) เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบบทเรียน และมัลติมีเดีย ให้ใช้งานได้ง่ายและสะดวก โดยมีข้อความรูปภาพเสียงและวิดีโอที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจโดยใช้ขั้นตอน ADDIE Model ตาม แนวคิดของ Seels, B. & Glasgow, Z. (1998 : 176) มาสร้างเทคโนโลยีเสมือนจริงให้ สอดคล้องกับ หลักการออกแบบบทเรียนและมัลติมีเดีย เริ่มต้นจากการวิเคราะห์เนื้อหาการออกแบบเนื้อหา การ พัฒนาเนื้อหาการนำไปใช้และการประเมินผลซึ่งสอดคล้องกับ ผลการวิจัย ของจักรพันธ์ นิลพัฒน์ (2561 : 207-214) ได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงเรื่องพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการวิจัยพบว่า สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ย= 4.23, S.D.= 0.58) เพราะว่าการออกแบบมัลติมีเดียที่มีส่วนประกอบของข้อความรูปภาพเสียงและ ภาพเคลื่อนไหว กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้กิจกรรมการเรียนรู้และสื่อองค์ประกอบในจักรวาลภูมิทัศน์ที่หลากหลาย เช่น เพิ่มสื่อ Animation ให้มีความน่าตื่นตาตื่นใจและดึงดูดใจ เพิ่มช่องทางการส่งงานในรูปแบบออนไลน์ ให้นักเรียนสร้างห้อง ของตนเอง และส่งงานในห้องดังกล่าว เชื่อมโยงกับห้องเรียนของครู เป็นต้น
2. ควรนำ AI มาใช้ เมื่อนักเรียนเข้าเรียนในห้อง มีคำถามเพิ่มเติมสามารถถามในช่องสนทนาและ AI ตอบคำถามแทนครูผู้สอน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ : บริษัทสยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2551. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จักรพันธ์ นิลพัฒน์. 2561. สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง เรื่องพลังงานแสงอาทิตย์. วารสารครุศาสตร์ อุตรดิตถ์. คณะครุศาสตร์อุตรดิตถ์และเทคโนโลยี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1) : 5-20.

กฤษณพงศ์ เลิศบำรุงชัย. 2566. การสร้างจักรวาลเสมือน Spatial metaverse. touchpoint.in.th/spatial-metaverse/

ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2565). สะท้อนทัศนะและข้อห่วงใยต่อการศึกษาในอนาคตที่ Metaverse จะเข้ามามีบทบาทเชื่อมการเรียนรู้ระหว่างโลกจริงและโลกเสมือน. สืบค้นเมื่อ 28 ธันวาคม 2565, <https://www.chula.ac.th/highlight/64690/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ. (2565). Metaverse จักรวาลเสมือน. <https://www.ipst.ac.th/knowledge/22565/metaverse.html>
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2565). Metaverse จักรวาลเสมือน เทรนด์ อนาคตที่น่าจับตามองสำหรับภาคการเกษตร. <https://www.rakbankerd.com/>