

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติการด้านการพิมพ์สามมิติ

Virtual reality technology for 3D printing practical training

ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร¹ สุชาติ แสนพิช² และภูมิ เจือศิริภักดี³

^{1,3}สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

²สาขาศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

Srisit Chianrabutra¹, Suchart Saenpich² and Poom Juasiripukdee³

¹School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, srisit.chi@stou.ac.th

²School of Liberal Arts, suchart.sae@stou.ac.th

³School of Science and Technology, Sukhothai Thammathirat Open University, poom.jua@stou.ac.th

วันที่รับบทความ 21 พฤศจิกายน 2566

วันแก้ไขบทความ 24 พฤศจิกายน 2566

วันตอบรับบทความ 24 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาสนับสนุนการเรียน และเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการศึกษานานาชาติ การเรียนรู้ในโลกความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบการเรียนทางไกลในสภาพแวดล้อมที่เสมือนว่าผู้เรียนอยู่ในการเรียนลักษณะเผชิญหน้า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติการวิธีการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน จากนั้นจึงทำการพัฒนาโปรแกรมความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ แล้วทำการประเมินคุณภาพโปรแกรมความเป็นจริงเสมือน พร้อมทั้งทำการทดสอบประสิทธิภาพสื่อการเรียน สุดท้ายทำการปรับปรุงสื่อการเรียนและนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช จำนวน 30 คน และวิเคราะห์ผลด้วยสถิติการทดสอบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มประชากรที่ข้อมูล 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน ผลการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 30 คน พบว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คำสำคัญ: ความเป็นจริงเสมือน, เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ, ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง, การสอนปฏิบัติการ

ABSTRACT

Virtual reality technology is one of tools used to support learning and is essential for future education. Virtual learning provides learners with the access to a distance learning system in an environment, where the learners are in a face-to-face learning environment. This research aims to develop virtual reality media for 3D printing practical training. The research commenced with the study of using 3D printers and virtual reality technology, followed by the development of the virtual reality program of 3D printing. Subsequently, the quality of the virtual reality program was evaluated, and the efficiency of these learning materials was tested. Finally, the learning materials were refined and tested with the 30 samples of bachelor students in the School of Science and Technology from Sukhothai Thammathirat Open University, the evaluation utilized a paired sample t-test. The finding of this study revealed that students had a mean score before learning of 5.03 with a standard deviation of 1.83 before learning, and a mean score after learning of 8.07 with a standard deviation of 1.14 after learning. The students who participated in the virtual reality laboratory instructional media had significantly higher post-test scores than pre-test scores at a statistical significance level of 0.01.

KEYWORDS: Virtual Reality, 3D Printing Technology, Virtual Laboratory, Practical Training

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทกับทุกภาคส่วน รวมทั้งภาคการศึกษาที่เข้ามาผสมผสานในกระบวนการเรียนรู้ทั้งที่เป็นแบบการเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ และการเรียนผ่านอุปกรณ์พกพา เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) บล็อกเชน (Blockchain) ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence, AI) แชทบอต (Chatbot) และ ความเป็นจริงเสมือน/ความเป็นจริงเสริม (Virtual Reality/Augmented Reality, VR/AR) จะมีบทบาทต่อการปฏิวัติรูปแบบการเรียนระดับอุดมศึกษา สิ่งเหล่านี้จึงมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อให้ทันกับพฤติกรรมของผู้เรียนที่มีการเปลี่ยนแปลงและเพื่อกำจัดอุปสรรคต่างๆ ที่ระบบการเรียนแบบดั้งเดิมไม่สามารถทำได้ ซึ่งจะส่งผลส่งเสริมให้คุณภาพการเรียนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (Anjarichert et al., 2016)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality, VR) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาสนับสนุนการเรียน และเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการศึกษาในอนาคต การเรียนรู้ในโลกความเป็นจริงเสมือนจะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงระบบการเรียนทางไกลในสภาพแวดล้อมที่เสมือนว่าผู้เรียนอยู่ในการเรียนลักษณะเผชิญหน้า หรือสามารถสร้างสถานการณ์จำลองในแบบที่การเรียนลักษณะเผชิญหน้าก็ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่อง เนื้อหา ระยะเวลา สถานที่ และอุปกรณ์ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนสามารถที่จะออกแบบระบบการเรียนรู้อตามความสนใจรายบุคคล (Individual Learning) ของผู้เรียน ผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สวมใส่ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาในส่วนปกติ และเนื้อหาในส่วนเพิ่มเติมตามความสนใจ รวมทั้งสามารถที่จะเลือกเนื้อหาที่ต้องการได้ด้วยตนเอง ตามอัตราการเรียนรู้และสามารถจัดสรรเวลาเรียนเองได้ นอกจากนี้ การฝึกปฏิบัติการบางลักษณะยังมีข้อจำกัดเรื่องของอุปกรณ์ที่มีราคาแพงไม่สามารถให้ผู้เรียนสามารถใช้งานในลักษณะหนึ่งคนต่อหนึ่งอุปกรณ์ได้ ซึ่งการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจะเป็นทางเลือกแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและให้ผลดีวิธีหนึ่ง

สำหรับเทคโนโลยีด้านการพิมพ์สามมิติ ถือเป็นเทคโนโลยีหนึ่งในปัจจุบันที่จะนำไปสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 เนื่องจากเป็นกรรมวิธีการผลิตที่สามารถลดขั้นตอนในการผลิตอย่างมาก ผู้ใช้งานสามารถที่จะออกแบบและสั่งผลิตได้โดยตรงที่เรียกว่า “การผลิตโดยตรงด้วยดิจิทัล (Direct Digital Manufacturing)” การเรียนรู้และเข้าใจเทคโนโลยีเหล่านี้จึงมีความสำคัญต่อนักศึกษาด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงประโยชน์ของการใช้งานและนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป ปัจจุบันทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีครุภัณฑ์ด้านเครื่องพิมพ์สามมิติ และนำมาใช้ประกอบการสอนปฏิบัติเสริมทักษะให้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนนักศึกษาที่มีจำนวนมาก และนักศึกษามีพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างหลากหลาย การออกแบบวิธีการเรียนการสอนในปัจจุบันไม่สามารถให้นักศึกษาทุกคนได้ทดลองปฏิบัติการใช้งานได้ การมีระบบจำลองการปฏิบัติด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจะทำให้นักศึกษาสามารถที่จะเพิ่มประสบการณ์ของการเรียนรู้พื้นฐานใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติได้ทุกคน และสามารถทดลองตามความสนใจในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

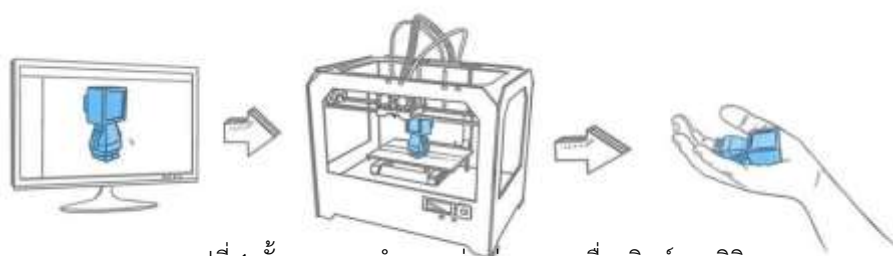
- 2.1 เพื่อพัฒนาด้านแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนเพื่อการสอนปฏิบัติวิธีการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ
- 2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นแบบสื่อและเปรียบเทียบคะแนนก่อน-หลังเรียนจากต้นแบบสื่อ

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและวิธีการที่ถูกใช้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน และแบบจำลองเอ็ดดี้ โดยมีรายละเอียดพอสังเขปดังต่อไปนี้

3.1 เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ

ในปัจจุบันความสามารถในการพัฒนาและการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการและตอบสนองต่อความรวดเร็วในการเปลี่ยนแปลงนั้นมีความสำคัญอย่างมาก เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติถูกจัดให้เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่จะเข้ามาในการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Fourth Industrial Revolution) เพราะความสามารถในการผลิตโดยตรงด้วยระบบดิจิทัลที่รวดเร็ว สามารถลดค่าใช้จ่ายของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ อย่างมากมาย ที่สำคัญยังมีบทบาทในการช่วยให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปได้อย่างง่ายดาย และไม่จำเป็นที่ผู้ใช้งานจะต้องมีค่านึงถึงข้อจำกัดในการออกแบบที่ส่งผลต่อกรรมวิธีการผลิต เทคโนโลยีนี้จึงถูกนำไปใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่น ด้านไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ด้านยานยนต์ ด้านอากาศยาน ด้านการทหาร ด้านการแพทย์ ด้านการศึกษา และด้านศิลปะ เป็นต้น เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ เป็นการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ (Additive Manufacturing) ในลักษณะการเติมเนื้อวัสดุตามรูปร่างของชิ้นงานสามมิติขึ้นทีละชั้น (Layer by Layer) โดยใช้ข้อมูลจากไฟล์สามมิติ (3D Model) ซึ่งสร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์สามมิติเพื่อผลิตเป็นชิ้นงานออกมา โดยกลไกที่สำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติจะประกอบด้วยแกนการเคลื่อนที่ในแนวแกน X Y และ Z ซึ่งทำหน้าที่สร้างรูปร่างชิ้นงานให้เป็นรูปทรงสามมิติ ซึ่งมีกลไกในการปล่อยเนื้อวัสดุตามแต่ละชั้นวัสดุและเทคนิคในการขึ้นรูปทรงที่ถูกนำมาใช้ในเครื่องพิมพ์สามมิติแต่ละประเภท (ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร, 2560) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทำงานอย่างง่ายของเครื่องพิมพ์สามมิติ

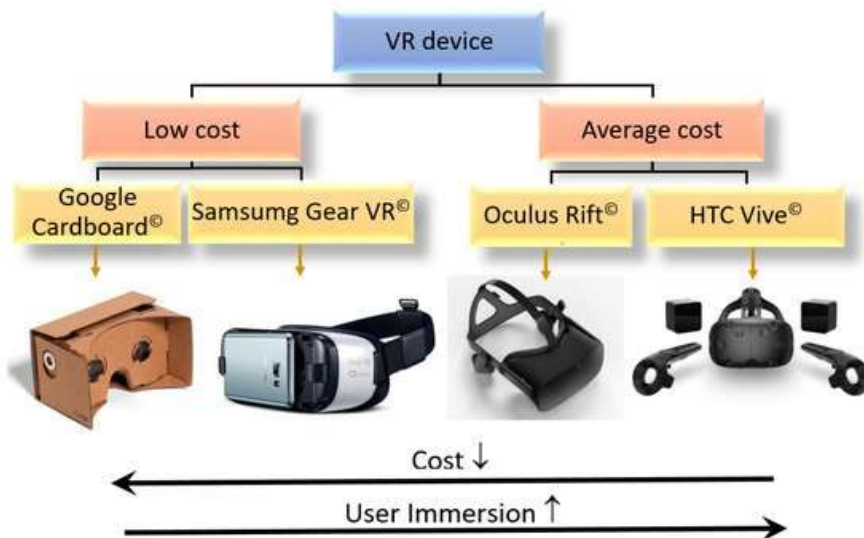
ที่มา: <https://www.technobyte.org/3d-printing-technology-faq-everything-you-must-know/>

3.2 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ในด้านการศึกษานั้น คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอนตั้งแต่ ช่วง ค.ศ. 1950 และมีบทบาทมากขึ้นจนมาถึงปัจจุบัน สำหรับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นถูกนำไปใช้ในการเรียนการสอนในช่วง ค.ศ. 1980 ซึ่งเหตุผลสำคัญ ได้แก่ การที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ให้กับผู้เรียนได้แบบหนึ่งต่อหนึ่งและการสร้างประสบการณ์ของการเรียนที่วิธีการเรียนแบบเดิมไม่สามารถทำได้ (Pantelidis, 2010) เช่น การสร้างความเข้าใจได้หลากหลายวิธี สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจและสามารถที่จะเลือกเนื้อหาตามที่ตนเองสนใจ มีความยืดหยุ่นในเรื่องของเวลาและสถานที่ของผู้เรียนที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ สามารถลดค่าใช้จ่ายของการลงทุนเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์จริงที่มีราคาแพง รวมถึงลดปัญหาจากการเสียหายจากการฝึกอบรมและอุปกรณ์สิ้นเปลืองที่เกิดขึ้นขณะฝึก เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนยังสามารถสร้างการเรียนรู้ตามสถานการณ์ (Situational Learning) ที่ถูกออกแบบไว้ในกระบวนการเรียนการสอนทำให้เกิดการถ่ายทอดความรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะการจำลองสถานการณ์ในโลกความจริง (Dede et al., 2017)

การแบ่งระดับระบบแอปพลิเคชันของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระดับ (Vergara et al., 2017) ได้แก่ 1) ระดับต่ำ เป็นลักษณะเชิงรับ (Passive) ที่ผู้ใช้งานเป็นผู้สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัว โดยไม่สามารถควบคุมเหตุการณ์ต่างๆ ได้ 2) ระดับปานกลาง เป็นลักษณะการสำรวจ (Exploratory) โดยผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่และสามารถ

เลือกสิ่งที่ต้องการสังเกตเองได้ และ 3) ระดับสูง เป็นลักษณะการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ระหว่างผู้ใช้กับสภาพแวดล้อมเสมือนที่จำลองขึ้นมาได้หลายรูปแบบ โดยผู้ใช้สามารถสังเกต สำรวจ ควบคุม หรือแม้แต่ปรับแต่งสภาพแวดล้อมเสมือนด้วยตัวเองได้ สำหรับราคาของอุปกรณ์ของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนนั้นอาจจำแนกตามราคาได้เป็นสองประเภท คือ 1) ราคาในระดับต่ำ ซึ่งจำเป็นต้องมีสมาร์ตโฟนเข้าไปติดตั้งในอุปกรณ์สวม เช่น แว่นที่ให้มุมมองเสมือนจริงของกูเกิล (Google Cardboard) จะราคาต่ำที่สุดเนื่องจากใช้กล่องกระดาษเป็นวัสดุหลัก หรือ Samsung Gear ที่เป็นวัสดุพลาสติกที่มีความแข็งแรงทนทานและมีสายรัดเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และ 2) ราคาในระดับปานกลาง เช่น Oculus Rift หรือ HTC Vive ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์ที่ต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์พ่วงกับอุปกรณ์สวมใส่ โดยอุปกรณ์สวมใส่นั้นจะติดตั้งลำโพง อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลผ่านมือซ้าย-ขวา และเซนเซอร์ในการรับรู้ตำแหน่งการเคลื่อนไหวของผู้สวมใส่ ซึ่งประเภทหลังนี้จะให้ประสบการณ์ความรู้สึกเสมือนจริงกับผู้ใช้งานที่มากขึ้น ซึ่งความรู้สึกเสมือนจริงยิ่งสูง ราคาของอุปกรณ์ก็จะยิ่งสูงตามมากขึ้นไปด้วย ดังรูปที่ 2



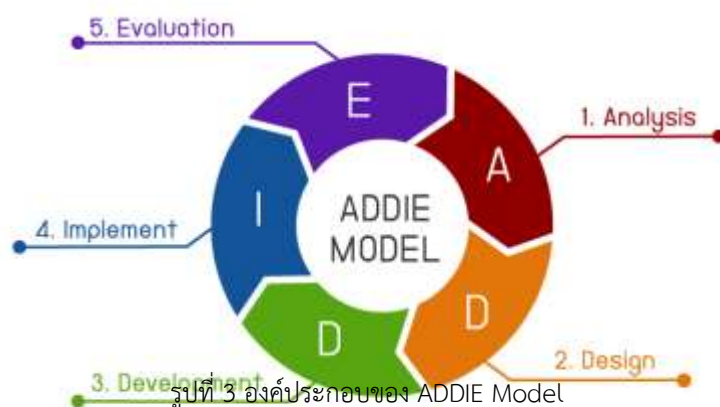
ที่มา : (Anjarichert et al., 2016)

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในหลากหลายกิจกรรมทั้งการเรียน การฝึกอบรม การพัฒนาทักษะ ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาทั้งทางวิศวกรรม (Valdez et al., 2015 and Abulrub et al., 2011) ทางการแพทย์ (Vaughan et al., 2016) หรือในโรงงานอุตสาหกรรม (Carruth, 2017, Im et al., 2017 and Pan et al., 2006) โดยให้ผลลัพธ์ที่ดีและช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะผ่านการปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวเนื้อหา สถานการณ์ และประสบการณ์ของผู้เรียนที่แตกต่างกันได้ จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับผู้เรียนที่เป็นผู้ใหญ่ อีกทั้งช่วยส่งเสริมให้การเรียนรู้ตลอดชีวิตเป็นสิ่งที่น่าสนใจ (Mellet-d'Huart, 2009) นอกจากนี้การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาใช้งานร่วมกับ Google Cardboard ที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและใช้งานได้ง่าย ยังช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนและนักศึกษาได้ใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile Device) มาใช้ประโยชน์กับการเรียน ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ที่เพิ่มมากขึ้นกว่าวิธีการเรียนแบบเดิม (Andone and Frydenberg, 2019) รวมไปถึงเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนและทำซ้ำได้อย่างไม่จำกัด (Hodgson et al., 2019) จึงเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ให้กับผู้เรียนตามความสนใจในลักษณะที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้อย่างไม่มีข้อจำกัดทั้งในเรื่องของระยะเวลา ระยะเวลา และค่าใช้จ่าย ดังนั้นการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนมาปรับใช้กับการเรียนการสอนในเรื่องของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในปัจจุบันและจะมีความต้องการมากขึ้นต่อไปในอนาคต จะเป็นส่วนช่วยเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งสร้างประสบการณ์เรียนรู้เสมือนจริงให้กับนักศึกษาได้มากขึ้นกว่าการเรียนรู้เพียงแค่อ่านตำรา หรือการสาธิตให้ดูโดยปราศจากการฝึกฝนและทดลองด้วยตัวของตัวเอง ซึ่งในปัจจุบันการสอนปฏิบัติการเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิตียังมีข้อจำกัดเนื่องจากวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติมีราคาสูง อีกทั้งมีผู้เรียนจำนวนมากและมีเวลาที่มีจำกัด

3.3 แบบจำลองเอ็ดดี้

แบบจำลองเอ็ดดี้ (ADDIE Model) เป็นแบบจำลองสำหรับใช้ในการออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนที่ได้รับความนิยมสาเหตุจากมีขั้นตอนการดำเนินการที่เข้าใจได้ง่ายและมีขั้นตอนที่ชัดเจน แบบจำลองนี้มีการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1975 โดย

ทุนสนับสนุนของกองทัพของสหรัฐอเมริกา และถูกนำมาใช้ในสถานศึกษาเพื่อใช้สำหรับออกแบบการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง โดยมีขั้นตอนสำคัญดังรูปที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ (Analysis, A) การออกแบบ (Design, D) การพัฒนา (Development, D) การนำไปใช้ (Implement, I) และการประเมินผล (Evaluation, E) (McGriff and Steven, 2000) โดยรายละเอียดดังนี้



ที่มา: <https://www.peoplevalue.co.th/content/9119/addie-model-คืออะไร>

4. วิธีดำเนินการวิจัย/ระเบียบวิธีวิจัย/Research Methodology

การวิจัยใช้แนวทางตามหลักการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ ADDIE Model โดยมีระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

1. การศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

ดำเนินการการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนจากเอกสารวรรณกรรม งานวิจัยและสื่อเทคโนโลยีเกี่ยวกับการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือน

2. การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ รวมทั้งแบบฝึกหัดปฏิบัติการ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบการเรียนรู้อุปกรณ์การใช้งานเครื่องพิมพ์ 3 มิติจำนวน 5 ท่าน (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย 2 ท่าน และคณะผู้สอน 3 ท่าน) โดยผู้เชี่ยวชาญใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์สอนในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในสถาบันอุดมศึกษาอย่างน้อย 3 ปี

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: จัดประชุมสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ และทำการประเมินผลคุณภาพและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Index of Item Objective Congruence, IOC)

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การสรุปประเด็นการสนทนากลุ่ม และการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมสอดคล้องของวัตถุประสงค์กับเนื้อหาและวัตถุประสงค์กับแบบประเมินโดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) หากข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ ส่วนข้อที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ให้นำไปปรับปรุง แก้ไขหรือตัดทิ้ง

3. การพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ดำเนินการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ และการฝึกปฏิบัติเสมือนจริง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาการใช้งาน และทางเลือกของสถานการณ์จำลองของกรณีศึกษาตามการเลือกของนักศึกษาเฉพาะราย โดยใช้เวลารวมไม่เกิน 45 นาที เพื่อให้จบเนื้อหาในการเรียนหนึ่งครั้งเทียบเท่าการสาธิตจริงในตอนฝึกปฏิบัติเสริมทักษะ และไม่เกิดอาการเวียนศีรษะเนื่องจากการใช้งาน (motion sickness)

4. การประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน

ดำเนินการการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 3 คนพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของโปรแกรมความเป็นจริงเสมือนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

(Purposive sampling) ซึ่งจะต้องเป็นผู้มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีการศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาอย่างน้อย 3 ปี และมีประสบการณ์ในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ออนไลน์หรือสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: จัดประชุมสนทนากลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ และใช้แบบประเมินคุณภาพโปรแกรม ซึ่งแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมเป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมาย จาก มีคุณภาพน้อยที่สุด ไปจนถึง มีคุณภาพดีมาก

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การสรุปประเด็นการสนทนากลุ่ม การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. การทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบสื่อการเรียนรู้

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบสื่อการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม จำนวน 12 คน แบ่งเป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว 3 คน และทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มขนาดเล็ก 9 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยเลือกนักศึกษาที่เคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: การทดลองใช้สื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความรู้ของผู้เรียนในลักษณะปรนัย แบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ การดำเนินการเป็นลักษณะไม่เผชิญหน้า ให้ผู้ทดสอบทำการเรียนรู้สื่อด้วยตนเองโดยใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง ตามความสนใจของผู้เรียน โดยเริ่มจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วเข้าเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมประเมินสื่อการเรียนรู้ จากนั้นจะดำเนินการโทรศัพท์เพื่อสัมภาษณ์และขอข้อเสนอแนะ คนละอย่างน้อย 10 นาที

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การทดสอบประสิทธิภาพสื่อ E1/E2

6. การปรับปรุงต้นแบบสื่อการเรียนรู้และการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

ดำเนินการปรับปรุงสื่อการเรียนรู้และการนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่

1) กลุ่มตัวอย่าง: นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2564 (ภาคการศึกษาที่ 2/2564) จำนวน 30 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (Voluntary response sampling) โดยรับสมัครนักศึกษาที่สนใจและเคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล: การทดลองใช้สื่อที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบความรู้ของผู้เรียนในลักษณะปรนัย แบบ 5 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ การดำเนินการเป็นลักษณะไม่เผชิญหน้า ให้ผู้ทดสอบทำการเรียนรู้สื่อด้วยตนเองโดยใช้เวลาประมาณ 1-3 ชั่วโมง ตามความสนใจของผู้เรียน เริ่มจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แล้วเข้าเรียนรู้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนา จากนั้นทำแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมประเมินสื่อการเรียนรู้ จากนั้นจะดำเนินการโทรศัพท์เพื่อสัมภาษณ์และขอข้อเสนอแนะ คนละอย่างน้อย 5 นาที

3) การวิเคราะห์ข้อมูล: การแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การคำนวณหาประสิทธิภาพ E1/E2 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Paired Sample T-test

7. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ดำเนินการโดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยจะถูกนำมาสรุป และอภิปรายเปรียบเทียบ รวมทั้งนำเสนอประเด็นข้อสังเกตและงานที่สามารถศึกษาต่อยอดในอนาคต

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

จากการศึกษากระบวนการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ ทำให้ได้พัฒนาเนื้อหาของสื่อซึ่งใช้เวลาเรียนรู้และทำแบบทดสอบก่อนหลัง ในเวลาประมาณ 60 นาที โดยนักศึกษาสามารถศึกษาตามหัวข้อที่สนใจในเรื่องของความรู้เบื้องต้น เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ซึ่งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ คือ เพื่อทำความเข้าใจความหมายและความสำคัญของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ โดยผลลัพธ์ในการเรียนรู้แสดงได้จากการรู้จักเทคนิคที่ถูกใช้ในการพิมพ์สามมิติ การอธิบายแนวทางการนำ

เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติไปประโยชน์ได้ และการอธิบายองค์ประกอบของเครื่องพิมพ์สามมิติ และระบุขั้นตอนการพิมพ์ชิ้นงานที่สำคัญได้



สำหรับเทคโนโลยีความเสมือนที่ถูกนำมาใช้สร้างสื่อการเรียนรู้ นั้น ประกอบด้วย ภาพถ่ายในลักษณะมุมมอง 360 องศา และวีดิทัศน์ในลักษณะมุมมอง 360 องศา โดยจะมีการเพิ่มสื่อที่เป็นภาพถ่าย และวีดิทัศน์ ในลักษณะมุมมองสองมิติในส่วนที่ใช้ในการอธิบายรายละเอียดและแสดงภาพที่มีความละเอียดสูงและง่ายต่อการมองเห็นของผู้เรียน โดยนำเสนอเนื้อหาเรียงลำดับตามตำแหน่งในห้องปฏิบัติการดังรูปที่ 4 โดยมีคำบรรยายประกอบภาพ และมีสัญลักษณ์เคลื่อนไหวเพื่อให้ผู้เรียนสนใจ ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะเลือกเรียนตามความสนใจในแต่ละหัวข้อซึ่งเป็นอิสระต่อกัน สำหรับอุปกรณ์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องใช้ประกอบสื่อการสอนนี้ มีใน 2 รูปแบบ คือ การใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล และการใช้โทรศัพท์สมาร์ทโฟน โดยในส่วนของโทรศัพท์จะใช้ร่วมกับแว่นตาถ่วงกระดาศ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แว่นตาถ่วงกระดาศสำหรับใช้กับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนร่วมกับโทรศัพท์สมาร์ทโฟน

2. ผลการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการเรียนรู้ของการใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

จากการนำแบบประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหาบทเรียนในสื่อความเป็นจริงเสมือน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้อง โดยกำหนดคะแนน +1 หรือ 0 หรือ -1 ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 1 โดยผลประเมินความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหาบทเรียนที่จะถูกนำไปใช้ในสื่อความเป็นจริงเสมือน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 0.96 และทุกหัวข้อมีระดับความสอดคล้องที่ใช้ได้

ตารางที่ 1 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และเนื้อหา

หัวข้อประเมิน		ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	สรุปผล
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	เนื้อหา	1	2	3	4	5			
1. อธิบายความรู้เบื้องต้นเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติได้	1.1 ความหมายของการพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.2 วิวัฒนาการและความเป็นมาที่เกี่ยวข้อง	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	1.3 การประยุกต์ใช้งานของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.4 จุดเด่นของการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	1.5 จุดด้อยของการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2. ระบุองค์ประกอบสำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติได้	2.1 ส่วนประกอบทั่วไปของเครื่องพิมพ์สามมิติและหน้าที่การทำงาน	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	2.2 กลไกที่ทำหน้าที่อัดรีดวัสดุ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2.3 กลไกที่ทำหน้าที่สร้างรูปร่างหน้าตัดของชิ้นงาน	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
	2.4 กลไกที่ทำหน้าที่ปรับระดับความสูงในแต่ละชั้นของชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2.5 ประโยชน์ของตู้ระบบปิดของเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3. อธิบายขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของการพิมพ์สามมิติได้	3.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.2 องค์ประกอบสำคัญของโปรแกรมควบคุมเครื่องพิมพ์สามมิติ	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.3 การกำหนดเงื่อนไขในการพิมพ์ชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.4 การกำหนดส่วนค้ำยันชิ้นงาน	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	3.5 การแยกส่วนค้ำยันกับตัวชิ้นงานและกระบวนการหลังพิมพ์	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ผลประเมินเฉลี่ย								0.96	ใช้ได้

ในส่วนการนำแบบประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้อง โดยกำหนดคะแนน +1 หรือ 0 หรือ -1 ได้ผลการประเมินดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน

หัวข้อประเมิน		ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	สรุปผล
วัตถุประสงค์การเรียนรู้	ข้อที่	1	2	3	4	5			
1. อธิบายความรู้เบื้องต้นเรื่องเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติได้	1	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	0	0	3	0.6	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	4	0	1	0	1	1	3	0.6	ใช้ได้
2. ระบุองค์ประกอบสำคัญของเครื่องพิมพ์สามมิติได้	5	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	6	1	1	1	0	0	3	0.6	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3. อธิบายขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของการพิมพ์สามมิติได้	8	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	9	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ผลประเมินเฉลี่ย								0.88	ใช้ได้

โดยผลประเมินความสอดคล้องวัตถุประสงค์และแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน ที่จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สื่อความเป็นจริงเสมือน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 0.88 และทุกหัวข้อมียกระดับความสอดคล้องที่ใช้ได้

3. ผลการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนในการเรียนรู้การใช้งานเครื่องพิมพ์สามมิติ

ในการพัฒนาต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน ได้ใช้ซอฟต์แวร์ 3DVista ซึ่งเป็นโปรแกรมเฉพาะในการสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน ที่สามารถผสมสื่อต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน ดังรูปที่ 6 เช่น

- ภาพนิ่งสองมิติ
- คลิปวิดีโอทัศน์สองมิติ
- ภาพนิ่งแบบมุมมอง 360 องศา
- คลิปวิดีโอทัศน์แบบมุมมอง 360 องศา
- ไฟล์เสียง
- ลิงค์จาก URL ของเว็บไซต์ภายนอก
- การกำหนดจุดเชื่อมต่อระหว่างเหตุการณ์
- การสร้างแบบทดสอบและการสรุปคะแนน



ก) การนำเข้าสู่บทเรียน



ข) คลิปวิดีโอทัศน์สองมิติ



ค) คลิปวิดีโอทัศน์แบบมุมมอง 360 องศา



ง) ภาพนิ่งแบบมุมมอง 360



จ) แบบทดสอบบทเรียน

รูปที่ 6 แวนตากลองกระดาษสำหรับใช้กับสื่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน

4. ผลการนำต้นแบบสื่อไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

4.1 การทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ลงทะเบียนเรียนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ปีการศึกษา 2564 (ภาคการศึกษาที่ 2/2564) จำนวน 30 คน วิธีได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบอาสาสมัคร (voluntary response sampling) โดยรับสมัครนักศึกษาที่สนใจและเคยเข้ารับการฝึกประสบการณ์เสริมทักษะที่มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชในชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม หรือมีลักษณะใกล้เคียงกัน ได้ผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงคะแนนสรุปการทดสอบประสิทธิภาพสื่อกลุ่มตัวอย่าง

ลำดับที่	คะแนน		
	ทดสอบก่อนเรียน	กิจกรรม	ทดสอบหลังเรียน
1	5	9	9
2	3	10	9
3	8	8	8
4	5	9	8
5	3	10	7
6	3	8	8
7	4	10	8
8	5	10	9
9	5	9	8
10	2	8	8
11	5	10	9
12	8	9	9
13	4	8	5
14	5	8	6
15	7	8	8
16	3	9	9
17	2	9	9
18	6	9	8
19	6	10	8
20	4	9	6
21	8	9	9
22	4	9	9
23	5	7	7
24	3	7	7
25	4	9	9
26	5	10	6
27	7	10	9
28	7	10	9
29	7	9	9
30	8	10	9
คะแนนเฉลี่ย	5.03	9.00	8.07
ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ $E_1=90$			
ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ $E_2=81$			

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของกระบวนการผลลัพธ์ ด้วยการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ Paired Sample T-test ผ่านโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ Minitab จากตารางที่ 4.7 ได้ผลดังรูปที่ 7

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
หลังเรียน	30	8.067	1.143	0.209
ก่อนเรียน	30	5.033	1.829	0.334

Estimation for Paired Difference

Mean	StDev	SE Mean	99% CI for $\mu_{\text{difference}}$
3.033	1.903	0.347	(2.076, 3.991)

$\mu_{\text{difference}}$: mean of (หลังเรียน - ก่อนเรียน)

Test

Null hypothesis	$H_0: \mu_{\text{difference}} = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{\text{difference}} \neq 0$
T-Value	P-Value
8.73	0.000

รูปที่ 7 ผลการคำนวณค่าทางสถิติ Paired Sample T-test จากโปรแกรม Minitab

จากผลดังกล่าวสรุปได้ว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสัปดาห์ที่ 10 ปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ค่า P-value < 0.01, ปฏิเสธ H_0 ที่กล่าวว่าคะแนนทดสอบเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังเรียน)

สำหรับการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 จากตารางที่ 4.7 ได้ค่า E_1/E_2 คือ 90.00/80.70 สามารถสรุปได้ว่ากิจกรรมระหว่างการจัดการการเรียนรู้ผ่านสื่อมีโอกาสดำเนินการได้มากกว่าผลลัพธ์จากการทดสอบหลังเรียน การได้ $E_1=90$ ซึ่งเกิน 80 ที่ปกติจะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ ± 2.5 หรืออยู่ในช่วง 77.50 ถึง 82.50 มีความเป็นไปได้ที่กิจกรรมเก็บคะแนนระหว่างกิจกรรมอาจมีความง่ายเกินไป เนื่องจากเป็นแบบกิจกรรมเก็บคะแนนตามตอบแบบถูกผิดซึ่งมีความน่าจะเป็นในการตอบถูกถึงร้อยละ 50

4.3 ความพึงพอใจในการใช้งานสื่อความเป็นจริงเสมือน

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนได้ทำการประเมินการใช้งานสื่อความเป็นจริงเสมือนผ่าน Microsoft Forms โดยมีข้อสรุปดังนี้

- 1) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีเนื้อหาครอบคลุมพื้นฐานความรู้ของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ ดีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 60
- 2) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีเนื้อหาและการอธิบายที่ชัดเจนเข้าใจง่าย ดีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 50 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 3) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ให้ความรู้พื้นฐานที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ดีมาก ร้อยละ 50 ดี ร้อยละ 40 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 4) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีระยะเวลาในแต่ละส่วนของเนื้อหาที่เหมาะสม ดีมาก ร้อยละ 36.7 ดี ร้อยละ 53.3 ปานกลาง ร้อยละ 26.7

- 5) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ออกแบบการใช้งานที่ง่ายและสะดวกต่อผู้เรียน ตีมาก ร้อยละ 40 ดี ร้อยละ 33.3 ปานกลาง ร้อยละ 26.7
- 6) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถเลือกเรียนเนื้อหาได้ตามความสนใจของผู้เรียน ตีมาก ร้อยละ 66.7 ดี ร้อยละ 26.7 ปานกลาง ร้อยละ 6.7
- 7) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้มีความน่าสนใจและสร้างประสบการณ์เรียนที่แปลกใหม่ ตีมาก ร้อยละ 70 ดี ร้อยละ 30
- 8) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถเรียนรู้ด้วยตัวเองได้ ตีมาก ร้อยละ 63.3 ดี ร้อยละ 26.7
- 9) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ให้ประสบการณ์ใกล้เคียงของจริง ตีมาก ร้อยละ 66.7 ดี ร้อยละ 53.3 ปานกลาง ร้อยละ 10
- 10) สื่อความเป็นจริงเสมือนนี้สามารถทดแทนการเดินทางไปยังห้องปฏิบัติการจริงได้ ตีมาก ร้อยละ 43.3 ดี ร้อยละ 40 ปานกลาง ร้อยละ 13.3 พอใช้ ร้อย 3.3

นอกจากนี้ผู้เรียนทุกคนมีความคิดว่า เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน สามารถช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยี การพิมพ์สามมิติได้ รวมทั้งควรมีการพัฒนาและนำไปขยายผลในชุดวิชาอื่นๆ โดยผู้เรียน ร้อยละ 40 ใช้งานบนหน้าจอ ร้อยละ 53 ใช้งานบนแว่น VR และร้อยละ 7 ใช้ทั้งบนหน้าจอและบนแว่น VR โดยผู้ที่ใช้ทั้งสองแบบให้ความเห็นว่า ชอบแบบบนหน้าจอ ร้อยละ 58 และชอบแบบบนแว่น VR ร้อยละ 42

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ของวัตถุประสงค์กับเนื้อหาของสื่อ มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.96 โดยไม่มีข้อใดที่มีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 จึงสามารถใช้เนื้อหาที่นำเสนอไปใช้ในการสร้างสื่อความเป็นจริงเสมือนได้ต่อไป สำหรับวัตถุประสงค์กับแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน มีค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.88 โดยไม่มีข้อใดมีดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.5 ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบทดสอบทุกข้อในการนำไปใช้ทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่จะใช้ทดสอบผลความรู้ก่อนและหลังจากการใช้สื่อความเป็นจริงเสมือน สำหรับการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนจากนั้นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา ทำการประเมินคุณภาพต้นแบบสื่อความเป็นจริงเสมือน จำนวน 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ที่ 4.67 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยที่ 0.19 หรือมีระดับคุณภาพของสื่อในภาพรวมที่ดีมาก

ส่วนการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน พบว่าผู้เรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนที่ 5.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.83 และมีค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนที่ 8.07 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.14 โดยผู้เรียนที่เข้าเรียนสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 (ค่า P-value < 0.01, ปฏิเสธ H_0) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัยนี้ที่ตั้งไว้ ส่วนการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 คือ 90/81 สามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้นี้มีโอกาสมากกว่าผลลัพท์จากการทดสอบหลังเรียน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่เกณฑ์ 80/80 แต่มีข้อสังเกตว่าคะแนนกิจกรรมอาจมีความง่ายเกินไปจึงทำให้มีคะแนน E_1 เกินค่าความคลาดเคลื่อนปกติที่ยอมรับได้

สื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนที่ได้จัดทำขึ้นมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ และสามารถทำคะแนนหลังการเข้าเรียนสูงกว่าก่อนการเข้าเรียน นอกจากนี้ยังมีความน่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตัวเองตั้งแต่ต้นจนจบ ได้พบกับประสบการณ์ที่แปลกใหม่ รวมทั้งผู้เรียนมีความรู้สึกเสมือนว่าอยู่ในห้องปฏิบัติการจริง ทำให้สามารถทดแทนการไปห้องปฏิบัติการจริงได้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Abulrub et al., (2011) และ Valdez et al., (2015) ซึ่งได้พัฒนาสื่อความเป็นจริงเสมือนมาใช้ในการเรียนการสอนด้านวิศวกรรม อย่างไรก็ตามการใช้แว่น VR เพื่อสร้างความรู้เสมือนจริงทำให้ผู้เรียนมีอาการเวียนศีรษะ และยังมีความรู้สึกไม่สะดวกสบายในการใช้งาน เนื่องจากภาพที่มองเห็นอาจไม่สัมพันธ์ต่อการรับรู้ของร่างกาย ซึ่งจำเป็นต้องสร้างความคุ้นเคยในเรื่องของการใช้งาน มีการหยุดพักเป็นช่วงๆ รวมไปถึงการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมต่อไป เนื่องจาก VR Cardboard ที่นำมาใช้ในโครงการนี้เป็นแว่น VR ในระดับพื้นฐานและมีราคาถูก จึงอาจส่งผลต่อภาพที่มีการเคลื่อนไหวที่ไม่ลื่นไหลและอาจเป็นสาเหตุของอาการเวียนศีรษะของผู้เรียนบางกลุ่ม ซึ่งปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kidbanjong et al., (2021) ที่พัฒนาสื่อการเรียนการสอนเกี่ยวกับในรูปแบบความเป็นจริงเสมือน นอกจากนี้ผู้เรียนส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะตรงกันในเรื่องของการนำไปขยายผลใน

การผลิตเนื้อหาในเรื่องอื่นๆ เพื่อการเรียนรู้การสอน เพราะมีความน่าสนใจ กับการอ่านหนังสือ สามารถดูซ้ำได้ แตกต่างจากการเรียนแบบเผชิญหน้าที่ไม่สามารถดูซ้ำได้เมื่อไม่เข้าใจหรือตามเนื้อหาไม่ทัน อีกทั้งการเรียนด้วยตัวเองสามารถที่จะเลือกเวลาเข้าเรียนในเวลาที่คุณเรียนมีความพร้อมอีกด้วย

สำหรับงานวิจัยนี้มีข้อสังเกตสำคัญ คือ การเรียนผ่านสื่อความเป็นจริงเสมือนนี้ จะให้ผลลัพธ์ทางการเรียนที่ไม่ดีหากผู้เรียนไม่มีสมาธิเพียงพอในการเรียน เนื่องจากการเรียนด้วยตัวเองอาจอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเรียนเท่าในมหาวิทยาลัยหรือในบริเวณที่เป็นที่ส่วนตัว นอกจากนี้ยังพบปัญหาว่าเมื่อถือของผู้เรียนบางส่วนอาจทำงานได้ไม่สมบูรณ์เท่าการใช้งานผ่านคอมพิวเตอร์ รวมทั้งโปรแกรมที่พัฒนายังไม่สามารถใช้งานบนแว่น VR ได้สมบูรณ์ โดยเฉพาะการทำกิจกรรมเก็บคะแนนเนื่องจากซอฟต์แวร์ที่ใช้พัฒนาด้านแบบสื่อความเป็นจริงเสมือนไม่มีฟังก์ชันบางอย่างที่รองรับการทำงาน จึงจำเป็นต้องให้ผู้เรียนสลับการใช้งานแบบบนแว่น กับแบบบนหน้าจอ ซึ่งอาจทำให้ไม่เกิดความสนใจในการใช้งานที่ตีเท่าที่ควร

7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านสื่อการสอน และนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์มากมายที่ต้องการให้เพิ่มเติมบางส่วน เช่น การสอดแทรกเนื้อหาเรื่องคำสั่ง G-Code ในสื่อ การเพิ่มเนื้อหาเพื่อให้เกิดทักษะเกี่ยวกับการใช้งาน การเพิ่มความน่าสนใจของกิจกรรมโดยนำเกมส์เข้ามาใช้ หรือการใช้อวตารมาเป็นตัวละครในสื่อเพื่อเพิ่มความน่าเ็น เป็นต้น จึงควรที่จะนำข้อเสนอเหล่านี้ไปพัฒนาสื่อห้องปฏิบัติการความเป็นจริงเสมือนนี้ต่อไป และควรนำสื่อนี้เข้าไปอยู่ในระบบการเรียนการสอน Moodle ของชุดวิชาเพื่อให้สามารถติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ละเอียดยิ่งขึ้น

สำหรับสื่อความเป็นจริงเสมือนมีในหลายรูปแบบ แต่การสร้างเนื้อหาโดยความเป็นจริงเสมือนในลักษณะมุมมอง 360 องศา นั้น เป็นวิธีการที่ง่าย รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างต่ำ เพียงลงทุนแค่อุปกรณ์บันทึกภาพหรือวิดีโอแบบ 360 องศา ก็สามารถสร้างเนื้อหาให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ร่วมและความรู้สึกแปลกใหม่ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและติดตามเนื้อหาได้อย่างไม่รู้สึกเบื่อ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วอาจไม่มีความจำเป็นต้องลักษณะ 360 องศา ในเนื้อหา ผู้ออกแบบสื่อจำเป็นต้องคัดเลือกเนื้อหาที่จำเป็น เช่น การนำเข้าเข้าสู่ห้องเรียน หรือสถานที่ การใช้สื่อ 360 องศาจะสร้างความรู้สึกตื่นตาตื่นใจและทดแทนการสู่สถานที่จริงได้ ส่วนรายละเอียดและเนื้อหาสามารถใช้เป็นภาพนิ่งและวิดีโอปกติได้ เนื่องจากภาพหรือวิดีโอ 360 องศา นั้นหากมากเกินไปอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้เบื่อหรือเกิดความไม่ชอบสื่อเหล่านั้นได้ เพราะการมองหรือการไปยังตำแหน่งที่ผู้เรียนสนใจนั้นอาจไม่ตรงกับเนื้อหาที่ผู้ออกแบบสื่อต้องการทำภาพนิ่งและวิดีโอปกติ

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนการวิจัยการศึกษาทางไกล ภายใต้การดูแลของสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

9. เอกสารอ้างอิง

- พิชิต ฤทธิ์จัญญ (2565), *เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. ซีเอ็ดดูเคชั่น
- ศยามาน อินสะอาด (2561), *การออกแบบบทเรียน e-Learning เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง*. ซีเอ็ดดูเคชั่น
- ศรีสิทธิ์ เจริญบุตร (2560), *เอกสารการสอนชุดวิชา 97316 เทคโนโลยีในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต (ปรับปรุงครั้งที่ 1), หน่วยที่ 14 เทคโนโลยีการผลิตด้วยวิธีเพิ่มเนื้อวัสดุ*. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
- สมนึก ภักดิ์ทิพย์ (2565), *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 13)*. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- Abulrub, A. H. G., Attridge, A. N., & Williams, M. A. (2011, April). *Virtual reality in engineering education: The future of creative learning*. In 2011 IEEE global engineering education conference (EDUCON) (pp. 751-757). IEEE.
- Andone, D., & Frydenberg, M. (2019). *Creating virtual reality in a business and technology educational context*. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 147-159). Springer, Cham.
- Anjarichert, L. P., Gross, KERSTI.N., Schuster, KATHARINA., & Jeschke, SABINA. (2016). *Learning 4.0: Virtual immersive engineering education*. Digit. Univ, 2, 51

- Carruth, D. W. (2017, October). *Virtual reality for education and workforce training*. In 2017 15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA) (pp. 1-6). IEEE.
- Dede, C. J., Jacobson, J., & Richards, J. (2017). *Introduction: Virtual, augmented, and mixed realities in education*. In *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 1-16). Springer, Singapore.
- Hodgson, P., Lee, V. W., Chan, J. C., Fong, A., Tang, C. S., Chan, L., & Wong, C. (2019). *Immersive virtual reality (IVR) in higher education: Development and implementation*. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 161-173). Springer, Cham.
- Im, T., An, D., Kwon, O. Y., & Kim, S. Y. (2017). *A Virtual Reality based Engine Training System-A Prototype Development & Evaluation*. In *CSEDU* (1) (pp. 262-267).
- Kidbanjong, L., Kotchasarn, S., & Srikulwong, M (2021). *Development and application of virtual reality in e-learning: a case study internet of things course*. *RMUTT Global Business Accounting & Finance Review*.
- Mellet-d'Huart, D. (2009). *Virtual reality for training and lifelong learning*. *Themes in science and technology education*, 2(1-2), 185-224.
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). *Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments*. *Computers & graphics*, 30(1), 20-28.
- Pantelidis, V. S. (2010). *Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality*. *Themes in Science and Technology Education*, 2(1-2), 59-70.
- McGriff, S. J. (2000). *Instructional system design (ISD): Using the ADDIE model*. Retrieved June, 10 (2003), 513-553.
- Valdez, M. T., Ferreira, C. M., Martins, M. J. M., & Barbosa, F. M. (2015). *3D virtual reality experiments to promote electrical engineering education*. In 2015 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET) (pp. 1-4). IEEE.
- Vaughan, N., Dubey, V. N., Wainwright, T. W., & Middleton, R. G. (2016). *A review of virtual reality-based training simulators for orthopaedic surgery*. *Medical engineering & physics*, 38(2), 59-71.
- Vergara, D., Rubio, M., & Lorenzo, M. (2017). *On the design of virtual reality learning environments in engineering*. *Multimodal technologies and interaction*, 1(2), (pp. 1-11).