

Research article

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

SUPPLEMENTARY LEARNING MEDIA USING MICROCONTROLLER AND AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY ON SMART FARM

จิรายุส แสงไชย* สมชาย หมั่นสายญาติ และปิยะ ศุภวารสุวัฒน์

Jirayus Sangchai*, Somchai Maunsaiyat, and Piya Supavarasuwat

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 ประเทศไทย

Department of Engineering Education, School of industrial education and technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520 Thailand

Journal of Industrial Education. 2024, Vol. 23 (No. 1), <https://doi.org/10.55003/JIE.23106>

Received: November 27, 2023, | Revised: December 18, 2023, | Accepted: January 25, 2024

ABSTRACT

This research developed the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm. The sample consisted of forty tenth Grade students who studied Home Economics 1 (D.31101) using cluster random sampling from the five hundred two of tenth Grade students at Wachirathamsatit School during the first semester of 2023 academic year. The tools used in study were the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm, quality assessment validated by the experts, an achievement test, an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were the Index of consistency, $\bar{x}$, SD, the efficiency of the supplementary learning media or E1/E2, and t-test (Paired-sample t-test). The research findings were as follows: 1) the quality of learning media evaluated by three content experts was at a very good level ($\bar{x}$ = 4.60, SD = 0.45) and the quality of media production evaluated by three content experts was at a good level ($\bar{x}$ = 4.17, SD = 0.29), 2) the efficiency of supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm or E1/E2 was 80.17/84.33, in accordance with the specified hypothesis 80/80, 3) the learning achievement of learner after learning ($\bar{x}$ = 12.65, SD = 2.75) was higher than before ($\bar{x}$ = 6.63, SD = 2.80) with the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm at the 0.05 level of statistics significant, and 4) student's satisfaction after learning with the supplementary learning media using Microcontroller and Augmented Reality technology on Smart Farm was at the more level ($\bar{x}$ = 4.25, SD = 0.74).

Keywords: Supplementary learning media, Microcontroller, Augmented reality technology

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 40 คน ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคเรียนที่ 1/2566 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม จากประชากรนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 502 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ 1) สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม 2) แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนรู้ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน และ 4) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสื่อการเรียนรู้ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง ความเชื่อถือได้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ประสิทธิภาพ E1/E2 และการทดสอบหา t-test (Paired-sample t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ คุณภาพด้านเนื้อหาประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, SD = 0.45) และคุณภาพด้านการผลิตสื่อประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.17, SD = 0.29) 2) สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.17/84.33 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 12.65, SD = 2.75) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ = 6.63, SD = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.25, SD = 0.74).

คำสำคัญ: สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริม, ไมโครคอนโทรลเลอร์, เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

1. บทนำ

การศึกษาเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาประเทศ ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579 มีการกล่าวถึงจุดอ่อนของระบบการศึกษาหลาย ๆ ด้านในช่วงเวลาที่ผ่านมา ยกตัวอย่างเช่น ความเหลื่อมล้ำด้านโอกาส และความเสมอภาคทางการศึกษา ปัญหาด้านคุณธรรม จริยธรรม ความมีวินัย และความซื่อสัตย์สุจริต เป็นต้น ส่งผลให้ในปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดแผนการศึกษาแห่งชาติ ปีพุทธศักราช 2560 - 2579 โดยมีวิสัยทัศน์ “คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข สอดคล้องกับหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง และการเปลี่ยนแปลงของโลกศตวรรษที่ 21” เพื่อให้สามารถนำพาประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนในอีก 20 ปีข้างหน้า (Ministry of Education, 2017, Online)

จากการสอบถามครูผู้สอนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ทำให้ทราบว่า การเรียนการสอนในห้องเรียนยุคปัจจุบัน แม้จะมีเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนช่วยด้านการศึกษา แต่หนังสือยังคงเป็นเครื่องมือหลักของการเรียนการสอน ยกตัวอย่างในรายวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ในส่วนเนื้อหาของการทำเกษตรยุคใหม่ หนังสือไม่มีเนื้อหาของรูปแบบการทำเกษตรที่พัฒนาขึ้นในปัจจุบัน หรือก็คือเกษตรอัจฉริยะ (Smart farm) ครูผู้สอนจึงต้องสอดแทรกเนื้อหาเข้าไปเองเพื่อให้นักเรียนจะได้รู้ และเข้าใจถึงแนวทางการเกษตรยุคใหม่ที่มีการใช้งานจริง แต่เนื้อหาที่ครูได้สอดแทรกเข้าไปนั้นอาจไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา บทเรียน รวมถึงขั้นตอน วิธีการนำไปปฏิบัติใช้จริงในชีวิตประจำวันอย่างแตกฉานได้ ดังนั้นเครื่องมือสื่อการเรียนการสอนควรมีการพัฒนาให้มีความน่าสนใจ สามารถเข้าใจได้ง่าย และนำไปใช้ได้จริง โดยยึดตามยุทธศาสตร์ที่ 3 เป้าหมายที่ 4 ซึ่งมีใจความว่า “แหล่งเรียนรู้ สื่อตำราเรียน นวัตกรรม และสื่อการเรียนรู้ มีคุณภาพมาตรฐาน และประชาชนสามารถเข้าถึงได้โดยไม่จำกัดเวลา และสถานที่” (Ministry of Education, 2017, Online)

เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการออกแบบสื่อการเรียนการสอน พบว่ามีหลายงานวิจัยที่ประสบผลสำเร็จในการออกแบบพัฒนาสื่อการเรียนการสอนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หรือออกเมนต์ดี้ เรียลลิตี้ (Augmented reality) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานความเป็นจริง และเสมือนจริงที่สร้างขึ้นมาเข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชัน โดยรับข้อมูลผ่านเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือ หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งภาพเสมือนจริงจะปรากฏบนจอโทรศัพท์มือถือ จอคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แสดงผลอื่น ๆ (Kaewcharoen, 2016, pp. 68-81) ยกตัวอย่างการวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 (Siklom, 2016, pp. 43-47) งานวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงทดลอง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (Khunsombut, 2018, pp. 66-69) และงานวิจัยเรื่อง สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สัญลักษณ์และการเขียนไดอะแกรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

ที่ใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 (Amompun, 2018, pp. 46-50) แต่สืบเนื่องจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) นั้นถูกพัฒนา และใช้เป็นสื่อการเรียนรู้มาเป็นเวลานานแล้ว จึงอาจส่งผลต่อความน่าสนใจ และแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียน การพัฒนาสื่อในปัจจุบันควรประยุกต์เทคโนโลยีอื่นมาพัฒนาเพิ่มให้เกิดความแปลกใหม่มีความน่าสนใจ และช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนให้มากขึ้น โดยผู้วิจัยมีความสนใจในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino) ซึ่งเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีแนวคิดการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย และสามารถดัดแปลงต่อยอดได้ในหลายด้าน (Tongsawai, 2017, pp. 191-201) มาใช้ในการพัฒนาสื่อการสอนให้มีความน่าสนใจ และเกิดประโยชน์ต่อนักเรียนมากที่สุด

จากที่กล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของปัญหา และมีความตั้งใจที่จะพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม เพื่อใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาการงานอาชีพ โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ให้ได้สื่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ และง่ายต่อการนำไปใช้ในการเรียนการสอน และมีความคาดหวังว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม จะมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และนักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนการสอนด้วยสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มที่มีคุณภาพ ประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ และเพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ งานวิจัยของ Siklom (2016, pp. 43-47) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีภาพเสมือนจริงวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผลการวิจัยพบว่า ผลการประเมินสื่อการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคอยู่ในระดับดีมาก สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้สูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 งานวิจัยของ Amompun (2018, pp. 46-50) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง สัญลักษณ์และการเขียนโค๊ดแอมป์แอมป์อิเล็กทรอนิกส์ จากการวิจัยพบว่าผลการประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้พบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ อยู่ในระดับมากที่สุด งานวิจัยของ Buaprasert (2018, pp. 41-45) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้มีคุณภาพด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีความพึงพอใจจัดอยู่ในระดับมากที่สุด นอกจากนี้งานวิจัยของ Khunsombut (2018, pp. 66-69) ได้ทำวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เรื่อง การต่อวงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงทดลอง คุณภาพของสื่อการเรียนรู้ ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี สื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ในระดับมาก และงานวิจัยของ Musaarong et al. (2018, pp. 50-55) ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ความจริงเสมือน เรื่องดนตรีบานอโดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง ผลการวิจัยพบว่าสื่อการเรียนรู้มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังใช้สื่อการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการใช้สื่อการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นผู้วิจัยมีความตั้งใจที่จะพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มโดยมีสมมติฐานของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ คุณภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม อยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$) ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด E1/E2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ในระดับมากขึ้นไป ($\bar{x} \geq 3.5$)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิด

ในการวิจัยเรื่องสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้แบ่งกรอบแนวคิดของงานวิจัยเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการออกแบบ ADDIE Model 5 (Boonkwang, 2018, pp. 19-22)
2. การหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ใช้การหาประสิทธิภาพสื่อโดยใช้สูตร E1/E2 (Brahmawong, 2013, pp. 7-20)
3. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดของบลูม และคณะฉบับปรับปรุงในด้านพุทธิพิสัย โดยประยุกต์ใช้จาก 3 ลำดับแรก ประกอบด้วย 1) ความรู้ ความจำ (Knowledge) 2) ความเข้าใจ (Comprehension) 3) การนำไปใช้ (Application) (Tuntavanitch, 2014, pp. 13-25)
4. การหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามรูปแบบมาตรวัดของลิเคิร์ท (Donjdee, 2018, pp. 10-17)

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

ด้านประชากร และกลุ่มตัวอย่าง ประชากรได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 13 ห้อง 502 คน กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต จำนวน 40 คน ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคเรียนที่ 1/2566 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา ตัวแปรต้นคือ สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ตัวแปรตามคือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนวชิรธรรมสาธิต

ขอบเขตด้านคุณภาพของสื่อประกอบด้วย

1. การผลิตสื่อได้แก่ เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม และแสดงสถานะ เซนเซอร์สำหรับการจัดการอุณหภูมิอัตโนมัติ เซนเซอร์สำหรับการจัดการน้ำอัตโนมัติ และเซนเซอร์สำหรับการจัดการแสงอัตโนมัติ
2. เนื้อหาได้แก่ ที่มา ความสำคัญและความหมายของสมาร์ทฟาร์ม การจัดการอุณหภูมิในการเพาะปลูก การจัดการน้ำและความชื้นในการเพาะปลูก การจัดการแสงในการเพาะปลูก และชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้ในการจัดการสมาร์ทฟาร์ม

3.3 ขั้นตอนการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลทางสถิติและข้อมูลในการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้จากการใช้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ของนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่เรียนวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ภาคการศึกษาที่ 1 ประจำปีการศึกษาที่ 2566 เพื่อเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม และใช้วิธีวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของผลลัพธ์ตามเกณฑ์ E1/E2 เท่ากับ 80/80 และความพึงพอใจของนักเรียน โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ทำหนังสืออนุญาต และขอความอนุเคราะห์ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต
2. กำหนดห้องที่ทำการทดลอง พร้อมแจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง

3. ผู้วิจัยแนะนำขั้นตอนการเรียนรู้พร้อมชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม
4. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย
5. ให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ในระหว่างการเรียนจะมีแบบทดสอบให้นักเรียนทำ
6. เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มเรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. วิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม หรือ E1/E2
8. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม โดยใช้สถิติ t-test (Paired-sample t-test)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อน และหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้ และเพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยสื่อการเรียนรู้

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหาคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย	5.00	0.00	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความครบถ้วน ครอบคลุมเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม	4.33	0.58	ดี
6. ความเหมาะสมของแบบทดสอบ	4.00	1.00	ดี
7. ความถูกต้องของผลการจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
8. ความเหมาะสมของวิธีทัศน์	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของคำบรรยายเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
10. สามารถประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้	4.33	0.58	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.60	0.45	ดีมาก

จากตารางที่ 1 พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.45 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการ รายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก 3 ลำดับสูงสุดได้แก่ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 ความถูกต้องของเนื้อหา ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 และความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4	5.00	0.00	ดีมาก
2. สอดคล้องกับเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม	5.00	0.00	ดีมาก
3. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความสะดวกในการเตรียมอุปกรณ์	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความชัดเจนของวิธีทัศน์	4.33	0.58	ดี

ตารางที่ 2 (ต่อ) ผลการประเมินคุณภาพด้านการผลิตสื่อของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
6. ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.00	1.00	ดี
7. ความสะดวกในการจัดการเรียนรู้	4.67	0.58	ดีมาก
8. ความปลอดภัยในขณะทำการทดลอง	4.67	0.58	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของเนื้อหาที่นำมาใช้	4.67	0.58	ดีมาก
10. ต้นทุนการผลิตมีความคุ้มค่ากับประโยชน์ที่ได้รับ	4.00	0.00	ดี
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.17	0.29	ดี

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพด้านการผลิตสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม อยู่ในระดับดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.29 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการที่มีคุณภาพระดับดีมาก 3 ลำดับสูงสุดได้แก่ เหมาะสมกับระดับการเรียนรู้ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายชั้นปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 สอดคล้องกับเนื้อหาการสอน เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00

ดังนั้นคุณภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับดี คือคุณภาพด้านเนื้อหาที่มีค่าเฉลี่ย 4.60 อยู่ในระดับดีมาก และคุณภาพด้านการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ย 4.17 อยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ผลการทดลอง	จำนวนนักเรียน(คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	เกณฑ์ประสิทธิภาพ
ระหว่างเรียน	40	15	12.03	80.17	80
หลังเรียน	40	15	12.65	84.33	80

จากตารางที่ 3 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลการหาประสิทธิภาพของสื่อการเรียนรู้มีประสิทธิภาพของสื่อ (E1/E2) เท่ากับ 80.17/84.33 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน คือ ไม่ต่ำกว่า 80/80

4.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	SD	t	Sig
ก่อนเรียน	40	15	6.63	2.80	16.79*	.00
หลังเรียน	40	15	12.65	2.75		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม พบว่าหลังเรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสูงกว่า ($\bar{x}$ = 12.65, SD = 2.75) วิธีการเรียนแบบปกติ ($\bar{x}$ = 6.63, SD = 2.80) อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม

รายการ	$\bar{x}$	SD	ระดับคุณภาพ
1. การจัดวางรูปแบบมีความเหมาะสมกับสื่อการเรียนรู้	3.95	0.85	มาก
2. รูปแบบตัวอักษร อ่านเข้าใจง่าย	4.25	0.81	มากที่สุด
3. ภาพประกอบสื่อการเรียนรู้ชัดเจน	4.45	0.55	มากที่สุด
4. เนื้อหาสื่อการเรียนรู้ตรงกับความต้องการของนักเรียน	3.98	0.86	มาก
5. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	4.38	0.74	มากที่สุด
6. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4.25	0.81	มากที่สุด
7. รายละเอียดเนื้อหาในสื่อการเรียนรู้ต่อการเรียนรู้	4.00	0.85	มาก
8. สื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน	4.38	0.70	มากที่สุด
9. เมื่อดูสื่อการเรียนรู้แล้วเกิดความเข้าใจได้ง่าย	4.43	0.50	มากที่สุด
10. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้	4.43	0.71	มากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยรวม	4.25	0.74	มากที่สุด

จากตารางที่ 5 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม อยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด 3 ลำดับ ได้แก่ ภาพประกอบสื่อการเรียนรู้ชัดเจน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.55 เมื่อดูสื่อการเรียนรู้แล้วเกิดความเข้าใจได้ง่าย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 และสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71

ดังนั้น ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 4.25 อยู่ในระดับมากที่สุด คือ ซึ่งปฏิบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม มีผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amornpun (2018, pp. 46-50) ทั้งนี้จากการนำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลอง เมื่อนักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาเรื่อง สมาร์ทฟาร์ม และทำแบบทดสอบหลังเรียนเป็นจำนวน 15 ข้อพบว่าสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์มที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลที่ได้พบว่านักเรียนมีคะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน เฉลี่ยร้อยละ 80.17 และมีคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 84.33 ซึ่งไม่ต่ำกว่า 80/80 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยประสิทธิภาพของกระบวนการมีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เนื่องจากนักเรียนใช้สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนั้นเมื่อนำสื่อการเรียนรู้มาใช้จึงทำให้บทเรียนมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buaprasert (2018, pp. 41-45) จากการนำสื่อการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อันเป็นผลสืบเนื่องมาจาก สื่อการเรียนรู้ได้ออกแบบมาสำหรับให้นักเรียนได้เรียนตามความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นอิสระ นักเรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถ และนักเรียนสามารถเลือกเนื้อหาก่อนหลังได้ตามความต้องการ ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khunsombut (2018, pp. 66-69) และพบว่าสื่อการเรียนรู้ และเนื้อหามีความสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน มีความเหมาะสม ชัดเจน และเข้าใจง่ายทั้งในด้านเนื้อหา และสื่อประกอบ ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.25$, $SD = 0.74$) เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Musaarong et al. (2018, pp. 50-55)

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้คือ นำสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ไปใช้ร่วมกับวิชาการงานอาชีพ 1 (ง31101) ในหน่วยการเรียนรู้เกษตรยุคใหม่ และเป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบความเป็นจริงเสริม (Augmented reality) ร่วมกับเทคโนโลยีโมโครคอนโทรลเลอร์ ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไปคือ พัฒนาเนื้อหาของสื่อการเรียนรู้ให้ครอบคลุมทั้งหน่วยการเรียนรู้ และพัฒนาการทดลอง และแบบฝึกหัดให้มีความหลากหลาย เพื่อสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาสื่อการเรียนรู้แบบสอนเสริมโดยใช้โมโครคอนโทรลเลอร์ และเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง สมาร์ทฟาร์ม ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ทั้งในขั้นตอนการนำเสนอหัวข้อการวิจัยตลอดจนขั้นตอนสุดท้าย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย และปรับปรุงให้มีคุณภาพ มีความเหมาะสมต่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้อำนวยการ คณะผู้บริหาร และครูตลอดจนนักเรียนโรงเรียนวชิรธรรมสาธิต ที่ซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มตัวอย่างที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลจนการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รับประกาศนียบัตรรับรองการเข้าอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ที่จัดอบรมออนไลน์ขึ้นโดยสำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเมื่อวันที่ 27 มกราคม 2566 คุณค่า และประโยชน์ใด ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ บิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Amornpun, S. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on symbols and electronic diagram drawing* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Boonkwang, K. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on extending the meter range* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Brahmawong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7-20. (in Thai)
- Buaprasert, N. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality on checking basic electronic devices* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Donjdee, K. (2018). The study of the development of an evaluation of satisfaction skill training program for non-academic personnel of Mahidol University. *Journal of Professional Routine to Research*, 5(2), 10-17. (in Thai)
- Kaewcharoen, P. (2016). The development of augmented reality technology in leaflet media on computer technology. *Academic Journal Bangkokthonburi University*, 5(1), 68-81. (in Thai)
- Khunsombut, P. (2018). *Supplementary learning media by augmented reality for the connection of circuits and electronic devices on protoboards* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *The national education plan B.E. 2560-2579*. <https://backoffice.onec.go.th/uploads/Book/1540-file.pdf> (in Thai)

- Musaarong, H., Thepnarong, K., & Dumrongrit, D. (2018). *The development of augmented reality media learning on local music using the augmented reality technology*. Cultural Center Yala Rajabhat. <http://wb.yru.ac.th/xmlui/handle/yrui/6489> (in Thai)
- Siklom, S. (2016). *Learning media by augmented reality on microcontroller* [Master's thesis]. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. (in Thai)
- Tongsawai, S. (2017). Finding efficiency the application using microcontroller boards of the controller robots in microprocessor and interfacing. *RMUTSB Academic Journal (Humanities and Social Sciences)*, 2(2), 191-201. (in Thai)
- Tuntavanitch, P. (2014). Taxonomy of educational objectives, cognitive domain based on the concept of Benjamin S. Bloom (revision edition). *Lampang Rajabhat University Journal*, 3(2), 13-25. (in Thai)