บทความวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง

จิระพล พิณทอง* และ วัฒนา แก้วมณี
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 4336 8389 อีเมล: jpinthong6@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.09.004
รับเมื่อ 27 กรกฎาคม 2564 แก้ไขเมื่อ 14 ตุลาคม 2564 ตอบรับเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 11 กันยายน 2566
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง (VRSF) เป็นการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality; VR) มาประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมในรูปแบบออนไลน์ เพื่อให้ผู้เข้าอบรมมีประสบการณ์การเรียนรู้เหมือนอยู่ในสถานที่จริง เป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายและสะดวกต่อการเรียนรู้ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม VRSF 2) ทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF 3) หาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรม VRSF และ 4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรม VRSF กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นประชาชนทั่วไป ข้าราชการ ลูกจ้าง พนักงานราชการของโรงงานต้นแบบการวิจัยพัฒนาอาวุธที่มีความสนใจหรือต้องการทำธุรกิจโซล่าฟาร์มและต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ หลักสูตรฝึกอบรม VRSF บนเว็บไซต์ www.vr-solarfarm.com และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรม ในรูปแบบ One Group Pre-test Post-test Design ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรฝึกอบรม VRSF มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก หลักสูตรมีการฝึกเขียนโปรแกรมด้วยระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางดวงอาทิตย์ ทำให้ผู้เข้าอบรมได้รับความรู้เพิ่มเติมและนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้ ผู้เข้าอบรมมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 80 และผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรโดยรวมอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: แบบจำลองเสมือนจริง พลังงานทดแทน โซล่าฟาร์ม ระบบสมองกลฝังตัว ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

การอ้างอิงบทความ: จิระพล พิณทอง และ วัฒนา แก้วมณี, "การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 4, หน้า 1–12, เลขที่บทความ 234-075271, ต.ค.–ธ.ค. 2566.

Research Article

The Development of Training Course of Solar Farm Using Virtual Reality

Jirapol Pinthong* and Wattana Kaewmanee
Department of Teacher Training in Electrical Engineering, Faculty of Technical Education, King Mongkut' s University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 4336 8389, E–mail: jpinthong6@gmail.com
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.09.004
Received 27 July 2021; Revised 14 October 2021; Accepted 4 November 2021; Published online: 11 September 2023
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

The development of a Virtual Reality training module on Solar Farm (VRSF) combines the use of virtual reality into an online training course. Trainees are thus given opportunities to experience real-world scenarios. Virtual training can reduce costs and makes training more convenient for learners. The aims of this study were: 1) to develop a Virtual Reality training module on Solar Farm (VRSF); 2) to assess the module efficiency; 3) to determine learning achievement of course participants; and 4) to evaluate participants' satisfaction with the training program. The sample group (n=50) constitute individuals, government officials, public servants and government employees of Weapon Research and Development Plant who are interested in or wish to start a solar farm business. Basic programming concepts are required for running tutorials. The research tools are VRSF training course on the website www.vr-solarfarm.com and a test to measure the learning achievement of the participants. One-group pretest-posttest design was used to evaluate the effectiveness of the intervention. The results showed that the VRSF training course is of very good quality. The course content includes a practice-oriented module for programming with an embedded system to control solar tracking. This allows the participants to gain additional knowledge and skills which they can further apply in practical contexts. The learning achievement was found to increase by more than 80% and a high degree of overall satisfaction with the VRSF online course was disclosed among the attendees.

Keywords: Virtual Reality, Solar Farm, Renewable Energy, Embedded System, Learning Achievement

Please cite this article as: J. Pinthong and W. Kaewmanee, "The development of training course of solar farm using virtual reality," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 4, pp. 1–12, ID. 234-075271, Oct.–Dec. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การใช้พลังงานทดแทนของไทยมีแนวโน้มที่จะเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งมีปัจจัยสนับสนุนสำคัญตามนโยบายของกระทรวงพลังงานที่ส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้น โดยเฉพาะในส่วนของภาคการผลิตไฟฟ้าที่วางไว้ตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558–2579 (PDP 2015) เพื่อทดแทน การใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ให้ได้ร้อยละ 30 ภายใน พ.ศ. 2579 และพบว่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเทียบกับประเภทเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆ [1] ส่งผลให้ธุรกิจผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ หรือที่เรียกว่า โซล่าฟาร์ม (Solar Farm) เป็นที่สนใจและมีแนวโน้มที่จะเติบโตสูงขึ้นในอนาคตภายใต้ธุรกิจใหม่ที่ใส่ใจต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้ประกอบการหลายรายเกิดการลงทุนธุรกิจโซล่าฟาร์มขึ้นมา เพื่อรองรับความต้องการใช้ในประเทศและเป็นธุรกิจส่งออกต่างประเทศด้วย [2] อย่างไรก็ตาม การลงทุนในธุรกิจนี้ยังถือว่ามีต้นทุนค่อนข้างสูง สำหรับผู้ประกอบการรายใหม่อาจต้องพิจารณาถึงต้นทุนหรือปัจจัยการผลิตในหลายๆ ด้านร่วมกันทั้งด้านสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ และองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องโซล่าฟาร์ม ซึ่งถือว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างมากที่จะทำให้ผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจได้ทราบถึงกระบวนการและปัญหาที่เกิดขึ้น ช่วยให้ควบคุมต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี

การฝึกอบรมเกี่ยวกับพลังงานทดแทนจากแสงอาทิตย์รูปแบบโซล่าฟาร์มในปัจจุบันมีหลายหลักสูตรให้ผู้สนใจได้ศึกษาความรู้เพิ่มเติมก่อนตัดสินใจลงทุนทำธุรกิจโซล่าฟาร์ม ส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้พื้นฐาน การติดตั้ง และการดูแลรักษา เช่น การอบรมเชิงปฏิบัติการโซล่าเซลล์รูฟท็อปของสมาคมส่งเสริมและพัฒนาพลังงานหมุนเวียน โดยมีเนื้อหาการฝึกอบรม เรื่อง หลักการ ระบบการทำงานของโซล่ารูฟท็อฟ การจัดเก็บและบำรุงรักษา ออกแบบคำนวณ ระบบการทำงานโซล่าร์รูฟท็อป, การออกแบบติดตั้งและประยุกต์ใช้ระบบการทำงานโซล่าร์รูฟท็อป และแนะนำการติดตั้งเชิงการค้า ซึ่งรูปแบบการอบรมจะเป็นการบรรยายทางวิชาการและให้ฝึกปฏิบัติการติดตั้งโซล่ารูฟท็อปในห้องฝึกอบรมนั้น สาระสำคัญอย่างหนึ่งที่ถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยเพิ่มกำไรให้กับธุรกิจโซล่าฟาร์ม คือการทำระบบแผงโซล่าเซลล์ติดตามแสงอาทิตย์ (Tracking System) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้มากขึ้นเมื่อเทียบกับแผงโซล่าเซลล์ที่ยึดติดอยู่กับที่ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อหมุนปรับทิศทางของแผงโซล่าเซลล์ให้เคลื่อนที่ตามทิศทางของดวงอาทิตย์ สอดคล้องกับอิทธิพลและวิษณุ [3] ที่ได้รายงานว่า การออกแบบและสร้างระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแผงโซล่าเซลล์แบบเคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์ โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino UNO เป็นตัวรับสัญญาณจากเซนเซอร์พบว่า มีประสิทธิภาพการรับแสงจากดวงอาทิตย์สูงกว่าแผงโซล่าเซลล์ที่ไม่เคลื่อนที่ตามดวงอาทิตย์คิดเป็น 10.16% เช่นเดียวกับผลการวิจัยของสมภพ [4] ที่ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ PIC16F877 เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซล่าเซลล์ พบว่าสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าแผงโซล่าเซลล์ที่คงที่ถึง 13%

การอบรมโซล่าฟาร์มให้ครอบคลุมถึงเรื่องการฝึกเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมระบบติดตามแสงอาทิตย์ ถือว่าเป็นเนื้อหาในระดับที่สูงขึ้นสำหรับผู้ที่สนใจหรือผู้ที่ต้องการลงทุนในธุรกิจโซล่าฟาร์มให้มีความรู้ความเข้าใจเพื่อประกอบการตัดสินใจลงทุนในธุรกิจนี้ อย่างไรก็ตาม ในหลักสูตรการอบรมส่วนใหญ่ไม่ได้กล่าวถึงเนื้อหาในส่วนนี้ เพราะมีความยุ่งยากในการฝึกปฏิบัติในสถานที่จริงเนื่องจากโรงงานหรือบริษัทผลิตกระแสไฟฟ้าจากโซล่าฟาร์มไม่อนุญาต อุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรมมีราคาแพง เนื่องจากเป็นอุปกรณ์เฉพาะ นอกจากนี้ การทำระบบควบคุมติดตามแสงอาทิตย์ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์เพียงอย่างเดียว หากเกิดปัญหาการควบคุมเซนเซอร์ ทำให้แผงโซล่าเซลล์ไม่สามารถเคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์หรือทำงานได้ตามปกติ การแก้ไขปัญหาจึงต้องถอดไมโครคอนโทรเลอร์ออกมาแล้วนำไปเขียนโปรแกรมใหม่ ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากและอาจจะทำให้มีค่าใช้จ่ายสำหรับบำรุงรักษาเพิ่มขึ้น

ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) เป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กที่ทำงานได้อย่างอัตโนมัติตามโปรแกรมหรือคำสั่งที่ตั้งไว้ และสามารถสั่งการผ่านระบบไวไฟ (Wi-Fi) ได้ ในปัจจุบันระบบสมองกลฝังตัวถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย

ในชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องปรับอากาศ เตาไมโครเวฟ หรือหม้อหุงข้าว เป็นต้น แม้กระทั้งถูกไปใช้ในสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมใหม่ๆ ไม่ว่าจะเป็น หุ่นยนต์ เครื่องจักรกลในโรงงานยุทโธปกรณ์ เป็นต้น ที่ผ่านมายังไม่มีการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังสำหรับควบคุมระบบติดตามแสงอาทิตย์ จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ร่วมกับไมโครคอนโทรเลอร์เพื่อควบคุมการทำงานของแผงโซล่าเซลล์ในระบบติดตามแสงอาทิตย์

การศึกษาในยุคปัจจุบันไม่ได้เน้นเพียงแค่ความรู้ที่ได้รับจากการสอนหรือการอ่านเพียงอย่างเดียว แต่ต้องเน้นไปที่การพัฒนาทักษะต่างๆ รวมถึงการมีส่วนร่วมและการฝึกใช้ความคิดและจินตนาการ ในปัจจุบันเทคโนโลยีเสมือนจริง (Reality Technology) ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตจริงและการทำงานเป็นอย่างมาก ซึ่งประกอบด้วย เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality; AR), เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality; VR) และเทคโนโลยีความจริงผสม (Mixed Reality; MR) การประยุกต์ใช้แต่ละเทคโนโลยีขึ้นอยู่กับความแตกต่างของวัตถุประสงค์และอุปกรณ์ที่ใช้ ในด้านการศึกษาและฝึกอบรมพบว่า VR มีความเหมาะสมกว่า AR และ MR เพราะสามารถฝึกทักษะเรียนรู้ได้แบบไม่มีผลกระทบต่อความเป็นจริง [5] ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีความปลอดภัยต่อผู้เรียนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้อีกมากมาย เช่น เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายในระบบไวไฟ (Wi-Fi) เป็นต้น ที่สำคัญ VR ยังช่วยให้เกิดความน่าสนใจและก่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น VR เป็นระบบที่คอมพิวเตอร์สามารถสร้างภาพเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นด้วย จุดเด่นของ VR ด้านการสร้างภาพเสมือนจริงในมุมมอง 360 องศา ให้แก่ผู้ใช้งาน แสดงภาพได้ทั้งแบบ 2 มิติและ 3 มิติ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ได้เสมือนอยู่ในเหตุการณ์จริง อีกทั้งยังสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานได้ [6] โดยระบบคอมพิวเตอร์สามารถตรวจรับความเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน นำไปประมวลผลและแสดงผลให้ผู้ใช้งานเห็นการตอบสนองการเคลื่อนไหวนั้นโดยเหมือนภาพสมจริงมากยิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้เรื่องระบบติดตามแสงอาทิตย์ จึงได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบโซล่าเซลล์ หลักการทำงาน การติดตั้งและการบำรุงรักษาแผงโซล่าเซลล์ โดยใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงมาช่วยในการฝึกอบรม ทำให้ผู้เข้าอบรมเรียนรู้และเข้าใจมากขึ้นจากการเห็นภาพจำลองโดยไม่ต้องไปสถานที่จริง นอกจากนี้ในหลักสูตรยังมีเนื้อหาเรื่องการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวขึ้นมาเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการเรียนรู้เรื่องระบบติดตามแสงอาทิตย์ หลักสูตรฝึกอบรมนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำเป็นรูปแบบออนไลน์ ผ่านเว็บไซต์ www.vr-solarfarm.com ผู้เข้าอบรมสามารถศึกษาได้เองโดยใช้ VR และสามารถฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวผ่านเว็บไซต์นี้

เมื่อพิจารณาตามแนวทางการจัดการศึกษา สะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่บูรณาการทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science; S) เทคโนโลยี (Technology; T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering; E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics; M) เพื่อนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน [7] จะเห็นว่าหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริงเป็นหลักสูตรที่สอดคล้องกับสะเต็มศึกษา คือ มีการเรียนรู้เรื่องระบบพลังงานแสงอาทิตย์ (S) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (T) จากแผงโซล่าเซลล์ (E) และมีการเรียนรู้การคำนวณ การเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมระบบติดตามแสงอาทิตย์ (M) ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะทำให้ผู้เข้าอบรมเกิดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่สูงสุด สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือต่อยอดเป็นธุรกิจโซล่าฟาร์มได้

ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง 2) ทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง 3) หาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง และ 4) ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มด้วยแบบจำลองเสมือนจริง

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การถ่ายภาพ 360 องศา เพื่อทำสร้างแบบจำลองเสมือนจริงโซล่าฟาร์ม

ขั้นตอนแรกของการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงโซล่าฟาร์ม (Virtual Reality Solar Farm; VRSF) คือ ออกแบบและจัดทำแผนที่จำลองจุดที่ต้องการทำ VRSF จากโรงงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2 เมกะวัตต์ บริษัทโซลาร์ตรอนเอ็นเนอร์ยี่ 2 จำกัด โดยมีการถ่ายรูปภาพ 360 องศา ด้วยกล้องถ่ายภาพ 2 ชนิด คือ

1) กล้องถ่ายภาพทั่วไป โดยถ่ายภาพได้ 2 แบบ ดังนี้

- แบบที่ 1 ถ่ายภาพด้วยกล้องความละเอียดสูง เป็นการถ่ายภาพแบบ Square 6 ได้แก่ ด้านหน้า ด้านซ้าย ด้านขวา ด้านหลัง ด้านบน และด้านล่าง โดยถ่ายให้แต่ละด้านมีจุดเชื่อมโยงต่อกัน

- แบบที่ 2 ถ่ายภาพด้วยกล้องความละเอียดสูง แต่ถ่ายเป็นมุมต่างๆ ที่ต้องการในแต่ละพื้นที่ ไม่จำเป็นต้องถ่ายแบบมีจุดเชื่อมโยงต่อกัน อาจถ่ายเป็นมุมๆ เช่น ทางเข้าห้องควบคุม เป็นต้น

2) กล้องถ่ายภาพแบบ 360 องศา สามารถถ่ายภาพได้ครบ 360 องศา โดยไม่ต้องหมุนกล้องไปมาเป็นกล้องที่ออกแบบมาเพื่อถ่ายภาพแบบรอบตัว 360 องศา ในทุกทิศทาง ได้ภาพเหมือนเป็นทรงกลมรอบตัวกล้อง โดยไม่มีความบิดเบี้ยว เวลาดูภาพจะมีซอฟท์แวร์สำหรับดูภาพแบบ 360 องศา เหมือนผู้ใช้งานไปยืนอยู่กลางทรงกลมนั้น

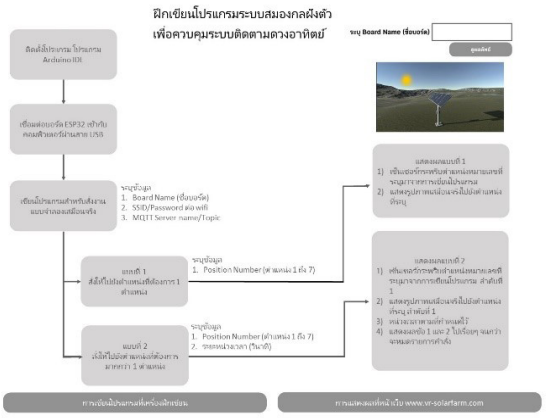
2.2 การสร้าง VRSF

ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำแผนที่จำลองจุดที่ต้องการทำ VRSF โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 จุด ได้แก่ ภาพมุมสูงโซล่าฟาร์ม (Solar Farm) อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ห้อง MDB (Main Distribution Board) และห้องสวิตช์เกียร์ (Switchgear) จากนั้นถ่ายภาพ 360 องศา และแสดงตำแหน่งของแต่ละจุดตามจุดจากสถานที่จริง โดยการใช้กล้องถ่ายภาพ 360 องศา และโดรนในการถ่ายภาพทั้งแบบพาโนรามาและแบบ 360 องศา นำภาพถ่ายที่ได้ให้ผู้ปฏิบัติการในโรงงานที่มีประสบการณ์ตรวจสอบคุณภาพและความเหมาะสม นำภาพถ่ายที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ ทำการตกแต่งโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากนั้นจัดกลุ่มรูปภาพให้เป็นสัดส่วน ดังแสดงในรูปที่ 1 VRSF ทั้ง 4 จุด สามารถเชื่อมโยงข้อมูลไปหากันได้โดยใช้แผนที่เป็นตัวกำหนดและมีส่วนควบคุมของ Virtual tour เพื่อไปยังส่วนต่างๆ เหมือนอยู่ในสถานที่จริง มีการแสดงเนื้อหาและคำอธิบายในรูปแบบวีดีโอ ข้อความ และรูปภาพประกอบเสมือนมีผู้บรรยายรายละเอียดของแต่ละจุด

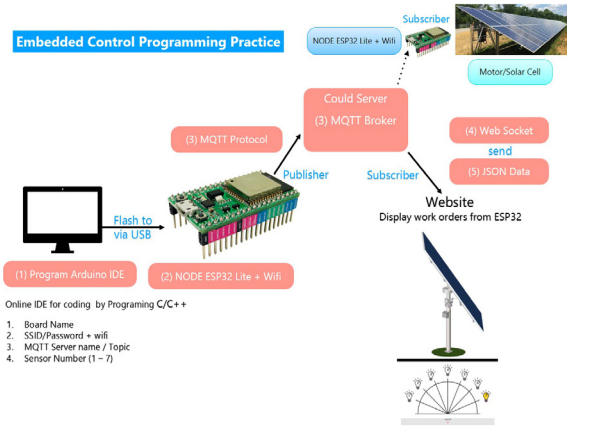
รูปที่ 1 การออกแบบจำลองจุดการจัดทำ VRSF 4 จุด ได้แก่ ภาพมุมสูง ห้องอินเวอร์เตอร์ ห้อง MDB และห้องสวิตช์เกียร์

2.3 การเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์

การเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ได้กำหนดกรอบแนวความคิดตามโครงสร้างเครื่องควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ โดยจำลองจากอุปกรณ์ชุดควบคุมระบบติดตามดวงอาทิตย์ มาเป็นกรอบในการพัฒนารูปแบบการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว [8] ในการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ผู้วิจัยได้ออกแบบเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแสดงผล ส่วนติดต่อสื่อสาร (IoT) และส่วนที่ใช้สำหรับฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว โดยกำหนดกรอบความคิดในการออกแบบปัญหาสำหรับฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวไว้ ดังนี้ เนื่องจากระบบติดตามดวงอาทิตย์หลักการทำงาน ทำหน้าที่ติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ในการติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ด้วยวิธีนี้ เซนเซอร์จะตรวจวัดความเข้มแสง และวัดค่าความเข้มแสง



รูปที่ 2 ขั้นตอนการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว เพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์



รูปที่ 3 หลักการทำงานของโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว เพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์

ที่ตกกระทบตั้งฉากกับระนาบของเซนเซอร์ ซึ่งจะแปลงค่าความเข้มแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าวงจรประมวลผล และควบคุมเพื่อสั่งการให้มอเตอร์ขับเคลื่อนระนาบ 2 แกน หมุนไปในทิศทางที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุด นั้นก็คือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ เนื่องจากแกนของโลกเอียง 23.30 องศา จากเส้นดิ่งกับระนาบการโคจรและอาการเอียงจะชี้ไปในทางเดียวกันเสมอ จากการโคจรของดวงอาทิตย์ดังกล่าว สามารถนำมาออกแบบการวางตำแหน่งเซนเซอร์ สำหรับใช้ในการตรวจหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เพื่อปรับหมุนแผงโซล่าเซลล์ไปยังตำแหน่งที่มีความเข้มแสงมากที่สุดได้

การฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ดังแสดงในรูปที่ 2 มีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2 เริ่มจากติดตั้ง Arduino IDE ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมและ flash คำสั่งที่เขียนลงไปยังบอร์ด NODE ESP32 ซึ่งเป็นฮาร์ดแวร์สเปกขั้นต่ำสุดที่ใช้กับ VRSF โดยคำสั่งที่เขียนในโปรแกรมจะเป็นระบบสั่งงานควบคุมมอเตอร์แผงโซล่าเซลล์ให้เคลื่อนที่ตามแสงอาทิตย์ และแสดงผลบนเว็บไซต์ในลักษณะ 3D

ในการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวจะนำข้อมูลที่ได้จากบอร์ด NODE ESP32 ส่งผ่าน MQTT Broker ที่กำหนด ผ่าน MQTT Protocol มาแสดงที่เว็บไซต์ ลักษณะการทำงานส่วนนี้จะเรียกว่า Publisher จากนั้น MQTT Broker จะทำการปล่อยข้อมูลที่ถูกส่งจากบอร์ด NODE ESP32 ออกมาเรื่อยๆ หากมีไฟเลี้ยงผ่านสาย USB และเชื่อมต่อ Internet ผ่าน Wi-Fi การเขียนโปรแกรมผ่าน Web Socket ก็ได้ข้อมูลมาในรูปแบบ Json Data มาแสดงผลบนเว็บไซต์ในลักษณะ 3D (รูปที่ 3)

2.4 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ผ่านเว็บไซต์

เมื่อได้ VRSF และรูปแบบการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์แล้ว ผู้วิจัยได้ออกแบบหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ในรูปแบบออนไลน์ ผ่านเว็บไซต์ www.vr-solarfarm.com โดยกำหนดโครงสร้างเว็บไซต์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หน้าหลัก แบบจำลองเสมือนจริงระบบพลังงานแสงอาทิตย์ และฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ซึ่งในส่วนนี้เมื่อผู้เข้าอบรมได้ฝึกเขียนโปรแกรมแล้วจะมีการแสดงผลเป็นภาพ 3D ผ่านเว็บไซต์นี้ด้วย

2.5 ทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

ผู้วิจัยได้นำ VRFS และการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น มาใช้เป็นหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อพัฒนาความรู้ด้านโซล่าฟาร์ม ทำการทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

และด้านพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 5 ท่าน ด้วยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามหลักแนวคิดของลิเคิร์ท [9] ทำการประเมิน 4 ด้าน ได้แก่ ด้านเทคนิค ด้านเนื้อหา ด้านออกแบบ และด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว โดยมีสมมติฐานว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมจะต้องอยู่ในระดับมากขึ้นไป

2.6 ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

2.6.1 เครื่องมือวิจัย

ทำการประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมโดยออกแบบการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ ทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ได้แก่ ทดสอบความเที่ยงตรง โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence; IOC) ทดสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถามและทดสอบความยากง่ายของข้อคำถาม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและด้านการศึกษา จำนวน 5 ท่าน

2.6.2 กลุ่มตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ มีเกณฑ์การเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นประชาชนทั่วไป ข้าราชการ ลูกจ้าง พนักงานราชการของโรงงานต้นแบบการวิจัยพัฒนาอาวุธที่มีความสนใจหรือต้องการทำธุรกิจโซล่าฟาร์มและต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 50 คน

2.7 ประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

ทำการประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาของหลักสูตรบนเว็บไซต์ ด้านการเข้าใช้งานหลักสูตรฝึกอบรม ด้านเนื้อหาและองค์ความรู้ที่ได้รับจากหลักสูตร และด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ด้วยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามหลักแนวคิดของลิเคิร์ท โดยมีสมมติฐานว่าผู้เข้าอบรมจะมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรในภาพรวมอย่างน้อยอยู่ในระดับมาก

2.8 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

วิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF และความพึงพอใจของผู้เข้าอบรม โดยใช้ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ด้วยสถิติ t-test Independent ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value < 0.05)

3. ผลการทดลอง

3.1 แบบจำลองเสมือนจริงโซล่าฟาร์ม (VRSF)

แบบจำลองเสมือนจริงโซล่าฟาร์ม (VRSF) ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา โดยจะแสดงผลผ่านเว็บไซต์ www.vr-solarfarm.com สามารถเข้าดูได้ทั้งแบบปกติและแบบใช้กล้อง VR ซึ่งจะทำให้เห็นภาพเสมือนจริง เหมือนได้ไปอยู่ในสถานที่นั้นจริงๆ คำอธิบายข้อมูลต่างๆ ของระบบ VRSF แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1) การแสดงผลในรูปแบบของข้อความ การแสดงผลในรูปแบบรูปภาพ และการแสดงผลในรูปแบบวีดีโอ ซึ่งการแสดงผลทั้ง 4 จุด ได้แก่ ภาพมุมสูงโซล่าฟาร์ม (Solar Farm) อินเวอร์เตอร์ (Inverter), ห้อง MDB (Main Distribution Board) และห้องสวิตช์เกียร์ (Switchgear) สามารถเชื่อมโยงข้อมูลกันได้โดยใช้แผนที่เป็นตัวกำหนด

3.2 โปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางแสงอาทิตย์

การเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว เป็นการจำลองการใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเข้มของแสงอาทิตย์ทั้งหมด 7 จุด ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวเพื่อควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ไปยังตำแหน่งต่างๆ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบเป็นชุดคำสั่งระบุจำนวนรอบของมอเตอร์ในการสั่งให้มอเตอร์ทำงานตรงกับตำแหน่งนั้นๆ และให้ผู้เข้ารับอบรมฝึกเข้าไปแก้ไขชุดคำสั่งดังกล่าวได้ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวพบว่า แผงโซล่าเซลล์สามารถเคลื่อนที่

ตรงตามตำแหน่งที่ได้เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานไว้

3.3 ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ทั้ง 4 ด้านโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและด้านพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 5 ท่าน ด้วยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนประสิทธิภาพ 1-5 หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด แสดงเป็นคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ใช้เกณฑ์แปลความหมายเพื่อจัดระดับของคะแนนเฉลี่ยด้วยการคำนวณความกว้างของอัตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8 กำหนดช่วงคะแนนได้ 5 ช่วงและแปลความหมายเป็นระดับคุณภาพ ดังนี้

4.21–5.00 มีคุณภาพมากที่สุด
3.41–4.20 มีคุณภาพมาก
2.61–3.40 มีคุณภาพปานกลาง
1.81–2.60 มีคุณภาพน้อย
1.00–1.80 มีคุณภาพน้อยที่สุด

ผลประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้ 1) ด้านเทคนิค ทำการประเมินการแยกหมวดหมู่ที่ชัดเจนของระบบ การออกแบบระบบได้เหมาะสมกับสื่อ ระบบควบคุมมีการตอบโต้ที่หลากหลายและระบบมีความเสถียรในขณะใช้งานพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.18 (S.D. = 0.52) คุณภาพอยู่ในระดับมาก 2) ด้านออกแบบ ทำการประเมินการออกแบบต่างๆ ในโปรแกรมได้แก่ ออกแบบหน้าจอเป็นสัดส่วน แบบตัวอักษรที่นำเสนอเมนูมีการเรียงลำดับใช้งานง่าย สีภาพมีความเหมาะสมกับระบบ และส่วนกราฟิกติดต่อกับผู้ใช้งานพบว่า ด้านออกแบบเป็นด้านที่กลุ่มตัวอย่างให้คะแนนมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 (S.D. = 0.54) คุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด 3) ด้านเนื้อหา ทำการประเมินความถูกต้อง ความเหมาะสมกับสื่อ และการนำเสนอมีความน่าสนใจของเนื้อหา พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 (S.D. = 0.70) คุณภาพอยู่ในระดับมาก และ 4) ด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ทำการประเมินความเสถียรของโปรแกรม ความถูกต้องครบถ้วนในประเด็นที่สำคัญ การประมวลผลหลังจากป้อนค่าหรือข้อมูล และความน่าสนใจในการใช้งานพบว่า มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.04 (S.D. = 0.54) คุณภาพอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 (S.D. = 0.58) มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

ตารางที่ 1 ผลทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

หัวข้อประเมิน	คะแนน		ระดับคุณภาพ
	$\overline{X}$	S.D.	
ด้านเทคนิค	4.18	0.52	มาก
ด้านออกแบบ	4.31	0.54	มากที่สุด
ด้านเนื้อหา	4.13	0.70	มาก
ด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว	4.04	0.54	มาก
เฉลี่ยรวม	4.17	0.58	มาก

3.4 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรม VRSF

3.4.1 ผลการทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ข้อสอบวัดความรู้แบบปรนัย 40 ข้อ ทำการทดสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ได้ผลดังนี้ ทดสอบค่าเที่ยงตรงของเครื่องมือได้ค่า IOC เฉลี่ย เท่ากับ 0.90 แสดงว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ ผลการทดสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถามพบว่า ข้อคำถามทุกข้อมีความชัดแจ้งในความหมายของคำถาม สามารถแปลความหมายได้ตรงกันและผลทดสอบความยากง่ายของข้อคำถามพบว่า ข้อคำถามมีค่าคะแนนระดับความยากอยู่ระหว่าง 0.35–0.80 แสดงถึงข้อคำถามอยู่ในระดับค่อนข้างยาก ปานกลาง และค่อนข้างง่าย ซึ่งสามารถนำไปใช้เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ได้

3.4.2 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้

การประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเป็น One Group pre-test Post-test Design

เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังฝึกอบรมของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน โดยมีสมมติฐานว่าผู้เข้าอบรมอย่างน้อย ร้อยละ 80 มีความรู้เพิ่มขึ้น แสดงเป็นผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ของผู้เข้าอบรมหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม

ข้อมูล	คะแนน					ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (%)
	เต็ม	สูงสุด	ต่ำสุด	$\overline{X}$	S.D.	
Pre-test	40	30	14	18.38	4.17	84.55
Post-test	40	40	28	36.66	2.08	

ผู้เข้าอบรมจะต้องทำข้อสอบก่อนเข้ารับการฝึกอบรม (Pre-test) พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.38 คะแนน (S.D. = 4.17) เมื่อรับการฝึกอบรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เข้าอบรมทำข้อสอบชุดเดิมอีกครั้ง (Post-test) พบว่า ผู้เข้าอบรมสามารถทำข้อสอบได้คะแนนเฉลี่ย 36.66 คะแนน (S.D. = 2.08) เมื่อคำนวณผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ได้เท่ากับ 84.55% ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ทำให้ผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบโซล่าฟาร์มและการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวมากขึ้น

3.5 ความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม

หลังจากผู้เข้าอบรมได้รับการฝึกอบรมเรียบร้อยแล้ว ได้ทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อหลักสูตรฝึกอบรมด้วยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนประสิทธิภาพ 1—5 หมายถึง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด แสดงเป็นคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) และ ค่า S.D. ใช้เกณฑ์แปลความหมายเพื่อจัดระดับของคะแนนเฉลี่ยด้วยการคำนวณความกว้างของอัตรภาคชั้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8 กำหนดช่วงคะแนนได้ 5 ช่วงและแปลความหมายเป็นระดับคุณภาพ ดังนี้

4.21–5.00 พึงพอใจมากที่สุด
3.41–4.20 พึงพอใจมาก
2.61–3.40 พึงพอใจปานกลาง
1.81–2.60 พึงพอใจน้อย
1.00–1.80 พึงพอใจน้อยที่สุด

ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมผู้เข้าอบรมมีความพึงพอใจเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 (S.D. = 0.56) อยู่ในระดับพึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยแต่ละหัวข้อ พบว่า กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจด้านรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาของหลักสูตรบนเว็บไซต์มากที่สุด คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 (S.D. = 0.63) รองลงมาคือ ด้านการเข้าใช้งานหลักสูตรฝึกอบรม คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.23 (S.D. = 0.56) และด้านเนื้อหาและองค์ความรู้ที่ได้รับจากหลักสูตร คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.08 (S.D. = 0.44) อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุดและพึงพอใจมากตามลำดับ ในขณะที่ด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว มีคะแนนความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ 3.96 (S.D. = 0.59) อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง

ตารางที่ 3 ผลความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมต่อหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม

หัวข้อประเมิน	คะแนน		ระดับความพึงพอใจ
	$\overline{X}$	S.D.	
1. ด้านรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาของหลักสูตรบนเว็บไซต์	4.25	0.63	มากที่สุด
2. ด้านการเข้าใช้งานหลักสูตรฝึกอบรม	4.23	0.56	มากที่สุด
3. ด้านเนื้อหาและองค์ความรู้ที่ได้รับจากหลักสูตร	4.08	0.44	มาก
4. ด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว	3.96	0.59	ปานกลาง
เฉลี่ยรวม	4.13	0.56	มาก

4. อภิปรายผลและสรุป

4.1 หลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม

แบบจำลองเสมือนจริง (VRSF) ที่พัฒนาขึ้น ถือว่าเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning; PBL) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ดีมากที่สุด

วิธีหนึ่งเพราะสอดคล้องกับแนวการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 คือทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์คิดแก้ปัญหาและคิดอย่างสร้างสรรค์ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและได้ลงมือปฏิบัติมากขึ้น [10] หลักสูตรฝึกอบรมนี้เกิดจากการเล็งเห็นถึงปัญหาประสบการณ์ที่ได้จากการอบรม อาจทำให้ขาดโอกาสในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งทรัพยากรเรียนรู้ที่เป็นสถานที่จริง เนื้อหาการฝึกอบรมเกี่ยวกับโซล่าฟาร์มโดยทั่วไปในภาคทฤษฎี จะมีเนื้อหาคล้ายๆ กัน ซึ่งผู้สนใจสามารถเรียนรู้ได้ไม่ยาก แต่สำหรับภาคปฏิบัตินั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาจากแบบจำลองหรือชุดอุปกรณ์ขนาดเล็ก หากต้องการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นเพื่อต่อยอดเป็นธุรกิจ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะมีการแสดงให้เห็นถึงระบบโซล่าฟาร์มขนาดใหญ่ที่เป็นระดับอุตสาหกรรม ด้วยเหตุผลนี้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม ให้ผู้เข้าอบรมได้เห็นภาพจากสถานที่จริง เป็นการเปิดโอกาสการเรียนรู้ได้มากขึ้นและประหยัดค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี ในปัจจุบันการการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเสมือนจริงมีการใช้อย่างกว้างขวางแต่จะเป็นการใช้ในรูปแบบสถานการณ์จำลอง เช่น การสอนของอาจารย์พยาบาลโดยใช้สถานการณ์จำลองด้วยหุ่นผู้ป่วยเสมือนจริง โดยไม่มีเทคโนโลยีใดๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อฝึกทักษะใหม่ๆ ที่ไม่คุ้นเคยก่อนลงมือปฏิบัติกับผู้ป่วยจริง ช่วยลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นกับผู้ป่วยได้ จะเห็นว่ามีความแตกต่างจากหลักสูตรฝึกอบรม VRSF ตรงที่หลักสูตรฝึกอบรม VRSF มีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริง (VR) มาเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างสถานการณ์จำลองและมีการประมวลผลผ่านระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

4.2 การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์ม

แบบจำลองเสมือนจริงในรูปแบบออนไลน์ผ่านเว็บไซต์เพื่อให้เข้าอบรมสามารถเข้าถึงได้โดยไม่จำเป็นต้องอยู่ในชั้นเรียนและสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา การประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรจึงเป็นการประเมินจากที่ปรากฏในเว็บไซต์ www.vr-solarfarm.com ซึ่งจากผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและด้านพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 5 ท่าน ในภาพรวมพบว่า หลักสูตรมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก มีเทคนิคการนำเสนอ การออกแบบเว็บไซต์และเนื้อหาที่เหมาะสม แต่ในส่วนของการฝึกเขียนโปรแกรมด้วยระบบสมองกลฝังตัว เป็นเรื่องที่ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นผู้ที่สนใจหรือผู้เข้าอบรมอาจจะทำคะแนนในส่วนนี้ได้น้อย ผู้เชี่ยวชาญจึงได้แนะนำให้มีการปรับปรุงรูปแบบการฝึกเขียนโปรแกรมสมองกลฝังตัวด้วยวิธีการที่เข้าใจง่าย ให้ผู้ที่ไม่มีความรู้พื้นฐานเรื่องการเขียนโปรแกรม สามารถปฏิบัติตามได้และเรียนรู้อย่างเข้าใจ

4.3 ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ภาคทฤษฎี

ผู้เข้ารับการฝึกอบรม หลังผ่านการฝึกอบรม แล้วผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบเป็นรายบุคคลด้วยข้อสอบแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ โดยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้ภาคทฤษฎีของผู้อบรมมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 แสดงให้เห็นว่าผู้ที่ผ่านการอบรมหลักสูตรฝึกอบรมโซล่าฟาร์มมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหลักสูตรฝึกอบรมในครั้งนี้ เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางด้านพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบโซล่าฟาร์มและการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางด้วยอาทิตย์ ผู้เข้าอบรมทุกคนมีคะแนนหลังการอบรมเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงผู้เข้าอบรมมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดี แต่ในส่วนของการเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวพบว่า ผู้เข้าอบรมสามารถทำแบบประเมินหลังการอบรมได้แต่เมื่อให้ลองเว้นช่วงประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วกลับมาทำข้อสอบอีกครั้ง ปรากฏว่าทำคะแนนได้น้อยกว่าครั้งแรก อาจเป็นเพราะเนื้อหาในส่วนนี้ส่วนใหญ่เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ต้องจดจำ ทำให้ต้องมีการทบทวนความรู้ทุกครั้งก่อนทำแบบทดสอบประเมินความรู้

4.4 ผลประเมินความพึงพอใจ

หลักสูตร VRSF ทั้งหมด 4 ด้าน คือ ด้านรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาของหลักสูตรบนเว็บไซต์ ด้านการเข้าใช้งานหลักสูตรฝึกอบรม ด้านเนื้อหาและองค์ความรู้ที่ได้รับจาก

หลักสูตร และด้านการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว พบว่าโดยรวมมีความพึงพอใจต่อหลักสูตรอยู่ในระดับมาก การนำเสนอเนื้อหาฝึกอบรมด้วยการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง VR ทำให้ผู้เข้าอบรมได้เห็นภาพภายในของโรงงานผลิตไฟฟ้าจากโซล่าฟาร์ม และสามารถวิเคราะห์หรือวางแผนเพื่อจะลงทุนทำธุรกิจนี้ได้ ในส่วนของการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัว ผู้เข้าอบรมพึงพอใจที่ได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำระบบควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทางดวงอาทิตย์ เพราะในส่วนนี้ถือว่าเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้แผงโซล่าเซลล์มีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากขึ้น เป็นการเพิ่มกำไรให้กับธุรกิจโซล่าฟาร์มได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรเพิ่มเติมเนื้อหาในหลักสูตรเกี่ยวกับการดูแลรักษาแผงโซล่าเซลล์ และการคำนวณต้นทุนสำหรับการทำธุรกิจโซล่าฟาร์ม

2) ควรพัฒนาหัวข้อการฝึกเขียนโปรแกรมระบบสมองกลฝังตัวให้ผู้ที่ไม่มีความรู้เรื่องการเขียนโปรแกรมแต่สนใจเรื่องโซล่าฟาร์มได้เข้าใจง่ายและสามารถฝึกปฏิบัติได้จนสามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์จริง

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนการศึกษาในระดับปริญญาเอกจากสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม โดยท่านปลัด กระทรวงกลาโหม พล.อ.ชัยชาญ ช้างมงคล

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2 เมกะวัตต์ บริษัทโซลาร์ตรอนเอ็นเนอร์ยี่ 2 จำกัด ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์สถานที่ถ่ายภาพโซล่าฟาร์ม เพื่อนำมาพัฒนาเป็นแบบจำลองเสมือนจริง (VRSF)

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยไทย-ฝรั่งเศส ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และโรงงานต้นแบบการวิจัยพัฒนาอาวุธ ที่ให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างและสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Ministry of Energy. (2015, June). Thailand power development plan 2015-2036 (PDP2015). Energy Policy and Planning Office. Ministry of Energy. Bangkok, Thailand [Online]. (in Thai). Available: http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/PDP_TH.pdf.

[2] Kasikornbank Research. (2020, March). Business opportunities make money renewable energy. Kasikornbank SME Analysis, Bangkok, Thailand. [Online]. (in Thai). Available: https://www.kasikornbank.com/th/busin ess/sme/KSME Knowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/BusinessOppotunity.pdf.

[3] I. Laoprom and W. Buathes, “Design and construct of solar power systems by solar tracking,” presented at the 3rd Kamphaeng Phet Rajabhat University National Conference, Kamphaeng Pet, Thailand, Dec. 22, 2016 (in Thai).

[4] S. Padoongphan, “Automation control solarcell,” *Princess of Narathiwat University Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 81–91, 2015 (in Thai).

[5] Y. Chee, “Virtual reality in education: Rooting learning in experience,” in *Proceedings the International Symposium on Virtual Education 2001*, 2001, pp. 43–54.

[6] G. Burdea and P. Coiffet, “Virtual reality technology,” *Reviews*, vol. 12, no. 6, pp. 663–664, 2003.

[7] M. Sanders, “A rationale for new approaches to STEM education and STEM education graduate programs,” presented at the 93rd Mississippi Valley Technology Teacher Education Conference, Nashville, Davidson, Dec-Jan 2009.

[8] V. Raghunathan, A. Kansal, J. Hsu, J. Friedman, and M. Srivastava," Design considerations for solar energy harvesting wireless, in *Proceedings IPSN 2005*, 2005, pp. 457–462.

[9] D. L. Clason and T. J. Dormody, "Analyzing data measured by individual likert-type items," *Journal of Agricultural Education*, vol. 35, no. 4, pp. 31–35, 1994.

[10] A. Yadav, D. Subedi, M. A. Lundeberg, and C. F. Bunting, "Problem-based learning: Influence on students' learning in an electrical engineering course," *Journal of Engineering Education*, vol. 100, no. 2, pp. 253–280, 2011.