ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์ส และแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

Automated Solar Tracking System Using Open-source Microcontroller with Low-code IoT Cloud Platform

วนัสนัย กะริน[1*], บุญสืบ โพธิ์ศรี[2], วาสนา ปาลรังษี[3], ภัทรพล เสมอภาค[4] และ เมฆินทร์ วรศาสตร์[5]

Wanussanai Karin[1], Boonsuep Posri[2], Wasana Palrungsri[3], Phattarapon Samerpak[4] and Maykin Warasart[5]

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 [1-4] และ
สมาคมเพื่อการแลกเปลี่ยนความรู้สหวิทยาการ (ประเทศไทย)[5]

Department of Information Technology, Institute of Vocational Education Region 5 [1-4]
Association for Interdisciplinary Knowledge Exchange (Thailand)[5]

Email: freel2545@gmail.com[1*], suepboon_2013@hotmail.com[2], palrungsriwassana@gmail.com[3], phattarapon@skntc.ac.th[4],maykin@ieee.org[5]

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด 2) เพื่อศึกษาผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานระบบฯ

จากการวิจัย พบว่า 1) ระบบสามารถปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ให้หันไปยังทิศทางของแสงอาทิตย์ได้อย่างเหมาะสมโดยอัตโนมัติจากการใช้เซ็นเซอร์ LDR เพื่อตรวจจับความเข้มของแสงอาทิตย์และเซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุมการหมุนของแผงโซลาร์เซลล์ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด พบว่าอุปกรณ์ในระบบฯ สามารถใช้งานได้ตามปกติ และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานระบบฯ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.38, S.D.=0.11)

คำสำคัญ: ระบบติดตามแสงอาทิตย์, เซ็นเซอร์ตรวจจับแสง, แพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

ABSTRACT

The objectives of this research were: 1) to develop an automated solar tracking system using open-source microcontroller with low-code IoT cloud platform, 2) to evaluate the performance of the automated solar tracking system using open-source microcontroller with low-code IoT cloud platform, and 3) to assess user satisfaction with the system.

The research findings indicated that: 1) The system was able to automatically adjust the solar panel's angle to align with the direction of sunlight by using LDR sensors to detect light intensity and servo motors to control the panel's movement. 2) Performance tests of the system showed that the system functioned correctly. 3) The user satisfaction evaluation revealed that the overall satisfaction level was rated as the highest ($\bar{X}$=4.38, S.D.=0.11).

Keyword: solar tracking system, light detection sensor, low-code IoT cloud platform

บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดในยุคปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพลังงานที่ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถใช้ได้อย่างยั่งยืน การพัฒนาแหล่งพลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ จึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการช่วยลดการพึ่งพาการใช้พลังงานจากแหล่งฟอสซิลที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ พลังงานแสงอาทิตย์ยังเป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้ในหลากหลายรูปแบบ ทั้งในระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่และการใช้งานในครัวเรือน เช่น การใช้แผงโซลาร์เซลล์สำหรับจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน การติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในระยะยาว และเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าสำหรับอนาคต (โซลาร์เอดจ์, 2566)

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พบว่าการใช้งานระบบโซลาร์เซลล์ในพื้นที่หลายแห่งยังประสบปัญหาประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานที่ต่ำ เนื่องจากการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่ไม่ได้มีการติดตั้งระบบติดตามแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานจากการรับแสงที่ไม่ตรงกับทิศทางของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวันระบบติดตามแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ให้หันไปในทิศทางที่แสงอาทิตย์ตกกระทบมากที่สุดตลอดทั้งวัน อย่างไรก็ตามระบบติดตามแสงอาทิตย์ในปัจจุบันที่มีอยู่ในตลาดมักมีต้นทุนสูงและต้องการการบำรุงรักษาที่ซับซ้อน ส่งผลให้ไม่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีงบประมาณจำกัด (บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ ครีเอชั่น จำกัด, 2565)

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ที่สามารถปรับมุมของแผงโซลาร์เซลล์ให้หันไปในทิศทางของแสงอาทิตย์ได้โดยอัตโนมัติ ใช้เทคโนโลยี Arduino ร่วมกับเซ็นเซอร์ตรวจจับแสง (LDR) และเซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำและใช้งานง่าย ระบบนี้ยังสามารถเชื่อมต่อกับเว็บไซต์เพื่อแสดงข้อมูลการทำงานและช่วยให้ผู้ใช้สามารถควบคุมระบบได้อย่างสะดวกโดยสามารถปรับมุมการหันของแผงโซลาร์เซลล์ได้ด้วยตนเองผ่าน รีโมทคอนโทรลอินฟราเรด หรือแอพพลิเคชันที่ออกแบบมาให้ใช้งานง่ายและสะดวก

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

1.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

1.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานระบบฯ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่ได้จากรังสีของดวงอาทิตย์ในรูปของแสงและความร้อน ซึ่งสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าผ่านระบบเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งแบบอิสระ แบบเชื่อมต่อกับโครงข่ายไฟฟ้า และแบบไฮบริด รวมถึงการนำมาใช้ผลิตพลังงานความร้อน เช่น การผลิตน้ำร้อนและการอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์มีข้อดีคือเป็นพลังงานสะอาด ไม่มีวันหมด และช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานในระยะยาว อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของพลังงานแสงอาทิตย์คือความไม่สม่ำเสมอของแสงแดดและต้นทุนติดตั้งเริ่มต้นที่สูง ประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง ซึ่งได้รับการส่งเสริมจากภาครัฐให้มีการลงทุนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (บริษัท ยูเอซี โกลบอล จำกัด (มหาชน), 2564)

NodeMCU เป็นแพลตฟอร์มที่ใช้ในการพัฒนา Internet of Things (IoT) ซึ่งประกอบด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และเฟิร์มแวร์แบบโอเพ่นซอร์ส ในเบื้องต้น NodeMCU รองรับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua แต่ปัจจุบันสามารถพัฒนาโค้ดด้วยภาษา C ผ่าน Arduino IDE ได้ ทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น บอร์ดนี้มาพร้อมกับโมดูล WiFi ESP8266 ที่เป็นหัวใจหลักในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต สำหรับระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด ได้นำ NodeMCU v.3 มาใช้เป็นหน่วยประมวลผลหลักของระบบ โดยทำหน้าที่ เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่าน Wi-Fi เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง เซ็นเซอร์ตรวจจับแสง (LDR), เซอร์โวมอเตอร์, และแอปพลิเคชัน Blynk ซึ่งช่วยให้สามารถควบคุมและตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบได้แบบเรียลไทม์

NodeMCU มี พอร์ตขาเข้าและขาออก (GPIO) ที่รองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้สามารถควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ที่ใช้ปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ NodeMCU ยังรองรับ การสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถนำไปใช้แสดงค่าต่าง ๆ เช่น ความเข้มแสงจากเซ็นเซอร์ LDR และมุมของแผงโซลาร์เซลล์ ผ่านอินเทอร์เน็ตได้ด้วยความสามารถของ NodeMCU ที่รองรับ การสื่อสารแบบไร้สายและการประมวลผลแบบเรียลไทม์ ทำให้ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้พลังงาน ลดต้นทุน และเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน ผ่านการควบคุมและติดตามค่าการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk (สุวิทย์ กิระวิทยา, 2562)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบฯ

จากการศึกษาพบว่า ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาและสามารถแก้ปัญหาของแผงโซลาร์เซลล์แบบคงที่ได้ โดยระบบสามารถปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ให้เหมาะสมกับทิศทางของแสงอาทิตย์ได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตาม ยังมีปัญหาที่ต้องได้รับการพัฒนา เช่น การเพิ่มความแม่นยำของเซ็นเซอร์ การปรับปรุงอัลกอริทึมการติดตามแสง และการเพิ่มฟังก์ชันควบคุมผ่านเว็บแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 วิเคราะห์ข้อมูล

โดยผู้วิจัยได้วิเคราะห์ทบทวนสภาพปัจจุบันของปัญหาเกี่ยวกับการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบคงที่ยังไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากแผงโซลาร์เซลล์เหล่านี้ไม่สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของแสงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งวัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานลดลง จากการศึกษาพบว่าระบบติดตามแสงอาทิตย์ที่ใช้เทคโนโลยีแบบอัตโนมัติสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บพลังงานได้อย่างมาก แต่ระบบดังกล่าวในปัจจุบันยังมีราคาค่อนข้างสูงและการบำรุงรักษาซับซ้อน จึงเป็นข้อจำกัดในการใช้งานในพื้นที่ที่มีงบประมาณจำกัด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญในการพัฒนา "ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด" ที่มีต้นทุนต่ำและสามารถติดตามแสงได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งในระดับครัวเรือนและในอุตสาหกรรมขนาดเล็ก

1.3 ออกแบบระบบ

ผู้วิจัยได้แนวคิดจากการวิเคราะห์ความต้องการ (Requirements Analysis) แล้วจึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วย ESP8266 ขึ้น โดยใช้แนวคิดที่ว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นต้องมีประสิทธิภาพในการติดตามแสงอาทิตย์และการปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างแม่นยำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพที่ 1 การทำงานของระบบฯ

1.4 พัฒนาระบบ

พัฒนาระบบฯโดยใช้ ESP8266 และเซ็นเซอร์แสง (LDR) พร้อมเว็บไซต์สำหรับแสดงข้อมูลและควบคุมระบบ จากนั้นนำไปตรวจสอบโดย ผู้เชี่ยวชาญ ที่คัดเลือกจากครูผู้สอนเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ของระบบและเว็บไซต์ หลังจากนั้นได้นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงจนได้ต้นแบบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุปและ วิเคราะห์

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วย Arduino วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) IOC และค่าร้อยละ

2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

2.2 แบบทดสอบประสิทธิภาพระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

2.3 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากร คือ ประชาชนในชุมชนที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้า และมีความสนใจในระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติ จำนวน 214 คน

3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนในชุมชนที่มีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ จำนวน 35 คน โดยกลุ่มตัวอย่างนี้ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจงและใช้การกำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างตามแนวทางของ (บุญชม ศรีสะอาด. 2560)

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน (แอนเดอร์สัน, ลิเคิร์ทสเกล: 2541) ดังนี้

4.21 – 5.00 หมายถึงระดับความคิดเห็นมากที่สุด

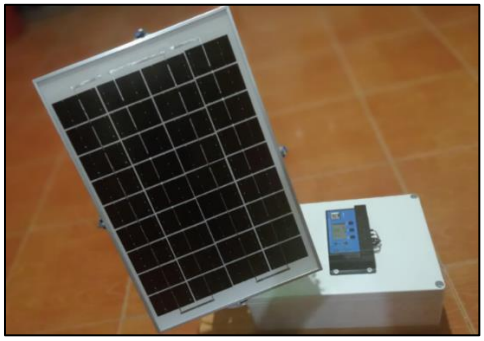
3.41 – 4.20 หมายถึงระดับความคิดเห็นมาก

2.61 – 3.40 หมายถึงระดับความคิดเห็นปานกลาง
1.81 – 2.60 หมายถึงระดับความคิดเห็นน้อย
1.00 – 1.80 หมายถึงระดับความคิดเห็นน้อยที่สุด

ผลการวิจัย

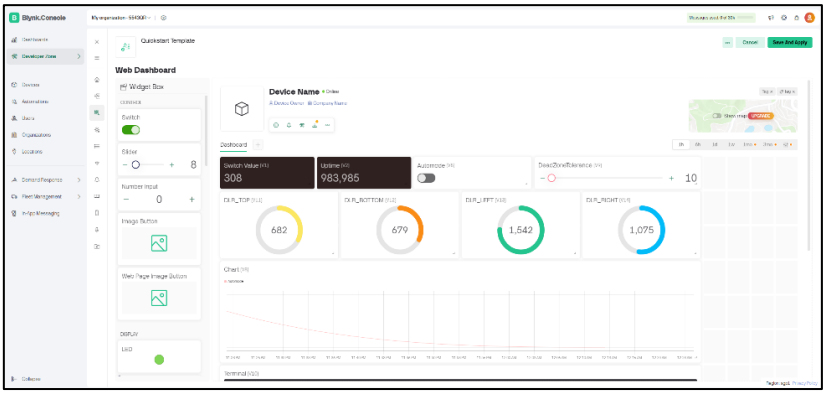
1. ผลการพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบ ติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วย Arduino เพื่อแก้ปัญหาแผงโซลาร์เซลล์แบบคงที่ที่ไม่สามารถปรับมุมตามดวงอาทิตย์ได้ โดยออกแบบให้ระบบสามารถ ติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติและควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงาน ระบบนี้ใช้ เซ็นเซอร์ LDR และเซอร์โวมอเตอร์ ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแผงโซลาร์เซลล์ พร้อมเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่าน ESP8266 Wi-Fi Module เพื่อให้สามารถตรวจสอบและควบคุมระบบจากระยะไกล ขอบเขตการทำงานของระบบประกอบด้วย การตรวจจับแสงอาทิตย์ การควบคุมมุมแผงโซลาร์เซลล์ การแสดงผลค่าความเข้มแสงและทิศทางแสงผ่านแอปพลิเคชัน Blynk และการควบคุมแบบ Manual ผ่านแอปพลิเคชันและ IR Remote โดยผู้ใช้สามารถปรับมุมแผงแบบ Manual หรือเลือกโหมด Auto ได้ผ่านเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน ระบบสามารถส่งค่าจากเซ็นเซอร์ LDR ไปยัง Arduino และแสดงผลค่าพลังงานที่ผลิตได้แบบเรียลไทม์นอกจากนี้ระบบสามารถแจ้งเตือนสถานะการทำงานผ่าน แดชบอร์ดของแอปพลิเคชัน Blynk เช่น กรณีการเชื่อมต่อขัดข้องหรือเซ็นเซอร์ทำงานผิดพลาด เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามและควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพดังภาพที่3และ4



ภาพที่ 2 ระบบฯ

ภาพที่ 3 แอปพลิเคชันแสดงผลและควบคุมระบบฯ



ภาพที่ 4 หน้าเว็บไซต์แสดงผลและควบคุมระบบฯ

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์และความแม่นยำในระบบฯ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์และความแม่นยำในระบบฯ

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ผลการทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ความแม่นยำ	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
หมายเหตุ	การทำงานของระบบปกติและมีความแม่นยำในการตรวจจับแสงอาทิตย์									

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์และความแม่นยำในระบบฯ พบว่า ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์และความแม่นยำในระบบ จำนวน 10 ครั้ง พบว่าพบว่าอุปกรณ์ในระบบ สามารถใช้งานได้ตามปกติ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างระบบฯ กับเว็บแอปพลิเคชัน

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ผลการทำงาน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
หมายเหตุ	การทำงานของระบบปกติ									

จากตารางที่ 2 ผลจากการทำสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ จำนวน 10 ครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างระบบฯกับเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าอุปกรณ์ในระบบ สามารถใช้งานได้ตามปกติ

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด

ผู้วิจัยดำเนินการสอบถามความพึงพอใจระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ดของนักศึกษาที่มีต่อระบบฯ ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน หลักจากนำระบบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเสร็จสิ้น จากนั้นนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบฯ

รายการ	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับความคิดเห็น**
1. ระบบสามารถปรับมุมของแผงโซลาร์เซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	4.51	0.66	มากที่สุด
2. การออกแบบระบบมีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.46	0.66	มากที่สุด
3. ข้อความ	4.49	0.61	มากที่สุด
4. ระบบสามารถทำงานอัตโนมัติตามความเข้มของแสง	4.57	0.50	มากที่สุด
5. รีโมตคอนโทรลและแอปพลิเคชันทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ	4.54	0.61	มากที่สุด
6. แผงโซลาร์เซลล์ในระบบสามารถรองรับสภาพอากาศที่แตกต่างกันได้ดี	4.17	0.79	มาก
7. ระบบสามารถปรับการเคลื่อนไหวของมอเตอร์ได้แม่นยำตามต้องการ	4.43	0.61	มากที่สุด
8. ระบบมีความเสถียรในการทำงานต่อเนื่อง	4.54	0.51	มากที่สุด
9. การใช้เซ็นเซอร์แสงสามารถตรวจจับความเข้มของแสงได้อย่างแม่นยำ	4.14	0.85	มาก
10. ระบบสามารถตอบสนองต่อสภาพการใช้งานได้จริง	3.97	0.71	มาก
โดยรวม	**4.38**	**0.11**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.38, S.D. = 0.11) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความพึงพอใจเกี่ยวกับ ระบบสามารถทำงานอัตโนมัติตาม

ความเข้มของแสงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.57, S.D. = 0.50) รองลงมา คือ ความพึงพอใจเกี่ยวกับระบบสามารถทำงานอัตโนมัติตามความเข้มของแสงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.57, S.D. = 0.50) และความพึงพอใจเกี่ยวกับการตอบสนองต่อสภาพการใช้งานได้จริง ($\bar{X}$ =3.97, S.D. = 0.71) อยู่ในระดับมาก

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลจากการสร้างระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด สามารถดำเนินการติดตามแสงอาทิตย์โดยอัตโนมัติ เพื่อปรับมุมของแผงโซลาร์เซลล์ให้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ได้สูงสุด ทำให้การผลิตพลังงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานที่อาจเกิดจากการตั้งมุมคงที่ ระบบยังรองรับการควบคุมผ่านรีโมตคอนโทรลหรือแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน ทำให้สะดวกต่อผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุชาติ ดุมนิล, (2566) การพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินระดับความเหมาะสมของระบบงานมีความสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานกับการพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด ได้เป็นอย่างดี

2. ผลการทดลองใช้ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด พบว่า นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของระบบติดตามแสงอาทิตย์และการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงเพิ่มขึ้น และมีความพึงใจต่อระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบที่สามารถปรับมุมแผงโซลาร์เซลล์อัตโนมัติตามทิศทางของแสงแดด และสามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ได้อย่างสะดวก จึงส่งผลให้การใช้งานมีความยืดหยุ่น และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ กฤดิกร แก้ววงศ์ศรี, และคณะ. (2566). ได้วิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์: กรณีศึกษาระบบรดน้ำอัตโนมัติ. พบว่าการใช้เทคโนโลยี IoT ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบอัตโนมัติ โดยระบบสามารถปรับการทำงานของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับค่าที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ ซึ่งในกรณีของระบบรดน้ำอัตโนมัติ พบว่า ระบบสามารถสั่งการให้รดน้ำเมื่อค่าความชื้นลดลงต่ำกว่าที่กำหนด และหยุดทำงานเมื่อค่าความชื้นถึงระดับที่เหมาะสม นอกจากนี้ระบบยังสามารถควบคุมผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ได้แบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและสั่งการได้อย่างสะดวกจากระยะไกล

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด จำกัด ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.38 , S.D. = 0.11) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วันดี พัดแก้วและคณะและคณะ, (2566) การออกแบบและศึกษาระบบรดน้ำต้นกระบองเพชรอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์ โดยพบว่า จากการทดสอบระบบและสอบถามความพึงพอใจ ผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนเฉลี่ยด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลอยู่ที่ 4.22 อยู่ในเกณฑ์ดีมาก คุณภาพของตัวระบบอยู่ที่ 4.83 อยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด และการทำงานตามฟังก์ชันการทำงานอยู่ที่ 4.60 อยู่ในเกณฑ์ดีมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้น การพัฒนาระบบติดตามแสงอาทิตย์อัตโนมัติด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบโอเพนซอร์สและแพลตฟอร์มคลาวด์สำหรับไอโอทีแบบกึ่งไร้โค้ด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปรับมุมของแผงโซลาร์เซลล์ให้สามารถรับแสงได้อย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตามอัลกอริทึมการติดตามแสงให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้นสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามพัฒนาการทางเทคโนโลยี รวมถึงเพิ่มเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อให้ระบบสามารถวิเคราะห์และปรับตัวตามสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

กฤดิกร แก้ววงศ์ศรี, หทัยรัตน์ บุญเนตร, กิตติศักดิ์ ทวีสินโสภา, สิทธิศักดิ์ โรจชะยะ,วิรุฬห์ จีนเดิม, และสิทธิกร ดำเกาะ. (2566). *การประยุกต์ใช้อินเตอร์เน็ตออฟติงร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์: กรณีศึกษาระบบรดน้ำอัตโนมัติ.* วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 23(1), 1–16.https://li02.tci-thaijo.org/index.php/adscij/article/view/551/336

บริษัท โซลาร์ เพาเวอร์ ครีเอชั่น จำกัด. (6 กรกฎาคม 2565). *ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพแผงโซล่าเซลล์.* https://www.powercreation.co.th/ประสิทธิภาพของแผงโซล่าเซลล์

โซลาร์เอดจ์. (5 พฤศจิกายน 2566) *โซล่าร์ 2.0: ซอฟต์แวร์อัจฉริยะปูทางสู่การปฏิวัติพลังงานแสงอาทิตย์ยุคใหม่.* https://www.solaredge.com/th/solaredge-blog/solar-2.0s

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น

บริษัท ยูเอซี โกลบอล จำกัด (มหาชน). (23 สิงหาคม 2564). *พลังงานแสงอาทิตย์.* https://www.uac.co.th/th/knowledge-sharing/341/solar-energy

วันดี พัดแก้ว, ทรงพล ครุฑอินทร์, วราภรณ์ วโรรส, และอามิณฑ์ หล้าวงศ์. (2566). *การศึกษาและออกแบบระบบรดน้ำต้นกระบองเพชรอัตโนมัติพลังงานแสงอาทิตย์.* วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 1(1), 23–33. https://doi.org/10.14456/jeit.2023.8

สุชาติ ดุมนิล. (2566). *การพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ.* วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 7(2), 80-92. https://doi.org/10.14456/journalindus.2022.14