

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบ โดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

สรายุพงศ์ หนูยิ้มซ้าย¹ ธนยพร ชูแก้ว² ธนกร พันธุ์เลิศ³ จิรวรรณ ฉิมลี⁴

บัณฑิตา ภูทรัพย์มี โปณะทอง⁵ สุธาพร เกตุพันธ์^{6*}

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย^{1 2 3 4}

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย^{5 6*}

อีเมล: Sutaporn.g@rmutsv.ac.th^{6*}

วันที่รับบทความ 22 สิงหาคม 2567

วันแก้ไขบทความ 28 กุมภาพันธ์ 2568

วันที่ตอบรับบทความ 28 มีนาคม 2568

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ระบบสามารถควบคุมได้ 2 ทาง คือ ควบคุมผ่านหน้าตู้ระบบรับคำสั่งจากการกดแป้นคีย์แพด และควบคุมออนไลน์โดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk การทำงานของระบบสามารถตั้งค่าการทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ 1.ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติ โดยการตั้งค่า 2 ปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการอบ และอุณหภูมิการอบ 2.ระบบสามารถเปิดหรือปิดอุปกรณ์ด้วยมือตามความต้องการของผู้ใช้ ในการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arduino รุ่น NodeMCU ESP8266 เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยมีสวิสซ์ในการควบคุมการเปิดหรือปิดของระบบ ซึ่งผลจากการทดลองประเมินประสิทธิภาพการนำไปใช้งานพบว่าตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนสามารถอบแห้งได้เร็วกว่าระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์ 1.02 เท่า ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตปรับปรุงคุณภาพของการอบและผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น รวมถึงการควบคุมระบบการเปิดหรือปิดโดยใช้ระบบอัตโนมัติทำให้สะดวกมากขึ้น

คำสำคัญ : ระบบควบคุมอัตโนมัติ ตู้อบแห้ง เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน



Development of an Online Automatic Control System for Incubators using Infrared Technology in Combination with Hot Air

Saranpong Nooyimsai¹, Tanyaporn Chookeaw², Thanakorn Phanloed³, Jirawat Chimlee⁴,
Banthita Poosabmee Ponatong⁵, Sutaporn Getpun^{6*}

Department of Information Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Srivijaya^{1, 2, 3, 4}

Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Srivijaya^{5, 6*}

E – mail: Sutaporn.g@rmutsv.ac.th^{6*}

Received 22 August 2024

Revised 28 February 2025

Accepted 28 March 2025

Abstract

This research is developing an online automatic control system for incubators using infrared techniques combined with hot air. The system can be controlled in two ways: through the kiosk, where the system receives commands from the keypad, and online using the Blynk application. 2 forms: 1. The system can be operated automatically by setting 2 factors, namely the baking time and the baking temperature. 2. The system can turn on or off the device manually according to the user's requirements. In the design, an Arduino microcontroller NodeMCU ESP8266 is applied to connect to the Internet, with the Swiss to control the system's on/off. The results of the experiment to evaluate the efficiency of the application showed that the incubator using infrared technology combined with hot air can dry 1.02 times faster than the previous system with sunlight. It can help increase production efficiency, improve the quality of baking and products, and control the opening or closing system using automation, making it more convenient.

Keywords: Automatic control system, Drying cabinet, Infrared technology combined with hot air

1. บทนำ

เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT) เป็นเทคโนโลยีที่อำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับระบบคลาวด์ ซึ่งทำงานด้วยการรวบรวมข้อมูลและแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real time) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต การแพทย์ พลังงาน โลจิสติกส์และการขนส่ง สิ่งก่อสร้าง ตลอดจนการเกษตร (Mouha, R.A., 2021) การนำระบบควบคุมอัตโนมัติ IoT มาช่วยทางการเกษตรเพื่อสนับสนุนเทคโนโลยีที่ทันสมัยแก่เกษตรกรทันต่อการพัฒนาอย่างรวดเร็ว อีกทั้งผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการนำ IoT มาใช้ทางการเกษตรเพื่อช่วยปรับปรุงการใช้ทรัพยากร ลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไร ตลอดจนการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Vaishnavi, P., 2024) การนำระบบควบคุมอัตโนมัติ IOT มาประยุกต์ใช้ทางการเกษตรส่วนหนึ่งเพื่อควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อผลผลิตให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ที่เหมาะสม สอดคล้องกับ อกัญญา และคณะ (2565) พัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อควบคุมความชื้น อุณหภูมิ อีกทั้งลดปัญหาการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และการรบกวนจากแมลง ซึ่งกระจายความร้อนภายในตู้อบด้วยหลอดไฟ เช่นเดียวกับ ชยางกูร และคณะ (2564) ตู้อบอาศัยกระบวนการลดความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา และเมื่อมีการนำระบบควบคุมอัตโนมัติ IoT มาประยุกต์ใช้ในตู้อบเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบแห้ง เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิ ความร้อน และความชื้นให้เหมาะสม และมีการแจ้งเตือนข้อมูลต่าง ๆ แบบเรียลไทม์ อีกทั้งยังสามารถตรวจสอบ เพิ่มลด อุณหภูมิ ความร้อน และความชื้นเมื่อจำเป็นผ่านสมาร์ทโฟนอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน (Joel, I. M., 2023)

ผลผลิตทางการเกษตรต้องการการแปรรูปเพื่อให้สามารถเก็บผลผลิตได้ระยะเวลานานขึ้น โดยผ่านกระบวนการอบ โดยในงานวิจัยนี้ทดสอบอบผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบผลไม้ด้วยระบบอัตโนมัติออนไลน์สำหรับควบคุมตู้อบที่ใช้รังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน ซึ่งการทำงานของระบบสามารถตั้งค่าการทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ 1.ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติ โดยการตั้งค่า 2 ปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการอบ และอุณหภูมิการอบ 2.ระบบสามารถเปิดหรือปิดอุปกรณ์ด้วยมือตามความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังมีการแจ้งเตือนข้อความการทำงานไปยังแอปพลิเคชัน Line เพื่อเพิ่มความสะดวกในการควบคุมระบบให้กับเกษตรกร

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อสร้างระบบควบคุมตู้อบอัตโนมัติแบบออนไลน์
- 2.2 เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมตู้อบอัตโนมัติแบบออนไลน์

3. วิธีการวิจัย

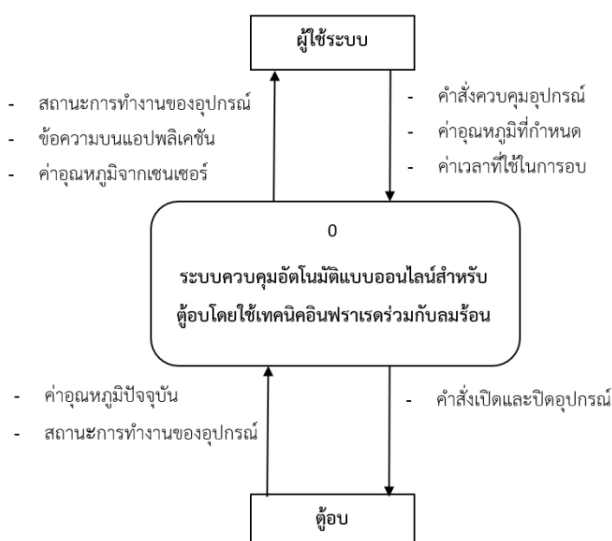
ผู้วิจัยได้แบ่งวิธีการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา และขั้นตอนการออกแบบระบบ เพื่อให้ได้ระบบที่สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ

3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับการอบแห้ง พบว่าการเตรียมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการอบแห้งเป็นสิ่งที่สำคัญ อีกทั้งยังมีการกำหนดค่าควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบได้ตามค่าที่กำหนดไว้ควบคุมการอบได้ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้โดยอัตโนมัติ อุณหภูมิของตู้ให้เหมาะสมเพื่อให้กระบวนการอบแห้งเป็นไปอย่างดีที่สุด โดยปัจจัยที่สำคัญในการอบแห้ง ได้แก่ ระยะเวลาในการอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงความชื้น การแห้งของผลิตภัณฑ์ และอุณหภูมิ ทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะสร้างการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยภายในตู้อบประกอบด้วยฮีสเตอร์ขนาด 650 วัตต์ จำนวน 6 หลอด พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถทำงานได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การทำงานแบบอัตโนมัติตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า และระบบยังมีการทำงานที่เป็นแบบออนไลน์ และแบบออนไลน์ที่สามารถควบคุมสั่งการด้วยโทรศัพท์มือถือแบบสมาร์ทโฟน และแบบ

กดผ่านคีย์แพดหน้าตู้ควบคุมระบบ อีกทั้งยังมีการแจ้งเตือนข้อความการทำงานไปยังแอปพลิเคชัน Line เพื่อเพิ่มความสะดวกในการควบคุมระบบให้กับผู้ใช้งาน

3.2 ขั้นตอนการออกแบบระบบ การออกแบบระบบเป็นกระบวนการที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นในระบบและการเคลื่อนที่ของข้อมูลจากที่หนึ่งไปอีกยังที่หนึ่งซึ่งการออกแบบนี้มีผู้วิจัยได้เลือกวิธีการออกแบบโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (DFD : Data Flow Diagram) ดังนี้

3.2.1 แผนภาพบริบท (Context Diagram) แผนภาพบริบทแสดงให้เห็นถึงข้อมูลโดยรวมระบบว่าได้รับข้อมูลจากที่ใดมีการติดต่อกันระหว่างระบบอย่างไร และระบบมีความเกี่ยวข้องกับส่วนใดบ้างในการออกแบบเพื่อให้เห็นภาพรวมของระบบและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างของระบบผู้วิจัยจึงจัดทำแผนภาพบริบท แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 1 แผนภาพบริบทของระบบ

จากรูปที่ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับระบบโดยที่ผู้ใช้สามารถใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยการสั่งงานผ่านปุ่ม Keypad ให้แสดงผ่านจอ LCD จากนั้นระบบจะสั่งการให้ไปควบคุมปุ่มที่รับคำสั่งในการทำงานของระบบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การเปิด-ปิดฮีตเตอร์ การเปิด-ปิดอินฟราเรด การควบคุมโบลเวอร์ให้เหมาะสมต่อการอบแห้ง

3.2.2 การวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของระบบ

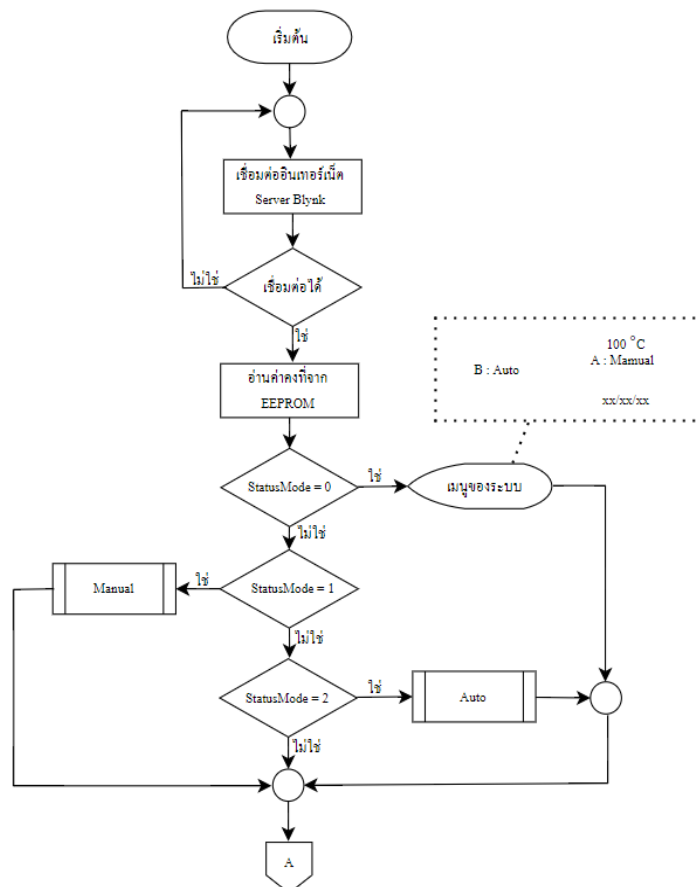
ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการศึกษามาทำการวิเคราะห์ถึงปัญหาและกระบวนการทำงานของระบบโดยวิเคราะห์ปัญหาและออกแบบขั้นตอนการทำงานของระบบในส่วนต่าง ๆ เพื่ออธิบายขั้นตอนกระบวนการทำงานของระบบได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ขั้นตอนการทำงานของระบบต่าง ๆ ถูกออกแบบเป็นผังงานผังงาน Flow chart คือรูปภาพ Image หรือ สัญลักษณ์ Symbol ที่ใช้แทนขั้นตอน คำอธิบายข้อความ หรือคำพูดที่ใช้อัลกอริทึม เพื่อเสนอขั้นตอนของระบบให้เข้าใจตรงกัน โดยใช้ผังงานขั้นตอนการทำงานจำนวน 3 ผังงาน ได้แก่ ผังงานขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม (System Flowchart) ผังงานการทำงานของโหมดกำหนดเอง (Manual Mode) และผังงานการทำงานของโหมดอัตโนมัติ (Auto Mode)

3.2.2.1 ผังงานขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวมที่บอร์ด (Esp8266) ผังงานขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวมเป็นการอธิบายถึงการทำงานของโปรแกรมเมื่อเริ่มเปิดใช้งานระบบว่ามีขั้นตอนหลักเป็นอย่างไร การตรวจสอบเงื่อนไข และปุ่มกดในการควบคุมระบบมีกี่เงื่อนไข แสดงได้ดังรูปที่ 2 ผังงานขั้นตอนการทำงานของ

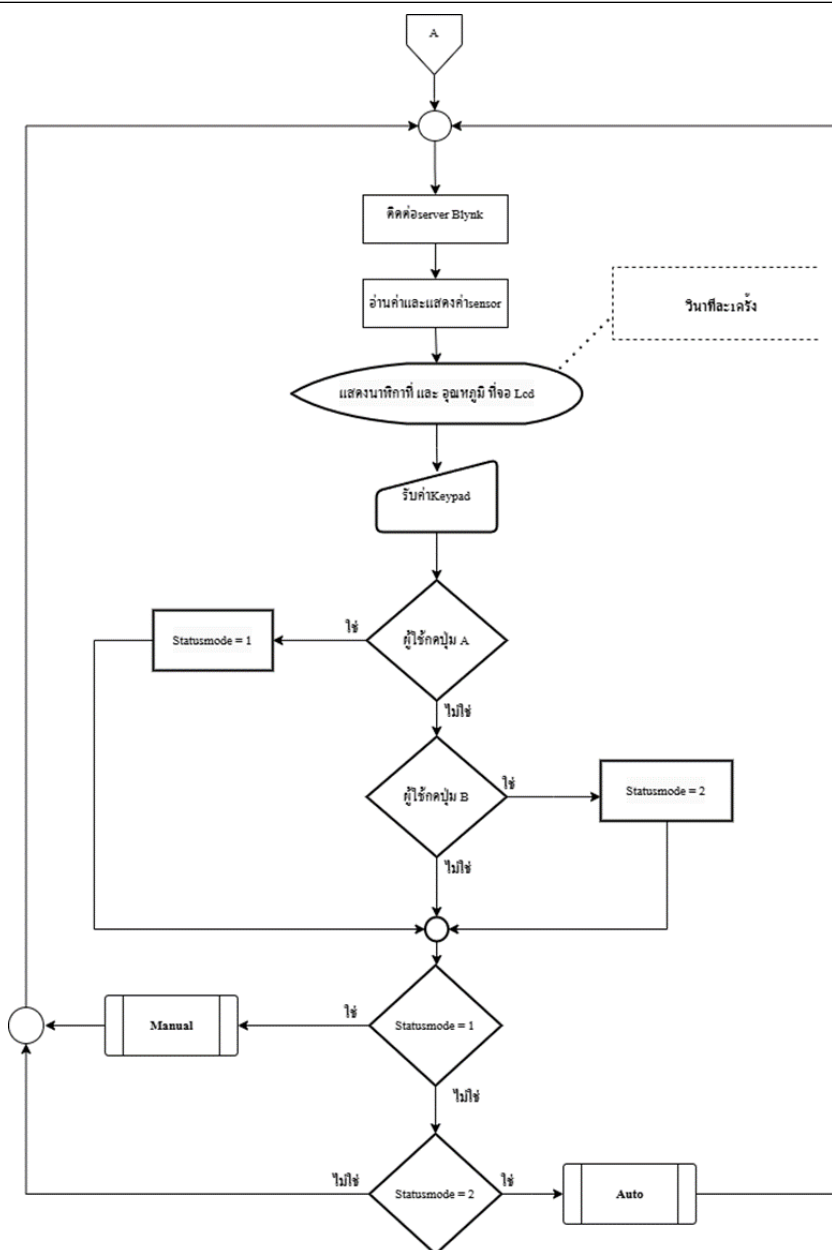
ระบบโดย เริ่มต้นระบบการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและ Server Blynk หากอินเทอร์เน็ตมีปัญหา ระบบจะทำการเชื่อมต่อไปเรื่อย ๆ จนกว่าระบบจะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ เมื่อมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตระบบก็จะอ่านค่าคงที่จาก EEPROM ว่ามีการทำงานค้างอยู่หรือไม่ ถ้าระบบทำงานค้างอยู่ จะเริ่มทำงานจากโหมดที่ค้างอยู่ หากไม่มีการทำงานค้างอยู่ระบบจะรอรับค่าจาก Keypad เพื่อเข้าสู่เมนูการทำงานต่าง ๆ โดยกด A เพื่อเข้าสู่โหมดกำหนดเอง และกด B เพื่อเข้าสู่โหมดอัตโนมัติ

3.2.2.2 ฟังก์ชันการทำงานของโหมดกำหนดเอง (Manual Mode) ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโหมดควบคุมด้วยตนเอง เป็นส่วนของโปรแกรมสำหรับการทำงานที่ผู้ใช้เปิด-ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเองจากการกดปุ่มที่ Keypad หรือสั่งงานจาก Application Blynk ซึ่งการทำงานของโปรแกรม ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของโหมดกำหนดเอง โดยระบบจะทำงานจากการที่ผู้ใช้เป็นคนสั่งเปิดหรือปิดผ่านทาง Keypad เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม "D" เพื่อออกจากระบบก็จะส่งสัญญาณให้ Application Blynk และปิดอุปกรณ์ทั้งหมดเพื่อเข้าหน้าเมนูหลัก และสิ้นสุดการทำงานในโหมดกำหนดเอง

3.2.2.3 ฟังก์ชันการทำงานของโหมดอัตโนมัติ (Auto Mode) ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของระบบแบบอัตโนมัติ เป็นส่วนของการทำงานตามเงื่อนไขที่กำหนด ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของโหมดอัตโนมัติ จะแสดงผลค่าอุณหภูมิ และเวลาปัจจุบัน ผ่านทางจอ LCD โดยระบบจะทำงานตามค่าเวลาตามที่กำหนดไว้ และเมื่อผู้ใช้กดปุ่ม "B" ระบบก็จะเริ่มทำงานแบบอัตโนมัติ และส่งค่าไปยัง Blynk เมื่อผู้ใช้กดปุ่ม "D" ระบบก็จะปิดอุปกรณ์ทั้งหมด และ LCD ก็แสดงผลเป็นหน้าเมนูหลัก เป็นการสิ้นสุดการทำงานในโหมดอัตโนมัติ



รูปที่ 2 ฟังก์ชันขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม



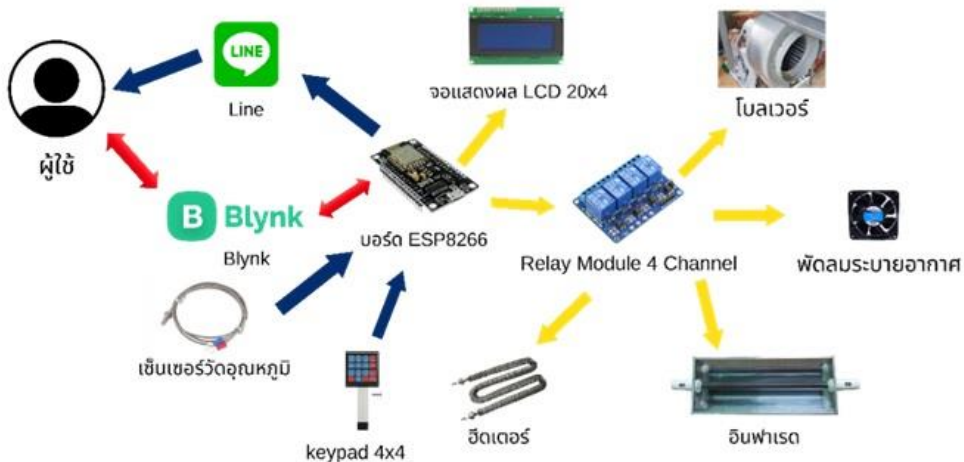
รูปที่ 2 ผังงานขั้นตอนการทำงานของระบบโดยรวม (ต่อ)

4. ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบงานเพื่อสร้างระบบให้สามารถทำงานได้ตามขอบเขตที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ โดยในการออกแบบใน 2 ส่วน ด้วยกันคือ การออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้องเพื่อควบคุมอุปกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ อีกส่วนคือการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ ซึ่งเป็นการออกแบบลำดับการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงาน และสั่งการอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ได้อย่างถูกต้องตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีรายละเอียดทั้ง 3 ส่วน ได้แก่ การออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์ การออกแบบระบบทางด้านซอฟต์แวร์ และการนำระบบไปใช้งาน

4.1 ผลการออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์

การวิเคราะห์ระบบตามขอบเขตที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์ โดยใช้บอร์ด ESP8266 เป็นตัวประมวลผลกลางโดยมีอินพุตที่นำมาเชื่อมต่อได้แก่ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ที่จะส่งค่าอุณหภูมิออกมาเป็นองศาเซลเซียส ผ่านทางแอปพลิเคชัน Blynk และ Keypad 4x4 สำหรับรับคำสั่งจากผู้ใช้งาน ระบบ และในส่วนของอุปกรณ์ทางด้านเอาต์พุตได้แก่ แผงวงจร Relay 4 Channel จอแสดงผล LCD โบลเวอร์ ฮีตเตอร์ ทำความร้อน พัฒนาระบายความอากาศ และ อินฟราเรดแสดงได้ดังรูปที่ 3



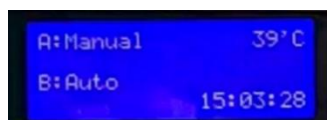
รูปที่ 3 โครงสร้างระบบทางด้านฮาร์ดแวร์

4.2 ผลการออกแบบระบบทางด้านซอฟต์แวร์

ขั้นตอนของการออกแบบระบบทางด้านซอฟต์แวร์ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีการทำงานใน 2 รูปแบบ คือ แบบอัตโนมัติ และแบบผู้ใช้งานกำหนดเอง การออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ผู้วิจัยได้ทำการ ออกแบบตัวโปรแกรมและหน้าจอแสดงผลโดย มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 หน้าจอแสดงข้อความเริ่มต้นระบบ

หน้าจอเลือกการทำงานของระบบ รูปที่ 4 (ก) แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ Auto สำหรับเลือกการทำงานแบบอัตโนมัติ และ Manual สำหรับการเลือกการทำงานแบบผู้ใช้งานกำหนดเอง โดยสามารถเขียนคำสั่งการทำงานของระบบ แสดงได้ดังรูปที่ 4 (ข) คำสั่งโปรแกรมหน้าเมนูหลักของระบบ แสดงผลออกทำงานหน้าจอ LCD คำว่า A: Manual และ B:Auto รวมถึงมีการเรียกใช้งานตัวอ่านอุณหภูมิและนาฬิกาเพื่อแสดงบนหน้าจอ



(ก) หน้าจอเลือกทำงานของระบบ

```
void Menu() {
    StatusMode = 0;
    EEPROM.write(0, StatusMode);
    EEPROM.commit();

    ClockDisplay();
    ReadSensor();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("A:Manual");
    lcd.setCursor(11, 0);
    lcd.print("B:Auto");
} //End menu
```

(ข) คำสั่งการทำงานของระบบ

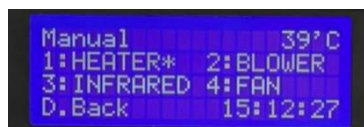
รูปที่ 4 หน้าจอแสดงข้อความเริ่มต้นระบบ

4.2.2 หน้าจอการเลือกโหมด

หน้าจอแสดงผลนี้จะแสดงตัวเลือกในการทำงานโหมด Auto แสดงได้ดังรูปที่ 5 (ก) และหน้าจอแสดงผลนี้จะแสดงตัวเลือกในการทำงานโหมด Manual แสดงได้ดังรูปที่ 5 (ข)



(ก) หน้าจอการทำงานโหมด Auto

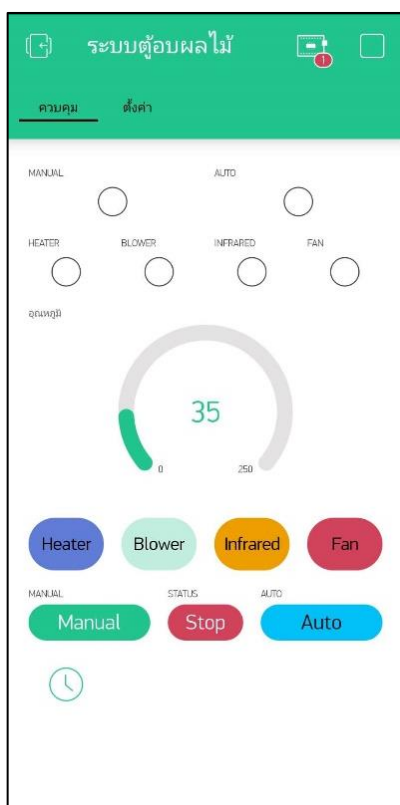


(ข) หน้าจอการทำงานโหมด Manual

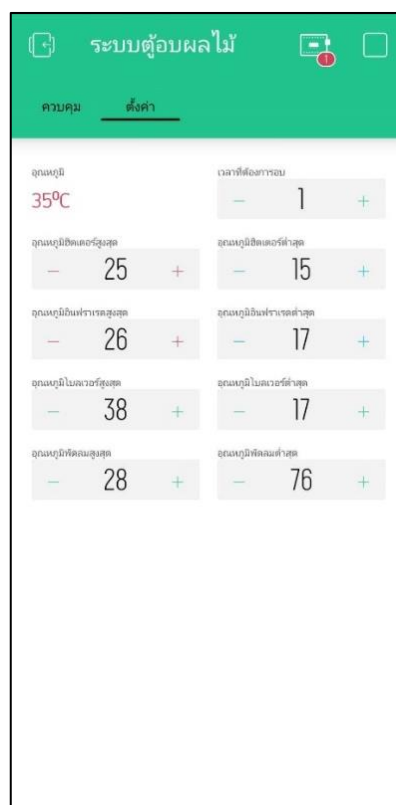
รูปที่ 5 หน้าจอการเลือกโหมด

4.2.3 หน้าต่างของแอปพลิเคชัน Blynk สำหรับสั่งงานของระบบแบบออนไลน์

ทางผู้วิจัยได้ใช้แอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้สะดวกของการสั่งงานต่าง ๆ ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการทำงานตามความต้องการใช้งาน แสดงได้ดังรูปที่ 6 (ก) การทำงานของหน้าจอโหมดต่าง ๆ แสดงอุณหภูมิ และความชื้น หลอด LED แสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ โหมดและ อุปกรณ์ต่าง ๆ สังเกตการทำงานของโหมดหรืออุปกรณ์กำลังทำงานอยู่ในปัจจุบัน และสามารถตั้งค่าช่วงของอุณหภูมิการอบและเวลาการอบได้ หน้าจอแอป Blynk แสดงได้ดังรูปที่ 6 (ข)



(ก) ควบคุมระบบหน้าหลัก



(ข) ควบคุมตั้งค่าอุณหภูมิและเวลา

รูปที่ 6 หน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk

4.3 ผลการทดลองการใช้งานระบบ

สำหรับการทดลองการใช้งานระบบผู้วิจัยได้ทำการนำตู้ควบคุมระบบไปทดลองระบบอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่างก็คือ ฮีตเตอร์ พัดลม โบลเวอร์ อินฟราเรด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้บันทึกการทำงานของระบบอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่างทั้งหมด 2 ครั้ง ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 บันทึกข้อมูลการใช้งานระบบครั้งที่ 1

การทดสอบการใช้งานระบบครั้งที่ 1							
รอบที่	การทำงานโหมด			อุณหภูมิ (°C)	เซนเซอร์ วัดอุณหภูมิ	การแจ้งเตือน ผ่าน Line	ปัญหาที่พบ
	Auto	Manual	ระบบทั้งหมด				
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	36	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
3	ไม่ปกติ	ปกติ	ไลน์ไม่แจ้งเตือน	39	ปกติ	ไม่ปกติ	ไลน์ไม่แจ้งเตือน
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
7	ไม่ปกติ	ปกติ	ค่าเซนเซอร์ค้าง	39	ไม่ปกติ	ปกติ	ค่าเซนเซอร์ค้าง
8	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
9	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
10	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี

จากตารางที่ 1 การทดลองการใช้งานระบบครั้งที่ 1 จำนวน 10 รอบ พบปัญหา 2 รอบการทำงานได้แก่ รอบที่ 3 และ 7 โดยรอบการทำงานที่ 3 ระบบไม่มีการส่งข้อความแจ้งเตือนข้อความผ่านทางไลน์ ซึ่งทำการปรับปรุงการตรวจสอบระบบและการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ส่วนปัญหารอบการทำงานที่ 7 ค่าเซนเซอร์ค้าง ทำการตรวจสอบเช็คเซนเซอร์ พบว่าเซนเซอร์ที่ใช้ไม่ทนความร้อนจึงทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนเป็นเซนเซอร์ทนความร้อน ซึ่งพบว่าจากการทดลองการใช้งานระบบครั้งที่ 1 จำนวน 10 รอบ พบปัญหา 2 รอบการทำงาน (ร้อยละ 20.00) สถานะปกติ 8 รอบการทำงาน (ร้อยละ 80.00) ถือว่าระบบสามารถใช้งานได้อยู่ในเกณฑ์ดี จึงทำการปรับปรุงระบบแล้วทำการทดลองการใช้งานระบบครั้งที่ 2 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บันทึกข้อมูลการใช้งานระบบครั้งที่ 2

การทดสอบการใช้งานระบบครั้งที่ 2							
รอบที่	การทำงานโหมด			อุณหภูมิ (°C)	เซนเซอร์ วัดอุณหภูมิ	การแจ้งเตือน ผ่าน Line	ปัญหาที่พบ
	Auto	Manual	ระบบทั้งหมด				
1	ปกติ	ปกติ	ปกติ	36	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
2	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
3	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
4	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
5	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
6	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
7	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี

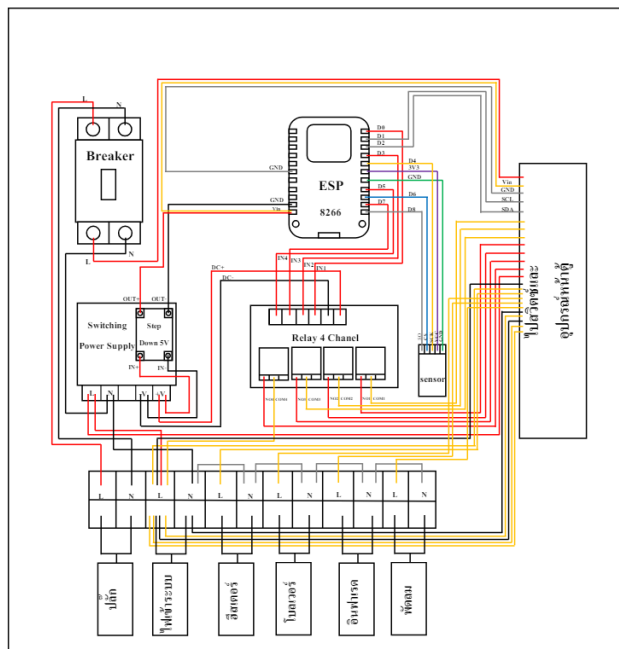
ตารางที่ 2 (ต่อ)

การทดสอบการใช้งานระบบครั้งที่ 2							
รอบที่	การทำงานโหมด			อุณหภูมิ (°C)	เซนเซอร์ วัดอุณหภูมิ	การแจ้งเตือน ผ่าน Line	ปัญหาที่พบ
	Auto	Manual	ระบบทั้งหมด				
8	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
9	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี
10	ปกติ	ปกติ	ปกติ	39	ปกติ	ปกติ	ไม่มี

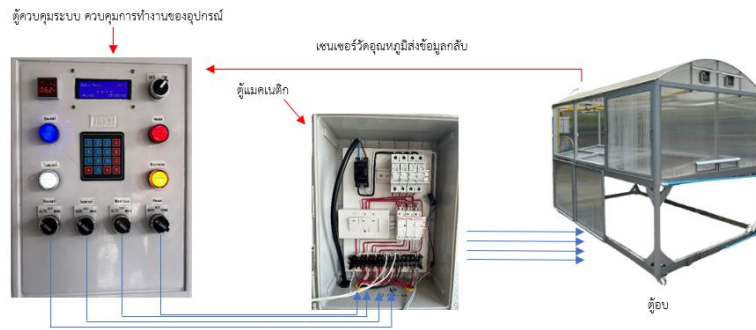
จากตารางที่ 2 การทดลองการใช้งานระบบครั้งที่ 2 จำนวน 10 รอบ พบสถานะการทำงานปกติ 10 รอบการทำงาน (ร้อยละ 100.00) ถือว่าระบบสามารถใช้งานได้อยู่ในเกณฑ์ดีมาก จึงนำไปใช้งานต่อไป

4.4 การนำระบบไปใช้งาน

การทำงานของตู้ควบคุมระบบจะประกอบไปด้วย LED แสดงผลแรงดันไฟ หน้าจอ LCD แสดงผลการทำงาน ไฟลวดแลมป์แสดงสถานะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ ส่วนสวิทช์ควบคุมจะมีสวิทช์แบบ 3 ทาง 4 ตัว เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว และมีสวิทช์แบบ 2 ทาง 1 ตัวเพื่อไว้เปิด-ปิดระบบ ส่วน Keypad ก็สามารถควบคุมการทำงานของระบบได้เช่นกัน ตู้ควบคุมระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์ภายในเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยมีผังการเชื่อมต่อสัญญาณ แสดงได้ดังรูปที่ 7 เมื่อทำการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์โดยการติดตั้งในตู้อปใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนดังรูปที่ 8 หลังจากนั้นทำการประเมินประสิทธิภาพโดยการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการรอบข้าวเกรียบผลไม้ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรด้วยการอบระบบเดิมและระบบที่ได้จากการออกแบบจำนวน 3 ชั่วโมง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตารางที่ 3 หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์สถิติความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการอบผลผลิตทางการเกษตรด้วย Paired t-Test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05



รูปที่ 7 ผังการเชื่อมต่อสายสัญญาณ



รูปที่ 8 การติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน

ตารางที่ 3 ระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้

ครั้งที่	ระยะเวลาในการอบข้าวเกรียบผลไม้ (นาที)	
	ระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์	ตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน
1	252.00	129.00
2	241.00	124.00
3	264.00	121.00
ค่าเฉลี่ย	252.33	124.67
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	11.50	4.04

จากตารางที่ 3 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้ด้วยระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์และตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนเท่ากับ 252.33, 124.67 นาที ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.50, 4.04 นาที ตามลำดับ ตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนสามารถอบแห้งได้เร็วกว่าระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์ 1.02 เท่า หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้ด้วย Paired t-Test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังรูปที่ 9

Paired T-Test: To (min), Tn (Min)				
	N	Mean	StDev	SE Mean
To	3	252.33	11.50	6.64
Tn	3	124.67	4.04	2.33
Difference	3	127.67	13.61	7.86
95% CI for mean difference: (93.85, 161.49)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 16.24 P-Value = 0.004				

รูปที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้

จากรูปที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างของระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้ด้วยระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์และตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนด้วยสถิติ Paired t-Test ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่า ค่า P-Value = 0.004 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าการอบข้าวเกรียบผลไม้ทั้งสองระบบส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

5. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ระบบควบคุมอัตโนมัติมีนิยมนำมาช่วยในการอำนวยความสะดวกทางการเกษตร สอดคล้องกับ ธนยศและคณะ (2564) ไพฑูรย์และคณะ (2564) ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์ (2566) สุธาทพร และคณะ (2567) Anil, K. D B., et al. (2023) Abdelmoneim, A. A., et al. (2023) ในงานวิจัยนี้พัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยภายในตู้อบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ 4 อย่าง ได้แก่ ฮีตเตอร์ โบลเวอร์ อินฟราเรด และพัดลม ระบบสามารถควบคุมได้ 2 ทาง คือ ควบคุมที่หน้าตู้ระบบรับคำสั่งจากการกดแป้นคีย์แพด และควบคุมออนไลน์โดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk การทำงานของระบบสามารถตั้งค่าการทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ 1. ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติ โดยการตั้งค่าด้วยระยะเวลาการอบและการตั้งค่าอุณหภูมิการอบ 2. ระบบสามารถเปิดหรือปิดอุปกรณ์ด้วยมือตามความต้องการของผู้ใช้ ในการออกแบบได้ประยุกต์ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Arduino รุ่น NodeMCU ESP8266 เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยมีสวิสซ์ในการควบคุมการเปิดหรือปิดของระบบ ซึ่งในการควบคุมระบบอัตโนมัติในผลผลิตทางการเกษตร มีความจำเป็นในการควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อผลผลิต เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น ปริมาณคว้น ความสว่าง ความชื้นของดิน (Oguz, F.E. et al, 2567) ตลอดจนระยะเวลา ซึ่งพิจารณาจากความเหมาะสมของผลผลิตทางการเกษตรแต่ละประเภท ซึ่งสอดคล้องกับฐาปนา เจริญพร (2564) Muthmainnah, M. et.al (2024) โดยในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาในส่วนของคุณสมบัติและระยะเวลาในการอบความกรอบผลไม้

การนำไปใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยการเปรียบเทียบการทำงานหลายระบบ สอดคล้องกับชยางกูร และคณะ (2564) ออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบ Internet of Things (IoT) โดยอาศัยความร้อนจากแสงอาทิตย์และหลอดไฟเซรามิก ส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และคณะ (2565) ทดสอบประสิทธิภาพตู้อบแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ IoT ใน 3 รูปแบบ ได้แก่ แสงอาทิตย์ หลอดไฟ และอบทั้ง 2 รูปแบบพร้อมกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการอบข้าวเกรียบผลไม้ซึ่งเป็นผลผลิตทางการเกษตรด้วยการอบระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์และระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์ผ่านตู้อบซึ่งอาศัยความร้อนจากหลอดอินฟราเรด เนื่องจากหลอดอินฟราเรดมีประสิทธิภาพในการทำความร้อนและลดความร้อนได้อย่างรวดเร็วและลักษณะภายนอกของผลผลิตทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปไม่เหี่ยวเหี่ยวจนเกินไป (ศรายุทธ เมาสี, 2564) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายในตู้อบความร้อนจะลอยขึ้นและพัดลมระบายอากาศจะอาศัยการพาความร้อนมาแทนที่ด้วยอากาศที่เย็นกว่า ซึ่งพบว่าระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สามารถอบแห้งได้เร็วกว่าระบบเดิมด้วยแสงอาทิตย์ 1.02 เท่า ช่วยลดระยะเวลาในการการอบข้าวเกรียบผลไม้ รวมถึงการควบคุมระบบการเปิดหรือปิดโดยใช้ระบบอัตโนมัติทำให้สะดวกมากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สำหรับตู้อบโดยใช้เทคนิคอินฟราเรดร่วมกับลมร้อน โดยอาศัยพลังงานจากโซลาร์เซลล์เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และการพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์การทำงานเมื่อระบบเปลี่ยนแปลงไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่อำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณผู้อุปถัมภ์ในการทดสอบระบบภายใต้ทุนวิจัยจากโครงการแพลตฟอร์มบริหารจัดการทรัพยากรผู้มีศักยภาพของกลุ่มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อปฏิรูประบบการพัฒนากำลังคนของประเทศ ประจำปีงบประมาณ 2566

เอกสารอ้างอิง

- ชยางกูร ไชยวงศ์, ธวัชไชย ลิ่มสุวรรณ, รวิวัฒน์ คำหวาน และ ศิวณัฐ เป็ดสุวรรณ. (2564, กรกฎาคม - ธันวาคม). การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบ IoT. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคใต้ 1*, 6(2), 66-74.
- ฐาปนา เจริญพร. (2564, มกราคม - มิถุนายน). ชุดทดลองเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 6(1), 36-46.
- ธนยศ อธิสริยวงศ์, โปษิน จันทนมังละ, ธนากร วงศ์อมเรศ และคณะ. (2564, กรกฎาคม - มิถุนายน). ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 13(25), 52-63.
- ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์. (2566, มกราคม-ธันวาคม). ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับฟาร์มอัจฉริยะ. *วารสารวิชาการโรงเรียนนายเรือ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 6(1), 64-75.
- ไพฑูรย์ ศรีนิล, ธารรัตน์ พงสุวรรณ, อุไรวรรณ บัวตุม และ สมิตร์ คุณเจตน์. (2564, กรกฎาคม - ธันวาคม). แอปพลิเคชันระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับการปลูกเมล่อนในโรงเรือน โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและการควบคุมฟuzzy. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง*, 30(2), 74-89.
- ศรายุทธ เมาฬี.** 2564. *ตู้อบแห้งพริกชี้ฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยรังสีอินฟราเรด*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุธาทพร เกตุพันธ์, ณปภัช ช่วยชูหนู, จริวรรณ จันทรงค์, ปิติพัฒน์ บุตรโคตร, พงษ์พันธ์ ราชภักดี, จิตติกร พรหมบรรจง และ บัณฑิตา ภูทรัพย์มี โปณะทอง. (2567, มกราคม - มิถุนายน). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพจากการเลี้ยงไก่พื้นเมืองด้วยต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะโดยใช้การวิเคราะห์เชิงโอบล้อมข้อมูล. *วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 21(1), 171-178.
- อภิญา สายศรีแก้ว, อัษฎา วรรณกายนต์, อภิชัย ไพโรสินธุ์ และ สุชาติ ดุมนิล. (2565, กรกฎาคม - ธันวาคม). การพัฒนาตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการแปรรูปอาหารควบคุมด้วยระบบ Internet of Things (IoT). *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 7(2), 42-52.
- Anil, K. D B., Doddabasappa, N., Bansilal, B., Anil, K. C S., Ganesh, R. & Madhu. (2023). IoT-based Water Harvesting, Moisture Monitoring, and Crop Monitoring System for Precision Agriculture. *International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*. Ballar, India. 1-6.
- Abdelmoneim, A. A., Khadra, R., Derardja, B. & Dragonetti, G. (2023). Internet of Things (IoT) for Soil Moisture Tensiometer Automation. *Micromachines*, 14(2), 263. <https://doi.org/10.3390/mi14020263>
- Joel, I. M., Michael, A. N., Alexander, R. G., Apple, R. B.A., Cris, A. M. E., Jewelane, V. R. & Jaafar, J. O. (2023). Optimizing Drying Efficiency Through an IoT-based Direct Solar Dryer System: Integration of Web Data Logger and SMS Notification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 14(7), 233 – 240. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0140726>
- Mouha, R.A. (2021). Internet of Things (IoT). *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 9, 77-101. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2021.92006>

- Muthmainnah, M., Mulyadi, M. F., Tazi, I., Mulyono, A., Hananto, F. S., Chamidah, N., & Kusairi. (2024). Development of an automated monitoring system for soil moisture and temperature in smart agriculture to enhance lettuce farming productivity based on IoT. *Multidisciplinary Science Journal*, 6(11), 2024233. <https://doi.org/10.31893/multiscience.2024233>
- Oguz, F.E., Ekersular, M.N., Sunnetci, K.M. and Alkan, A. (2024). Enabling Smart Agriculture: An IoT-Based Framework for Real-Time Monitoring and Analysis of Agricultural Data. *Agricultural Research*. <https://doi.org/10.1007/s40003-024-00705-x>
- Vaishnavi, P., Ramakrishna, V., Akula, K., Fatima, N., Saikrishna, K., Ganapathi, R. & Chhabra, S. (2024). An efficient agricultural data analysis based on IOT. *MATEC Web of Conferences* 392. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439201098>

คุณค่าทางวิชาการ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติแบบออนไลน์สามารถควบคุมได้ 2 ทาง คือ การควบคุมที่หน้าตู้ระบบรับคำสั่งจากการกดแป้นคีย์แพด และควบคุมออนไลน์โดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk การทำงานของระบบสามารถตั้งค่าการทำงานได้ 2 รูปแบบ คือ ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติ โดยการตั้งค่า 2 ปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการอบ และอุณหภูมิการอบ และระบบสามารถเปิดหรือปิดอุปกรณ์ด้วยมือตามความต้องการของผู้ใช้ สามารถนำระบบไปประยุกต์ติดตั้งกับเครื่องมืออื่น ๆ ได้ตามความเหมาะสม