

Received: December 7, 2022; Revised: February 1, 2023; Accepted: February 9, 2023

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที

Develop an environment control system for the Bhutan oyster mushroom
cultivation house by using the IoT embedded system

ธีรพงศ์ เพ็ญเนตร^{1*} คมทอง โยวะผุย¹ ชุศักดิ์ จารงจับ¹ ภาณุพงศ์ บุญรัมย์¹ อุดมเดช ทาระหอม¹
และปิยนุช วรบุตร²

Teerapong Pennate^{1*}, Komthong Yowaphui¹, Choosak Charangab¹, Panupong Boonrom¹,
Udomdet Tarahom¹ and Piyanoot Voraboot²

¹คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

¹Faculty of Education, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani Province

²คณะบริหารธุรกิจและการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

²Faculty of Business Administration and Management, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani Province

*Corresponding Author E-mail Address: teerapong34342@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที 2) เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตและรายได้จากการเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือน การทำงานของระบบมีการตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นจากเซนเซอร์ SHT20 โดยระบบมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ไม่เกิน 33 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิเกินกว่าที่กำหนด พัดลมระบายอากาศและระบบทำความเย็นก็จะทำงานเพื่อรักษาอุณหภูมิให้เหมาะสม ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ด โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ใช้วิธีการทดสอบระบบแบบ Black box testing ผลการวิจัย พบว่า 1) โรงเรือนเพาะปลูกเห็ดสามารถตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงสว่าง ทำให้โรงเรือนเพาะปลูกเห็ด มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกตลอดเวลาจากการประเมินหาประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ประสิทธิภาพในภาพรวมของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.50, S.D.=0.50) 2) ผลการศึกษาด้านต้นทุนการผลิตและรายได้จากการเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือน พบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน จะเริ่มมีกำไรจากการเพาะปลูก เมื่อเข้าเดือนที่ 3 และ เดือนที่ 4

คำสำคัญ: เห็ดนางรมภูฐาน โรงเรือนเพาะปลูก ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที

Abstract

This study aims 1) to develop an environment control system for the Bhutan oyster mushroom cultivation house by using the IoT embedded system 2) to study the production cost and income from Bhutan oyster mushroom cultivation that use environment control system by determine the efficiency of the mushroom cultivation house environment control system that use the embedded IoT. The system is checking temperature and humidity from SHT20 sensor, with the system controlling the temperature not exceeding 33 degrees celsius. The ventilator and cooling system will also work to maintain the optimum temperature. Using the black box testing method. The results of the research were as follows: 1) In order to development of mushroom cultivation cloud operation of sensors to detect temperature, humidity, air and light, it makes the mushroom cultivation house had a suitable environment for cultivation at all times. From the evaluation of the efficiency of the system, it was found that the overall efficiency of the system was at the highest level ($\bar{x}$ =4.50, S.D.=0.50). 2) The results of a study on production costs and income from Bhutan oyster mushroom cultivation that use the house environment control system, it was found that the house environment control system for the Bhutan oyster mushroom cultivation will get profit when entering the 3rd and 4th.

Keywords: Bhutan oyster mushroom, Cultivation house, IoT embedded system

บทนำ

ในอดีตเห็ดที่รับประทานกันทั่วไป จะเป็นเห็ดที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและเจริญเติบโตเฉพาะช่วงฤดูกาลเท่านั้น เมื่อมีผู้นิยมบริโภคกันมากขึ้น จึงทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่การเพาะเห็ดในเชิงการค้า เห็ดที่เพาะในเชิงการค้ามีหลายชนิด เช่น เห็ดฟาง เห็ดหูหนู เห็ดนางฟ้าหรือเห็ดนางรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เห็ดนางรมภูฐาน เป็นเห็ดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคทั่วไปในท้องตลาด เนื่องจากเห็ดนางรมมีประโยชน์และคุณค่าทางอาหารสูง รวมทั้งสามารถนำมาแปรรูปอาหารได้อย่างหลากหลาย เห็ดนางรมเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิระหว่าง 24-33 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 70-80 เปอร์เซ็นต์ (นวลศรี, 2561; Mohammed et al., 2018) เห็ดแต่ละชนิดมีวิธีการเพาะที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปผู้เพาะเห็ดจะนำถุงเชื้อที่ผลิตเองหรือซื้อมาไปเปิดดอกในโรงเรือนที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ ดังนั้น โรงเรือนจึงมีความสำคัญต่อการเพาะเห็ด เพราะจะต้องควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงสว่าง เห็ดจึงจะออกดอกและให้ผลผลิตได้ดี (วีรศักดิ์ และคณะ, 2561) ตลอดจนโรงเรือนจะต้องสามารถป้องกันโรค แมลง และไร หรือศัตรูของเห็ดได้ ดังนั้น การเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานให้มีคุณภาพดีและผลผลิตสูง ควรมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ในการทำโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานของเกษตรกรในปัจจุบัน เกษตรกรจะต้องสูญเสียเวลาในการรดน้ำในช่วงเช้า กลางวัน และเย็น เพื่อรักษาอุณหภูมิความชื้นในโรงเรือนให้มีความเหมาะสมและยังต้องคอยวัดอุณหภูมิและความชื้นอยู่อย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of things: IoT) เป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านั้นได้ทุกที่ทุกเวลา เช่น การเปิด-ปิดหลอดไฟ การเปิด-ปิดระบบน้ำ การรับค่าจากอุปกรณ์เซนเซอร์ (อรพรรณ, 2563) โดยผ่านสื่อกลางไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งเป็นชิปประมวลผลชนิดหนึ่งที่มีขนาดเล็กเปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมขา

Input / Output เพื่อสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ (สรรรค์, 2559) และนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การควบคุมระบบให้น้ำในแปลงผัก การควบคุมอุณหภูมิในโรงเรือน การฉีดน้ำสัปดาห์ไม่ในแปลงเกษตร

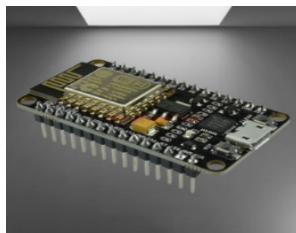
จากที่กล่าวมา จึงได้ทำการศึกษาการพัฒนาโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานแบบระบบปิด เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที และศึกษาต้นทุนการผลิตและรายได้จากการเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือน ซึ่งในการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานจะมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงสว่าง ที่มีความเหมาะสม เอื้อต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฐาน ทำให้ผู้ใช้งานลดเวลาการดูแลเห็ดและยังได้ผลผลิตจากการเพาะปลูกเห็ดที่มีคุณภาพและปริมาณสูง เป็นผลให้รายได้ของครัวเรือน ที่ทำการเพาะปลูกเห็ดเพิ่มมากขึ้น

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 คือ บอร์ด Arduino ที่สามารถเชื่อมต่อกับ Wi-Fi ได้ จึงทำให้เหมาะในการนำมาเขียนโค้ดคำสั่งลงไปในบอร์ด เพื่อทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในโรงเรือนเพาะเห็ด สามารถแสดงผลและใช้งานได้ เพียงมีการเชื่อมต่อกับ Wi-Fi แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 NodeMCU ESP8266

1.2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น SHT20

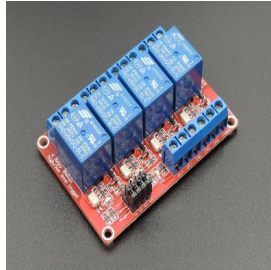
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น SHT20 วัดอุณหภูมิได้ -40 ถึง 125°C ค่าความแม่นยำ +/- 0.3°C วัดความชื้นได้ 0 ถึง 100% (Relative humidity) ใช้แรงดันไฟฟ้าได้ 3.3V ถึง 5V เชื่อมต่อแบบ I2C แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น SHT20

1.3 รีเลย์ (Relay)

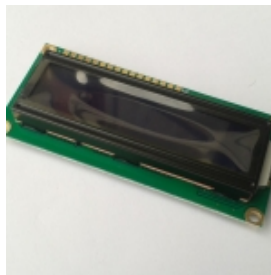
รีเลย์ คือ สวิตช์ตัดต่อวงจรแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อมีการจ่ายไฟไปตามกำหนดทำให้เกิดวงจรเปิด เมื่อไม่มีการจ่ายไฟเข้าไปถึงจะทำให้เกิดวงจรปิด ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้รีเลย์เป็นสวิตช์นั้นไม่ทำงาน แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รีเลย์

1.4 จอแอลซีดี (Liquid Crystal Display: LCD)

จอแอลซีดี ทำหน้าที่แสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนบนกล่องควบคุม แสดงเป็นตัวอักษรตามช่อง เช่น จอ LCD ขนาด 16x2 หมายถึงใน 1 แถว มีตัวอักษรใส่ได้ 16 ตัว และมีทั้งหมด 2 บรรทัดให้ใช้งาน แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 จอแอลซีดี

1.5 แผงรังผึ้ง (Cooling pad)

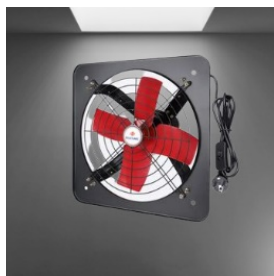
แผงรังผึ้ง ทำหน้าที่เมื่ออากาศสัมผัสกับน้ำ พลังงานความร้อนในอากาศจะถูกนำไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงมา แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผงรังผึ้ง

1.6 พัดลมดูดอากาศ

พัดลมดูดอากาศ ทำหน้าที่ในการระบายอากาศภายในโรงเรือนและทำหน้าที่พัดอากาศผ่านแผงรังผึ้ง เพื่อปรับอุณหภูมิในโรงเรือนให้พอเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเห็ด แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 พัดลมดูดอากาศ

1.7 ปั๊มน้ำ (Water pump)

ปั๊มน้ำ กำลังไฟ 60 วัตต์ ทำหน้าที่ในการดูดน้ำจากถังพักน้ำ ขึ้นมาผ่านแผงรังผึ้ง ใช้หลักการทำงานเป็นระบบ น้ำวน ไหลผ่านแผงรังผึ้งและไหลกลับไปยังถังพักน้ำวนเวียนสลับกันไป แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ปั๊มน้ำ

1.8 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

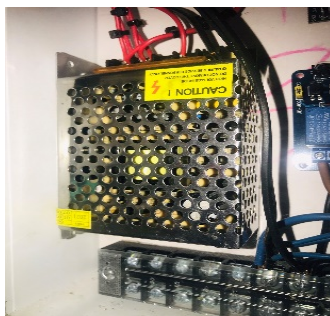
โซลินอยด์วาล์ว 220V AC ขนาด $\frac{3}{4}$ นิ้ว ทำหน้าที่เปิด-ปิดน้ำ ที่ส่งไปยังหัวพ่นหมอกเพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 โซลินอยด์วาล์ว

1.9 สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย (Switching power supply)

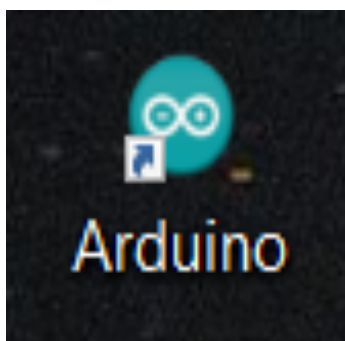
สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย 12V 5A 60W ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแรงดันสูง เช่น 220VAC ไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำ 12VDC 5A 60W แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

1.10 Arduino IDE

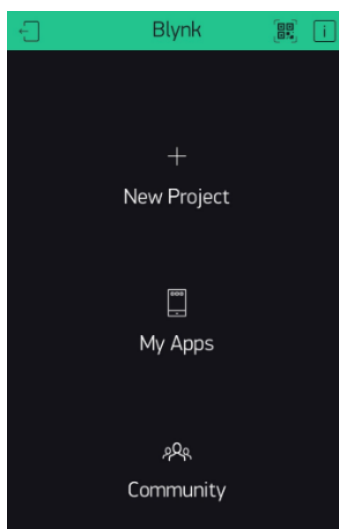
Arduino IDE คือโปรแกรมที่ใช้ในการเขียนโค้ดคำสั่งลงในบอร์ด NodeMCU ESP8266 เพื่อควบคุมการทำงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในกล่องควบคุม แสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 Arduino IDE

1.11 Blynk application

Blynk application คือ โปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของระบบด้วยโทรศัพท์มือถือ ได้ทุกที่ทุกเวลา สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้ 2 ระบบคือ 1) ระบบอัตโนมัติ (Auto) 2) ระบบควบคุมโดยผู้ใช้งาน (Manual) แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 Blynk application

2. วิธีการวิจัย

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที มีวิธีดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ADDIE model (Gagne et al., 2005) 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ (Analysis: A) เป็นขั้นตอนศึกษาความเป็นไปได้จากการลงพื้นที่ศึกษาดูงาน นำมาทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น นำไปสู่วิธีการแก้ไขปัญหา เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความเป็นไปได้ต่อการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อม และขนาดที่เหมาะสมในการออกแบบโรงเรือนแสดงดังรูปที่ 12



(ก) ฟาร์มเห็ดซอย 9

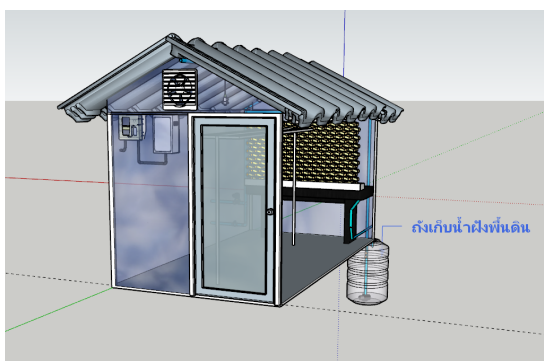


(ข) ฟาร์มเห็ดพ่อเหี่ยว

รูปที่ 12 การศึกษาดูงานกับเกษตรกรเพาะเห็ด

2.2 การออกแบบ (Design: D) เป็นขั้นตอนการออกแบบโรงเรือน เพื่อแก้ปัญหการเพาะปลูกที่เกิดขึ้น มีวิธีการออกแบบขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ด้วยโปรแกรมสเก็ทช์อัป (Sketchup) แสดงดังรูปที่ 13



(ก) บริเวณด้านหน้าโรงเรือน



(ข) บริเวณด้านหลังโรงเรือน

รูปที่ 13 การออกแบบโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ด้วยโปรแกรมสเก็ทช์อัป (Sketchup)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบขั้นตอนวิธี (Algorithm) เพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนในรูปแบบอัลกอริทึม แสดงดังรูปที่ 14

เริ่มต้น

ตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นโหมดอัตโนมัติ ใช่หรือไม่

ถ้าใช่ ให้ทำงานโหมดอัตโนมัติ

รับค่าอุณหภูมิใส่ตัวแปร (tempest)

ตรวจสอบเงื่อนไขว่าอุณหภูมิมากกว่ากำหนด ใช่หรือไม่

ถ้าใช่ ให้พัดลมและปั้มน้ำระบบน้ำวน เริ่มทำงาน

ถ้าไม่ใช่ ให้พัดลมและปั้มน้ำระบบน้ำวน หยุดทำงาน

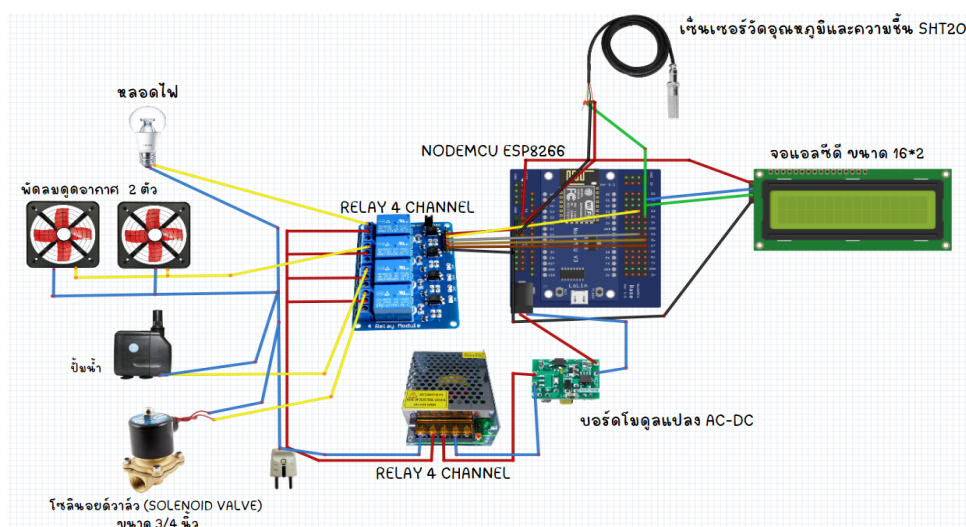
ถ้าไม่ใช่ ให้ทำงานโหมดแมนนวล

แสดงผลโหมด ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น บนหน้าจอแอลซีดี

จบการทำงาน

รูปที่ 14 อัลกอริทึมของระบบโปรแกรมควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐาน

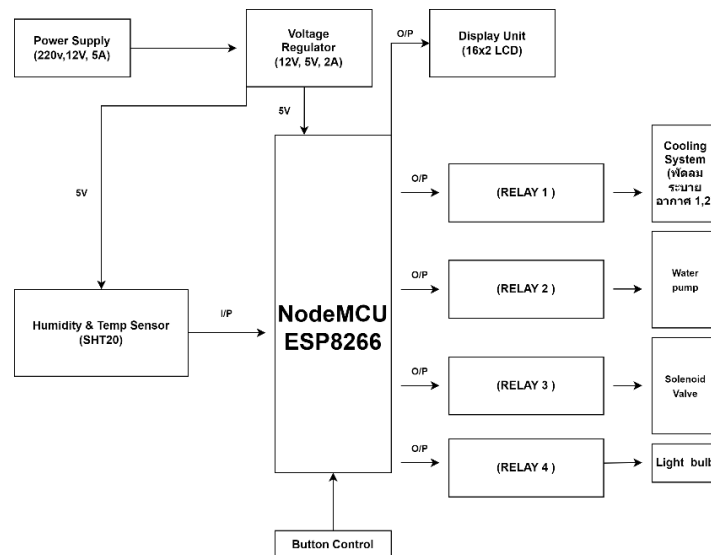
ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ด แสดงดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐาน

ขั้นตอนที่ 4 การหลักการทำงานโดยรวมของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ด

รูปแบบของ Block diagram แสดงดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 หลักการทำงานโดยรวมของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐาน

2.3 การพัฒนา (Development: D) เป็นขั้นตอนดำเนินการตามที่ได้ออกแบบ แบ่งวิธีการพัฒนาออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอน 1 การสร้างโรงเรือนตามที่ได้ออกแบบในโปรแกรมสเก็ตช์อัป (Sketchup) โดยโรงเรือนมีขนาดความยาว 4 เมตร กว้าง 2 เมตร สูง 1.8 เมตร ใช้เหล็กขนาด 2 นิ้ว จำนวน 15.2 เมตร และเหล็กขนาด 1 นิ้ว จำนวน 25 เมตร ในการสร้างโรงเรือน แสดงดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 คลุมพลาสติกใสและมุ้งลวดกันแมลงจากภายนอกโรงเรือนเห็ด

ขั้นตอนที่ 2 การติดตั้งอุปกรณ์ การเขียนโปรแกรมควบคุมระบบ และการประเมินประสิทธิภาพของระบบ แบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การติดตั้งกล่องควบคุม และการทดลองระบบ แสดงดังรูปที่ 18



(ก) ติดตั้งกล่องควบคุม



(ข) ทดลองระบบ

รูปที่ 18 การติดตั้งกล่องควบคุม และการทดลองระบบ

ระยะที่ 2 การประเมินประสิทธิภาพของระบบ ได้ประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยใช้รูปแบบการประเมิน Black box testing ซึ่งเป็นเครื่องมือการทดสอบโดยที่ไม่ต้องรู้ส่วนของการ Coding, Programming หรือส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ด้านหลังการทำงานของโปรแกรมหรือระบบนั้น ๆ (Mustafa and Khan, 2007)

2.4 การดำเนินการ (Implement: I) ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการทดลองโดยใช้เห็ดนางรมภูฐานจำนวน 600 ก้อน ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 4 เดือน โดยการศึกษา อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และแสงสว่าง ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฐาน มีการศึกษาด้านทุนก้อนเห็ดต่อก้อน การพัฒนาโรงเรือนเพาะเห็ด ค่าไฟฟ้า (หน่วย) และการเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อวัน เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปต้นทุนการผลิตและรายได้ของโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานเป็นระยะเวลา 4 เดือน แสดงดังรูปที่ 19

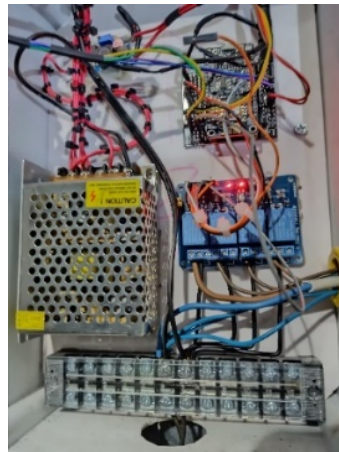


รูปที่ 19 รูปภาพระหว่างทำการเพาะปลูกเห็ดในโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม

2.5 การประเมินผล (Evaluation: E) ได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ของเห็ดนางรมภูฐานเป็นระยะเวลา 4 เดือน จากระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอทีที่ได้พัฒนาขึ้น และทำการสรุปต้นทุน/รายได้ต่อเดือน

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ได้พัฒนาระบบสมองกลฝังตัวไอโอที และติดตั้งเข้าไปภายในโรงเรือนเพาะเห็ดนางรมภูฐาน ซึ่งอุปกรณ์ควบคุมภายในระบบมีการทำงานตามคำสั่งที่เขียนลงไป ผ่านโปรแกรม Arduino IDE แสดงดังรูปที่ 20 และสามารถควบคุมการทำงานบน Blynk application ในโหมด Auto/Manual แสดงดังรูปที่ 21

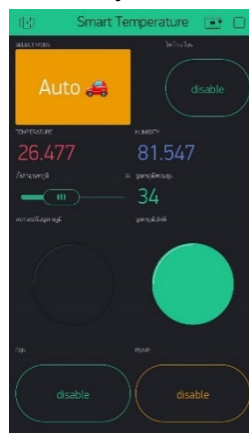


(ก) กล่องควบคุมระบบภายใน

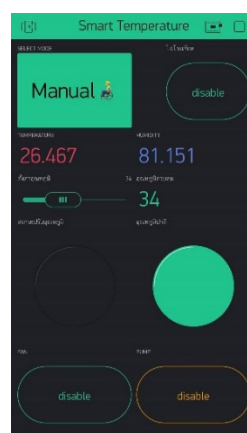


(ข) กล่องควบคุมระบบภายนอก

รูปที่ 20 ระบบควบคุมภายในโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน



(ก) ระบบอัตโนมัติ



(ข) ระบบแมนนวล

รูปที่ 21 แสดงการทำงานบน Blynk application ในโหมด Auto/Manual

ประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ในภาพรวมคุณภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.50$, S.D.=0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ($\bar{X}=4.80$, S.D.=0.45) รองลงมา ได้แก่ ด้านความง่ายต่อการใช้ระบบ ($\bar{X}=4.60$, S.D.=0.55) และด้านรักษาความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า ($\bar{X}=4.40$, S.D.=0.55) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านรักษาความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าภายในระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	4.40	0.55	มาก
2. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	4.20	0.45	มาก
3. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	4.80	0.45	มากที่สุด
4. ด้านความง่ายต่อการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม	4.50	0.50	มากที่สุด

การบันทึกการเจริญเติบโตของเห็ดนางรมภูฐานที่เพาะปลูกในโรงเรือนที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที มีการบันทึกข้อมูลตลอดระยะเวลา 4 เดือน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการบันทึกการเจริญเติบโตของโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที

เดือนที่	อุณหภูมิ เฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	จำนวนดอก เห็ดที่ออก ดอก/เดือน	น้ำหนักรวม ของเห็ด/ เดือน (กิโลกรัม)	ค่าไฟที่ใช้ หน่วย 3 บาท/เดือน (หน่วย)	รายได้รวม กิโลกรัมละ 100 (บาท)/เดือน
1	30.06 - 34.00	77.00 - 80.00	600	60	45	6,000
2	29.78 - 33.41	72.05 - 80.00	620	62	42	6,200
3	29.50 - 34.00	73.10 - 80.00	640	64	42.5	6,400
4	29.20 - 34.00	72.05 - 80.00	660	66	40	6,600
รวม			2,520	252	169.5	25,200
รายได้รวมตลอด 4 เดือน – (ค่าไฟที่ใช้ * 3)					25,200 – (508) = 24,490.50 บาท	

ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตและรายได้ของโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงต้นทุนการผลิตและรายได้ของการเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ระยะเวลา 4 เดือน

เดือนที่	สัปดาห์ที่	ต้นทุนโรงเรือน (บาท)	ต้นทุนก้อนเห็ด (บาท)	ต้นทุนรวม (บาท)	รายได้ (บาท)
		11,500	-	11,500	-
		-	4,800	4,800	-
1	1	-	-	-	1,500
	2	-	-	-	1,500
	3	-	-	-	1,500
	4	-	-	-	1,500
2	5	-	-	-	1,600
	6	-	-	-	1,600
	7	-	-	-	1,500
	8	-	-	-	1,500
3	9	-	-	-	1,600
	10	-	-	-	1,600
	11	-	-	-	1,600
	12	-	-	-	1,600
	13	-	-	-	1,700

4	14	-	-	-	1,700
	15	-	-	-	1,700
	16	-	-	-	1,500
รวม				16,300	25,200
รวมรายได้หลังหักต้นทุน					8,900

หมายเหตุ : (โรงเรียนมีอายุการใช้งาน 4 ปี ขึ้นไป)

การอภิปรายผล

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที โดยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของ ADDIE model 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การดำเนินการ และ 5) การประเมินผล ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ได้มีการประเมินหาประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมิน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ในภาพรวมคุณภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ งานวิจัยของ อรพรรณ และคณะ (2560) และ วีรศักดิ์ และคณะ (2561) ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด ซึ่งพบปัญหาผลผลิตของการปลูกเห็ดที่เจริญออกดอกไม่สม่ำเสมอ มาจากสภาพอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ถ้าโรงเรือนเพาะปลูกสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ เห็ดก็จะออกดอกอย่างสม่ำเสมอ

ในการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ที่เกิดจากเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน เป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ที่ได้พัฒนาขึ้น จะเริ่มมีกำไรจากการเพาะปลูกเมื่อเข้าเดือนที่ 3 และ เดือนที่ 4 ในพื้นที่โรงเรือนขนาดความยาว 4 เมตร กว้าง 2 เมตร สูง 1.8 เมตร

บทสรุป

โครงการวิจัยนี้เป็นการดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวไอโอที ได้ดำเนินการพัฒนาระบบตามขั้นตอนของ ADDIE model 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ 2) การออกแบบ 3) การพัฒนา 4) การดำเนินการ และ 5) การประเมินผล ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ พบว่า ประสิทธิภาพการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานในภาพรวม คุณภาพของระบบอยู่ในระดับมากที่สุด และการวิเคราะห์ต้นทุนและรายได้ที่เกิดจากเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน โดยใช้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐานเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่า ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเรือนเพาะปลูกเห็ดนางรมภูฐาน ที่ได้พัฒนาขึ้นเริ่มมีกำไรจากการเพาะปลูกเมื่อเข้าเดือนที่ 3 และ เดือนที่ 4

เอกสารอ้างอิง

- นวลศรี โชตินันท์. (2561). โรงเรือนเพาะเห็ดนางรม ควบคุมสภาพอากาศอัตโนมัติ. ค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2565.
https://www.technologychaoban.com/bullet-news-today/article_88891.
- วีรศักดิ์ ฟองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชรหาญ และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. 5(1): 4-8.
- สรศักดิ์ จีเพ็ชร. (2559). การนำเทคโนโลยีอุตสาหกรรมยุค 4.0 มาประยุกต์ใช้กับฟาร์มเกษตรขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรพรรณ คงมั่น. (2563). อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง. ค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2565.
<https://sites.google.com/site/eportorra/home/tdformanagework/unit2>.
- อรพรรณ แซ่ตั้ง, นิสา พุทธนาวงค์ และณัฐพล ธนเขวงสกุล. (2560). การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้า. วารสารการอาชีวศึกษาและเทคโนโลยี. 7(13): 87-97.
- Gagne R.M., Wager W.W., Golas K.C., Keller J.M. and Russell J.D. (2005). Principles of instructional design. Accessed 10 Oct. 2022. <https://research.com/education/the-addie-model>.
- Mohammed M.F., Azmi A. and Zakaria Z. (2018). IoT based monitoring and environment control system for indoor cultivation of oyster mushroom. Journal of Physics. 4-8.
- Mustafa K. and Khan R.A. (2007). Software testing concepts and practices. Alpha Science: UK.