การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
Development of House Prototype of Straw Mushrooms growth by Internet of Things

จิรวิญญ์ ดีเจริญชิตพงศ์[1] ชัยวัฒน์ จันทินมาธร[2] พิสิฐ วงศ์ขจร[3]

[1]เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, jirawin.de@northbkk.ac.th

[2]เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, chaiwat.jan@northbkk.ac.th

[3]เทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ, pisit.won@northbkk.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนเพาะเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบโรงเรือนเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งผ่านระบบควบคุมและระบบแจ้งเตือนทางไลน์ งานวิจัยนี้ได้นำบอร์ดราสเบอร์รี่พาย มาทำการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟาง โดยผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางผ่านแอพพลิเคชันบลิงค์ จากการทดลองพบว่า เห็ดฟางเจริญเติบโตได้เหมาะสมในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่า 32 องศาเซลเซียสและความชื้นที่สูงกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โดยการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง มีการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญผลประเมินประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.31 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.63 และมีการประเมินของผู้ใช้งานทั่วไป พบว่าผลประเมินประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{X}$) เท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.57 ซึ่งสรุปผลได้ว่าการพัฒนาระบบนี้สามารถนำไปใช้งานกับกรณีศึกษาได้จริง

คำสำคัญ: โรงเรือนเพาะเห็ด ระบบควบคุม แอพพลิเคชันบลิงค์

Abstract

The objectives of the development of a straw mushroom cultivation with the Internet of Things model are as follows: to develop a prototype of a straw mushroom greenhouse with the Internet of Things via a control system and an online notification system. In this research, a Raspberry Pie board was used to control the temperature and humidity inside the straw mushroom prototype's greenhouse. The user could set the temperature and humidity inside the straw mushroom prototype's greenhouse via the Blink

application. The experiment found that straw mushrooms grow optimally in temperatures below thirty-two degrees Celsius and humidity above seventy percent. The efficiency assessment of the straw mushroom greenhouse's prototype from experts was found at a good level with an average of 4.31 and 0.63 S.D. Furthermore, the efficiency assessment of the users was found at a good level with an average of 4.42 and 0.57 S.D. In sum, it can be concluded that the development of the straw mushroom prototype's greenhouse can be used in real case studies.

Keywords: Mushroom Farming House Controlling System Blynk Application

บทนำ

ทุกวันนี้ ประเทศไทยได้เริ่มเข้าสู่ระบบและเศรษฐกิจและสังคมดิจิทัล รัฐบาลได้ประกาศวิสัยทัศน์ไทยแลนด์ 4.0 เพื่อให้ประเทศไทยกลายเป็นกลุ่มประเทศที่มีรายได้สูง สุมิท แช่มประสิทธิ์, (2563) โดยปรับเปลี่ยนโมเดลเศรษฐกิจแบบ “ทำน้อยได้มาก” และใช้นวัตกรรมเป็นตัวขับเคลื่อนประเทศ การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาเปลี่ยนแปลงการเกษตรไทยแบบดั้งเดิมสู่เกษตรกรไทยยุค THAILAND 4.0 จุดเริ่มต้นหรือที่มาส่วนหนึ่งของ Smart Farm คือ การไม่ทำร้ายธรรมชาติ ใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็นทำแล้วเกิดความสะดวกสบายต่อผู้ใช้ เช่น การมีพื้นที่เล็ก ๆ แต่สามารถออกแบบให้สามารถปลูกแบบผสมผสานและเกื้อกูลกันได้ แต่ต้องใช้เทคโนโลยีควบคู่กันไปด้วยเกษตรกรรุ่นใหม่ อันเป็นการนำไปสู่การเป็น Smart Farmer ซึ่งต้องเข้าใจตั้งแต่กระบวนการผลิต การบริหารจัดการ เข้าใจธรรมชาติ และเข้าใจเทคโนโลยีโดยเน้นรูปแบบการบริหารจัดการดูแลพื้นที่เพาะปลูก สภาพแวดล้อม ดิน น้ำ อากาศ และแสงสว่าง ให้อยู่ภายใต้การควบคุมโดยการใช้เทคโนโลยีเข้ามาจัดการซึ่งนิยมนำมาใช้ในการเพาะปลูกแบบโรงเรือนขนาดเล็กหรือพื้นที่น้อย เช่น โรงเพาะเห็ดฟาง มีการออกแบบระบบให้รองรับการทำงานโดยใช้ระบบอินเทอร์เน็ต ระบบเซ็นเซอร์ เพื่อให้สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความชื้น และสามารถนำมาใช้ทำการควบคุมแปลงเกษตรให้เป็นแบบอัจฉริยะที่สามารถจัดการได้อย่างง่าย

เห็ดฟางเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่นิยมรับประทานกันทั่วไปโดยเป็นเห็ดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยจะเกิดเฉพาะช่วงฤดูกาลเท่านั้นเมื่อมีผู้นิยมบริโภคกันมากขึ้นจึงทำให้เกิดการพัฒนาไปสู่การเพาะเห็ดในเชิงการค้ามากขึ้นและการสร้างโรงเรือนเพาะเห็ดนั้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดฟางที่ดี ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะต้องมีลักษณะดังนี้ คือสถานที่จะใช้เพาะเห็ดฟางควรจะมีลักษณะเป็นที่โล่งแจ้งอากาศถ่ายเทได้สะดวกไม่มีน้ำท่วมขังหรือเปียกชื้นมากเกินไป มีระบบระบายน้ำที่ดี ต้องไม่มีสารปนเปื้อนยาฆ่าแมลงและเชื้อราลักษณะของสภาพดินต้องไม่เป็นดินเค็มเพราะความเค็มของดินจะทำให้เส้นใยของเห็ดไม่รวมตัวกันเป็นดอกเห็ดและถ้าหากเป็นพื้นที่ที่เคยทำการเพาะ

เห็ดมาก่อนควรมีการทำความสะอาดบริเวณนั้นให้สะอาดเสียก่อน จึงกล่าวได้ว่าอุณหภูมิ อากาศ ความชื้น และแสงสว่างมีความสำคัญซึ่งจะต้องจัดสภาพแวดล้อมดังกล่าวภายในโรงเรือนเพาะเห็ดให้เหมาะสม สำหรับเห็ดที่จะเพาะปลูกในแต่ละชนิดเพราะสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่อปริมาณ ผลผลิตและคุณภาพของเห็ด หากสามารถกำหนดและควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับเห็ดแต่ละชนิด ส่งผลต่อเห็ดจะพัฒนาการเจริญเติบโตเป็นดอกและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมรับประทานเห็ดฟางและมีราคาสูงจึงทำให้มีผู้เพาะเห็ดฟางเป็นจำนวนมาก สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, (2563)

ดังนั้นผู้วิจัยทำมีแนวคิดที่จะนำเอาเทคโนโลยีไอโอที (IoT) มาใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตและควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดฟาง เพื่อให้ระบบสามารถส่งข้อมูลแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันไลน์ (Line) และแอพพลิเคชันบริงค์ (Blynk) ทำให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบสภาพแวดล้อมของโรงเพาะเห็ดในแต่ละครั้ง และ สามารถควบคุมให้สามารถทราบค่าอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเพาะเห็ดฟาง เพื่อเป็นการรักษาและควบคุมสภาพความชื้นของดิน และสภาพอากาศเพื่อช่วยเพิ่มประมาณผลผลิตให้มากขึ้น โดยที่ค่าของอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดฟางจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยใช้เซ็นเซอร์ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อให้การดูแลโรงเพาะเห็ดฟางเป็นไปอย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้มีการออกแบบและพัฒนาต้นแบบโรงเรือนเพาะเห็ดฟางขึ้นมาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

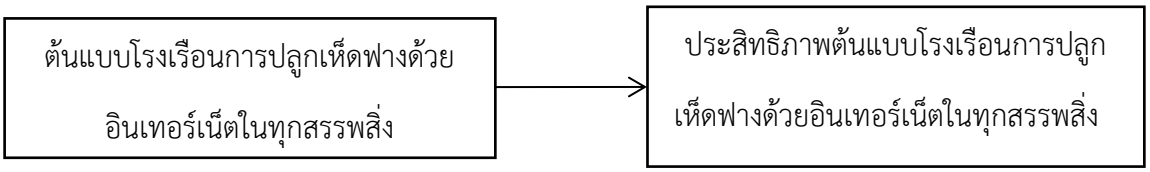
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบโรงเรือนสำหรับการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
2. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนปลูกเห็ดฟาง
3. เพื่อหาประสิทธิภาพต้นแบบของโรงเรือนการปลูกเห็ดฟาง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง
2. ได้แนวทางในการพัฒนาระบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งที่มีประสิทธิภาพในการปลูกเห็ดฟาง

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ได้มีการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การทำงานของเซนเซอร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

เห็ดฟาง เมื่อกล่าวถึงเห็ดฟาง จะพบว่าเป็นเห็ดยอดนิยมของคนไทย นิยมเพาะปลูกกันบนกองฟางข้าวชื้น ๆ ซึ่งลักษณะของเห็ดฟางจะมีโคนดอกที่มีสีขาว ส่วนหมวกมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลอมเทา หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดตลอดทั้งปี เดิมคนไทยเรียก เห็ดฟาง ว่า เห็ดบัว เพราะจะเกิดขึ้นได้เองในกองเปลือกเมล็ดบัวที่กะเทาะเมล็ดภายในออกแล้ว ต่อมาเมื่อมีการส่งเสริมให้ใช้ฟางเพาะจึงนิยม เรียกว่า เห็ดฟาง ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเห็ดฟาง เห็ดฟางเป็นเห็ดที่สามารถขึ้นตามกองฟาง ดอกตูมมีลักษณะเป็นก้อนกลมสีขาว มีเยื่อหุ้มกระเปาะคล้ายถ้วย รองรับฐานเห็ดเรียกว่า ผ้าอ้อมเห็ด เมื่อหมวกเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่จะกางออกคล้ายร่ม ด้านบนของหมวกเห็ดมีสีเทาอ่อน หรือเทาเข้ม ผิวเรียบ และอาจมีขนละเอียดคลุมอยู่บาง ๆ คล้ายเส้นไหม ด้านล่างมีครีบดอกบาง ๆ ก้านดอกสีขาว เนื้อในแน่น ละเอียด เก็บได้ตลอดปีโดยแสดงลักษณะของเห็ดฟาง ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 เห็ดฟาง ผู้จัดการออนไลน์, (2563)

เห็ดฟาง (Straw Mushroom) พัชรี สาโรงเย็น, (2553) ได้กล่าวว่า เนื่องจากการเพาะเลี้ยงเห็ดนั้นมีเทคนิควิธีเฉพาะในการปลูกไม่ว่าจะเป็นสารอาหาร ระยะเวลา การรักษาความชื้นและอุณหภูมิในโรงเรือนเพาะเลี้ยงเห็ดฟาง ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของเห็ดนั้นสมบูรณ์ได้ จะต้องมีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมกับเห็ดนั้น ๆ จึงจะมีผลผลิตที่มีคุณภาพที่ดีตามที่ต้องการ เทคนิคที่สำคัญที่สุดคือการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนได้อย่างเหมาะสมตามชนิดของเห็ดนั้น โดยโรงเรือนเพาะเห็ดของเกษตรกรมีข้อจำกัดคือเกษตรกรต้องเข้าไปควบคุมการเปิด-ปิดน้ำเพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยตนเอง

การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งได้มีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเทคโนโลยีการสื่อสารของอุปกรณ์ ดังนี้

1. ไวไฟ (Wi-Fi) เป็นการสื่อสารไร้สายที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย รวมไปถึงการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ซึ่งไวไฟได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการรองรับอุปกรณ์ที่ต้องการการสื่อสารด้วยข้อมูลปริมาณมาก เหมาะสำหรับการสื่อสารของอุปกรณ์ IoT มีการสื่อสารด้วยข้อมูลขนาดเล็ก เน้นการใช้พลังงานต่ำ และรองรับอุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก (ชัชชัย คุณบัว, 2562)

2. ซิกบี (Zigbee) และ บูลทูธ (Bluetooth) ถือเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญ เพื่อใช้รองรับการสื่อสารของ IoT เทคโนโลยีทั้งสองถูกออกแบบเพื่อใช้พลังงานต่ำ และรองรับการเชื่อมต่อโหนดจำนวนมาก โดยการทำงานของซิกบี สามารถรองรับการเชื่อมต่อในรูปแบบเมช (Mesh) เพื่อรองรับการเชื่อมต่อโหนดที่มีจำนวนมากได้ อีกหนึ่งโปรโตคอลที่สำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ IPv6 over Wireless Personal Network (6LoWPAN) ซึ่งเป็นโปรโตคอลเพื่อรองรับการสื่อสารของของ IoT ในรูปแบบการใช้ IP Address เพื่อการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ ทำให้การส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์บนเน็ตเวิร์กของ 6LoWPAN และอินเทอร์เน็ตสามารถสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. NB-IoT และ LoRa เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่สำคัญในการรองรับการสื่อสารของอุปกรณ์ IoT โดยความโดดเด่นของทั้งสองเทคโนโลยีคือ การรองรับการสื่อสารระยะไกลและการใช้พลังงานต่ำ ในประเทศไทย NB-IoT มีทำงานอยู่บนเครือข่ายของ 2 ผู้ให้บริการเจ้าใหญ่ คือ บริษัท แอดวานซ์ อินโฟร์ เซอร์วิส และ ทรูคอร์ปอเรชั่น ทำให้สะดวกในการติดตั้ง เนื่องจากทำงานอยู่บนเครือข่ายเซลลูลาร์ที่ได้ติดตั้งไว้เดิมอยู่แล้ว ในส่วนของ LoRa ผู้ให้บริการหลักคือ บริษัท กสท. โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) ซึ่งในช่วงที่ผ่านมาในปี 2561 ได้เริ่มมีการติดตั้งในเมืองใหญ่ต่าง ๆ เช่น ภูเก็ต เชียงใหม่ และขอนแก่น เป็นต้น

จากความหลากหลายของเทคโนโลยีข้างต้น เพื่อให้เข้าใจการทำงานพื้นฐานและผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ ส่วนที่สำคัญนั้นจะเป็นเรื่องของพื้นฐานการทำงาน และ การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เพื่อความเข้าใจของระบบเน็ตเวิร์กภายใต้การทำงานของเทคโนโลยี IoT เพื่อให้เลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม และทำให้การสื่อสารเน็ตเวิร์กเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดของพื้นฐานดังนี้ กุลชาติ มีทรัพย์หลาก, (2562)

1. Internet of Thing (IoT)

เทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) เป็นเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาประเทศไปสู่การเป็น Thailand Industry 4.0 เทคโนโลยีด้าน IoT ถือเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมภาคอุตสาหกรรม ที่อาศัยการเชื่อมต่อเพื่อการสื่อสารและทำงานร่วมกันระหว่างเครื่องจักร มนุษย์และข้อมูล เพื่อเพิ่มอำนาจในการตัดสินใจที่รวดเร็วและมีความถูกต้องแม่นยำสูง รวมไปถึงการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งก่อให้เกิดนวัตกรรมและบริการใหม่ ๆ อีกมากมาย ยกตัวอย่างเช่น เซ็นเซอร์ภายในโรงพยาบาลที่ตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย เมื่อผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหวหรือผู้ป่วยล้ม จะส่งสัญญาณไปยังบุคลากรทางการแพทย์หรือแผนกฉุกเฉิน เซ็นเซอร์ภายในบ้านใช้สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหวของผู้อยู่อาศัย และส่งสัญญาณสั่งเปิดหรือปิดสวิตช์ไฟตามห้องต่าง ๆ ที่มีคนอาศัยหรือเมื่อไม่มีคนอยู่บ้าน เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เทคโนโลยีด้าน IoT

เป็นหนึ่งในสิบเทคโนโลยีที่น่าจับตามองตามการวิเคราะห์บริษัท Gartner ที่ปรากฏในรายงาน Gartner’s Top 10 Strategic Technology Trends for 2015 และมีการคาดการณ์ว่าจำนวนของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระบบพื้นฐานสำหรับ IoT จะเพิ่มมากกว่าหลายพันล้านอุปกรณ์ จึงเป็นที่น่าสนใจในการเรียนรู้และพัฒนานวัตกรรมเพื่อตอบสนองเทคโนโลยีดังกล่าว สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, (2563)

2. สมาร์ทออบเจ็กต์ (Smart Object)

สมาร์ทออบเจ็กต์ ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของ IoT สมาร์ทออบเจ็กต์ถูกใช้เพื่อเรียนรู้สิ่งรอบข้างและตอบสนองต่อสิ่งที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง ในด้านเทคโนโลยีของ IoT ยังรวมไปถึงความสามารถในการสื่อสารผ่านเน็ตเวิร์ก โดยโครงสร้างพื้นฐานของสมาร์ทออบเจ็กต์ สามารถทำการแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 เซ็นเซอร์ (Sensor) และ/หรือ แอกชูเอเตอร์ (Actuator) สมาร์ทออบเจ็กต์ ใช้เซนเซอร์และแอกชูเอเตอร์เพื่อรับรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยเซ็นเซอร์จะถูกใช้เพื่อการตรวจวัด ในขณะที่แอกชูเอเตอร์จะตอบสนองต่อสิ่งที่เกิดขึ้น มีลักษณะหน้าที่การทำงาน ดังนี้

1) เซ็นเซอร์ (Senser) หมายถึงอุปกรณ์เพื่อใช้ตรวจจับสภาวะต่าง ๆ ก่อนที่จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของดิจิทัล ปัจจุบันเนื่องจากความก้าวหน้าของ Micro Electro Mechanical System (MEMS) ทำให้สามารถผลิตเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็ก และราคาถูกลง เพื่อใช้กับแอฟพลิเคชันอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ เช่น เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น เป็นต้น

2) แอกซูเอเตอร์ (Actuator) ทำหน้าที่รับผลที่ได้จากเซ็นเซอร์ และตอบสนองตามเงื่อนไขที่กำหนด เช่น ทำให้พัดลมในโรงเรือนทำงาน เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนด ที่ส่งสัญญาณระหว่างเซ็นเซอร์และแอกชูเอเตอร์ นั่นเอง

2.2 หน่วยประมวลผล (Processor Unit) มีหน้าที่ในการประมวลผลที่จำเป็น เช่น การหาเส้นทางสำหรับการส่งผ่านข้อมูลไปยังโหนดถัดไป สำหรับหน่วยประมวลผลที่ใช้สำหรับการสื่อสารนี้ โดยทั่วไปนิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้พลังงานต่ำ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถใช้งานได้ในเวลาที่ยาวนานขึ้น

2.3 ส่วนรับส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ (Transceiver) ทำหน้าที่ในการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ เพื่อทำให้สามารถเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ โดยใช้ช่องทางการสื่อสารความถี่วิทยุที่ได้รับอนุญาต ได้แก่ 868 MHz, 915 MHz หรือ 2.4 GHz โดยที่ช่องความถี่ 2.4 GHz เป็นช่องความถี่ที่นิยมใช้มากที่สุด

2.4 แหล่งพลังงาน โดยทั่วไปสมาร์ทออบเจ็กต์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่ต้องอาศัยพลังงาน เพื่อประมวลผลและสื่อสาร ปกติสมาร์ทออบเจ็กต์จะทำงานบนสภาวะที่มีพลังงานจำกัด เช่น การใช้แบตเตอร์รี่ขนาด AA สองก้อน หรือแบบ ลิเธียม (CR2450) ดังนั้นสมาร์ออบเจ็กต์จำเป็นต้องมีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม รวมความสามารถในการเข้าสู่โหมดสลีป (Sleep Mode) เพื่อลดการใช้พลังงานลง

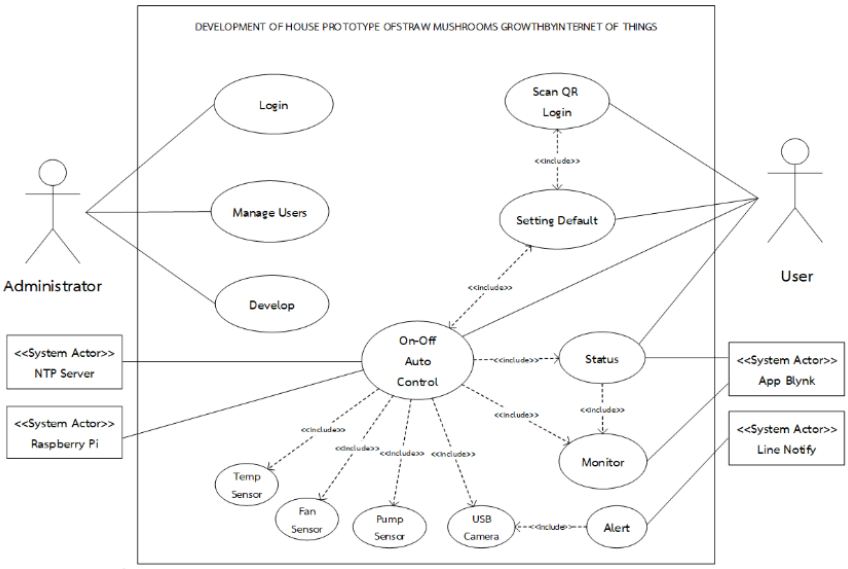
3. ราสเบอร์รี่ พาย (Raspberry Pi)

เป็นชุดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กของ Broadcom ที่ใช้สำหรับการส่งเสริมการเรียนการสอนขั้นพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์ของโรงเรียนในประเทศกำลังพัฒนา ต่อมาได้รับความนิยมมากขึ้น เช่น การพัฒนาหุ่นยนต์ ปัจจุบันมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เรวัต เปรมศรี, (2556)

หลังจากการเปิดตัวบอร์ด Raspberry Pi Foundation ได้จัดตั้งเอนทิตี้ใหม่ชื่อ Raspberry Pi Trading และติดตั้ง Eben Upton เป็น CEO โดยมีหน้าที่รับผิดชอบในการพัฒนาเทคโนโลยี มูลนิธิได้รับการปรับปรุงใหม่ในฐานะองค์กรการกุศลด้านการศึกษาเพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ขั้นพื้นฐานในโรงเรียน และประเทศกำลังพัฒนา

ภาพที่ 3 บอร์ด Raspberry Pi ธีรพงษ์ ตาทอง, (2563)

ในการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ได้มีการวิเคราะห์ระบบโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ระบบเชิงวัตถุ ได้แก่ Use Case Diagram มีรายละเอียดดังภาพที่ 4

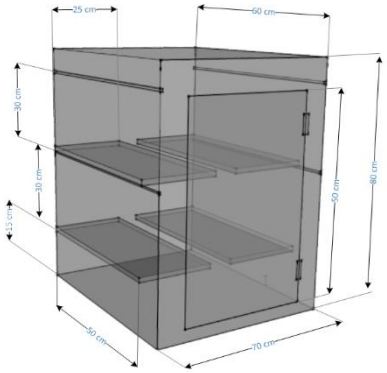


ภาพที่ 4 แสดงยูสเคสเคสไดอะแกรมต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

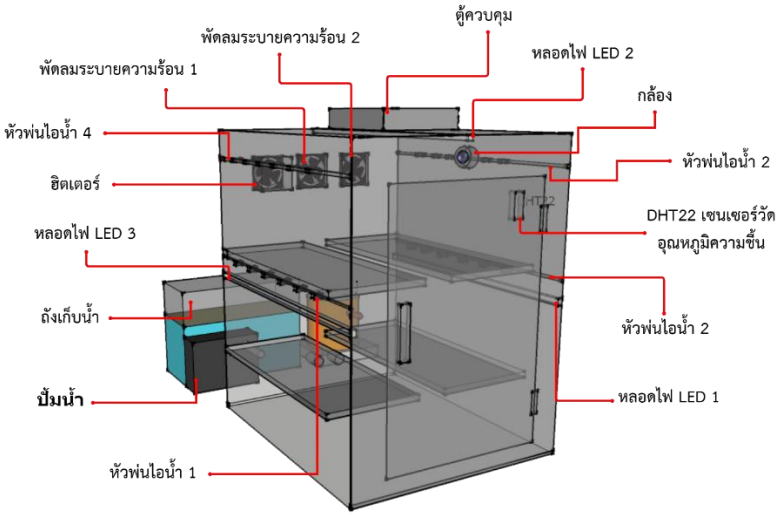
ภาพที่ 4 แสดงการทำงานของระบบโดยมีส่วนของ User เมื่อ User ทำการ Scan QR Code เข้าใช้งานระบบแล้วทำการตั้งค่าวันเวลาโดยใช้ข้อมูลจาก NTP Server เพื่อเป็นเวลาในการทำให้ระบบควบคุมอัตโนมัติเช่น อุณหภูมิ ความชื้น Application Blynk จะทำการเก็บข้อมูลและเมื่อถึงเวลา Relay จะทำการเปิด-ปิด Sensor ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยได้รับคำสั่งทั้งจาก User และการตั้งเวลา มีการแจ้งเตือนและส่งภาพถ่ายไปยัง Line Notify มีการแสดงสถานะอุณหภูมิความชื้นและการทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ ผ่าน Application Blynk สามารถดูรายข้อมูลผ่านหน้า Application ได้

การพัฒนาต้นแบบโครงสร้างของโรงเรือนและรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ภายในโรงเรือน มีรายละเอียดขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. การแบบโครงสร้างโรงเรือนทางผู้วิจัยมีการออกแบบในส่วนของโครงสร้างโดยมีขนาดตามภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การออกแบบโครง

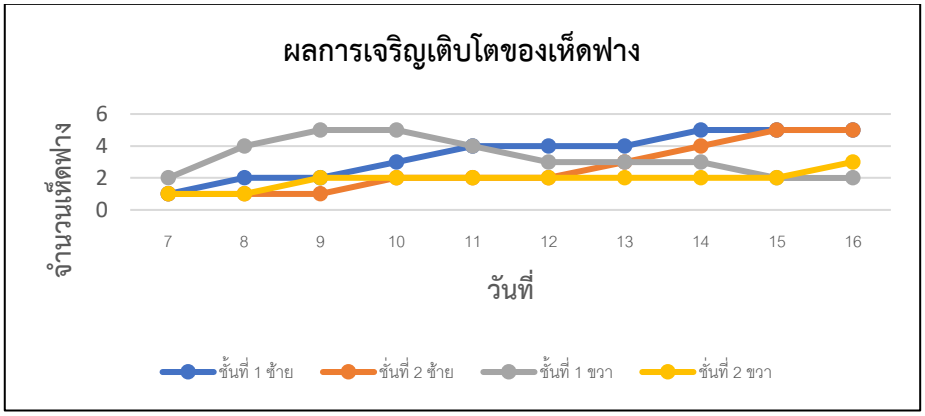


ภาพที่ 6 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์

จากภาพที่ 6 แสดงตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ประกอบด้วย พัดลมระบายความร้อนจำนวน 2 ชุด หัวพ่นไอน้ำจำนวน 4 จุด ฮิตเตอร์จำนวน 1 ชุดเพื่อใช้สำหรับเพิ่มอุณหภูมิของโรงเรือน โดยภายในโรงเรือนจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 เมื่อเปิดฝาหน้าโรงเรือนเพาะเห็ดฟางบริเวณด้านหน้าออกมาหลอดไฟ LED ที่ติดตั้งไว้ด้านในก็จะเปิดสว่างเพื่อแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของเห็ดฝาง และบริเวณด้านบนของโรงเรือนต้นแบบจะมีการติดตั้งชุดกล่องควบคุมการทำงานของโรงเพาะเห็ดฟางพร้อมแสดงข้อมูลและสถานะการทำงานของอุณหภูมิและความชื้นบริเวณด้านหน้าจอแสดงผล

ผลการวิจัย

การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง มีการทดสอบการวัดประสิทธิภาพการทำงานของต้นแบบ ด้วยการวัดการอัตราการเจริญเติบโตของเห็ดฟางโดยการขัดขนาดความยาวของเห็ดในแต่ละวัน โดยแยกออกเป็นแต่ละชั้น ดังภาพประกอบ 5



ภาพที่ 7 แสดงภาพกราฟการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

จะเห็นได้ว่าเห็ดฟางที่เพาะโดยใช้ต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งมีการเจริญเติบโตโดยใช้วิธีการนับจำนวนดอกเห็ดเพิ่มขึ้นและขนาดของดอกเห็ดตามในแต่ละวัน

หลังจากที่ได้มีการทดสอบวัดการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง ทางผู้วิจัยได้มีการเก็บข้อมูลเพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยนำข้อมูลมาเก็บและสรุปผลประเมินโดยใช้หลักสถิติออกมาเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีการทดสอบความถูกต้องของระบบและประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์และนำมาใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงระบบตัวต้นแบบของโรงเรือนต่อไป

การทดสอบความถูกต้องของระบบและการประเมินประสิทธิภาพการใช้งานของอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้ จะนำผลการประเมินประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งาน มาทำการวิเคราะห์และสรุปเพื่อนำมาใช้สำหรับการปรับปรุงแก้ไขต้นแบบโรงเรือน โดยรายละเอียดการประเมิน มีดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในกรณีศึกษาจำนวน 31 ท่าน โดยแบ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 28 ท่าน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินแบบสอบถามโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งโดยผู้เชี่ยวชาญ

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาของต้นแบบโดยผู้ใช้งานทั่วไป

3. การรวบรวมข้อมูล โดยทางผู้พัฒนาได้ทำการแจกแบบสอบถามให้แก่บุคคลผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทดลองต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งตามกลุ่มตัวอย่าง 31 ชุด ได้รับคืนมา 31 ชุด คิดเป็นร้อยละร้อย

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามใช้ค่าร้อยละ และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ส่วนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป มีการเก็บข้อมูลจากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 31 คน โดยแบ่งออกเป็น เพศชาย ร้อยละ 74.19 และเพศหญิง ร้อยละ 25.81 ส่วนใหญ่อายุของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ที่ 31 - 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.48 การศึกษาส่วนใหญ่ของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ที่ ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 74.19 และอาชีพของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นอาชีพอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 90.32

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งโดยผู้เชี่ยวชาญผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.63 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบอยู่ในระดับดี สรุปผลค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แต่ละด้าน สามารถสรุปผลในแต่ละด้าน ได้ดังต่อไปนี้

1) ด้านประสิทธิภาพของต้นแบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.22 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.66 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพอยู่ระดับดี เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ระบบเซนเซอร์ที่ใช้งานเหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.39 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.56 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ขนาดพื้นที่มีความเหมาะสม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.06 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.81 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

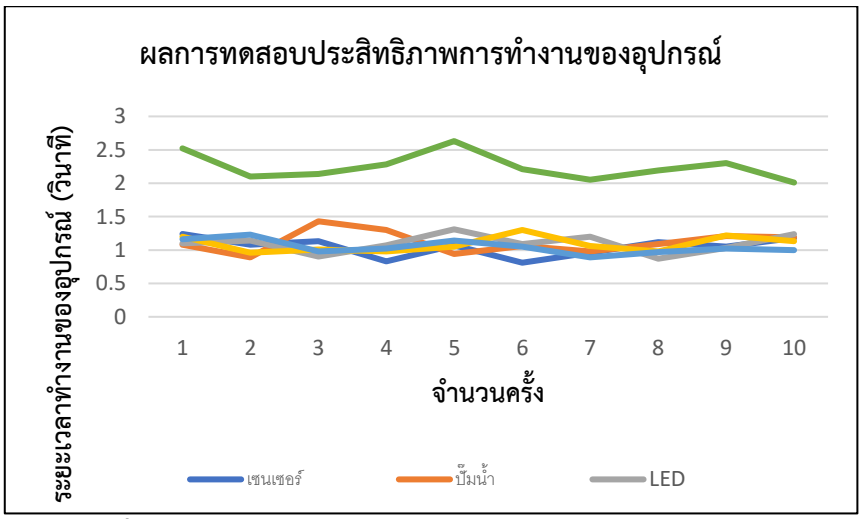
2) ด้านการใช้งานของต้นแบบ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.21 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.64 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพอยู่ระดับดี เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ มีความเหมาะสมในการดูแลรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.32 และมีส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานอยู่ที่ 0.60 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.16 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

3) ด้านประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.40 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.61 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพอยู่ระดับดี เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ระบบมีการใช้เทคโนโลยีไร้สายทันสมัย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.56 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ลักษณะรูปแบบมีความสวยงาม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.29 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4) ด้านการใช้งานของแอพพลิเคชัน ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.31 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.63 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพอยู่ระดับดี เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สามารถตั้งอุณหภูมิ และความชื้นได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ระบบมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.29 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการพัฒนาของต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งโดยผู้ใช้งานทั่วไป ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป ในการใช้งานตัวต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง จำนวน 28 ท่าน ซึ่งค่าเฉลี่ยรวมของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.34 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.62 ซึ่งแปลผลประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาผลการประเมินรายข้อโดยข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ สามารถตั้งอุณหภูมิ และความชื้นได้ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และข้อที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.16 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดี



ภาพที่ 8 กราฟแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานอุปกรณ์

สรุปผลการวิจัย

การประเมินประสิทธิภาพของระบบการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 28 ท่าน มีการประเมินผลโดยแบ่งเป็น 4 ด้าน คือ ด้านประสิทธิภาพของต้นแบบ ด้านการใช้งานของต้นแบบ ด้านประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน และด้านการใช้งานของแอพพลิเคชัน ซึ่งหลังจากทำการรวบรวมแบบประเมินหลังจากได้ให้ทำการทดลองใช้งานระบบสามารถสรุปได้ดังนี้ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 ตารางแสดงสรุปค่าเฉลี่ยผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. ด้านประสิทธิภาพของต้นแบบ	4.22	0.66	ดี
2. ด้านการใช้งานของต้นแบบ	4.21	0.64	ดี
3. ด้านประสิทธิภาพของแอพพลิเคชัน	4.40	0.61	ดี
4. ด้านการใช้งานของแอพพลิเคชัน	4.40	0.59	ดี
ค่าเฉลี่ย	**4.31**	**0.63**	ดี

จากตารางที่ 1 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญสรุปได้ดังนี้ ด้านประสิทธิภาพของต้นแบบได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.22 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.66 ด้านการใช้งานของต้นแบบได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.21 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.64 ด้านประสิทธิภาพของแอพพลิเคชันได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.40 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.61 ด้านการใช้งานของแอพพลิเคชันได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.40 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.59 เมื่อแปลผลออกมาทั้งหมดได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.31 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับดี

ตารางที่ 2 ตารางแสดงสรุปค่าเฉลี่ยผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไป

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.29	0.62	ดี
2. การตอบสนองการทำงานของระบบ	4.50	0.51	ดีมาก
3. การแจ้งเตือนแสดงสถานะเข้าใจง่าย	4.46	0.59	ดี
4. การแจ้งเตือนภาพถ่ายผ่าน Line Notify	4.50	0.51	ดีมาก
5. สามารถตั้งอุณหภูมิ และความชื้นได้	4.58	0.50	ดีมาก
6. ระบบมีความแม่นยำ	4.42	0.58	ดี
7. ข้อความมีขนาดที่เหมาะสม	4.38	0.65	ดี
8. ง่ายต่อการใช้งานและถอดออก	4.25	0.61	ดี
รวม	**4.42**	**0.57**	ดี

จากตารางที่ 2 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานทั่วไปสรุปได้ดังนี้ การประเมินต้นแบบสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.29 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.62 การตอบสนองการทำงานของระบบได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.51 การแจ้งเตือนแสดงสถานะเข้าใจง่ายได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.46 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.59 การแจ้งเตือนภาพถ่ายผ่าน Line Notify ได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.50 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.51 การประเมินต้นแบบสามารถตั้งอุณหภูมิและความชื้นได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.58 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.50 การประเมินระบบมีความแม่นยำค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.58 การประเมินข้อความระบบมีขนาดที่เหมาะสมได้ค่าเฉลี่ยค่า **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.38 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.65 การประเมินต้นแบบง่ายต่อการใช้งานและถอดออกได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.25 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.61 เมื่อแปลผลออกมาทั้งหมดได้ค่าเฉลี่ย **($\bar{X}$)** เท่ากับ 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.57 ซึ่งอยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง พบว่าต้นแบบโรงเรือน การประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบโรงเรือน มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับ ดี ระบบสามารถควบคุมปริมาณความชื้น และอุณหภูมิได้อย่างเหมาะสมตามการพัฒนาระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรพรรณ แซ่ตั้ง และคณะ, (2560) สามารถนำต้นแบบนี้ไปใช้ประยุกต์ใช้สำหรับการเพาะปลูกเห็ดฟางและเห็ดประเภทอื่น ๆ ได้ในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาต้นแบบโรงเรือนการปลูกเห็ดฟางด้วยอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการพัฒนาระบบโรงเรือนให้สามารถแสดงถึงปริมาณน้ำคงเหลือในถังและปริมานการใช้น้ำได้ และ ควรมีการติดตั้งเซนเซอร์การตรวจจับวัตถุเพื่อประมวลผลภาพของเห็ดฟางเปรียบเทียบขนาดของเห็ดฟางได้ รวมทั้งระบบควรมีเซ็นเซอร์วัดค่า PH ของน้ำ รวมทั้งระบบผสมอาหารในน้ำที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง และการปรับลดค่าแสงเพิ่มให้เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ ด้วยความร่วมมือจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้รับความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามอย่างดียิ่ง รวมถึงผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ซึ่งผู้วิจัยต้องขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และท้ายสุดนี้ตอบขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤษณะ มีสุข. (2562). **โครงสร้างการเชื่อมต่อ Blynk Server**. ค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/k47suy76

กุลชาติ มีทรัพย์หลาก. (2562). **แพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ฐานรากสำคัญสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมดิจิทัล**. ค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/4zk7skx3

ชัชพงษ์ คำชื่น และ รัตนพงศ์ ธงชัย. (2562). **ระบบควบคุมการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า CONTROLLING SYSTEM OF OYSTER MUSHROOM'S GROWTH BY IMAGE PROCESSING.** ตาก: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาตาก

ชุติสันต์ เกิดวิบูลย์เวช. (2558). **Internet of Things.** ค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y4blvmtz

ณัฐธิวุฒิ พุดเดช. (2560). **พัฒนาระบบโรงเพาะเห็ดฟางอัตโนมัติ.** การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัย ครั้งที่ 7.เพชรบุรี

ทันพงษ์ ภู่รักษ์. (2559). **ไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น.** ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/5fczuwrx

ธนกฤต วัฒนะศุภชัย. (2559). **ระบบจัดการสวนด้วยราสเบอร์รี่พายและสมาร์ทโฟน.** กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ธีรพงษ์ ตาทอง. (2563). **เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วย Raspberry Pi 3.** ค้นเมื่อ 28 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/4wxaw3m7

บริษัท มหาโชค มหาชัย เทรดดิ้ง จำกัด. (2560). **การเพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือนในปัจจุบัน.** ค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2563, จาก https://th.city/ll4e

บ้านและสวน. (2560). **ความชื้นในอากาศ**. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/4twu7pt4

บุญยัง สิงห์เจริญ และ สันติ สาแก้ว. (2559). **ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนเพาะเห็ด**. ค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/873xb8na

ผู้จัดการออนไลน์. (2563). **การเพาะเห็ดฟาง**. ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/9w5ypjcr

มาโนชญ์ แสงศิริ. (2562). **Blynk: IoT Platform สนับสนุนจินตนาการสำหรับนวัตกร.** ค้นเมื่อ 13 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y46yst3y

เรวัต เปรมศรี. (2556). **ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi).** ค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/4zwhec5k

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. (2562). **การเพาะเห็ดฟางในตะกร้า.** เมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/yypro4bc

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (2563). **ไทยแลนด์ 4.0 ยุคแห่งการใช้ดิจิทัลพลิกโฉมเกษตรไทย Smart Farm Series: Digital Transformation in the Agricultural Sector.** เมื่อ 13 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y4v49nu3

สุภัทธ์ มีเจริญ. (2562). **เครื่องทำความร้อน.** ค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/me5jv42r

สุมิท แซ่มประสิทธิ์. (2563). **เกษตรกรไทยยุค THAILAND 4.0.** ค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/jxzaakk2

อรพรรณ แซ่ตั้ง และคณะ. (2560). **การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมการเพาะเลี้ยงเห็ดแครง.** ค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/9w5ypjcr

Chalermpong Poongam. (2562). **ประยุกต์ใช้ Blynk Platform Private Server บน Raspberry Pi 4.** สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y49ypcun

Creately. (2563). **Use Case Diagram Tutorial.** ค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/27pseuts

Electronica Embajadores. (2561). **Sensor de Humidade e Temperatura - DHT22.** ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y49ypcun

Itsaso Marketing Sdn Bhd. (2563). **Water Pump**. ค้นเมื่อ 26 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y49ypcun

ModuleMore. (2563). **โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22**. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/y49ypcun

P L in mmp-li. (2561). **ติดตั้ง Blynk กับ Node-RED.** ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2563, จาก https://tinyurl.com/yxa9t2pt