การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมโรงเรือนเพาะเห็ด ฟาร์มอัจฉริยะ ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

Smart Control in Mushroom Farms using Internet of Things and Solar Technology.

ชัยวิทย์ ถิระวณัฐพงศ์[1*] และยุทธนา พรรคอนันต์[2]

Chaiwit Thirawanutpong[1*] and Yuttana Pukanan[2]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[2]สาขาวิชาการบัญชี คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

[1]Department of Computer Business, Faculty of Management Science, Rambhai Barni Rajabhat University

[2]Department of Accounting, Faculty of Management Science, Rambhai Barni Rajabhat University

*Email: chaiwit.t@rbru.ac.th

Received: August 22, 2020; Revised: September 28, 2020; Accepted: October 10, 2020

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อออกแบบตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด 2. เพื่อประเมินผลการออกแบบตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และเป็นกลุ่มเกษตรกรสวนเห็ดจันทบุรี ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จำนวน 30 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1. ตัวต้นแบบระบบ 2. แบบประเมินความคิดเห็นของการออกแบบตัวต้นแบบ 3. แบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาตัวต้นแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย พบว่า 1) การออกแบบตัวต้นแบบประกอบด้วย 4 โมดูล คือ โมดูลอุณภูมิ โมดูลความชื้น โมดูลพัดลม โมดูลปั๊มน้ำ โดยใช้ NETPIE ที่เป็นแพลตฟอร์มให้บริการผ่านเทคโนโลยีคลาวด์ สำหรับเชื่อมต่อสื่อสารในรูปแบบอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง 2) ผลการประเมินความคิดเห็นของการออกแบบตัวต้นแบบพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-30 ปี ระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ผลการศึกษาความพึงพอใจโดยรวมในระดับดีมาก ได้แก่ ด้านความต้องการตามหน้าที่ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 ด้านฟังก์ชันการทำงาน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.31 ด้านการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ด้านลักษณะการออกแบบอุปกรณ์ โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.25 และด้านความปลอดภัย โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 แสดงว่าสามารถนำตัวต้นแบบระบบโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ไปประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายให้กับเกษตรกรอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ, เกษตรอัจฉริยะ

Abstract

The objective of this study is to 1) design a prototype of an intelligent home system using IOT technology to control intelligent farms in mushroom farming. 2. To assess the design of an intelligent home system prototype using IOTs that controls intelligent farms in mushroom farming. Is an expert in information and communication technology and were a group of 30 mushroom farmers in Chanthaburi Province, Khao Bai Si Subdistrict, Tha Mai District, Chanthaburi Province, using specific methods. The tools used in the research are 1. System prototype 2. The prototype design evaluation form 3. The evaluation form for the prototype development the data is analyzed using arithmetic mean and standard deviation.

The results of the research revealed that 1) The prototype design consists of 4 modules, namely temperature module, humidity module, fan module and water pump module using NETPIE, which is a service platform through cloud technology for connecting to communicate the internet of things. 2) The results of the prototype design evaluation found that the sample responds to the satisfaction evaluation of the system application using a IOT technology to control the intelligent farms in the mushrooms farming with solar technology are female between the ages of 20-30 years at the bachelor degree. The results of overall satisfaction are very good, including a functional requirement test with an average of 4.44 in functional test the work overall is very good, with an average of 4.31 in overall usability testing, with a very good average of 4.35 in terms of the overall design of the hardware testing equipment at a very good level of an average of 4.25 and the overall security test is very good the average is 4.22, indicating that the system prototype can be used using IOT technology to control intelligent farms in mushroom farming. To be used to convenience to farmers appropriately

Keywords: Internet of Things, temperature sensor, Intelligent farms

1. บทนำ

การพัฒนาสถาบันเกษตรกรเป็นนโยบายหลักที่สำคัญในการพัฒนาประเทศไทยโดยแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 ได้ให้ความสำคัญกับการส่งเสริมและพัฒนาองค์กรเกษตรกร ให้เข้มแข็ง ให้สามารถพึ่งพาตนเองได้เป็นสถาบันที่ช่วยในการดำเนินธุรกิจสินค้าเกษตรทั้งด้านการผลิตการพัฒนา คุณภาพและการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า เกษตรกรรมรวมถึงการพัฒนาด้านการตลาด ซึ่งจะมีส่วนช่วยให้ เกษตรกรสมาชิกมีความสามารถในการผลิตและการตลาด ก้าวสู่ผู้จัดการฟาร์มที่เป็นมืออาชีพหรือสมาร์ทฟาร์มเมอร์ (Smart Farmer) และยกฐานะความเป็นอยู่ให้ดีขึ้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาสวนเห็ดจันทบุรี ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาฟาร์มเห็ดโดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ในการควบคุมสภาพแวดล้อม และดำเนินงานที่มีส่วนช่วยสนับสนุนให้ธุรกิจสมาชิกพัฒนาสู่สมาร์ทฟาร์มเมอร์ โดยผลการศึกษาปัจจัย ที่ทำให้เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farming Technology) สามารถดำเนินธุรกิจสินค้าเกษตรได้อย่างสำเร็จ และส่งเสริมการจัดการและส่งผ่านความรู้ (Knowledge Management and Transfer) โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศจากการวิจัยไปประยุกต์สู่การพัฒนาในทางปฏิบัติและให้ความสำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร ในการเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและ มาตรฐานสินค้านั้น

แนวคิด “สมาร์ทฟาร์ม” ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการผลิตโดยเน้นการประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ (Automatic /

Robotic System) และการพัฒนาองค์ความรู้ทางการผลิตโดยระบบการติดตามและเตือนภัยล่วงหน้า (Monitoring / Warning System) ในด้านการจัดการผลผลิตแนวคิดสมาร์ทฟาร์ม ให้ความสำคัญ กับระบบควบคุมผลผลิตให้มีความสม่ำเสมอทั้งปริมาณและคุณภาพ อาทิการวัดความชื้นและอุณหภูมิรวมทั้งการ ตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ซึ่งเป็นหลักการในการดูแลความปลอดภัยของสินค้าให้กับผู้บริโภค ที่ต้องใช้ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลกลาง (Center of Information) ที่มีความเชื่อมโยงทั้งห่วงโซ่คุณค่าของสินค้า (Value Chain) เป็นต้น ทั้งนี้การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้กับภาคการเกษตรถือว่า เป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย เกษตรกรต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ศึกษาวิธีการใช้และสร้างความยอมรับอีกทั้งเทคโนโลยีที่นำมาใช้ยังมีราคาสูง เกษตรกรรายย่อยยังไม่สามารถหาซื้อเองได้ ยกเว้นผู้ที่มีเงินทุนมากพอที่จะลงทุน และผลผลิตมีมูลค่าที่คุ้มกับการลงทุนในเทคโนโลยีนั้น [1] ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาสวนเห็ดจันทบุรี ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงเรือนเพาะปลูก

รูปแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับประเทศไทย มีงานวิจัยเรื่องรูปแบบโรงเรือนที่เหมาะสมกับประเทศไทย เป็นงานวิจัย เรื่อง การศึกษาการผลิตผักคุณภาพในโรงเรือน การผลิตผักคุณภาพเพื่อการค้า และ สถานภาพโรงเรือนสำหรับผลิตพืชในสภาพควบคุมสิ่งแวดล้อม ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกพืชในโรงเรือนเป็นหลัก โดยเน้นที่รูปแบบของโรงเรือนที่มีในประเทศไทย เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปถึงรูปแบบของโรงเรือนที่น่าจะเหมาะสมกับการปลูกพืชในประเทศไทย มีรายละเอียดเกี่ยวกับข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาโรงเรือนที่ใช้ผลิตพืชสวนในประเทศไทยด้วย การศึกษาลักษณะโรงเรือนที่ใช้ผลิตพืชสวนในหลากหลายสวน และหลากหลายภูมิประเทศ ใน 3 ภูมิภาคของประเทศไทย นำไปสู่การพัฒนาโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการผลิตพืชสวนในประเทศไทยได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ให้เข้ากับภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ความสูงจากระดับน้ำทะเล รวมถึงชนิดพืชและงบประมาณของเกษตรกร ที่สำคัญการประยุกต์แบบของโรงเรือน และการใช้วัสดุโรงเรือนในท้องถิ่น ซึ่งมีประเด็นสำคัญที่ได้เสนอแนะ มีดังนี้

ลักษณะของโรงเรือนที่เหมาะสมต่อเกษตรกรรายย่อย

1. โครงสร้างโรงเรือนในพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไป ควรมีเชือกรัดกากบาทระหว่างช่วงข้างที่สูง 3 เมตรขึ้นไป (รูปแบบทรงหลังคาเป็นครึ่งวงกลม) เสากลางอาจเป็นไม้ไผ่หรือท่อน้ำประปาขนาด 4 หุน และแนวแกนโครงหลังคาเป็นไม้ผ่าซีกต่อกันแบบรอดรูเสาข้างเป็นท่อพีวีซีกลาง ทำเป็นฐานสอดโครงไม้ไผ่ผ่าซีก หรือเหล็กท่อน้ำประปาดัดโค้ง สำหรับพลาสติกหลังคาควรม้วนขึ้นลงได้ หรือถอดเก็บได้ ผนังข้างติดพื้นลึกประมาณ 0.3 เมตร ควรมีตาข่ายเพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลายภายในโรงเรือน การติดตั้งควรพิจารณาทิศทางลมเป็นสำคัญ ต้องไม่ขวางลม ถ้าลมแรงควรลดความสูงลง และเพิ่มพื้นที่ด้านข้าง เพื่อให้ระบายลมได้ดีขึ้น หากมีหลายหลังติดต่อกัน ต้องทำรางน้ำให้ไหลตามลาดเอียง และต้องให้น้ำไหลเร็ว หรือน้ำควรไหลลงสองด้านความกว้างของรางน้ำขึ้นอยู่กับพื้นที่รับน้ำ (ความกว้างและความยาวของหลังคาโรงเรือน)

2. โครงสร้างของโรงเรือนในพื้นที่ที่มีระดับความสูงจากน้ำทะเล 1,000 เมตรลงมาประเด็นสำคัญต้องลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยวิธีทางธรรมชาติ ดังนั้นช่องระบายลมจึงมีความจำเป็นมาก ช่องระบายลมด้านบนจั่วควรมีขนาด 0.50-1.0 ม. โดยมีตาข่ายสีขาวปิดกันแมลงพลาสติกคลุมหลังคาพาดยาวกันฝนด้านบน ขณะที่ผนังด้านข้างปิดด้วยตาข่ายถี่ (ขนาด 2 มิลลิเมตร) สีขาว ตาข่ายด้านข้างควรฝังดินลึก 0.3 เมตร เพื่อป้องกันแมลงในดินเคลื่อนเข้าทำลายหากมีหลายหลังคาติดกัน ต้องทำรางน้ำให้ใหญ่ ความลาดเอียงต้องพอเหมาะที่ให้น้ำไหลเร็ว ขนาดของรางน้ำขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่รับน้ำฝน (ความกว้างและความยาวของโรงเรือน) ความสูงของโรงเรือนไม่ควรต่ำกว่า 2.50 เมตร (จากระดับดินถึงคานคอเสา) ส่วนหน้าจั่วที่ระบายอากาศอาจสูงตั้งแต่ 2-3 เมตร อย่างไรก็ตาม ความสูงทั้งหมดไม่ควรเกิน 6 เมตร ทั้งนี้เพื่อจะได้ลดแรงปะทะจากลม โดยภาพรวมแล้วโครงทั้งหมดตั้งแต่เสาจนถึงหน้าจั่วต้องแข็งแรง รับน้ำหนักวัสดุทั้งหมด (ทั้งระบบโรงเรือน ระบบน้ำ สายไฟและที่ยึดพืช

กับคาน) รวมทั้งรับแรงกดทับของลมที่ปะทะในพื้นที่นั้น ๆ ด้วยโรงเรือนทั้งหมด หากถอดประกอบได้ จะช่วยให้เกษตรกรมีทางเลือกมากขึ้นในการปรับโรงเรือนให้เหมาะต่อสภาพภูมิประเทศและต่อพืชมากขึ้น

โรงเรือนเพาะเห็ด

การสร้างโรงเรือนเพาะเห็ด ฟาร์มเห็ดจะทำโรงเรือนขนาด 4x9 เมตร เสากลางสูง 2.50 เมตร เสาด้านข้าง 1.60 เมตร ลาดเอียง 45 องศา วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ จะเน้นใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่นไม้ไผ่ ไม้ยูคา และไม้อื่น ๆ ที่พอหาได้และทนทาน เพื่อความประหยัดและมีในท้องถิ่น และโรงเรือนจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ โรงบ่มก้อนเชื้อ กับ โรงเพาะเห็ด (เก็บดอกเห็ด) โรงเรือน เมื่อสร้างเสร็จจะทำการฆ่าเชื้อโดย การโรยปูนขาวก่อน ถ้าจะให้ดีและความคงทนของไม้ให้พ่นยากันแมลงก่อนจะเป็นการดี

โรงบ่มก้อนเชื้อที่ดีไม่ควรผ่านการเป็นโรงเพาะเห็ดมาก่อน ถ้าโรงเรือนเดิมยังอยู่ในสภาพที่ยังใช้งานได้ดี ควรทำการฆ่าเชื้อโดยการเปิดหลังคาโรงเรือนเพื่อให้แสงแดดส่องและทำการโรยด้วยปูนขาว ทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน หรือมากกว่านั้นก็ได้ [2]

การมุงหลังคา ซึ่งโดยทั่วไปจะ มี 2 แบบ คือ

1. โรงเรือนเห็ดที่ชอบอากาศร้อนชื้น

2. โรงเรือนเห็ดที่ชอบอากาศเย็นชื้น เป็นโรงเรือนที่เหมาะกับ เห็ดนางฟ้า ภูฐาน ฮังกาลี หูหนู, ยานางิ โคนญี่ปุ่น และ เป๋าฮือ เป็นต้น

วัสดุที่ใช้สร้างโรงเพาะเห็ด

การสร้างโรงเรือนจะขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด ที่จะกล่าวถึง จะมี 2 แบบ

1. โรงเรือนสำหรับเห็ดที่ชอบอากาศร้อนชื้น เหมาะกับเห็ดขอนดำ เห็ดบด (เห็ดลม) เพราะเห็ดสองชนิดนี้จะชอบอากาศร้อนชื้นการคลุมหลังคาจะคลุมหลังคาสามชั้น ชั้นแรกเป็นแสลน ขนาด 60% หรือ 70% ชั้นที่สอง คลุมพลาสติกใสจะแบบบางหรือจะแบบบางหรือแบบหนาก็ได้ ชั้นที่สาม แสลน สรุปแล้วเป็นสามชั้น ส่วนรอบ ๆ จะใช้พลาสติกดำ เพราะเห็ดสองชนิดนี้จะชอบอากาศร้อนชื้น

2. โรงเรือนสำหรับเห็ดที่ชอบอากาศเย็นชื้นและเหมาะกับ เห็ดนางฟ้า (ภูฐาน) นางรม (ฮังกาลี) หูหนู ยานางิ (โคนญี่ปุ่น) เป๋าฮือ คลุมหลังคาด้วยใบจาก หรือ หญ้าคา ส่วนรอบจะใช้ พลาสติกดำ ใบจาก หญ้าคา กระสอบหรือแสลน 70%, 80%

การจัดวางก้อนเห็ดเข้าโรงเรือน

โรงเรือนขนาด 4x9 เมตร จะจุก้อนเชื้อเห็ดได้ประมาณ 4,600 ก้อน จะวางก้อนเห็ดในแนวนอน เพื่อให้เชื้อเห็ดเดินได้ดี และเป็นการประหยัดพื้นที่ หรืออาจจะพักเชื้อจากโรงพักเชื้อโดยวิธีการตั้งก็ได้ ส่วนแผงวางก้อนเห็ด ด้านข้างทั้งสองข้างจะวางเฉียงประมาณ 45 องศา ตรงกลางวางแผงให้เป็นรูปตัว A ขาทั้งสองข้างห่างกันประมาณ 30- 40 ซม. ช่องว่างระหว่างทางเดิน เว้นให้สามารถเดินเข้าออกได้สะดวก การสร้างโรงเรือนด้วยไม้ไผ่อาจจะไม่แข็งแรงทนทานเท่ากับการสร้างด้วยเหล็ก เพราะการเพาะเห็ดต้องมีการรดน้ำเห็ดทุกวัน การใช้ไม้ไผ่ จะมีการผุกร่อนได้ง่าย การเลือกใช้วัสดุก็ขึ้นอยู่กับเงินลงทุนและวัสดุที่มีในท้องถิ่นด้วย

รูปที่ 1 รูปแบบโครงสร้างเรือนเพาะเห็ดทดลอง

2.2 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโรงเรือนอัจฉริยะ

เกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) เป็นการทำเกษตรสมัยใหม่ในยุคโลกาภิวัตน์ ด้วยการใช้เทคโนโลยีหรือหุ่นยนต์ เครื่องจักร ฯลฯ ที่มีความแม่นยำสูงเข้ามาช่วยในการทำงาน โดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุดมีเป้าหมายเพื่อผลผลิตจำนวนมากที่ได้คุณภาพพร้อมเสิร์ฟเป็นอาหาร หรือใช้ในด้านอื่น ๆ เช่นเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำมัน เป็นต้น ในสถานการณ์แรงงานในประเทศที่พัฒนาแล้ว ที่แรงงานในภาคการเกษตรลดลง คนมีอายุมากขึ้น แต่ยังอยู่ในภาคเกษตร คนรุ่นใหม่สนใจการทำเกษตรน้อยลง แต่มนุษย์ยังจำเป็นในการบริโภคสินค้าเกษตรเพื่อการยังชีพและมีชีวิตต่อไป ทำให้ภาคเกษตรเริ่มมีการปรับตัวเองโดยการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาปรับปรุงการผลิตให้มี

ประสิทธิภาพมากขึ้น โดยผู้นำได้แก่ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส เยอรมนี ออสเตรเลีย เป็นต้น

แนวคิดการทำเกษตรอัจฉริยะ คือ การเกษตรแม่นยำสูง (Precision Agriculture หรือ Precision Farming) โดยเป็นการทำเกษตรที่เข้ากับสภาพพื้นที่โดยเน้นพื้นที่ที่ไม่ใช่พื้นที่เกษตรขนาดใหญ่ เน้นประสิทธิภาพในการเพาะปลูกตั้งแต่การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์จนถึงกระบวนการปลูกที่นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจวัดทั้งเรื่องของสภาพดิน ความชื้นในดิน แร่ธาตุในดิน ความเป็นกรดด่าง (หรือที่เรียกกันว่า ดินเค็ม/ดินเปรี้ยว) สภาพปริมาณแสงธรรมชาติ รวมถึงเรื่องศัตรูพืชต่าง ๆ บางประเทศมีการควบคุมสิ่งแวดล้อมผ่านการปลูกในโรงเรือน เพื่อป้องกันศัตรูพืชและสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้เข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำฟาร์มอัจฉริยะจะต้องมี 3 ด้าน [3] ด้วยกัน จึงจะทำให้ฟาร์มอัจฉริยะมีประสิทธิภาพ นั่นคือ

1. การระบุตำแหน่งพื้นที่เพาะปลูก
2. การแปรวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรงกับระยะเวลาของการเพาะปลูกพืช
3. การบริหารจัดการพื้นที่โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรและต้องเข้ากับการเพาะปลูกพืชในชนิดนั้น ๆ

การทำฟาร์มอัจฉริยะเป็นเรื่องของความแม่นยำเพื่อนำไปสู่การเพาะปลูกพืชที่เข้ากับพื้นที่บริเวณนั้น ผ่านการตัดสินใจบนข้อมูลที่ถูกต้อง โดยช่วยลดต้นทุนกระบวนการผลิต เพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ สร้างมาตรฐานการผลิต ควบคุมคุณภาพผลผลิตได้ตามที่ลูกค้าต้องการ ผลผลิตจึงได้ราคาสูงกว่าฟาร์มทั่วไป

ปัจจุบันความรู้ ทางด้านการเกษตรอัจฉริยะมีมากขึ้นในอินเทอร์เน็ต เพราะเป็นแนวโน้มที่สำคัญของการทำการเกษตรในศตวรรษที่ 21 หลายฟาร์มเริ่มมีการนำเอาเทคโนโลยี Precision Farming เพื่อควบคุมความแม่นยำทั้งการให้น้ำที่ถูกต้องทั้งปริมาณ ระยะเวลา ผ่านจากสมาร์ทโฟน และคอมพิวเตอร์ของฟาร์มเอง มีการนำเอาระบบเซนเซอร์มาควบคุมเพื่อวัดอุณหภูมิร่วมกับการปล่อยน้ำ เพื่อรักษาอุณหภูมิ รวมไปถึงการให้ปุ๋ยผ่านการพ่นน้ำ [4]

2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง

Internet of Things (IoT) หรือสรรพสิ่งออนไลน์ คือ การที่ทุกสรรพสิ่งจะสามารถเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างกันได้ เป็นการเชื่อมโยงการโดยเน็ตเวิร์คอินเตอร์เน็ต โดยสิ่งของและอุปกรณ์ต่าง ๆสามารถเชื่อมโยงระหว่างกันได้ ไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์ต่าง ๆ รถยนต์ บ้านเรือน หรือสิ่งอื่น ๆ โดยมีการฝังอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในสรรพสิ่งเหล่านั้น แล้วมีการทำงานของซอฟต์แวร์อีกทั้งเซ็นเซอร์ทำให้สามารถเชื่อมต่อกันและแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ IoT จะทำให้วัตถุต่าง ๆ สามารถรับรู้และสามารถควบคุมระยะไกลได้ผ่านเครือข่ายพื้นฐาน เป็นการสร้างโอกาสใหม่ในการผสมผสานของสิ่งต่าง ๆ ให้มาอยู่ในระบบคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำอันจะเป็นผลดีทางด้านเศรษฐกิจ เมื่อ IoT เป็นเสมือนตัวควบคุมระยะไกลและเป็นสิ่งกระตุ้นให้เทคโนโลยีมีความสมบูรณ์แบบและทรงพลังมากกว่าการเป็นแค่ระบบไซเบอร์ทางกายภาพทั่ว ๆ ไป ซึ่งก็จะมีส่วนประกอบและครอบคลุมไปด้วยเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น ระบบกริดอัจฉริยะ (Smart grids) ระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Homes) ระบบมันสมองของการคมนาคม (Intelligent Transportation) และระบบเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ซึ่งแต่ละอย่างมีความเป็นเอกเทศและเอกลักษณ์ของตัวเองในด้านอุปกรณ์ฝั่งข้างในและระบบคอมพิวเตอร์ แต่ก็สามารถที่จะทำงานร่วมกันภายใต้โครงสร้างพื้นฐานทางด้านอินเทอร์เน็ต ผู้เชี่ยวชาญได้มีการคาดการณ์ว่า IoT จะเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตคนราว 50 ล้านคนได้ในปี 2020 นี้ สรรพสิ่งในความหมายของ IoT นั้นสามารถบอกว่าสิ่งเหล่านั้นเป็น IoT หรือไม่ได้นั้นจากความมากมายหลากหลายของอุปกรณ์ เช่นเครื่องเฝ้าระวังหัวใจเทียม ดาวเทียมด้านการเกษตรอุปกรณ์ตรวจจับชายฝั่ง รถยนต์ที่ฝังอุปกรณ์เซ็นเซอร์ เครื่องวิเคราะห์ DNA อุปกรณ์ช่วยนักดับเพลิง ซึ่งนักวิชาการทแนะนำว่าอันไหนที่ควรเรียกว่าเป็น สรรพสิ่งหรือ IoT นั้นให้ดูว่ามีสิ่งเหล่านี้หรือไม่ คือ มีอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ มีซอฟต์แวร์ มีข้อมูลและมีการบริการ ถ้ามีครบตามนี้ก็เรียกว่าสรรพสิ่งหรือ IoT ได้ อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้นจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์แล้วสามารถส่งข้อมูลให้แก่กันระหว่างอุปกรณ์ได้อัตโนมัติ ปัจจุบันมีตัวอย่างของอุปกรณ์ในตลาดเช่น ระบบ

เครื่องวัดอุณภูมิอัจฉริยะในระบบชักอบแห้งที่มีการใช้ระบบไวไฟเพื่อการควบคุมระยะไกล ระบบบ้านอัจฉริยะ เป็นต้น

2.4 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ เป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานที่มีศักยภาพสูงในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถจำแนกออกเป็น 3 รูปแบบคือ การใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถจำแนกเป็น 2 แบบ คือ 1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ คือเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Standalone system) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) และ 2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ (Concentrating Solar Power) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบParabolic Troughs แบบCentral Receivers และแบบParabolic Dishesเทคโนโลยีทั้ง 3 แบบนี้จะทำการรวมแสงไว้ที่วัตถุรับแสงโดยใช้กระจกหรือวัสดุสะท้อนแสงและหมุนตามดวงอาทิตย์เพื่อสะท้อนแสงและส่งไปยังตัวรับแสงซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิสูง

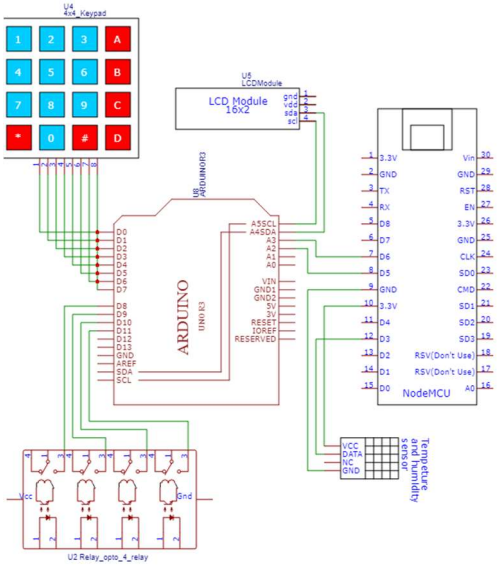
2.5 แผงโซล่าเซลล์

โซล่าเซลล์เป็นสิ่งประดิษฐ์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับการเปลี่ยนรูปพลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่สามารถนำมาใช้งานได้ทันทีเมื่อมีแสงอาทิตย์มาตกกระทบบนหน้าแผงโซล่าเซลล์ โดยค่าแรงดันและกระแสที่ได้จะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ที่มาตกกระทบ รวมไปถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของแผงโซล่าเซลล์ จากโรงงานของผู้ผลิต

หลักการทำงานทั่วไปของโซล่าเซลล์ [5-6] เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและโฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสองเมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น

3. วงจรการออกแบบและพัฒนาระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ที่นำเสนอ

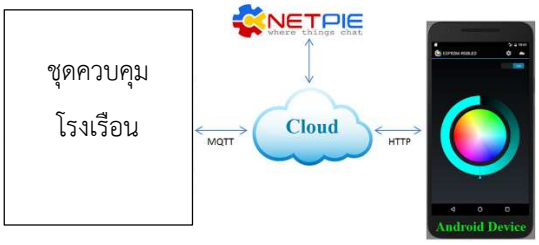
ในการค้นคว้าวิจัยผู้ศึกษาวิจัยกำหนดขอบเขตของเนื้อหาเฉพาะส่วนกระบวนความชื้น อุณหภูมิ ตั้งค่าระบบควบคุมการเปิดปิด ระบบน้ำ ทั้งระบบอัตโนมัติ โดยการพัฒนาการออกแบบชุดควบคุมในโรงเรือนเห็ด โดยสามารถตรวจวัดความชื้น อุณหภูมิ ตั้งค่าระบบควบคุมการเปิดปิดระบบน้ำ ทั้งระบบอัตโนมัติ โดยการออกแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 2



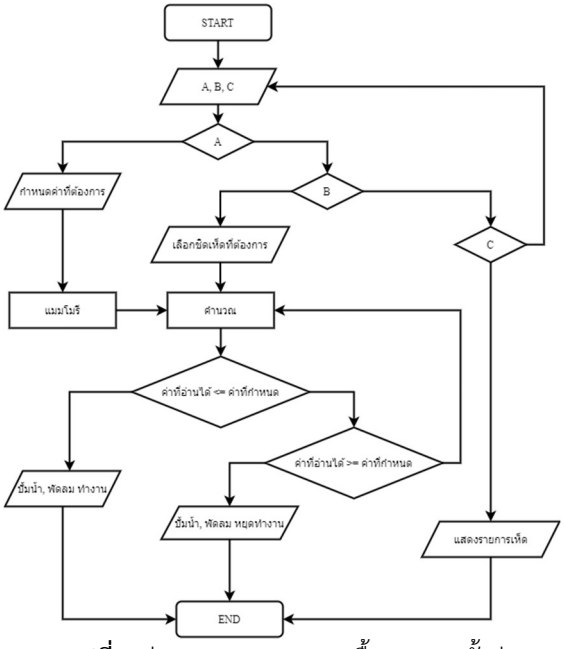
รูปที่ 2 ผังการเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดต่าง ๆ

3.1 พัฒนาโครงสร้างแอพพลิเคชั่น

ในขั้นตอนนี้ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาจัดระบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ การพัฒนาโปรแกรมควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน โดยสามารถรายงานดูรายรายงานความชื้น อุณหภูมิ ตั้งค่าระบบควบคุมการเปิดปิด ระบบน้ำ ทั้งระบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเชื่อมต่อระหว่างชุดควบคุมกับโปรแกรมสั่งการผ่านสมาร์ทโฟน



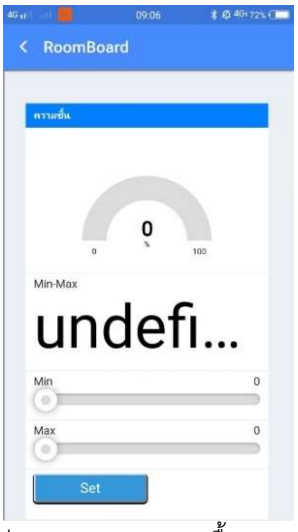
รูปที่ 4 ส่วนของรายงานความชื้นและการตั้งค่า

จากภาพที่ 3 ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบซึ่งจะประกอบไปด้วยชุดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดความชื้นในอากาศโดยจะใช้คอลโทลเลอร์ Node MCU เบอร์ MCP3008 เป็นตัวควบคุมการทำงานและประมวลผลค่าที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ เพื่อไปควบคุมการทำงานของชุดรีเลย์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิชท์ปิด-เปิด ปั๊มน้ำ และพัดลมระบายอากาศ ให้ทำงานการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จะใส่ในกล่องกันน้ำ ติดตั้งหน้าโรงเรือนเห็ด เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบค่าความชื้นโดยสามารถดูได้จากหน้าจอของกล่องอุปกรณ์หรือดูผ่านมือถือหรืออุปกรณ์พกพา และปั๊มน้ำแบบสปริงเกอร์แบบหมอก จะติดตั้งไว้ด้านหลังของโรงเรือนเปิดดอกเห็ดนางฟ้า ซึ่งหลักการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่ 4

3.2 ออกแบบและพัฒนาส่วนติต่อผู้ใช้

ออกแบบและพัฒนาส่วนติต่อผู้ใช้เพื่อการการบริหารจัดการฟาร์มเห็ด ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ นี้จะมีขนาดความกว้าง 1,024 พิกเซล เพื่อรองรับหน้าจอที่มีแนวโน้มว่าจะกว้างขึ้นในอนาคต โดยปรับให้ความสูงของแอพพลิเคชั่นมี ความยืดหยุ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาในแอพพลิเคชั่น โดยออกแบบหน้าแอพพลิเคชั่นเป็นสองรูปแบบใหญ่ๆคือ หน้าหลัก โดยจะแสดงผลแล้วผู้ใช้สามารถไลด์ดูข้อมูลได้เป็นส่วนๆ

1. ส่วนของรายงานความชื้นและการตั้งค่า

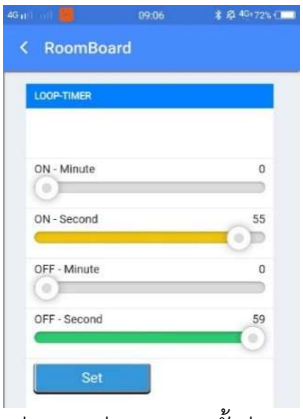


รูปที่ 5 ส่วนของรายงานความชื้นและการตั้งค่า

2. ส่วนของรายงานความอุณหภูมิ และการตั้งค่า

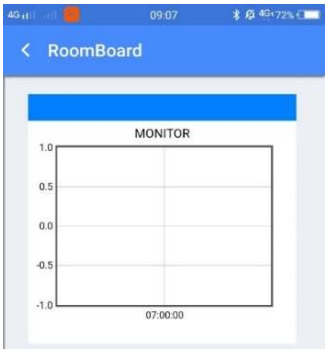
รูปที่ 6 ส่วนของรายงานความอุณหภูมิ และการตั้งค่า

3. ส่วนของการตั้งค่าการทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือน



รูปที่ 7 ส่วนของส่วนของการตั้งค่าการทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือน

4. ส่วนของการรายงานสถานะการทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือน



รูปที่ 8 ส่วนของการรายงานสถานการณ์ทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือน

5. ส่วนของควบคุมการทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือนแบบเปิดปิดด้วยมือ

รูปที่ 9 ส่วนของการรายงานสถานการณ์ทำงานของชุดควบคุมในโรงเรือน

4. ผลการจำลองการทำงาน

ในการทดสอบการทำงานของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้การทดสอบแบบ Blackbox Testing หรือการทดสอบแบบกล่องดำ ก็คือ การทดสอบที่ไม่คำนึงถึงคำสั่งภายในซอฟต์แวร์ (เปรียบเหมือนกล่องดำที่มองไม่เห็นอะไรข้างใน) เป็นการทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์ตามความต้องการ (Requirements) ที่มี โดยดูค่าผลลัพธ์ที่แสดงออกมา (Output) จากข้อมูลนำเข้า (Input) ที่ให้กับซอฟต์แวร์ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ ซึ่งถ้าโปรแกรมทำงานถูกต้องก็คือ Output ต้องสอดคล้องกันกับ Input นั่นเอง นำกล่องชุดควบคุมโรงเรือนที่จัดทำขึ้นเพื่อการการบริหารจัดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ติดตั้งระบบในโรงเรือนในสวนเห็ดจันทบุรี

ตารางที่ 1 แสดงการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์

อุณหภูมิ	ความชื้น	ฮีตเตอร์	ปั๊มน้ำ	พัดลมระบายอากาศ
<15	<80	on	off	off
<15	80-85	on	off	off
<15	>85	on	off	on
15-35	<80	off	on	off
15-35	80-85	off	off	off
15-35	>85	off	off	on
>35	<80	off	on	on
>35	80-85	off	off	on
>35	>85	off	off	on

จากตารางที่ 1 ผู้วิจัยได้ทำการควบคุมเซนเซอร์ให้ทำงานเพื่อให้อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมภายในโรงเรือนเพื่อให้เห็ดนางฟ้ามีผลการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น

5. สรุปผล

จากการทำวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ กรณีศึกษาสวนเห็ดจันทบุรี ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งานการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 30 คน ที่เป็นเพศชาย มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 และเพศหญิง มีจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 มีอายุต่ำกว่า 20 ปี มีจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67 อายุ 20-30 ปี มีจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 อายุ 31-40 ปี มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 อายุ 41-50 ปี มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และอายุมากกว่า 50 ปี มีจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.00 มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี มีจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.67 ระดับการศึกษาปริญญาตรี มีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 และระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี มีจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.33 ได้ผลการศึกษาความพึงพอใจโดยรวมในระดับดีมาก ถ้าพิจารณาเป็นรายด้านจะพบว่าด้าน Functional Requirement Test โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 ด้าน Functional Test โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.31 ด้าน Usability Test โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ด้านลักษณะการออกแบบอุปกรณ์ Hardware Test โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.25 และด้าน Security Test โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22

จากการทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ผลการศึกษาความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดีมากในทุก ๆ ด้าน โดยระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ระบบมีความรวดเร็วในการทำงาน รวมทั้งมีการรักษาความปลอดภัยในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ด ด้วยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในโรงเรือน รูปแบบของโปรแกรมที่มีคุณสมบัติเด่นในการสื่อความหมาย และใช้งานง่ายเหมาะสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ ซึ่งผู้พัฒนาได้วิเคราะห์และนำมาประยุกต์ใช้ให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานที่ได้ตั้งไว้ สามารถรองรับความต้องการ และการใช้งานของผู้ใช้งานได้หลากหลาย

โดยการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเรือนเพราะเห็ดภาพรวมของระบบการให้น้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด จากกรณีศึกษาพบว่าปัญหาของผลผลิตบางก้อนอาจเกิดจากเชื้อเห็ดภายในก้อนเห็ดที่เจริญเติบโตไม่ทั่วถึงเชื้อราในโรงเพาะเห็ดและระบบการให้น้ำตลอดจนไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเพาะเห็ดเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณผลผลิตเห็ดแต่ละชนิดไม่ได้ผลผลิตซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดผลจากการออกแบบและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมิความชื้นในโรงเพาะเห็ดที่ได้จัดทำขึ้นนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยทาการปรับตั้งค่าทั้งสองจากชุดควบคุมซึ่งสามารถปรับตั้งค่าได้ตามการใช้งานจริงเพื่อให้ตรงตามความต้องการของเห็ดแต่ละชนิดทำให้ผลผลิตเห็ดที่ได้ออกอย่างสม่ำเสมอสามารถประหยัดเวลาในการให้น้ำในโรงเพาะเห็ดและทำงานสัมพันธ์ร่วมกับพัดลมระบายอากาศ

ที่ติดตั้งภายในโรงเพาะเห็ดทำให้อากาศในโรงเพาะเห็ดเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิโดยรอบได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจากอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเพาะเห็ดสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงเรือนอื่น ๆ ได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] C. Thirawanutpong and S. Angwattanakit, "Study model the mushroom farm management with solar energy technology," in Proceeding of 7th Phayao Research Conference., Phayao Thailand, January 25-26, 2018, pp 1494-1507 (in Thai).

[2] T. Sorat. Industry 4.0, THE NEXT INDUSTRIAL REVOLUTION. [Online]. (2017). [Cited August 16, 2018]. Available: https://www.harvardasia.co.th/wp-content/uploads/2017/01/industry4.0.pdf.

[3] N. Treerat. Adaptation of the government in the digital economy and society [Online]. (2016). [Cited August 16, 2018]. Available: https://www.dga.or.th/upload/download/file_853f58e0a0f988e4e5703933385f2613.pdf.

[4] P. Paiboonrat. Potential of Smart Farm Application in Thailand. [Online]. (2016). [Cited August 16, 2018]. Available: http://www.clinictech.ops.go.th/online/filemanager/fileclinic/F1/files/SmartAG-roiet.pdf.

[5] S. jaransuk. Mushroom cultivation guide. Bangkok: Pechkarat Publishing, 1994 (in Thai).

[6] S. Arisariyawong "A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental Monitoring in Greenhouses," Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering Srinakharinwirot University, Nakhon Nayok, 2010 (in Thai).