การพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

สุชาติ ดุมนิล
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
E-mail : linesky0007@gmail.com

วันที่รับบทความ 16 กันยายน 2565
วันแก้ไขบทความ 23 ธันวาคม 2565
วันตอบรับบทความ 26 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ หาคุณภาพและประสิทธิภาพระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติสู่เกษตรกร กระบวนการวิจัยได้ดำเนินการโดยการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน จากนั้นนำไปพัฒนารูปแบบระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ เสร็จแล้วก็นำไปประเมินกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นคณาจารย์ นักศึกษา เจ้าหน้าที่ และเกษตรกร จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินระดับการพัฒนาความเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 และเมื่อประเมินหาคุณภาพของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ที่พัฒนาตามรูปแบบ พบว่า คุณภาพของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติอยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.41 และเมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และกลุ่มตัวอย่างที่ได้แสดงความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานของระบบที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับคุณภาพมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.41 ซึ่งมีวิธีดำเนินการของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของเซ็นเซอร์อุณหภูมิ DHT22 ให้ไปควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำในโรงเรือนหรือสวนผักที่มีการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ตามค่าที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นจึงสรุปผลการวิจัยได้ว่า รูปแบบการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยประหยัดเวลา และแรงงาน สร้างความสะดวกสบายและแบ่งเบาภาระของเกษตรกรในการควบคุมสั่งเปิด-ปิดระบบน้ำผ่านสมาร์ทโฟนได้ทุกที่ทุกเวลา และช่วยควบคุมอุณหภูมิในอากาศได้อย่างมีคุณภาพและสามารถเพิ่มผลผลิตของสวนผักหรือโรงเรือนที่ปลูกผักได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ปั๊มน้ำ เซลล์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิ อัตโนมัติ

Development of automatic photovoltaic pumping system

SUCHAT DUMNIL
Faculty of Industrial Technology Surindra Rajabhat University
E-mail : linesky0007@gmail.com

Received 16 September 2022
Revised 23 December 2022
Accepted 26 December 2022

ABSTRACT

This research. The objective is to develop a model of automatic photovoltaic water pumping system. Find out the quality and efficiency of automatic photovoltaic pumping systems and study the user's satisfaction with the use of automatic photovoltaic pumping systems to farmers. The research process was carried out by the development of an automated photovoltaic pumping system. Evaluated by 5 experts and then developed a model for automatic photovoltaic pumping system. And then it's evaluated with a sample of faculty members. 30 students, staff and farmers were acquired by specific selection, collected and analyzed with average statistics and standard deviations. The results showed that experts assessed the level of development as optimal. The total average is 4.68 and the standard deviation is 0.46 The standard deviation is 0.41, and when tested for the efficiency of the automatic photovoltaic pumping system. It has an average of 100, which has hypothetical performance, and the sample shows the user's satisfaction with the use of the improved system at the highest level of quality. The standard deviation is 0.41, which is how the automatic photovoltaic pumping system is carried out. By connecting the device of the DHT22 temperature sensor to control the operation of the pump in the greenhouse or vegetable garden where the sensor system is installed. to control the temperature to the specified value. Therefore, it can be concluded that the development of automatic photovoltaic pumping systems can save time and labor. It creates convenience and eases the burden on farmers to control and turn on and off their water system via smartphone anytime, anywhere, and helps to control the air temperature in a quality way and increase the productivity of vegetable gardens or greenhouses.

Keywords: Water Pump, Photovoltaic, Temperature, Automatic

1.บทนำ

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีผลผลิตทางการเกษตรรวมถึงผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงสามารถใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน ข้าวข้าวโพด เป็นต้น โดยการแปรรูป ชานอ้อย ใยและกะลาปาล์ม แกลบ และซังข้าวโพด เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าและพลังงานความร้อนสำหรับใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม ส่วนกากน้ำตาล น้ำอ้อย และมันสำปะหลังใช้ผลิตเอทานอล และน้ำมันปาล์ม และสเตรินใช้ผลิตไบโอดีเซล เป็นต้น กระทรวงพลังงานจึงมียุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนจากพืชพลังงานเหล่านี้ เพื่อจะได้เป็นตลาดทางเลือกสำหรับผลิตผลการเกษตรไทย ซึ่งจะสามารถช่วยดูดซับผลผลิตทางการเกษตรและช่วยทำให้ราคาผลผลิตการเกษตรมีเสถียรภาพ และภาครัฐไม่ต้องจัดสรรงบประมาณมาประกันราคาพืชผลผลิตดังกล่าว ประกอบกับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนจากพืชพลังงานเป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจหรือเกือบคุ้มทุนหากได้รับการสนับสนุนอีกเพียงเล็กน้อยจากภาครัฐบาล นอกจากนี้ประเทศไทยยังมีแหล่งพลังงานจากธรรมชาติที่จัดเป็นพลังงานหมุนเวียน เช่น ไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก พลังลม และพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถใช้ผลิตพลังงานทดแทนได้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2559)

โดยเฉพาะระบบสูบน้ำด้วยระบบโซลาร์เซลล์เป็นการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากแผงโซลาร์เซลล์อีกวิธีหนึ่ง โดยการนำเอาไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์มาใช้เพื่อการสูบน้ำด้วยวิธีที่ไม่ซับซ้อน เพียงต่อสายไฟจากแผงโซลาร์เซลล์เข้ากับปั๊มน้ำสูบน้ำชนิดไฟฟ้ากระแสตรง ระบบก็พร้อมที่จะทำงาน ซึ่งเมื่อมีแสงแดดส่องไปบนแผงโซลาร์เซลล์ ระบบก็จะทำงานทันที ข้อดีของระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์นี้คือ ติดตั้งได้ง่ายและไม่เป็นภาระในการใช้งานทั้งนี้เนื่องจากระบบจะทำงานได้เองแบบอัตโนมัติโดยขึ้นกับปริมาณแสงแดด และระบบสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ยังสามารถออกแบบให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันได้ด้วย (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค). 2555)

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในทุกสาขาอาชีพ ไม่เว้นแม้แต่อาชีพเกษตรกรรม ซึ่งจัดเป็นอาชีพหลักของประเทศไทยแต่เป็นที่น่าแปลกใจว่า งานวิจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนใหญ่กลับไม่ได้เกื้อหนุนต่ออาชีพเกษตร ซึ่งเป็นอาชีพหลักของคนไทยมากนัก อาชีพเกษตรกรยังคงเป็นอาชีพที่ต้องใช้การจัดการแบบในอดีต คือ ต้องเดินตรวจสวน ใส่ปุ๋ยตามเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้คำนึงถึงธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินก่อนแล้ว การจัดการโรคแมลงเมื่อเจอปัญหาการระบาด และอาจจะใช้สารเคมีเกินอัตราความจำเป็นที่ต้องใช้ อีกทั้งยังประสบปัญหาด้านราคาผลผลิตตกต่ำในขณะที่ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ปัญหาด้านกระบวนการจัดการ การดูแลรักษา การจัดการโรคแมลง การเก็บเกี่ยวและการจำหน่ายผลผลิต ล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาที่สำคัญในการทำการเกษตรทั้งสิ้นรวมไปถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่นดิน น้ำ แสงแดด อากาศ และทรัพยากรที่ต้องเพิ่มเติมเข้าไป เช่น ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช ถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการผลิตทางการเกษตรการผลิตสินค้าเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีปัจจัยการผลิตที่ดีร่วมกับระบบการจัดการที่ดี การตัดสินใจว่าควรปลูกพืชชนิดใด เลี้ยงสัตว์ชนิดใด และใช้ปัจจัยการผลิตชนิดใดที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้น ก็นับเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตทางการเกษตร แต่ในปัจจุบันกลับพบว่างานวิจัยทางด้านการเกษตรของไทยไม่ได้ก้าวตามโลกที่ได้ข้ามไปสู่ยุค IT (Information Technology) ซึ่งแตกต่างจากประเทศที่พัฒนาแล้วที่ให้ความสำคัญกับงานวิจัยในศาสตร์ที่จะทำให้การเกษตรกรรมของศตวรรษที่ 21 เป็นอาชีพที่ทันสมัย (ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2550) โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์และผสมผสานกับเทคโนโลยีด้านอื่น ๆเช่น คอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ไอที สื่อสารเซ็นเซอร์เทคโนโลยีชีวภาพ ดาวเทียม รวมทั้งนาโนเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการฟาร์ม ซึ่งจะส่งผลให้การทำฟาร์มในรูปแบบเดิมก้าวข้ามไปสู่ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) หรือที่ได้รับการขนานนามว่า “ฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ” (Precision Farm) (Soni, Mandloi,& Jain. 2011)

นอกจากนั้น การทำระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติควบคุมด้วยแอพพลิเคชันนั้น ได้จัดทำโดยโปรแกรม Arduino ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีไว้สำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อป้อนข้อมูลลงแผงวงจร อีกทั้งยังมีการนำเซนเซอร์วัดอุณหภูมิมาวัดอุณหภูมิ เพื่อรดน้ำเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนดไว้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ส่งข้อมูลผ่านคลาวน์ (Cloud) และแสดงข้อมูลบนสมาร์ทโฟนได้ผ่านอินเทอร์เน็ต มาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่า อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในระบบควบคุม เพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นโดยที่ค่าของอุณหภูมิและ ความชื้น ภายในระบบเพาะปลูกจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้การดูแลระบบ สมาร์ทฟาร์มเป็นไปอย่างอัตโนมัติและมีประสิทธิภาพ (ชัญญา ไทยเจริญ และคณะ. 2562)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัย จึงเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานทดแทน หรือพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำมาปรับใช้กับเทคโนโลยี IoT แบบผสมผสานทางการเกษตร เช่น การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมกับการปลูกพืช การควบคุมระบบน้ำและ การใช้พลังงานทดแทนเพื่อลดค่าใช้จ่าย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติขึ้น เพื่อที่จะได้นำมาใช้ประโยชน์ในทางด้านการเกษตร ลดปัญหาในเรื่องของแรงงาน และยกระดับเกษตรกรสู่การเกษตรสมัยใหม่ เพื่อเสริมสร้างรายได้ให้ยั่งยืนยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาความเหมาะสมของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

2.2 เพื่อหาคุณภาพจากแบบประเมินของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

2.3 เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

2.4 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อการใช้งานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติสู่เกษตรกร

3. วิธีการวิจัย

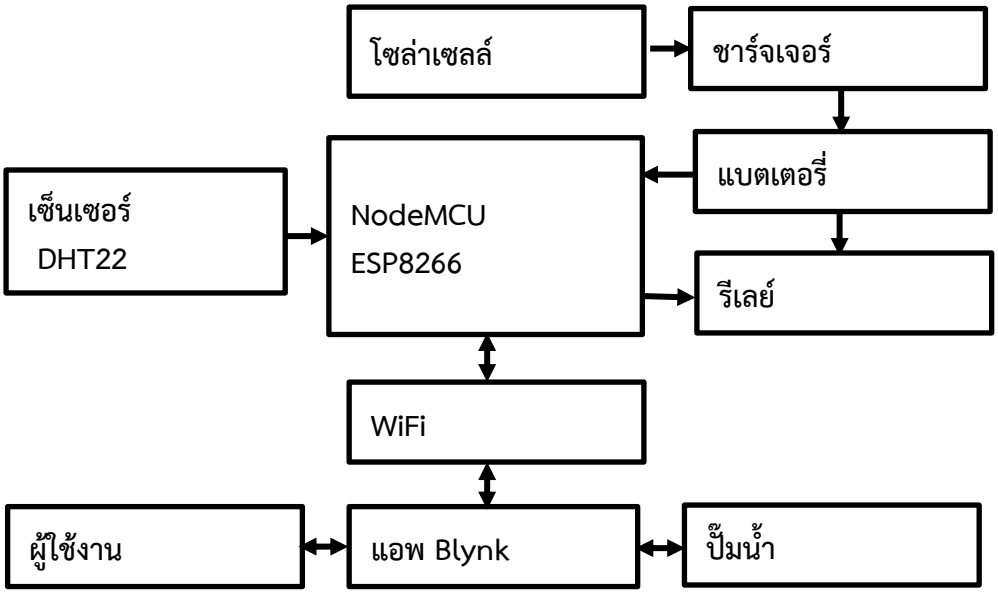
ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดของการดำเนินการวิจัย ตามลำดับขั้นตอน สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยการ ศึกษาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานเพื่อมาพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

3.2 จัดทำแบบประเมิน ผู้วิจัยจัดทำแบบประเมินเป็น 3 ชุด โดยแบ่งเป็นแบบประเมินผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ชุดและแบบประเมินของผู้ใช้งาน จำนวน 1 ชุด

3.3 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินตามรายละเอียด โดยนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแล้วจึงนำมาแก้ไขและปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3.4 ออกแบบระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติโดยการเชื่อมต่อระบบ เช่น การต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิด้วย DHT22 เข้าที่บอร์ด Arduino NodeMCU ESP8266 และการต่อแผงโซล่าเซลล์ เข้ากับชาร์จเจอร์ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ ให้เป็นแรงดัน 12 หรือ 24 โวลต์ สำหรับชาร์จลงแบตเตอรี่ และป้อนไฟให้กับวงจร Relay (รีเลย์) เพื่อไปควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำไปยังโรงเรือนหรือ สวนผักของระบบต่อไป



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมหลักการทำงานของระบบ

3.5 นำระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ไปทดลองในสถานการณ์จำลอง โดยการจำลองอุณหภูมิในการปรับสภาพอากาศด้วยการพ่นละอองน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิในอากาศให้ตรงกับค่าอุณหภูมิที่กำหนดและทดลองให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้

3.6 นำระบบให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบคุณภาพ และแบบประเมินความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ เพื่อหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบประเมินเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.7 นำระบบให้ผู้ใช้งานประเมินความพึงพอใจโดย ใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 30 คน ในการประเมินระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยให้ผู้ใช้งานตอบแบบประเมินเพื่อหาความพึงพอใจและนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

3.8 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล เพื่อตรวจสอบคุณภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

3.9 ผู้วิจัยทำการเผยแพร่และประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่สนใจในระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

รูปที่ 2 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่สนใจในระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประเมินการพัฒนาความเหมาะสมขององค์ประกอบรูปแบบของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการพัฒนาความเหมาะสมขององค์ประกอบรูปแบบของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

องค์ประกอบของรูปแบบ	ระดับความเหมาะสม		
	$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
1.ด้านโครงสร้าง			
1.1 การออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
1.3 การจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.80	0.33	มากที่สุด
2.ด้านเทคโนโลยี			
2.1 การติดตั้งระบบซอฟต์แวร์	4.40	0.55	มากที่สุด
2.2 การติดตั้งระบบฮาร์ดแวร์	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3 การติดตั้งระบบสื่อสาร	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.53	0.54	มากที่สุด
3.ด้านการติดตั้งระบบจัดการ			
3.1 การสั่งระบบตั้งเวลาในทำงาน	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 การสั่งระบบรีเลย์ในการทำงาน	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 การวัดค่าอุณหภูมิ	4.80	0.45	มากที่สุด
3.4 การวัดค่าความชื้นในอากาศ	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70	0.49	มากที่สุด

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบของรูปแบบ	ระดับความเหมาะสม		
	$\bar{X}$	S.D.	ความเหมาะสม
4.ด้านการใช้งานระบบจัดการ			
4.1 การใช้ระบบตั้งค่าเวลาในการทำงาน	4.80	0.45	มากที่สุด
4.2 การใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์	4.60	0.55	มากที่สุด
4.3 การแสดงค่าการวัดอุณหภูมิ	4.60	0.55	มากที่สุด
4.4 การแสดงค่าการวัดความชื้นในอากาศ	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70	0.49	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.68**	**0.46**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินการพัฒนาความเหมาะสมขององค์ประกอบรูปแบบของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.68 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46

4.2 ผลการประเมินคุณภาพของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ตารางที่ 2 แบบประเมินคุณภาพของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		
	$\bar{X}$	S.D.	คุณภาพ
การออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม	5.00	0.00	มากที่สุด
การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
การจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
การติดตั้งระบบและแอพพลิเคชั่นของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
ความสะดวกต่อการซ่อมบำรุงระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
ความแม่นยำในการสั่งงานของระบบ	4.80	0.45	มากที่สุด
ความเร็วในการประมวลผลของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
ความสะดวกในการใช้งานระบบ	5.00	0.00	มากที่สุด
ความเสถียรภาพการทำงานของระบบ	4.40	0.55	มากที่สุด
ความสามารถการทำงานของระบบโดยรวม	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.66	0.41	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 คุณภาพของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของระบบโดยรวม ในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.41

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ตารางที่ 3 การหาประสิทธิภาพโดยการทำงานของแอพพลิเคชั่นระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ลำดับ	เลือกโหมดการทำงาน			หมายเหตุ
	การควบคุมอัตโนมัติ	การควบคุมเอง		
		กดปุ่ม (เปิด-ปิด) รีเลย์ที่ 1	กดปุ่ม (เปิด-ปิด) รีเลย์ที่ 2	
1	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำการเชื่อมต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตในการทำงาน
2	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
3	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
4	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
5	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
6	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
7	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
8	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
9	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
10	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
ผลรวม	**10**	**10**	**10**	
ค่าร้อยละ	**100**	**100**	**100**	

หมายเหตุ ทำงาน หมายถึงเท่ากับ 1
ไม่ทำงาน หมายถึงเท่ากับ 0

จากตารางที่ 3 ผลการหาประสิทธิภาพโดยการทำงานของแอพพลิเคชั่นระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของแอพพลิเคชั่นโดยรวม มีค่าร้อยละเท่ากับ 100

ตารางที่ 4 การหาประสิทธิภาพโดยการตั้งอุณหภูมิในการทำงานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

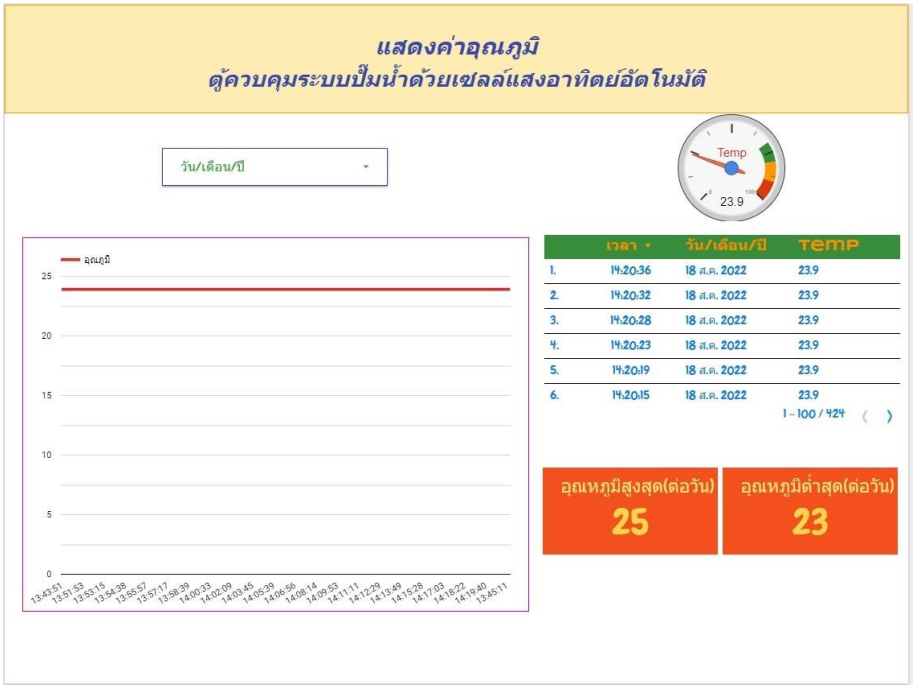
ลำดับ	การตั้งอุณหภูมิ (เปิด) สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส		การตั้งอุณหภูมิ (ปิด) ต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส		หมายเหตุ
	รีเลยที่ 1	รีเลยที่ 2	รีเลยที่ 1	รีเลยที่ 2	
1	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำการเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตในการทำงาน
2	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
3	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
4	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
5	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
6	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
7	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับ	การตั้งอุณหภูมิ (เปิด) สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส		การตั้งอุณหภูมิ (ปิด) ต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส		หมายเหตุ
	รีเลยที่1	รีเลยที่ 2	รีเลยที่ 1	รีเลยที่ 2	
8	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำการเชื่อมต่อระบบอินเตอร์เน็ตในการทำงาน
9	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
10	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	ทำงาน	
ผลรวม	**10**	**10**	**10**	**10**	
ค่าร้อยละ	**100**	**100**	**100**	**100**	

หมายเหตุ ทำงาน หมายถึงเท่ากับ 1
ไม่ทำงาน หมายถึงเท่ากับ 0

จากตารางที่ 4 ผลการหาประสิทธิภาพโดยการตั้งอุณหภูมิในการทำงานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า ประสิทธิภาพของการตั้งอุณหภูมิการทำงานโดยรวม มีค่าร้อยละเท่ากับ 100 โดยสามารถดูการแสดงค่าอุณภูมิของตู้ควบคุมระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ใน google studio รูปที่ 3



รูปที่ 3 การแสดงค่าอุณภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน ของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ด้วย google studio

4.4 ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้ระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

ตารางที่ 5 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	ความพึงพอใจ
1.ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี IoT			
1.1 เทคโนโลยี IoT มีความจำเป็นและสำคัญในยุคปัจจุบันทำให้มีความสะดวกสบายยิ่งขึ้น	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมดูแลสั่งงาน การทำงานของระบบต่าง ๆ ได้ จากทุกทีทุกเวลา ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้	5.00	0.00	มากที่สุด
1.3 เทคโนโลยี IoT มีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของคนในยุคปัจจุบัน	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.80	0.33	มากที่สุด
2.ด้านความสามารถของระบบ			
2.1 สามารถวัดค่าอุณหภูมิได้	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 สามารถสั่งการรดน้ำได้	4.60	0.55	มากที่สุด
2.3 สามารถตั้งเวลาในการทำงานได้	4.80	0.45	มากที่สุด
2.4 สามารถใช้งานระบบหรือสั่งการผ่านสมาร์ทโฟนได้จากทุกที่ทุกเวลาที่มีการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.75	0.39	มากที่สุด
3.ด้านประโยชน์และการใช้งาน			
3.1 ระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ เป็นการนำเทคโนโลยี IoT ใช้สั่งการควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์ ทำให้ผู้ใช้งานสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 ช่วยให้เกษตรกรมีการจัดการที่ดีขึ้น ประหยัดเวลาและแรงงานในการดูแลฟาร์มผ่านสมาร์ทโฟนได้	4.40	0.55	มากที่สุด
3.3 ระบบช่วยควบคุมอุณหภูมิในอากาศได้อย่างมีคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพการดูแลรักษาผลผลิต	4.60	0.55	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.60	0.51	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.72**	**0.41**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 5 แบบประเมินความพึงพอใจการใช้งานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยรวมพบว่า มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41

อภิปรายผลและสรุปผล

5.1 อภิปรายผล

ผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น พบว่าการพัฒนาความเหมาะสมขององค์ประกอบรูปแบบระบบจัดการของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมในระดับการพัฒนาความเหมาะสมที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.46 โดยที่ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของด้านโครงสร้าง พบว่า มีระดับความเหมาะสมในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 รองลงมา ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของด้านการติดตั้งระบบจัดการ มีระดับความเหมาะสมในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 และค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของด้านการใช้งานระบบจัดการ มีระดับความเหมาะสมในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49 ตามลำดับ

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อคุณภาพของระบบควบคุมปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ผู้เชี่ยวชาญโดยรวมมีความคิดเห็นต่อคุณภาพในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 โดยที่ความคิดเห็นต่อคุณภาพ ด้านการออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม มีระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 5.00 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00

ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยรวม พบว่าประสิทธิภาพการทำงานของแอพพลิเคชั่นและประสิทธิภาพของการตั้งเวลาการทำงานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ของสมมุติฐานที่ตั้งไว้

ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบควบคุมของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า โดยรวมมีความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุดที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41โดยที่ด้านความสำคัญของเทคโนโลยี IoT มีความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33

จากผลการวิจัยการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ดังกล่าว เป็นไปตามที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (กาญจนาพร เตียวเจริญกิจ และนฤมล อ่อนเมืองดง. 2561) เรื่อง การพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว 2) เพื่อหาคุณภาพของระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรกรชาวไร้อ้อยที่มีต่อระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว ซึ่งพบว่า ระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัวที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์คุณภาพความเหมาะสมในระดับมากที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 ความพึงพอใจของเกษตรกรชาวไร้อ้อยที่มีต่อระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.74 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ(คณุตฆ์ แซ่ม้ำ และคณะ. 2561) เรื่อง ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ 2) เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ ซึ่งพบว่า ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ ผ่านเซนเซอร์วัดความชื้นในดินและส่งสัญญาณข้อมูลกลับไปยังตัวรับแบบไร้สาย โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน โดยติดตั้งเซนเซอร์ในบริเวณแปลงเพาะปลูกจำลองสำหรับตรวจวัดค่าความชื้นในดิน จากนั้นส่งค่าการตรวจวัดผ่านโมดูลสื่อสารไร้สายในคลื่นความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวหลัก เพื่อทำการประมวลผลว่าควรจ่ายน้ำหรือไม่และทำการควบคุมให้ระบบจ่ายน้ำเพื่อรดน้ำให้กับแปลงผักอัตโนมัติ ผลการทดสอบระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ โดยรวมสามารถทำงานได้

5.2 สรุปผล

ผลการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ ที่หาการพัฒนาความเหมาะสมขององค์ประกอบของรูปแบบ ประกอบด้วยแนวคิดและหลักการมีความสอดคล้องสัมพันธ์กันกับวัตถุประสงค์ การครอบคลุมตามองค์ประกอบหลักของรูปแบบการพัฒนาระบบของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ และองค์ประกอบของ

รูปแบบพบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นต่อการพัฒนาความเหมาะสมของระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ โดยรวมมีระดับการพัฒนาความเหมาะสมที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.46 โดยพบว่า องค์ประกอบของรูปแบบด้านโครงสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์มีความเหมาะสมโดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของด้านโครงสร้าง พบว่า มีระดับการพัฒนาความเหมาะสมในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 รองลงมาพบว่า องค์ประกอบของรูปแบบด้านการติดตั้งระบบการจัดการ ซึ่งประกอบไปด้วย การสั่งระบบตั้งเวลาในทำงาน การสั่งระบบรีเลย์ในการทำงาน การวัดค่าอุณหภูมิ และการวัดค่าความชื้นในอากาศ โดยมีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมของด้านการติดตั้งระบบการจัดการ พบว่า มีระดับการพัฒนาความเหมาะสมในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.70 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.49

ผลการประเมินหาคุณภาพระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นโดยรวมมีระดับความคิดเห็นต่อคุณภาพที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.41 โดยพบว่า การออกแบบโครงสร้างมีความเหมาะสม มีระดับความคิดเห็นที่มากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.00 รองลงมาพบว่าความสะดวกในการใช้งานระบบ ระดับความคิดเห็นคุณภาพโดยรวมพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.00 และด้านความแม่นยำในการสั่งงานของระบบ มีระดับความคิดเห็นที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของแอพพลิเคชั่นโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ของสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และประสิทธิภาพของการตั้งเวลาการทำงานโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ของสมมุติฐานที่ตั้งไว้

ผลการประเมินความพึงพอใจของการพัฒนาระบบปั๊มน้ำด้วยเซลล์แสงอาทิตย์อัตโนมัติ พบว่า ผู้ใช้งานโดยรวม มีระดับความพึงพอใจที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ย 4.72 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.41 โดยพบว่า ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในด้านความสำคัญของเทคโนโลยี IoT มีความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 รองลงมา ด้านความสามารถของระบบมีความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.39 และด้านประโยชน์และการใช้งานมีความพึงพอใจในระดับที่มากที่สุด ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.51

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้

6.1.1 การทำงานของระบบควรเพิ่มอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ที่สามารถวัดความชื้นในดินตามชนิดของพืชที่แตกต่างกันได้

6.1.2 การทำงานของระบบยังไม่มีการตั้งเวลาและรายงานผล ในการนำเอาข้อมูลต่างๆ มาวิเคราะห์เพื่อให้เกิดประมวลผลด้วยภาพได้

6.1.3 การทำงานของระบบยังไม่สามารถสั่งควบคุมการปรับระดับน้ำได้ ซึ่งส่งผลให้น้ำที่จ่ายไปไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่พืชต้องการได้

6.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

6.2.1 ควรเพิ่มอุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน เพื่อให้สามารถวัดความชื้นในดินตามชนิดของพืชที่แตกต่างกัน

6.2.2 ควรพัฒนาให้ระบบมีการตั้งเวลาและรายงานผล เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ และพัฒนาต่อยอดให้เกิดการวิเคราะห์ประมวลผลด้วยภาพต่อไป

6.2.3 ควรพัฒนาให้ระบบสามารถปรับระดับปริมาณการให้น้ำของพืชตามแต่ละชนิดที่พืชต้องการ โดยสามารถควบคุมการสั่งการแบบการตั้งค่าปริมาณน้ำผ่านสมาร์ทโฟนได้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2559). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2.** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน.

กาญจนาพร เตียวเจริญกิจ และนฤมล อ่อนเมืองดง. (2561). **การพัฒนาระบบควบคุมเกษตรอัจฉริยะโดยใช้คอมพิวเตอร์แบบฝังตัว**. พระนครศรีอยุธยา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

คณุตม์ แซ่ม้ำ และคณะ. (2561). **ระบบรดน้ำแปลงผักอัตโนมัติ.** สาขาวิชา เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ชัญญา ไทยเจริญ และคณะ. (2562). **ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติและแอพพลิเคชันควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ**. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอรรถวิทย์พณิชยการ.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2550). ฟาร์มอัจฉริยะ ตอนที่ 1. **วารสารอัพเดท**. 22 (241) : 93-96.

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค). (2555). **คู่มือระบบสูบน้ำด้วยระบบโซล่าเซลล์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **https://shorturl.asia/decLr**. สืบค้นวันที่ 19 มิถุนายน 2565.

Soni, S., Mandloi, S., & Jain, J. K. (2011, March). Zig bee based farming using sensor-based wirelessmesh networks. **Proceeding of The 5th National Conference; INDIACom - 2011: ComputingFor Nation Development**. New Delhi: Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applicationsand Management.