การพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

Development of automatic irrigation controller system using wireless sensor to increase sugarcane production

สิทธิโชค พรรค์พิทักษ์[1], กาญจนา ดงสงคราม[2*], ศศิธร อ่อนเหลา[3], กฤตภาส ยุทธอาจ[4], และ อุดมศักดิ์ พิมพ์พาศรี[5]

Sittichok Punpitak[1], Kanjana Dongsongkram[2*], Sasiton OnLoa[3], Krittapat Yuttaart[4], and Udomsak Pimpasi[5]

คณะเทคโนโลยีการเกษตร[1,4], คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ[2,5] และ คณะมนุษศาสตร์และสังคมศาสตร์[3]
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
Faculty of Agricultural Technology, Faculty of Information Technology, Faculty of Humanities and Social Sciences
Rajabhat Maha Sarakham University
E-Mail kanjana.do@rmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของเกษตรที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ 2) แบบบันทึกการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ และ 3) แบบสอบถามความพึงพอใจการทดสอบประสิทธิภาพของระบบด้วยการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ ดังต่อนี้ 1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และ 2) ค่าความชื้นในดิน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่า มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ (1) ส่วนรับค่า (2) ส่วนควบคุมและสั่งการ และ (3) ส่วนอุปกรณ์ ที่แสดงผลการทำงานของระบบผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ตามความต้องการของกลุ่มเกษตรกรปลูกอ้อยคั้นน้ำ และ 2) ประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่า มีการแสดงผลได้ดังนี้ (1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 – 100 (°C) ค่าความเหมาะสมกับอ้อยคั้นน้ำจะอยู่ช่วงระหว่าง 30 – 35 (°C) และ (2) ค่าความชื้นในดิน สามารถวัดได้ตั้งแต่ 25 %RH – 95 %RH และค่าความเหมาะสมกับอ้อยคั้นน้ำจะอยู่ในช่วง 40%RH และ ≥65%RH (3) ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ $\bar{X}$ = 4.40 และ S.D. = 0.55 และ 3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่าเกษตรมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์ไร้สาย, อ้อยคั้นน้ำ, การให้น้ำอัตโนมัติ

ABSTRACT

The purposes of the research were 1) to develop the automatic irrigation controller system using wireless sensor to increase sugarcane product, 2) to evaluate the efficiency of the automatic irrigation controller system, and 3) to investigate the farmer's satisfaction towards the automatic irrigation controller system. The instruments used for the research were: an automatic irrigation controller system using wireless sensor, a record form of system efficiency, and a satisfaction questionnaire towards the system efficiency by using the following parameter measurements: temperature and humidity, and soil moisture. The statistics used for analyzing the data were standard deviation, and T-test.

The findings revealed that 1) the automatic irrigation controller system using wireless sensor to increase sugarcane product consisted of three components which were: a receiving part, control and command part, and appliance part to perform the system through wireless efficiently. 2) the evaluation of the system through the automatic irrigation controller system using wireless sensor to increase sugarcane product indicated that 1) the temperature and humidity could be measured from 0 – 100 (˚C). The appropriate value for sugar was between 30-35 (˚C). 2) the soil moisture was between 25 %RH – 95 %RH, and the appropriate value was between 40%RH and ≥65%RH. The overall result of efficient evaluation of the system was excellent ($\bar{x}$ = 4.40, and S.D. = 0.55), 3) the farmer's satisfaction towards the automatic irrigation controller system was at the highest level.

Keywords: Wireless Sensor, Sugarcane, Automatic Irrigation

บทนำ

เทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้ถูกนำมาปรับใช้เป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตมากขึ้นเพื่อความสะดวกและการทำงานอย่างเป็นระบบ รวมไปถึงทางด้านการเกษตรที่ปัจจุบันได้มีการนำอุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยในการเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น รวมทั้งได้นำระบบเซ็นเซอร์มาช่วยทำให้เกิดเป็นระบบอัจฉริยะที่สามารถประเมินผล และควบคุมตนเองได้ ด้วยการส่งและรับข้อมูลต่าง ๆ จากทุกสิ่งที่เชื่อมต่อเข้าหากัน ซึ่งในปัจจุบันระบบเซ็นเซอร์ที่เป็นที่นิยมคือ IoT หรือ Internet of Things [1]

เมื่อเข้าสู่ช่วงเกษตร 4.0 ได้เปลี่ยนวิธีจาการปลูกพืชในลักษณะเดิม ๆ มาเป็นการทำการเกษตรที่ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมยุคใหม่มาช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร นำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาช่วยในการเพาะปลูกและการจัดการ เพื่อควบคุมการดำเนินงานพัฒนาไปสู่การทำเกษตรแบบแม่นยำมากขึ้น เช่น การใช้ระบบเซ็นเซอร์ความชื้นดิน (Soil Moisture Sensor) สำหรับจัดเก็บข้อมูลค่าสภาพแวดล้อมพื้นที่เพาะปลูก เพื่อนำข้อมูลไปวางแผนเตรียมรับมือในทุกสภาวะได้ เนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปของโลกทำให้เกษตรกรไม่สามารถล่วงรู้ล่วงหน้า เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิต ช่วยลดต้นทุนได้ในระยะยาวและช่วยลดการคาดการณ์ความผิดพลาดจากเกษตรกร เป็นการเพิ่มมูลค่าของปริมาณและผลผลิตทางการเกษตร กล่าวคือเกษตรกรสามารถควบคุมทุกอย่างผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ เป็นการนำเทคโนโลยีจำพวก IoT มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทำให้เกิดการใช้งานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของผู้ใช้งานมากขึ้น มีการใช้อุปกรณ์เคลื่อนที่ เช่น โทรศัพท์มือถือหรือโน้ตบุ๊ค เป็นอุปกรณ์หลักที่คนทั่วไปใช้เข้าถึงข้อมูล ข่าวสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต IoT จึงได้เข้ามามีบทบาท

ช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้คนทุกเพศทุกวัย เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและอำนวยความสะดวกสบายสามารถที่จะเข้าถึงอินเทอร์เน็ตและใช้ซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น [2]

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับที่ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล ธุรกิจอ้อยและน้ำตาลสร้างรายได้กว่า 100,000 ล้านบาท มี โรงงานน้ำตาล 47 แห่ง ต้องการอ้อยเข้าหีบมากกว่า 100 ล้านตันต่อปี แต่ผลผลิตอ้อยรวมทั้งประเทศ ยังน้อยกว่ากำลังการผลิตของโรงงานมาก ในปี 2553/54 มีพื้นที่ปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นใน 47 จังหวัด 8.124 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 11.75 ตันต่อไร่ ความหวานเฉลี่ย 12 ซีซีเอส มีอ้อยเข้าหีบ 95.3 ล้านตัน และในปี 2554/55 มีอ้อยเข้าหีบ 97.7 ล้านตัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น ซึ่งมีแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตอ้อยสามารถทำได้โดยการปรับปรุงพันธุ์ ให้ได้อ้อยที่ผลผลิตและคุณภาพความหวานสูง [3]

การศึกษาข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์ นายพุธ ทองลา [4] เกษตรผู้ปลูกอ้อยคั้นน้ำ พบว่า การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยคั้นน้ำพันธุ์สิงคโปร์1 กับอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ซึ่งเป็นอ้อยคั้นน้ำพันธุ์ใหม่จะให้ผลผลิตและคุณภาพของน้ำอ้อยดีที่เปอร์เซ็นต์ความหวานมีกลิ่นหอม ความต้องการของน้ำของอ้อยทั้งสองพันธุ์นี้ การเริ่มปลูกควรมีการให้น้ำเพื่อให้อ้อยงอก และหลังจากนั้นให้น้ำสม่ำเสมอ แต่มีอุปสรรคคือด้านการเพาะปลูกน้ำไม่เพียงพอ เกิดจากระบบการจัดการน้ำไม่ดีพอ เนื่องจากว่ายังขาดแรงงานและเป็นเกษตรกรที่มีอายุมากแล้ว เกษตรกรจึงมีความต้องการใช้ระบบน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ เปิด-ปิดเองอัตโนมัติ รวมทั้งสามารถปล่อยน้ำหมักอินทรีย์ชีวภาพไปกับระบบน้ำได้ เพื่อช่วยผ่อนแรงในการทำงานและสามารถเพิ่มผลผลิตได้เพิ่มมากขึ้น

จากเหตุผลข้างผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยพัฒนาระบบเครือข่ายไร้สายพร้อมเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน แล้วส่งคำสั่งเพื่อประมวลผลตรวจสอบระดับความชื้นในดินส่งคำสั่งไปยังวาล์ว ปิด – เปิด น้ำอัตโนมัติ โดยการสั่งผ่านและติดตามการทำงานผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟนให้รับรู้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและแก้ปัญหาได้ทันที จะช่วยทำให้อ้อยได้ปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการ ทำให้เกษตรกรประหยัดเวลาในการรดน้ำ สามารถนำเวลาที่เหลือไปผลิตอ้อยคั้นน้ำหรือมีเวลาดูแลพืชพันธุ์อื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น สามารถกระจายรายได้ไปยักลุ่มเกษตรผู้ปลูกอ้อยอื่น ๆ ในพื้นที่ใกล้เคียง ให้เป็นอาชีพเสริม หรืออาชีพหลักของเกษตรกร เพื่อยกระดับรายได้ลดการว่างงาน ใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์ และมีส่วนช่วยเสริมสร้างชุมชนเข้มแข็งได้อีกทางหนึ่ง

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

1.2 เพื่อทดลองใช้ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

1.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมีการขยายตัวอย่างกว้างขวางจากเก็บข้อมูลและการสร้างแอปพลิเคชั่นบนกริดคอมพิวติ้ง (Grid Conputing) มาเป็นคลาวด์คอมพิวเตอร์ติ้ง (Cloud Computing) จนกระทั่งกำลังเข้าสู่ยุคควันตัมคอมพิวติ้ง (Quantum Computing) ซึ่งสามารถพัฒนาแอปพลิเคชั่นและเก็บข้อมูลได้อย่างมหาศาลต่อไป ที่เชื่อมโยงเป็นระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่า ระบบ IoT มาประยุกต์ใช้ทางด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ชีวิตประจำวัน เป็นต้น ซึ่ง IoT กลายเป็นส่วนหนึ่งของการใช้งานบนอุปกรณ์ ที่มีระบบอินเทอร์เน็ตเชื่อมโยง โดยสามารถสั่งการ ตรวจสอบ ติดตาม เรื่องนั้น ๆ ได้ ทำให้สังคมสมัยใหม่มีความสะดวกสบาย และรวดเร็ว

อาชีพเกษตรกรรม ไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ ล้วนเผชิญกับปัญหาความไม่แน่นอนของธรรมชาติ อันได้แก่ ความผันผวนของสภาพอากาศ ความแห้งแล้ง ความชื้น ภัยธรรมชาติ แต่เดิมเกษตรกรใช้ประสบการณ์ในการคาดเดาธรรมชาติ ถูกบ้างผิดบ้าง เพื่อทำการเพาะปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ ทำให้ได้ผลผลิตไม่แน่นอน การคาดการณ์ฤดูกาลการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวคลาดเคลื่อนไป ล้วนทำให้เกิดผลเสียต่อเกษตรกรเอง หากมีการนำเอาเกษตรกรในยุค 4.0 มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย จะทำให้การเพาะปลูกมีความแม่นยำขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบสภาพดิน น้ำ ความชื้น ความเข้มแสง เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จะทำให้การทำการเกษตรมีความแม่นยำขึ้น ด้วยระบบการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ โดยจะให้เกษตรกรรู้สถานะการเพาะปลูกว่าปัจจัยใด ในช่วงใดที่พืชต้องการหรือขาด จะให้เกษตรกรได้ตัดสินใจบริหารจัดการพื้นที่ฟาร์มหรือสวนตนเองได้อย่างถูกต้องมากยิ่งขึ้น

มูฮัมหมัดอาลาวี กะลูแป, ธนพงศ์ พันธุ์ทอง และลัญฉกร นิลทรัตน์ [5] ได้ศึกษาเรื่อง ระบบรดน้ำอัตโนมัติสำหรับผักบุ้งจีนในแปลงเกษตร โดยใช้ NodeMCU ESP8266 มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา และดำเนินการสร้างระบบรดน้ำอัตโนมัติสำหรับผักบุ้งจีนในแปลงเกษตร โดยใช้ NodeMCU ESP8266 ที่สามารถใช้งานได้จริง สามารถตรวจวัด แสดงค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณแปลงเกษตรผักบุ้งจีนแบบตลอดเวลาผ่านระบบ IoT โดยได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบย่อย และรวมให้เป็นระบบเดียวกันที่สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสั่งการรดน้ำอัตโนมัติตามที่กำหนดไว้ และสามารถตรวจวัดค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณแปลงเกษตรผักบุ้งจีนตลอดเวลาผ่านระบบ IOT ผักบุ้งจีนที่ได้จากการปลูกด้วยระบบรดน้ำอัตโนมัติ มีความเจริญเติบโตค่อนข้างสมบูรณ์

ปิยวัตร มากศรี และคณะ [6] ได้ศึกษาเรื่อง เทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืชโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไมโครคอนโทรลเลอร์ สั่งการควบคุมและทำการวัดความชื้นในดิน ระบบให้น้ำพืชแบบอัตโนมัติกับโรงเรือนขนาดเล็ก ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 40x75x109 เซนติเมตร ระบบอัตโนมัติประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น แผงเซลล์แสงอาทิตย์ แบตเตอรี่แบบแห้งขนาด 5 โวลล์ แผง LED ให้แสงในเวลากลางคืนและอุปกรณ์ตั้งเวลา เลือกใช้ผักคะแคลเพื่อทดลองการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารมากชนิดหนึ่ง โดยศึกษาการเจริญเติบโตของต้นพืช จำนวนใบ และความเข้มของสีใบ ด้วยการควบคุมผ่านระบบการให้น้ำและให้แสงในเวลากลางคืนแบบอัตโนมัติ ผลการทดลองพบว่า พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามมาตรฐานเทียบกับการปลูกในแปลงปลูกในดินแบบปกติ จำนวนใบและความเข้มของสีใบมีไม่น้อยกว่าแบบปลูกในดินแบบปกติ การปลูกโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามามีความแตกต่างเพียงเล็กน้อย จึงสามารถสรุปได้ว่าการปลูกในโรงเรือนขนาดเล็กสามารถผลิตพืชได้ใกล้เคียงกับการปลูกในดินแบบปกติ แต่เมื่อเกิดเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศภายนอกที่ไม่สามารถกำหนดได้ พืชในโรงเรือนสามารถทดแทนการผลิตแบบปกติได้เป็นอย่างดี

กนิษฐา อินธิชิต, ณิชนันทน์ ห่วงทิม และ อาทิตยา พิมพรัตน์ [7] ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกพืชทางการเกษตรสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรณีศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ ผลการศึกษาพบว่า 1) อุปกรณ์สามารถตรวจสอบดินและส่งค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่า pH และค่า ความสมบูรณ์ (NPK) ของดินไปยังแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) แอปพลิเคชันสามารถแสดงค่า อุณหภูมิ ค่าความชื้น ค่า pH และค่าความสมบูรณ์ (NPK) ของดินที่ทำการตรวจสอบ พร้อมแสดงผลการแนะนำชนิดพืชที่เหมาะสมกับดินที่ทำการตรวจสอบมากที่สุด 1 ชนิด และแสดงรายละเอียดข้อมูลของพืช คำแนะนำวิธีการดูแลพืชประกอบด้วย (1) ข้อมูลวิธีการเตรียมดิน (2) ข้อมูลวิธีการดูแลพืช (3) ข้อมูลวิธีการใส่ปุ๋ย 3) ผลการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า อุปกรณ์ตรวจสอบดินมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.95, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57) และแอพพลิเคชันมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.97, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61) และ 4) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน อยู่ในระดับดี (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.70)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

ระบุเครื่องมือและคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.1 ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

1.2 แบบบันทึกการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

1.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ มีค่าความเชื่อมั่น 0.78

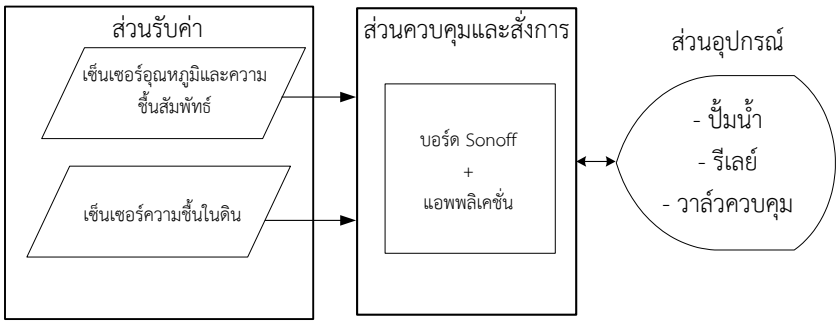
2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย เป็นเครือข่ายกลุ่มเกษตรอินทรีย์ บ้านตะคุ ตำบลวังแสง อำเภอแกดำ จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 30 คน คัดเลือกด้วยวิธีแบบเจาะจง โดยเป็นกลุ่มที่ปลูกอ้อยในพื้นที่

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

3.2 วิเคราะห์ระบบและออกแบบองค์ประกอบของระบบตามแนวคิดเทคโนโลยี IoT ประกอบไปด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายมีสายและไร้สาย วัตถุสิ่งของเหล่านี้สามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ อีกทั้งสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและถูกควบคุมได้จากระยะไกลผ่านโครงสร้างพื้นฐานการเชื่อมต่อเข้ากับสมาร์ตโฟน และยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับอุปกรณ์ทุกอย่างที่ถูกออกแบบมาให้เชื่อมโยงกันได้บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้อุปกรณ์ทุกอย่างสามารถสื่อสารติดต่อกันได้ แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วิเคราะห์ระบบและออกแบบองค์ประกอบของระบบ

3.3 พัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้บอร์ด Sonoff เป็นอุปกรณ์ประเภท Smart switch module เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สายผ่านการควบคุมและสั่งการบนแอปพลิเคชั่นบนมือถือหรืออุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นในดิน ในการเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์ต่าง ๆ สามารถทำได้โดยใช้ บอร์ด NodeMCU ต่อทำงานร่วมกับบอร์ด Sonoff เป็นตัวทำงานเชื่อต่อกับแอปพลิเคชั่นในการควบคุมและสั่งการ ส่วนบอร์ด

NodeMCU ทำหน้าที่รับค่าพารามิเตอร์ จากชุดเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ส่งผ่านระบบเครือข่ายมายังแอปพลิเคชั่นบนเทคโนโลยี IEEE 802.11b/g/n

4. วิธีการทดลอง

การทดลองประสิทธิภาพระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Desing) โดยทำการติดตั้งระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยมีการทดลองการทำงาน เพื่อทดสอบและเก็บข้อมูล ทำทดลองซ้ำทั้งหมด 21 ครั้ง ทำการเก็บข้อมูลตลอด 7 วัน และเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงที่ 1 เวลา 7.00-09.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 11.00-13.00 น. และช่วงที่ 3 เวลา 16.00-18.00 น.เพื่อเก็บ 1) ค่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอก (°C) ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)และ 2) ค่าความชื้นดิน (%RH) เพื่อทดสอบการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และส่งข้อมูลมาเก็บไว้ยังชุดเก็บข้อมูล จากนั้นนำมาหาค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละครั้ง

5. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าสถิติ (Dependent t-test) [3] โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

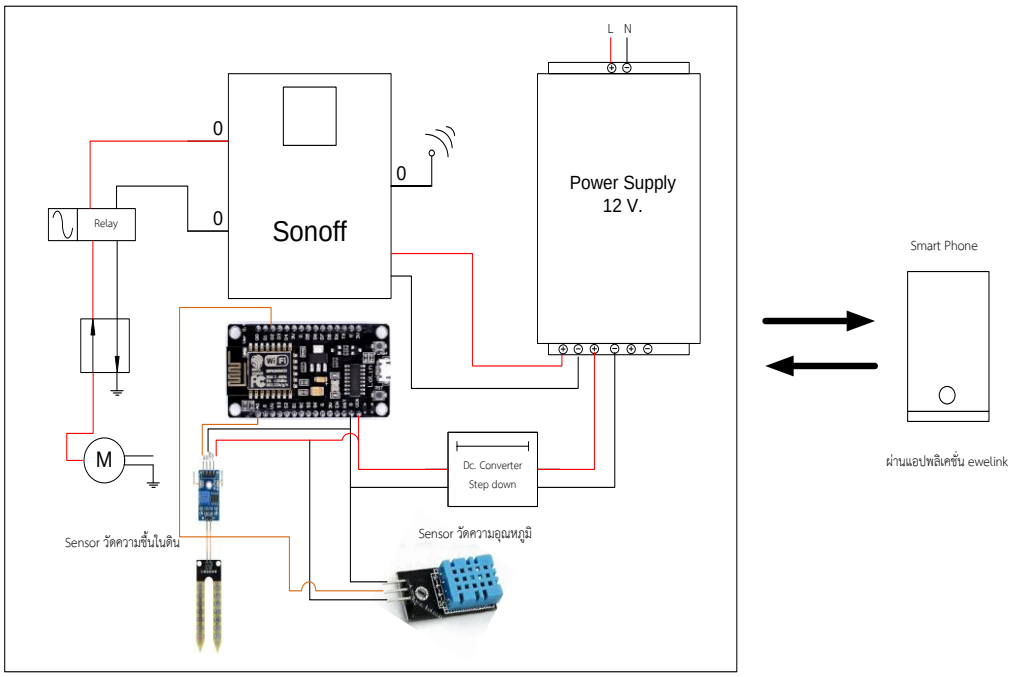
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

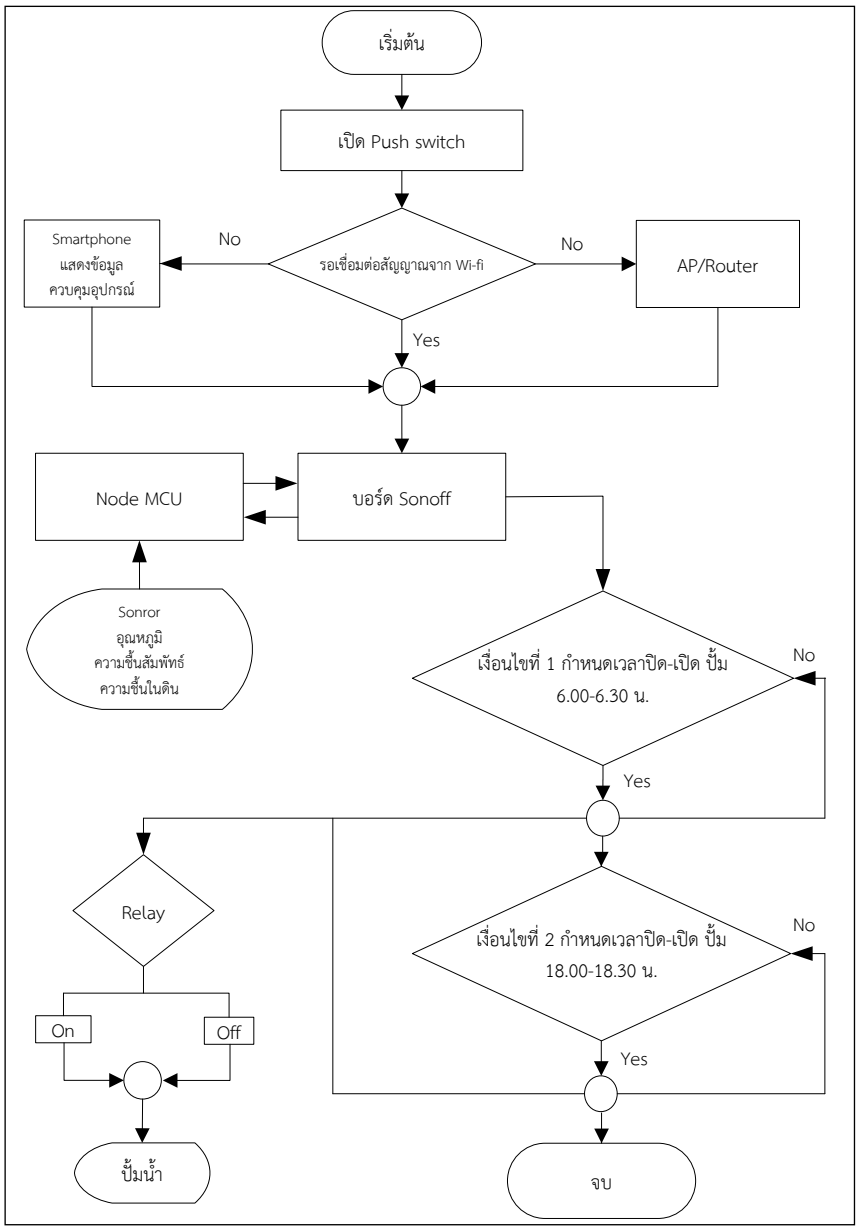
1.1 ผลการออกแบบองค์ประกอบของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ ผู้วิจัยได้ศึกษาบริบท สภาพปัญหาและนำข้อมูลมาออกแบบองค์ประกอบของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ คือ 1) ส่วนรับค่า (2) ส่วนควบคุมและสั่งการ และ 3) ส่วนอุปกรณ์ แสดงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 1 หน้าที่ของแต่ละส่วน

ชื่อส่วนการทำงาน	หน้าที่ของส่วนการทำงาน	อุปกรณ์
ส่วนรับค่า	- รับค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นในดิน	- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ - เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน
ส่วนควบคุมและสั่งการ	- แปลงค่าที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ - ควบคุมการดำเนินการต่าง ๆ ในด้านอินพุตและเอาต์พุต -แสดงผล และการตรวจติดตามค่าการตรวจวัดค่าสภาวะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรม	- บอร์ด Sonoff - โหนดเอ็มซียู (NodeMCU) - แอปพลิเคชั่น ewelink
ส่วนอุปกรณ์	- ทำงานตามโปรแกรมควบคุม	- ปั๊มน้ำ - รีเลย์ - วาล์วควบคุม



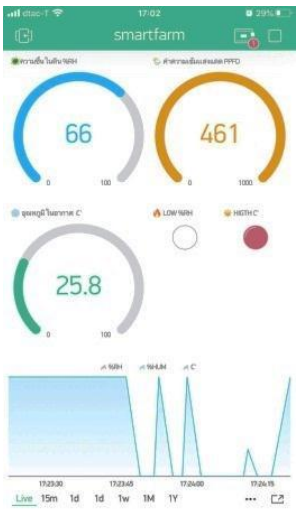
ภาพที่ 2 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ



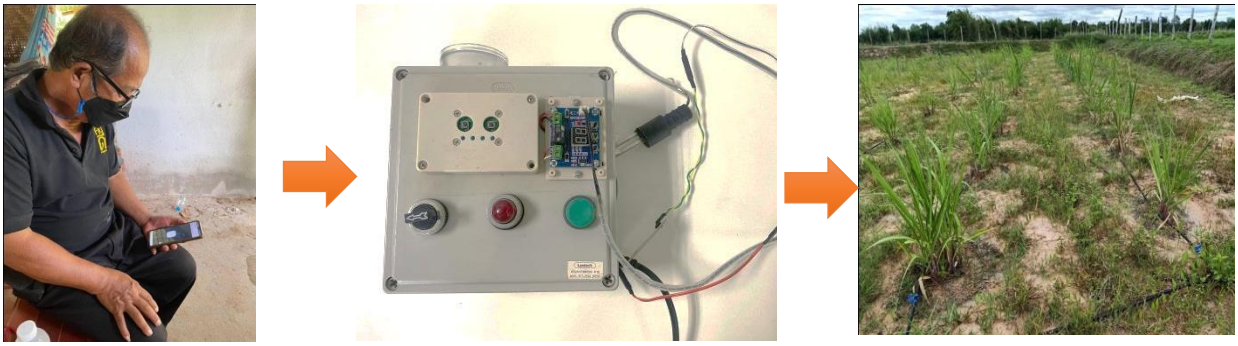
ภาพที่ 3 Flow chart การทำงานของระบบ

1.2 ผลการพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

พบว่า ระบบสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ โดยระบบสามารถตั้งเวลาการทำงานในการบริหารจัดการน้ำ และระบบแสดงผลแบบ Real time monitoring เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดิน ค่าความชื้นสัมพัทธ์และค่าอุณหภูมิรอบ ๆ มาแสดงในรูปแบบของภาพกราฟิกบนหน้าจออุปกรณ์เคลื่อนที่ได้ แสดงดังภาพที่ 3



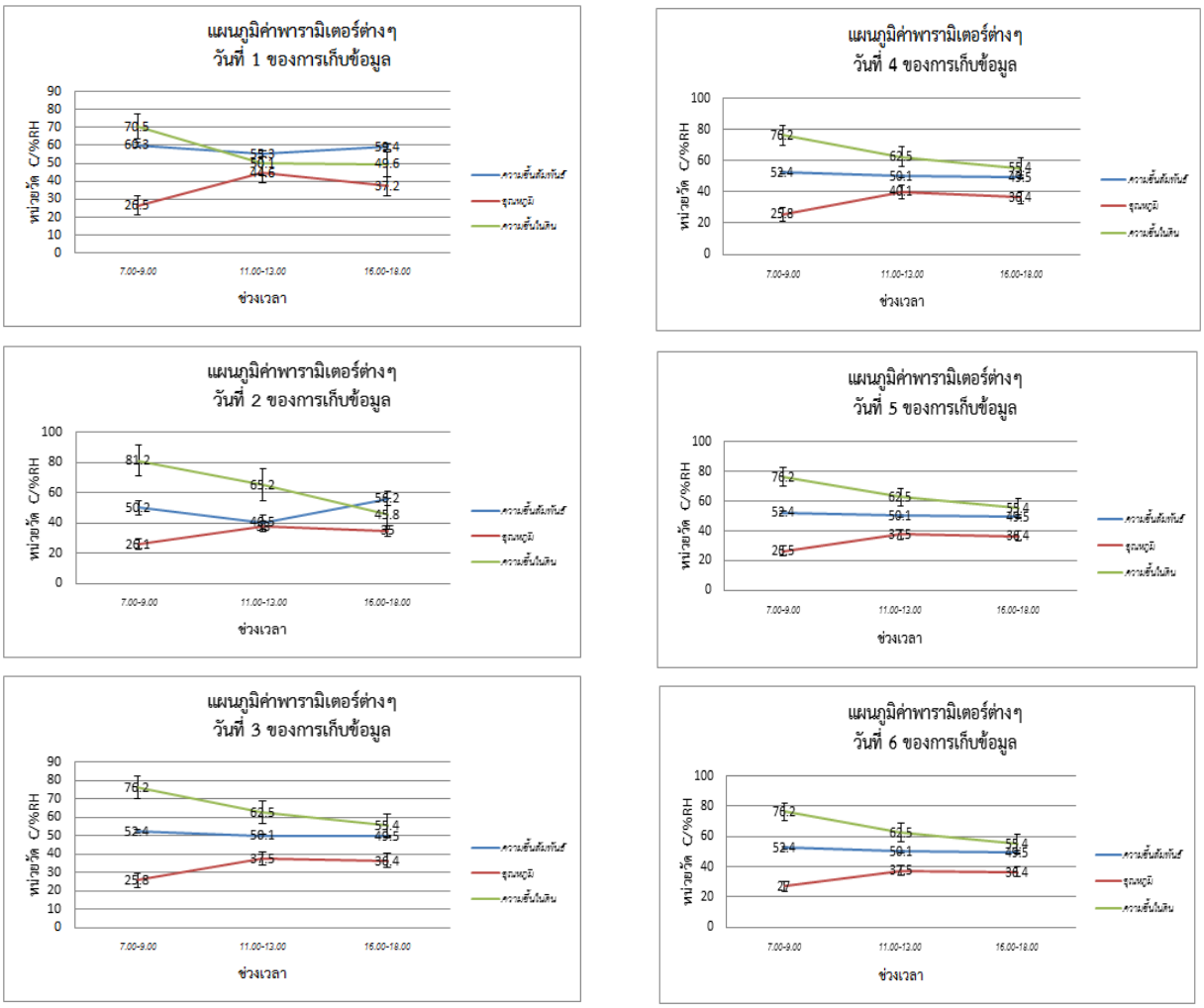
ภาพที่ 4 ผลการแสดงอุณหภูมิความชื้นและความชื้นในดินบนอุปกรณ์เคลื่อนที่



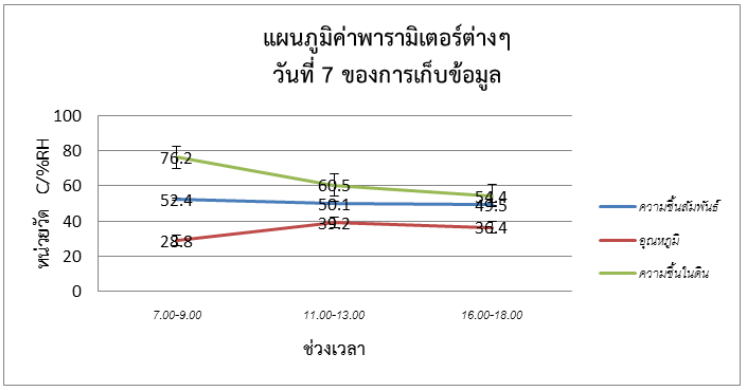
ภาพที่ 5 ลักษณะการสั่งการบนอุปกรณ์เคลื่อนที่

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำที่พัฒนาขึ้น กับแปลงเกษตรกรรมของเกษตรกร พบว่า ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชั่น ewelink ผ่านหน้าจอของอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่าง ๆ โดยมีระบบแสดงการทำงาน แบบอัตโนมัติและแบบแมนนวล (Manual) พร้อมทั้งระบบแจ้งเตือนสถานะการทำงานของระบบอีกด้วย โดยผลการทดสอบสามารถรายงานผล ค่าความชื้นในดินตั้งแต่ 0 – 100 %RH ค่าความชื้นสัมพัทธ์ 0 – 100 % และค่าอุณหภูมิรอบ ๆ ตั้งแต่ 0-100 (°C) และกราฟแสดงผลแบบ Real time monitoring สามารถบันทึกข้อมูลได้ตั้งแต่ 15 นาที 30 นาที 1 วัน 1 สัปดาห์ และจนถึง 1 ปี ย้อนหลังได้ปี และส่งข้อมูลรายงานผ่านระบบเครือข่ายไร้สายอย่างทันท่วงที และค่าที่ได้จากการทดสอบ ดังนี้ 1) ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0 – 100 (°C) ค่าความเหมาะสม จะอยู่ช่วงระหว่าง 25 – 40 (°C) กับช่วงระหว่าง 55 – 75 และ 2) ค่าความชื้นในดิน สามารถวัดได้ตั้งแต่ 20 %RH – 100 %RH ค่าความเหมาะสม จะอยู่ช่วงระหว่าง ≤40%RH และ ≥65%RH แสดงดังกราฟ ภาพที่ 5 ภาพที่ 6 และ ภาพที่ 7



ภาพที่ 5-6 กราฟความแตกต่างของค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ของวันที่ 1-6



ภาพที่ 7 กราฟความแตกต่างของค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพันธ์ของวันที่ 7

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. การติดตั้งระบบและแอปพลิเคชั่น	4.40	0.55	มาก
2. การกำหนดรหัสผู้ใช้และรหัสผ่านในการตรวจสอบผู้เข้าระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
3. การออกแบบหน้าตาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ดูและเข้าใจง่าย	4.40	0.55	มาก
4. ความรวดเร็วในการประมวลและการสั่งการ	4.40	0.55	มาก
5. ความแม่นยำในการสั่งการ	4.60	0.55	มากที่สุด
6. ความสะดวก สบายในการใช้งานระบบ	4.40	0.55	มาก
7. ความมีเสถียรภาพการทำงานรวมของระบบ	4.60	0.55	มากที่สุด
8. ความสามารถการทำงานระบบโดยภาพรวม	4.40	0.55	มาก
โดยรวม	**4.40**	**0.55**	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.40, S.D.=0.55)

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

ผู้วิจัยได้ติดตั้งระบบและทดลองใช้ในแปลงอ้อยของเกษตร หลังจากนั้นได้สอบถามความคิดเห็นที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่พัฒนาขึ้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ

รายการ	$\bar{x}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน			
1.1 ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติสามารถทำงานได้ง่าย	4.40	0.56	มาก
1.2 ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติมีความสะดวกในการใช้งาน	4.57	0.50	มากที่สุด
1.3 ระบบมีความแม่นยำในการสั่งงาน	4.40	0.56	มาก
1.4 มีระบบมีความเสถียรในทำงาน	4.47	0.57	มาก
เฉลี่ย	4.46	0.55	มาก
2. ด้านประโยชน์ต่อการใช้งาน			
2.1 ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติช่วยให้เกษตรกรมีเวลาดูแลสวนในส่วนอื่นมากขึ้น	4.60	0.56	มากที่สุด
2.2 ระบบสามารถทำงานและสั่งการได้ตามที่เกษตรกรตั้งค่าไว้	4.53	0.51	มากที่สุด
2.3 ระบบสามารถรายงานค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แก่เกษตรกรเพื่อง่ายต่อการวางแผนการบริหารจัดการในครั้งต่อไป	4.50	0.63	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.54	0.56	มากที่สุด
โดยรวม	4.50	0.56	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.56) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านความง่ายต่อการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.46, S.D. = 0.55) และด้านด้านประโยชน์ต่อการใช้งานอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.54, S.D. = 0.56)

อภิปรายผลการวิจัย

1. การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่า ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ คือ 1) ส่วนรับค่า (2) ส่วนควบคุมและสั่งการ และ 3) ส่วนอุปกรณ์ มีการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน มีการใช้ภาษาเข้าใจง่ายทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจระบบ มีความแม่นยำในการสั่งงานระบบและระบบมีความเสถียรในการทำงานในระดับที่น่าพอใจ การประเมินประสิทธิภาพของระบบในด้านความสามารถในการทำงาน พบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจในประสิทธิภาพการทำงานของระบบ เนื่องจากการพัฒนาระบบนั้นเป็นการพัฒนาตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก ปัจจุบันยังมีเกษตรกรที่ใช้ประสบการณ์ในการคาดเดาธรรมชาติ ถูกบ้างผิดบ้าง เพื่อทำการเพาะปลูกในฤดูกาลต่าง ๆ ทำให้ได้ผลผลิตไม่แน่นอน การคาดการณ์ฤดูกาลการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวคลาดเคลื่อนไป ล้วนทำให้เกิดผลเสียต่อเกษตรกร สอดคล้องกับบัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวย และคณะ [8] ที่ทำการออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี ผลการศึกษา พบว่า จากการออกแบบแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT (Node MCU) กับ Arduino board และระบบเซ็นเซอร์พร้อมกับการพัฒนาแอปพลิเคชั่น สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IOT สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โมบายโฟน แอปพลิเคชั่นต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android และสามารถแสดงข้อมูลตามค่ามาตรฐาน ดังนี้ 1) Temperature ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ที่ประมาณ 26-32 องศาเซลเซียส 2) Humidity ค่าความชื้นของดิน จะอยู่ในช่วง -10 ถึง -60 kpa

3) Moisture ความต้องการน้ำของมะนาวเป็นลิตรต่อต้น ต่อวันตามช่วงอายุและฤดูกาล 4) PH ค่ำ PH ที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 5.5 – 7.0

2. ผลการทดลองใช้ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่าสามารถกำหนดฟังก์ชั่นการทำงานตามความต้องการของผู้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชั่น ewelink ผ่านหน้าจอของอุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ โดยมีระบบแสดงการทำงาน แบบอัตโนมัติและแบบแมนนวล พร้อมทั้งระบบแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของระบบสามารถส่งข้อมูลรายงานผ่านระบบเครือข่ายไร้สายอย่างทันท่วงที เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากพื้นที่การเพาะปลูกของเกษตรกร อยู่ในภูมิประเทศหรือการเข้าถึงระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ครอบคลุม สอดคล้องกับมูฮัมหมัดอาลาวี กะลูแป, ธนพงศ์ พันธุ์ทอง และลัญฉกร นิลทรัตน์ [5] การทดสอบการทำงานของระบบระบบสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสั่งการรดน้ำอัตโนมัติตามที่กำหนดไว้ และสามารถตรวจวัดค่าความชื้นในดิน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์บริเวณแปลงเกษตรผักบุ้งจีนตลอดเวลาผ่านระบบ IOT ซึ่งระบบท้างานอย่างต่อเนื่องทั้ง 20 วัน ผักบุ้งจีนที่ได้จากการปลูกด้วยระบบรดน้ำอัตโนมัติ มีความเจริญเติบโตค่อนข้างสมบูรณ์

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของเกษตรที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ พบว่า ผู้ใช้ที่มีต่อระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก การใช้ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายในการรดน้ำอ้อยคั้นน้ำ ทำให้เกษตรกรมีเวลาในการไปทำการเกษตรอย่างอื่นได้อีกหลายอย่าง และการใช้ปริมาณน้ำน้อยลงกว่าเดิม ทำให้ประหยัดและลดต้นทุนได้มากขึ้น สอดคล้องกับกนิษฐา อินธิชิต, ณิชนันทน์ ห่วงทิม และอาทิตยา พิมพรัตน์ [7] ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกพืชทางการเกษตรสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรณีศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ พบว่า ความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน อยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการนำผลการวิจัยไปใช้ในการพัฒนาและปรับประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติผ่านเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยคั้นน้ำ หากจะนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ทางการเกษตรหรือต่อยอดทางพานิชย์ ควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้

1. การเลือกอุปกรณ์และเซนเซอร์ต่าง ๆ ควรนำมาทดสอบและหาประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์แต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่น เพราะบางรุ่นการรับค่าและการส่งค่าไม่เท่ากัน

2. ควรพัฒนาและเน้นด้านระบบเครือข่ายด้วย เพราะเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างตัวเครื่องกับอุปกรณ์เคลื่อนที่

เอกสารอ้างอิง

[1] ราชิน กะมินสิน. (2557). *iOS: ควบคุมการรดน้ำต้นไม้.* [วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์].

[2] นัทกมล ผินนอก. (2563). *การพัฒนาระบบเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ เพื่อประยุกต์ใช้งานด้านเกษตรแม่นยำด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.* [วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร]. https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/is-PDF/2563/geo_2563_017_FullPaper.pdf

[3] ทักษิณา ศันสยะวิชัย. (2558) รายงานชุดโครงการวิจัย การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มผลผลิตอ้อย. กรมวิชาการเกษตร. https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2240

[4] พุธ ทองลา (2564, 13 มิถุนายน). สัมภาษณ์,

[5] มูฮัมหมัดอาลาวี กะลูแป, ธนพงศ์ พันธุ์ทอง, และ ลัญฉกร นิลทรัตน์. (2562). ระบบรดน้ำอัตโนมัติสำหรับผักบุ้งจีนในแปลงเกษตรโดยใช้ NodeMCU ESP8266. *วารสารฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป*, 3(1), 33-38.

[6] ปิยวัตร มากศรี, วรพงศ์ อินทร์พรหม, ศักดิ์โสภณ บุญเกื้อ, พีรพงศ์ หนูช่วย, นรานันท์ ขามณี, ณัฐปภัสร์ บุญดา, และ ชิโนรส ละอองวรรณ. (2564). เทคโนโลยีการควบคุมระบบอัตโนมัติสำหรับการปลูกพืช. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ครั้งที่ 4 (น. 175-182). คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

[7] กนิษฐา อินธิชิต, ณิชนันทน์ ห่วงทิม, และ อาทิตยา พิมพรัตน์. (2564). การพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในการปลูกพืชทางการเกษตรสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กรณีศึกษาจังหวัดศรีสะเกษ. *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 7(1), 7-17. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/project-journal/article/view/241839/165787

[8] บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวย, สราวุธ แผลงศร, วีระสิทธิ์ ปิติเจริญพรม, และ พิมพ์ใจ สีหะนาม. (2562). การออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ. 2562*. (น. 808-186). วิทยาลัยนครราชสีมา.