การพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

The Development of an Automatic Drip Control System via Smartphone

ปุริม ชฎารัตนฐิติ[1*] นพพล เชาวนกุล[2] ธีระพงษ์ นาคินชาติ[3] วรายุทธ ไชยสงคราม[4]

Purim Chadarattanathiti[1*] Noppon Chaowanakul[2] Thiraphong Nakinchat[3]

Warayoot Chaisongkram[4]

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์[1 2 3 4]

phurim.cr@bru.ac.th[*], nopput1610@gmail.com, tee221996@gmail.com, ateemai11@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน และ 2) ประเมินผลการทดลองใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน เครื่องมือประเมินผลการวิจัยคือแบบสอบถาม สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน มีวิธีการพัฒนาระบบตามวงจรพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยใช้ แผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) อธิบายกิจกรรมที่เกิดขึ้นในลักษณะกระแสการไหลของการทำงาน (Workflow) ภาษาที่ใช้พัฒนา ใช้ภาษาซีในการเขียนโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และใช้ภาษาซีชาร์ปในการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ NodeMCU ESP8266 บอร์ด Arduino UNO R3 เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รีเลย์ โมดูลแปลงไฟ สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย ปั๊มน้ำ และโซลินอยด์วาล์ว และ 2) ผลการประเมินระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน โดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.87 ด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37

คำสำคัญ: ระบบควบคุม, น้ำหยด, รดน้ำอัตโนมัติ, สมาร์ทโฟน

ABSTRACT

The purposes of the research were to develop The Automatic Drip Control System via Smartphone, and to Evaluation trial of the Automatic Drip Control System via Smartphone. The research tool is questionnaire. Statistical mean and standard deviation for data analysis.

The research findings showed that 1) The Automatic Drip Control System via Smartphone development is based on integrated development of the activity diagram describes the events that occur in the Workflow. Hardware control programmed with C language. Controller software via smartphone programmed with C# language. The equipment adopts NodeMCU ESP8266, Arduino UNO R3 Board, Soil Moisture Sensors, Relays, Power Converter Module, Switching Power Supply, Water pumps and solenoid valves. 2) The result of the system evaluation by experts found that the performance of the system overall in a good level with average is 3.87 and standard deviation 0.37.

Keyword: Control system, drip, auto watering, smartphone

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตเพราะวิวัฒนาการเหล่านั้นแทรกซึมอยู่ในทุกตารางการใช้ชีวิตของมนุษย์ มนุษย์มีการพัฒนาคิดค้นสิ่งอำนวยความสะดวกสบายต่อการดำรงชีวิตเป็นอย่างมาก (จามจุรี และศิลป์ณรงค์, 2560) ทั้งในด้านสุขภาพ ด้านการเกษตร ด้านการท่องเที่ยว และกีฬา โดยส่วนมากประชากรในประเทศไทยมีการประกอบอาชีพด้านการเกษตรเป็นหลัก ในการทำเกษตรนั้นมีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเพาะปลูกแบบกินเอง หรือเพาะปลูกแบบธุรกิจค้าขาย โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเพาะปลูกพืชต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ คือ การให้น้ำกับพืชที่ปลูกอย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ (นราธิป และธนาพัฒน์, 2559) ต้นไม้ หรือพืชต่าง ๆ ต้องการน้ำสำหรับช่วยในการเจริญเติบโต ซึ่งในการเจริญเติบโตต้องมีการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี และเป็นระบบ

ผู้พัฒนามีความสนใจที่จะแก้ไขปัญหาการให้น้ำกับพืชที่ปลูก จึงได้มีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้กับการรดน้ำต้นไม้โดยใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน โดยการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน ใช้ระบบเครือข่ายไร้สายออกคำสั่ง NodeMCU เพื่อส่งกระแสไฟไปยังโซลินอยด์วาล์วไฟฟ้า ให้สามารถทำการเปิด-ปิดน้ำหยด ตามที่ส่งคำสั่งไปเพื่อให้พืชพรรณได้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม และสม่ำเสมอ และยังช่วยประหยัดเรื่องน้ำ รวมทั้งประหยัดเรื่องเวลาในการรดน้ำและประหยัดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนงานหรือรบกวนใครมาช่วยรดน้ำให้พืช ลดการสุ่มเสี่ยงในเรื่องของด้านสุขภาพขณะที่เกษตรกรต้องรดน้ำในสภาพอากาศที่ร้อน และยังช่วยลดปัญหาหากเกษตรกรไม่สามารถรดน้ำด้วยตัวเองได้

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน
2. เพื่อประเมินผลการทดลองใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบควบคุม

ระบบควบคุม คือ รูปแบบของระบบใด ๆ ที่มีการจัดองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบเพื่อให้มีผลตอบสนองของระบบเป็นไปตามที่ต้องการ ส่วนใหญ่จะอาศัยพื้นฐานทฤษฎีระบบเชิงเส้นมาช่วยในการวิเคราะห์พิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุผล (Cause-effect) ของแต่ละองค์ประกอบของระบบไม่ว่าระบบควบคุมนั้นจะมีความซับซ้อนมากน้อยเพียงไรก็ตาม พื้นฐานของระบบควบคุมจะมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วนดังนี้ 1) อินพุต (อินพุต) คือวัตถุประสงค์ของการควบคุม 2) กระบวนการ (Process) คือขั้นตอน หรือหลักการที่ใช้ในการควบคุม 3) เอาต์พุต (เอาต์พุต) คือค่าที่ได้รับจริง (เดวิด บรรเจิดพงศ์ชัย, 2551)

2.2 ความชื้นในดิน

ความชื้นในดินจะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้อย่างไร จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดิน และน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Relationship between plant available water and water distribution in the soil) หลังจากฝนตก ดินจะมีระดับความชื้นเท่ากับจุดอิ่มตัว (saturation) เป็นระดับที่เนื้อดินเต็มไปด้วยน้ำที่ระดับนี้เนื้อดินจะไม่ยึดเกาะน้ำ จึงเป็นการง่ายที่จะนำน้ำออกจากอนุภาคดิน โดยการระเหยจากหน้าดิน และซึมลึกในดินชั้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้น้อยมาก และน้ำที่ระดับนี้จะซึมลึกไปชั่วระยะเวลาหนึ่งก็จะหยุดซึมลึก ขณะนั้นระดับความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ เรียกว่า ความจุภาคสนาม (field capacity) ที่ระดับนี้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย โดยน้ำจะไหลมาช้า ๆ ในดิน เปรียบเสมือนน้ำที่อยู่นิ่ง ซึ่งถูกรากพืชดูดไปใช้ และคายน้ำออกทางใบ (transpiration) นอกจากนี้จะระเหยออกจากผิวหน้าดินได้โดยตรง (evaporation) และหลังจากนั้นระดับความชื้นจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent) ซึ่งรากพืชจะดูดน้ำจากดินไม่ได้อีก พืชจะแสดงอาการเหี่ยวถาวรโดยไม่ฟื้นหากไม่ได้เติมน้ำ โดยระบบ

ชลประทาน หรือมีฝนตกลงมาดังนั้นความชื้นในดินมีประโยชน์ต่อพืชยังอยู่ในช่วงระหว่างความชื้นระดับความจุสนาม และจุดแห้งเหี่ยวถาวร (เกษมศรี ซับซ้อน, 2557)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐกร ปินทรายมูล และเตสิทธิ์ วงศ์จันทร์ดา (2556) ได้ทำเครื่องควบคุมความชื้นในดินขึ้น เพื่อต้องการให้พืชได้รับปริมาณน้ำที่เหมาะสม เพื่อให้พืชได้เจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลาในการรดน้ำพืชอีกด้วย และนั้นได้ทำการวัดค่าไฟฟ้าของดิน และน้ำเพื่อมาเปรียบเทียบค่าความชื้นจริงแล้วคำนวณออกมาตามสมการเส้นตรง เพื่อให้ความแม่นยำในการวัดสูงขึ้น เพื่อทำการประมวลผล และสั่งการให้มีการรดน้ำพืช โดยพิจารณาจากค่าความชื้นที่ได้ปรับตั้งไว้ เมื่อค่าความชื้นในดินลดต่ำกว่า 20% ก็จะสั่งการให้ Solenoid valve ทำงาน เพื่อส่งจ่ายน้ำ และเมื่อค่าความชื้นในดินเพิ่มขึ้นมากกว่า 70% ก็สั่งการให้หยุดจ่ายน้ำโดยมีการบันทึกค่าความชื้น ทุก ๆ 30 นาที

นราธิป ทองปาน และธนาพัฒน์ เที่ยงภักดิ์ (2559) ได้ทำระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อพัฒนาระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย คือ ระบบรดน้ำอัตโนมัติที่ทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ และระบบรดน้ำอัตโนมัติที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และผลการทดลองใช้ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายในแปลงทดลองของเกษตรกร ผลการวัดค่าความชื้นของดิน โดยการใช้เซนเซอร์วัดความชื้นเซนเซอร์สามารถทำงานได้ในระดับความชื้นที่ 10-80 แต่ถ้าความชื้นที่ 90 ขึ้นไป เซนเซอร์ไม่สามารถทำงานได้ และการทำงานระบบรดน้ำอัตโนมัติ

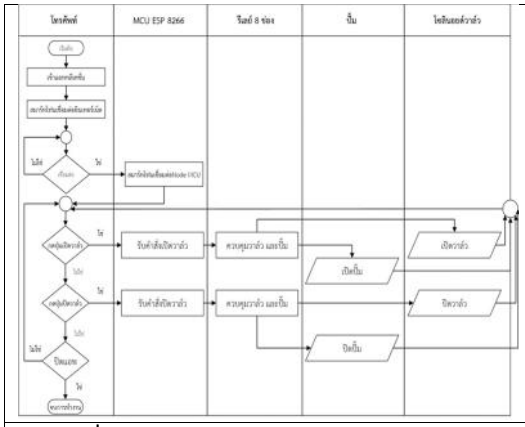
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

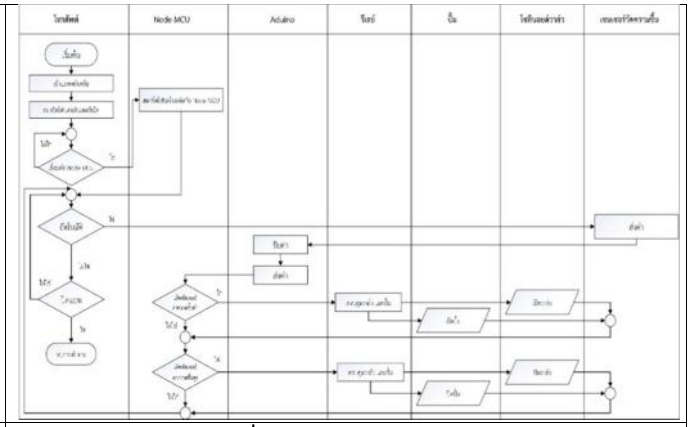
1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ และกำหนดปัญหาของระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

1.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในขั้นที่ 1 โดยทำการวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน วิเคราะห์ระบบงานใหม่

1.3 ออกแบบระบบโดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือ การทำงานแบบควบคุมด้วยโทรศัพท์มือถือ และการทำงานแบบอัตโนมัติ ด้วยแผนภาพกิจกรรม (Activity Diagram) อธิบายกิจกรรมที่เกิดขึ้นในลักษณะกระแสการไหลของการทำงาน (Workflow) แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การทำงานแบบความคุมด้วยโทรศัพท์มือถือ



ภาพที่ 2 การทำงานแบบอัตโนมัติ

1.4 พัฒนาระบบโดยเริ่มจากการแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของซอฟต์แวร์ ประกอบไปด้วย ระบบควบคุมเปิด-ปิด ระบบแสดงข้อมูลค่าความชื้น และระบบควบคุมอัตโนมัติเมื่อความชื้นต่ำกว่าเกณฑ์ 2) ส่วนของฮาร์ดแวร์ ประกอบไปด้วย บอร์ดควบคุมหลัก NodeMCU ESP8266 ตัวรับค่าความชื้นจากเซนเซอร์ Arduino Uno R3 โซลินอยด์วาล์ว 4 ตัว เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน 4 ตัว รีเลย์ 12V 8 ช่อง 1 ตัว สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย 220V 1 ตัว โมดูลเรกูเลต 1 ตัว และปั๊มน้ำ 12V 8 bars 1 ตัว

1.5 เก็บรวบรวมข้อมูล สรุป วิเคราะห์ และจัดทำคู่มือการใช้งานระบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

2. เครื่องมือการวิจัย

2.1 ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

2.2 แบบประเมินคุณภาพระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert

3. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้เชี่ยวชาญระบบสารสนเทศทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบจำนวน 3 ท่าน

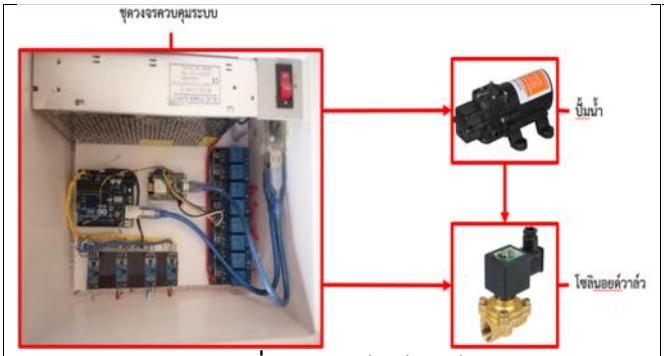
4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert นำมาเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลซึ่งมีการแปลผลตามระดับค่าเฉลี่ยจากอันตรภาคชั้น ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ดีมาก
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ดี
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า พอใช้
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ปรับปรุง

ผลการวิจัย

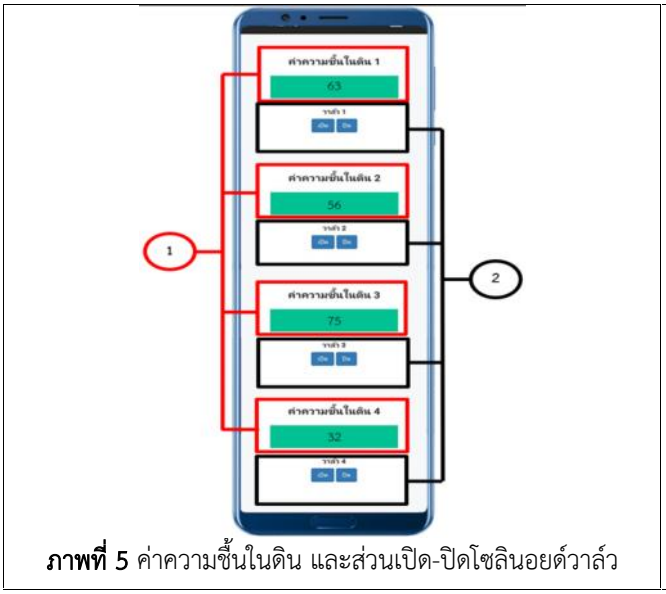
1. ผลการพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบ แสดงดังภาพที่ 3 ถึงภาพที่ 6

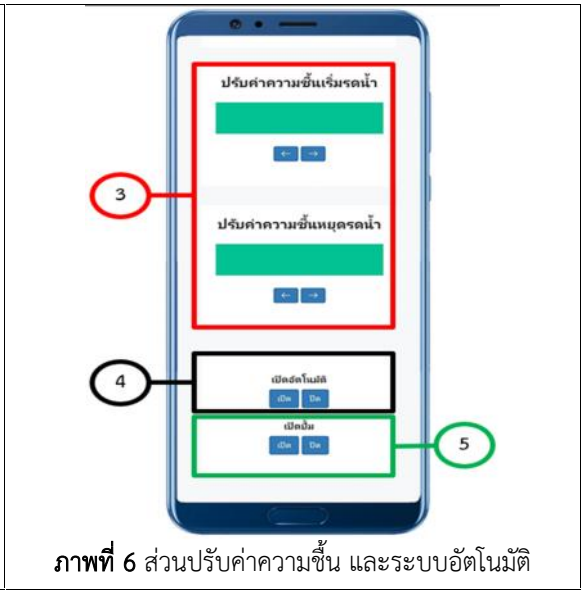


ภาพที่ 3 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ภาพที่ 4 การวางตำแหน่งเซนเซอร์



ภาพที่ 5 ค่าความชื้นในดิน และส่วนเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว



ภาพที่ 6 ส่วนปรับค่าความชื้น และระบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 3 ส่วนฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย 1) ชุดวงจรควบคุมระบบ 2) ปั๊มน้ำ 3) โซลินอยด์วาล์ว

จากภาพที่ 4 เมื่อนำเอาฮาร์ดแวร์มาประกอบเข้ากับระบบน้ำหยดและเซนเซอร์

จากภาพที่ 5 ส่วนซอฟต์แวร์ หมายเลขที่ 1 ส่วนแสดงค่าความชื้นจากเซนเซอร์ทั้ง 4 หมายเลขที่ 2 ส่วนควบคุมการเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์ว

จากภาพที่ 6 หมายเลขที่ 3 ส่วนกำหนดค่าความชื้น หมายเลขที่ 4 จะเป็นส่วนของปุ่มเปิด-ปิดระบบอัตโนมัติ หมายเลขที่ 5 จะเป็นส่วนของปุ่มเปิด-ปิดปั๊มน้ำ

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน ได้ผลศึกษาการทดลองดังนี้

NodeMCU ESP8266 สามารถทำการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือ โดย NodeMCU ESP8266 และโทรศัพท์มือถือจำเป็นต้องมีอินเทอร์เน็ต โดยมี Netpie เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งข้อมูล ทำให้สามารถสื่อสาร และเชื่อมต่อกันได้

NodeMCU ESP8266 สามารถทำการเชื่อมต่อกับวงจรควบคุมต่าง ๆ โดยการเชื่อมต่อด้วยพอร์ต D0 ถึง D8 และทำการสั่งงานด้วยโทรศัพท์มือถือไปยัง NodeMCU ESP8266 เพื่อสั่งให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อทำงานตามคำสั่งได้

ผลการดำเนินงานดังกล่าวทำให้ผู้ใช้สามารถทำการสั่งงานให้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน รับคำสั่งเพื่อสั่งงานให้ระบบทำงาน และยังสามารถตรวจสอบความผิดปกติ หรือขัดข้องต่อการทำงานของอุปกรณ์ได้

2. ผลการประเมินระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

ผู้วิจัยดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน โดยผู้เชี่ยวชาญ นำผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความคิดเห็น
ด้านซอฟต์แวร์			
1. การจัดรูปแบบง่ายต่อการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
2. ซอฟต์แวร์ทำงานได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาด	4.00	0	ดี
3. สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนาต่อได้	3.33	0.58	ปานกลาง
4. ภาพรวมในด้านซอฟแวร์	3.67	0.58	ดี
ด้านฮาร์ดแวร์			
1. ออกแบบฮาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม เป็นระบบ	4.00	1	ดี
2. ฮาร์ดแวร์ทำงานได้อย่างคงที่ เสถียร ไม่มีข้อผิดพลาด	3.00	0	ปานกลาง
3. ต้นทุนในการสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีทั่วไป	4.67	0.58	ดีมาก
4. ภาพรวมในด้านฮาร์ดแวร์	4.00	0	ดี
ประสิทธิภาพโดยภาพรวม			
1. ประสิทธิภาพและผลที่ได้จากการใช้งานในภาพรวม	4.00	0	ดี
โดยรวม	3.87	0.37	ดี

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพต่อระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน พบว่า ประสิทธิภาพโดยรวมทั้งหมดอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.87 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 เมื่อทำการจำแนกเป็นรายข้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 4 อันดับแรก พบว่า ต้นทุนในการสร้างเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่มีทั่วไป มีประสิทธิภาพในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.67 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 การจัดรูปแบบง่ายต่อการใช้งาน มีประสิทธิภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.33 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.582 ซอฟต์แวร์ทำงานได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ไม่มีข้อผิดพลาด มีประสิทธิภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00 ออกแบบฮาร์ดแวร์ได้อย่างเหมาะสม เป็นระบบ มีประสิทธิภาพในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.00 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.00 ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

1. ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของซอฟต์แวร์จัดการ และ 2) ส่วนของฮาร์ดแวร์ควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีองค์ประกอบ ในการควบคุมความชื้นด้วยการรดน้ำจากค่าความชื้นที่ได้ปรับตั้งไว้ จึงส่งผลให้ระบบมีความสอดคล้องกับ ณัฐกร ปินทรายมูล และเตสิทธิ์ วงศ์จันทร์ดา (2556) ได้วิจัยเรื่องเครื่องควบคุมความชื้นในดิน พบว่า การออกแบบในส่วนของฮาร์ดแวร์มีรูปแบบไปในทิศทางเดียวกัน

2. ประเมินผลการทดลองใช้ระบบควบคุมการเปิด-ปิดน้ำหยดอัตโนมัติด้วยสมาร์ทโฟน ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการประเมินประสิทธิภาพของระบบ นำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐานเทียบกับเกณฑ์และสรุปผล และมีผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.87 ทั้งนี้เนื่องจากระบบมีลักษณะการทำงานและนำไปทดลองในแปลงเกษตร สอดคล้องกับ นราธิป ทองปาน และธนาพัฒน์ เที่ยงภักดิ์ (2559) ได้วิจัยเรื่อง ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย พบว่า มีผลการตอบรับโดยผู้ทดลองใช้และผู้เชี่ยวชาญไปในทิศทางเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในแปลงเกษตรขนาดเล็กและไม่ได้ระบุถึงพืชพันธุ์ที่ทำการปลูกเพื่อให้ทำการรดน้ำอัตโนมัติ ผู้ใช้งานจึงควรมีการศึกษาระดับความชื้นที่เหมาะสมแก่พืชที่ปลูก และ ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ปลูก หากมีความต้องการใช้งานในพื้นที่ ที่มีขนาดใหญ่ควรมีการเพิ่มจำนวนเซนเซอร์เพื่อให้สามารถวัดความชื้นได้อย่างทั่วถึง

เอกสารอ้างอิง

เกษมศรี ซับซ้อน. (2541). *ปฐพีวิทยา.* กรุงเทพฯ : นานาสิ่งพิมพ์.

จามจุรี กุลยอด และศิลป์ณรงค์ ฉวีพัฒน์. (2560). ต้นแบบระบบควบคุมการเปิด-ปิดไฟผ่านแอปพลิเคชัน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์. *รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ* สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 4, (น. 1388 - 1393), กำแพงเพชร : มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

ณัฐกร ปินทรายมูล และเตสิทธิ์ วงศ์จันทร์ดา. (2556). *เครื่องควบคุมความชื้นในดิน*. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

เดวิด บรรเจิดพงศ์ชัย. (2551). *ระบบควบคุมพลวัต การวิเคราะห์ การออกแบบ และการประยุกต์*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นราธิป ทองปาน และธนาพัฒน์ เที่ยงภักดิ์. (2559). ระบบรดน้ำอัตโนมัติผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย. *วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม* คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 3(1), (น. 35 – 43), มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

Likert, R.A. (1932, May). *Technique for the Measurement of Attitudes*, Arch Psychological. 25(140) : 1 – 55.