ระบบตรวจวัดและควบคุมความชื้นในดินเพื่อการเพาะปลูกพืชสวน

Soil Moisture Monitoring and Controlling System for Cultivation

ศราวุฒิ จำปาทอง[1], ปรารถนาดี ทองใหญ่[2], จิรกรณ์ บุญประเสริฐ[3], อนุวัฒน์ ใจดี[4]

1ศูนย์คอมพิวเตอร์, มหาวิทยาลัยธนบุรี, sarawut_cc@thonburi-u.ac.th

[2]สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 6601102053014@trums.thonburi-u.ac.th

[3]สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, 6601102053015@trums.thonburi-u.ac.th

4สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจดิจิทัล คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยธนบุรี, anuwat_dbc@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการแก้ปัญหาการจัดการน้ำในภาคเกษตรกรรมของประเทศไทย ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิต โดยเฉพาะความท้าทายจากการรดน้ำแบบดั้งเดิมที่พึ่งพาประสบการณ์ส่วนบุคคลและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่นำไปสู่ภาวะขาดแคลนน้ำ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบตรวจวัดและควบคุมความชื้นในดินเพื่อการเพาะปลูกโดยใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) สำหรับโรงเรือนปลูกผักสลัด ระบบใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 เป็นแกนหลักในการประมวลผล เชื่อมต่อกับเซนเซอร์วัดความชื้นในดินแบบ Capacitive เพื่อความแม่นยำและทนทาน และเซนเซอร์อัลตราโซนิกในการตรวจสอบระดับน้ำในถัง ข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่าย Wi-Fi ไปยังแพลตฟอร์ม Blynk Cloud เพื่อการติดตามผลแบบเรียลไทม์และการควบคุมระยะไกล ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (41% - 80%) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีระบบความปลอดภัยหยุดการทำงานของปั๊มเมื่อระดับน้ำต่ำกว่า 30% เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ การนำระบบอัตโนมัตินี้มาใช้ไม่เพียงแต่ลดภาระงานและต้นทุนแรงงาน แต่ยังเป็นการยกระดับเกษตรกรรมไทยสู่เกษตรอัจฉริยะที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลอย่างยั่งยืน

คำหลัก: อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ความชื้นในดิน, เกษตรอัจฉริยะ, ระบบควบคุมอัตโนมัติ

Abstract

This research addresses the critical challenges of water management in Thai agriculture, a key factor influencing crop growth and quality. Traditional manual irrigation relies heavily on individual experience and is increasingly threatened by climate change-induced water scarcity. To mitigate these issues, an IoT-based "Soil Moisture Monitoring and Controlling System for Cultivation" was developed, specifically optimized for salad

vegetable greenhouses. The system utilizes the NodeMCU ESP8266 microcontroller as its core, integrated with a Capacitive Soil Moisture Sensor for enhanced precision and durability, and an Ultrasonic Sensor for tank water level monitoring. Data is transmitted via Wi-Fi to the Blynk Cloud platform for real-time monitoring and remote control. Experimental results demonstrate that the system maintains soil moisture within the optimal range (41% - 80%) effectively. Furthermore, a safety mechanism is implemented to deactivate the pump when water levels fall below 30%, preventing hardware damage. This automated system significantly reduces labor costs and operational burdens, representing a vital step toward data-driven, sustainable Smart Farming in Thailand.

Keywords: Internet of Things, Soil Moisture, Smart Agriculture, Automated Control Systems.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในบริบทของประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม "ทรัพยากรน้ำ" คือตัวแปรเชิงกลยุทธ์ที่กำหนดความสำเร็จของปริมาณและคุณภาพผลผลิต ความชื้นในดินมีผลโดยตรงต่อสรีรวิทยาของพืช หากความชื้นต่ำเกินไปพืชจะเกิดสภาวะขาดน้ำจนแห้งตาย แต่หากสูงเกินความจำเป็นจะนำไปสู่โรครากเน่าและการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งลดมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลผลิตอย่างรุนแรง

ปัญหาหลักที่พบในปัจจุบันคือ เกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาการรดน้ำแบบดั้งเดิม (Manual Irrigation) โดยใช้การคาดการณ์ (Sharma et al., 2024) จากภูมิปัญญาหรือประสบการณ์ส่วนบุคคล ซึ่งขาดความแม่นยำเชิงตัวเลข ส่งผลให้เกิดความสิ้นเปลืองทรัพยากรน้ำโดยไม่จำเป็นและต้นทุนแรงงานที่สูงขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ สภาวะความผันผวนของภูมิอากาศและความแห้งแล้งที่ทวีความรุนแรงขึ้น (Bist et al., 2026) ทำให้การจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพกลายเป็น "ความจำเป็นเชิงกลยุทธ์" มากกว่าเพียงแค่ทางเลือก

การบูรณาการเทคโนโลยี Internet of Things (IoT) (Ragab, 2022) เข้ามาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจวัดและควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือน โดยเฉพาะในการเพาะปลูกผักสลัด (Gupta et al., 2026) ที่มีรอบเก็บเกี่ยวสั้น (40-50 วัน) และต้องการความแม่นยำสูง (Zeping et al., 2026) จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาอย่างยั่งยืน การเปลี่ยนผ่านจากแรงงานสู่ระบบที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล (Data-Driven Agriculture) จะช่วยให้เกษตรกรสามารถบริหารจัดการทรัพยากรได้อย่างแม่นยำ (Routis & Roussaki, 2023) ลดความสูญเสีย และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในยุคดิจิทัล

วัตถุประสงค์

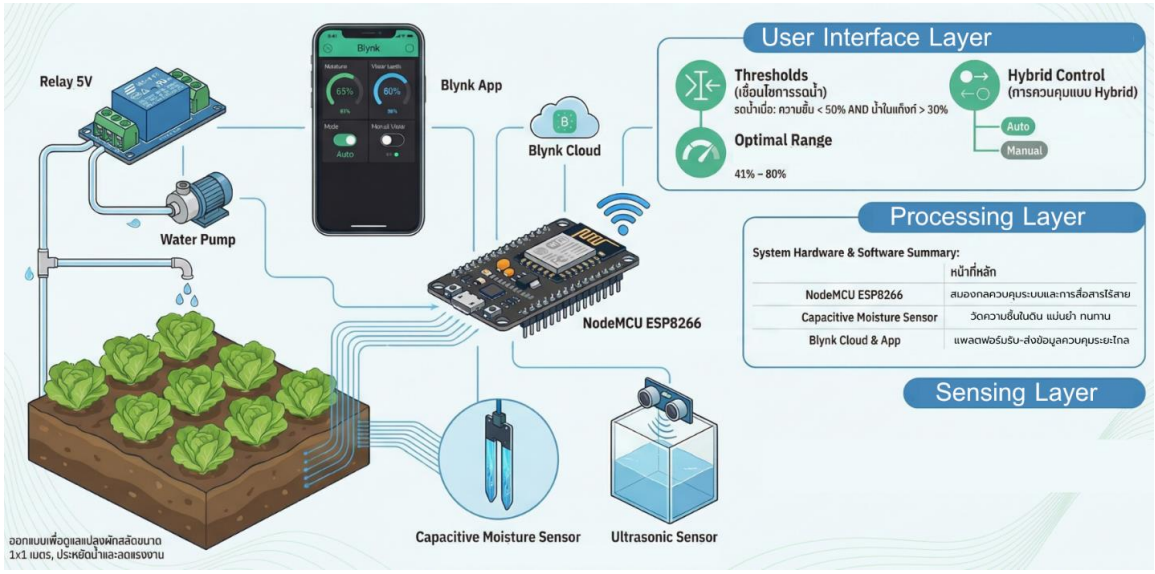
1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบ IoT สำหรับตรวจวัดและควบคุมความชื้นในดินอัตโนมัติ
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ระบบต้นแบบที่รักษาสมดุลน้ำในดินอย่างแม่นยำ ลดการสูญเสียน้ำส่วนเกิน และลดความเสี่ยงจากการทำงานผิดพลาดของมนุษย์

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนาระบบตรวจวัดและควบคุมความชื้นในดินเพื่อการเพาะปลูกพืชสวน ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเชิงวิศวกรรมและการพัฒนาเชิงปฏิบัติการ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้

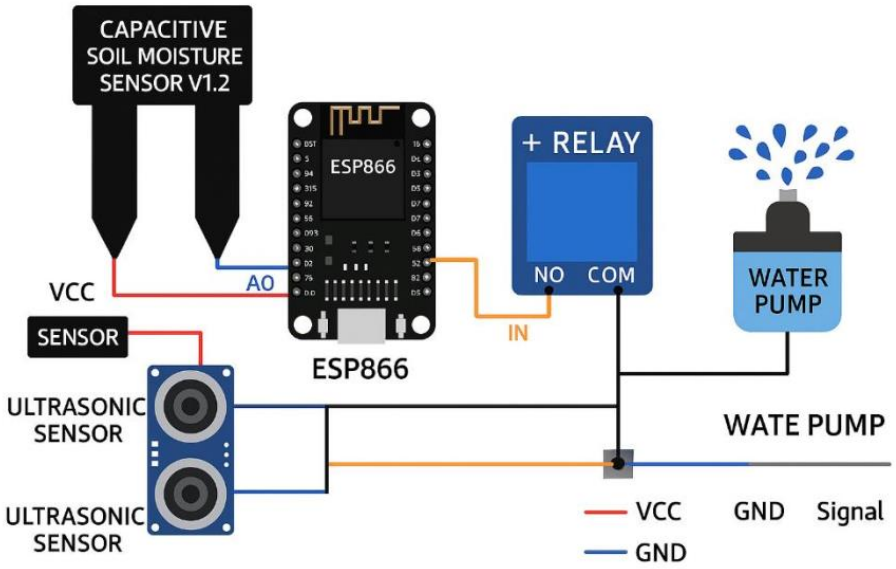


ภาพ 1 สถาปัตยกรรมระบบ

1. การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบ (System Architecture Design) ในภาพ 2 ได้ขยายความถึงการออกแบบและพัฒนาระบบนิเวศอัจฉริยะ (Smart Ecosystem) เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในแปลงเพาะปลูกพืชผักสลัดเชิงพาณิชย์ โดยโครงสร้างสถาปัตยกรรมถูกจำแนกออกเป็นชั้นลำดับชั้น (Layered Architecture) อย่างเป็นระบบ เริ่มต้นจาก ชั้นการตรวจวัด (Sensing Layer) ที่ประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินชนิด Capacitive เพื่อลดปัญหาการกัดกร่อนของอิเล็กโทรด (Abdul Rani, 2025) ควบคู่กับเซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor) สำหรับการเฝ้าระวังระดับน้ำในถังพัก ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งต่อไปยัง ชั้นประมวลผล (Processing Layer) ซึ่งทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์

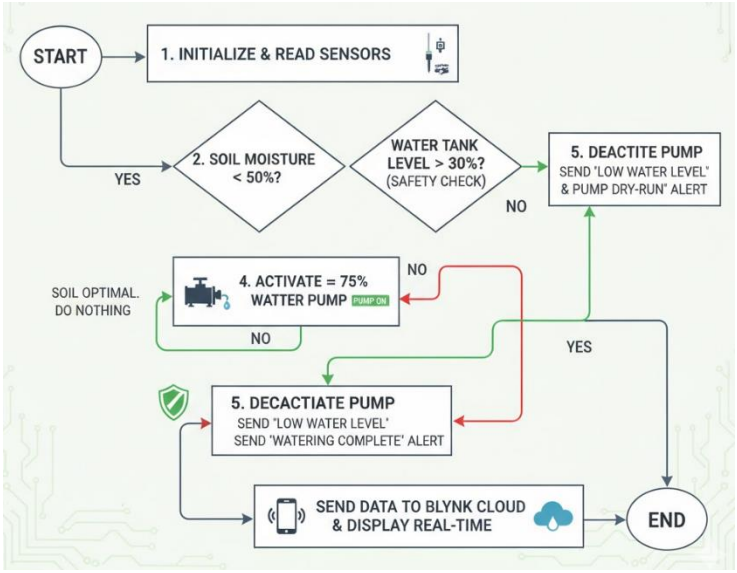
ฐาน ESP8266 (NodeMCU) ที่รองรับการเชื่อมต่อไร้สายผ่านโปรโตคอล Wi-Fi เพื่อสื่อสารกับ ชั้นการควบคุมและส่วนต่อประสานผู้ใช้ (Control & User Interface Layer) ผ่านแพลตฟอร์ม Cloud-based (Blynk App) หัวใจสำคัญของงานวิจัยนี้คือการใช้อัลกอริทึม การควบคุมแบบไฮบริด (Hybrid Control Strategy) ที่บูรณาการระหว่างระบบอัตโนมัติ (Automated Logic) ซึ่งกำหนดค่าขอบเขตความชื้นที่เหมาะสม (Optimal Range) ไว้ที่ 41-80 เปอร์เซ็นต์ (Abid et al., 2025a) เพื่อป้องกันสภาวะรากเน่าและประหยัดน้ำ และระบบควบคุมด้วยตนเอง (Manual Override) ผ่านอุปกรณ์พกพา ผลลัพธ์เชิงประจักษ์ชี้ให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาความชื้นคงที่ แต่ยังลดการใช้แรงงานมนุษย์และสนับสนุนแนวคิดเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) บนพื้นที่จำกัดขนาด 1 x 1 เมตร ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ (Electronic Circuit and Hardware Interfacing) ในภาพ 3 แสดงแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เน้นเสถียรภาพในการส่งสัญญาณข้อมูล โดยเซนเซอร์ความชื้นดินจะส่งสัญญาณอนาล็อกเข้าสู่ขา A0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับเซนเซอร์อัลตราโซนิกจะเชื่อมต่อผ่านขาดิจิทัล D2 (Trig) และ D3 (Echo) เพื่อคำนวณระยะทางจากคลื่นเสียงสะท้อน ในส่วนของ หน่วยควบคุม (Control Unit) ผู้วิจัยใช้รีเลย์ขนาด 5VDC เชื่อมต่อกับขา D1 ของ ESP8266 เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ปั๊มน้ำและระบบกระจายน้ำแบบสปริงเกอร์



ภาพ 2 การออกแบบแผงวงจร

3. เงื่อนไขการควบคุมและแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Control Logic and IoT Platform) ผู้วิจัยกำหนดตรรกะการทำงานแบบอัตโนมัติ (Automation Logic) โดยอาศัยเกณฑ์ความชื้นที่เหมาะสมของผักสลัดในช่วงร้อยละ 41 ถึง 80 ระบบจะเริ่มสั่งการรดน้ำเมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 50 และจะระงับการทำงานเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 75 นอกจากนี้ ได้บูรณาการ ตรรกะความปลอดภัย (Safety Mechanism) โดยหากเซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจพบระดับน้ำในถังต่ำกว่าร้อยละ 30 ระบบจะสั่งหยุดการทำงานของปั๊มน้ำทันทีเพื่อป้องกันความเสียหายจากสภาวะการทำงานตัวเปล่า (Dry Run) (Ildar et al., 2025) ข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปยังคลาวด์ผ่านโปรโตคอลการสื่อสารของแพลตฟอร์ม Blynk เพื่อแสดงผลแบบเรียลไทม์บนแผงควบคุม (Dashboard) และรองรับการสั่งการด้วยมือ (Manual Mode) ผ่านสมาร์ตโฟน ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 3 เงื่อนไขควบคุมการทำงานแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

4. การทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพ (Testing and Performance Evaluation) กระบวนการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ การทดสอบโมดูลย่อย (Sub-module Testing) เพื่อปรับเทียบ (Calibration) ค่ามาตรฐานของเซนเซอร์ในสภาวะดินแห้งและดินเปียก รวมถึงความแม่นยำของระยะทางจากคลื่นอัลตราโซนิก และ การทดสอบการทำงานร่วมกัน (System Integration Testing) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตรรกะการควบคุมภายใต้สภาวะจำลองต่าง ๆ เช่น การขาดหายของสัญญาณเครือข่ายและการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าเกณฑ์ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงเสถียรภาพของระบบก่อนการนำไปใช้งานจริง

5. การเก็บข้อมูลภาคสนามดำเนินการในโรงเรือนปลูกผักสลัดบนพื้นที่แปลงจำลองขนาด 1 x 1 เมตร ซึ่งปลูกพืชได้ประมาณ 16-25 ต้น ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต 40-50 วัน โดยใช้ระบบ

ควบคุมอัตโนมัติแบบไฮบริดผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU ESP8266 ร่วมกับเซนเซอร์วัดความชื้นแบบ Capacitive และระบบพ่นฝอย (Sprinkler) ซึ่งได้ค่าความชื้นและรูปแบบการทำงานของระบบดังตาราง 1 และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำดังตาราง 2

ตาราง 1 บันทึกค่าความชื้นและการทำงานของระบบ (ช่วงสัปดาห์แรก)

วันที่	เวลา	ความชื้นจุดที่ 1-4 (%)	ค่าเฉลี่ย (%)	สถานะปั๊ม	ระดับน้ำในถัง (%)	หมายเหตุ
22 ต.ค. 68	08:00	55, 58, 54, 57	56%	ปิด	100%	เริ่มการทดลองวันแรก
23 ต.ค. 68	12:00	48, 50, 47, 51	49%	เปิด	95%	ปั๊มทำงานเนื่องจาก < 50%
23 ต.ค. 68	16:15	74, 76, 75, 75	75%	ปิด	92%	หยุดรดน้ำเมื่อถึงเกณฑ์
24 ต.ค. 68	16:00	62, 65, 60, 61	62%	ปิด	85%	สถานะดินปกติ

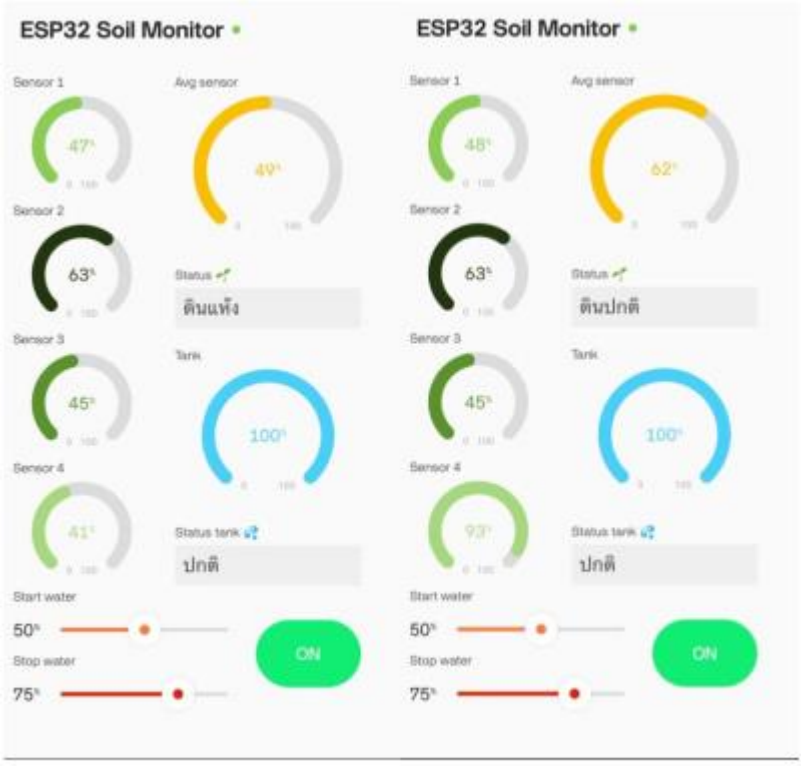
ตาราง 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำ (รายสัปดาห์)

วันที่	แปลงควบคุม	ระบบ IOT	ประหยัดได้ (%)	ผลลัพธ์เชิงตัวเลข
22-28 ต.ค. 68	70 ลิตร	45 ลิตร	35.70	>30%
29 ต.ค. - 4 พ.ย. 68	70 ลิตร	48 ลิตร	31.40	ระบบทำงานตามค่าความชื้นจริง
5-11 พ.ย. 68	75 ลิตร	50 ลิตร	33.30	41-80%
12-18 พ.ย. 68	75 ลิตร	52 ลิตร	30.60	
19-25 พ.ย. 68	80 ลิตร	55 ลิตร	31.20	ช่วงใกล้เก็บเกี่ยว 40-50 วัน
รวมสุทธิ	370 ลิตร	250 ลิตร	32.40	สำเร็จตามสมมติฐาน

ผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยพบว่า ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการพัฒนาต้นแบบระบบ IoT สำหรับตรวจวัดและควบคุมความชื้นในดิน โดยมี NodeMCU ESP8266 เป็นแกนหลักในการประมวลผลร่วมกับเซนเซอร์วัดความชื้นแบบ Capacitive และเซนเซอร์อัลตราโซนิก ซึ่งทำงานผ่านแพลตฟอร์ม Blynk Cloud ได้อย่างมีเสถียรภาพระบบต้นแบบนี้สามารถรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงร้อยละ 41 ถึง 80 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของผักสลัดได้อย่างแม่นยำ โดยระบบจะสั่งการรดน้ำอัตโนมัติเมื่อความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 50 และหยุดทำงานเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 75 นอกจากนี้ระบบยังมีกลไกความปลอดภัย Safety Lock ที่สั่งระงับการทำงานของปั๊มน้ำทันทีเมื่อระดับน้ำในถังต่ำกว่าร้อยละ 30 เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ ในด้านประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ ผลการทดสอบเปรียบเทียบพบว่าระบบ IoT ใช้ปริมาณน้ำรวมสุทธิเพียง 250 ลิตร ตลอดระยะเวลาการทดลอง เมื่อเทียบกับการรดน้ำแบบดั้งเดิมที่ใช้ถึง 370 ลิตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถ ประหยัดน้ำได้ถึงร้อยละ

32.40 ผลสำเร็จนี้ส่งผลโดยตรงต่อการผลิตผักสลัดในพื้นที่แปลงจำลองขนาด 1x1 เมตร ซึ่งสามารถรองรับการเจริญเติบโตของพืชได้ประมาณ 16-25 ต้น ตลอดรอบการปลูก 40-50 วัน, อย่างไรก็ตาม จากการทดสอบระบบยังพบข้อค้นพบในเชิงเทคนิคที่สำคัญคือ เซนเซอร์ความชื้นอาจมีความคลาดเคลื่อนในระยะแรกซึ่งจำเป็นต้องได้รับการ ปรับเทียบค่า (Calibration) ให้เหมาะสมกับสภาพดิน รวมถึงเสถียรภาพของระบบที่ยังคงพึ่งพาสัญญาณเครือข่าย Wi-Fi สำหรับการติดตามผลแบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการใช้งานจริง



(ก) (ข)

ภาพ 4 Blynk Cloud Dashboard

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบในแปลงผักสลัดขนาด 1x1 เมตร ตลอดระยะเวลาการเติบโต 40-50 วัน พบว่าการพัฒนาต้นแบบระบบ IoT ประสบความสำเร็จในการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่ภาคสนามอย่างเป็นรูปธรรม ระบบสามารถรักษาระดับความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงร้อยละ 41-80 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด โดยในด้านประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ ระบบพิสูจน์ให้เห็นถึงความคุ้มค่าอย่างชัดเจนด้วยการ ประหยัดน้ำได้สุทธิร้อยละ 32.40 หรือลดปริมาณการใช้น้ำจาก 370 ลิตรในการรดน้ำแบบดั้งเดิม เหลือเพียง 250 ลิตร นอกจากนี้ ระบบความปลอดภัย Safety Lock ที่ทำงานร่วมกับเซนเซอร์อัลตราโซนิกสามารถป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ได้อย่างแม่นยำ โดยสั่งหยุดปั๊มน้ำทันที

เมื่อระดับน้ำต่ำกว่าร้อยละ 30 อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังมีข้อค้นพบในเชิงเทคนิคที่ควรระมัดระวัง คือ ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ในระยะแรกซึ่งจำเป็นต้องได้รับการปรับเทียบค่า (Calibration) ให้สอดคล้องกับสภาพดินและข้อจำกัดด้านเสถียรภาพที่ยังพึ่งพาสัญญาณ Wi-Fi สำหรับการติดตามผลแบบเรียลไทม์ สรุปได้ว่าระบบนี้สร้างสมดุลระหว่างต้นทุนเทคโนโลยีที่เข้าถึงได้กับผลิตผลที่มีคุณภาพสูง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการยกระดับสู่เกษตรอัจฉริยะอย่างยั่งยืน

อภิปรายผล

ผลการศึกษาเป็นไปตามสมมติฐานและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Abdul Rani (2025) ที่ยืนยันถึงความทนทานของ Capacitive Sensor ในงานเกษตรระยะยาว ซึ่งช่วยลดปัญหาการกัดกร่อนของอิเล็กโทรดได้ดีกว่าเซนเซอร์แบบเดิม นอกจากนี้ยังเสริมด้วยงานของ Abid et al. (2025a) ที่แสดงให้เห็นว่าการใช้ NodeMCU ESP8266 ร่วมกับ Blynk Cloud ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการติดตามสถานะได้เหนือกว่าการจัดการแบบแมนนวลอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะความสามารถในการรักษาความชื้นในช่วงร้อยละ 41 ถึง 80 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของผักสลัด ความสำเร็จเชิงประจักษ์อีกประการคือประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ ซึ่งระบบสามารถประหยัดน้ำได้ถึงร้อยละ 32.40 (ลดลงจาก 370 ลิตร เหลือ 250 ลิตร) เมื่อเทียบกับการรดน้ำแบบดั้งเดิม ส่งผลให้ผลิตผลผักสลัด จำนวน 16-25 ต้น ในพื้นที่แปลงจำลองขนาด 1x1 เมตร มีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ภายในรอบการปลูก 40-50 วัน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบข้อค้นพบเชิงลบและข้อจำกัดเชิงเทคนิคที่สำคัญ คือความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์ความชื้นในระยะแรกซึ่งจำเป็นต้องได้รับการปรับเทียบค่า (Calibration) ให้เหมาะสมกับสภาพดินแต่ละพื้นที่เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ นอกจากนี้ เสถียรภาพของการติดตามผลแบบเรียลไทม์ยังคงขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณเครือข่าย Wi-Fi ซึ่งเป็นปัจจัยวิกฤตที่ต้องคำนึงถึงในการนำไปใช้งานจริงในพื้นที่ห่างไกล แม้ว่าตรรกะการควบคุมอัตโนมัติภายในระบบจะยังทำงานได้ตามปกติก็ตาม

ข้อเสนอแนะ

การขยายผลสู่แปลงปลูกขนาดใหญ่ควรใช้สถาปัตยกรรมแบบ Mesh Network หรือเพิ่ม Node เซนเซอร์เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีความแตกต่างของดิน ควรเพิ่มเซนเซอร์วัดค่าความเข้มแสงและค่าสารอาหาร (N-P-K) (Lakhiar et al., 2024) เพื่อให้ระบบสามารถตัดสินใจจ่ายน้ำและปุ๋ยได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น การลงทุนในเทคโนโลยีไอโอที ไม่ใช่ภาระ แต่เป็นรากฐานสำคัญที่จะช่วยให้เกษตรกรไทยก้าวข้ามขีดจำกัดด้านทรัพยากร และสร้างความมั่นคงทางอาหารได้อย่างยั่งยืนในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล

เอกสารอ้างอิง

Abdul Rani, R. (2025). Performance Evaluation of Resistivity-Based Soil Moisture Sensors for IoT Based Real-Time Monitoring Systems. *Journal of Mechanical Engineering,* 14(SI 2025), 18-38. https://doi.org/10.24191/jmeche.v14i1.8408

Abid, N. Ben, Khattab, A. M., Harb, H. A. M., & Souani, C. (2025a). An IoT-Based Smart Agriculture System Using LoRa and Cloud Monitoring for Automated Greenhouse Control. *International Journal of Computer Applications*, 187(52), 7-15. https://doi.org/10.5120/ijca2025925788

Abid, N. Ben, Khattab, A. M., Harb, H. A. M., & Souani, C. (2025b). An IoT-based Smart Agriculture System using LoRa and Cloud Monitoring for Automated Greenhouse Control. In *International Journal of Computer Applications* (Vol. 187, Number 52).

Binti Daud, S., Binti, R., Rahman, A., Hairul, M., Bin, A., & Zainal, M. (n.d.). *IoT-BASED SMART AGRICULTURE MONITORING SYSTEM.*

Bist, D. R., Chapagaee, P., Kunwar, A., & Khatri, L. (2026). The role of big data in sustainable agriculture: advancing environmental sustainability in precision farming systems. *Cogent Food & Agriculture,* 12(1). https://doi.org/10.1080/23311932.2026.2620180

Gupta, R., Chandniha, S. K., & V, H. (2026). A Critical Review on Optimization of Water Use in Vegetable Crops Using IoT-Based Low-Cost Sensors. *Journal of Experimental Agriculture International,* 48(1), 171-189. https://doi.org/10.9734/jeai/2026/v48i13992

Ildar, S., Khabibullo, A., Ugli, A., Abdulaziz, S., Shohruxbek, X., Xushnudbek, R., & Mashhurbek, T. (2025). Automation of the Protection System of Electric Motors in Pumping Stations. *Spanish Journal of Innovation and Integrity.* http://sjii.indexedresearch.org

Lakhiar, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., Han, Y., Wang, B., Bao, R., Syed, T. N., Chauhdary, J. N., & Rakibuzzaman, Md. (2024). A Review of Precision Irrigation Water-Saving Technology under Changing Climate for Enhancing Water Use Efficiency, Crop Yield, and Environmental Footprints. *Agriculture*, 14(7), 1141. https://doi.org/10.3390/agriculture14071141

Ragab, M. (2022). IOT based Smart Irrigation System*. International Journal of Industry and Sustainable Development,* 0(0), 0-0. https://doi.org/10.21608/ijisd.2022.148007.1021

Routis, G., & Roussaki, I. (2023). Low Power IoT Electronics in Precision Irrigation. *Smart Agricultural Technology,* 5, 100310. https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100310

Sharma, R., Pawar, C., Sharma, P., & Malik, A. (2024). *Predictive Algorithms for Smart Agriculture* (pp. 61-80). https://doi.org/10.1007/978-981-97-0448-4_4

Zeping, L., Abdullah, N., & Ishak, M. K. (2026). Smart greenhouse climate control with real-time fault detection and energy-aware automation. *Smart Agricultural Technology,* 13, 101707. https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101707