



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การพัฒนาชุดอุปกรณ์ต้นแบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติโดยใช้ระบบตรวจจับความชื้นในดิน

Development of a prototype device for automatic plant watering using
a soil moisture detection systemกิตตินันท์ บุญศิริ เปรมฤดี ทองใบศรี ณัฐฐนิชา ประสิทธิ์เวชชากร และ สุภกิจ รูปขันธ์^{1)*}

Kittinun Bunsiri, Premrudee Thongbaisri, Natthanicha Prasitthiwetchakoon and

Supakit Roopakhun^{1)*}¹⁾สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี¹⁾School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

Received: 9 November 2025

Revised: 14 December 2025

Accepted: 20 December 2025

Available online: 26 December 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติที่สามารถทำงานตามระดับความชื้นในดินโดยอาศัยเซนเซอร์ตรวจสอบวัดความชื้น เพื่อช่วยลดภาระในการดูแลรักษาต้นไม้ของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถรดน้ำได้อย่างสม่ำเสมอ โดยต้นแบบได้รับการทดสอบกับพืชในกระถางและดินร่วนปลูกทั่วไป เพื่อประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ความชื้นในดินที่ใช้ควบคุมระบบ ระบบต้นแบบประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน ไมโครคอนโทรลเลอร์ (เช่น Arduino/ESP32) และปั้มน้ำ ซึ่งควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติตามค่าความชื้นที่ตั้งไว้ล่วงหน้า เมื่อระดับความชื้นในดินต่ำกว่าค่าที่กำหนด ระบบจะสั่งให้ปั้มน้ำทำงานเพื่อรดน้ำต้นไม้ และจะหยุดการทำงานเมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสม วิธีการทดลองประกอบด้วยการสอบเทียบเซนเซอร์ด้วยวิธีการอบตัวอย่างดินตามมาตรฐาน ASTM D4959 และทดสอบการทำงานของระบบจริงตลอด 3 วัน โดยบันทึกค่าความชื้นทุก 30 นาที ผลการทดสอบ พบว่า ปั้มน้ำทำงานเฉลี่ยวันละ 3 ครั้ง โดยเริ่มทำงานเมื่อค่าความชื้นต่ำกว่า 12% และหยุดทำงานเมื่อความชื้นสูงถึงประมาณ 16% ปริมาณน้ำเฉลี่ยที่

จ่ายต่อรอบอยู่ที่ประมาณ 85–95 มิลลิลิตร ระบบสามารถรักษาความชื้นให้อยู่ในช่วงที่กำหนดได้อย่างต่อเนื่อง และลดการใช้น้ำเกินความจำเป็น ผลลัพธ์เชิงปริมาณแสดงให้เห็นว่าสามารถลดปริมาณการใช้น้ำลงประมาณ 18–25% เมื่อเทียบกับการรดน้ำด้วยมือ และระบบสามารถตอบสนองสถานะแห้งในดินได้ภายในเวลาน้อยกว่า 30 นาที หลังค่าความชื้นลดลงถึงเกณฑ์ล่าง โครงการนี้มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระดับครัวเรือนหรือสวนขนาดเล็ก อีกทั้งสามารถพัฒนาเพิ่มให้รองรับการควบคุมผ่านเครือข่ายไร้สายหรืออุปกรณ์สมาร์ทโฟนในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ เช่น เซอร์วูดความชื้นในดิน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบควบคุมอัตโนมัติ

Abstract

This research aims to develop a prototype automatic plant-watering system that operates based on soil moisture levels measured by a soil moisture sensor. The system is designed to reduce the users' burden of plant care, particularly when regular watering is not possible. The prototype was tested using potted plants grown in loamy soil to evaluate the suitability of moisture thresholds for automatic control. The system consists of a soil moisture sensor, a microcontroller (e.g., Arduino or ESP32), and a water pump, all controlled automatically by predefined moisture thresholds. When soil moisture falls below the threshold, the system activates the water pump to irrigate the plant, and the pump stops once the moisture level reaches the upper limit. The experimental procedure included calibrating the sensor using the oven-dry method following ASTM D4959 and evaluating the prototype under real operating conditions for three consecutive days, with moisture data recorded every 30 minutes. The results show that the pump operated an average of three times per day, activating at moisture levels below approximately 12% and stopping at around 16%. Each activation delivered approximately 85–95 mL of water. Quantitative analysis indicates that the system reduced water usage by approximately 18–25% compared with manual watering while maintaining soil moisture within the desired range. The system also responded within 30 minutes of soil dryness detection. This prototype demonstrates strong potential for household or small-garden applications and can be further developed to support wireless networks or smartphone-based control for future smart farming implementations.

Keywords: Automatic Plant Watering System: Soil Moisture Sensor: Microcontroller: Automatic Control

July – December 2025; 11(2) : 34 – 43

1. บทนำ

การจัดการน้ำเป็นปัจจัยพื้นฐานที่กำหนดความเจริญเติบโตและสุขภาพของพืช โดยเฉพาะในระบบการปลูกพืชกระถางซึ่งมีปริมาณดินจำกัดและมีความแปรผันของความชื้นสูง การให้น้ำที่ไม่สม่ำเสมอสามารถนำไปสู่การชะงักของการดูดซึมธาตุอาหารและความเสียหายของระบบราก ในขณะที่การให้น้ำมากเกินไปจนเกิดความจำเป็นก่อให้เกิดภาวะน้ำขังและลดการถ่ายเทอากาศในดิน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรครากเน่า ปัญหาเหล่านี้ทำให้ความสามารถในการจัดการน้ำอย่างแม่นยำเป็นความท้าทายสำคัญทั้งในระดับครัวเรือนและระบบการปลูกพืชเชิงพาณิชย์

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ การประมวลผลข้อมูล และ IoT ทำให้ระบบรดน้ำอัตโนมัติที่อาศัยการตรวจวัดความชื้นในดินแบบเรียลไทม์ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง จากรายงานจำนวนมากพบว่า sensor-driven irrigation systems สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้อย่างมีนัยสำคัญและลดความสูญเสียจากการรดน้ำไม่เหมาะสม [1-3] ในขณะเดียวกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นใหม่ เช่น ESP32 ได้รับการยอมรับว่ามีศักยภาพเหมาะสมต่อระบบควบคุมที่ต้องการทั้งความต่อเนื่อง ความเสถียร และความสามารถในการเชื่อมต่อข้อมูลไร้สาย [4-5]

แม้ว่างานวิจัยด้านระบบรดน้ำอัตโนมัติจะมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง แต่การทบทวนวรรณกรรมชี้ให้เห็นว่า ยังมีประเด็นสำคัญที่ไม่ได้รับการแก้ไขอย่างเป็นระบบ ได้แก่ (1) การกำหนด threshold ความชื้นในดินมักอาศัยค่าทดลองทั่วไป โดยยังไม่เชื่อมโยงกับคุณสมบัติเฉพาะของดินและ

ความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด ทั้งที่ดินแต่ละประเภทมี water-holding capacity แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ (2) การสอบเทียบเซนเซอร์ความชื้นในดินยังขาดมาตรฐานเดียวกัน แม้เซนเซอร์แบบ capacitive จะเป็นที่ยอมรับเนื่องจากไม่เกิดการกัดกร่อนง่าย แต่ผลการวัดยังขึ้นกับเนื้อดิน อุณหภูมิ และปริมาณอินทรีย์วัตถุ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนสอบเทียบที่ถูกต้อง เช่น วิธี oven-dry ตาม ASTM D4959 และ (3) ข้อมูลเชิงวิศวกรรมที่มีความสำคัญต่อการประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบ เช่น ปริมาณน้ำที่จ่ายจริง ความแม่นยำของระบบ และเวลาในการตอบสนอง ยังไม่ถูกนำเสนออย่างละเอียดในงานวิจัยส่วนใหญ่

เพื่อแก้ไขข้อจำกัดข้างต้น งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาต้นแบบระบบรดน้ำอัตโนมัติที่ใช้งานเซนเซอร์ความชื้นแบบ capacitive ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการควบคุมระดับความชื้นของดินแบบเรียลไทม์ โดยเลือกใช้พืชกระถางชนิด (ต้นบอนสี *Caladium bicolor*) ซึ่งเป็นพืชที่มีความต้องการน้ำสม่ำเสมอ และทดลองในดินร่วนปลูกสำเร็จรูป (loamy soil) ซึ่งมีคุณสมบัติด้านการกักน้ำและการระบายน้ำเหมาะสมตามเกณฑ์ USDA (2017) ช่วงค่าความชื้นที่ใช้ควบคุมระบบ (12–16%) ได้รับการกำหนดจากผลการสอบเทียบเซนเซอร์ตามมาตรฐาน ASTM D4959 และการทดลองเบื้องต้นกับดินที่ใช้จริง เพื่อให้ threshold มีความสอดคล้องกับพฤติกรรมการกักเก็บน้ำของดินและความต้องการของพืชที่ปลูก

ต้นแบบระบบรดน้ำที่นำเสนอมีเป้าหมายเพื่อประเมินศักยภาพของระบบควบคุมบนพื้นฐานข้อมูลเชิงปริมาณ ทั้งด้านความแม่นยำของการจ่ายน้ำ

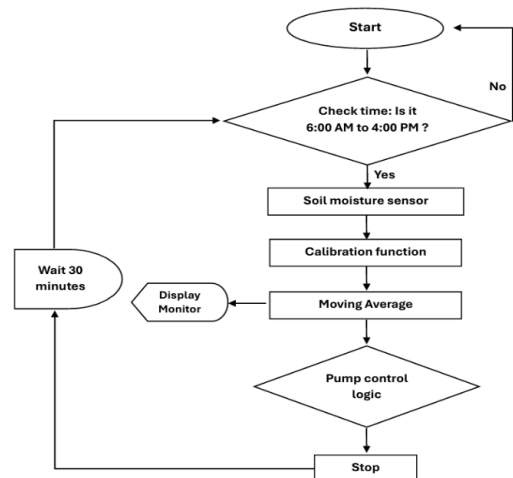
การรักษาระดับความชื้นในช่วงที่เหมาะสม และความสามารถในการลดปริมาณการใช้น้ำเมื่อเทียบกับการรดน้ำแบบดั้งเดิม ผลลัพธ์ที่น่าเสนอมีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยี Smart Irrigation สำหรับการใช้งานจริงในระดับครัวเรือนและพื้นที่เพาะปลูกขนาดเล็ก ตลอดจนเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบควบคุมขั้นสูงที่อาศัยการเชื่อมต่อเครือข่าย IoT และการประมวลผลข้อมูลในอนาคต

2. วิธีการการวิจัย

การพัฒนาระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย กระบวนการออกแบบระบบควบคุม การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจวัดและตัดสินใจรดน้ำ การสอบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน และการทดสอบระบบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจริง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

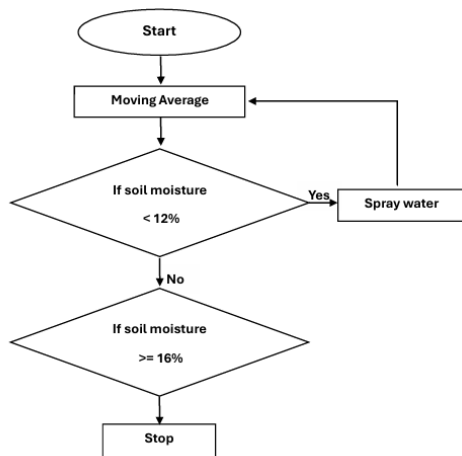
2.1. กระบวนการออกแบบระบบควบคุม การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจวัดและตัดสินใจรดน้ำ

ระบบต้นแบบถูกออกแบบให้ทำงานตามตรรกะของผังงาน (Flowchart) ซึ่งแสดงใน รูปที่ 1 โดยเริ่มต้นจากการตรวจสอบช่วงเวลาการปฏิบัติงานระหว่าง 06.00–16.00 น. ช่วงเวลานี้ถูกกำหนดจากรายงานทางสรีรวิทยาพืชที่ระบุว่า การให้น้ำในช่วงเช้า-บ่าย มีความเหมาะสมต่อการดูดน้ำและลดความเสี่ยงต่อโรคพืชจากความชื้นสะสมในเวลากลางคืน

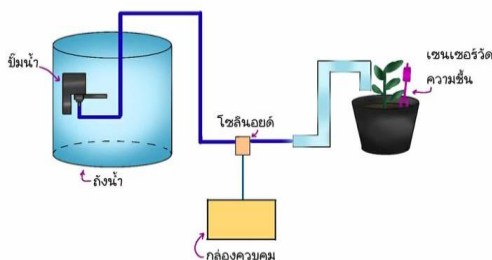


รูปที่ 1 แผนผังการทำงานของระบบ แสดงลำดับการตรวจสอบช่วงเวลา การอ่านค่าความชื้น และการตัดสินใจรดน้ำตาม threshold ที่กำหนด

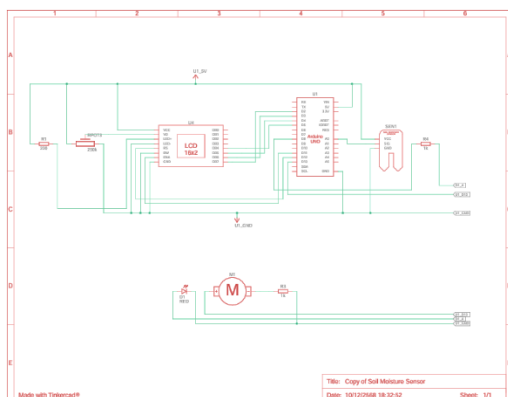
เมื่อเข้าสู่ช่วงเวลาที่กำหนด ระบบจะอ่านค่าความชื้นในดินผ่านเซนเซอร์แบบ capacitive โดยค่าดิบที่วัดได้จะถูกแปลงด้วยฟังก์ชันการปรับเทียบ (Calibration Function) และประมวลผลเพื่อลดสัญญาณรบกวนด้วยค่าเฉลี่ยแบบ Moving Average ก่อนส่งสัญญาณเข้าสู่ชุดตรรกะควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ ดังแสดงใน รูปที่ 2



รูปที่ 2 ฟังก์ชันการควบคุมแบบลอจิก (Control Logic Diagram) แสดงเงื่อนไขการเริ่มรดน้ำที่ความชื้นต่ำกว่า 12% และเงื่อนไขหยุดที่ 16%



รูปที่ 3 โมเดลสามมิติของชุดต้นแบบ แสดงการจัดวางตำแหน่งของปั๊มน้ำ ถังน้ำ เซนเซอร์ และกล่องควบคุมเพื่อจำลองสภาพการติดตั้งจริง



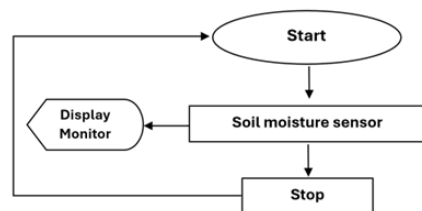
รูปที่ 4 รูปการต่อวงจรของระบบ

**หมายเหตุ ในโปรแกรมจำลองไม่มี Esp32 เลยใช้ Arduino Uno แทน

การทำงานของอัลกอริทึมบน ESP32 แสดงในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นผังงานสำหรับการตรวจวัดและแสดงผลค่าความชื้นเบื้องต้น ขณะที่ได้ควบคุมจริงได้รวมขั้นตอนการตัดสินใจ (Decision making) และการสั่งงานอุปกรณ์ขับเคลื่อน โดยใช้สมการเชิงเส้นที่ได้จากการสอบเทียบ

$$\text{Raw Value} = -39.432(\% \text{Moisture}) + 2663.9 \quad (1)$$

ซึ่งให้ค่า $R^2=0.9949$ แสดงถึงความถูกต้องสูงของการปรับเทียบ ผลการแปลงค่าความชื้นถูกควบคุมให้อยู่ระหว่าง 0–100% และเก็บค่าซ้ำหลายครั้งเพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลดผลกระทบจาก noise ตามหลักการวัดสัญญาณอนาล็อก



รูปที่ 5 Flowchart การอ่านค่าและแสดงผลจากเซนเซอร์ในขั้นตอน Calibration ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาอัลกอริทึมเบื้องต้น

2.2. การสอบเทียบเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน

การสอบเทียบเซนเซอร์ดำเนินการ โดยเตรียมดินตามมาตรฐาน ASTM D4959 ใช้ดินทรายปนร่วนแห้ง (ดินทรายแป้ง) ขนาดอนุภาคดินพื้นฐานตามระบบ USDA มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.05-0.002 มม. [6-8] ซึ่งกำหนดให้ทำการอบดินที่

105°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำดินที่อบแห้ง 100 กรัม ใส่ในถุงตัวอย่างจำนวน 12 ถุง และเติมน้ำ ในปริมาณต่างกันตามที่กำหนด (รูปที่ 6) เพื่อให้เกิด ระดับความชื้นหลากหลาย หลังจากหมัก 24 ชั่วโมง ทำการวัดค่าด้วยเซนเซอร์ความชื้น โดยวัดซ้ำ 10 ครั้งต่อระดับความชื้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำและลด ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล การวัดทั้งหมดถูก บันทึกและนำเสนอในตารางที่ 1 และกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดิบกับค่าเปอร์เซ็นต์ ความชื้น (รูปที่ 7)

สมการการคำนวณค่าความชื้นในดินแบบ dry weight basis ตามมาตรฐาน ASTM D4959-00

$$\text{Moisture Content (\%)} = \frac{W_{\text{wet}} - W_{\text{dry}}}{W_{\text{dry}}} \times 100 \quad (2)$$

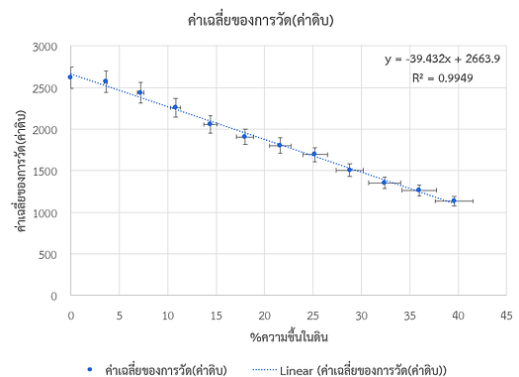


รูปที่ 6 การเตรียมดินจำนวน 12 ถุง และเติมน้ำ ในปริมาณต่างกันตามที่กำหนด

ตารางที่ 1

การวัดค่าซ้ำ 10 ครั้ง เพื่อสร้างข้อมูลสอบเทียบตาม มาตรฐาน ASTM

น้ำหนัก ของดิน (g)	น้ำหนัก ของน้ำ (g)	%ความชื้นใน ดินที่คำนวณ ได้	ค่าเฉลี่ยของ การวัด (ค่าดิบ)	S.D.
100	0	0	2619.3	5.14
100.03	3.6	3.598920324	2566.9	13.60
100.02	7.2	7.198560288	2437.6	9.50
100.01	10.8	10.79892011	2256.4	28.95
100.03	14.4	14.3956813	2056.2	48.88
100.03	18	17.99460162	1908.3	39.10
100.01	21.6	21.59784022	1802.6	53.88
100.01	25.2	25.19748025	1692.4	58.90
100.03	28.8	28.79136259	1507	49.86
100.02	32.4	32.3935213	1354.3	24.42
100.03	36	35.98920324	1266	46.64
100.03	39.6	39.58812356	1132.7	34.42



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าดิบ และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น พร้อม error bars

2.3. การทดสอบระบบต้นแบบใน สภาพแวดล้อมจริง

หลังจากสอบเทียบเซนเซอร์แล้ว ระบบถูกนำไป ทดสอบในสภาพแวดล้อมจริงระหว่างเวลา 06.00– 16.00 น. เป็นเวลา 3 วัน โดยทำการบันทึกค่า ความชื้นและสถานะปั๊มทุกๆ 30 นาที นอกจากนี้ยังมี

July – December 2025; 11(2) : 34 – 43

การบันทึกสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ และความเข้มแสง ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีผลต่อการระเหยน้ำในดิน เพื่อให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น สำหรับการทดลองตลอดระยะเวลา 3 วัน เริ่มต้นเมื่อ

วันที่ 15 ตุลาคม 2568 อุณหภูมิ 30°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 70%

วันที่ 16 ตุลาคม 2568 อุณหภูมิ 34°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 75%

วันที่ 17 ตุลาคม 2568 อุณหภูมิ 34°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 80%

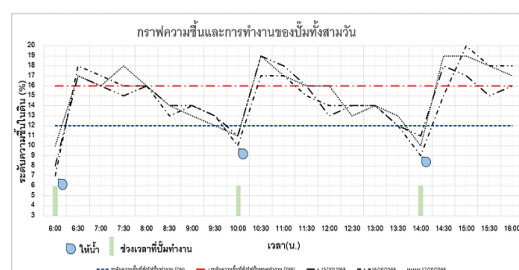
ทดสอบ ณ หอพักเนียร์ยู เลขที่ 545 หมู่ที่ 5 ตำบลสุรนารี อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ทั้งนี้ระหว่าง การทดสอบ มีการวัดเวลาการทำงานจริงของปั๊มแต่ละครั้ง ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 10 วินาที ปริมาณน้ำที่จ่ายต่อครั้ง (mL) ได้รับการบันทึกและใช้เปรียบเทียบกับ การรดน้ำแบบดั้งเดิม เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายและคำนวณระยะเวลาคืนทุน

3. ผลการวิจัยและการอภิปราย

การทดสอบระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติถูกดำเนินการในสภาพแวดล้อมจริงเป็นเวลา 3 วัน ระหว่างเวลา 06.00–16.00 น. โดยบันทึกค่าความชื้นในดิน สถานะปั๊มน้ำ และปริมาณน้ำที่จ่ายในแต่ละรอบทุกๆ 30 นาที รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินและการตอบสนองของระบบควบคุมแสดงไว้ในรูปที่ 8 ซึ่งสรุปผลการทดลองทั้ง 3 วันในกราฟเดียว เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงานของระบบในแต่ละรอบการทดสอบ

รูปที่ 8 แสดงผลการทดลองในวันที่ 1–3 โดยแต่ละช่วงเวลามีการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นในดินที่มี

แนวโน้มคล้ายคลึงกัน คือ เมื่อค่าความชื้นลดลงสู่ระดับประมาณ 11–12% ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน และความชื้นจะเพิ่มขึ้นถึงค่าประมาณ 16% หลังการรดน้ำในแต่ละรอบ จากนั้นค่าความชื้นจะค่อยลดลงตามพฤติกรรมของการระเหยของน้ำในดินร่วน จนถึงช่วงที่ระบบต้องสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานอีกครั้ง กลไกนี้เกิดซ้ำเป็นคาบอย่างชัดเจนตลอดระยะเวลา 3 วัน ในการทดลอง



รูปที่ 8 เปรียบเทียบพฤติกรรมการทำงานของระบบในแต่ละรอบการทดสอบ

3.1. ผลการทำงานของระบบและการวิเคราะห์เชิงควบคุม

ระบบสามารถรักษาระดับความชื้นให้อยู่ในช่วงควบคุมที่กำหนด (12–16%) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจำนวนครั้งเฉลี่ยของการทำงานของปั๊มน้ำอยู่ที่ 3 ครั้งต่อวัน การตอบสนองดังกล่าวสอดคล้องกับรูปแบบการสูญเสีย น้ำของดินร่วนที่มีอัตราการระเหยสูงในช่วงกลางวัน การทำงานของปั๊มน้ำแต่ละครั้งมีระยะเวลาประมาณ 10 วินาที ทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายมีความสม่ำเสมอ โดยเฉลี่ยประมาณ 85–95 mL ต่อรอบ ซึ่งทำให้การใช้น้ำต่อวันอยู่ในช่วงประมาณ 255–285 mL ผลของการสอบเทียบเซนเซอร์ด้วยวิธีเชิงเส้นซึ่งให้ค่า $R^2 = 0.9949$ ช่วยให้การแปลงค่าความชื้นมีความถูกต้องมากขึ้น จึงลด

การเกิดเหตุการณ์การเปิด-ปิดปั๊มน้ำโดยไม่จำเป็น การใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) ยังช่วยลดสัญญาณรบกวนและปรับเสถียรค่าที่วัดได้ ทำให้ระบบตัดสินใจได้อย่างต่อเนื่องและไม่เกิดการกระตุกของสัญญาณ (signal oscillation) โดยเส้นกราฟในรูปที่ 8 มีรูปแบบ “คาบขึ้น-ลง” อย่างเป็นระเบียบ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของระบบควบคุมแบบ On-Off ที่ตอบสนองต่อสภาพดินแห้งทันทีเมื่อต่ำกว่า threshold ล่าง และหยุดเมื่อถึง threshold บน

3.2. ประเมินความเชื่อถือของระบบและเซนเซอร์

ระหว่างการทดลอง ไม่พบอาการ drift ของเซนเซอร์แบบ capacitive หรือ ความผิดปกติของสัญญาณวัด ข้อมูลทั้ง 3 วัน มีความสอดคล้องกันในทุกช่วงเวลา แสดงว่าระบบตรวจวัดสามารถใช้งานได้อย่างเสถียรในระยะสั้น นอกจากนี้ ไม่พบปัญหาการอุดตันของหัวจ่ายน้ำหรือแรงดันปั๊มน้ำลดลง ซึ่งสะท้อนถึงความน่าเชื่อถือของระบบต้นแบบในระยะสั้น อย่างไรก็ตาม ควรมีการทดลองระบบในระยะยาวมากกว่า 3 วัน เพื่อประเมิน

- ความเสถียรของเซนเซอร์เมื่ออยู่ในดินขึ้นต่อเนื่อง

- ความเสื่อมของปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว
- ความถูกต้องของค่าความชื้น เมื่อเทียบกับวิธี gravimetric ซ้ำในช่วงเวลาต่างกัน

ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญสำหรับการนำระบบไปใช้งานในระดับฟาร์มจริง

3.3. การประเมินเชิงปริมาณด้านประสิทธิภาพการใช้น้ำ

จากข้อมูลปริมาณน้ำที่จ่ายจริง ระบบสามารถลดการใช้น้ำได้ประมาณ 18–25% เมื่อเทียบกับการรดน้ำแบบดั้งเดิมที่ใช้ปริมาณน้ำมากกว่าและมีความแปรผันสูงกว่า ผลลัพธ์นี้สะท้อนว่า ระบบควบคุมแบบ “moisture-on-demand” สามารถลดปริมาณน้ำที่ไม่จำเป็นได้ โดยยังคงรักษาความชื้นของดินให้อยู่ในช่วงเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

3.4. การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เพื่อนำเสนอความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้งานจริง ได้มีการคำนวณระยะเวลาคืนทุน (Pay-back Period, PBP) ตามสมการ

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (3)$$

โดยค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน คือ

$P = 1,422$ บาท (ต้นทุนอุปกรณ์ต้นแบบ)

$R = 600$ บาท/เดือน (ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้จากกรณีศึกษา)

ดังนั้น $PBP = 2.37$ เดือน

4. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบรดน้ำต้นไม้อัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์วัดความชื้นในดินร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการรดน้ำตามระดับความชื้นที่ตั้งไว้ ผลการทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมจริงเป็นเวลา 3 วัน แสดงให้เห็นว่าเซนเซอร์สามารถวัดค่าความชื้นในดินได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากวิธีเชิงมวล (gravimetric) หลังผ่านการ

July – December 2025; 11(2) : 34 – 43

สอบเทียบ ทำให้ข้อมูลที่ใช้สำหรับการควบคุมมีความถูกต้องเพียงพอสำหรับระบบต้นแบบ

ระบบสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความชื้นได้ตามตรรกะการควบคุม เมื่อค่าความชื้นลดต่ำกว่า 12% ระบบจะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อเพิ่มความชื้นในดิน และหยุดการทำงานเมื่อค่าความชื้นเพิ่มขึ้นถึงระดับประมาณ 16% รูปแบบการทำงานแบบ On-Off ดังกล่าวสามารถรักษาช่วงความชื้นให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอในระดับการใช้งานภายในครัวเรือนหรือพื้นที่ปลูกขนาดเล็ก

5. ข้อเสนอแนะ

5.1. ควรมีการบันทึกอุณหภูมิ ความชื้นอากาศ ปริมาณแสง และความเร็วลม ซึ่งอาจมีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ เพื่อให้สามารถอธิบายพฤติกรรมของดินและระบบควบคุมได้อย่างครอบคลุมยิ่งขึ้น

5.2. การเชื่อมต่อระบบเข้ากับแพลตฟอร์ม IoT โดยใช้โปรโตคอลที่เหมาะสม เช่น MQTT จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าความชื้นและสถานะปั๊มแบบเรียลไทม์ รวมทั้งส่งสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดปกติ เช่น ค่าความชื้นไม่เปลี่ยนแปลงหรือปั๊มไม่ทำงาน ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการต่อยอดสู่ Smart Farming

5.3. ควรมีการทดลองซ้ำหลายรอบและเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อประเมินความเสถียรของเซนเซอร์ในสภาวะดินชื้นต่อเนื่อง รวมถึงการตรวจสอบ drift ของสัญญาณเมื่อใช้งานระยะยาว

5.4. การทดลองในช่วงเวลาเพียง 3 วันอาจยังไม่เพียงพอสำหรับการประเมินการทำงานของระบบในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน จึงควรเพิ่มจำนวนวัน

ทดลองและทดสอบในหลายฤดูกาล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุม

5.5. ควรทดลองกับดินหลายประเภท เช่น ดินเหนียว ดินทราย หรือดินปลูกเชิงพาณิชย์ เนื่องจากคุณสมบัติการอุ้มน้ำของดินแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การทดลองในสภาพดินที่หลากหลายจะช่วยประเมินความสามารถของระบบในบริบทที่กว้างขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับการให้คำแนะนำและการอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในโครงการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] García-Sánchez L, et al. IoT-enabled smart irrigation systems: an overview. *Sensors*. 2020;20(15):4311–24. doi:10.3390/s20154311.
- [2] Obaideen K, Yousef BAA, AlMallahi MN, Tan YC, Mahmoud M, Jaber H, Ramadan M. An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*. 2022;7:100124. doi:10.1016/j.nexus.2022.100124.
- [3] Pereira GP, et al. IoT-enabled smart drip irrigation and climate monitoring using ESP32. *Electronics*. 2023;12(6):1352. doi:10.3390/electronics12061352.

- [4] Kumar SV, Singh CD, Rao KVR, Kumar M, Rajwade YA, Babu B, et al. Evaluation of IoT-based smart drip irrigation and ETc-based system for sweet corn. Smart Agricultural Technology. 2023;5:100248. doi:10.1016/j.atech.2023.100248.
- [5] Sudarmaji A. Smart soil moisture control based on IoT ESP32 for horticulture cultivation. Bio-Conf Proc. 2024;5(1):48–55.
- [6] โชคชัย ลิ้มประเสริฐ, ภัคพงษ์ อุบลเลิศ. เครื่องวัดความชื้นในดิน [Internet]. มหาวิทยาลัยสยาม; 2021 [cited 2025 Dec 20]. Available from: <https://e-research.siam.edu/>
- [7] ปภัสรา สารวรรณ, สุภาพร พัฒนแก้ว, สุรภา สีสะอาด. กำหนดการให้น้ำพืชโดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินชนิดคาปาซิทีฟร่วมกับ IoT [Internet]. 2019 [cited 2025 Dec 20]. Available from: <https://irre.ku.ac.th/project/pdf/256204.pdf>
- [8] ภาคภูมิ พันธุพันธ์. การพัฒนาอุปกรณ์วัดค่าความชื้นในดินด้วยวิธีเก็บประจุไฟฟ้าแบบหลายระดับ [Internet]. 2022 [cited 2025 Dec 20]. Available from: <http://202.28.34.124/dspace/>