



ระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติสำหรับแปลงกุหลาบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี 8266 และบลิงค์ ไอโอที แพลตฟอร์ม

Automatic Water, Fertilizer and Insecticide Dispenser System for Rose Garden using ESP8266 and Blynk IoT Platform

ณัฐชาสิทธิ์ ชูเกียรติขจร ชัชวาลย์ ถาคำ ปณต พุกกะพันธุ์ ปรัชญ์ ปิยะวงศ์วิศาล อนันต์ ทับเกิด และ
ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล*

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

128 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

Natchasit Chukiatkhajorn, Chatchawan Takum, Pranote Pookkapund, Pratch Piyawongwisal, Anan Tubkerd¹
and Kwanchai Euaviriyankul*

Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

128 Huay Kaew Road, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50300

ผู้รับผิดชอบบทความ: kwanchai@rmutl.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 08-3762-5128

Received: 6 December 2022, Revised: 4 May 2023, Accepted: 12 May 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบในการช่วยดูแลจัดการสวนกุหลาบ ช่วยลดระยะเวลาในการทำงาน ซึ่งระบบจะทำหน้าที่อัตโนมัติตามการตั้งเวลาด้วยโทรศัพท์มือถือ ผ่านบลิงค์ ไอโอที แพลตฟอร์มในการควบคุมการจ่ายน้ำ ปุ๋ยชนิดน้ำและยาฆ่าแมลงจำนวน 3 ถัง ผ่านทาง โมดูลรีเลย์ ที่ต่อเข้ากับ โซลินอยด์วาล์ว เพื่อควบคุมการจ่ายน้ำ ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง ที่อยู่ในแต่ละถังผ่านท่อพีวีซีและท่อพีอี เข้าสู่แปลงสวนกุหลาบ ขนาด 1 เมตร x 4.5 เมตร โดยจะติดตั้งหัวน้ำหยดไว้ที่โคนของต้นกุหลาบในแต่ละต้นเพื่อใช้ในการจ่ายน้ำและปุ๋ยชนิดน้ำ ส่วนยาฆ่าแมลงจะใช้หัวสเปรย์จำนวน 5 หัวติดกับท่อที่อยู่ด้านบนของแปลง และในระบบจะมีเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน ความชื้นในอากาศและอุณหภูมิเพื่อนำมาบันทึกข้อมูล ซึ่งจะแสดงผลและสั่งการทำงานผ่านบลิงค์แอปพลิเคชัน ได้โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ อีเอสพี 8266 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบและส่งข้อมูลไปยังบลิงค์เซิร์ฟเวอร์ นอกจากนี้ระบบสามารถทำการแจ้งเตือนสถานะการรดน้ำ ผ่านทางไลน์โนติฟาย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการทำงานของระบบได้ จากการทดลองการทำงานของระบบเป็นระยะเวลา 1 เดือน ณ สวนกุหลาบพรพิมล อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น และมีการแจ้งเตือนการทำงานผ่านทางไลน์โนติฟาย ระบบสามารถควบคุมโซลินอยด์วาล์วได้ทั้ง 3 ตัว ในการรดน้ำใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงสำหรับต้นกุหลาบที่มีความสูงเฉลี่ย 30 – 50 ซม. ได้ 1 แปลง หรือ 45 ต้น พร้อมกัน ในการรดน้ำหรือใส่ปุ๋ยชนิดน้ำหนึ่งครั้งจะใช้ปริมาณ 42.75 ลิตร และการพ่นยาฆ่าแมลงหนึ่งครั้งจะใช้ปริมาณน้ำยา 2.26 ลิตร จากผลการวิจัย ระบบสามารถช่วยลดเวลาในการทำงานของการใช้แรงงานคนลงได้ 52% และมีจุดคุ้มทุนจากค่าใช้จ่ายทางด้านอุปกรณ์ของระบบอยู่ภายใน 94 วัน

คำสำคัญ ระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย พ่นยาฆ่าแมลง อัตโนมัติแบบตั้งเวลา สวนกุหลาบ โมดูลรีเลย์ โซลินอยด์วาล์ว ไลน์โนติฟาย อีเอสพี8266 บลิงค์ ไอโอที แพลตฟอร์ม

Abstract

The purpose of this work is to develop an automatic water, fertilizer, insecticide dispenser system for rose garden based on timers set via a smartphone and Blynk IoT platform. With the aim to reduce manual labor and save resources, the system is able to control the water supply, fertilizer, and insecticide amount through a relay



module connected to the solenoid valve. Fertilizer and pesticide mixture stored in separated tanks are dispensed into the rose garden plot of size 1m x 4.5m via PVC and PE pipes. A dropper is installed above the base of each rose plant for water and fertilizer distribution. As for dispensing of the pesticide, five spray nozzles are attached to the pipe at the top of the plot. To monitor the condition of the plot, soil moisture, air humidity and temperature sensors are installed and the sensor data are collected and displayed on the application. All control and data transmission are handled by an ESP8266 module in conjunction with a Blynk IoT platform. In addition, the system is able to send alert messages about the solenoid valve operations via Line Notify. The proposed control system and application were deployed and tested at Ponpimol Rose Garden in Chiang Mai, Thailand for a period of one month. Throughout this period, the system was able to continuously operate without any errors or downtime, and all LINE notifications were correctly sent. The target rose plot carried 45 rose plants which were between 30 – 50 cm in height. The amount of water, fertilizer, and insecticide dispensed at each instance were 42.75 l, 453 ml, 2.26 l, respectively. According to the cost analysis, the proposed system can help reduce the labor cost by 52%, and after considering the cost of equipment and installation, the break-even point is around 94 days.

Keywords: Automatic Plant Watering and Fertilization System, Pesticide Dispenser, Rose Garden, Relay Module, Solenoid Valves, Line Notify, ESP8266, Blynk IoT Platform

1. บทนำ

เกษตรกรรมนั้นถือเป็นอาชีพหลักของคนในประเทศไทย โดยประเทศไทยนั้นมีพื้นที่เกษตรกรรมมากถึง 149 ล้านไร่ ในปี 2560 มีประชากรที่ขึ้นทะเบียนเป็นเกษตรกรกว่า 9.2 ล้านรายในปี 2565 [1] โดยในปัจจุบันได้ สมาร์ทฟาร์ม หรือ เกษตรอัจฉริยะ เป็นรูปแบบการทำเกษตรแบบใหม่ โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเกษตร เช่น [2] การใช้เครื่องใส่ปุ๋ยเคมีกึ่งอัตโนมัติ สำหรับทุเรียน และ [3] ใช้ระบบในการผสมธาตุอาหารให้กับพืชในตระกูลเมล่อน รวมถึง ยังสามารถ [4] พัฒนาระบบโดยใช้เซนเซอร์ Soil NPK ในการติดตามธาตุอาหาร ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และโพแทสเซียม(K) ในดิน เพื่อวางแผนการให้ปุ๋ยให้ถูกวิธี อีกทั้งยังมี [5] การใช้ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things - IoT) ในการเพาะเลี้ยงปลานิล โดยใช้เซนเซอร์ 3 ตัว ในการวัดปริมาณออกซิเจน ค่าอุณหภูมิของน้ำและค่าความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำ เชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลใช้ในการแสดงสถานะและควบคุมการเติมอากาศและให้อาหารปลา ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และภาคเหนือตอนบน หนึ่งในเกษตรกรรมที่ได้รับความนิยมคือ การทำสวนกุหลาบ เนื่องจากกุหลาบสามารถนำไปใช้ได้หลายสถานการณ์และโอกาส โดยการทำสวนกุหลาบนั้นต้องได้รับการดูแลที่ดี มีการ

รดน้ำ ใส่ปุ๋ย สม่่าเสมอและในปริมาณมาก อีกทั้งกุหลาบเป็นไม้ตัดดอกชนิดหนึ่งที่มีศัตรูพืชมาก จึงจำเป็นต้องมีการพ่นยาฆ่าแมลงเป็นประจำ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้จัดทำ ระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติสำหรับสวนกุหลาบ เพื่อลดเวลาและจำนวนคนงานในการดูแลผลผลิตและประหยัดทรัพยากรที่ใช้ในการดูแลมากขึ้น โดยมีระบบรดน้ำอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนดไว้ และมีระบบใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติตามเวลาที่ได้กำหนดไว้พร้อมทั้งแสดงค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นในดินผ่านทางแอปพลิเคชัน ซึ่งคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ รดน้ำใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงให้กับสวนกุหลาบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2. ทฤษฎีและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ จากระยะไกลหรือผ่านทางอินเทอร์เน็ต สำหรับงาน IoT ปัจจุบันได้มีแพลตฟอร์ม เช่น บลินค์แพลตฟอร์ม (Blynk Platform) ที่จะทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้ โดยจะมี องค์ประกอบในแพลตฟอร์มอยู่ 3 ส่วนได้แก่ 1.บลินค์แอปพลิเคชัน (Blynk Application) คือ แอปพลิเคชันที่ใช้ในการแสดงผลและควบคุมอุปกรณ์ 2.บลินค์เซิร์ฟเวอร์ (Blynk Server) คือตัวกลางในการสื่อสารระหว่าง



อุปกรณ์ต่าง ๆ กับแอปพลิเคชัน 3.บลิงค์ไลบรารี (Blynk Libraries) คือ ชุดคำสั่งสำหรับพัฒนาโปรแกรม ระบบเทคโนโลยีอัจฉริยะเกษตรอินทรีย์ [6] มีการใช้ บลิ่งค์แพลตฟอร์มในการควบคุมการปิดเปิดปั๊มในการพ่นน้ำฝอยและพัดลมระบายอากาศสำหรับลดอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ โดยมีการใช้ NodeMCU ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศและใช้ Arduino UNO สำหรับควบคุมพัดลมและการพ่นน้ำฝอยแต่งงานวิจัยไม่ได้ระบุชนิดของพืชที่ใช้ในการปลูก การพัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะ [7] จะคล้ายกับงานวิจัย [6] ที่มีการพ่นน้ำในการลดอุณหภูมิเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์แพลตฟอร์มอื่น ๆ ที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ บลิ่งค์ เช่น NETPIE [8] หรือ Firebase [9] มาใช้ในการแสดงผลและควบคุมอุปกรณ์ในการตรวจวัดความชื้นในดินและการรดน้ำเช่นเดียวกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว พบว่าในปัจจุบันยังไม่มีระบบใดที่ถูกออกแบบและใช้สำหรับการดูแลแปลงกุหลาบเพื่อการ รดน้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงแบบตั้งเวลาอัตโนมัติ โดยเฉพาะ ทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาาระบบให้สามารถ ให้ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงแบบอัตโนมัติ เพิ่มเติมจากการให้น้ำผ่านการตั้งค่าด้วยบลิ่งค์แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน สำหรับสวนกุหลาบขึ้นคณะผู้วิจัยเชื่อว่าระบบดังกล่าวจะมีความเหมาะสมในการใช้งานในสวนกุหลาบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 การออกแบบระบบ

อ้างอิงจากรูปที่ 1 หลักการทำงานของระบบ คือ ระบบสามารถรดน้ำ ใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลง ให้กับแปลงกุหลาบขนาด 1 x 4.5 m ได้อัตโนมัติ (ระยะห่างระหว่างกระถาง จะห่างกันประมาณ 15-20 ซม. ตามมาตรฐานของสวน ดังนั้นในการทดลอง จะใช้กุหลาบจำนวน 45 ต้น แถวละ 15 ต้น จำนวน 3 แถว จึงได้ความกว้างและความยาวตามขนาดดังกล่าว) โดยการใช้รีเลย์โมดูล (4 Channel DC 12V) ในการควบคุมการจ่ายน้ำ ปุ๋ยชนิดน้ำและยาฆ่าแมลง ผ่านทางโซลินอยด์วาล์ว 12V ขนาด 6 หุน (โมดูลรีเลย์ ใช้งานจริง 3 Channel และสำรอง 1 Channel) เมื่อมีการเปิดทำงานของโซลินอยด์วาล์วใด ๆ แรงดันจากของเหลวจะไปกระตุ้นการทำงานของปั๊มน้ำโดยอัตโนมัติ และมีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ (DHT22) และความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ที่ประกอบด้วย Sensing Probes

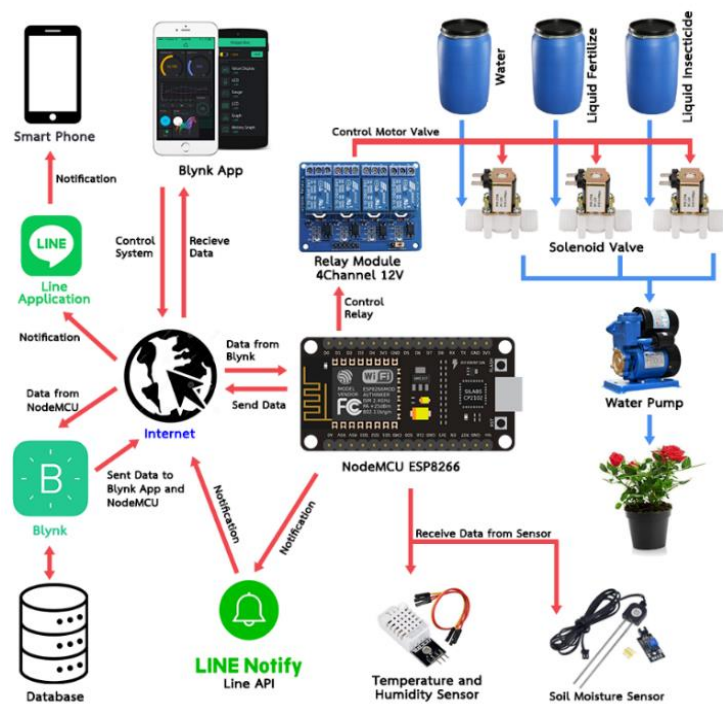
และ LML393 (Comparator) เพื่อแสดงค่าสถานะต่าง ๆ ของระบบผ่านแอปพลิเคชัน โดยระบบสามารถตั้งค่าการทำงานในแต่ละวันแต่ละช่วงเวลาได้ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของสวนกุหลาบ โดยโครงสร้างของระบบการให้น้ำและปุ๋ยจะเป็นต่อท่อด้านข้างของแปลงดอกกุหลาบโดยใช้หัวน้ำหยดในการให้น้ำและปุ๋ย และต่อท่อพาดผ่านด้านบนใช้หัวฉีดพ่นในการพ่นยาฆ่าแมลง พร้อมทั้งมีระบบการแจ้งเตือนการทำงานผ่านไลน์โนติฟาย

ซึ่งองค์ประกอบในรูปที่ 2 จะสามารถเขียนขั้นตอนในการทำงานได้ตามแผนภาพดังรูปที่ 3 และ 4 โดยการทำงานในภาพรวม ระบบจะทำการอ่านค่าจากเซนเซอร์อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน นำไปแสดงผลผ่านบลิ่งค์ ไอโอที แอปพลิเคชัน (Blynk IoT Application) ที่สามารถแสดงผลได้ทั้งบนสมาร์ตโฟนและเว็บเพจ หลังจากนั้นจะทำการตั้งเวลาในการรดน้ำ 2 ครั้งในแต่ละวัน ในเวลา 9.00 น. และ 14.00 น. ส่วน ยาฆ่าแมลง และ ปุ๋ย จะให้สัปดาห์ละหนึ่งครั้งในวันพุธ เวลา 12.00 น. และ 14.00 น. ตามลำดับ โดยวันที่ให้ปุ๋ย จะได้ไม่รดน้ำในช่วงเวลาบ่าย

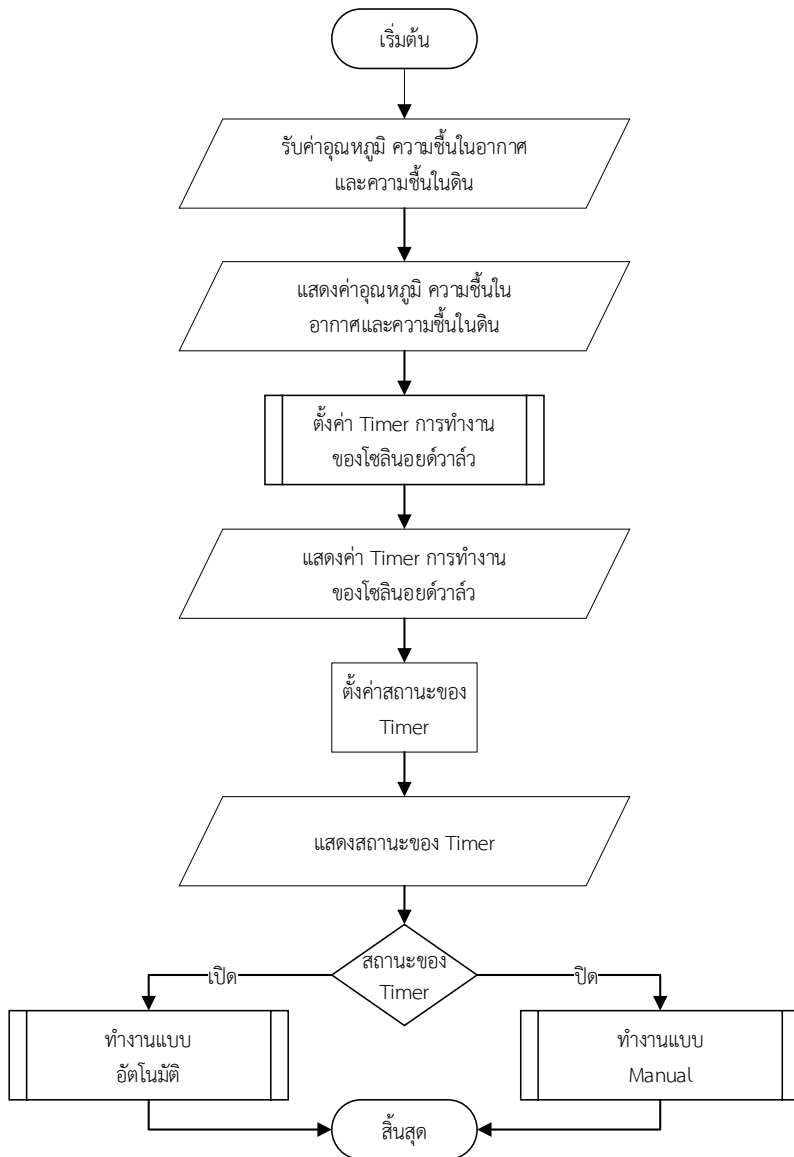
จากรูปที่ 5 ส่วนของ S1 Switch-Tact เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการเข้าสู่ Boot Loader ของ ไอเอสพี 8266 เมื่อสถานะเป็น 0 (ต่อ Ground) เพื่อใช้ในการเปลี่ยนการเชื่อมต่อของ Wi-Fi (ยกตัวอย่างเช่น เมื่อย้ายระบบจากสถานที่ทดลองไปยังแปลงปลูกจริง ต้องมีการรีเซ็ตการเชื่อมต่อ Wi-Fi และอัปโหลดโปรแกรมใหม่) โปรแกรมจะตรวจสอบเวลาจากข้อมูลการตั้งค่าเมื่อถึงเวลาที่กำหนดไอเอสพี 8266 จะส่งลอจิก 1 เพื่อให้รีเลย์โมดูลทำงานและเปิดโซลินอยด์วาล์ว ส่วน Dip Switch ใช้สำหรับในการตัดสัญญาณ ที่จะส่งไปยังรีเลย์โมดูล ในกรณีที่บอร์ดมีปัญหาส่งลอจิก 1 มาตลอดเวลาโดยจะใช้โปรแกรมจาก <https://easyseda.com> ในการออกแบบวงจร และได้ไฟล์นามสกุล pdf หลังจากนั้นจะส่งไฟล์ดังกล่าว ไปยัง <https://jlcpcb.com> เพื่อดำเนินการจัดทำแผ่นวงจรและประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่น PCB โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ในการจัดทำแผ่นวงจร จาก Schematic Diagram ในรูปที่ 5 เราทำการประกอบกล่องควบคุมระบบ ซึ่งประกอบไปด้วย แผงวงจร PCB, Terminal Block 6-p, Soil Moisture Sensor, DHT22, Adapter จ่ายไฟ 12V 2A, ปลั๊กไฟ, เต้าเสียบปั๊มน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 6



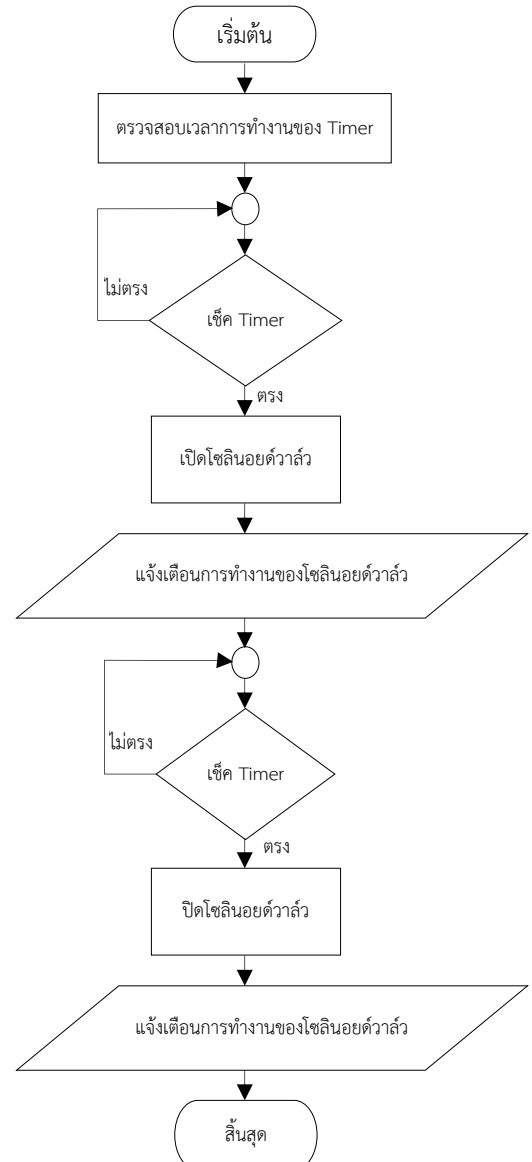
รูปที่ 1 ภาพรวมผลงานวิจัย



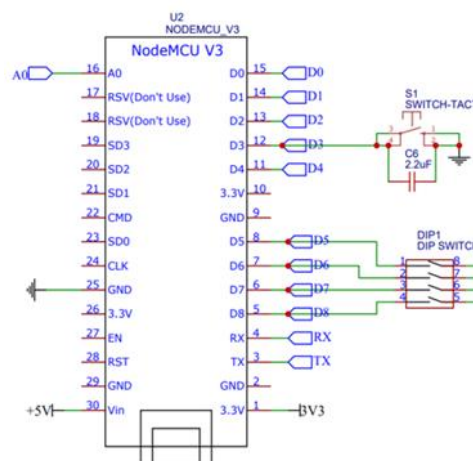
รูปที่ 2 หลักการทำงานของระบบ



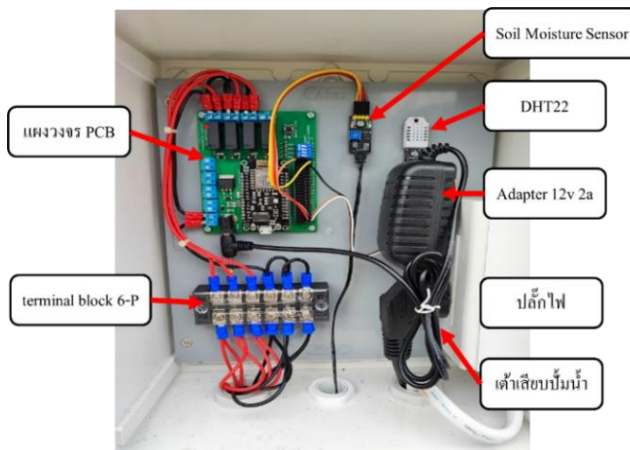
รูปที่ 3 ผังงานการทำงานของระบบ



รูปที่ 4 ผังงานการทำงานแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 5 แบบไดอะแกรมแผนผัง (Schematic diagram)ของ อีเอสพี 8266 (NodeMCU)



รูปที่ 6 กล่องควบคุมระบบ

ในแผงวงจร PCB จะมีวงจร Regulator 5V ที่ใช้ IC 7805 ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงจาก Adapter 12V เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5V เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ อีเอสพี 8266 ในส่วนของโมดูลรีเลย์และโซลินอยด์วาล์วจะยังคงใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12V จาก Adapter ในส่วนของตัวเซนเซอร์จะต่อเข้ากับขาของ Pin Header A0 (Soil Moisture Sensor) และ D0 (DHT22) ขา GND ทั้งสองขาสำหรับเป็นขาGNDของโซลินอยด์วาล์ว และ รีเลย์โมดูล

การเชื่อมต่อระหว่าง บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ และ อีเอสพี 8266 (NodeMCU) โดยทำการสร้าง Device ใน บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ เพื่อใช้สำหรับการเชื่อมต่อข้อมูลกับ บอร์ดอีเอสพี 8266 โดยจะทำการเพิ่มอุปกรณ์เข้าสู่ระบบด้วยการกำหนดชื่อ Device Name เช่น MyProject หลังจากนั้นระบบจะทำการสร้าง BLYNK_TEMPLATE_ID เป็นอักขระจำนวน 12 ตัว เช่น TEMPLHHLxxxx ซึ่งจะนำไปใส่โปรแกรม ใช้เป็น ID สำหรับอุปกรณ์ที่จะใช้ในระบบ และ BLYNK AUTH TOKEN จะใช้เป็นการยืนยันตัวตน เช่น "CLZJlQv-MOEYJcxxxx4-nyuXQK"

การเชื่อมต่อระหว่าง บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ กับ อีเอสพี 8266 จะใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ การรับและส่งข้อมูลต่าง ๆ ระหว่าง Software กับ Hardware

โดยจะใช้ Library BlynkSimpleEsp8266 ในการรับส่ง ข้อมูลระหว่างบอร์ดและบลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ และจะต้องระบุSSID และรหัสผ่านของ WiFi เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง อีเอสพี 8266 และ WiFi

การรับและการส่งข้อมูลของบอร์ด อีเอสพี 8266 กับ บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ ในการเชื่อมต่อกันของขาบอร์ด อีเอสพี 8266 กับตัวเซนเซอร์ต่างๆ สามารถกำหนดได้ในส่วนของโปรแกรมเพื่อที่จะอ่านค่าจากเซนเซอร์ต่าง ๆ โดยกำหนดตามขาของบอร์ด อีเอสพี 8266 ที่ได้เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ตัวนั้น ๆ ตามขาของ Pin โดยจะกำหนดให้ขา D5-D8 ของ อีเอสพี 8266 จะใช้ในการส่งสัญญาณให้รีเลย์โมดูลในการควบคุมโซลินอยด์วาล์วทั้ง 3 ตัว และใช้ในการสำรองในกรณีที่มีรีเลย์เสียไว้ 1 ขา

หลังจากรับข้อมูลจากเซนเซอร์แล้ว ก็จะนำมาเก็บในตัวแปรที่สร้างขึ้นมา โดยการที่จะส่งข้อมูลต่าง ๆ ไปยัง บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ นั้นจะต้องสร้างตัวแปรจากฝั่งของเชิร์ฟเวอร์ ด้วยเช่นกัน เพื่อที่จะรับข้อมูลจากฝั่งของบอร์ด อีเอสพี 8266 และการรับและส่งข้อมูลไปยัง บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ นั้นต้องกำหนดขาที่ใช้รับข้อมูลด้วย โดยจะทำการกำหนดขาที่เรียกว่า Virtual Pin ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 4กลุ่ม กลุ่มขา V0-V2 ใช้ในการรับค่าจะเซนเซอร์ กลุ่มที่ 2 ขาV3-V7 ใช้ในการรับค่าจากรีเลย์โมดูลในการควบคุมโซลินอยด์วาล์ว กลุ่มที่ 3 ขา V8-V15 ใช้ในการรับค่าเวลาเริ่มต้นในการเปิดโซลินอยด์วาล์ว และกลุ่มที่ 4 ขา V16-V23 ใช้ในการรับค่าเวลาสิ้นสุดในการปิดโซลินอยด์วาล์ว

ในโปรแกรมได้ตั้งตัวแปรสำหรับ Timer เพื่อใช้ในการควบคุมการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วผ่านรีเลย์โมดูลไว้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 8 ได้แก่ Timer1 ใช้ในการควบคุมการรดน้ำ Timer2 ใช้ในการให้ปุ๋ย Timer3 ใช้ในการควบคุมการพ่นยาฆ่าแมลง และ Timer4 ใช้สำหรับเป็นกลุ่มสำรองในการใช้งาน และในแต่ละกลุ่มจะสามารถทำงานได้สูงสุด 4 ตัวแปร ใช้สำหรับเก็บเวลาเริ่มต้นในการทำงาน 2 ตัวแปรและเวลาสิ้นสุดในการทำงาน 2 ตัวแปร ซึ่งหลักการในการทำงานของโปรแกรมในการตั้งเวลา คือ ในทุก ๆ 1 วินาที โปรแกรมจะทำการเรียกข้อมูลการตั้งค่าเวลาจากบลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ และจัดเก็บในตัวแปร Timer ต่างๆ จากนั้นจะทำการตรวจสอบเวลาปัจจุบันบน อีเอสพี 8266 หากเวลาแตกต่างกับ บลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ เกินค่าที่กำหนด เช่น 30 วินาที โปรแกรมจะทำการประสานเวลาให้บอร์ดเป็นเวลาเดียวกับบลิ่งค์เชิร์ฟเวอร์ หากเวลาปัจจุบันตรงกับค่าในตัวแปรของการทำงานใด ๆ โปรแกรมก็จะส่งสัญญาณไปยังขาของรีเลย์โมดูล



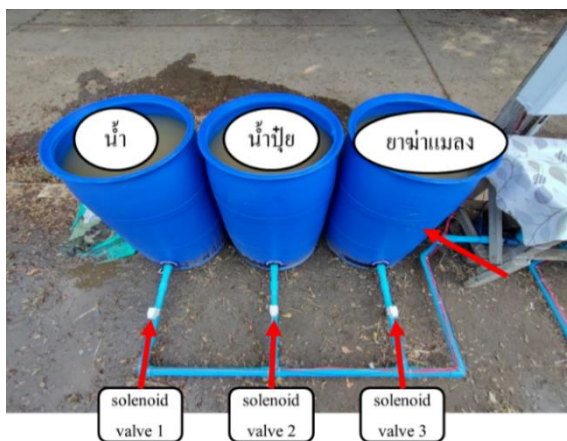
เช่น หากตรงกับเวลาในการเปิดวาล์วในการรดน้ำช่วงเช้า บอร์ดจะส่งสัญญาณ 1 ไปยังรีเลย์โมดูลผ่านขา D5 เพื่อให้โซลินอยด์วาล์วเปิดวาล์วน้ำ และจะนำค่าสถานะไปทำการปรับปรุงข้อมูลในบล็อกเชิร์ฟเวอร์ ผ่าน Virtual Pin ตามที่ได้กำหนดไว้ตอนต้น ยกตัวอย่างเช่น ขา V3 (BLYNK_VALVE1) เป็นสถานะของโซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 ที่ใช้ในการควบคุมการรดน้ำ และสามารถกำหนดค่าที่เราได้ส่งข้อมูลไปเก็บใน Alias ต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นส่งไปแสดงค่าบนบล็อกไอโอทีแอปพลิเคชัน

การติดตั้งถังน้ำและปั้มน้ำอัตโนมัติใช้ถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 3 ถัง ในการเก็บ น้ำ น้ำปุ๋ยและยาฆ่าแมลง โดยมีการต่อท่อ PVC ออกจากถังทั้ง 3 ผ่านโซลินอยด์วาล์ว 3 ตัว เข้าปั้มน้ำอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10

การวางท่อ ใช้ท่อ PVC แยกออกเป็น 3 ทาง ใช้โซลินอยด์วาล์ว 3 ตัว เพื่อควบคุมของเหลวเข้าสู่ปั้มน้ำอัตโนมัติ ในการเพิ่มแรงดันน้ำ จากนั้นจะมีโซลินอยด์วาล์วอีก 3 ตัว ในการบังคับทิศทางของเหลวไปยังหัวหยดน้ำหรือหัวฉีดพ่น ก่อนจะเข้าสู่แปลงสวนกุหลาบ ดังรูปที่ 11



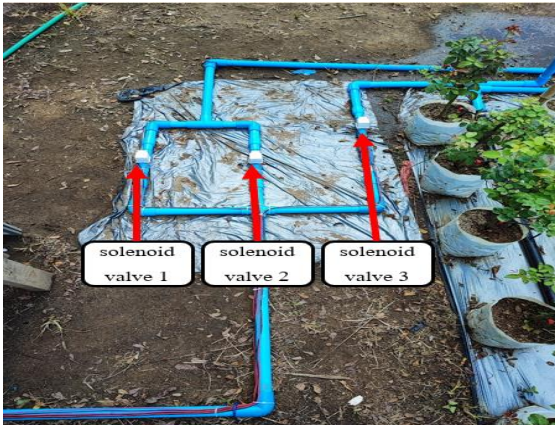
รูปที่ 8 ตัวอย่างกลุ่มของ Timer



รูปที่ 9 การต่อท่อ PVC เข้าถังน้ำ



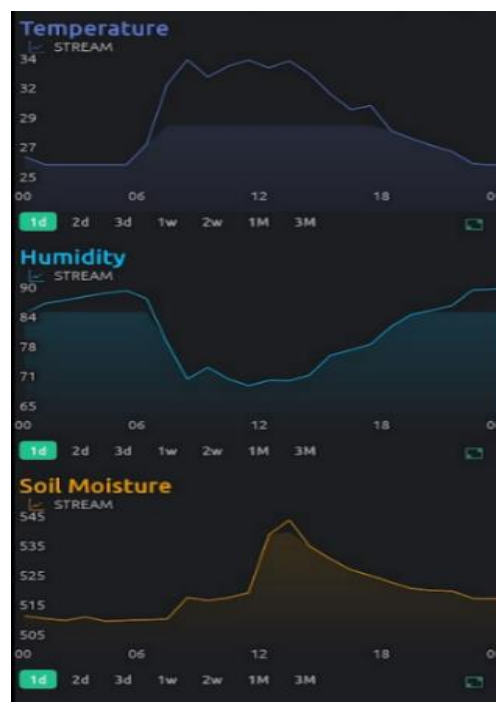
รูปที่ 10 การต่อท่อ PVC เข้าปั้มน้ำอัตโนมัติ



รูปที่ 11 การวางท่อ PVC



รูปที่ 12 การต่อหัวน้ำหยด และ หัวฉีดพ่น



รูปที่ 13 ค่าอุณหภูมิความชื้นในอากาศและดิน

การต่อท่อเข้าแปลงสวนกุหลาบจะใช้ท่อ PE แทนท่อ PVC เนื่องจากสะดวกต่อการเจาะและนำมาใส่สายไมโครพร้อมหัวน้ำหยดสำหรับการรดน้ำและใส่ปุ๋ยน้ำของต้นกุหลาบไว้ที่โคนของต้นกุหลาบ และใส่หัวฉีดพ่นตรงท่อ PE ด้านบนของแปลงสวนกุหลาบ เพื่อใช้สำหรับฉีดพ่นยาฆ่าแมลงให้ครอบคลุมต้นกุหลาบที่อยู่ด้านล่าง ดังรูปที่ 12

ในส่วนของการออกแบบแอปพลิเคชันได้ใช้บล็อก ไอโอที แอปพลิเคชัน ในการออกแบบ ซึ่งเป็นแอปพลิเคชันสำเร็จรูปที่เหมาะสมสำหรับโครงงานทางด้านไอโอที และมีรูปแบบในการ

ผลลัพธ์หลากหลาย และทำการเลือก Data Stream ที่เก็บข้อมูลไว้ในคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ มาแสดงตามรูปแบบต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้

ระบบมีการเก็บค่าสถานะ อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และความชื้นในดินมาแสดงเป็นกราฟ ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 13 เพื่อดูสถานะแวดล้อมภายในแปลงสวนกุหลาบ สามารถดูข้อมูลย้อนหลังได้ และหลังจากที่โซลินอยด์วาล์วมีการทำงานจะมีข้อความจาก โดรนโนติฟายส่งไปยังไลน์แอปพลิเคชัน เพื่อแจ้งสถานะการทำงานของโซลินอยด์วาล์วที่มีการ เปิด-ปิด การทำงาน

3. ผลการศึกษา

หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งและทดลองระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงอัตโนมัติสำหรับสวนกุหลาบแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการสอบถามข้อมูลจากเจ้าของสวนกุหลาบในด้านการดูแลสวนกุหลาบและได้นำข้อมูลนั้นมาตั้งเป็นหัวข้อในการทดสอบโครงงานโดยอ้างอิงตามข้อมูลการดูแลสวนกุหลาบที่เจ้าของสวนได้ให้ข้อมูลมาเป็นระยะเวลา 1 เดือน ได้สรุปผลเป็นตารางดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองเมื่อสั่งให้ระบบทำงานตาม TIMER ที่ตั้งไว้ใน 1 สัปดาห์

วันในสัปดาห์	VALVE 1 (น้ำ)		VALVE 2 (น้ำปุ๋ย)	VALVE 3 (ยาฆ่าแมลง)	ร้อยละความผิดพลาด
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2			
	09:00 - 09:02	14:00 - 14:02	14:00 - 14:02	12:00 - 12:02	
Sun	✓	✓	-	-	0.00
Mon	✓	✓	-	-	0.00
Tue	✓	✓	-	-	0.00
Wed	✓	-	✓	✓	0.00
Thu	✓	✓	-	-	0.00
Fri	✓	✓	-	-	0.00
Sat	✓	✓	-	-	0.00

ตารางที่ 2 ผลการทดลองการแจ้งเตือนการทำงานผ่าน Line Notify ใน 1 สัปดาห์

วันใน สัปดาห์	VALVE 1 (น้ำ)				VALVE 2 (น้ำปุ๋ย)		VALVE 3 (ยาฆ่าแมลง)		จำนวน การแจ้ง เตือน ข้อความ	ร้อยละ ความ ผิดพลาด
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2							
	09:00 เปิด	09:02 ปิด	14:00 เปิด	14:02 ปิด	14:00 เปิด	14:02 ปิด	12:00 เปิด	12:02 ปิด		
Sun	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00
Mon	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00
Tue	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00
Wed	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	6	0.00
Thu	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00
Fri	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00
Sat	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	4	0.00

ตารางที่ 3 ผลการทดลองของระบบเป็นเวลา 1 เดือน

Week of Month	วันในสัปดาห์							ร้อยละความผิดพลาด
	Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
Week 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.00
Week 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.00
Week 3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.00
Week 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0.00

ตารางที่ 1-3 แสดงผลการทดลองการทำงานของระบบรดน้ำ ใส่ปุ๋ย พ่นยาฆ่าแมลง โดยระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่เรารตั้งเวลาไว้ ในเวลา 1 เดือน แต่อย่างไรก็ตาม

หาก ในช่วงเวลาดังกล่าวมีไฟฟ้าดับ หรือ ระบบอินเทอร์เน็ต ขัดข้องระบบก็จะส่งข้อความผ่าน Line โนติฟาย มายัง คณะผู้วิจัย ว่าขาดการเชื่อมต่อแต่ในระหว่างที่ทดลอง ไม่มี เหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้น ทำให้ระบบสามารถทำงานรดน้ำ ใส่ปุ๋ยและ พ่นยาฆ่าแมลงได้ถูกต้องตามที่ผู้ใช้งานกำหนด

จากการทดลองรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และยาฆ่าแมลงโดยการจับ เวลาและชั่งตวงปริมาณน้ำที่ใช้ต่อการทำงานหนึ่งครั้ง เพื่อให้ เหมาะสมต่อการทำงาน คณะผู้วิจัยได้เวลาที่เหมาะสมในการ ทำงาน คือ 2 นาที จากการคำนวณดังนี้



รูปที่ 14 การตวงและชั่งวัดปริมาณน้ำและยาฆ่าแมลง

การให้น้ำหรือน้ำปุ๋ยหนึ่งครั้งจะใช้ปริมาณน้ำ ต่อ 1 ต้น คือ 950 มล.ดังรูปที่ 14 ดังนั้นต่อ 1 แปลง จะใช้น้ำ $950 \times 45 = 42,750$ มล. หรือ 42.75 ลิตร การพ่นยาฆ่าแมลงหนึ่ง ครั้งจะใช้ปริมาณน้ำ ต่อ 1 หัว คือ 453 มล. ต่อ 1 แปลงคือ $453 \times 5 = 2,260$ มล. หรือ 2.26 ลิตร

ในการทำการทดลองคณะผู้วิจัยได้ให้คนงานเป็นผู้เติมน้ำ ปุ๋ย และยาฆ่าแมลง โดยจะเติมทุก ๆ 2-3 วัน จะสอดคล้อง กับการคำนวณดังนี้ น้ำที่ใช้ในการรด $0.95 \text{ ลิตร} \times 45 \text{ ต้น} \times 2 \text{ ครั้งต่อวัน} = 85.5 \text{ ลิตร}$ ถังบรรจุน้ำขนาด 200 ลิตร ดังนั้น จะ ใช้ได้ประมาณ $200/85.5 = 2.33$ วัน สำหรับการเติมน้ำ 1 ครั้ง

ส่วนปุ๋ย $0.95 \text{ ลิตร} \times 45 \text{ ต้น} = 42.75 \text{ ลิตร}$ ต่อสัปดาห์ ดังนั้น จะต้องเติมทุก ๆ $200/42.75 = 4.7$ สัปดาห์ ทำให้ สามารถเพียงพอต่อการใช้งานประมาณ 1 เดือน และยาฆ่า



แมลง มีหัวพัน 5 หัว หัวละ 0.453 ลิตร สามารถคำนวณได้ดังนี้ $0.453 \text{ ลิตร} \times 5 \text{ หัว} = 2.27 \text{ ลิตรต่อสัปดาห์}$ ดังนั้นจะต้องเติมน้ำแมลง 200 ลิตร/2.27 ลิตรต่อสัปดาห์ = 88 สัปดาห์ ในทางปฏิบัติจะใส่เพียงครึ่งถึงเพื่อไม่ให้ให้น้ำยาแมลงเน่าเสีย และประหยัดยาฆ่าแมลง

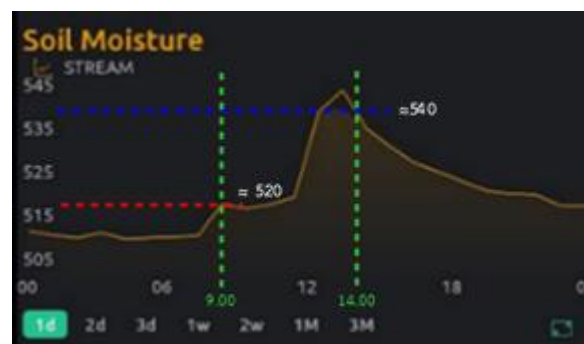
ใน 1 แปลงใหญ่ขนาด 1 ไร่ จะมีต้นกุหลาบ 700 - 1,000 ต้น หากใช้คนงานจะใช้เวลา 1 ชั่วโมง (60 นาที) การรดน้ำ โดยจะใช้เวลารดน้ำต้นละ 3-5 วินาที วิธีการรดน้ำคือ จะใช้สายยางต่อหัวฝักบัวแล้วรดบริเวณ โคนต้นกุหลาบ เพื่อไม่ให้ดอกกุหลาบเสียหาย ซึ่งโดยปกติก่อนดำเนินการวิจัย จะจ้างคนงาน 300-400 บาท/วัน/คน ใช้เวลาในการรดน้ำ 2 นาที ต่อพื้นที่ต้นกุหลาบ 45 ต้น โดยจะมีสูตรในการคำนวณดังนี้ กำหนดให้ T_e = เวลาในการรดน้ำโดยคนงานปกติ N_e = จำนวนต้นกุหลาบที่ใช้ในการทดลอง T_r = เวลาที่ใช้ ในการรดน้ำต่อ 1 ไร่ และ N_r = จำนวนต้นกุหลาบต่อ 1 ไร่ และจะได้สูตรการคำนวณ ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$T_e = N_e \times \left(\frac{T_r}{N_r}\right) \quad (1)$$

ในการคำนวณจากข้อมูลที่ได้รับมาจากการสัมภาษณ์สามารถแทนค่าเพื่อคำนวณเวลาที่ในการรดน้ำโดยคนงานตามปกติ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้งาน โดยระบบที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ดังนี้ $N_e = 45$ ต้น, $T_r = 60$ นาที และ $N_r = 700$ ต้น จะได้เวลาเป็น 3.85 นาที และเมื่อนำเวลาที่ระบบใช้ในการรดน้ำ (2 นาที) มาคำนวณเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า การรดน้ำโดยใช้ระบบ จะใช้น้ำน้อยกว่า คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ $(2/3.85) \times 100 = 52\%$ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการให้น้ำและยาฆ่าแมลง โดยคนงานปกติ จะใช้เวลา ประมาณ 1 ชั่วโมงต่อ 1 ไร่เช่นกัน ดังนั้น เนื่องจากทุกกิจกรรม คนงานใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรม ทุกกิจกรรม มีระยะเวลาใกล้เคียงกัน ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงสรุปได้ว่า ระบบสามารถประหยัดเวลา จากการ ดำเนินกิจกรรม โดยคนงานปกติ ลดลงได้ประมาณ 52%



รูปที่ 15 ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน



รูปที่ 16 ค่าความชื้นในดินในแต่ละช่วงเวลา

ในการวิจัยครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยไม่ได้นำค่าความชื้นในดินมา ใช้เป็นเงื่อนไขในการทดลอง เนื่องจากค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าไม่เสถียร และไม่ได้มีการสอบเทียบตัวเซนเซอร์ก่อนนำมาทดลอง ซึ่งในการทดลอง คณะผู้วิจัยใช้ตัวเซนเซอร์วัดความชื้นในดินเพียงตัวเดียว สำหรับทั้งแปลงปลูก 45 ต้น ติดตั้งไว้ตรงข้างกระถาง ส่วนหัวรดน้ำและปุ๋ย ติดตั้งไว้ตำแหน่งตรงกันข้าม ดังรูปที่ 15 จากกราฟความชื้นในดิน ในรูปที่ 16 เห็นได้ว่า เมื่อทำการรดน้ำ ในเวลา 9.00 น. ค่าความชื้นในดิน จะยังไม่ขึ้น ในทันที เนื่องจากความชื้นจะใช้เวลาแพร่ มายังบริเวณเซนเซอร์ ดังนั้น ในการพัฒนาระบบครั้งต่อไป คณะผู้วิจัยจะนำข้อมูลเวลาและความชื้นเฉลี่ยรายชั่วโมงมาใช้เป็นเงื่อนไขในการรดน้ำ ตามรูปที่ 16 ดังนี้ 1) ช่วงเวลา 9.00 และความชื้นมีค่าน้อยกว่า $520+5\%$ 2) ช่วงเวลา 14.00 และความชื้นมีค่าน้อยกว่า $540+5\%$ โดยสามารถเขียนรหัสเทียม (Pseudo Code) ได้ดังรูปที่ 17



```

1 #define firstWateringTime 09:00
2 #define secondWateringTime 14:00
3 #define firstMoistureThreshold 520
4 #define secondMoistureThreshold 540
5 #define adjustThreshold 1.05
6
7 roseGardenWateringDecision()
8 BEGIN
9   soil_moisture = get_average_soil_moisture_in_one_hour()
10  time = currentTime()
11  IF time == firstWateringTime
12  IF soil_moisture < firstMoistureThreshold * adjustThreshold
13    water_relay_valve = "ON"
14  ELSE
15    water_relay_valve = "OFF"
16  ELSE IF time == secondWateringTime
17  IF soil_moisture < secondMoistureThreshold * adjustThreshold
18    water_relay_valve = "ON"
19  ELSE
20    water_relay_valve = "OFF"
21  END IF
22 END

```

รูปที่ 17 รหัสเทียมเงื่อนไขในการทำงานของระบบ

ในการทดลองคณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองระบบเป็นระยะเวลา 1 เดือน ระหว่างช่วงเดือน สิงหาคม 2565 โดยความสูงของต้นกุหลาบที่ใช้ในการทดลองจะมีความสูงระหว่าง 30-50 ซม ซึ่งเป็นต้นกล้ากุหลาบที่ถูกติดตามแล้ว (ต่อจะเป็นกุหลาบป่าและตาจะเป็นของกุหลาบพันธุ์) แต่คณะผู้ทดลองไม่ได้วัดความสูงของต้นกุหลาบเมื่อผ่านไปแล้ว 1 เดือน ส่วนจำนวนดอกต้นกุหลาบจะยังไม่ออกดอก โดยจะใช้เวลา 4-5 เดือนหลังจากติดตามถึงจะออกดอก ในการทดลองในอนาคต ทางคณะผู้วิจัยจะทำการขยายระยะเวลาในการทดลอง เพื่อทำการวัดการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบ สำหรับใช้ในการวัดประสิทธิภาพของระบบต่อไป โดยเทียบกับการรดน้ำโดยคนงาน รวมถึงทำการสอบเทียบเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน กับเทอร์โมมิเตอร์และอุปกรณ์วัดความชื้นในดินที่มีมาตรฐานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป

ในการคำนวณหาจุดคุ้มทุน ค่าอุปกรณ์ในการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย บิมน้ำขนาด 370 วัตต์ (3,000 บาท) ถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 3 ถัง ท่อพีวีซี 12 เมตร ท่อพีวีซี 13.5 เมตร วงจรควบคุม หัวเจาะและสายไมโคร ราคารวมประมาณ 10,000 บาท สามารถใช้รดน้ำได้ 2 แปลง (90ต้น) เนื่องจากการดูแลพื้นที่ 2 แปลงต้องใช้ค่าแรงคนงานต่อวันอยู่ที่ 106.67 ต่อวัน ดังนั้นจะต้องใช้เวลา $10000/106.67 = 93.75$ วันจึงจะคุ้มทุน

ค่าแรงคนงาน 106.67 บาทต่อวัน สามารถคำนวณได้จาก ค่าแรงคนงานต่อวันจำนวน 6 คน คนละ 400บาทต่อวันทำงานในพื้นที่สวนกุหลาบขนาด 3 ไร่ (1 ไร่ 700ต้น/45ต้น

ต่อแปลง จะได้ 15 แปลงต่อ 1 ไร่) จะสามารถคำนวณค่าแรงคนงานต่อ 2 แปลงต่อวันได้ดังนี้ $((6 \text{ คน} \times 400 \text{ บาท}) / (3 \text{ ไร่} \times 15 \text{ แปลงต่อไร่})) \times 2 \text{ แปลง} = (2400/45) \times 2 = 106.67$ บาทต่อวัน

4. บทสรุป

จากผลการทดลอง ระบบที่คณะผู้วิจัยได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้นมา สามารถจัดการการให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และพ่นยาฆ่าแมลงสำหรับแปลงกุหลาบได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพถูกต้องตามเวลาที่กำหนดไว้ผ่านโปรแกรม บล็อก ไอโอที แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน รวมไปถึงระบบมีความสามารถในการวัด บันทึก และแสดง อุณหภูมิและความชื้นของสวนกุหลาบได้ จากการทดลอง ระบบสามารถลดเวลาในการทำงานเมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคนปกติ ได้ถึง 52% และจากการคำนวณการใช้งานระบบนี้ จะมีจุดคุ้มทุนภายในระยะเวลา 94 วัน อย่างไรก็ตาม สำหรับการวัดความชื้นในดินของแปลงกุหลาบนั้น คณะผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าเนื่องจากอุปกรณ์วัดค่าความชื้นในดินที่ใช้ อาจจะมีประสิทธิภาพไม่ดีและอุปกรณ์ไม่นำไปสอบเทียบมาตรฐานก่อนนำมาทดลองในการวัดค่าความชื้นในดิน ซึ่งควรที่จะพิจารณาใช้อุปกรณ์ประเภทอื่นหรือทำการสอบเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์ เพื่อใช้วัดความชื้นในดินสำหรับปลูกกุหลาบในโอกาสต่อไป นอกจากนี้ในอนาคตควรที่จะเพิ่มเงื่อนไขสำหรับการรดน้ำในกรณีที่ฝนตกซึ่งทำให้ไม่มีความจำเป็นต้องรดน้ำในวันดังกล่าวตามรหัสเทียม ดังรูปที่ 17 จากการวิจัยครั้งนี้ ความรู้ใหม่และการเรียนรู้ที่คณะผู้วิจัยได้รับคือ เกษตรกรสามารถประยุกต์ใช้ระบบอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) สำหรับการรดน้ำ ใส่ปุ๋ยและพ่นยาฆ่าแมลงในสวนกุหลาบได้เป็นอย่างดี โดยสามารถลดระยะเวลาการใช้แรงงานคนได้อย่างมีนัยยะสำคัญและมีจุดคุ้มทุนในระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับผู้สนใจสามารถศึกษาโปรแกรมเพิ่มเติมได้จาก <https://github.com/RosinanteX/Project>

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณครอบครัว ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่มีส่วนสนับสนุนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี



6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Alarabi A, Wang J, Wang D, Yua Qi, Gaoa Sh, Jiao S, Zhang Y, Taban J, Abdellah A, Zhao X, Liuc Li. Effect of temperature on the transmission loss of large-core optical fiber. Optoelectronics and Advanced Materials -Rapid Communications. 2018 May 1;12 (5-6):258-63.
- [2] Sutthiwaree P, Kitirat K, Chompoo P, Khaehanchanpong Y, Wanarong K, Siripong K, Seela T. Canopy wide semi-Auto fertilizer spreader applicator for durian. Thai Agricultural Research Journal. 2022; 40(2): 200-212. Thai.
- [3] Seeod K, Wongsom T, Sonachai W, Wangngon B, Jittham V, Hanvongsa S. Development of automated plant nutrient control systems by arduino program. Journal of Innovative Technology Research. 2019; 3(1): 27-32. Thai.
- [4] Sawasdee V, Haosagul S, Pisutpaisal N. Smart agriculture system for paddy field environmentally friendly management. The Journal of Industrial Technology. 2022 Aug 16;18(2):217-29.Thai.
- [5] Ardarsa P, Apinantanakon W, Srichaiwong P, Chansanam W. Development of smart agricultural technology for tilapia farming by using the internet of things. Journal of MCU Ubon Review. 2021; 6(3): 531-543. Thai.
- [6] Bophimai U, Lonkunthos N, Wannakayont A, Sittichantasen T. Development of organic intelligent technology system. Journal of MCU Nakhondhat. 2020 Nov 30;7(11):63-78.
- [7] Kanya P, Seesman T, Jeamkoh K, Seekhamsaen P, Chaisongkhram P, Klaimanee P, et al. Smart agriculture system development. Industrial Technology Journal Surindra Rajabhat University. 2022; 7(1): 33-45. Thai.
- [8] Moolpho K. Automatic plant watering system based on NETPIE via smartphone. Engineering Transactions: A Research Publication of Mahanakorn University of Technology. 2020 Jun 29;23(1):58-66.
- [9] Pothong T, Mekarun P, Choosumrong S. Development of Smart Farming Service System for Smart Farmer using FOSS4G and IoT. Naresuan Agriculture Journal. 2019;16(2):10-7.