การพัฒนาและนำอุปกรณ์ IoT เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้วิถี Smart Farm กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์คลองโยง ต.คลองโยง อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม

Development and Applied IoT Devices as a Smart Farm Learning Site Case Study: SME Khlong Yong Organic Farm, Nakhon Pathom, Thailand

วรวิทย์ อิศรางกูร ณ อยุธยา[1,] *สุกัญญา ลี้เจริญ[2] กฤษฎา อัศวสกุลเกียรติ[3]
สุพรรณ ทิพย์ทิพากร[4] อภินพ พรศรี[5] ธัญภัศ ลี้เจริญ[6] สิริพร อินเหว่าวงศ์[7]
ขวัญชัย ชื่นแสงจันทร์[8] สายชล บัวจันทร์[8]

[1,3,4,7] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[2,5,6,8]งานวิศวกรรมเพื่อความรับผิดชอบต่อสังคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
[9]ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
**Corresponding author; E-mail address: sakanya.lee@mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุปกรณ์ IoT (Internet of Things) สำหรับงานทางการเกษตรเพื่อการควบคุมระบบการส่งน้ำให้แปลงเกษตรหลายแปลงผ่านการควบคุมวาล์วน้ำไฟฟ้าหลายจุดและแสดงค่าสถานะของระบบและควบคุมผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งได้ทำการสอบถามข้อมูลความต้องการการใช้งานระบบสมาร์ฟาร์มจากประธานวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์คลองโยง คณะทำงานนี้จึงพัฒนาอุปกรณ์นี้นำไปติดตั้งที่แปลงเกษตรอินทรีย์และอบรมการใช้งานแก่เกษตรกรเพื่อใช้งานควบคุมการเปิดปิดวาล์วน้ำได้จำนวน 4 วงจรและมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หน้าแปลงเกษตรและสื่อสารผ่านโปรโตคอล MQTT เพื่อนำแสดงขึ้นบนสมาร์ตโฟนและสามารถสั่งการควบคุมวาล์วได้อิสระจากสมาร์ทโฟน อุปกรณ์ดังกล่าวได้ถูกออกแบบเป็นลักษณะกล่องใส สามารถมองเห็นแผงวงจรต่างๆให้เห็นการทำงานพร้อมหน้าจอแสดงผลขนาดใหญ่ เพื่อจัดให้เป็นแหล่งเรียนรู้ของชุมชนในการสร้างความเข้าใจในระบบสมาร์ทฟาร์มเบื้องต้นซึ่งอุปกรณ์นี้ได้ติดตั้งบริเวณที่เกษตรกรและบุคคลที่สนใจเข้าถึงได้ง่าย ทั้งนี้มีการมาศึกษาดูงานจากหลายหน่วยงานอาทิ เกษตรอำเภอพุทธมณฑล เกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครปฐม และ เกษตรจังหวัดนครปฐม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมาย SDG 9 สร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืน และส่งเสริมนวัตกรรม

คำสำคัญ: สมาร์ทฟาร์ม, แหล่งเรียนรู้, อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง,เกษตรอินทรีย์,MQTT,SDG 9

Abstract

We has developed IoT (Internet of Things) device for agriculture applications. The purpose of this device is to control electric pumps and valves to utilizing water resource. This device has been customized by farmers requirements for their usages which implemented at Khlong Yong organic farm at Nakhon Pathom province. This device can control electric water pump and multiple valves also temperature and relative humidity sensors which communicate through MQTT protocol. This device has been installed and setup as learning site which configured with transparent case which can see all working components inside. Recently, this learning site has visitors came by such as District Agriculture, Nakhon Pathom provincial of Agriculture and Cooperatives which significantly to SDG 9 Industry, Innovation and Infrastructure.

Keywords: Smart Farm, Learning Site, IoT, Organic Farm, MQTT, SDG 9

1. คำนำ

จากการริเริ่มโครงการ “Smart Farm เกษตรอัจฉริยะ เพื่อเสริมความแกร่งเกษตรกรไทย” โดยเป็นโครงการหนึ่งของกิจกรรมในงานบริการวิชาการและขับเคลื่อนนโยบายชี้นำสังคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล โดยมีเป้าหมายการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกร และผลงานนี้นั้นสามารถเป็นแหล่งเรียนรู้เพื่อให้เกษตรกรกลุ่มอื่นเช่นบริเวณข้างเคียงสามารถเข้าถึงและดูการทำงานผลงานที่พัฒนาขึ้นนี้จะใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในประเทศไทยและใช้งบประมาณต่ำเพื่อให้เกษตรกรเข้าถึงได้และเป็นประโยชน์สอดคล้องตามความต้องการของกิจกรรมนั้นๆของเกษตรกร กรณีนี้ทางผู้ทำวิจัยได้กลุ่มเป้าหมายคือ วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์คลองโยง ตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐมเป็นกลุ่มเกษตรกรที่มีความต้องการเทคโนโลยีที่มาช่วยในการบริหารจัดการการดำเนินงานในแปลงเกษตรของตนเพื่อให้ได้ประสิทธิผล โดยขอให้ริเริ่มระบบ Smart Farm จำนวน 3 แปลงในการควบคุมการสูบน้ำและกระจายการให้น้ำใน 3 แปลงนี้และมีการบันทึกข้อมูลด้านการเปิดปิดวาล์วน้ำรวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นหน้าแปลงเพื่อเก็บบันทึกแบบอัตโนมัติสำหรับมาตรฐาน GAP[1][1] ในงานวิจัยนี้ได้ร่วมกันพัฒนาตู้ควบคุมที่ใช้หลักการ IoT (Internet of Things) ซึ่งสามารถแสดงผลและควบคุมปั๊มน้ำและการเปิดปิดของวาล์วน้ำไฟฟ้า

[1] GAP คือ “การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร (Good Agricultural Practices for Food Crop)” เป็นมาตรฐานที่ครอบคลุมการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร

รวมทั้งเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์บริเวณแปลงเกษตรและมีการบันทึกข้อมูลการทำงานการเปลี่ยนแปลงสถานะต่างๆของแปลงลงยัง Speradsheet ที่เก็บเป็นไฟล์บน Cloud (Google Sheet)

2. หลักการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีที่ใช้ในผลงานวิจัยที่สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเกษตรกรมีดังนี้

2.1 ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำที่ใช้ในแปลงเกษตรเพื่อความปลอดภัย [2]

เนื่องจากแปลงเกษตรแต่ละแปลงมีความจำเป็นต้องมีการให้น้ำเป็นช่วงๆซึ่งจะต้องมีการเปิดปิดและมีการฝังท่อน้ำไว้ในดินอยู่แล้ว ดังนั้นการควบคุมการเปิดปิดจำเป็นต้องใช้การเดินสายไฟฟ้าลงดินเพื่อไปควบคุมวาล์วไฟฟ้าในแต่ละแปลง ผู้ทำวิจัยจึงเลือกใช้ไฟฟ้าที่ใช้แรงดันต่ำ คือใช้ระบบไฟฟ้ากระแสตรง (DC) โดยมีแรงดันที่ 24 Volt เป็นหลัก เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดอันตรายแก่เกษตรกรหากมีการชำรุดเสียหายของสายไฟรั่วไหลบริเวณแปลง หากเป็นแรงดันปกติ(ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 Volt) จะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายแก่เกษตรและสิ่งมีชีวิตที่รุนแรง โดยมีแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply 220 VAC to 24 VDC)

2.2 ระบบวาล์วน้ำไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมวาล์ว [3][4]

การควบคุมการให้น้ำของแต่ละแปลงเกษตรจะให้วาล์วน้ำไฟฟ้าที่สามารถสั่งเปิดด้วยกระแสไฟฟ้า (DC 24Volt ตามหลักการเบื้องต้น 2.1) และจะทำการปิดวาล์วได้เองหากไม่มีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับตัวมัน ส่วนอุปกรณ์ควบคุมวาล์วนั้นจะใช้รีเลย์(Relay)ชนิดแม่เหล็กที่ใช้หน้าสัมผัสไฟฟ้าเพื่อจ่ายหรือตัดกระแสและแรงดันกระแสตรง วาล์วไฟฟ้าจำนวน 3 จุด และรีเลย์ที่ใช้จะมีจำนวน 4 ชุด (ควบคุมวาล์วไฟฟ้า 24V จำนวน 3 จุด ควบคุมปั๊ม AC220V โดยผ่าน คอนแท็คเตอร์ 24V15A 1 จุด)

2.3 บอร์ดสมองกลฝังตัว (Embedded System) และวงจรภาคต่างๆ

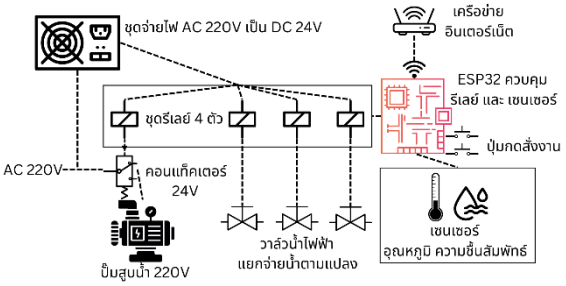
เพื่อให้ได้ความสามารถของ IoT (Internet of Things) ซึ่งสามารถสั่งการหรือแสดงผลของสภานะของแปลงเช่น สภานะของการเปิดปิดน้ำในแต่ละแปลงและอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์หน้าแปลงผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งจะมีการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ทางผู้ทำวิจัยจึงเลือกสมองกลฝังตัว ESP32 (ESP-WROOM-32) [5] โดยจะมีวงจรภาคต่างๆ ได้แก่ ภาคจ่ายไฟ ภาคเชื่อมต่อกับเซนเซอร์และวงจรควบคุมรีเลย์ในข้อ 2.2

2.4 เซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์และปุ่มกดต่างๆ

จากบอร์ดสมองกลฝังตัวจะมีการเชื่อมต่อกับตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อให้ได้ค่าเพื่อจัดส่งไปยังตารางบันทึกข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตในลักษณะ cloud storage ซึ่งจะสอดคล้องกับความต้องการในการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องสำหรับมาตรฐาน GAP ของกรมวิชาการเกษตรซึ่งเป็นการประกันคุณภาพของการปฏิบัติที่ดีในกระบวนการผลิตผลทางการเกษตรอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานรับรอง ผู้วิจัยได้เลือกใช้เซนเซอร์ DHT-22 [6] ซึ่งรองรับการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งสามารถติดตั้งไว้ภายนอกบริเวณหน้าแปลงเกษตรได้ ทั้งนี้มีการเชื่อมต่อปุ่มกดจำนวน 4 ปุ่มเพื่อการควบคุมแบบมือ (Manual control) ที่หน้าตู้ควบคุม

2.5 MQTT protocol [7] *และ Google Sheet API* [8]

การสื่อสารระหว่างบอร์ดสมองกลฝังตัวกับผู้ใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนเพื่อการแสดงผลและควบคุมระบบจ่ายน้ำนั้นจะใช้หลักการของ MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ผ่านไปยังแอพบนมือถือที่รับรอง MQTT ซึ่งมีหลายแอพให้เลือกใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยได้เลือกใช้แอพ IoT MQTT Panel สามารถใช้ได้ทั้งระบบ Android และ iOS ส่วนการบันทึกค่าสถานะที่วัดได้รวมทั้งสถานการณ์เปิดปิดวาล์วน้ำจะมีการส่งข้อมูลดังกล่าวผ่านบริการ API ผู้วิจัยได้เลือกใช้บริการของ Google Sheet API เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อการจัดเก็บบนตารางที่ได้ออกแบบหัวข้อการเก็บข้อมูลเช่น เวลาส่งข้อมูล รหัสกล่อง ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ค่าสถานการณ์เปิดปิดวาล์ว และอื่นๆที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ข้อมูลการเพาะปลูกและสภาวะอากาศซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการวางแผนการเพาะปลูกในภายภาคหน้าอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 1 ภาพรวมของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ smart farm วิสาหกิจเกษตรอินทรีย์คลองโยง

3. การดำเนินงานพัฒนาอุปกรณ์ร่วมกับเกษตรกรผู้ดูแลแปลงเกษตร

ผู้วิจัยได้มีการประสานงานและมีการประชุมร่วมกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์คลองโยง เพื่อข้อมูลความต้องการสำหรับเทคโนโลยีที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการทำงานของกลุ่มเกษตรอินทรีย์นี้ โดย คุณไพบูลย์ สวัสดิ์จุ้ย ผู้นำกลุ่มเกษตรอินทรีย์คลองโยงได้ให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบ Smart Farm ในขั้นต้นเพื่อการควบคุมการให้น้ำแก่แปลงเกษตรจำนวน 3 แปลงเป็นแหล่งเรียนรู้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความต้องการของผู้ดูแลแปลงเกษตรอินทรีย์คลองโยง

หัวข้อ	เดิมที่ใช้งานอยู่	ความต้องการ	ความคาดหวัง
ระบบจ่ายน้ำ	ปั๊มสูบน้ำจากบ่อ เปิด-ปิดเอง	ช่วยเปิด-ปิดให้สะดวกขึ้น	ควบคุมจากระยะไกลได้
ระบบวาล์วแยกจ่ายตามแปลงต่างๆ และให้น้ำด้วยหัวสปริงเกอร์	มีวาล์วเปิดเปิดด้วยมือ สำหรับ 3 แปลง มีการให้น้ำปริมาณไม่เท่ากัน	วาล์วเปิด-ปิดที่สะดวกขึ้น จำนวน 3 จุด	ไม่ต้องเดินเข้าพื้นที่แปลงบ่อย
การเดินทางมาดูแปลงบ่อยครั้ง	ผู้ใช้ต้องหมั่นมาเปิด-ปิด ปั๊มน้ำและวาล์วน้ำบ่อยครั้ง	ระบบที่ช่วยในการจัดการน้ำสำหรับแปลงเกษตรอินทรีย์	ผู้ใช้ต้องรับผิดชอบหลายพื้นที่ และมีภาระกิจประชุมกับเกษตรกร เนื่องจากเป็นผู้นำเกษตรชุมชน อยากมีระบบจัดการการให้น้ำกับแปลงพืช
การบันทึกค่าเพื่อมาตรฐาน GAP	จดบันทึกด้วยสมุดจด โดยตีตารางเองตามคำแนะนำของ GAP บางครั้งก็ต้องย้อนกลับมากรอกข้อมูลที่ผ่านไปแล้ว	มีการบันทึกค่าการปฏิบัติต่อแปลงแบบอัตโนมัติ	ช่วยทำให้มีการบันทึกค่าตรวจวัดต่างๆ ตามมาตรฐาน GAP ลดภาระการบันทึกแบบเดิม

หลังจากที่ได้ความต้องการทางผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์ที่ทำงานสอดคล้องกับความต้องการของเกษตรกร ตามผังรูปที่ 1 โดยประกอบอุปกรณ์ส่วนต่างๆไว้ในกล่องโปร่งใสมองเห็นได้ เพื่อใช้ในเป็นฐานเรียนรู้ smart farm

เรื่องของอุปกรณ์ควบคุมการให้นำกับแปลงเกษตร ซึ่งจะเห็นความเรียบง่ายของอุปกรณ์และองค์ประกอบต่างๆภายในดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 อุปกรณ์ Smart Farm สำหรับจ่ายน้ำแยกตามแปลงเกษตร

จากภาพที่ 2 อุปกรณ์ทั้งระบบจะประกอบด้วย

a. แหล่งจ่ายไฟ 24V DC

b. บอร์ดสมองกลฝังตัวและวงจรควบคุมรีเลย์ 4 ช่อง

c. หน้าจอแสดงผล LCD เพื่อดูสภาวะการทำงาน

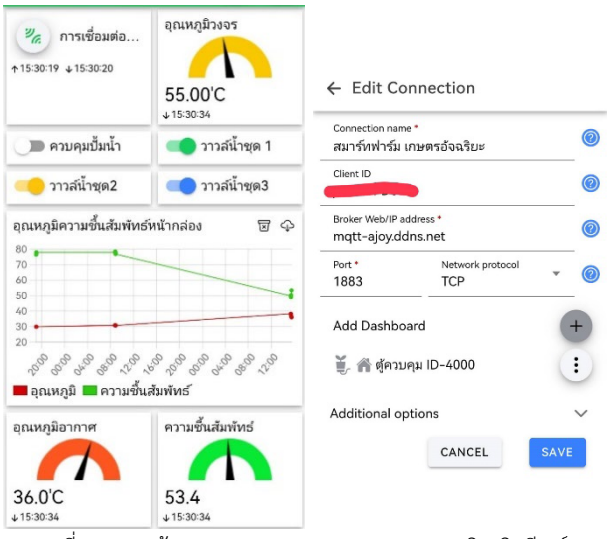
d. ปุ่มกด เพื่อควบคุมการทำงานรีเลย์ 4 ช่องด้วยมือ (Manual on/off)

1 ช่องสำหรับ ควบคุมเปิด-ปิดปั๊มน้ำ

3 ช่องสำหรับ ควบคุมเปิด-ปิดวาล์วน้ำไฟฟ้า

e. Contactor15A สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มสูบน้ำ

และมีการเชื่อมต่อไร้สาย (WiFi) เพื่อเป็น IoT สำหรับการควบคุมดูค่าระยะไกลผ่านสมาร์ตโฟน โดยเชื่อมต่อผ่าน Internet SIM router ซึ่งติดตั้งภายในอาคารที่พักของผู้ดูแลแปลงเกษตรนี้โดยมีระยะทางระหว่าง Router ถึงอุปกรณ์นี้ 10 เมตรซึ่งเพียงพอต่อการรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย สำหรับการแสดงผลและการควบคุมนั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมให้บอร์ดสมองกลฝังตัวอ่านค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านเซนเซอร์ตระกูล DHT-22 และค่าสถานการณ์เปิด-ปิดของรีเลย์ ส่งข้อมูลด้วยข้อตกลงแบบ MQTT เพื่อขึ้นแสดงบนสมาร์ตโฟนผ่านแอพ IoT MQTT Panel โดยจะมีรายละเอียดในการแสดงด่าและควบคุมดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ภาพหน้าแสดงผล และ สามารถควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์

แอพตัวนี้สามารถเพิ่มจำนวนผู้ดูแลและใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนได้หลายคน และส่วนของโปรแกรมที่สามารถส่งค่าต่างๆที่จำเป็นผ่านไปยังตารางเก็บค่าในกรณีนี้คือ Google Sheet ซึ่งสามารถใช้ API (Application Programming Interface) โดยจะส่งค่าเก็บข้อมูลจากตัวกล่องอุปกรณ์นี้ไปยังตารางคำนวณได้แบบ Real-time ซึ่งจะมีการบันทึกข้อมูลทุกๆ 5 นาทีเพื่อเก็บบันทึกต่อเนื่องไว้เป็นฐานข้อมูลวิเคราะห์การเพาะปลูกทั้งปีและต่อยอดการพัฒนาวิธีการเพาะปลูกและความเหมาะสมของการดูแลให้เหมาะสมต่อไปโดยจะเป็นประโยชน์ต่อวิชาการทางการเกษตรและต่อเกษตรกรในทางอ้อมต่อไป รายการข้อมูลผู้วิจัยได้ออกแบบเบื้องต้นโดยมีหัวข้อการเก็บข้อมูล ได้แก่ วันเวลาในการบันทึก รหัสของอุปกรณ์ ตำแหน่งพิกัด GPS ในการเก็บข้อมูล(จะมีการพัฒนาให้ตัวเก็บข้อมูลมีวงจร GPS ติดตั้งอยู่ สามารถเคลื่อนย้ายได้ พิกัดก็จะเปลี่ยนตำแหน่งไป) ค่าอุณหภูมิความชื้น อุณหภูมิในดิน ความชื้นในดิน ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าสภานะรีเลย์ควบคุมการจ่ายน้ำให้แปลงต่างๆ เป็นต้น ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ตาราง Google Sheet ที่เชื่อมข้อมูลกับอุปกรณ์ Smart Farm นี้

ID	BoxID	TIMESTAMP	TEMP	HUMIDITY	CH1	CH2	CH3	CH4	GPS	SOIL TEMP	SOIL HUMIDITY	SOIL PH	RFID TagID	CPU TEMP	LOG
94	0006	01:00:32-28/08/2024	30.8	66.7	OFF	ON	OFF	ON	-	-	-	-	-	52.22	
95	0006	01:13:57-28/08/2024	30.9	66.8	OFF	ON	OFF	ON	-	-	-	-	-	52.22	
96	0006	01:17:28-28/08/2024	31.0	66.5	OFF	ON	OFF	ON	-	-	-	-	-	52.22	
97	0006	01:20:58-28/08/2024	30.9	66.9	OFF	ON	OFF	ON	-	-	-	-	-	52.22	
98	0006	01:28:07-28/08/2024	30.7	67.3	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.78	
99	0006	01:33:18-28/08/2024	30.6	67.6	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.78	
99	0006	01:33:18-28/08/2024	30.6	67.6	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.78	
101	0006	01:39:18-28/08/2024	31.3	66.8	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.22	
102	0006	01:44:29-28/08/2024	30.8	66.5	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.22	
103	0006	01:49:40-28/08/2024	30.6	67.6	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.78	
104	0006	01:54:49-28/08/2024	30.5	68.1	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.22	
105	0006	02:00:00-28/08/2024	30.5	68.2	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.22	
106	0006	02:05:12-28/08/2024	30.5	68.4	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.78	
107	0006	02:10:22-28/08/2024	30.5	68.5	ON	OFF	ON	OFF	-	-	-	-	-	52.22	

4. ผลงานจากการพัฒนาและการใช้งานโดยเกษตรกรผู้ดูแล

หลังติดตั้งทดสอบและมีการใช้งานอุปกรณ์นี้ คุณไพบูลย์ สวัสดิ์จุ้ย ผู้ดูแลและเป็นประธานกลุ่มวิสาหกิจเกษตรอินทรีย์คลองโยงได้ทดลองใช้งานระบบนี้ผ่านไประยะเวลานึงได้ระบุถึงข้อดีและข้อควรปรับปรุงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อดี ข้อควรปรับปรุง

รายการ	ข้อดี	ข้อควรปรับปรุง
การใช้งานโดยรวม	แอพใช้งานง่ายเข้าใจง่าย เวลาเรียนรู้การใช้งานไม่กี่นาที	ควรมีโหมดตั้งโปรแกรมเวลาการให้น้ำ (ต้องดูสถิติจากข้อมูลที่เก็บบันทึก)
การใช้งานการเปิด-ปิดจ่ายน้ำ	สะดวกมาก ไม่ต้องวิ่งมาเปิด-ปิดด้วยเองอีกต่อไป สามารถสั่งงานผ่านมือถือได้ตลอดเวลา สามารถทำงานได้เพิ่มขึ้น เช่น จัดการบริหารงานนอกสถานที่ได้มากขึ้น มีเวลาพัฒนางานอื่นได้มากขึ้น	ควรให้ปุ่มการเปิด-ปิดปั๊มสูบน้ำ มีความฉลาดมากขึ้นจัดการปั๊มสูบน้ำสอดคล้องกับ จำนวนวาล์วที่เปิด-ปิด เพื่อไม่ให้ท่อน้ำเกิดความเสียหายเนื่องจากแรงดันน้ำเกินภายในท่อ
ค่าแสดงผลอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์	สะดวกและได้ข้อมูลเพิ่มเติมหน้าแปลง เพราะไม่เคยได้วัดค่าต่างๆเหล่านี้ ซึ่งมีผลต่อการให้น้ำและการเจริญเติบโตโดยตรง	อยากได้ อุปกรณ์ตรวจค่าอื่นๆ เช่น ค่าดิน ค่ากรด-ด่าง ค่า NPK และตำแหน่งพิกัดการวัด จะได้ทราบภูมิศาสตร์และสภาพของดิน เก็บเป็น

		สถิติเพื่อการพัฒนาการเพาะปลูก
การเป็นแหล่งเรียนรู้ Smart Farm	มีหลายหน่วยงานเข้ามาขอดูงานและอุปกรณ์ และเข้าถึงได้สะดวกเพราะอุปกรณ์นี้ตั้งอยู่ริมถนน เข้าถึงได้ง่าย	ควรใช้ Social Media ช่วยในการเผยแพร่เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ เห็นการทำงานแบบ real-time

5. ข้อสรุปและเสนอแนะ

หลังจากได้ใช้งานจริงในระยะหนึ่งได้มีหลายหน่วยงานเข้ามาดูงานและสนใจในเรื่องต้นทุนการพัฒนาและการอบรมชุมชนเกษตรให้สามารถนำหลักการและเทคโนโลยีที่สามารถหาซื้อได้ในประเทศซึ่งจะต่อยอดการใช้งานและการบันทึกค่าพื้นที่และการปฏิบัติการเพาะปลูกเพื่อเป็นสถิติในการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการเกษตรให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้นไปอย่างยั่งยืน หน่วยงานที่เข้าดูแหล่งเรียนรู้ที่วิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์นี้ (รูปที่ 6) ได้แก่ สำนักงานเกษตรอำเภอ สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครปฐม สำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม นายอำเภอพุทธมณฑล ปรากฏในรูปที่ 5

รูปที่ 5 การเยี่ยมชมดูงานแหล่งเรียนรู้ Smart Farm สำหรับการทำเกษตรอินทรีย์

รูปที่ 6 แปลงเกษตรอินทรีย์คลองโยง และ อุปกรณ์ที่ติดตั้ง

ทั้งนี้ข้อควรปรับปรุงทางผู้วิจัยได้นำกลับมาเพื่อพัฒนาต่อในรูปแบบของอุปกรณ์พกพา สามารถตรวจวัดค่าดินโดยไม่จำเป็นต้องฝังถาวร สามารถนำไปวัดค่าดินแต่ละจุดของแปลงเกษตรได้โดยที่สามารถทราบตำแหน่งพิกัดการวัดและค่าต่างๆบันทึกในระบบ cloud storage เพื่อสามารถนำไปต่อยอดการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ รวมถึงใช้ AI (Artificial Intelligence) มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเพาะปลูกให้ได้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่มอบโอกาสให้ทีมวิจัยดำเนินโครงการสร้างแหล่งเรียนรู้ระบบ Smart Farm แห่งนี้บรรลุเป้าหมาย ขอบคุณสำนักเกษตรอำเภอ สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดนครปฐม สำนักงานเกษตรจังหวัดนครปฐม นายอำเภอพุทธมณฑล ที่ส่งเสริมและให้แนวคิดในนำเทคโนโลยีมาพัฒนาปรับใช้ให้เหมาะสมกับชุมชน และขอขอบคุณ คุณสขภณ ชาญบูรณวัชร กรรมการผู้จัดการบริษัท พาวเวอร์ทีมเน็ตเวิร์ค จำกัดที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์พื้นฐานในการวิจัยเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ IoT นี้ขึ้นและมอบให้กับวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์คลองโยงไว้เป็นวิทยาทานแหล่งเรียนรู้แก่กลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.), *คู่มือการรับรองมาตรฐาน การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี Good Agricultural Practice (GAP)*, ศูนย์ตรวจสอบและรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรในเขตปฏิรูปที่ดิน สำนักพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี, พ.ศ. 2565

[2] Blake Bennett, *"24VDC vs 120VAC" Automation*, NorthWind Technical Service, https://www.northwindts.com/24vdc-vs-120vac/, 2015

[3] Module more, *"Electric two-way ball valve DN25 1" 12-24v two-wire normally closed"*, http://www.modulemore.com, 2022

[4] Handson Technology,*"4ch Channel 5V Optical Isolated Relay module" User guide"*, http://www.hansontech.com/dataspecs/4Ch-Relay

[5] Espressif System,*"ESP32-WROOM-32 datasheet" version 3.4,* 2023

[6] Thomas Liu,*"DHT-22 Digital-output relative humidity&Temperature Sensor Module"*,Aosong Electronics,Co.,Ltd, AM2302

[7] Geoff Brown and Louis-Philippe Lamoureux, *"MQTT and the NIST Cybersecurity Framework Version 1.0"*, OASIS MQTT Technical Committee,2014

[8] Teeraphat Kullanankanjana, *"Micropython-GoogleSheet API"*, https://github.com › PerfecXX › MicroPython-GoogleSheet, 2024