

การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง สำหรับแปลงผักกาด

Development of a Prototype of IoT Sensing System Using Solar Energy for Vegetable Plots

อัทภาพ มณีเต็ม^{1*} และ ศิริวรรณ แดงขำ²

Attapap Maneetoem^{1*} and Siriwan Dangcham²

¹สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศทางธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

¹ Business Information Management, Faculty of Management Science.

² Agricultural, Faculty of Agricultural Technology.

*Corresponding author; E-mail: attapap.man@mail.pbru.ac.th

Received: 05 April 2022 /Revised: 19 May 2022 /Accepted: 15 June 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1). เพื่อพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักกาด 2). เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการใช้ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักกาด เครื่องมือและวิธีการพัฒนาประกอบด้วย 1). ไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer) ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro controller unit: MCU) และเซนเซอร์พืช (Plant sensor) 2). แบบประเมินประสิทธิภาพชุดต้นแบบระบบตรวจวัดแสง อุณหภูมิ ความชื้นแปลงผักกาดผ่านอินเทอร์เน็ตและการพัฒนาระบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web application) ใช้เวลาการทดลอง 1 รอบการปลูก กลุ่มผู้ทดลองใช้ชุดต้นแบบระบบฯ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์และเกษตรกรผู้เข้าศึกษาดูงาน ฐานการเรียนรู้แปลงผักกาดแก่งมั่ง ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี เป็นพื้นที่ทดสอบระบบตรวจวัดฯ ผลการวิจัยพบว่า 1) การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักกาดสามารถใช้ทำงานตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ทั้ง 5 ชุด 2) ประสิทธิภาพการใช้ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักกาดของผู้ใช้ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.61$ S.D. = 0.50) สามารถนำค่าที่ตรวจวัดด้วยเซนเซอร์แต่ละรอบการปลูกไปใช้ตัดสินใจในการเพาะปลูกผักกาดได้ ช่วยลดต้นทุนในการเพาะปลูก และควรนำต้นแบบที่ได้พัฒนาไปดำเนินการถ่ายทอดสู่กลุ่มเกษตรกรให้เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: ระบบตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์ เซนเซอร์พืช แปลงผักกาด อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Abstract

This research aimed to develop and test the efficiency of a prototype of the IoT sensing system using solar energy for vegetable plots. Development tools and methods consisted of 1) Microcomputer Microcontroller Circuit (MCU) and Plant Sensor. 2) Evaluation form for the prototype of the IoT sensing system using solar energy for vegetable plots through the internet and web application development. One crop cycle plant was evaluated. The system was used by experts in agricultural science, energy engineering farmer fields and person who visited the vegetable plot learning base, Phetchaburi Rajabhat University. The research results were as follows: 1) Developing a prototype of the IoT sensing system using solar energy for vegetable plots could be used to perform the functions specified in all 5 sets. 2) The efficiency of the IoT sensing system using solar energy for vegetable plots of users is at the highest level ($\bar{X} = 4.61$ S.D. = 0.50). The values measured by the sensor can be used to make decisions in the cultivation of table vegetables. In addition, it can reduce the cost of cultivation. This system should be promoted to more farmers.

Keywords: Sensing system using solar energy, Plant sensor, Vegetable plots, Internet of Thing

บทนำ

อาหารเป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนจำเป็นต้องบริโภคในการดำรงชีวิต การผลิตอาหารเพื่อการบริโภคสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ในการพัฒนาประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม การจะให้บรรลุตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ที่จะทำให้คนในประเทศมีความเป็นอยู่ที่ดี สุขภาพกายแข็งแรง สุขภาพจิตดี และมีความสุข ได้นั้น เกษตรกรคือประชากรกลุ่มใหญ่ของประเทศ ผู้เป็นฝ่ายผลิตอาหารให้คนทั้งประเทศบริโภค ตั้งแต่การเพาะปลูก (ต้นน้ำ) แปรรูป (กลางน้ำ) และขาย/ส่งมอบ (ปลายน้ำ)

พืชผักต้องอาศัยปัจจัยในการเจริญเติบโต คือ ดิน น้ำ แสง อากาศ ความชื้น ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง สภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ที่เป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชผัก สภาพปัญหาปัจจุบัน

เกษตรกรไทยยังขาดเครื่องมือตรวจวัด ปัจจัยการเพาะปลูกพืช การบันทึกการเจริญเติบโตของพืชที่แม่นยำและง่ายต่อการเฝ้าดูการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชขาดเครื่องมือในการตรวจดูการเจริญเติบโต ขาดเครื่องมือการเฝ้าระวังโรคพืชศัตรูพืช ปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรไม่สามารถรู้ถึงสาเหตุของสภาพแวดล้อมของแปลงเพาะปลูกเพื่อนำไปวางแผนป้องกันหรือแก้ไขความเสียหายที่อาจจะขึ้นในการเพาะปลูก

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) หรือ ไอโอที (IoT) หมายถึง เครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งของอื่น ๆ ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายฝังตัวอยู่¹ และทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึก

และแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ จึงสรุปได้ว่าอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things: IoT) (บางทีเรียก IoE: Internet of Everything) หมายถึง การที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ

ภาคการเกษตรปัจจุบันได้สร้างสถาปัตยกรรมแพลตฟอร์มที่ใช้งานผ่าน IoT² เพื่อการเกษตรที่แม่นยำและการตรวจสอบระบบนิเวศน์³ การทำฟาร์มอัจฉริยะด้วยการประมวลผลแบบเอจ (Edge Computing) และ ประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing)⁴ การใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) และเซนเซอร์ระยะไกล (Remote Sens) ในการตรวจสอบการเจริญเติบโตความสูงของต้นแอปเปิ้ลที่แม่นยำ โดยการวัดระยะในภาพถ่าย⁵ วิธีการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพเพื่อหาปริมาณความเข้มของจุดสีของใบต้นกล้าผ่านคลาวด์ (Cloud) และเซนเซอร์ระยะไกล (Remote Sens) และในภาคการเกษตรของประเทศไทยอำเภอหนองสูงศรีจังหวัดกาฬสินธุ์ Saiysing⁶ ได้พัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลผู้ปลูกมะม่วงสายรุ้งโดยใช้อาร์เอฟไอดีแท็ก (RFID Tag) ในการบริหารจัดการผลผลิตสินค้ากับกลุ่มผู้ประกอบการ คลาวด์ อีกทั้งอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ Ongate⁷ ได้มีพัฒนาต้นแบบระบบควบคุมความชื้นการปลูกผักโดยใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ คลาวด์ และ อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี อติภาพ มณีตัน และคณะ⁸ ได้พัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แหล่ง

เพาะปลูกพืชและไม้ผลเพื่อการผลิตอาหารและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร จังหวัดเพชรบุรี

เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการทำเกษตรรูปแบบใหม่ที่มีความแม่นยำ ลดต้นทุน ทำงานสะดวกสบายมากขึ้น และมีการแจ้งเตือน/เฝ้าดูแลผลผลิต ณ ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ซึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้ผู้ปกครอง ศึกษาดูงานของอาจารย์ นักศึกษา เกษตรกร กลุ่มเกษตรกรและผู้สนใจในการเพาะปลูกผักอินทรีย์ยังขาดระบบการตรวจวัดที่ช่วยลดสิ้นใจปัจจัยการเพาะปลูกพืชผักและจำเป็นต้องมีการเก็บสถิติของปัจจัยการเพาะปลูก เพื่อหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในตัดสินใจเพาะปลูกผักต่อไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผัก ยก โต๊ะ (Smart System Vegetable Plots: SMVP) ในการเฝ้าดูปัจจัยการเพาะปลูกผักยกโต๊ะ คือ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิในดิน ความชื้นในดิน แสงแดด เพื่อให้ได้ชุดตรวจวัดค่าที่เหมาะสมของพืชผักแต่ละชนิดให้กับเกษตรกร/กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดใกล้เคียง

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านตัวแปรและเนื้อหา การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การวิจัยแบบการทดลองและประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักยกโต๊ะ ดังแสดงใน Figure 1.

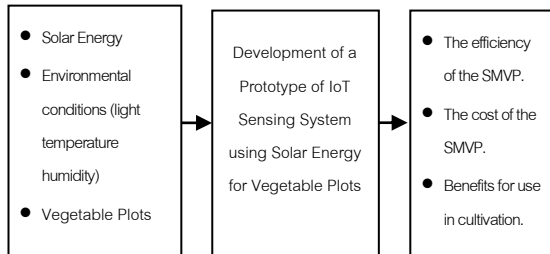


Figure 1. Conceptual framework for the development of a Prototype of IoT Sensing System using solar energy for vegetable plots



Figure 2. Research and development of a Prototype of IoT sensing system using solar energy for vegetable plots, according to the system development life cycle (SDLC) spiral

2. ขอบเขตด้านประชากร ได้แก่ อาจารย์สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ นักศึกษาสาวิชาเกษตรศาสตร์ และเกษตรกรผู้ศึกษาดูงาน รวมจำนวน 30 คน

3. ขอบเขตด้านสถานที่วิจัย เป็นการสำรวจเก็บข้อมูล หาความต้องการของระบบ และการพัฒนาชุดต้นแบบฯ ที่ศูนย์เรียนรู้เกษตรอินทรีย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4. ขอบเขตด้านระยะเวลาที่วิจัยใช้เวลาในการวิจัยมีขั้นตอนการวิจัยที่ประยุกต์ตามวงจรพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) แบบเกลียว (Spiral) ซึ่งมีการวนการวิจัยพัฒนา และทดสอบคุณภาพของระบบสารสนเทศฯ อยู่ 4 ขั้นตอน คือ 1) วิเคราะห์ระบบ (Analysis) 2) ออกแบบ (Design) 3) พัฒนาระบบ (Construction) และติดตั้งระบบ (Installation) 4) ทดลอง (Experimental) และทดสอบระบบ (Testing) ดังแสดงใน Figure 2.

วิธีการวิจัย

การวิจัยพัฒนาต้นแบบระบบตรวจวัดแปลงผักกาดใต้ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (IoT) ใช้ขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศ (SDLC) แบบเกลียว (Spiral) ซึ่งมีการออกแบบพัฒนาทดลองใช้งาน และทดสอบคุณภาพของระบบตรวจวัดแสง อุณหภูมิ ความชื้น แปลงผักกาดใต้ ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์และออกแบบระบบ (Analysis and Design System) ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ในการออกแบบเพื่อนำไปพัฒนาแบบการติดตั้งจริงในขั้นต่อไป ดังแสดงใน Figure 3.

[illegible]

1.1 กำหนดคุณลักษณะการทำงาน
คุณสมบัติ ของชุดเครื่องมือ และจัดหาอุปกรณ์ของ
ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP) ทั้งระบบ
ประกอบด้วย เซนเซอร์วัดแสง (GY-30 BH1750FVI)
ให้ช่วงข้อมูลตั้งแต่ 1-65535 lx เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ
และความชื้น (SHT20) ให้ช่วงข้อมูล ตั้งแต่
-40 - 125 องศาเซลเซียส ความชื้นให้ช่วงข้อมูล
ตั้งแต่ 0-100%RH และชุดเก็บข้อมูล สำหรับเก็บค่า
จากเซนเซอร์ลงฐานข้อมูล (Data logger)
ระบบปฏิบัติการ OS Raspbian Ubuntu 18.04
สามารถเรียกดูกราฟย้อนหลังในช่วง 24 ชั่วโมง
ควบคุมการเปิด/ปิดปั้มน้ำอัตโนมัติ (Automatic)
ตามเงื่อนไขของอุณหภูมิ/ความชื้น และแบบควบคุม
เองได้ (Manual) ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ควบคุมการ

1.2 ประมาณการราคารายการอุปกรณ์
ทั้งระบบฯ มูลค่ารวม 45,000 บาท (ไม่รวมแปลงผัก
ยกโต๊ะ) แบ่งเป็น 5 ชุด ประกอบด้วย (1) ชุดจ่าย
พลังงานไฟฟ้า (2) ชุดตรวจวัด/เก็บข้อมูล แผงวงจร
เซนเซอร์ 2 ชุด (3) ชุดจ่ายน้ำ (4) ชุดเครือข่าย
สัญญาณอินเทอร์เน็ต (5) ชุดโครงสร้างหลังคา

1.3 ดำเนินการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน โดยสำรวจราคาทางเว็บไซต์ของอุปกรณ์แต่ละชิ้น และค่าการติดตั้งสถานี รวมมูลค่าชุดต้นแบบระบบ ตรวจวัดฯ 45,000 บาท (ไม่รวมค่าโตะปลูก) ซึ่งจะใช้

สำหรับแปลงผักยกไถ่ขนาด 2 x 7 เมตร ที่ฐานการเรียนรู้แปลงผักยกไถ่ทางมุ้ง ศูนย์เรียนรู้การเกษตรตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี กับชนิดของผัก 7 ชนิด คือ ต้นหอม ผักชีน้ำย่อย ผักชี ผักสลัด (กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค) คอส ผักกาดหอม ผักกวางตุ้ง ประมาณผลผลิตที่ได้ใน 1 ไถ่ปลูก และสำรวจราคาตลาด จากนั้นคำนวณรายได้การเพาะปลูกที่ราคาสูงเพื่อหาจุดคุ้มทุนให้เร็วที่สุด ลำดับสุดท้ายคำนวณจุดคุ้มทุน โดยนำมูลค่า

รวมชุดต้นแบบอาหารด้วยรายได้ต่อ 1 ไถ่ปลูก ได้จำนวนปีและวันในการลงทุนติดตั้งระบบตรวจวัดฯ ตัวอย่างการคำนวณต้นทุนหอม ผลผลิตได้ 15 กิโลกรัม ต่อ 1 ไถ่ปลูก $\times 70$ บาท/กิโลกรัม = 1,050 บาท คำนวณ $45,000 \text{ บาท} / 1,050 \text{ บาท} = 42.88$ รอบปลูก คำนวณ $45 \text{ วัน} \times 42.86 \text{ รอบปลูก} = 1,928.7 \text{ วัน}$ คำนวณ $1,928.7 \text{ วัน} / 365 \text{ วัน} = 4 \text{ ปี } 104 \text{ วัน}$ จึงถึงจุดคุ้มทุน ดังแสดงใน Table 1.

Table 1. Estimated Cultivation/Production/Income and calculate the break-even point of SMVP Model

No.	Plant type	Estimated Cultivation/Production/Income 1 plot				Calculate break-even point (45,000 baht) ** (year and day)
		Cultivation period	Yield (Kg)	Price per kilogram (Baht)*	Total income per 1 planting cycle *	
1	Spring onion	40-45 day	15	60-70	1,050	$45,000/1,050 = 42.86$ planting cycle break-even point 5 year 104 day
2	Celery	70-80 day	20	120-130	2,600	$45,000/2,600 = 17.30$ planting cycle break-even point 2 year 46 day
3	Coriander	40-45 day	2	150-200	400	$45,000/400 = 112.50$ planting cycle break-even point 255 day
4	Green oak/ Red oak	30-35 day	15	100-120	1,800	$45,000/1,800 = 25$ planting cycle break-even point 2 year 34 day
5	Cos	25-30 day	20	100-120	2,400	$45,000/2,400 = 18.75$ planting cycle break-even point 2 year 34 day
6	Lettuce	30-35 day	15	60-80	1,200	$45,000/1,200 = 37.5$ planting cycle break-even point 2 year 34 day
7	Cantonese	35-45 day	20	30-40	800	$45,000/800 = 56.25$ planting cycle break-even point 2 year 34 day

* The quoted price is the price of organic produce, calculated at a high price, in order to find the break-even point as quickly as possible.

** Total value of the prototype set does not include the cost of building a vegetable plot

1.4 ดำเนินการออกแบบกิจกรรมการทำงานของชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ SMVP มีแอคเตอร์ (Actor) ผู้ใช้/เกษตรกร ชุดตรวจวัดดิน ชุดตรวจวัดอากาศ ชุดตรวจวัดแสง กล้องถ่ายภาพ และชุดเก็บข้อมูล ไมโครคอมพิวเตอร์ (Raspberry Pi 4) มีหน้าที่การทำงาน (Function) ฟังก์ชันอ่านค่าจากเซนเซอร์ (SHT20) ส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ไปยังชุดเก็บข้อมูลที่เป็นไมโครคอมพิวเตอร์ (Raspberry Pi 4) ตามรอบเวลาที่ระบบ SMVP กำหนด ฟังก์ชันอ่านค่าจากเซนเซอร์

(SHT20) ส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในอากาศไปยังชุดเก็บข้อมูล ฟังก์ชันอ่านข้อมูลจากเซนเซอร์วัดแสง (GY-30 BH1750FVI) ส่งค่าแสง ไปยังชุดเก็บข้อมูล ฟังก์ชันรับ/ส่งภาพจากกล้องไปยังชุดเก็บข้อมูล ฟังก์ชันแสดงกราฟและสถานะของค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น และค่าแสงไปยังผู้ใช้/เกษตรกร ฟังก์ชันควบคุมการปิด/เปิดปั๊มน้ำ และหลอดไฟ ฟังก์ชันแสดงภาพและวิดีโอไปยังผู้ใช้/เกษตรกร ดังแสดงใน Figure 4.

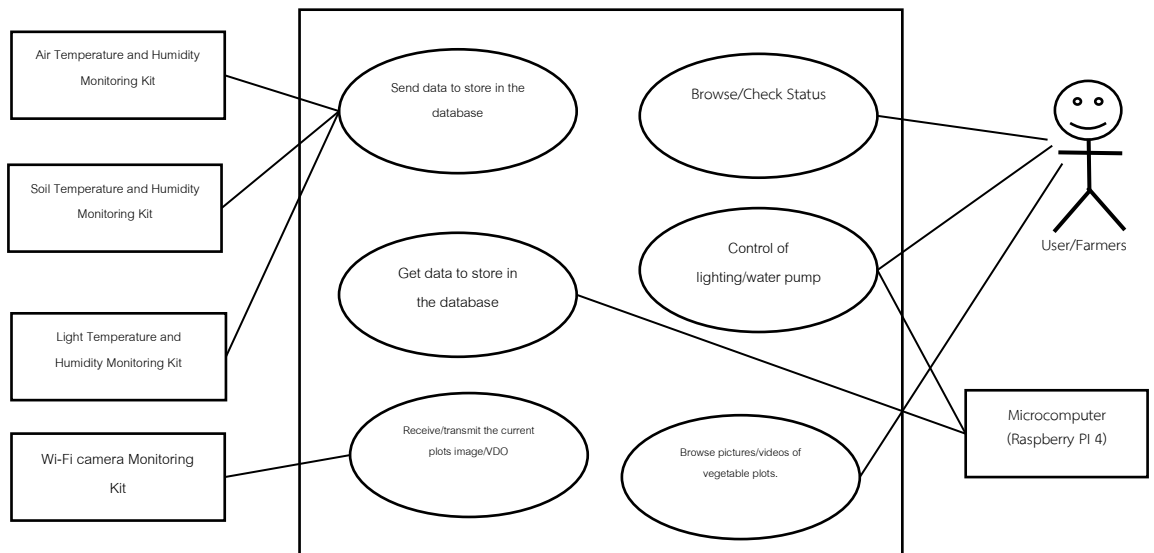


Figure 4. User case Diagram; The prototype of IoT sensing system using solar energy for vegetable plots

1.5 ดำเนินการออกแบบฐานข้อมูลชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP) โดยใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการเก็บบันทึกข้อมูลและวันเวลามาตรฐานยูทีซี (Universal Time Coordinated: UTC) ซึ่งมี 3 ตารางในการเก็บค่า คือ เซนเซอร์แสง

เซนเซอร์อากาศ และเซนเซอร์ดิน ตารางเก็บค่ารวมทั้ง 3 เซนเซอร์ และตารางเก็บค่าระดับสูง กลางต่ำ เพื่อใช้เป็นกฎเกณฑ์การตัดสินใจ (Decision rules) ของระบบตรวจวัดฯ ดังแสดงใน Figure 5.



Figure 5. Class diagram; Prototype of IoT sensing system using solar energy for vegetable plots

2. ขั้นพัฒนาระบบ (Construction) ผู้พัฒนาได้สรุปชุดเครื่องมือ อุปกรณ์ คุณลักษณะหน้าที่การทำงาน และซอฟต์แวร์ที่ใช้ ดัง Table 2

Table 2. Work characteristics, tool properties of SMVP Model

Tool Kit/Equipment	Feature/Function	Software/Library
Air Temperature and Humidity Monitoring Kit - Microcontroller Node MCU ESP 8266 v3 - SHT-20 Sensor i2c - LCD Display 1602 i2c	- Measure temperature and humidity in the air - Measure the temperature in the air. Air temperature range 0-50 degrees Celsius - Measure the humidity in the air, showing 0-100% - Show messages on the LCD 1602 screen. - Send http request JSON data with POST method to Pi 4	- Arduino IDE 1.812 - ESP8266WiFi.h - ESP8266HTTPClient.h - Wire.h - DFRobot_SHT20.h - LiquidCrystal_I2C.h
Soil Temperature and Humidity Monitoring Kit - Microcontroller Node MCU ESP 8266 v3 - STH-20 Sensor i2c - LCD Display 1602 i2c	- Measure temperature and humidity in the air. - Measure the temperature in the air. Air temperature range 0-50 degrees Celsius. - Measure the humidity in the air, showing 0-100%. - Show messages on the LCD 1602 screen. - Send http request JSON data with POST method to Pi 4.	- Arduino IDE 1.812 - ESP8266WiFi.h - ESP8266HTTPClient.h - Wire.h - DFRobot_SHT20.h - LiquidCrystal_I2C.h

Table 2. Work characteristics, tool properties of SMVP Model (continue)

Tool Kit/Equipment	Feature/Function	Software/Library
Light Monitoring Kit and Data logger	- WWW port 80 service. - RDBMS port 3306 service. - SSH SFTP port 22 service. - Node-Red NodeJS port 1880 service. - PHP Interpreter. - http request JSON date service. - Light sensor range 0-65535 (lux). - Show Light (lux) Temperature (C) and Humidity (%rh) at LCD 2004. - Send http request JSON data with POST method to Pi 4.	- Raspbian GNU/Linux 10.9 - Thonny Python IDE 1.812 - VNC Server/Viewer - Bitvise SSH Client - Apache 2 service - MySQL Database service & phpmyadmin - PHP 5 interpreter - JpGraph 4.28 - SHT20.py (lib) - bh1750.py (lib) - RPi_I2C_driver.py (lib) - Smbus (lib) - Mysql (lib)

2.1 พัฒนาชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (Node MCU ESP-8266 v3) อ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นในดินและอากาศ โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ซึ่งเป็นโปรแกรมเปิดเผยแพร่ (Open source) ในการเขียนคำสั่งภาษา C++ และเรียกใช้ไลบรารี (Library) ของเซนเซอร์แสงเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น

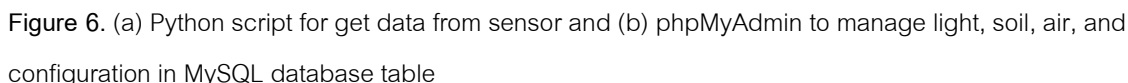
2.2 ชุดตรวจวัดความเข้มแสง/ชุดเก็บข้อมูล (Data logger) ไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry Pi 4 หน่วยความจำ 4GB เพื่อทำหน้าที่เก็บข้อมูล (Data logger) แสดงแดด อุณหภูมิ ความชื้น โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Raspbian GNU/Linux 10.9

2.3 ใช้โปรแกรม Bitvise SSH Client เชื่อมไปยัง Pi 4 data logger server โดยเชื่อมต่อ

แบบ sftp ผ่าน port 22 เพื่อเข้าไปติดตั้ง Apache 2 web service, MySQL DB service, PHP interpreter และ phpMyAdmin ที่ Pi 4 Data logger Server

2.4 ใช้โปรแกรม phpMyAdmin เรียกผ่าน <http://localhost/phpmyadmin> เข้าไปที่ Pi 4 Data logger สร้างฐานข้อมูลตามคลาสไดอะแกรมดังรูป Figure 5. ที่ได้ออกแบบไว้

2.5 เชื่อมต่อจอมอนิเตอร์ทาง HDMI หรือใช้โปรแกรม VNC Viewer เชื่อมต่อเข้าไปที่ Pi 4 Data logger จากนั้นเรียกใช้โปรแกรม Thonny Python IDE เขียนภาษา Python ฟังก์ชันอ่านค่าแสงจาก GY-30 BH1750FVI Sensor ฟังก์ชันอ่านค่าอุณหภูมิ และความชื้นจาก STH-20 Sensor และเขียนฟังก์ชันเก็บค่าแสง ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นลงในฐานข้อมูล MySQL ดังแสดงใน Figure 6.



อุณหภูมิ/ความชื้นในอากาศ และกราฟค่าอุณหภูมิ/ความชื้นในดิน ผ่านทาง เบราร์เซอ์ ที่ URL <http://localhost/testiot> ดังแสดงใน Figure 7.



กราฟ 3 ค่ายบนแดชบอร์ด (Dashboard)
โดยสามารถเรียกผ่าน URL <http://ms.pbru.ac.th:1880/ui> ดังแสดงใน Figure 8

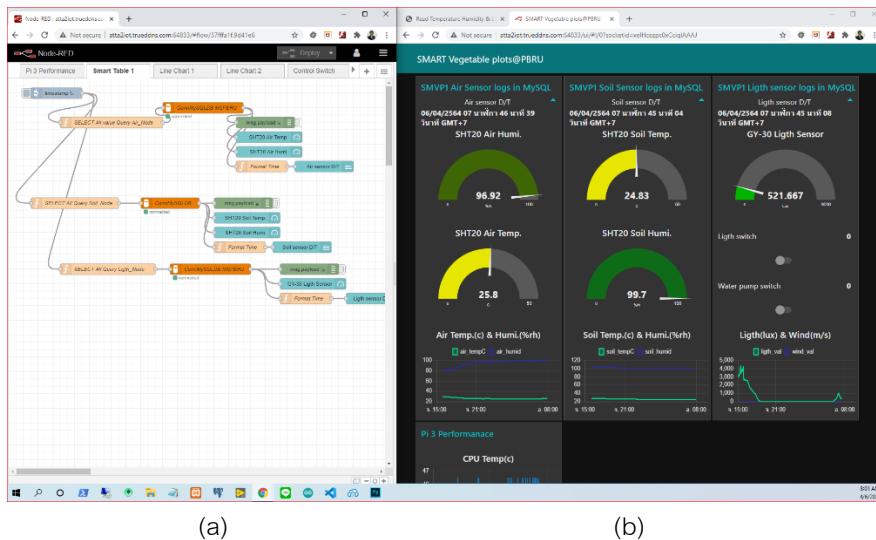


Figure 8. (a) Node-Red flow and (b) dashboard page for show air, soil, light data, control manual light switch(on/off) and water pump switch(on/off)

3. ขั้นตอนการติดตั้งระบบ (Installation)

ผู้พัฒนาได้ดำเนินการติดตั้งชุดต้นแบบระบบตรวจวัดแสง อุณหภูมิ ความชื้น แปลงผักกาดคะฉิม ติดตั้งตัวแบบระบบตรวจวัดฯ ที่ฐานการเรียนรู้แปลงผักกาดคะฉิม ศูนย์เรียนรู้เกษตรอินทรีย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ดังแสดงใน Figure 9

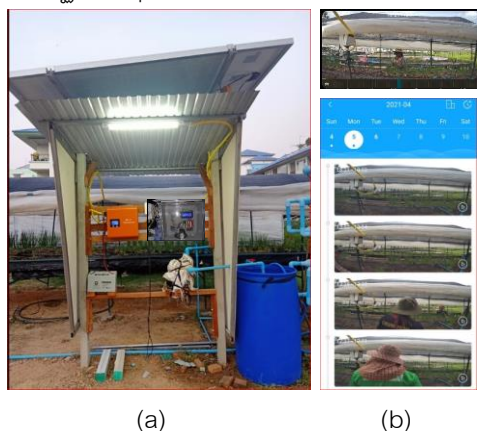


Figure 9. (a) The station of IoT sensing system using solar energy for vegetable plots., (b) Wi-Fi camera from smartphone

3.1 ติดตั้งโครงสร้างเป็นสถานีตรวจวัด

ประกอบด้วยเสาปูนระยะห่าง 2 เมตร ด้านบนหลังคาติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ขนาด 340 วัตต์ (W) x 2 แผง แบบขนาน มีหลังคาทรงลาดเอียง และติดฝาผนังทั้ง 2 ด้าน เพื่อกันน้ำฝน

3.2 ติดตั้งชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าโดยใช้

อินเวอร์เตอร์แบบผสม (Hybrid inverter) ขนาด 500 W 220 VAC 50Hz 30A MPPT 12VDC 1 ตัว และแบตเตอรี่สำรองไฟ 65 Ah 12 Volt x 2 ตัว เท่ากับ 130Ah (Ampere-Hour) ซึ่งแอมแปร์-ชั่วโมง คือความจุของแบตเตอรี่ในการบรรจุพลังงาน

3.3 ติดตั้งชุดจ่ายน้ำโดยใช้ปั๊มอัตโนมัติ

1 ตัว ถึงเก็บน้ำ 200 ลิตร ท่อขนาด 0.5 นิ้ว มินิสปริงเกอร์แบบแปลง 4 ตัว สปริงเกอร์ใต้หลังคา 4 ตัว

3.4 ติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มแสง/ชุด

เก็บข้อมูล (Pi 4 Data logger) ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ

และความชื้นในดิน ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

3.5 ชุดเครือข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (Wi-Fi Access Point) โดยใช้อินเทอร์เน็ตเราท์เตอร์แบบใส่ซิม (SIM Router)

3.6 ติดตั้งกล่องวงจรปิดไร้สาย (Wi-Fi Camara) เชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ตเราท์เตอร์

4. ขั้นตอนทดสอบระบบ (System Testing) และ ปรับปรุง (Maintenance) ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP) ที่ฐานการเรียนรู้แปลงผักกาดใต้ ตามคุณลักษณะและคุณสมบัติที่กำหนดไว้ โดยใช้เวลาในการทดสอบ/ทดลองปลูกกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค 1 รอบการเพาะปลูก

4.1 ทดสอบตามคุณลักษณะและคุณสมบัติ โดยคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงอาทิตย์ของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าอินเวอร์เตอร์แบบผสม (Hybrid inverter) ในเวลากลางวันชุดต้นแบบระบบตัวตรวจวัดฯ จะใช้พลังงานไฟฟ้าตรงจากแสงอาทิตย์ และในกลางคืนหรือไม่มีแสงอาทิตย์ จะใช้พลังงานจากแบตเตอรี่สำรองไฟ โดยคำนวณปริมาณการจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดตรวจวัดแสง/เก็บข้อมูลใช้แรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ (Volt) คุณด้วยกระแสไฟฟ้า 3 แอมป์ (Amp) ($5\text{ V} \times 3\text{ A} = 15\text{ W}$) คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ 15 วัตต์ (Watt)

คำนวณปริมาณการจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดจ่ายน้ำ (ในเวลากลางวัน) ใช้กำลังไฟฟ้า 370 วัตต์ หากด้วยแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ (Volt) ($370\text{ W} / 220\text{ V} = 1.68\text{ A}$) คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ 1.68 แอมป์

คำนวณปริมาณการจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในดินใช้แรงดันไฟฟ้า

3.6 โวลต์ คุณด้วยกระแสไฟฟ้า 12 มิลลิแอมป์ (mA) ($3.6\text{ V} \times 0.012\text{ A} = 43.2\text{ W}$) คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ 43.2 วัตต์

คำนวณปริมาณการจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศใช้แรงดันไฟฟ้า 3.6 โวลต์ คุณด้วยกระแสไฟฟ้า 12 มิลลิแอมป์ (mA) ($3.6\text{ V} \times 0.012\text{ A} = 43.2\text{ W}$) คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ 43.2 วัตต์

คำนวณปริมาณการจ่ายไฟฟ้าให้กับชุดกล่องวงจรปิดไร้สาย ใช้กำลังไฟฟ้า 11 วัตต์ หากด้วยแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ($11\text{ W} / 12\text{ V} = 0.92\text{ A}$) คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ 0.92 แอมป์

คำนวณไฟฟ้าส่องสว่างฟลูออเรสเซนต์ มีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว 1 ดวง ขนาดกำลังไฟฟ้า 20 วัตต์ หากด้วยแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ($20\text{ W} / 220\text{ V} = 0.09\text{ A}$) คิดเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ 0.09 แอมป์

ดังนั้นกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเวลากลางคืน 6 ชั่วโมง เท่ากับ $\{(15\text{ วัตต์}) \times 6\text{ ชม.}\} + \{(43.2\text{ วัตต์}) \times 2\text{ ชุดเซนเซอร์ (ดิน/อากาศ)} \times 6\text{ ชั่วโมง}\} + \{(11\text{ วัตต์}) \times 6\text{ ชม.}\} / [\text{แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่} \times 0.6 (\% \text{ การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่}) \times 0.85 (\text{ประสิทธิภาพของ Inverter})]$ คิดเป็น 110.20 Ah ซึ่งเพียงพอต่อการใช้พลังงานแบตเตอรี่ที่เก็บไว้ 130 Ah สำหรับในตอนกลางคืน ทั้งนี้เงื่อนไขการของโปรแกรมระบบตรวจวัดฯ ไม่ได้ให้รดน้ำสปริงเกอร์ในช่วงเวลากลางคืนจึงไม่ได้นำคำนวณด้วย ดังแสดงใน Table 3

Table 3. Energy used and test results, characteristics and qualifications of the tool kit/equipment

Tool kit/Equipment and Feature/Function	Energy used	Function Test Results
Solar, inverter, and solar panels kit ● Able to supply electricity during the day during the time of sunlight. ● Able to supply electricity at night During the time when there is no sunlight, all night.	Battery 65 Ah 12 Volt x 2 set = 130Ah	✓ match attributes/functions
Air temperature and humidity monitoring kit ● The sensor can measure air temperature. Air temperature range 0-50 degrees Celsius and air humidity display value 0-100%, display text on the LCD 1602. ● Able to send http request JSON data with POST method to Pi 4.	Air sensor kit 3.6 V x 0.012 A = 43.2 W	✓ match attributes/functions
Soil temperature and humidity monitoring kit ● The sensor can measure air temperature. Air temperature range 0-50 degrees Celsius and air humidity display value 0-100%, display text on the LCD 1602. ● Able to send http request JSON data with POST method to Pi 4	Soil sensor kit 3.6 V x 0.012 A = 43.2 W	✓ match attributes/functions
Light monitoring kit and PI4 data logger ● Able to store values from light sensor 0-65535 (lux) into database ● The data logger can store values from the sensors, enter the database, and retrieve the historical values as an optical graph with browsers ● Able to view the statistics of the sun, temperature and humidity in the past as a light graph with browser	PI4 Data logger 5 V x 3 A = 15 W Electric lamp 20 W / 220 V = 0.09 A	✓ match attributes/functions
Dashboard monitor and planting grow camera ● Able to control on/off Automatic water pump according to conditions, Temperature/Humidity/Light ● Able to manually control the water on/off (manual) with a browser via IP address ● Able to watch the growth of table vegetable plots via phone/smartphone	Water pump 370 W / 220 V = 1.68 A IP Camera 11 W / 12 V = 0.92 A	✓ match attributes/functions

4.2 ทดสอบจากกลุ่มผู้ใช้อาจารย์
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสาขาวิชาวิศวกรรม
พลังงาน นักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และ
เกษตรกรผู้เข้าศึกษาดูงาน ด้วยแบบประเมิน

5 ระดับ จำนวน 30 คน เป็นอาจารย์และนักศึกษา
12 คน เป็นเกษตรกร/ผู้ศึกษาดูงาน 30 คนใน 3 ด้าน
ดังแสดงใน Table 4

Table 4. Performance results of the SMVP model

Assessment issues	Result	
	Mean ($\bar{X}$)	Standardization (S.D.)
1. The efficiency of the SMVP model		
1.1 Solar power supply unit: Able to supply electricity during the day throughout the time of sunlight and can supply electric power at night during the time when there is no sunlight all night. Available all day (24 hours)	4.66	0.47
1.2 Air Temperature and Humidity Monitoring Kit: The sensor can measure air temperature. Air temperature range 0-50 degrees Celsius, air humidity display 0-100%, display the message on the LCD 1602, and send the data to Pi 4 data logger. Available all day (24 hours)	4.53	0.62
1.3 Soil Temperature and Humidity Monitoring Kit: The sensor can measure air temperature. Air temperature range 0-50 degrees Celsius, air humidity display 0-100%, display the message on the LCD 1602, and send the data to Pi 4 Data logger. Available all day (24 hours)	4.44	0.72
1.4 Light Monitoring Kit and PI4 Data logger: Able to store values from light sensor 0-65535 (lux) into database, and show the statistics graph in the past of the light, temperature, and humidity with browser. Available all day (24 hours)	4.66	0.47
1.5 Dashboard Monitor and Planting grow camera		
1.5.1 Data logger able to store values from sensors into database and retrieve historical values as graphs through a browser. Available all day (24 hours)	4.83	0.37
1.5.2 Data logger able to control on/off, Automatic water pump according to conditions, temperature/humidity/light	4.50	0.50
1.5.3 Users can control the water on/off manually with a browser.	4.66	0.47
1.5.4 Users can watch the growth of the table vegetable plot through the phone/smartphone. Available all day (24 hours)	4.83	0.37
Average efficiency of the SMVP Model	4.64	0.50

Table 4. Performance results of the SMVP model (continue)

Assessment issues	Result	
	Mean ($\bar{X}$)	Standardization (S.D.)
2. The cost of the SMVP Model.		
2.1 SMVP budget for design/build/installation with a budget of 45,000 baht which consists of: 1) Solar power supply unit 2) Air temperature and humidity monitoring kit 3) Soil temperature and humidity monitoring kit 4) Light monitoring kit and PI4 data logger and 5) Dashboard monitor and planting grow camera is appropriate in the budget.	4.50	0.51
2.2 SMVP budget for design/build/installation with a budget of 45,000 baht which estimated cultivation/production/income and calculate the break-even point (Table 2) to be appropriate.	4.36	0.61
Average cost of the SMVP Model	4.33	0.56
3. Benefits for use in cultivation of the SMVP Model		
3.1 The SMVP model can be installed and used with vegetable plantations, raised tables and other areas.	4.83	0.37
3.2 The SMVP model is useful for monitoring the growth of vegetable plots leading to public relations for sales through online and offline markets.	4.86	0.50
3.3 The SMVP model is useful to use statistics that are the factors of vegetable cultivation, light value, temperature and humidity accuracy of each vegetable. as information for the next cultivation.	4.66	0.47
Average benefits for use in cultivation of the SMVP model	4.78	0.45
Average of all aspects	4.61	0.50

4.3 ปรับปรุงแก้ไข (Maintenance)
หลายรอบ เพื่อหาความเหมาะสมตาม
สภาพแวดล้อมจริงของพื้นที่แปลง ดังนี้

4.3.1 ปรับการหน่วงเวลาในการ
เขียน/อ่าน ข้อมูลลงฐานข้อมูลแต่ละชุดเซนเซอร์โดย
การสุ่มเวลา 5 นาทีเพื่อลดการชนกันในการเขียน

ข้อมูลลงฐานข้อมูล พร้อมใส่บล็อกคำสั่งภาษา
Python “try: except as e:” เพื่อ ตรวจสอบ
ข้อผิดพลาด error กรณีอ่าน/เขียนข้อมูลจาก
ฐานข้อมูลไม่ได้

4.3.2 ปรับระยะ/ตำแหน่งการวาง
เราเตอร์ เพื่อการเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi ของชุด

เซนเซอร์ให้สัญญาณมีความเสถียรมากขึ้น โดยให้รัศมีของสัญญาณ Wi-Fi ไม่ควรเกิน 80 เมตร

4.3.3 ป้องกันน้ำจากสปริงเกอร์ไม่ให้หยดน้ำโดนเซนเซอร์โดยใช้กล่องกันน้ำ

4.3.4 ปรับปรุง Node-Red UI Flow ให้สามารถเรียกดูได้แบบสาธารณะ โดยเขียนคำสั่งภาษา Python ฟังก์ชันที่ Pi 4 Data logger ให้ส่งค่าทั้งหมดมาเก็บไว้ยังฐานข้อมูลที่เป็นโดเมนสาธารณะ (Public Domain) ที่ URL <http://ms.pbru.ac.th:1880/ui>

ผลการวิจัย

การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักยกโต๊ะ (SMVP Model) มีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ สามารถใช้ทำงานตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ทั้ง 5 ชุด 1) ชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ของอินเวอร์เตอร์และแผงโซลาร์เซลล์ 2) ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ 3) ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน 4) ชุดตรวจวัดความเข้มแสง/ชุดเก็บข้อมูล (Data logger) และ 5) ชุดแสดงสถิติผ่านอินเทอร์เน็ต และแสดงภาพแปลงปลูกผ่านทางคอมพิวเตอร์ทางบราวเซอร์และสมาร์ทโฟน สามารถเฝ้าดูการเติบโตของแปลงผักยกโต๊ะโดยเรียกดูค่าสถิติบน Dashboard ผ่านอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ทุกเวลา

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ โดยรวมที่ค่าเฉลี่ย 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 ผลการประเมินประสิทธิภาพโดย

การทดสอบจากผู้ใช้ ทั้ง 3 ด้าน ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

1) ด้านประสิทธิภาพของระบบตรวจวัดฯ ชุดจ่ายพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์อินเวอร์เตอร์และแผงโซลาร์เซลล์ค่าเฉลี่ย 4.66 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศค่าเฉลี่ย 4.53 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.62 ชุดตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในดินค่าเฉลี่ย 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 ชุดตรวจวัดความเข้มแสงและชุดเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ย 4.66 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 ชุดแสดงสถิติและแสดงภาพแปลงปลูกเพื่อเฝ้าดูการเติบโตค่าเฉลี่ย 4.71 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.43 รวมทั้ง 5 ชุดได้ค่าเฉลี่ย 4.64 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50

2) ด้านต้นทุนแปลงเพาะปลูกผักยกโต๊ะมีความเหมาะสมในด้านงบประมาณ และคำนวณจุดคุ้มทุนที่ค่าเฉลี่ย 4.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56

3) ด้านประโยชน์ต่อการนำไปใช้เพาะปลูกชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ สามารถนำไปติดตั้งและใช้กับแปลงเพาะปลูกผักยกโต๊ะพื้นที่อื่น ๆ ที่ค่าเฉลี่ย 4.83 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ มีประโยชน์ต่อการเฝ้าดูการเจริญเติบโตของแปลงผัก ที่ค่าเฉลี่ย 4.86 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 และชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ มีประโยชน์ต่อการใช้สถิติที่เป็นปัจจัยการเพาะปลูกผัก ค่าแสง อุณหภูมิ ความชื้น ที่แม่นยำของแต่ละชนิด มาเป็นข้อมูลในการเพาะปลูกครั้งต่อไป ที่ค่าเฉลี่ย 4.66 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.47 ประโยชน์โดยรวมค่าเฉลี่ยอยู่ระดับมากที่สุดที่ค่าเฉลี่ย 4.78 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45

โดยผู้ที่มีข้อเสนอนะเพิ่มเติม คือ ควรมีการขยายผลงานวิจัยสู่กลุ่มเกษตรกรเพิ่มขึ้นเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

อภิปรายผล

การวิจัยการพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักยกโต๊ะ (SMVP Model) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชผักให้คุ้มกับต้นทุนที่ใช้ไป มีการตัดสินใจการให้น้ำหรือให้สารละลายชีวภัณฑ์โดยอัตโนมัติตามชนิดของพืชผัก กรณีที่อุณหภูมิในดินหรือในอากาศเพิ่มสูงกว่าค่าที่ผู้ใช้ตั้งไว้ในระบบ SMVP Model จะตัดสินใจปั้มน้ำสปริงเกอร์ เพื่อเพิ่มความชื้นในดินและช่วยลดอุณหภูมิ ให้มีระดับสภาพแวดล้อมที่คงที่สอดคล้องกับ Popovic et al.² ที่สร้างสถาปัตยกรรมแพลตฟอร์มที่เปิดใช้งาน IoT เพื่อการเกษตรที่แม่นยำและการตรวจสอบระบบนิเวศน์ Zamora-Izquierdo et al.³ ที่การทำฟาร์มอัจฉริยะด้วยการประมวลผลแบบเซิร์กและคลาวด์

ชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP model) เป็นเครื่องมือที่แม่นยำในการควบคุมปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชผักในแปลงผักยกโต๊ะของเกษตรกร รวมทั้งช่วยลดเวลาในการจัดเก็บข้อมูลสถิติการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ค่าของอุณหภูมิ ค่าความชื้นที่เหมาะสมของพืชผักแต่ละชนิดเป็นสูตรสำเร็จของการเพาะปลูกพืชผักแต่ละชนิดให้แก่เกษตรกร/กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดใกล้เคียง สอดคล้องกับ Sgiysing⁶ ที่พัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลผู้ปลูกมะม่วงสายรุ้งโดยใช้อาร์เอฟไอดีแท็ก (RFID Tag)

ในการบริหารจัดการการผลิตสินค้าและ Ong-art⁷ ที่พัฒนาต้นแบบระบบควบคุมความชื้นการปลูกผักโดยใช้พลังงานจากพลังงานแสงอาทิตย์ อีกทั้งระบบตรวจวัดฯ ยังสามารถส่งข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น แสงแดด ให้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แหล่งเพาะปลูกพืชและไม้ผล เพื่อการผลิตอาหารและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร จังหวัดเพชรบุรีของอัตราภาพ มณีเดิม และคณะ⁸ ที่มีฐานข้อมูลรวบรวมไว้แล้ว

อนาคตชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP Model) สามารถเพิ่มเซนเซอร์การตรวจวัดปัจจัยการเพาะปลูก เช่น เซนเซอร์ลม เซนเซอร์ธาตุอาหารในดิน เซนเซอร์ธาตุอาหารในน้ำ เพื่อให้ตรงตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด ยังต้องพัฒนาเรื่องการประมวลผลด้วยภาพถ่ายแปลงผักยกโต๊ะ ให้ได้ใกล้เคียงกับ Hobart et al.⁴ ใช้การวัดระยะในภาพถ่ายจากการใช้อากาศยานไร้คนขับในการตรวจสอบการเจริญเติบโตความสูงของต้นแอปเปิ้ลที่แม่นยำ และ Yang et al.⁵ โดยวิธีการประมวลผลภาพเพื่อหาปริมาณความเข้มของจุดสีของใบต้นกล้าผ่านคลาวด์ และเซนเซอร์ระยะไกล

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดต้นแบบระบบตรวจวัดแสงอุณหภูมิ และความชื้น จากพลังงานแสงอาทิตย์ควบคุมการทำงานผ่านอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่งสำหรับแปลงผักยกโต๊ะ สามารถใช้ทำงานตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ทั้ง 5 ชุด ผลการประเมินประสิทธิภาพชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP Model) โดยรวมที่ค่าเฉลี่ย 4.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 ระดับมากที่สุด ซึ่งควรมีการขยายผลงานวิจัยสู่กลุ่มเกษตรกรเพิ่มขึ้น เพื่อนำผลของการวิจัยไปใช้



ประโยชน์ เพื่อให้ชุดตรวจวัดในการตัดสินใจการให้น้ำ การพนหมอกเพื่อลดอุณหภูมิ ให้มีระดับสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นเครื่องมือที่แม่นยำในการเฝ้าดูการเจริญเติบโตของพืชผักในแปลงผักยกโต๊ะของเกษตรกรรวมทั้งช่วยลดเวลาในการจัดเก็บข้อมูลสถิติการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ค่าอุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดด ที่เหมาะสมของพืชผักแต่ละชนิดให้กับเกษตรกร/กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบุรีและจังหวัดใกล้เคียง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ศิริวรรณแดงจำ สันับสนุนทุนในการสร้างชุดต้นแบบระบบตรวจวัดฯ (SMVP Model) พร้อมสถานที่ทดลองและนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และเกษตรกรผู้เข้าศึกษาดูงานที่เป็นผู้ใช้และผู้ทดสอบระบบ

เอกสารอ้างอิง

1. Zanella A, Bui N, Castellani A, Vangelista L, Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities. *EEE Internet Things J* 2014;1:22-32.
2. Popovic T, Latinovic N, Pesic N, Zecevic Z, Krstajic B, Djukanovic S. Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. *Comput Electron Agric* 2017;140:255-265.
3. Zamora-Izquierdo MA, Santa J, Martı́nez JA, Martínez M, Skarmeta AF. Smart farming IoT platform based on edge and

cloud computing. *Biosyst Eng* 2019;177:4-7.

4. Hobart M, Pflanz M, Weltzien C, Schirrmann M. Growth height determination of tree walls for precise monitoring in apple fruit production using UAV photogrammetry. *Remote Sens* 2020;12:1656:1-17. doi.org/10.3390/rs12101656.
5. Yang S, Zheng L, Gao W, Wang, Hao X, Mi J, Wang M. An efficient processing approach for colored point cloud-based high-throughput seedling phenotyping. *Remote Sens* 2020;12:1540:1-21. doi.org/10.3390/rs12101540.
6. Saiysing J. The development of smart farm solution machine in a community enterprise: A group of growers and the rainbow mango processing, Ban Nong Bua Chum, Tambon Nong Hin, Nong Kung Sri district, Kalasin province. *SNRUJST* 2021;13:11-9.
7. Ongate N. Prototype design of solar soil moisture controller to be used as an alternative energy for agriculture against the growth of vegetables in Khao Kho district, Phetchabun province. *SNRUJST* 2021;13:20-8.
8. อัดภาพ มณีเต็ม, นวรัตน์ ประทุมตา, วชิรย์ กิ่งทอง. การพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์แหล่งเพาะปลูกพืชและไม้ผล เพื่อการผลิตอาหารและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร จังหวัดเพชรบุรี. *JIT* 2563;2:1-18. doi.org/10.14456/jait.2020.1.