

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นทุนต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูก

Development of a Prototype of a Low-cost Smart Control Device for Plant Greenhouses

สัญญากร นิลรัตน์¹ ศรีณย์ ณรงค์กุล² สมศักดิ์ อรรถกิตติมากุล¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ Lanchakorn.ni@skru.ac.th

² สาขาวิชาเทคโนโลยีไอโอทีและสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นทุนต่ำในการออกแบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1.) การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์ต้นแบบ 2.) การออกแบบกล่องวงจรควบคุม ในการออกแบบทั้ง 2 ส่วน ออกแบบด้วยโปรแกรม EasyEDA Designer ในส่วนของการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อเซนเซอร์ทางพอร์ตอินพุตที่ออกแบบได้ และสามารถควบคุมการทำงานได้ตามเงื่อนไข อีกทั้งยังสามารถส่งข้อมูลไร้สายได้ทั้งแบบไวไฟ (WiFi) และลอรา (LoRa) เพื่อไปแสดงผลบนแพลตฟอร์ม HandySense ได้แบบเรียลไทม์ และผลจากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้างภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.38$) และผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน ภาพรวมมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.30$) ดังนั้นอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปใช้ควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นทุนต่ำ, โรงเรือนเพาะปลูก

Abstract

This paper aims to develop a prototype of a low-cost smart control device. The design is divided into two sections: 1. Design of hardware circuits 2. Design of the enclosure; in designing both parts, EasyEDA Designer was utilized. The developed prototype can control the operation based on the conditions and connect to the sensor via the input port that was designed. It can also transmit Wi-Fi and LoRa wireless data, which is displayed in real time on the HandySense platform. In addition, the results of a quality assessment conducted by five experts demonstrated that the structural quality assessment resulted in a high overall level of satisfaction ($\bar{X} = 4.38$) and that the usability quality evaluation score was high. The overall level of satisfaction ($\bar{X} = 4.30$) was high. Thus, the developed prototype can be utilized to effectively regulate the environment in the greenhouse.

Keywords: Low-cost Smart Control Device, Plant Greenhouses

1. บทนำ

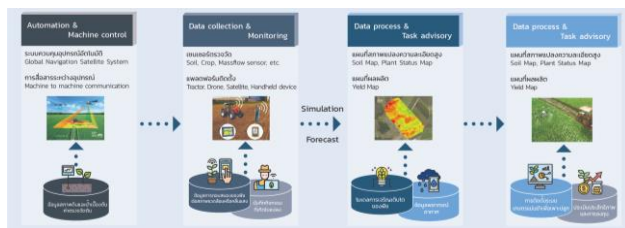
ภาคการเกษตรมีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจฐานรากของประเทศ แต่ที่ผ่านมามีขีดความสามารถในการแข่งขันของสินค้าเกษตรไทยกลับถดถอยลงอย่างต่อเนื่อง อาชีพเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นไปเพื่อการยังชีพขาดกระบวนการในเชิงธุรกิจ จากการศึกษาพบว่าประเทศพัฒนาแล้วสามารถจัดปัญหามูลค่าผลผลิตทางการเกษตรต่ำได้อย่างดีเยี่ยมนั้นด้วยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมเข้ามาประยุกต์ใช้ นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Thing (IoT) ทำให้สามารถแก้ไขปัญหามูลค่าผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ [1] ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับโรงเรือนอัจฉริยะกลายเป็นประเด็นที่ได้รับความนิยมแก่นักวิจัย [2-4] อีกทั้งปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรใช้เทคโนโลยีที่เรียกว่าโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Greenhouse) ให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เซนเซอร์ตรวจวัดโรคพืช การเจริญเติบโตของพืช ตรวจสอบธาตุอาหารในดิน คุณภาพน้ำ สภาพอากาศ เป็นต้น โรงเรือนปลูกพืชอัจฉริยะจึงถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการฟาร์มพืช ซึ่งสามารถออกแบบให้ควบคุมและป้องกันผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ (Climate change) ส่งผลให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค [5]

ข้างต้นคณะผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหา จึงได้ศึกษาและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกแบบต้นทุนต่ำเพื่อให้เกษตรกรและผู้สนใจ ได้นำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้งาน ในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูก ทั้งแบบ Indoor และ Outdoor ซึ่งการออกแบบได้คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน สามารถประกอบอุปกรณ์ได้ด้วยตนเอง อุปกรณ์ที่เลือกใช้หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ราคาต่ำ สามารถเชื่อมต่ออินพุตเซนเซอร์ทางการเกษตรได้หลากหลาย และสามารถใช้ควบคุมอุปกรณ์แอคทูเอเตอร์ (Actuator) ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงนวัตกรรมที่จับต้องได้ ใช้อำนวยความสะดวก ลดภาระแรงงานในการดูแลไม่สิ้นเปลืองทรัพยากร เพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรได้อีกด้วย

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 Precision Farming

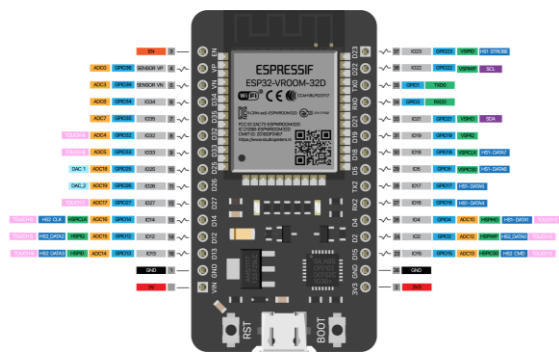
Precision Farming (ฟริซิชิน ฟาร์มมิง) หรือ เกษตรแม่นยำ คือ การนำเทคโนโลยีมาผสมผสานเพื่อการเกษตรยุคดิจิทัล ไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศและดิจิทัลเซนเซอร์ เทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งนาเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต อันนำไปสู่การแข่งขันได้ในระดับสากล เกษตรแม่นยำเป็นการทำเกษตรที่มีการให้น้ำ ปุ๋ย และยาฆ่าแมลงในปริมาณและเวลาที่ถูกต้องเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด เป็นหลักการบริหารจัดการเพาะปลูกเพื่อใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพในระดับแปลงหรือโรงเรือน การทำงานของเกษตรแม่นยำมีด้วยกัน 5 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1.) การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการและเทคโนโลยี 2.) การวินิจฉัยข้อมูลเก็บข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ฐานข้อมูล 3.) การวิเคราะห์ข้อมูลหรือการทำนายผลผลิตเชิงพื้นที่รวมถึงการวางแผนจัดการเพาะปลูก 4.) การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการเพาะปลูกที่วางไว้ 5.) การประเมินประสิทธิภาพ หรือความคุ้มค่าต่อการลงทุน [6] แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพรวมการทำงานของเกษตรแม่นยำ [7]

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 DEVKIT V1

ESP32 DEVKIT V1 เป็นบอร์ดพัฒนาที่สร้างขึ้นบนโมดูล ESP-WROOM-32 มาพร้อม WiFi มาตรฐาน IEEE 802.11 b/g/n และบลูทูธเวอร์ชัน 4.2 CPU ใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 จำนวน 2 คอร์ สัญญาณนาฬิกา 240MHz สามารถแยกการทำงานระหว่างโปรแกรมจัดการ WiFi และแอปพลิเคชันออกจากกันได้ ทำให้มีสเถียรภาพเพิ่มขึ้นมาก มีแรม 520KB มาในตัว นอกจากนี้ยังมี GPIO เพิ่มขึ้นและมีช่อง ADC เพิ่มขึ้นเป็น 12 ช่อง ใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3V ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA สามารถเขียนโปรแกรมและรองรับไลบรารีบน Arduino IDE [8] แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งการใช้งานของโมดูล ESP32 DEVKIT V1 [8]

2.3 HandySense Platform

HandySense Platform (แฮนด์เซ็นส์แพลตฟอร์ม) หมายถึงแพลตฟอร์มอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ที่ออกแบบสำหรับระบบเกษตรแม่นยำ หรือฟาร์มอัจฉริยะ โดยได้นำเทคโนโลยีเซนเซอร์ (sensor) ผสมผสานกับ IoT (Internet of Things) ภายใต้แนวคิด Smart Farming Open Innovation หรือ นวัตกรรมแบบเปิด ซึ่งจะเป็นนวัตกรรมที่เปิดเผยรายละเอียดการผลิต และอนุญาตให้สาธารณะนำไปผลิตและใช้งานโดยไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ (License Fee) และค่าตอบแทนการใช้สิทธิรายปี (Royalty Fee) ระบบ HandySense ทำงานร่วมกัน 2 ส่วน คือ 1.) อุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุม 2.) Web Application โดย HandySense จะตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชผลแบบเรียลไทม์ผ่านเซนเซอร์ (sensor) ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์แสง และส่งต่อข้อมูลจากเซนเซอร์ผ่านระบบคลาวด์แล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่เหมาะสมของการเพาะปลูกพืช (Crop Requirement) เพื่อแจ้งเตือนและสั่งการระบบต่าง ๆ ให้ทำงานต่อไป โดยแสดงระบบนิเวศของ HandySense Platform [9] ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบนิเวศของ HandySense Platform

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

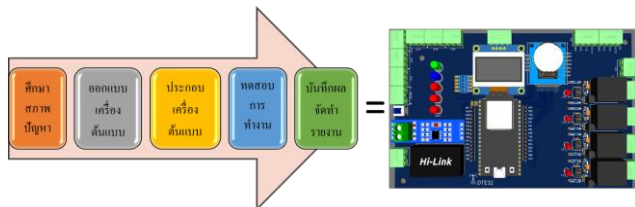
การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

R. K. Kodali and K. S. Mahesh. (2016) [10] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง "Low Cost Ambient Monitoring Using ESP8266," ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมและสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม ได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถลดจำนวนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกได้

P. -Y. Yen, Y. -Y. Fanjiang, C. -H. Hung and L. Jun-Bin (2021) [11] ได้เสนอบทความวิจัยเรื่อง "Design and Development An Low Cost Intelligent Irrigation System in Bamboo Farm," งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนา ระบบ IoT ต้นทุนต่ำ สำหรับฟาร์มไผ่ขนาดเล็ก. โดยใช้สถาปัตยกรรมเครือข่ายไร้สาย ประกอบด้วย WSEMU และ WWCU ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีพื้นที่ประมาณหนึ่งเฮกตาร์ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลดการสูญเสียของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

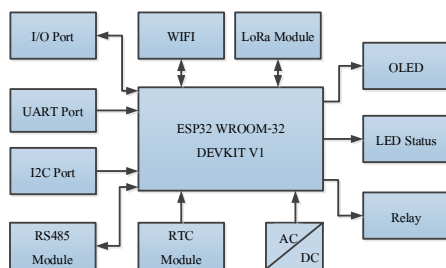
งานวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นทุนต่ำสำหรับโรงเรือนเพาะปลูก ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานอันจะประกอบไปด้วย 1.)การศึกษาสภาพปัญหา 2.)การออกแบบเครื่องต้นแบบ 3.)ประกอบเครื่องต้นแบบ 4.)ทดสอบการทำงาน และ 5.)บันทึกผลและจัดทำรายงาน ซึ่งแสดงขั้นตอนดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

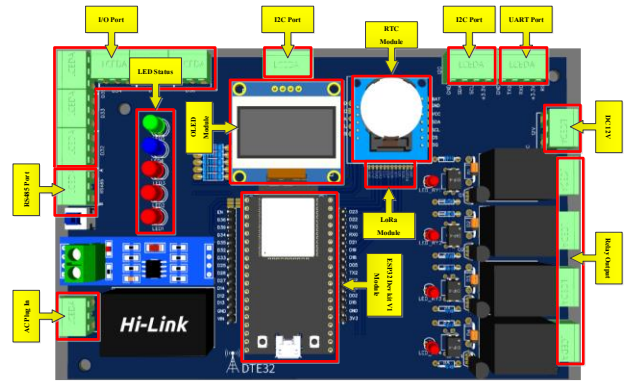
3.1 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์

ในส่วนนี้เป็นการออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์สำหรับอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะที่จะนำไปใช้ในโรงเรือนเพาะปลูกโดยผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม EasyEDA Designer ที่ทำงานแบบออนไลน์ ในการออกแบบลายวงจรพิมพ์ ตามบล็อกไดอะแกรมภาพรวมที่แสดงดังรูปที่ 5

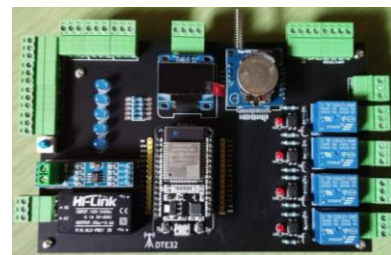


รูปที่ 5 บล็อกไดอะแกรมภาพรวมของการออกแบบฮาร์ดแวร์

ในการออกแบบในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ESP32 DEVKIT V1 ใช้ประมวลผลข้อมูล โดยมีพอร์ตรับข้อมูลภาคอินพุตที่ประกอบไปด้วย I/O Port ที่ใช้รับข้อมูลสัญญาณทั้งแอนะล็อกและดิจิทัลจำนวน 6 ช่องสัญญาณ พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณแบบ UART จำนวน 1 ช่องสัญญาณ พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณแบบ I2C จำนวน 2 ช่องสัญญาณ พอร์ตเชื่อมต่อสัญญาณแบบ RS 485 จำนวน 1 ช่องสัญญาณ ภายในบอร์ดควบคุมจะมีโมดูลนาฬิกาแบบเรียลไทม์ (RTC Module) เบอร์ DS1307 ใช้เก็บข้อมูลวันเวลาขณะออฟไลน์ ในส่วนภาคเอาต์พุตจะประกอบไปด้วย จอแสดงผล OLED ความละเอียด 128x64 เชื่อมต่อแบบ I2C ขนาด 0.96 นิ้ว มีหลอดแอลอีดีแสดงสถานะจำนวน 5 ตำแหน่ง และมีวงจรรีเลย์ แบบแยกอิสระ 4 ช่อง ทำงานแบบ Active Low แรงดัน 12 โวลต์ พร้อมไฟ LED แสดงผลการทำงาน ในส่วนภาคสื่อสารข้อมูลจะสามารถเชื่อมต่อข้อมูลได้ 2 ส่วน ได้แก่ 1.) การเชื่อมต่อข้อมูลผ่านระบบไวไฟ (WiFi) 2.) การเชื่อมต่อข้อมูลผ่านมอดูล LoRa โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้มอดูลเบอร์ SX1278 ที่สามารถรับและส่งข้อมูล (Transceiver) ความถี่ใช้งานที่ 433 MHz แบบ Peer to Peer เพื่อแก้ปัญหาการติดตั้งอุปกรณ์ในพื้นที่ปราศจากสัญญาณไวไฟ แสดงการออกแบบ และวงจรต้นแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น ดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 6 การออกแบบวงจรฮาร์ดแวร์



รูปที่ 7 วงจรต้นแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์เสร็จสิ้น

3.2 การออกแบบกล่องวงจรควบคุม

ส่วนนี้เป็นการออกแบบกล่องสำหรับวงจรควบคุม (Enclosure) ในการออกแบบผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม EasyEDA Designer Pro Edition ในส่วนของเมนูฟังก์ชัน 3D Model ในการออกแบบครั้งนี้ มีขั้นตอนประกอบไปด้วย 1.) ออกแบบกล่องต้นแบบ 2.) Export 3D File นามสกุล STL 3.) Import 3D File นามสกุล STL บนเครื่องพิมพ์สามมิติ รุ่น Da Vinci 1.0 Pro เพื่อพิมพ์กล่องวงจรควบคุมต้นแบบ แสดงขั้นตอนดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการออกแบบกล่องวงจรควบคุม

4. ผลการทดลอง

จากการออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นแบบสำหรับโรงเรือนเพาะปลูก ในส่วนนี้เป็นการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจะแบ่งการทดสอบดังประกอบไปด้วย 1.) ทดสอบการทำงานภาคอินพุตและเอาต์พุต 2.) ทดสอบการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านมอดูลลอว์รา 3.) ทดสอบส่งข้อมูลบนระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ และ 4.) ผลการประเมินคุณภาพผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงรายละเอียดตามลำดับ

4.1 ทดสอบการทำงานภาคอินพุตและเอาต์พุต

ส่วนนี้เป็นการทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์อินพุตผ่านทางพอร์ตที่ได้ออกแบบขึ้นและทดสอบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เอาต์พุตผ่านเฟิร์มแวร์ (Firmware) ของ HandySense ที่ผ่านการปรับแต่งตามวงจรฮาร์ดแวร์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น เซนเซอร์ที่นำมาทดสอบครั้งนี้ประกอบไปด้วยเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น รุ่น XY-MD02 เชื่อมต่อผ่านพอร์ตสื่อสาร RS485 เซนเซอร์วัดความเข้มแสง รุ่น BH1750FVI เชื่อมต่อผ่านพอร์ตสื่อสาร I2C เซนเซอร์วัดความชื้นในดินแบบสัมผัส รุ่น Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2 เชื่อมต่อผ่าน I/O พอร์ต และทดสอบพอร์ตสื่อสาร UART ด้วย หน้าจอทัสสกรีนรุ่น HMI Nextion 7.0 ค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์อินพุตดังกล่าวจะถูกส่งไปแสดงผลบนหน้าจอ OLED หลอดแอลอีดี และรีเลย์เอาต์พุต แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 9



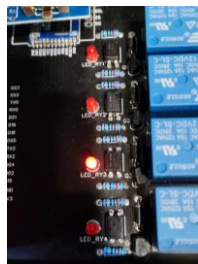
ก. เซนเซอร์ XY-MD02



ข. เซนเซอร์ BH1750FVI



ค. Soil Moisture Sensor



ง. รีเลย์เอาต์พุต



จ. จอแสดงผล OLED

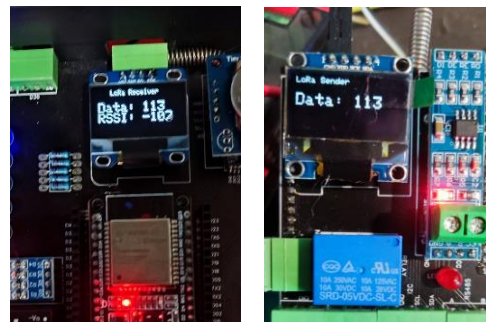


ฉ. จอทัสสกรีน HMI Nextion

รูปที่ 9 แสดงการทดสอบภาคอินพุตและเอาต์พุต

4.2 ทดสอบการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านมอดูลลอว์รา

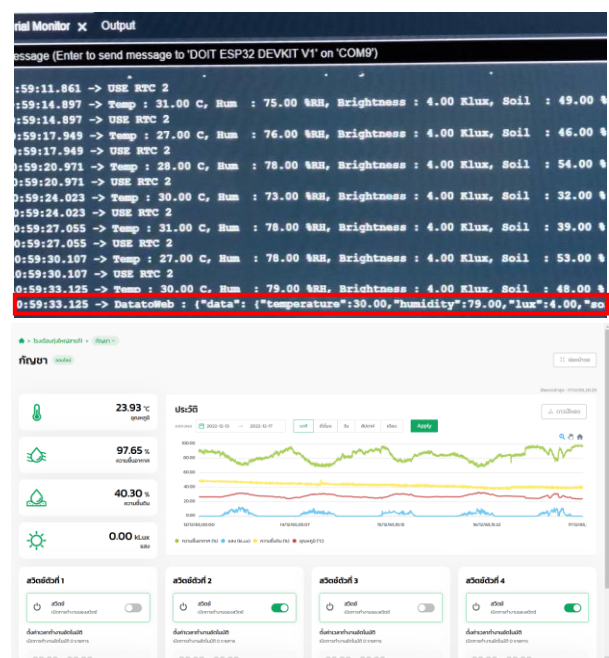
ลอว์ราเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อแก้ปัญหาคาดคิดตั้งอุปกรณ์ในพื้นที่ที่ปราศจากสัญญาณไวไฟ หรือเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือพื้นที่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ไม่เอื้ออำนวยในการเชื่อมต่อสายสัญญาณของเซนเซอร์ในระยะทางไกล ในการทดสอบในครั้งนี้เป็นการทดสอบการเชื่อมต่อการรับและส่งสัญญาณแบบ Peer to Peer ด้วยมอดูลลอว์รา เบอร์ SX1278 ที่ความถี่ใช้งาน 433 MHz ในการทดสอบผู้วิจัยได้ทดสอบส่งสัญญาณจาก Wireless Sensor Nodes ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปยังอุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเป็นส่วนรับสัญญาณ ดังแสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงการทดสอบการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านมอดูลลอว์รา

4.3 ทดสอบส่งข้อมูลบนระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

ส่วนนี้เป็นการทดสอบการเชื่อมต่อสัญญาณไวไฟเพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ การทดสอบครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือก IoT Platform HandySense ของ สวทช ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่อนุญาตให้นำไปใช้งานโดยไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ จากการทดสอบผลปรากฏว่า อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อสัญญาณจากอินพุตเซนเซอร์และสามารถควบคุมอุปกรณ์เอาต์พุตบนอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นได้แบบเรียลไทม์ แสดงผลการทดสอบดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการทดสอบการส่งข้อมูลบนระบบคลาวด์เซิร์ฟเวอร์

4.4 ผลการประเมินคุณภาพผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของอุปกรณ์ต้นแบบในครั้งนี้จะใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นที่มีการประเมินค่าแบบ 5 ระดับ ผลของการประเมินแสดงดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
ด้านการเลือกวัสดุอุปกรณ์	4.58	0.37	มากที่สุด
ด้านความแข็งแรงของอุปกรณ์	4.40	0.5	มาก
ขนาดของอุปกรณ์ต้นแบบ	4.20	0.45	มาก
ด้านการออกแบบต้นแบบ	4.40	0.55	มาก
ด้านการเชื่อมต่ออุปกรณ์	4.30	0.66	มาก
ภาพรวมด้านโครงสร้าง	4.40	0.55	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.38	0.51	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง ความพึงพอใจในการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบ โดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($X=4.38$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายการประเมินพบว่า รายการประเมินด้านการเลือกวัสดุอุปกรณ์มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด($X=4.58$) และด้านขนาดของอุปกรณ์ต้นแบบมีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ($X=4.20$)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความคิดเห็น
ด้านความสะดวกในการใช้งาน	4.35	0.49	มาก
ด้านความสะดวกในการเชื่อมต่อข้อมูล	4.15	0.67	มาก
ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน	4.20	0.45	มาก
ด้านการบำรุงรักษาด้วยตนเอง	4.40	0.55	มาก
ด้านการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านมือถือล่อว่า	4.30	0.66	มาก
ด้านการเชื่อมต่อบนคลาวด์เซิร์ฟเวอร์	4.30	0.66	มาก
ภาพรวมด้านการใช้งาน	4.35	0.49	มาก
ค่าเฉลี่ยรวม	4.30	0.57	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน ความพึงพอใจในการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบ โดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($X=4.30$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายการประเมินพบว่าทุกรายการประเมินอยู่ในระดับมาก โดยความพึงพอใจในด้านการบำรุงรักษาด้วยตนเองมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด($X=4.40$) และด้านความสะดวกในการเชื่อมต่อข้อมูลมีค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ($X=4.15$)

5. สรุป

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาคู่มืออุปกรณ์ควบคุมอัจฉริยะต้นแบบสำหรับให้เกษตรกรและผู้สนใจ ได้นำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นนำไปใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูก ทั้งแบบ Indoor และ Outdoor โดยการออกแบบได้นำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน สามารถดูแลระบบได้ด้วยตนเอง อุปกรณ์ที่เลือกใช้นี้ทำได้ตามท้องตลาด ราคาต่ำ ทำให้

เกษตรกรสามารถเข้าถึงนวัตกรรมที่จับต้องได้ ในการออกแบบครั้งนี้ผู้วิจัยออกแบบด้วยโปรแกรม EasyEDA Designer หลังจากประกอบอุปกรณ์ต้นแบบเสร็จสิ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานผลปรากฏว่าเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมการทำงานได้ตามเงื่อนไข สามารถส่งข้อมูลเพื่อไปแสดงผลบนแพลตฟอร์ม HandySense ได้แบบเรียลไทม์ และผลจากการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านโครงสร้าง มีระดับพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.38$) และผลการประเมินคุณภาพด้านการใช้งาน มีระดับพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}=4.30$) ดังนั้นอุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจึงสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- [1] บุญทวี ดวงนิราษ. (2563). [วารสารออนไลน์]. “เกษตรกรรม ทางเลือก ทางรอด” [สืบค้นวันที่ 19 มกราคม 2565]. จาก <https://www.depa.or.th/article>
- [2] Zhang Baowen, Wang Chunguang, Zong Zheyang, Zhao Xiaodong, “Design and Development of Remote Monitoring APP in Solar Greenhouse,”J. Journal of Agricultural Mechanization Research.
- [3] Zhao Wenbing, Mao Hanping, Ma Wanzheng, “Design of remote monitoring system based on IOT for intelligent greenhouse environment control,”J. Journal of Chinese Agricultural
- [4] KONG Xiao-hong, QIN Guo-qing, Zhang Qiang, “Design on the Remote Monitoring System for Greenhouse,”J. Hubei Agricultural Sciences. China, vol. 54, pp. 4294-4296, August 2015. in press.
- [5] อัครพล เสนาณรงค์. [วารสารออนไลน์]. “โรงเรือนอัจฉริยะ” [สืบค้นวันที่ 19 มกราคม 2565]. จาก <https://www.technologychaoban.com/>
- [6] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. [วารสารออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2565]. จาก <https://www.nectec.or.th/news/news-article/precision-farming.html>
- [7] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ, [วารสารออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2565]. จาก <http://www.sti.or.th/sti/knowledge.php>
- [8] <https://www.robotisiam.com/product/119/doi-esp32-devkit-v1-development-board-WiFi-bluetooth>
- [9] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. [วารสารออนไลน์]. [สืบค้นวันที่ 16 ธันวาคม 2565]. จาก <https://www.nectec.or.th/news/news-article/handysense>
- [10] R. K. Kodali and K. S. Mahesh, "Lowcost ambient monitoring using ESP8266," 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2016, pp. 779-782, doi: 10.1109/IC3I.2016.7918788.
- [11] P. -Y. Yen, Y. -Y. Fanjiang, C. -H. Hung and L. Jun-Bin, "Design and Development An Low Cost Intelligent Irrigation System in Bamboo Farm," 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), 2021, pp. 633-634, doi: 10.1109/GCCE53005.2021.9621885.