การพัฒนาแบบจำลองระบบควบคุมการปลูกพืชในโรงเรือนด้วย IoT บนแพล็ตฟอร์ม NETPIE

Development of Building Planting Control System Model with IoT-based Using NETPIE Platform

ชัยวุฒิ วุทธิสิทธิ์
Chaiwut Wuttisit
สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Computer Technology Program, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University
Corresponding author. E-mail: chaiwut.w@ubru.ac.th

Received: 20 August 2023
Revised: 7 November 2023
Accepted: 24 November 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสร้างระบบควบคุมการทำงานด้วยเทคโนโลยี IoT บนแพล็ตฟอร์มของ NETPIE สำหรับการปลูกพืชในโรงเรือนจำลอง และเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการตอบสนองการทำงานพร้อมระบบแจ้งเตือนบนแอปพลิเคชันไลน์ ในการออกแบบระบบดังกล่าวจะจำลองระบบการปลูกพืชสามชนิด และแบ่งระบบควบคุมการทำงานออกเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนแรกของการแสดงผลระดับความชื้น ระดับแสง การแจ้งเตือนโดยใช้ Indicator บนหน้าปัดของแพล็ตฟอร์ม ส่วนที่สองจะเป็นระบบควบคุมการทำงานบนหน้าปัดของแพล็ตฟอร์มผ่านการ Publish ไปยังระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนที่สาม คือ การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ จากผลการทดสอบพบว่า ประสิทธิภาพการทำงานของความเร็วในการตอบสนองของระบบการส่งข้อมูลไปแสดงผลบนแพล็ตฟอร์ม NETPIE ของการอ่านค่าจากเซนเซอร์เทียบกับตัวระบบฮาร์ดแวร์มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 23.33% ค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาในการควบคุมระบบผ่านการ Publish อยู่ที่ 26.00% และระบบสามารถแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ได้ตรงตามเงื่อนไขการทำงาน ดังนั้น ระบบนี้จึงสามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยปรับเปลี่ยนสำหรับกับการปลูกพืชที่สามารถยืดหยุ่นและเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง ระบบควบคุมการปลูก แบบจำลอง แพล็ตฟอร์มเน็ตพาย

Abstract

This research aims to study the process of creating a control system with IoT technology on the NETPIE platform for growing plants in a model building and evaluation of the performance of the functional response system with a notification system on the LINE

application In the design of such a system, three types of cropping systems are simulated. And the control system is divided into 3 parts. In the first part, the display humidity levels, light levels, and alerts using Indicators on the dashboard of the platform. The second part is the control system on the face of the platform via Publish to the microcontroller system. And the third part is notifications via the LINE application. From the test results, it was found that The performance of the response speed of the data transmission system on the NETPIE platform of the sensor readings relative to the hardware system has an error of 23.33%, the error of the control time. The system through Publish is at 26.00% and the system can notify the LINE application that the conditions are met. Therefore, the system can be put into practice by adapting to flexible cropping. and optimize the cultivation of crops appropriately.

Keywords: Internet of Things, Planting Control System, Model, NETPIE Platform.

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้เริ่มมีการนำเทคโนโลยีอัจฉริยะเข้ามาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ อย่างมากมายรวมถึงการนำมาใช้ในด้านการเกษตร การเพาะปลูกขนาดเล็ก และในระบบโรงเรือนมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล Thailand 4.0 โดยเน้นเศรฐกิจให้มีการขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม Value-based Economy มาทำให้เกิดนวัตกรรมใหม่ ๆ [1] เกษตรกรไทยในยุค Thailand 4.0 คือ จุดเริ่มต้นที่มาของระบบเกษตรกรอัจฉริยะ (Smart Farmer) คือ แนวคิดในการอนุรักษ์ ไม่ทำลายธรรมชาติ ใช้ทรัพยากรเท่าที่จำเป็น โดยในกรณีที่มีพื้นที่เล็ก ๆ เช่น เป็นโรงเรือนหลากหลายขนาด ตั้งขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ แต่ยังสามารถออกแบบให้ปลูกแบบผสมผสานและเกื้อกูลกันได้ ต้องใช้เทคโนโลยีเป็น และสำหรับเกษตรกร แต่ละวัยยังสามารถใช้ระบบเกษตรอัจฉริยะได้ ซึ่งทำให้เกิดเป็น Smart Farmer โดยเฉพาะเริ่มเข้าสู่วัยผู้สูงอายุ ยังสามารถส่งเสริมและช่วยให้เกิดความสะดวกสบาย เพราะคนที่เป็น Smart Farmer [2] ต้องสามารถเรียนรู้การเปลี่ยนถ่ายเข้าใจถึงกลไกของระบบอัตโนมัติของเทคโนโลยีที่ทำเป็นเกษตรอัจฉริยะได้ รวมถึงความเข้าใจกระบวนการของระบบการปลูก การบริหารจัดการเข้าใจธรรมชาติ และเทคโนโลยีให้สอดประสานกันได้ อีกทั้งยังส่งเสริมสุขภาวะให้มีความสมบูรณ์ทั้งด้านร่างกายและจิตใจซึ่งการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ให้สอดคล้องกับกรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2559) [3] พ.ศ. 2554-2563 ของประเทศไทย (ICT2020) (กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2554) [4] ซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งหรือ Internet of Things (IoT) [5] ให้เข้ากับเกษตรกรโดยสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่ 6 พัฒนาและประยุกต์ ICT เพื่อลดความเลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจและสังคม โดยสร้างความเสมอภาคของโอกาสในการเข้าถึงทรัพยากรและบริหารสาธารณะสำหรับประชาชนทุกกลุ่มโดยเฉพาะบริการพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างมีสุขภาวะที่ดี

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการควบคุมระบบการปลูกพืชในโรงเรือน โดยตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้น ให้เหมาะสมและส่งข้อมูลแบบเวลาจริง การแจ้งเตือน ในโรงเรือนขนาดเล็กในรูปแบบการจำลอง โดยการส่งข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นระดับแสงผ่านผู้ให้บริการคลาวน์ โดยใช้แพล็ตฟอร์มของ NETPIE [6] และสามารถควบคุมการรดน้ำ เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ สำหรับเกษตรกร ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้งานกับครัวเรือนสอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0 [7] รวมถึงการส่งเสริมความสะดวกสบายและยกระดับการใช้งานให้กับเกษตรกรและผู้สูงอายุในชุมชนขนาดเล็กได้อีกด้วย นอกจากนั้นเป้าหมายของบทความวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นในการประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุมและการแจ้งเตือนของแพล็ตฟอร์ม IoT ที่ใช้งาน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษากระบวนการของระบบควบคุมการปลูกพืชทั้งในส่วนของการรดน้ำและการแจ้งเตือน

2.2 เพื่อออกแบบระบบควบคุมการปลูกเพื่อส่งเสริมและยกระดับการใช้งานของเกษตรกร ให้เกิดความสะดวกสบายโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.3 เพื่อประเมินประสิทธิภาพระบบการปลูกอัตโนมัติในโรงเรือนจำลอง เพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายและสร้างความปลอดภัยให้กับเกษตรกร

3. ขอบเขตของการวิจัย

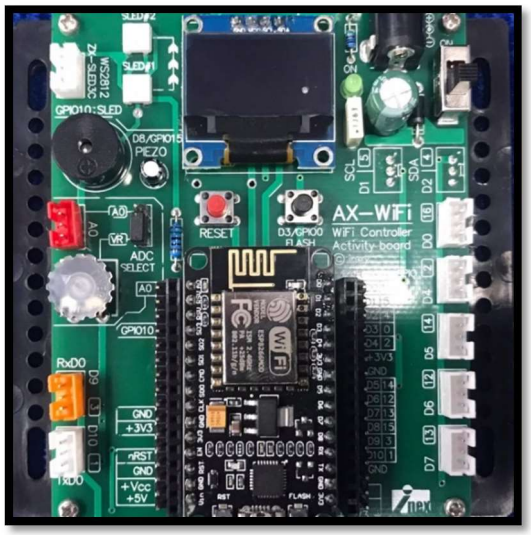
ขอบเขตของการวิจัยได้จำลองระบบควบคุมการปลูกพืช โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกจะเป็นส่วนของการแสดงผลข้อมูลไปยังแพล็ตฟอร์มของ IoT โดยพิจารณาถึงความเร็วในการส่งข้อมูลเมื่อความชื้นในดิน อุณหภูมิและความชื้นในอากาศมีการเปลี่ยนแปลง และการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์กรณีที่ต้องการแจ้งเตือนค่าเงื่อนไขอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ส่วนที่สองจะเป็นการควบคุมการทำงานผ่านการใช้ Publish ข้อมูล จากหน้า Dashboard ควบคุมการทำงานของ NodeMCU เมื่อมีการ Subscribe ข้อมูล โดยจำลองการแสดงผลบน Dashboard และควบคุมผ่าน NETPIE

4. ทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองระบบควบคุมการปลูกด้วย IoT บนแพล็ตฟอร์ม NETPIE พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ ตั้งแต่การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การศึกษากระบวนการทำงานของคลาวด์แพล็ตฟอร์มที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้เลือก NETPIE IoT คลาวด์แพล็ตฟอร์ม ในการใช้งานคลาวด์แพล็ตฟอร์ม NETPIE จะมีการศึกษาและออกแบบการทำงานเป็น 2 ลักษณะ คือ การทำงานในส่วนของการ Publish จากการควบคุมด้วย Widget สร้างไว้บนแผงหน้าปัดของแพล็ตฟอร์ม NETPIE เพื่อส่งข้อมูลไปยังตัวกลาง (Broker) จากนั้นจะส่งข้อมูลไปที่ไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีเพื่อทำการ Subscribe ด้วย NodeMCU [8] และไปควบคุมการทำงานของตัวกระตุ้นซึ่งก็คือ ตัวปั๊มน้ำ ในส่วนของการทำงานอีกลักษณะหนึ่ง คือ การ Publish ด้วยฟังก์ชันใน Loop การทำงานของโปรแกรมที่

ออกแบบไว้ใน Arduino IDE เพื่อส่งข้อมูลไปยังคลาวด์ Server NETPIE และจะทำการโหลดข้อมูลมาแสดงบนแผงหน้าปัดที่มีการ Subscribe มาแล้ว การเลือกใช้โมดูลตรวจวัดสภาพแวดล้อมของระบบการปลูกอัจฉริยะในโรงเรือนโดยในงานวิจัยดังกล่าวได้เลือก โมดูลตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ DHT22 [9] โมดูลตรวจวัดความชื้นในดิน (Soil Sensor) [10] โมดูลตรวจวัดอุณหภูมิภายในดินรุ่น SHT10 [11] และโมดูลตัวกระตุ้น จะใช้ปั๊มน้ำแบบกระแสตรงขนาดแรงดัน 5 โวลต์ ซึ่งเป็นปั๊มขนาดเล็กกระแสต่ำสามารถควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากงานวิจัยที่มีการเก็บข้อมูลด้านความชื้นในโรงเรือนเมล่อน [12] ที่ใช้เป็นระบบแสดงผลและบันทึกข้อมูลและมีงานที่ได้พัฒนาร่วมกับ NETPIE [13] สำหรับการพัฒนาให้เป็นระบบ IoT

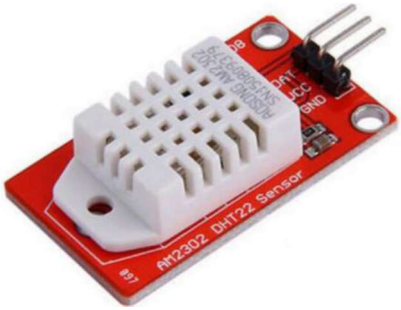
โดยลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยทั้งในส่วนของอุปกรณ์ประมวลผลและควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชนิดมีไวไฟในตัวด้วย NodeMCU ESP8266 มีลักษณะดังภาพที่ 1 (ก) ตัวตรวจจับหรือเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วยเซนเซอร์ SHT10, DHT22 และ Soil Sensor มีลักษณะดังภาพที่ 1 (ข) ในส่วนของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการพัฒนาจะใช้ Arduino IDE จะมีลักษณะดังภาพที่ 1 (ค) และส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ ผู้ให้บริการด้าน IoT ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แพล็ตฟอร์ม NETPIE จะมีลักษณะดังภาพที่ 1 (ง)



ESP8266

(ก) บอร์ดควบคุม NodeMCU ESP8266 [8]

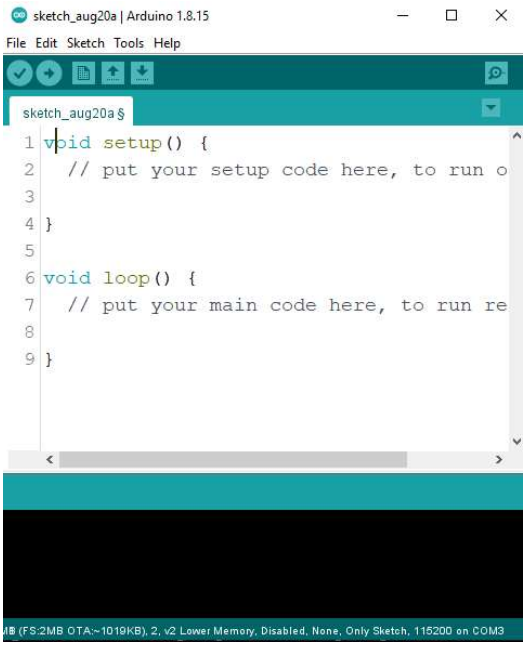
SHT10



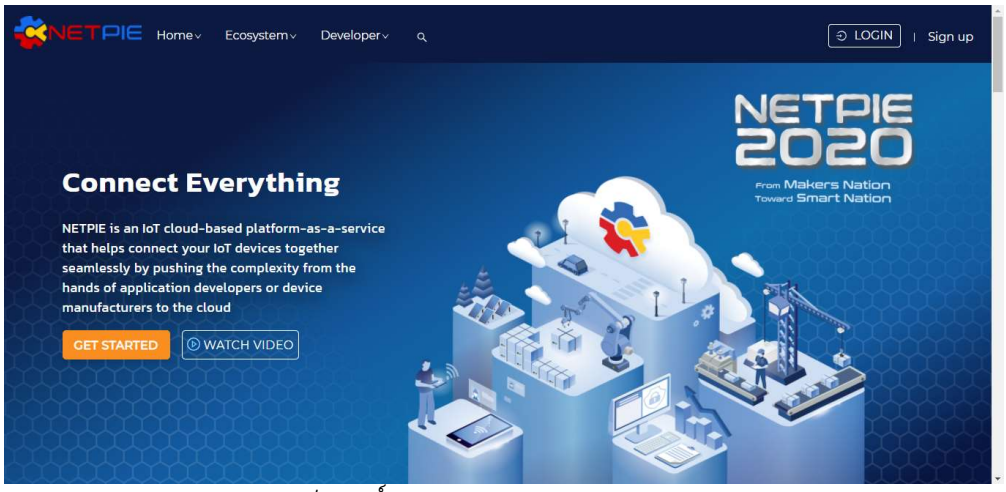
DHT22

Soil Sensor

(ข) ตัวตรวจจับ



(ค) โปรแกรม Arduino IDE



(ง) แพล็ตฟอร์ม NETPIE สำหรับพัฒนาระบบ IoT

ภาพที่ 1 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการพัฒนางานวิจัย

5. ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองระบบควบคุมการปลูกด้วย IoT บนแพล็ตฟอร์ม NETPIE สำหรับเกษตรผู้สูงอายุในชุมชน มีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการของระบบการปลูกพืชในโรงเรือนจำลอง

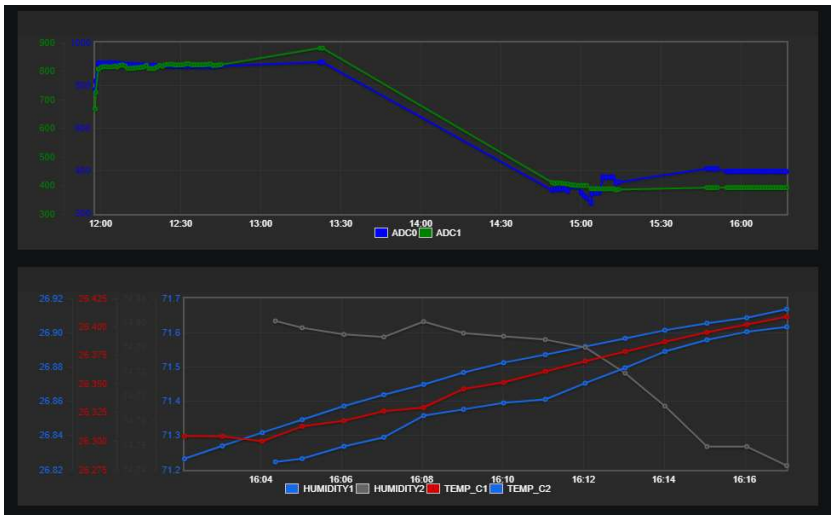
2. ศึกษาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิในดิน และความชื้นในดิน

3. ออกแบบและพัฒนาแบบจำลองระบบการปลูกพืชโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

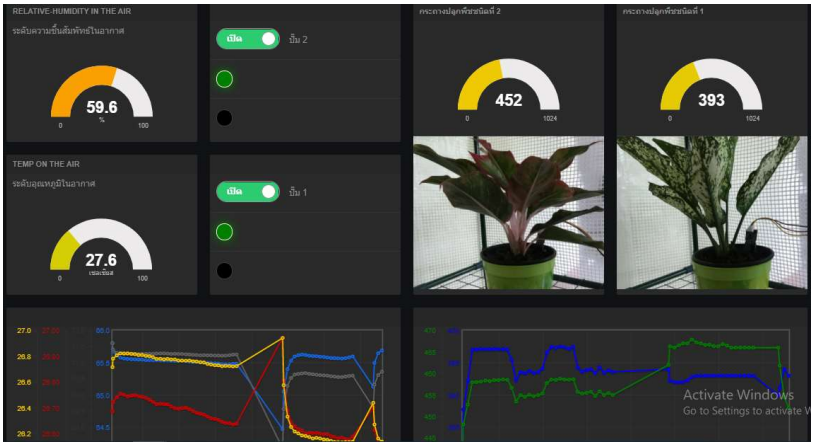
4. ทดสอบอุปกรณ์ของระบบที่พัฒนาขึ้น

5. วิเคราะห์และสรุปผล

ผลการออกแบบระบบควบคุม การปลูกด้วย IoT บนแพล็ตฟอร์ม NETPIE มีลักษณะดังภาพที่ 2



(ก) ลักษณะการแสดงผลความชื้นในดิน อุณหภูมิและความชื้นในอากาศและอุณหภูมิและความชื้นในดิน



(ข) ลักษณะหน้าปัดการแสดงผลการทำงานทั้งหมดของระบบ

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบจำลองหน้าปัดการแสดงผลส่วนควบคุมระบบการปลูกอัตโนมัติ

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยในการพัฒนาแบบจำลองระบบควบคุมการปลูกด้วย IoT บนแพล็ตฟอร์ม NETPIE สำหรับเกษตรผู้สูงอายุในชุมชน โดยได้มีการทดสอบการทำงานระบบ 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 ทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของเวลาในการควบคุมระบบผ่านการ Publish

รูปแบบที่ 2 การทดสอบค่าความเคลื่อนของข้อมูลจากการอ่านค่าของเซนเซอร์ที่ส่งไปแสดงผลบนแพล็ตฟอร์ม NETPIE เทียบกับตัวระบบฮาร์ดแวร์

รูปแบบที่ 3 การทดสอบการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

ในการทดสอบการทำงานของระบบทั้ง 3 รูปแบบ จะมีลักษณะดังตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และภาพที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานในส่วน Publish สวิตช์ควบคุมการทำงานปั๊มน้ำผ่านหน้า Dashboard

จำนวนครั้งในการทดสอบ	เวลาข้อมูลที่อ่านได้จาก MCU (วินาที)				เวลาที่แสดงบน Dashboard (วินาที)			
	ปั๊มตัวที่ 1		ปั๊มตัวที่ 2		ปั๊มตัวที่ 1		ปั๊มตัวที่ 2	
	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด	เปิด	ปิด
ครั้งที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.56	1.18	1.58	1.09
ครั้งที่ 2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.24	1.21	1.33	1.19
ครั้งที่ 3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21	1.22	1.31	1.21
ครั้งที่ 4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.16	1.20	1.20	1.16
ครั้งที่ 5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.38	1.32	1.27	1.17
ค่าเฉลี่ย	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.00**	**1.31**	**1.23**	**1.33**	**1.16**
ผลรวมเฉลี่ย					**1.27**		**1.25**	
(%) คลาดเคลื่อน					**27.0%**		**25.0%**	
					26.0%			

จากตารางที่ 1 เป็นการทดลองการทำงานของสวิตช์ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำขนาดเล็กเพื่อจำลองการทำงานโดยการควบคุมผ่านหน้า Dashboard ของแพล็ตฟอร์ม NETPIE โดยเทียบกับเวลาที่ใช้ในการหน่วงการทำงานควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ที่ 1 วินาที โดยผลการทดสอบที่ได้พบว่าสามารถควบคุมการทำงานได้และมีช่วงเวลาของการหน่วงเล็กน้อยทั้งในช่วงของการควบคุม “การเปิด” และ “การปิด” ของปั๊มที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนการทำงานอยู่ที่ 27.0% และปั๊มที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 25.0%

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานของความเร็วในการตอบสนองของระบบการส่งข้อมูลไปแสดงผลบนแพล็ตฟอร์ม NETPIE เทียบกับตัวระบบฮาร์ดแวร์

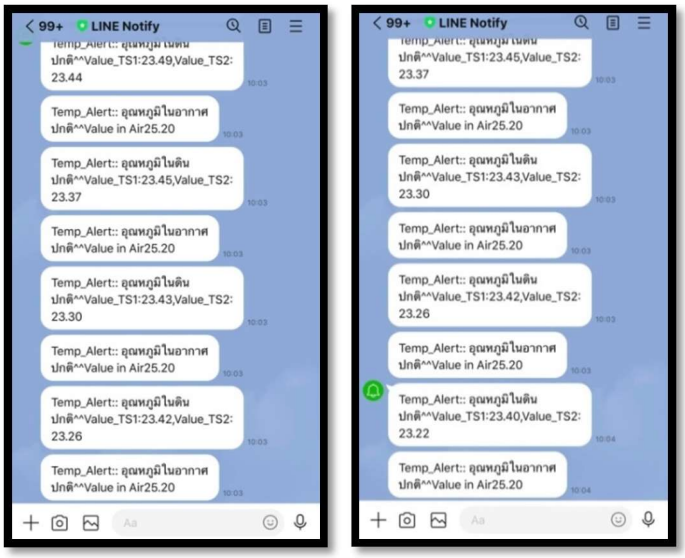
จำนวนครั้งในการทดสอบ	ข้อมูลหลักที่อ่านจาก NodeMCU					ข้อมูลที่แสดงบน Dashboard				
	DHT22		Soil	SHT10		DHT22		Soil	SHT10	
	T_Ex	H_Ex		T_S	H_S	T_Ex	H_Ex		T_S	H_S
ครั้งที่ 1	29.1	56.3	810	24.62	78.53	29.1	56.3	810	24.62	78.53
ครั้งที่ 2	29.4	56.1	806	24.94	78.33	29.4	56.2	809	24.94	78.33
ครั้งที่ 3	28.9	57.2	672	24.89	78.25	28.9	57.2	672	24.92	78.25
ครั้งที่ 4	29.9	56.1	521	24.96	78.25	29.9	56.1	521	24.96	78.25
ครั้งที่ 5	29.8	56.1	446	25.32	78.21	29.9	56.1	444	25.32	78.21
ครั้งที่ 6	29.9	55.7	442	25.66	77.98	29.9	55.7	442	25.66	77.98
ครั้งที่ 7	30.2	55.3	440	25.72	77.86	30.2	55.3	440	25.72	77.87
ครั้งที่ 8	30.5	55.2	387	25.81	77.53	30.4	55.2	387	25.81	77.53

ตารางที่ 2 (ต่อ)

จำนวนครั้งในการทดสอบ	ข้อมูลหลักที่อ่านจาก NodeMCU					ข้อมูลที่แสดงบน Dashboard				
	DHT22		Soil	SHT10		DHT22		Soil	SHT10	
	T_Ex	H_Ex		T_S	H_S	T_Ex	H_Ex		T_S	H_S
ครั้งที่ 9	30.9	54.6	386	25.98	77.48	30.9	54.5	387	25.97	77.48
ครั้งที่ 10	31.3	54.3	375	26.02	76.92	31.2	54.3	377	26.02	76.92
(%) คลาดเคลื่อน						30%	20%	30%	20%	10%
						25%		30%	15%	
						23.33%				

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาจากผลความคลาดเคลื่อนของการอ่านค่าจากเซนเซอร์เมื่อใช้ข้อมูลที่อ่านได้จากฮาร์ดแวร์โดยตรงผ่าน Serial Monitor ของโปรแกรม Arduino IDE เป็นเกณฑ์ที่อ่านค่าออกมาได้จริง ดังนั้น ข้อมูลที่ไปแสดงผลบนหน้า Dashboard ของแพล็ตฟอร์ม NETPIE จะต้องเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดหรือมีการ Active ค่า ได้ตามตัวระบบฮาร์ดแวร์ได้เร็ว โดยผลการทดลองที่ได้เมื่อพิจารณาตามความคลาดเคลื่อนของตัวเซนเซอร์ทั้ง 3 ชนิด จะได้ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนรวมของการอ่านค่า คือ เซนเซอร์ DHT22 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวม ทั้งในส่วนของค่าความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ มีความคลาดเคลื่อนจากระบบฮาร์ดแวร์อยู่ที่ 25% เซนเซอร์ SHT10 มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยรวมทั้งในส่วนของค่าความชื้นและอุณหภูมิในดินอยู่ที่ 15% และค่าความของเซนเซอร์วัดความชื้นในดินอยู่ที่ 30% เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยรวมความคลาดเคลื่อนทั้งหมดอยู่ที่ 23.33%

ในส่วนของการแสดงผลการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ระบบช่วยการปลูกสามารถแจ้งเตือนได้ตรงตามเงื่อนไข โดยจะมีการแสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นในดิน อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ พร้อมทั้งบอกระดับความชื้นว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เช่น การแจ้งเตือนว่าอยู่ในระดับที่ปกติ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแจ้งเตือนผ่านไลน์กรณีที่อุณหภูมิในดินและในอากาศปกติ

จากผลของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการทดสอบระบบอัตโนมัติของการใช้งานบนแพล็ตฟอร์มของ NETPIE ร่วมกับการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สำหรับความเร็วในการแจ้งเตือนและการควบคุมการทำงานโดยมุ่งเน้นให้ผลการของการทดสอบนั้นมีค่าความคาดเคลื่อนของเวลาน้อยที่สุดเพื่อให้แบบจำลองการปลูกพืชในโรงเรือนสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

7. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป ทางผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้เครื่องมือทั้งในส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในเรื่องของความเร็วการตอบสนองต่อผู้ใช้งาน การกำหนดและติดตั้งเครื่องมือหรือวิธีการแก้ไขเมื่อระบบการปลูกมีการทำงานไม่ตรงตามที่กำหนดไว้หรือควบคุมได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อจะช่วยให้การทำงานของระบบการปลูกเป็นมาตรฐานและยังส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตได้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ให้งบประมาณสนับสนุนการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้ ความเข้าใจในศาสตร์ด้านต่าง ๆ ในการจัดทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Modern Manufacturing. “ก้าวเข้าสู่ไทยแลนด์ 4.0 กับการเปลี่ยนแปลงครั้งยิ่งใหญ่ไปกับนวัตกรรม.” [ออนไลน์] 2560. [สืบค้นเมื่อวันที่ 12 มกราคม 2564]. จาก https://mmthailand.com/โมเดล-ประเทศไทย4-0/.

[2] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้าสินค้าเกษตร, เจาะลึก “Smart Farmer แค่แนวคิดใหม่ หรือจะพลิกโฉมการเกษตรไทย.” [ออนไลน์] 2563. [สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2563] จาก http://www.tpso.moc.go.th/sites/de fault/files/1074-img.pdf

[3] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. “แผนพัฒนาดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.” กรุงเทพมหานคร, 2559.

[4] กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. “กรอบนโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พ.ศ. 2554-2563 ของประเทศไทย”, กรุงเทพมหานคร, 2554.

[5] Depa. “เทคโนโลยีที่สำคัญในยุคดิจิทัล:อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.” [ออนไลน์] 2564. [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มกราคา 2564]. https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-internet-things-iots

[6] NECTEC. “netpie.” [ออนไลน์] 2560. [สืบค้นเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2560]. จาก https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/netpie.html

[7] สุวิทย์ เมษินทรีย์. “ประเทศไทย 4.0 Thailand 4.0 คือ” [ออนไลน์] 2559. [สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2560] จาก https://www.admissionpremium.com/content/1377

[8] บริษัท อินโนเวตีฟเอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. “AX-WiFi บอร์ดอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสำหรับทดลองและใช้งานพร้อม NodeMCU-12E.” [ออนไลน์] 2560. [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2564] จาก https://inex.co.th/home/product/ax-wifi/

[9] Arduitronics. “AM2302 DHT22 Temperature and Humidity Sensor Module.” [ออนไลน์] 2562. [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2564] จาก https://www.arduitronics.com/product/1785/

[10] Myarduino. “เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน Capacitive Soil Moisture Sensor.” [ออนไลน์] 2561. [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2564] จาก https://www.myarduino.net/product/1561/

[11] Myarduino. “SHT10 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นกันน้ำ ในดินและอากาศ PE Waterproof Particle Sintered Temperature Humidity Sensor Module.” [ออนไลน์] 2563. [สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2564] จาก https://www.myarduino.net/product/3619/sht10

[12] เอกรัฐ ชอุ่มเอียด และเดือนแรม แพ่งเกี่ยว. “การควบคุมความชื้นในดินสำหรับโรงเรือนเมล่อน.” วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. ปีที่ 11, ฉบับที่ 2, 2562, หน้า 269-278.

[13] วีรศักด์ ฟองเงิน สุรพงษ์ เพ็ชร์หาญและรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า.” วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม. ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, 2561, หน้า 172-182.