ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR ORGANIC GREENHOUSE

ธนยศ อริสริยวงศ์* *โปษิน จันทนมัฏฐะ ธนากร วงศ์อมเรศ ชัชวาล การะวัล*

Tanayos Arisariyawong*, Posin Chantanamatta, Tanakorn Wongamrest, Chatchawan Karawan*

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University.

**Corresponding author, e-mail: Tanayos.Swu@gmail.com*

Received: *11 September 2019;* ***Revised:*** *12 November 2019;* ***Accepted:*** *29 November 2019*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการปลูกพืชแบบเกษตรอินทรีย์ในโรงเรือนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถป้องกันโรคระบาดหรือศัตรูพืช และยังสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชชนิดนั้น ๆ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพที่ดีและได้ปริมาณเพิ่มขึ้น การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนส่วนใหญ่จะใช้มนุษย์เป็นผู้ตัดสินใจทำให้เกิดความล้าช้าและความผิดพลาดเป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ เพื่อควบคุมและตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนให้เหมาะสมตลอดเวลาได้จากระยะไกล โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับการสื่อสารแบบไร้สาย (WiFi) ระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นแบ่งการควบคุมออกเป็น การควบคุมแบบตั้งเวลา และการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมแบบตั้งเวลาสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่กำหนด ส่วนการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขสามารถควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยมีค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย เท่ากับ 1.13 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: โรงเรือนเกษตรอินทรีย์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระบบควบคุมอัตโนมัติ

Abstract

Nowadays, organic farming in greenhouses is widely popular because it can prevent disease or pests, and can also be adjusted to suit the environmental requirement so that the production quality and quantity are obtained. Environmental control in the greenhouse is mostly done by human decision making, causing many errors and time lags. This paper presents the development of automatic control system for organic greenhouse for controlling and monitoring to make suitable greenhouses environment in all time and from distance, by using internet of things (IoT) technology and wireless communication (WiFi). The developed automatic control system is divided into timer control and conditional automatic control. From the experimental results shown that timer control can work correctly, conditional automatic

control can control the internal greenhouse temperature as needed with the root mean squared (RMS) error equal to 1.13 degrees Celsius.

Keywords: Organic greenhouse, Internet of things, Automatic control

บทนำ

การเพาะปลูกโดยอาศัยพื้นที่โล่งตามธรรมชาตินั้นจะพบว่าผลผลิตที่ได้จะมีความไม่แน่นอน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศของโลก รวมถึงโรคระบาดและศัตรูพืช ดังนั้นการเพาะปลูกภายในโรงเรือนจึงมีความเหมาะสมมากกว่าในสภาวะปัจจุบัน [1] ในประเทศไทยการปลูกพืชระบบโรงเรือนเริ่มมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการปลูกพืชแบบฟาร์มเกษตรอินทรีย์ ลักษณะเด่นของฟาร์มประเภทนี้ คือ ไม่มีการใช้สารเคมีใด ๆ ในการเพาะปลูก ผลผลิตที่ได้เหมือนกับเติบโตขึ้นมาจากธรรมชาติ ทำให้มีความจำเป็นต้องปลูกพืชผักในระบบโรงเรือนเท่านั้นเพื่อควบคุมปริมาณและคุณภาพ เริ่มแรกนั้นฟาร์มสมัยใหม่ที่ต้องการผลผลิตที่สูงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านอุปกรณ์การวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเข้ามาใช้ [2-3] แต่จะพบว่าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนนั้นจะเป็นแบบอ่านค่าได้อย่างเดียว ต่อมามีการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนด้วยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [4] ทำให้สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์วัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้โดยไม่มีข้อจำกัดเรื่องระยะทางในการเดินสายไฟ และยังสามารถเก็บข้อมูลไว้ในคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาวิเคราะห์ภายหลังได้ ปัจจุบันการวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอ โรงเรือนต้องมีความสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้ด้วยตัวเอง เพื่อควบคุมคุณภาพและปริมาณในการผลิต อีกทั้งเป็นการลดค่าใช้จ่ายเรื่องแรงงานคน จึงเกิดเป็นเทคโนโลยีโรงเรือนอัจฉริยะ (Smart Greenhouse) โดยเริ่มต้นจะเน้นไปที่การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพียงไม่กี่ตัวแปรและเป็นระบบควบคุมในพื้นที่จำกัด [5-7] ซึ่งระบบนี้มีความยืดหยุ่นน้อยเพราะเน้นไปที่ระบบโรงเรือนเดี่ยว ค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการควบคุมจะถูกตั้งค่าที่บริเวณโรงเรือนเท่านั้นไม่สามารถดูค่าหรือตั้งค่าใด ๆ ได้จากระยะไกล เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ใช้ระบบสายไฟเป็นหลักทำให้มีข้อจำกัดเรื่องระยะทางในการติดตั้งเซ็นเซอร์ ต่อมาเมื่อมีเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ระบบโรงเรือนอัจฉริยะก็เริ่มนำเทคโนโลยีนี้เข้ามาใช้เพื่อให้สามารถเข้าถึงสภาพแวดล้อมในโรงเรือนจากที่ห่างไกลได้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นในลักษณะการตรวจวัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเป็นหลัก [8-10] ส่วนระบบอัตโนมัติในโรงเรือนอัจฉริยะที่ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งจะเป็นในลักษณะข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่วัดได้จากเซ็นเซอร์จะถูกส่งขึ้นระบบคลาวด์ (Could System) โดยตรงแล้วให้ระบบคลาวด์ทำการส่งคำสั่งควบคุมกลับมายังโรงเรือนอีกครั้งหนึ่ง [11-13] ระบบแบบนี้มีข้อดีคือความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้จากทุกที่และยังสามารถสั่งควบคุมโรงเรือนได้จากระยะไกล แต่ถ้ากรณีสัญญาณอินเทอร์เน็ตเกิดมีปัญหาหรือเสถียรภาพไม่ดีระบบแบบนี้จะมีปัญหาทันที

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่มีลักษณะการทำงานในส่วนของระบบควบคุมอัตโนมัติที่จะเน้นทำงานในลักษณะพื้นที่จำกัดเพื่อ รักษาเสถียรภาพของโรงเรือน แต่สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งขึ้นระบบคลาวด์เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากระยะไกล ในกรณีที่อินเทอร์เน็ตไม่สามารถใช้งานได้ตัวควบคุมก็จะทำหน้าที่ควบคุมโรงเรือนต่อไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ จนกระทั่งอินเทอร์เน็ตกลับมาใช้งานได้ตัวควบคุมก็จะส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเข้าสู่อินเทอร์เน็ตอีกครั้งหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ ให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือนได้แบบตั้งเวลาและควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้โดยอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข รวมถึงตรวจสอบข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้จากระยะไกลด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ลักษณะและส่วนประกอบของโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย

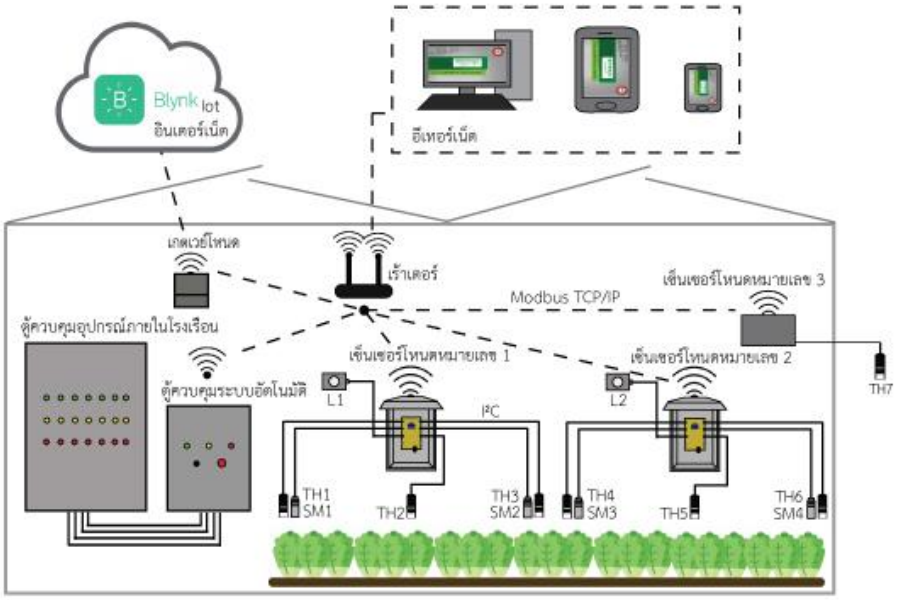
โรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่ใช้ทดลองในงานวิจัยนี้ คือ โรงเรือนแบบกระจกหลังคาจั่ว ขนาดกว้าง 24 เมตร ยาว 40 เมตร และสูง 4.5 เมตร ของบริษัทเปรมสุขฟาร์มจำกัด ตั้งอยู่ที่คลอง 14 ต.บางปลากด อ.องครักษ์ จ.นครนายก โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงเรือนจะประกอบไปด้วยม่านบังแดดและกระจกด้านข้าง เปิดปิดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบทำความเย็นแบบวิธีการระเหยของน้ำ (Evaporative Cooling) พัดลมระบายอากาศ และปั๊มน้ำสำหรับสูบน้ำเข้าไปยังพื้นที่ปลูก ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดนี้สามารถสั่งเปิดปิดได้ที่ตู้ควบคุมที่อยู่ภายในโรงเรือน และใช้แรงงานคนในการตัดสินใจว่าจะเปิดปิดอุปกรณ์ใดและเมื่อไหร่ ลักษณะภายนอกและภายในของโรงเรือนสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 1

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) ลักษณะภายนอกของโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย
(ข) ลักษณะภายในของโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย

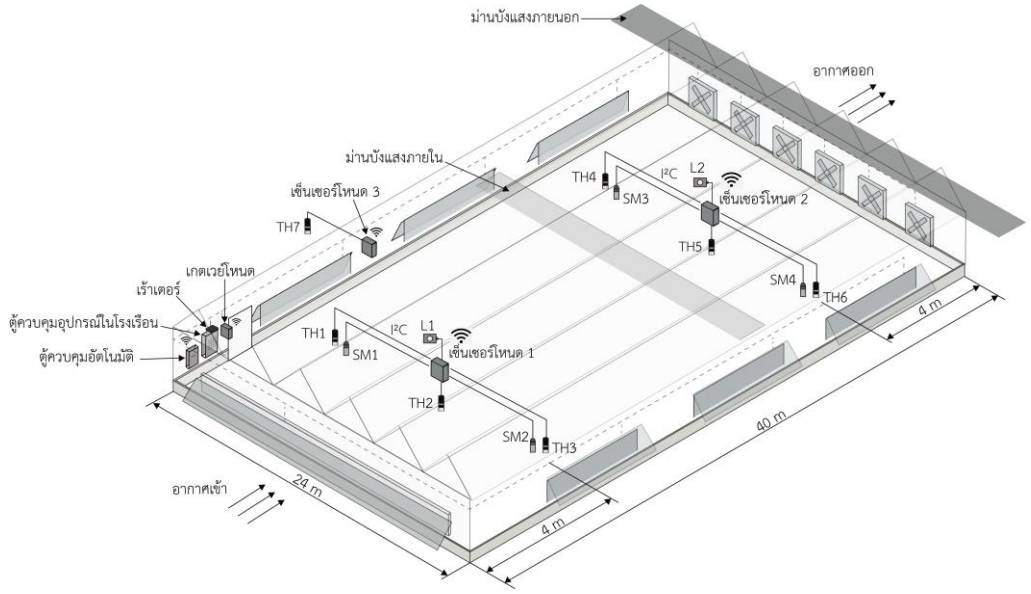
การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์

เพื่อให้สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้อย่างอัตโนมัติ ลดการเข้าออกของคนงานเพื่อไปเปิดปิดอุปกรณ์ของโรงเรือนที่ตู้ควบคุมด้านใน และให้ผู้ดูแลสามารถตรวจสอบสภาพแวดล้อมของโรงเรือนได้จากระยะไกล จึงได้ออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่มีไดอะแกรมการทำงานดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ไดอะแกรมการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์

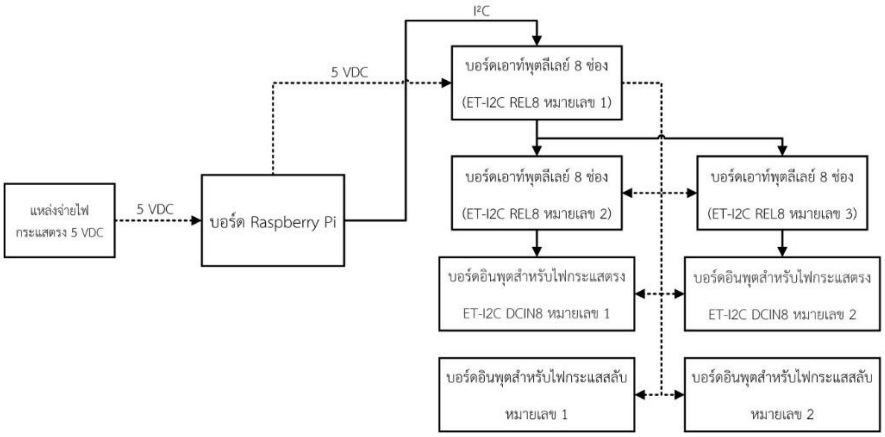
จากภาพที่ 2 ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์จะมีเซ็นเซอร์โหนด (Sensor Node) จำนวน 3 โหนด โดยเซ็นเซอร์โหนดหมายเลข 1 และ 2 ทำหน้าที่วัดสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ได้แก่ ปริมาณแสงแดด (L1, L2) อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (TH1-TH6) และความชื้นภายในดิน (SM1-SM4) ส่วนเซ็นเซอร์โหนดหมายเลข 3 ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก (TH7) จากนั้นจะส่งข้อมูลที่วัดได้กลับมาให้ตัวควบคุม (Controller) ที่อยู่ภายในตู้ควบคุมอัตโนมัติ ด้วยการสื่อสารแบบไร้สาย (WiFi) ผ่านโปรโตคอลสื่อสารแบบ Modbus TCP/IP จากนั้นตัวควบคุมจะส่งคำสั่งควบคุมไปยังอุปกรณ์ต้นกำลังของโรงเรือน (Greenhouse Actuators) ได้แก่ ปั๊มน้ำ พัดลม และมอเตอร์เปิดปิดม่าน ตามโปรแกรมที่ได้ตั้งไว้ โดยผ่านทางตู้ควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงเรือนเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อไม่ให้เป็นการดัดแปลงวงจรไฟฟ้าเดิมมากจนเกินไป และจะส่งข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไปให้เกตเวย์โหนด (Gateway Node) ซึ่งทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับไปสู่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Could Server) ของแอปพลิเคชัน บลิงค์ (Blynk) [14] ทำให้อุปกรณ์สื่อสารทุกชนิดที่รองรับการใช้งานอินเทอร์เน็ต (Internet) สามารถเข้าถึงข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้จากระยะไกล ในกรณีที่อินเทอร์เน็ตไม่สามารถใช้งานได้ตัวควบคุมก็จะทำหน้าที่ควบคุมโรงเรือนต่อไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ จนกระทั่งอินเทอร์เน็ตกลับมาใช้งานได้ตัวควบคุมก็จะส่งข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนไปให้เกตเวย์โหนดนำข้อมูลเข้าสู่อินเทอร์เน็ตต่อไป เพื่อรักษาเสถียรภาพและความปลอดภัยของระบบควบคุมการตั้งค่าตัวแปรควบคุมต่าง ๆ จะอนุญาตให้ทำได้ในระบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) เท่านั้น ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 3



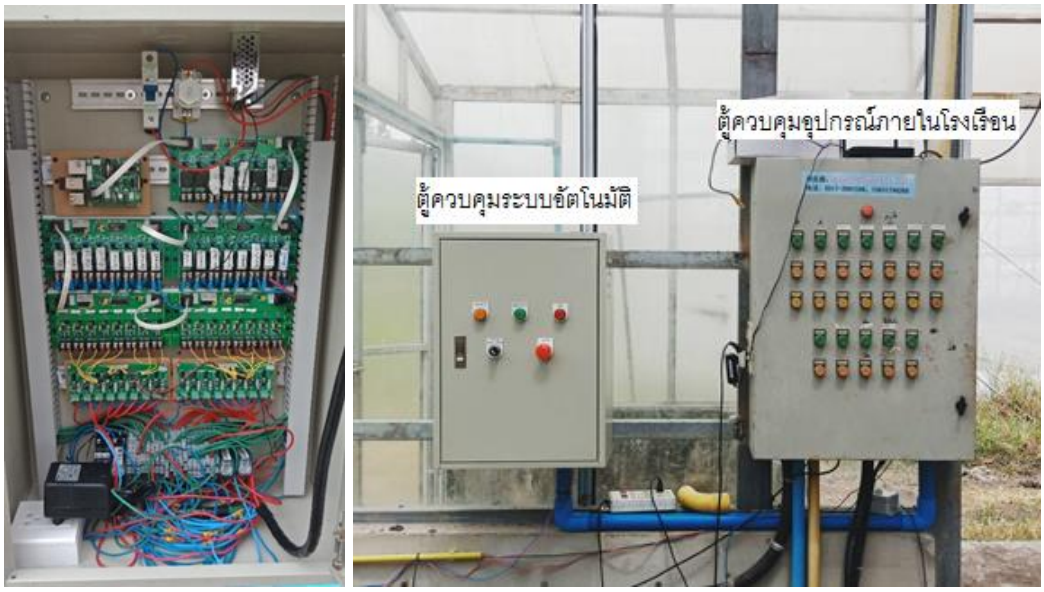
ภาพที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์

การออกแบบตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติ

ตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติมีหน้าที่รับข้อมูลของสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจากเซ็นเซอร์โหนดมาประมวลผลและส่งสัญญาณควบคุมไปยังตู้ควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงเรือนเดิมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยตัวควบคุมหลักจะใช้บอร์ด Raspberry Pi ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กประหยัดพลังงานและใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย พัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟแวร์ Codesys [15] ซึ่งเป็นซอฟแวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมตัวควบคุมด้วยมาตราฐาน IEC 61131-3 รวมถึงสามารถทำงานเป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ในตัวได้ด้วย ทำให้สามารถสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานให้แสดงผลผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไปได้ ไดอะแกรมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ภายในตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4 ส่วนภาพที่ 5 แสดงอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติและตำแหน่งการติดตั้งภายในโรงเรือนร่วมกับตู้ควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงเรือนเดิม



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมการทำงานของส่วนต่าง ๆ ภายในตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติ

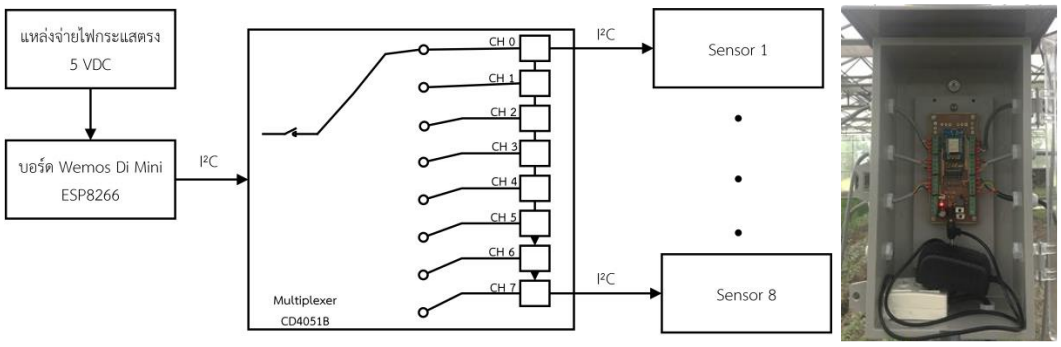


(ก) (ข)

ภาพที่ 5 (ก) อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติ
(ข) ตำแหน่งการติดตั้งภายในโรงเรือนของตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติร่วมกับตู้ควบคุมอุปกรณ์ภายในโรงเรือนเดิม

การออกแบบเซ็นเซอร์โหนด (Sensor Node)

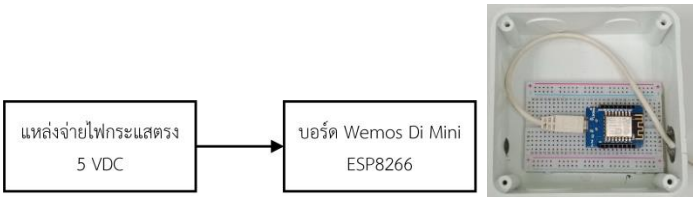
เซ็นเซอร์โหนด (Sensor Node) มีหน้าที่ตรวจวัดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ โดยตัวควบคุมหลักของเซ็นเซอร์โหนดจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งประมวลผลแบบ 32 บิต และมีโมดูลสื่อสารไร้สาย (WiFi) ภายในตัวเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ที่จะมาต่อเข้ากับเซ็นเซอร์โหนดจะมีการสื่อสารแบบ I^2C โดยต่อผ่านไอซีมัลติเพล็กเซอร์เบอร์ CD4051B ก่อนนำข้อมูลเข้าสู่ขา I^2C ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 อีกครั้งหนึ่ง ภาพที่ 6 แสดงถึงไดอะแกรมการทำงานและภาพภายในของอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเซ็นเซอร์โหนด



ภาพที่ 6 ไดอะแกรมการทำงานและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเซ็นเซอร์โหนด

การออกแบบเกตเวย์โหนด (Gateway Node)

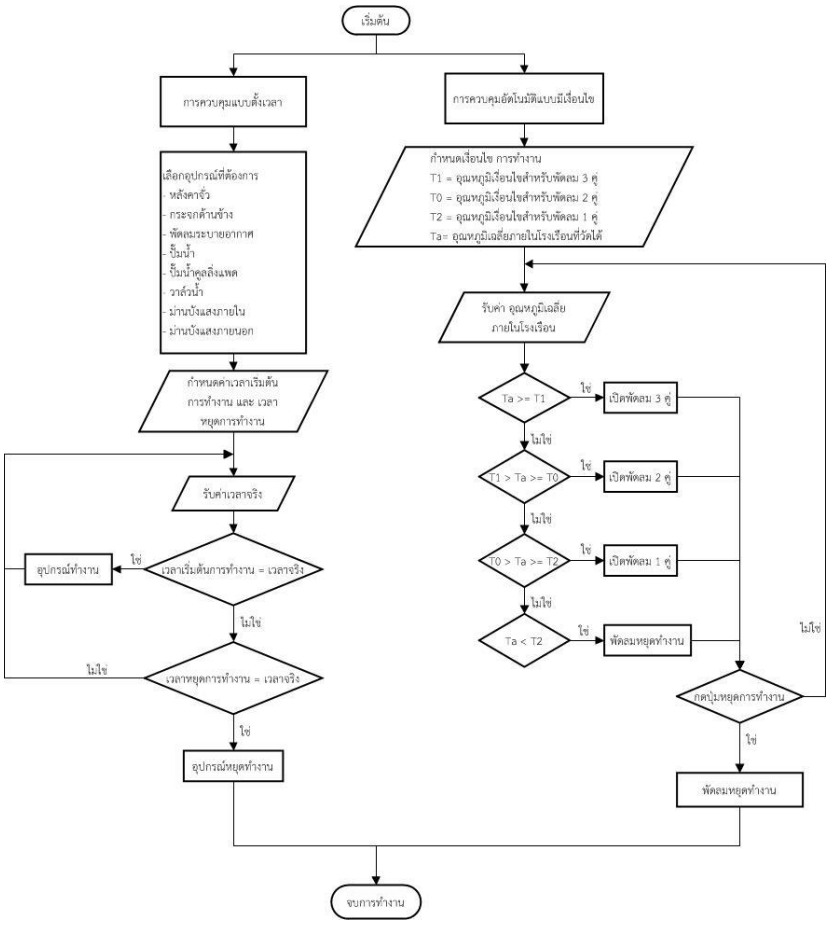
เกตเวย์โหนด (Gateway Node) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่ได้รับไปสู่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Could Server) ของแอปพลิเคชัน บลิงค์ (Blynk) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เป็นหลักในการรับส่งข้อมูลกับตู้ควบคุมระบบอัตโนมัติ ภาพที่ 7 แสดงถึงไดอะแกรมการทำงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเกตเวย์โหนด



ภาพที่ 7 ไดอะแกรมการทำงานและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเกตเวย์โหนด

การออกแบบโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบควบคุมอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน คือ การควบคุมแบบตั้งเวลา และการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข ซึ่งสามารถแสดงเป็นโฟลว์ชาร์ตการทำงานได้ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติ

จากภาพที่ 8 การควบคุมแบบตั้งเวลานั้นผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ของโรงเรือนได้ตามที่ต้องการ โดยในหนึ่งวันสามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิด อุปกรณ์ให้แตกต่างกันได้สูงสุดถึง 5 ช่วงเวลาในแต่ละอุปกรณ์ ส่วนการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขจะเป็นการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยผู้ใช้จะกำหนดอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนที่ต้องการ (T0) ซึ่งได้มาจากการเฉลี่ยอุณหภูมิของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้ในโรงเรือนดังภาพที่ 3 และกำหนดอุณหภูมิที่จะให้พัดลมระบายความร้อนทำงาน (T1, T2) โดย T1 > T2 เสมอ ซึ่งพัดลมจะทำงานเป็นคู่ โดยรูปแบบการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขนี้ออกแบบมาจากความต้องการของทางฟาร์มร่วมกับคณะผู้วิจัยเพื่อตอบโจทย์การใช้งานของผู้ใช้ให้ได้มากที่สุด ตัวอย่างการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 9 ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงส่วนนี้ได้จากเว็บเบราว์เซอร์ทั่วไป ส่วนภาพที่ 10 แสดงถึงแอปพลิเคชัน บลิงค์ (Blynk) ที่ติดตั้งในโทรศัพท์สมาร์ตโฟนเพื่อใช้ตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนได้จากอินเทอร์เน็ต

ภาพที่ 9 ตัวอย่างโปรแกรมในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน

ภาพที่ 10 แอปพลิเคชัน บลิงค์ (Blynk) เพื่อใช้ตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนจากอินเทอร์เน็ต

ผลการวิจัย

ผลการทดลองการควบคุมแบบตั้งเวลา

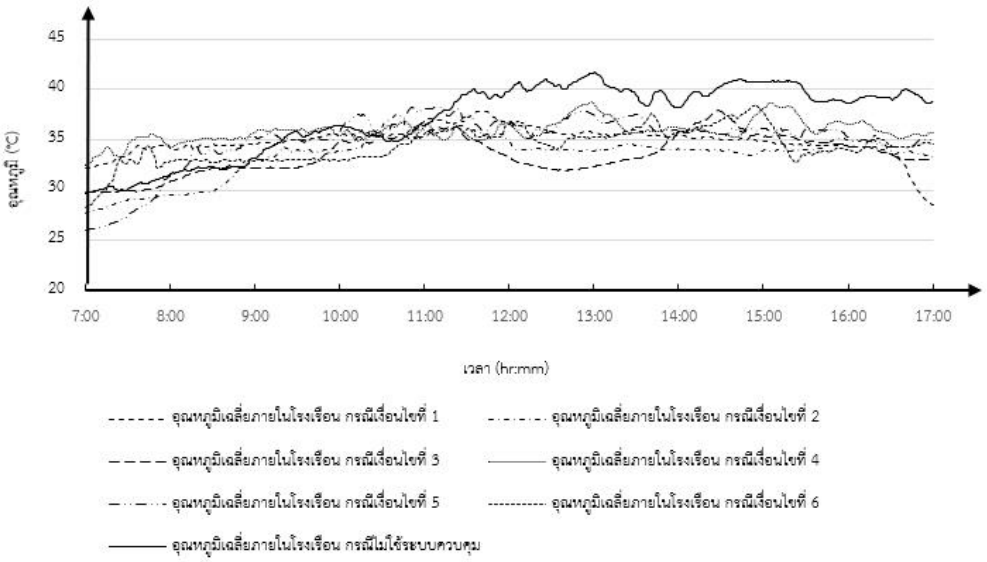
ในการทดลองการทำงานของโปรแกรมการควบคุมแบบตั้งเวลาจะใช้การสังเกต โดยจะตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ทั้งหมดของโรงเรือนไปยังช่วงเวลาต่าง ๆ กัน แบบสุ่มหลาย ๆ ครั้ง จากนั้นสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ว่าเป็นไปตามที่ตั้งไว้หรือไม่ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมการควบคุมแบบตั้งเวลาสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ตั้งเวลาไว้ทุกครั้ง

ผลการทดลองการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข

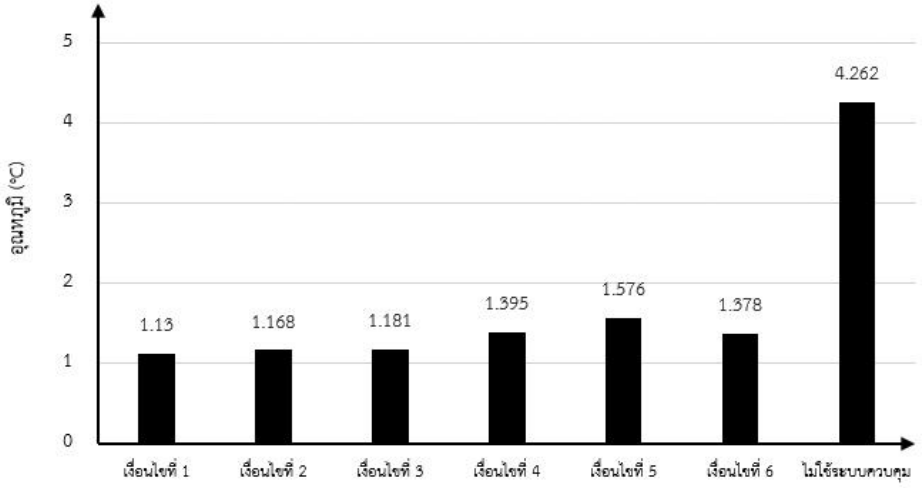
การทดลองนี้เป็นการศึกษาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในโปรแกรมการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขสำหรับการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน ได้แก่ ค่าตัวแปรของอุณหภูมิที่จะทำให้พัดลมระบายความร้อนทำงาน (T0 – T2) ตามโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมในภาพที่ 8 จึงกำหนดเงื่อนไขการทดลองควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนเป็น 6 เงื่อนไข ตามตารางที่ 1 โดยกำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่ต้องการภายในโรงเรือน (T0) เท่ากับ 35 ºC โดยใช้คาบเวลาสุ่มเท่ากับ 1 นาที หลังจากนำค่า T0, T1 และ T2 ใส่ในโปรแกรมตามโฟลว์ชาร์ตในภาพที่ 8 ผลการทดลองสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 11 โดยทุกเงื่อนไขจะเริ่มทดลองที่เวลา 07.00 น. ถึง 17.00 น. ส่วนภาพที่ 12 แสดงค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนของทุกเงื่อนไข โดยจะคิดเฉพาะช่วงที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่วัดได้ (Ta) มีค่ามากกว่า T0 เนื่องจากโรงเรือนไม่มีระบบฮีตเตอร์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิในกรณีที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนที่วัดได้ต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการ (T0)

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการทดลองการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข

เงื่อนไขที่	ค่าอุณหภูมิที่พัดลมทำงาน 1 คู่ (T2)(ºC)	ค่าอุณหภูมิที่พัดลมทำงาน 2 คู่ (T0) (ºC)	ค่าอุณหภูมิที่พัดลมทำงาน 3 คู่ (T1) (ºC)
1	34.5	35.0	35.5
2	34.0	35.0	35.5
3	33.0	35.0	35.5
4	34.5	35.0	36.0
5	34.0	35.0	36.0
6	33.0	35.0	36.0



ภาพที่ 11 ผลการทดลองควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนของการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข



ภาพที่ 12 ค่ารากที่สองของค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนของทุกเงื่อนไข

จากภาพที่ 11 จะพบว่าการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนได้ดีกว่ากรณีไม่ใช้ระบบควบคุมทุกเงื่อนไข โดยความหมายของกรณีไม่ใช้ระบบควบคุม คือ การเปิดพัดลมระบายความร้อนไว้ 1 คู่ ตลอดเวลา ซึ่งเป็นการเปิดพัดลมระบายอากาศโดยปกติของฟาร์มที่ใช้อยู่ปัจจุบัน และจากภาพที่ 12 จะพบว่าการควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขตามเงื่อนไขที่ 1 ให้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนต่ำที่สุด คือ 1.130 °C ในขณะที่ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนของกรณีไม่ใช้ระบบควบคุมมีค่าสูงถึง 4.262 °C นั่นหมายความว่าการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขสามารถรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนให้คงที่ตลอดทั้งวันได้ดีกว่ากรณีไม่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยที่อุณหภูมิภายนอกโรงเรือนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การที่สามารถรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนให้คงที่เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพที่ดีและจำนวนที่มากขึ้น

สรุปและอภิปรายผล

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับโรงเรือนเกษตรอินทรีย์ที่พัฒนาขึ้นสามารถควบคุมได้ทั้งแบบตั้งเวลาและอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไข การตั้งค่าและตรวจสอบสภาพแวดล้อมของโรงเรือนสามารถทำได้ผ่านเว็บเบราว์เซอร์ในแบบอีเทอร์เน็ตเพื่อรักษาเสถียรภาพและความปลอดภัยของระบบควบคุม ส่วนการตรวจสอบสภาพแวดล้อมของโรงเรือนจากระยะไกลได้ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งร่วมกับแอปพลิเคชัน บลิงค์ (Blynk) ในการแสดงผล จากผลการทดลองพบว่า การควบคุมอัตโนมัติแบบมีเงื่อนไขสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนให้คงที่ได้ดีกว่ากรณีไม่ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติทุกเงื่อนไข โดยให้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนต่ำที่สุดคือ 1.130 °C ซึ่งการที่สามารถรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนให้คงที่เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพที่ดีและจำนวนที่มากขึ้น งานวิจัยในอนาคตจะเป็นการพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติให้มีความสามารถมากขึ้นโดยให้สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ภายในโรงเรือนได้มากกว่าหนึ่งตัวแปร เช่น ความชื้นในอากาศ ความชื้นในดิน ปริมาณแสงแดด เป็นต้น โดยอาศัยข้อมูลจากสภาพแวดล้อมภายนอกเข้ามาพิจารณาร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2561

เอกสารอ้างอิง

[1] H.C. Park, Y.K. Eo, S.B. Ko, W.S. Chang, D.M. Jeong. (1996). A Study on a H/W Simulation for Development of Complex Environmental Control System for Greenhouse. In *Conference papers*. pp. 1099-1102. The Institute of Electronics Engineers of Korea.

[2] Seung-Woo Kim. (2004). Implementation of an Automation System Using Fuzzy Expertized Control Algorithm for the Cultivation in a Greenhouse. In *Conference papers*. pp. 67-77. Korea Association of Computer Education.

[3] Zheng Kefeng, Zhu Lili, Hu Weiqun et al. (2005). Introduction on technology for digital agriculture. *Acta Agriculture Zhejiang Gensis*, *3*, 170-176.

[4] T. Arisariyawong. (2015). A Wireless Sensor Network Prototype for Environmental Monitoring in Greenhouses. In *The 16th TSAE National Conference*. pp. 465-469. Bangkok.

[5] M. Mahdavian & N. Wattanapongsakorn. (2013). PID controller tuning and optimizing for greenhouse lighting application considering real-time pricing in the smart grid. In *International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC).* pp. 85-90. Nakorn Pathom.

[6] T. Namhormchan & A. Sareephattananon. (2014). PLC-Based Automatic Control System of Temperature and Relative Humidity in Soilless Culture Greenhouse with an Evaporative Cooling System and Fogging System. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 8*(1), 98-111.

[7] M. Berenguel, L. J. Yebra & F. Rodríguez. (2003). Adaptive control strategies for greenhouse temperature control. In *European Control Conference (ECC).* pp. 2747-2752. Cambridge.

[8] L. Dan, C. Xin, H. Chongwei & J. Liangliang. (2015). Intelligent Agriculture Greenhouse Environment Monitoring System Based on IOT Technology. In *International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City*. pp. 487-490. Halong Bay.

[9] Zheng Qiang, Peng Lin, Zou Qiuxia, Gao Lutao. (2013). The Design of Remote Greenhouse Monitoring System Based on the Embedded Web Server. *Agricultural Mechanization Research*, *11*(11), 84-87.

[10] L. Jia, X.Y. Wang, S.J. Zheng. (2007). *Theory and Practice of the IOT and Wireless Sensor Networks.* Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press.

[11] S. Vatari, A. Bakshi & T. Thakur. (2016). Green house by using IOT and cloud computing. *IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*. pp. 246-250. Bangalore.

[12] Cui Wenshun, Cui Shuo, Yuan Lizhe & Shang Jiancheng. (2013). Design and implementation of sunlight greenhouse service platform based on IOT and cloud computing. *Proceedings of 2013 2nd International Conference on Measurement, Information and Control*. pp. 141-144. Harbin.

[13] Ji-chun Zhao, Jun-feng Zhang, Yu Feng & Jian-xin Guo. (2010). The study and application of the IOT technology in agriculture. *The 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology*. pp. 462-465. Chengdu.

[14] K. Saraubon. (2018). *Development of IoT on Arduino and Raspberry Pi Platform*. Bangkok: Intermedia.

[15] Dag H. Hanssen. (2015). *Programmable Logic Controllers: A Practical Approach to IEC 61131-3 using CoDeSys.* John Wiley & Sons.