



รายงานการวิจัย

ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
การผลิตโคเนื้อ

**The Control System of Beef House and Grass Watering to increase
Productivity of Beef.**

นางสาววาสนา วงศ์ษา และคณะ
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2563

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตโคเนื้อ

The Control System of Beef House and Grass Watering to increase Productivity of Beef.

วาสนา	วงศ์ษา	สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
จันทร์จิรา	โต๊ะขวัญแก้ว	สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ศรัณญา	ตรีทศ	สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)

งบประมาณผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทสว.)

ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563

ชื่องานวิจัย	ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ The Control System of BeefHouse and Grass Watering to increase Productivity of Beef.
ผู้วิจัย	วาสนา วงศ์ษา สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ร่วมวิจัย	จันทร์จิรา ไต๊ะขวัญแก้ว สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
ผู้ร่วมวิจัย	ศรัญญา ตรีเทศ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีเสร็จวิจัย 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อประกอบด้วย 2 ระบบการทำงานหลักซึ่งส่วนแรกคือ ระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มชียู ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น AM2302 หรือ DHT22 ในการวัดค่าและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายเคลื่อนที่ (3G/4G) เพื่อส่งงานรีเลย์ซึ่งต่อไปยังพัดลมและชุดควบคุมการฟั่นละอองหมอกเพื่อลดอุณหภูมิโรงเรือนทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ทั้งบริเวณภายในและภายนอกบริเวณฟั่นหมอก ส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงกราฟแบบเรียลไทม์ นำข้อมูลมาแสดงสถิติในรูปแบบของกราฟและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ ส่วนที่สองคือ ระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มชียู ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน (TDR soil moisture sensors) เชื่อมต่อไปยังรีเลย์เพื่อสั่งงานเปิดปิดปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบบควบคุมโรงเรือน พบว่าสถิติค่าอุณหภูมิและความชื้นสูงสุด-ต่ำสุดของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโดยเก็บข้อมูล 15 วันไปยังเซิร์ฟเวอร์มีค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของทั้ง 3 บริเวณ ได้แก่ ภายนอกบริเวณฟั่นหมอก ภายในบริเวณฟั่นหมอกทิศตะวันออก ภายในบริเวณฟั่นหมอกทิศตะวันตก มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.50, 35.60 และ 34.90 °C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่

ที่ 23.90, 24.70 และ 24.40 °C ตามลำดับเมื่อทดสอบทำการพ่นหมอกพบเป็นระยะเวลา ต่อ 3 นาที ได้ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.39 °C และค่าความชื้นเพิ่มขึ้น 2.47 %RH ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าอัตโนมัติ ทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลได้แก่การทดสอบสั่งงานในโหมดแมนนวล โหมดตั้งเวลา และโหมดตั้งค่าความชื้นทำการทดสอบโดยตั้งค่าความชื้นสูงสุดและความชื้นต่ำสุด การทดสอบทุกโหมดการทำงานของระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ผลการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนจากระบบไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้ พบว่าระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100

คำหลัก ไมโครคอนโทรลเลอร์, ระบบควบคุมโรงเรือนอัตโนมัติ , โรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ, ระบบให้น้ำแปลงหญ้าอัตโนมัติ

Research Title: The Control System of Beef House and Grass Watering to increase Productivity of Beef.

Researcher: Wassana Wongsu.

Program: Computer Engineering, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology.

Co-Researcher: Janjira Tohwankaew.

Program: Animal science, Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology.

Co-Researcher: Saranya Tritose.

Program: Information and Communication Technology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, 2563

Abstract

The research aims to develop The Control System of Beef House and Grass Watering to increase Productivity of Beef consisting of two main operation systems, the first of which is the cow house control system, consisting of a function of the mcu node microcontroller ESP8266 connected to the AM2302 or DHT22 temperature measurement module and transmitted to the server via the mobile wireless internet network (3G/4G) to activate the internal and external sensor control modules. Send data to the web server to display the graph in real time. Show statistics in graph format and store data in file formats. The second part is the grass water conversion control system consisting of a system control circuit, the MCU ESP8266 microcontroller is connected to the TDR soil moisture sensor module, connected to the relay to activate the pump and solenoid valve.

Performance testing of greenhouse control systems It found that the record for the maximum-minimum temperature and humidity of the cattle house was recorded for 15 days to the highest-low temperature of all three areas: outside the fog-sprayed area, within the fog-spewing area of the east. In the west of the fog. The maximum temperatures are 35.50, 35.60 and 34.90 °C, and the minimum temperatures are 23.90, 24.70 and 24.40 °C, respectively. The average temperature change was 0.390C and the humidity increased by 2.47 %RH. Test and record data, including manual test

operations. Time setting and humidity setting that all testing mode, the system can work properly every time. 100 percent of the system's notification sending results to the user's application line. It found that the system was able to send 100 percent accurate status alerts.

Keywords: Microcontroller, Automatic Cattle Control System, Beef Cattle, Automatic Grass Watering System

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๓ นี้สำเร็จลุล่วงได้ ขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนทุนวิจัยนี้จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม(สกว.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ต้นสังกัดของทีมนักวิจัย และขอขอบคุณพัฒน์วนาฟาร์ม อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ ฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อที่ได้ให้โอกาสเข้าไปติดตั้งและเก็บข้อมูลการทดสอบใช้งานของระบบ งานวิจัยนี้ดำเนินการได้ลุล่วง เนื่องจากบุคคลหลายท่าน ได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อมูลข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่คณะผู้วิจัย รวมทั้งกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณครูอาจารย์ได้ให้ความรู้ให้นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้อย่างถ่องแท้ ทำให้ผู้วิจัยสามารถพัฒนางานวิจัยได้สำเร็จในครั้งนี้ ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ช่วยส่งเสริม สนับสนุนกระตุ้นเตือนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา

วาสนา วงศ์ษา และคณะ

12 ธันวาคม 2563

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 วิธีการศึกษาค้นคว้า	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 หลักการสร้างโรงเรือนโคขุน	5
2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	7
2.3 ไอโอทีโพรโตคอล MQTT	11
2.4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สัมบูรณ์	15
2.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ	17
2.6 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน	19
2.7 ระบบพ่นหมอก	20
2.8 การใช้งานแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อกับ LINE API	21
2.9 แพลตฟอร์ม Anto.io (Anto IoT platform)	22
2.10 อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในวงจร	22
2.11 พันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่สำคัญ	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.12 การปลูกหญ้าเนเปียร์แคะระ	25
2.13 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	28
3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ	28
3.2 พลังงานของระบบ	32
3.3 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์	39
3.4 การออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมระบบ	41
3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน	48
3.6 การประกอบวงจรและชุดอุปกรณ์ของระบบ	54
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล	67
3.8 สถิติที่ใช้ในการค้นคว้า	68
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	70
4.1 ผลการพัฒนาระบบ	70
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	70
4.3 ผลการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์	81
4.4 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบ	84
บทที่ 5 สรุปผล	85
5.1 สรุปผลงานวิจัย	85
5.2 อภิปรายผล	86
5.3 ปัญหาและการแก้ไข	87
5.4 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	88
ประวัติคณะผู้วิจัย	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมคควบคุมระบบแบบ แมนนวล	70
4-2 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมคตั้งเวลา	72
4-3 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมคตั้งค่าอุณหภูมิ	74
4-4 สถิติอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ 15 วัน	75
4-5 สถิติค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ 15 วัน	76
4-6 สถิติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นเมื่อทำการพ่นหมอก	77
4-7 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคควบคุม ระบบแบบแมนนวล	78
4-8 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคตั้งเวลา	80
4-9 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคตั้งค่าความชื้น	81
4-10 ผลประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบควบคุมโรงเรือนและ แปลงหญ้าอัจฉริยะ	84

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 โรงเรือนโคนุนหรือโรงเรือนเลี้ยงโค	5
2-2 ภาพบอร์ด Raspberry Pi	8
2-3 ตำแหน่งของพอร์ตต่ออุปกรณ์ภายนอก	8
2-4 ตำแหน่งของตัวเชื่อมต่อขา GPIO Pin-Out	9
2-5 NodeMCU ESP8266	10
2-6 Pin Definition	11
2-7 Pin Definition	11
2-8 แสดงโครงสร้างแพ็คเกจในการรับส่งข้อมูล MQTT [mqtt.org]	13
2-9 แสดงตัวอย่าง IoT ที่ใช้งาน MQTT Protocol	14
2-10 ภาพโครงสร้างภายในของ Capacitive และ Resistive Humidity Sensor	18
2-11 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น AM2302/DHT22	19
2-12 เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน รุ่น X-SM01	20
2-13 การทำงานของ LINE API	21
2-14 กล้องไอพีคาเมร่า	23
2-15 แปลงปลุกหญ้าเนเปียร์แคะระ	25
3-1 การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ	31
3-2 ผังงานของระบบ	32
3-3 ผังงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโหมดควบคุมแบบแมนนวล	33
3-4 ผังงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโหมดควบคุมแบบตั้งเวลา	34
3-5 ผังงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโหมดควบคุมแบบตั้งค่าอุณหภูมิ	35
3-6 ผังงานของระบบควบคุมการให้น้ำโหมดควบคุมแบบแมนนวล	36
3-7 ผังงานของระบบควบคุมการให้น้ำโหมดควบคุมแบบตั้งเวลา	37
3-8 ผังงานของระบบควบคุมการให้น้ำโหมดควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น	38

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-9 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ	39
3-10 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า	40
3-11 การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ	41
3-12 การออกแบบหน้าจอเลือกโหมดการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ	42
3-13 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมโรงเรือนโหมดควบคุมการทำงานแบบแมนนวล	43
3-14 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมโรงเรือนโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา	44
3-15 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมโรงเรือนโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งอุณหภูมิ	45
3-16 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติ	46
3-17 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมการให้น้ำโหมดควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น	47
3-18 (ก) หน้าจอหลักของระบบควบคุมโรงเรือน (ข) หน้าจอสำหรับเลือกโหมดการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือน (ค) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบแมนนวล	48
3-19 (ก) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา (ข) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งค่าอุณหภูมิ	49
3-20 (ก) หน้าจอระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดควบคุมแบบแมนนวลและโหมดควบคุมแบบตั้งวันและเวลาทำงาน (ข) หน้าจอโหมดควบคุมระบบให้น้ำแบบตั้งค่าความชื้น	49
3-21 (ก) หน้าจอแสดงเว็บพยากรณ์อากาศ (ข) หน้าจอแสดงกราฟสถิติอุณหภูมิและความชื้นบริเวณโรงเรือนและแปลงหญ้า	50
3-22 Line Notify	51
3-23 เข้าสู่ระบบ Line Notify เพื่อใช้งาน	51

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-24 เลือกหน้าของฉันทัน	52
3-25 เลือกออก Token	52
3-26 ตั้งค่าก่อนเลือกออก Token	53
3-27 รหัส Token	53
3-27 การประกาศตัวแปรรหัส Token แอปพลิเคชันไลน์ในโปรแกรม	54
3-28 การเชื่อมต่อแผงวงจรของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ	54
3-29 การประกอบแผงวงจรลงในตู้ควบคุม	54
3-30 การประกอบปั๊มพ่นหมอกลงในตู้ควบคุม	55
3-31 การติดตั้งกล่องเซ็นเซอร์ AM2302 บริเวณคานใต้หลังคาโรงเรือน	55
3-32 การติดตั้งกล่องเซ็นเซอร์ AM2302 บริเวณคานใต้หลังคาโรงเรือน	56
3-33 การติดตั้งพัดลมโรงเรือน	56
3-34 การติดตั้งท่อน้ำพร้อมหัวพ่นหมอกบริเวณคานใต้หลังคาโรงเรือน	57
3-35 การติดตั้งโครงเหล็กสำหรับยึดตู้ชุดอุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ต ไร้สาย และตู้ปั๊มพ่นหมอก	57
3-36 การติดตั้งตู้ชุดควบคุมของระบบ ตู้ควบคุมปั๊มพ่นหมอก เราเตอร์ และกล่องวงจรปิด	58
3-37 การเดินสายร้อยท่อของระบบจากตู้ควบคุมไปยังเซ็นเซอร์และระบบไฟฟ้า	58
3-38 การติดตั้งผ้าแสตนพรางแสงบริเวณโรงเรือน	59
3-39 บริเวณด้านข้างโรงเรือนที่มีการติดตั้งผ้าแสตนพรางแสง	59
3-40 ตู้ควบคุมอุปกรณ์ระบบให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติพร้อมเซ็นเซอร์	60
3-41 การประกอบแผงวงจรลงในตู้ควบคุมระบบให้น้ำ	60
3-42 การติดตั้งโซลินอยด์วาล์วในกล่องกันน้ำ	61

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3-43 การเตรียมบิมน้ำเพื่อนำไปติดตั้งยังแปลงปลูกหญ้านเปียร์เคระ	61
3-44 ทดสอบเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน	62
3-45 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำเพื่อส่งงานบิมน้ำ	62
3-46 การเตรียมท่อนพันธุ์หญ้านเปียร์เคระ	63
3-47 การเตรียมดินแปลงปลูกหญ้านเปียร์เคระ	63
3-48 การเดินท่อระบบน้ำหยดสำหรับแปลงปลูกหญ้านเปียร์เคระ	64
3-49 ขนาดของลำต้นหญ้านเปียร์เคระเมื่ออายุประมาณ 2 สัปดาห์	65
3-50 การให้น้ำระบบน้ำหยดสำหรับแปลงปลูกหญ้านเปียร์เคระ	65
3-51 แปลงปลูกหญ้านเปียร์เคระที่มีอายุตั้งแต่ 45 วัน	66
3-52 การตัดหญ้าสดเมื่ออายุได้ 45 วันขึ้นไป	66
3-53 สมการการหาค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์	69
4-1 การตั้งเวลาการทำงานเพื่อทดสอบระบบในโหมดตั้งเวลา	71
4-2 การแจ้งเตือนสถานะของระบบในโหมดตั้งเวลาผ่านแอปพลิเคชันไลน์	73
4-3 การตั้งเวลาระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลา	79
4-4 ระบบพ่นหมอกและพัดลมทำงานตามกำหนดเวลาในโหมดตั้งเวลาทำงาน	82
4-5 แสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานของงานผ่านแอปพลิเคชันไลน์	82
4-6 ระบบให้น้ำแปลงหญ้าทำงานในโหมดควบคุมแบบแมนนวล	83
4-7 แสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานของระบบผ่านแอปพลิเคชันไลน์	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สภาพภูมิอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยทั้งการเกษตรกรรม ระบบนิเวศและด้านทรัพยากรรวมไปจนถึงปัญหาด้านสุขภาพและการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งคน และสัตว์จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องโลกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น หรือเรียกได้ว่า สภาวะโลกร้อนนั้นส่งผลกระทบกับการเกษตรกรรมทางด้านปศุสัตว์โดยเฉพาะในฤดูร้อน ซึ่งเกิดผลกระทบโดยตรงกับสัตว์เลี้ยง คือ สภาวะความเครียดของสัตว์ที่เกิดจากการที่สัตว์ไม่สามารถระบายความร้อนส่วนเกินออกจากร่างกายได้อย่างเหมาะสม ทำให้อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตและการผลิตของเกษตรกร

ปัจจุบันเกษตรกรที่เลี้ยงโคเนื้อในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ประสบปัญหาด้านความร้อนในโรงเรือนในช่วงฤดูแล้งด้วยเช่นกัน ซึ่งการจัดการโรงเรือนของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในจังหวัดเพชรบูรณ์ได้ทำการปรับปรุงโรงเรือนยกหลังคาสองชั้นให้มีระบบการไหลเวียนและถ่ายเท ความร้อนและอากาศจากโรงเรือน แต่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหามลพิษในโรงเรือนที่สูงขึ้นได้ ในช่วงฤดูแล้ง สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้โคกินอาหารได้น้อยลงเกิดสภาวะเครียด และชะลอการเจริญเติบโตของโคเนื้อ รวมถึงสภาวะความร้อนส่งผลกระทบไปยังแปลงหญ้าสด รอบบริเวณโรงเรือนที่ยังไม่มีการบริหารจัดการระบบน้ำให้สมบูรณ์ ทำให้ไม่สามารถผลิตหญ้าสด คุณภาพดีต่อได้เพียงพอต่อความต้องการในการเลี้ยงโคเนื้อได้

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาและนำนวัตกรรมด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะเข้ามา เพื่อแก้ไขและลดปัญหาด้านอุณหภูมิความร้อนในบริเวณ โรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ รวมถึงควบคุมการให้น้ำบริเวณแปลงหญ้าแบบอัจฉริยะ โดยการสร้างระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ซึ่งระบบประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้น อุณหภูมิ อุปกรณ์ควบคุม ชุดพ่นหมอกไอน้ำช่วยลดความร้อนโรงเรือน ชุดให้น้ำแปลงหญ้า การเชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ การเชื่อมต่อระหว่างสรรพสิ่งของชุดอุปกรณ์ไปจนถึงการแสดงผลต่อ ผู้ใช้งาน รวมทั้งพัฒนาซอฟต์แวร์มาเป็นส่วนช่วยในการทำงานของระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบที่สร้างขึ้นนี้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องความร้อนในโรงเรือนให้ลดลงได้ และช่วยบริหารจัดการระบบรดน้ำแปลงหญ้าให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อได้ ช่วยให้ได้ผลผลิตคุณภาพสูงและโคเนื้อมีการเจริญเติบโตอยู่ในเกณฑ์ที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาชุดควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าบริเวณรอบโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ
- 1.2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ
- 1.2.4 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าบริเวณรอบโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 ขอบเขตของด้านพื้นที่

การติดตั้งระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ และทดสอบการใช้งานกับโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์
- 1.3.2 ขอบเขตการออกแบบระบบด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
 - 1.3.2.1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ
 - 1.3.2.2 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน
 - 1.3.2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และโหนดเอ็มซียู (NodeMCU ESP8266)
 - 1.3.2.4 อุปกรณ์บอร์ดราสเบอร์รี่พาย
 - 1.3.2.5 ระบบพ่นหมอกขนาด 7.5 ลิตร/ ชั่วโมง ความละเอียด 0.2-0.6 มิลลิเมตร
 - 1.3.2.6 ระบบปั้มน้ำการเกษตร ระบบท่อน้ำหยด และระบบมินิสปริงเกลอร์
 - 1.3.2.7 พัฒนาโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ด้วยภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์
 - 1.3.2.8 ชุดพัฒนาโปรแกรม Arduino IDE

1.3.2.9 พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมชุดอุปกรณ์ด้วยโปรแกรม

MIT App Inventor

1.3.3 ขอบเขตด้านการทำงานของระบบ

1.3.3.1 ระบบสามารถแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นในอากาศบริเวณโรงเรียน
เลี้ยงโคเนื้อผ่านแอปพลิเคชันได้

1.3.3.2 สามารถควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของชุดอุปกรณ์ระบบควบคุม
โรงเรียนเลี้ยงโคซึ่งประกอบด้วย การทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศบริเวณ
โรงเรียนและควบคุมให้ระบบพ่นหมอกทำงานโดยการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันทั้งแบบแมนนวล
และแบบอัตโนมัติได้

1.3.3.3 ระบบสามารถแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นในดินบริเวณแปลงหญ้า
อาหารโคเนื้อผ่านแอปพลิเคชันได้

1.3.3.4 สามารถควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของชุดอุปกรณ์ระบบควบคุมการ
ให้น้ำแปลงหญ้า ซึ่งประกอบด้วย การทำงานของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน ระบบให้
น้ำน้อยโดยให้น้ำผ่านท่อน้ำหยด และมีมิสพริงเกิลอร์ โดยการสั่งงานผ่านแอปพลิเคชันแบบ
แมนนวล และแบบอัตโนมัติได้

1.3.4 ขอบเขตด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.3.4.1 พัฒนาระบบและทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ระบบควบคุมโรงเรียนยังพื้นที่
ทดสอบได้แก่ โรงเรียนเลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.3.4.2 ทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรียน โดยสามารถสั่งงาน
เปิด-ปิด และตั้งเวลาการทำงานทั้งแบบแมนนวลและแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ต
โฟนได้

1.3.4.3 พัฒนาระบบและทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ระบบควบคุมการให้น้ำแปลง
หญ้า ยังพื้นที่ทดสอบได้แก่ แปลงปลูกหญ้าบริเวณ โรงเรียนเลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัด
เพชรบูรณ์

1.3.4.4 ทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า โดยสามารถสั่งงานเปิด-ปิด และตั้งเวลาการทำงานทั้งแบบแมนนวลและแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้

1.4 วิธีการศึกษาค้นคว้า

- 1.4.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ศึกษาโปรแกรมและออกแบบระบบ
- 1.4.3 สร้างและพัฒนาระบบ
- 1.4.4 ทดสอบและปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดของระบบ
- 1.4.5 ทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ยังพื้นที่ทดสอบ
- 1.4.6 ทดสอบและบันทึกผลการทำงานของระบบ
- 1.4.7 สรุปผลการทดสอบการใช้งานของระบบ
- 1.4.8 จัดทำรูปเล่มสรุปรายงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้ต้นแบบเทคโนโลยีชุดควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ 1 ต้นแบบ
- 1.5.2 มีการใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการเผยแพร่ความรู้จากงานวิจัยไปสู่เกษตรกรที่ทำการปศุสัตว์แบบโรงเรือนในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์
- 1.5.3 หน่วยงานที่ใช้ประโยชน์จากผลการวิจัยได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเพชรบูรณ์
- 1.5.4 ตีพิมพ์เผยแพร่ หรือนำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับชาติ/นานาชาติ 1 บทความ

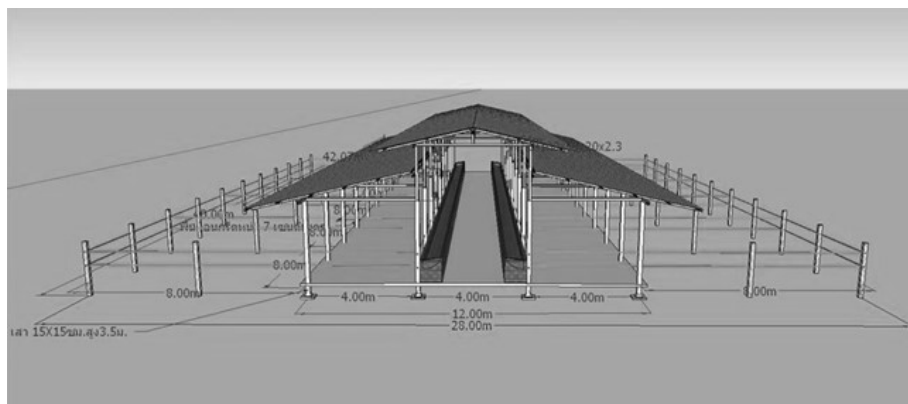
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการสร้างโรงเรือนโคขุน

โรงเรือนโคขุนหรือโรงเรือนเลี้ยงโค ถือเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงโคสำหรับเป็นที่พักอาศัยของโค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงโคขุนที่จำเป็นต้องเลี้ยงโคในโรงเรือนเพื่อขุนโคให้น้ำหนักเพิ่มขึ้น ด้านสถานที่ ควรเป็นที่ดอนหรือสถานที่สูงกว่าพื้นที่รอบข้าง มีการระบายน้ำได้ดี หรืออาจต้องถมพื้นที่ให้สูงขึ้นกว่าระดับปกติเพื่อไม่ให้น้ำขังในฤดูฝน หากต้องการพื้นที่แปลงหญ้า ควรเป็นพื้นที่เดียวกันหรือห่างกันแต่สามารถนำโคเข้าป่าย่อยแปลงได้สะดวก

ขนาดของโรงเรือน โรงเรือนอาจสร้างเพียงคอกขังเดียว แต่มีหลายคอกตามจำนวนโค ซึ่งแต่ละคอกควรมีขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร หรืออาจเป็นคอกโค้งขนาดใหญ่เพื่อปล่อยขุนร่วมกัน ต้องมีขนาดโคขุนที่อายุเท่ากัน หากต้องการขุนแบบรวมในคอกเดียวกัน พื้นที่คอกควรมีตั้งแต่ 8 ตารางเมตร/ตัว มีหลังคาคลุมด้านบนประมาณ 1 ใน 3 ส่วนที่เหลือให้เป็นที่โล่งหรือมีต้นไม้ให้ร่มเงา ยิ่งดี ถ้าพื้นที่น้อย จำนวนโคมีมากจะมีปัญหาพื้นคอกแฉะ โคเบียดกัน และแย่งอาหารกัน ทำให้การเติบโตไม่เท่ากัน หากสร้างหลังคาคลุมพื้นที่ทั้งหมดจะมีข้อดี คือ ไม่ทำให้พื้นคอกแฉะในฤดูฝน แต่ก็มีข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองค่าวัสดุโดยใช้เหตุ และโคอาจไม่ได้รับแสงแดดทำให้ขาดวิตามินดีได้



รูปที่ 2-1 โรงเรือน โคขุนหรือ โรงเรือนเลี้ยงโค

พื้นคอกหากเทคอนกรีตทั้งหมดจะสามารถแก้ปัญหาเรื่องพื้นคอกแฉะ เป็นโคลนในฤดูฝนได้ แต่จะสิ้นเปลืองต้นทุนมาก พื้นคอนกรีตที่เท ควรหนาประมาณ 7 เซนติเมตร อาจผูกเหล็กเส้นหรือไม่ผูกก็สามารถรับน้ำหนักโคขุนได้ แต่ต้องอัดพื้นด้านล่างให้แน่น และสม่ำเสมอ ก่อน ส่วนฟาร์มขนาดใหญ่ หากต้องการให้รถบรรทุกหรือแทรกเตอร์เข้าไปในคอกได้ จำเป็นต้องเทคอนกรีตให้หนาประมาณ 10 เซนติเมตร และต้องผูกเหล็กด้วย หากเทคอนกรีต ควรทำพื้นหน้าคอนกรีตให้หยาบด้วยการใช้ไม้กวาดมือเลื้อยครูดให้เป็นรอย และพื้นคอกควรลาดเอียงประมาณ 2-4% หรือทำมุมประมาณ 15 องศา กับพื้นราบ จากด้านหน้าลงด้านหลังคอก เพื่อให้ น้ำล้างคอก และปัสสาวะไหลลงท้ายคอก ส่วนด้านท้ายคอกควรมีร่องน้ำ กว้างประมาณ 30 เซนติเมตร เพื่อรวมน้ำให้ไหลไปในทิศทางเดียวกัน และไหลลงจุดพัก หรืออาจให้ไหลลงแปลงหญ้าก็ยิ่งดี

ส่วนของหลังคา วัสดุใช้ทำหลังคา เช่น กระเบื้อง สังกะสี แผลก หญ้าคาหรือจาก หากหลังคามุงด้วยสังกะสี ควรให้ชายล่างสูงจากพื้นดินมากกว่า 2.50 เมตร เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก โดยเฉพาะในฤดูร้อน หากหลังคามุงด้วยวัสดุธรรมชาติ เช่น แผลก หญ้าคาหรือจาก ควรให้ชายล่างสูงจากพื้นดินประมาณ 2.50 เมตร และไม่ควรต่ำกว่านี้ เพราะโคอาจกัดกินหลังคาได้

เสาที่ใช้ เช่น เสาไม้ เสาเหล็กหรือแป้นน้ำ ที่เป็นเหล็ก มักมีปัญหาเสาเป็นสนิม และหัก โคนเสาได้ง่ายเมื่อใช้หลายปี แต่หากต้องการเสาเหล็กให้แก้ไขโดยการหล่อคอนกรีตหุ้ม โคนเสา โดยให้สูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร ควรใช้ท่อปล่องสวมหรือท่อเอสลอนเป็นปลอกหุ้มด้านนอกอีกชั้น เพื่อกันการกระแทกจากโคขุน เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีความคงทนดีกว่าเสาทุกชนิด แต่มีปัญหาในการกั้นคอกลำบากต้องใช้ไม้ตอกยึดเสาอีกชั้นสำหรับทำคอกกั้น เสาไม้มีอายุใช้งานประมาณ 1-5 ปี ขึ้นอยู่กับชนิดไม้ที่นำมาใช้ แต่หากนำเสาไม้ที่เป็นไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้กุ่ม ไม้กิก สามารถใช้ได้นานเป็นสิบปี การใช้เสาคอนกรีตฝังดิน โดยโผล่ขึ้นมาเล็กน้อยสำหรับต่อด้วยเสาไม้ มักเกิดปัญหาโคนเสาบริเวณรอยต่อหักจากแรงลมหรือจากถูกแรงกระแทกของโค

รั้วกั้นคอกวัสดุที่ใช้ เช่น ไม้เนื้อแข็ง ไม้ไผ่ ไม้สน เป็นต้น ซึ่งควรเลือกใช้ไม้ให้ถูกต้อง รั้วกั้นคอกรอบนอกโดยรอบควรกั้นทั้ง 4 แนว แนวบนสุดให้สูงจากพื้นดินอย่างน้อย 150 เซนติเมตร ส่วนรั้วคอกย่อยภายในให้กั้นอย่างน้อย 3 แนว การกั้นคอกควรให้ไม้อยู่ด้านในของเสา เพื่อให้เสาช่วยรับแรงกระแทกจากโค

รางอาหาร ควรสูงประมาณ 50-60 เซนติเมตร กว้างประมาณ 80-90 เซนติเมตร ซึ่งก่ออิฐ บล็อกหรืออิฐมอญ และฉาบปูนให้เรียบ ขอบรางด้านบนนอกเป็นแนวตรงดิ่ง ไม่เอียงจากพื้น ขอบราง ด้านในสำหรับให้โคเข้ากินอาหาร ให้สูงกว่าด้านบนนอกประมาณ 10-20 เซนติเมตร และขอบของราง ทำเป็นแนวโค้งมนไม่มีมุม เจริฐที่กั้นรางด้านหนึ่งสำหรับน้ำระบายออกได้ ท้องรางลาดเทเล็กน้อย ไปทางด้านระบายน้ำ โคขุน 1 ตัว ต้องการความยาวของรางอาหารประมาณ 50 เซนติเมตร และ ประมาณ 65 เซนติเมตร หากโคมีขนาดใหญ่

อ่างน้ำ ควรอยู่ในมุมใกล้กับรางอาหาร และให้อยู่จุดต่ำสุดของคอก แต่อาจวางอยู่นอกคอกก็ได้ แต่ต้องทำช่องให้โคโผล่หัวออกไปดื่มน้ำได้ ขนาดอ่างน้ำควรสูงประมาณ 60 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร และยาว 90 เซนติเมตร ก่อด้วยอิฐ ฉาบปูนให้เรียบ และให้มีรูระบายน้ำด้านล่าง เพื่อ ทำความสะอาด โค 1 ตัว ดื่มน้ำประมาณวันละ 20-30 ลิตร

มุ้ง พื้นที่ที่มียุงหรือแมลงวันรบกวน โดยเฉพาะในฤดูฝน มุ้งจะมีความจำเป็นมาก ซึ่งจะช่วย ในหลายด้าน คือ ป้องกันการถูกดูดกินเลือดจากยุง และแมลงต่างๆ ป้องกันแมลงคอมตา เพื่อไม่ให้ เกิดตาอักเสบ และพยาธิในตา ลดการหกหล่นของอาหารจากการรบกวนของแมลง เนื่องจากหากมี แมลงรบกวนมาก โคจะแกว่งศีรษะไล่แมลงขณะกินอาหารซึ่งจะทำให้อาหารหกหล่น

ปศุศาสตร์นิวส์ (2560)

2.2 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2.1 บอร์ด Raspberry Pi

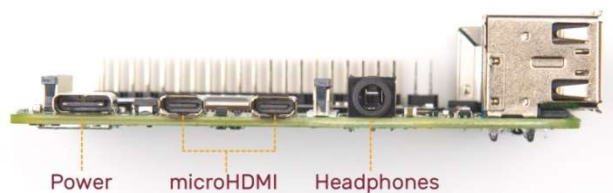
Raspberry Pi คือ คอมพิวเตอร์ราคาประหยัด ขนาดเท่าบัตรเครดิต ออกแบบมาเพื่อ ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์และการเขียนโปรแกรม เช่น Scratch และ Python นอกจากนั้น ก็ยังสามารถทำงานได้เหมือนกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะทั่วไป เช่น เข้า Browser เพื่อท่องอินเทอร์เน็ต เล่นวิดีโอความละเอียดสูง พิมพ์งาน Spreadsheets หรือ Word-Processing หรือเล่นเกมส์

Raspberry Pi ถูกยอมรับและใช้งานอย่างหลากหลาย ในโปรเจกต์ต่าง ๆ ทั่วโลก ตั้งแต่เครื่องเล่นเพลง เครื่องตรวจจับ กล้องถ่ายรูป สถานีวัดอากาศ และอื่น ๆ อีกมากมาย ตั้งแต่อดีต บอร์ด Raspberry Pi มีวิวัฒนาการอยู่หลายรุ่นหลายเวอร์ชัน

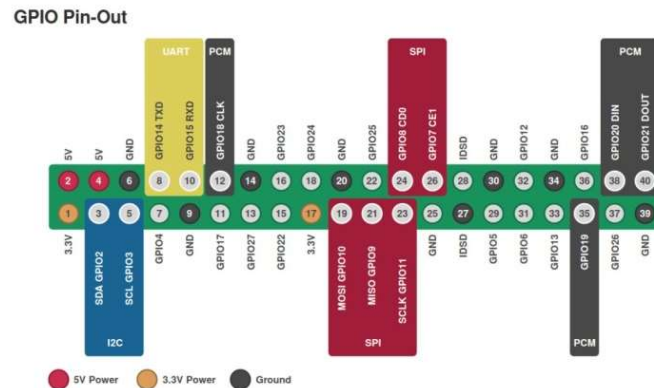


รูปที่ 2-2 ภาพบอร์ด Raspberry Pi
(ที่มา : Raspberry Pi 4 Computer Model B, 2563. ออนไลน์)

Raspberry Pi 4 Model B เป็นบอร์ดตัวใหม่จาก Raspberry Pi Foundation ที่ใช้ Broadcom BCM2711 Quad-Core ARM Cortex-A72 ความเร็ว 1.5 GHz เป็นหน่วยประมวลผลหลัก โดยมีขนาดของหน่วยความจำ LPDDR4-2400 ให้เลือกทั้งหมด 3 ขนาด (1GB 2GB และ 4GB) บอร์ดใช้ชิพ Wireless LAN แบบ Dual-Band รองรับ 2.4 GHz และ 5 GHz พร้อมรองรับ Bluetooth 5.0 BLE มีพอร์ต LAN รองรับ Gigabit Ethernet พอร์ต USB 3.0 Host Type A จำนวน 2 พอร์ต และ USB 2.0 Host Type A จำนวน 2 พอร์ต มีพอร์ต micro-HDMI จำนวน 2 พอร์ต รองรับการเชื่อมต่อจอ 4K60P บอร์ดรุ่นใหม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟที่มีคอนเน็คเตอร์แบบ USB Type-C ควรใช้งานร่วมกับแหล่งจ่ายที่สามารถจ่ายกระแสได้ 3A ที่ระดับแรงดัน 5V (15 W) บอร์ดรุ่นใหม่ใช้คอนเน็คเตอร์แบบ micro-HDMI รองรับการเชื่อมต่อ 2 จอภาพ (ขึ้นกับระบบปฏิบัติการที่ใช้งานด้วย) สำหรับ Raspbian OS สามารถปรับค่าได้ใน Configurations บอร์ดต้องติดตั้ง OS ที่อัปเดตเพื่อรองรับ CPU ตัวใหม่ด้วย สำหรับ Raspbian OS ให้ใช้เวอร์ชัน Buster (based-on Debian 10) ควรใช้ตัวอัปเดตตั้งแต่ July 2019 ขึ้นไป (2019-07-10) หากติดตั้งผ่าน NOOBS ควรใช้ Version 3.2.0 (2019-07-10) ขึ้นไป



รูปที่ 2-3 ตำแหน่งของพอร์ตต่ออุปกรณ์ภายนอก
(ที่มา : www.arduitronics.com, 2563. ออนไลน์)



รูปที่ 2-4 ตำแหน่งของตัวเชื่อมต่อขา GPIO Pin-Out
(ที่มา : www.arduitronics.com. 2563. ออนไลน์)

2.2.2 บอร์ดโนดเอ็มชียู (NodeMCU ESP8266)

NodeMCU คือ แพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็ก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built-in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ NodeMCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมาก โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็ก การควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆอีกมากมาย



รูปที่ 2-5 NodeMCU ESP8266
(ที่มา: อานนท์ ฅ หนองคาย, 2560)

ข้อดีของบอร์ด Arduino ESP8266

1. เป็นโปรแกรมแบบเปิด มี คำสั่งหรือโค้ดในโปรแกรม (Source code) ให้ได้เรียนรู้อยู่บน Github ตามลิงค์ <https://github.com/esp8266/Arduino>
2. สามารถกด upload sketch ได้ เชื่อมต่อบอร์ด USB กับคอมพิวเตอร์ใช้งานง่าย ขนาดของบอร์ดต่อลง Protoboard ได้
3. ชิพภายใน ESP8266 มี CPU ขนาด 32 bit แตกต่างจาก Arduino ที่เป็น CPU 8 bit
4. สามารถเขียนโปรแกรมลงบนขา GPIO ได้ทุกขาพอกัน เป็นข้อดีที่เพิ่มมาจากความต้องการใช้ WIFI เชื่อมต่อเมื่อต้องการใช้งานบอร์ดอาดูโน (Arduino) ทำให้ต้องซื้อ Module wifi เพิ่ม นั่นคือ NodeMCU (ESP8266) มีต้นทุนต่ำกว่ามาก
5. มีอุปกรณ์หลายอย่างที่ใช้งานที่แรงดัน +3.3 V เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเราสามารถนำ NodeMCU (ESP8266) มาใช้เชื่อมต่อได้โดยตรง

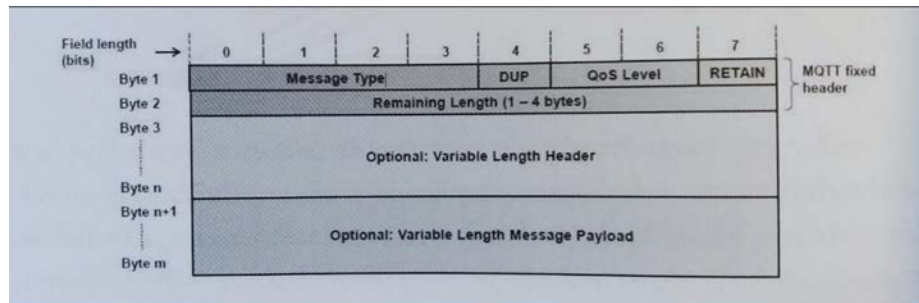
Protocol เพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องครบถ้วน ซึ่ง Protocol แต่ละตัวก็จะเหมาะสมสำหรับลักษณะ งานที่แตกต่างกันออกไป เช่น HT UP สำหรับเว็บ FTP สำหรับการรับส่งไฟล์ SMTP สำหรับการส่ง อีเมล เป็นต้น

ในระบบ IoT ก็มีลักษณะคล้ายกัน คือมีอุปกรณ์หรือสิ่งของต่างๆ เชื่อมต่อกันเป็นเครือข่าย ก็ ต้องอาศัย Protocol เพื่อใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลเพื่อแลกเปลี่ยน ประมวลผล หรือเพื่อควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในเครือข่าย เช่น เมื่ออุณหภูมิของเครื่องจักรสูงขึ้นจนถึงพิกัด บั๊มน้ำ ระบบ หล่อเย็น ก็จะทำการสูบน้ำส่งมาหล่อเย็นเครื่องจักรนั้น และเมื่ออุณหภูมิลดจนถึงจุดหนึ่ง บั๊มน้ำก็หยุด การสูบน้ำ เป็นต้น

MQTT (MQ Telemetry Transport) เป็น Protocol สื่อสารแบบเครื่องกับเครื่อง หรือที่ เรียกว่า Machine-to-machine Protocol (M2M) ทำงานในรูปแบบ Publish/Subscribe คือ ทำการส่ง (Publish) ข้อมูลออกไป ส่วนผู้รับสนใจต้องการรับข้อมูลอะไรก็ทำการ “สมัคร” (Sub - Scribe) รับ เฉพาะเรื่องที่สนใจ ลักษณะคล้ายๆ วิทยุกระจายเสียงที่ผู้ส่งก็ทำหน้าที่ส่งหรือแพร่กระจายข้อมูล ข่าวสาร ซึ่งอาจจะมีหลายช่องหลายคลื่น ส่วนผู้รับสนใจรับข้อมูลจากช่องใดก็ทำการจูนคลื่นรับ เฉพาะที่ต้องการ

MQTT ออกแบบและพัฒนาโดย Dr. Andy Stanford-Clark (IBM) และ Arlen Nine (Cirrus Link) ในปี 1999 โดยเน้นการออกแบบให้ Protocol ใช้ Bandwidth น้อยและกินพลัง ต่ำ สามารถ ทำงานในลักษณะ Push ข้อความไปยังเครื่องในกลุ่มเครือข่ายได้ตามเหตุการณ์ (Event Driven) โดย ไม่ต้องเขียนโปรแกรมให้ทำงานแบบคอยตรวจสอบเป็นระยะๆ (Polling) ปัจจุบัน MQTT ได้มีการ พัฒนาปรับปรุง เวอร์ชันล่าสุดคือ V3.1.1

MQTT เป็น Protocol หนึ่งที่นิยมใช้กับงาน IoT เนื่องจากแพ็คเกจข้อมูล (Data Packet) ที่ รับส่งมีขนาดเล็ก ลดการใช้ Bandwidth (Lightweight publish/subscribe messaging transport) ทำให้ประหยัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ IoT ซึ่งประเด็นการประหยัดพลังงานถือว่าเป็นเรื่อง สำคัญ มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นหลัก เช่น อุปกรณ์ IoT เชื่อม ต่อกับ เซ็นเซอร์ซึ่งติดตั้งอยู่ในที่ห่างไกลไม่มีไฟฟ้าใช้ แล้วต้องทำการรายงานค่าเซ็นเซอร์เป็นระยะๆ อย่างต่อเนื่อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดัน ฯลฯ



รูปที่ 2-8 แสดงโครงสร้างแพ็กเกจในการรับส่งข้อมูล MQTT [mqtt.org]

2.3.1 องค์ประกอบและหลักการทำงานการรับส่งข้อมูล MQTT

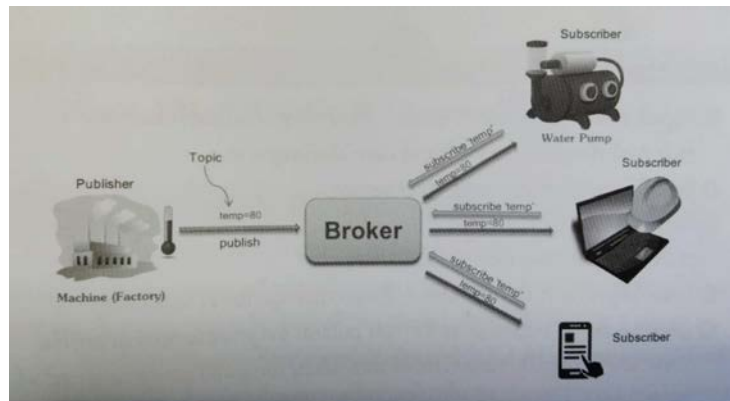
MQTT ทำงานอยู่บน TCP/IP มีความเชื่อถือได้สูง ทำงานคล้ายกับ HTTP คือ Request/Response แต่ใน MQTT จะเรียกวิธีรับส่งข้อมูลว่า การสมัครและการเผยแพร่ หรือ Subscribe/Publish ซึ่งตัว Protocol รองรับการเชื่อมต่อและส่งข้อมูลแบบ 1 ตัวต่อหลายอุปกรณ์ (One to many Message Distribution) ในแง่ของการนำไปใช้งานนั้น สามารถพัฒนาเขียน โปรแกรมใช้งานกับอุปกรณ์ IoT และอุปกรณ์พก และอุปกรณ์พกพา (Mobile Devices) ได้ไม่ยาก เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงาน ขอ เช่น ระบบหนึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ (Things/Devices) ดังนี้

เครื่องจักร (Machine) ในโรงงาน โดยที่เครื่องจักรมีเซ็นเซอร์ตรวจจับและรายงานอุณหภูมิ เซ็นเซอร์ต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT แล้วส่งข้อมูลอุณหภูมิให้กับระบบ ในที่นี้ถือว่าเป็นตัวส่ง ซึ่ง MQTT เรียกว่า Publisher

ปั๊มน้ำซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณแหล่งน้ำที่อยู่ห่างไกลออกไปจากตัวโรงงานทำหน้าที่สูบน้ำส่งไปตามท่อเพื่อหล่อเย็นเครื่องจักรไม่ให้อุณหภูมิสูงเกินไป ในที่นี้ถือว่าเป็นตัวรับ ซึ่ง MQTT เรียกว่า Subscriber

วิศวกรทำหน้าที่มอนิเตอร์ติดตามอุณหภูมิการทำงานของเครื่องจักร ในที่นี้ถือว่าเป็นตัวรับ ซึ่ง MQTT เรียกว่า Subscriber 6 ผู้ดูแลฝ่ายอื่นที่ต้องการดูข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรเช่นกัน ในที่นี้ถือว่าเป็นตัวรับซึ่ง MQTT เรียกว่า Subscriber ในตัวอย่างนี้มีประเด็นที่สำคัญคืออุณหภูมิ โดยมีข้อตกลงว่า ถ้าอุณหภูมิสูงถึงจุดหนึ่ง ปั๊มน้ำจะต้องทำงาน สูบน้ำมาระบายความร้อนเครื่องจักร เมื่อ

อุณหภูมิถึงจุดที่พอเหมาะแล้ว ปั๊มก็จะหยุด งาน เพื่อประสานการทำงานกับทุกฝ่ายได้อย่างเหมาะสม ก็จะมีตัวศูนย์กลางขึ้นมา 1 ตัว ในที่นี้



รูปที่ 2-9 แสดงตัวอย่าง IoT ที่ใช้งาน MQTT Protocol

เบรกเกอร์ (Broker) ทำหน้าที่คล้ายกับเป็นเครื่องแม่ข่ายหรือศูนย์กลางรับข้อมูลการรายงาน อุณหภูมิมาจากเซ็นเซอร์ของเครื่องจักร ข้อมูลที่ต้องการรับส่งในระบบเรียกว่า Message โดยจะต้องมีการตั้งชื่ออ้างอิงหัวข้อ subject เพื่อให้ผู้รับและผู้ส่งสื่อได้ตรงกัน ใน MQTT เรียกว่า Topic (คล้ายกับหรือชื่อตัวแปรของการเขียนโปรแกรมส่งค่าฟังก์ชัน หรือ Key-Value Pair) เช่น ในที่นี้ตั้งชื่อว่า เพื่อหา temp

การทำงานเริ่มจากผู้รับข้อมูล (Subscribers) ได้แก่ IoT ปั๊มน้ำ คอมพิวเตอร์ของอุปกรณ์พกพาของผู้ดูแลจึงไปยัง Broker ว่าต้องการติดตามรับข้อมูล Topic ชื่อ Temp สมัครงเรียกว่า Subscribe (คล้ายกับการสมัครสมาชิกรับข้อมูลข่าวสารจากเว็บหรือวาร จารูปที่ 2 จะเห็นว่า IoT ปั๊มน้ำ คอมพิวเตอร์ของวิศวกร และอุปกรณ์พกพาของผู้ดูแลทำการ Subscribe หัวข้อ Topic ชื่อ temp ไปยัง Broker

เมื่อผู้ส่ง (Publisher) ซึ่งในที่นี้คือเซ็นเซอร์อุณหภูมิเครื่องจักร ต้องการส่งข้อมูล ก็จะทำ การส่ง หรือ publish หัวข้อ Topic ชื่อ temp ออกไปตามหน้าที่เช่น จากรูป 2 ค่าอุณหภูมิ 80 ดังนั้นค่าที่ส่งออกไปคือ temp=80 ที่ตัว Broker ก็จะดูว่ามีผู้รับ (Subscribers) ใดที่แจ้งสมัคร รับ

ข้อมูล Topic ชื่อ temp นี้ไว้แล้วบ้าง จากนั้นก็จะส่งข้อมูลไปยังผู้รับนั้น ซึ่งในที่นี้Broker จะ ทำการส่ง temp=80 ไปยังผู้รับทุกคน โดยการทำงานเป็นลักษณะ Push

เมื่อผู้รับได้รับข้อมูลแล้ว ก็จะทำการประมวลผลซึ่งก็แล้วแต่เงื่อนไขการทำงานหรือ Logic ของ แต่ละอุปกรณ์ เช่น IoT ป้อนน้ำ ก็ตรวจสอบเงื่อนไข ถ้า temp $\geq$ 80 ก็สั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน ฯลฯ จาก ภาพรวมจะเห็นว่าการทำงานคล้ายกับ Client/Server Model ที่มีตัวศูนย์กลางบริการ 1 ตัว และมี เครื่องลูกข่ายรับส่งข้อมูล

2.4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สัมบูรณ์

2.4.1 อุณหภูมิ (Temperature)

คือค่าตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กับระดับพลังงานจลน์ภายในอะตอมในระบบของสสารสัมบูรณ์ (Absolute Temperature) ระดับพลังงานที่อุณหภูมิ 0 เคลวิน (-273°C) อะตอมไม่มีพลังงานอยู่เลย ดังนั้นอนุภาคทุกอย่างภายในอะตอมหยุดนิ่ง แม้กระทั่งอิเล็กตรอนก็ไม่โคจรรอบนิวเคลียส แต่เมื่ออะตอมได้รับพลังงานจนมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้น อิเล็กตรอนก็จะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสและยกระดับชั้นวงโคจรสูงขึ้น ถ้าหากอะตอมได้รับพลังงานจนมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีก อิเล็กตรอนอาจจะยกตัวหลุดจากวงโคจรกลายเป็นประจุ (Ion) อย่างไรก็ตามพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศที่เราอยู่อาศัยมีอุณหภูมิประมาณ $139 - 331$ เคลวิน (-89°C ถึง 58°C) ที่ระดับพลังงานขนาดนี้ อะตอมจะไม่อยู่อย่างโดดเดี่ยวแต่จะเกาะตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของโมเลกุลทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) ในปัจจุบันสเกลอุณหภูมิที่นิยมใช้มี 3 ระบบ ดังนี้

องศาฟาเรนไฮต์ ปี ค.ศ.1714 กาบรีเอล ฟาเรนไฮต์ (Gabriel Fahrenheit) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เทอร์มอมิเตอร์ซึ่งบรรจุปรอทไว้ในหลอดแก้ว เขาพยายามทำให้ปรอทลดต่ำสุด (0°F) โดยใช้น้ำแข็งและเกลือผสมน้ำ เขาพิจารณาจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 32°F และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 212°F ปัจจุบันสเกลฟาเรนไฮต์เป็นที่นิยมแต่ในประเทศสหรัฐอเมริกา

องศาเซลเซียส ปี ค.ศ.1742 แอนเดอร์ส เซลเซียส (Anders Celsius) นักดาราศาสตร์ชาวสวีเดน ได้ออกแบบสเกลเทอร์มอมิเตอร์ให้อ่านได้ง่ายขึ้น โดยมีจุดหลอมละลายของน้ำแข็งเท่ากับ 0°C และจุดเดือดของน้ำเท่ากับ 100°C สเกลเซลเซียสจึงได้รับความนิยมใช้กันทั่วโลก อย่างไรก็ตามทั้งสเกลฟาเรนไฮต์และเซลเซียสอ้างอิงอยู่กับจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งที่ใช้ทั่วไปในชีวิตประจำวันองศาสัมบูรณ์

ในคริสต์ศตวรรษที่ 19 ลอร์ด เคลวิน (Lord Kelvin) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิว่า ณ อุณหภูมิ -273°C อะตอมไม่มีพลังงาน และไม่มีอุณหภูมิใดต่ำไปกว่านี้ เขาจึงกำหนดให้ $0\text{ K} = -273^{\circ}\text{C}$ (ไม่ต้องใช้เครื่องหมาย $^{\circ}$ กำกับหน้าอักษร K) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ศึกษาความสัมพันธ์และการถ่ายเทพลังงานของสสาร ดังนั้นในวงการวิทยาศาสตร์จึงนิยมใช้สเกลองศาสัมบูรณ์ มากกว่าองศาฟาเรนไฮต์และองศาเซลเซียส ความสัมพันธ์ของสเกลอุณหภูมิ (ที่มา <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/temperature>)

$$\text{ระยะสเกลฟาเรนไฮต์} = 212^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}\text{F} = 180^{\circ}\text{F}$$

$$\text{ระยะสเกลเซลเซียส} = 100^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$\text{สเกลทั้งสองแตกต่างกัน} = 180/100 = 1.8$$

2.4.2 ความชื้นสัมพัทธ์สัมบูรณ์

ในสภาวะอากาศที่อยู่รอบตัวเรา เราสัมผัสกับอากาศที่มีปริมาณไอน้ำอยู่ในอากาศ ในบริเวณที่อากาศมีความชื้นมาก นั้นหมายความว่าอากาศมีปริมาณไอน้ำปะปนอยู่มาก เช่นเดียวกันว่า ถ้าในบริเวณที่มีความชื้นน้อย หมายความว่าอากาศบริเวณนั้นมีไอน้ำปะปนอยู่น้อย ความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ ค่าความชื้นในบรรยากาศนิยมนวัดกันใน 2 รูปแบบดังนี้

2.4.2.1 การวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ การวัดอัตราส่วน (เป็นร้อยละ) ของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศในขณะนั้น ต่อ ปริมาณไอน้ำที่อาจจะมียู่ได้ เมื่ออากาศนั้น อิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว” มีหน่วยวัดเป็น % โดยอากาศอิ่มตัวจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 100 % หมายถึงความชื้นที่มีไอน้ำอยู่เต็มอากาศ สังเกตจากช่วงฝนตกใหม่ ๆ อาจจะมีความชื้นที่สูงเกือบ 100%

2.4.2.2 การวัดความชื้นสัมบูรณ์ (absolute humidity) คือการวัดปริมาณของไอน้ำในอากาศเป็นกรัมต่อ อากาศขึ้นหนัก 1 กิโลกรัม หรือ อัตราส่วนระหว่างมวลน้ำที่มีอยู่จริงต่อ ปริมาตรอากาศ ความชื้นและการวัดความชื้นในอากาศมีความสำคัญเพราะปริมาณไอน้ำ เป็นสิ่งที่ช่วยบอกสภาพหรืออุณหภูมิของอากาศปัจจุบัน และในอนาคตล่วงหน้าได้ ความชื้นในอากาศมีส่วนสำคัญในหลาย ๆ ด้านในการใช้ชีวิตประจำวันอย่างไม่ว่าตัว หนึ่งมีความสำคัญมากในด้าน

การเกษตร ซึ่งมีความสำคัญมากต่อสภาพแวดล้อมและการเพาะปลูกพืชต่าง ๆ หรือแม้กระทั่งการตากผ้า ในสภาพอากาศที่มีความชื้นต่ำ น้ำจะระเหยได้มากทำให้เสื้อผ้าที่ตากไว้แห้งได้เร็ว แต่ถ้าอากาศที่มีความชื้นสูงน้ำจะระเหยได้น้อยเสื้อผ้าที่ตากไว้จะแห้งช้า ความชื้นที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตมีค่า 60 % ซึ่งเป็นความชื้นที่รู้สึกสบายตัวหากความชื้นสัมพัทธ์มีค่าน้อยกว่า 60 % จะรู้สึกว่าอากาศแห้งผกแห้งหรือว่าตากไปเลยก็เลยมักจะเกิดขึ้นในฤดูหนาว แต่ถ้ามากกว่า 60% จะทำให้อากาศร้อนและมีเหงื่อ เหนียวตัว อึดอัด

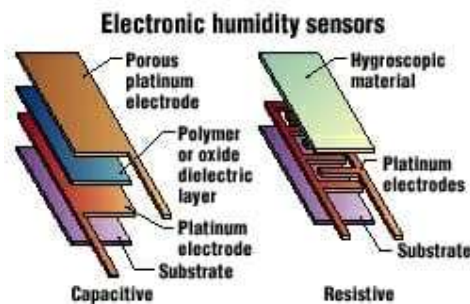
2.5 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

เซ็นเซอร์วัดความชื้น (Humidity Sensor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าความชื้น โดยความชื้นนี้มาจากความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity หรือ RH) ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์หมายถึง “อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว” ซึ่งค่าความชื้นสัมพัทธ์จะแสดงในรูปของร้อยละ (%) มีหน่วยเป็น %RH นอกจากการบอกค่าความชื้นสัมพัทธ์แล้วนั้น ยังมีค่าความชื้นในรูปแบบต่างๆ ที่เราควรรู้จักอีก เช่น ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity): เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อ 1 หน่วยปริมาตรของอากาศ มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เมตรความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity): เป็นอัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอากาศต่อมวลของอากาศแห้งหรือมวลอากาศเพียงอย่างเดียว มีหน่วยเป็น กรัมไอน้ำ/กรัมอากาศแห้ง โดยทั่วไปแล้ว Humidity Sensor จะสามารถวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้ในช่วง 10-90 %RH เซ็นเซอร์วัดความชื้นหรือเครื่องวัดความชื้นที่มีใช้กันในงานอุตสาหกรรมนั้นจะมีหลักการทำงานด้วยกัน 3 แบบ คือ

1. Capacitive Humidity Sensor เซ็นเซอร์แบบนี้มีโครงสร้างภายในที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพลีเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ซึ่งจะถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางจะถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุนเพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด โดยค่าความชื้นนี้จะทำให้เปลี่ยนแปลงค่า dielectric constant (ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริก ซึ่งก็คือฉนวน) ทำให้เกิดการผันผวนของค่าความต้านทานที่ substrate (สารตัวนำ) โดยเมื่อค่า

ความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF ซึ่งเซ็นเซอร์แบบนี้มักนิยมใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม

2. Resistive Humidity Sensor โครงสร้างภายในของเซ็นเซอร์นี้จะประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วน วางอยู่บนฐาน (substrate) โดยตัวฐานนั้นจะถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือ โพลีเมอร์ (Conductive Polymer) หลักการทำงานของเซ็นเซอร์ชนิดนี้คือจะใช้การวัดจากการเปลี่ยนค่าอิมพีแดนซ์ของวัสดุจากความชื้น เมื่อเซ็นเซอร์ดูดซับไอน้ำและไอออนแตกตัวทำให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น เมื่อความต้านทานเปลี่ยนไปตามความชื้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร กระแสไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อส่งต่อไปยังวงจรต่างๆ ต่อไป

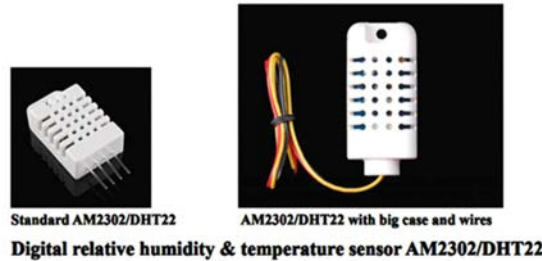


รูปที่ 2-10 ภาพโครงสร้างภายในของ Capacitive และ Resistive Humidity Sensor

ที่มา: <http://machinedesign.com/news/sensor-sense-humidity-sensors>

3. Thermal Conductivity Humidity Sensor เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity) จะอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้งกับอากาศที่มีไอน้ำ โครงสร้างภายในจะประกอบไปด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งจะบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจนและเทอร์มิสเตอร์อีกตัวจะถูกวางอยู่ในบรรยากาศ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองทำให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่าเทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ

ความแตกต่างของอุณหภูมินี้ จึงเป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบกับไนโตรเจนแห้งและทำให้ความแตกต่างค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสมบูรณ์



รูปที่ 2-11 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น AM2302/DHT22

2.6 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน

2.6.1 หลักการทำงาน

เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน หรือ Soil moisture sensor ทำงานโดยนำขาทัง 2 ข้างปักลงไปในดิน เพื่อทำการวัดค่าความชื้นโดยมีการทำงานคือ ถ้าดินแห้งจะได้ค่าความต้านทานมาก ถ้าดินชื้น ก็จะได้ค่าความต้านทานน้อย การอ่านค่าของ Soil moisture sensor module นี้สามารถให้ค่าได้ 2 แบบ คือ อ่านค่าแบบ Analog คืออ่านค่าความชื้นและให้ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1024 และอ่านค่าแบบ Digital คือเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ถ้ามากกว่าก็ให้ logic HIGH คือการสั่งเปิด ถ้าต่ำกว่าก็ LOW คือการสั่งปิด

2.6.2 เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน (TDR Soil Moisture sensor)

เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน รุ่น X-SM01 เป็นเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินแบบ TDR soil moisture sensor มีช่วงการวัดความชื้นดินอยู่ในช่วง 0-100% ซึ่งมีค่าเอาต์พุตแบบอะนาลอกเป็นแรงดันแบบ voltage สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์อาduino ESP32 หรืออื่นๆได้ โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ หรือ 5 โวลต์ซึ่งเซ็นเซอร์ถูกออกแบบให้สามารถวัดความชื้นดินแบบฝังกลบได้ แชนน้ำได้ จึงเหมาะสมกับการใช้งานวัดความชื้นตามไร่ และฟาร์มต่าง ๆ ที่ต้องการทราบความชื้นดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานสำหรับทำเป็นสมาร์ทฟาร์มได้

คุณสมบัติเฉพาะ ช่วงการวัดความชื้นดิน 0 ถึง 100 % ความถูกต้องในการวัดความชื้น ± 3

ความละเอียดในการวัดความชื้น 0.5 % แหล่งจ่าย Supply 3.3 V หรือ 5V ขนาด 140 x 45 x 15 mm ตั้งแต่ case ถึงปลายโพรบ โพรบทำมาจาก Stainless 316 สายสีแดง (Supply) สายสีดำ (GND) สายสีเหลือง (แรงดันเอาต์พุต)



รูปที่ 2-12 เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน รุ่น X-SM01

2.7 ระบบพ่นหมอก

ระบบพ่นหมอก คือ ระบบที่ใช้สำหรับปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมชั่วคราวและช่วยเพิ่มความชื้นที่พืชหรือผู้ใช้งานต้องการด้วยในขณะเดียวกัน อีกทั้งยังใช้ในการดับกลิ่น ลดฝุ่นและช่วยให้เกิดการระบายอากาศได้ดีขึ้น ระบบพ่นหมอกทำงานอย่างไร หัวพ่นหมอก ที่ใช้ในระบบพ่นหมอกนั้นแบ่งได้ 2 แบบหลัก คือ แรงดันสูงและแรงดันต่ำ ระบบพ่นหมอกแรงดันสูงนั้นคือ กระบวนการที่ส่งออกอนุภาคของน้ำไปสู่ระดับไมครอน เราจึงจะเห็นน้ำที่เป็นฝอยละเอียดมากเมื่อใช้ระบบพ่นหมอกแรงดันสูง

หัวพ่นหมอก นั้นเป็นส่วนประกอบทั่วไปที่จะต้องคำนึงถึงเมื่อเราจะติดตั้งระบบพ่นหมอก ซึ่งจะถูกออกแบบให้มีรูขนาดเล็ก อยู่ที่ปลายหัวพ่น ระบบพ่นหมอกแรงดันสูง การทำระบบนี้สิ่งแรกที่เราจะคำนึงถึงคือการกรองตะกอนจากน้ำก่อนและค่อยพ่นน้ำออกมา น้ำที่ถูกพ่นออกมาจะถูกทำให้เกิดการกระจายตัวของน้ำโดยการเลือกใช้หัวพ่นหมอกซึ่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าต้องการ

ให้มีความละเอียด และฟังขนาดไหน ซึ่งระบบพ่นหมอกนี้จะช่วยให้เกษตรกรประหยัดน้ำและพลังงานได้อย่างมาก ในระบบพ่นหมอกแรงดันต่ำ น้ำจะถูกพ่นออกมาในระดับความดัน 6-7 บาร์ ซึ่งน้อยกว่าแรงดันในระบบพ่นหมอกแรงดันสูงที่จะมีค่าแรงดันอยู่ที่ 70-150 บาร์

2.8 การใช้งานแอปพลิเคชันที่เชื่อมต่อกับ LINE API

API คือ Line Application Program Interface เป็นคำสั่งที่อนุญาตให้โปรแกรมซอฟต์แวร์สามารถสื่อสารระหว่างกันได้ API เป็นช่องทางสำหรับขอใช้บริการคำสั่งจากระบบปฏิบัติการ (Operation System) หรือแอปพลิเคชัน (Application) ซึ่งได้ถูกประกาศเผยแพร่เอกสารเมื่อกลางปี 2016 เพื่อให้ นักพัฒนาระบบได้เข้ามาทดสอบและใช้งานเรียกว่า Messaging API การทำงานของ Messaging API ทำการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานผ่านทางบัญชีผู้ใช้งานไลน์ซึ่งด้วย Messaging API นี้เราจะสามารถรับเพื่อนรวมถึงส่งข้อความไปหาผู้ใช้งาน คนอื่นๆ ที่เป็นเพื่อนได้หรือส่งออกจากเครื่องแม่ข่ายได้ในรูปแบบการโต้ตอบแบบอินเทอร์แอคทีฟ



รูปที่ 2-13 การทำงานของ LINE API

(ที่มา : Suphakit Annopornchai , 4 ธันวาคม 2563)

2.8.1 การรับข้อมูลจาก แพลตฟอร์มไลน์

ข้อมูลจะถูกส่งมาที่ URL ของ server เรา เมื่อไรก็ตามที่มี user ทำการติดต่อกับ account ของเรา ซึ่งมีด้วยกัน 2 แบบ คือ

1. User ส่งข้อความ (message)
2. User มี action เช่น add LINE ID ของเราเป็นเพื่อน (operation)

รูปแบบข้อมูลที่ส่งมาจะผ่านทาง HTTP ที่เราตั้ง URL ไว้กับไลน์ (LINE) โดยข้อมูลจะอยู่ในรูป JSON format ซึ่งมีเนื้อข้อมูลตามโอเปอเรชั่น (operation) ที่ยูเซอร์ (user) ดึงต่อไป และทุกๆ request จะมี signature ใส่ออกไปในส่วน header ด้วย ซึ่ง server เราจะต้องทำการตรวจสอบ signature นี้ว่าถูกส่งมาจากไลน์แพลตฟอร์ม (LINE Platform) จริงๆ ไม่ใช่มีผู้ปลอมแปลงส่งมา

2.8.2 การส่งข้อมูลไปหา LINE Platform

เราสามารถใช้อีพีไอเอส (APIs) ที่ทางไลน์แพลตฟอร์ม (LINE Platform) ให้ไว้ใช้สำหรับการส่งข้อมูลจาก server เราไปหาผู้ใช้ (user) ซึ่งความสามารถที่ทำได้คือ

1. ส่งข้อความ ไปยังผู้ใช้ (user) หรือ ใครก็ตามที่เพิ่มเราเป็นเพื่อนไว้
2. ดึงข้อมูลชื่อคิสเพลย์ (display) ของผู้ใช้ (user)

ซึ่งเซิร์ฟเวอร์ (server) เราสามารถเรียก เอพีไอเอส (APIs) เพื่อส่งข้อความ (message) ไปหาผู้ใช้ (user) ได้ตลอดเวลา โดยเราจะต้องทำการตั้งค่า Channel access token (Channel ID), Channel secret และ Channel MID ซึ่งเอพีไอเอส (APIs) ทั้งหมดนี้ต้องใช้ผ่าน HTTPS

2.9 แพลตฟอร์ม Anto.io (Anto IoT platform)

เป็น IoT Platform ที่ทำให้เราสามารถเรียนรู้และเข้าใจเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานเบื้องต้นเกี่ยวกับ IoT ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยความที่ Anto นั้นได้เรียงลำดับในการอธิบายได้ดี ซึ่งเริ่มจาก Introduction จะพูดถึง Anto มีหน้าที่ทำอะไร และรองรับอุปกรณ์ใดบ้าง พร้อมทั้งมี Prepare และ Quick Start ที่มีขั้นตอนการอธิบายที่เรียบง่าย ทำให้เราสามารถใช้เวลาทำตามได้อย่างรวดเร็ว แต่ Anto นี้สามารถรองรับได้เพียง ESP8266 และ Arduino เท่านั้น จุดเด่นหลักของ Anto ก็คือมี Pattern การสอนที่เรียบง่าย ทำให้ทำตามได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Anto ยังมี Dashboard ในตัว มีความสวยงามและยืดหยุ่นมาก พร้อมทั้งยังสามารถดูค่าและปรับค่าของ Thing ได้ จากรูปลักษณ์แล้วทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้ง่ายมาก และหน้าตาออกมาใช้งาน พร้อมทั้งสามารถเปิดใช้ผ่านมือถือได้ นั่นคือเราสามารถเปิดเว็บ Anto แล้ว Login เข้ามาในหน้านี้ก็สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้

2.10 อุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในวงจร

กล้องไอพี คือ กล้อง CCTV ที่รวมความสามารถของคอมพิวเตอร์ไว้ในตัวกล้อง เป็นหนึ่งเดียวกัน กล้องไอพี จะเก็บภาพสถานการณ์และยังผ่านไปยังบนระบบเครือข่าย IP อนุญาตให้ผู้ใช้งาน

สามารถมองเห็นเหตุการณ์จากระยะไกล และสามารถจัดเก็บภาพเหตุการณ์นั้น รวมถึงการควบคุมหรือเซตกล้องผ่านทางระบบไอพีได้ กล้องไอพีแคมจะมีไอพีแอดเดรส (IP Address) เป็นของตัวเอง (ค่า Default 192.168.0.99) ผู้ใช้แค่ทราบ ข้อมูล IP ของกล้องเท่านั้นก็สามารถเรียกดูข้อมูลภาพจากกล้องได้โดยแค่พิมพ์ไอพี แอดเดรส (IP Address) ของกล้อง กล้องไอพีแคมจะไม่จำเป็นต้องต่อกับคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา กล้องวงจรปิดแบบไร้สายรุ่น VStarCam C7824WIP ติดตั้งง่ายใช้งานได้รวดเร็วเพียงสแกนบาร์โค้ด คุณภาพสูงภาพคมชัดระดับ HD 720P (1280x720) มี InfraRed LED มองเห็นชัด ในที่มีดสนิท รองรับ Micro SD Card 64GB มีไมโครโฟนและลำโพงในตัว พูดูผ่านตัวเครื่องได้ที่ทันที รองรับแอปพลิเคชันที่ใช้งาน ทั้งบน iOS และ Android

คุณสมบัติ

- ความละเอียด 1 Mega Pixel ภาพวิดีโอคมชัดทุกรายละเอียดคุณภาพระดับ HD 720P
- รูปแบบไฟล์ H.264 รองรับ Micro SD Card 64GB
- WiFi ใช้งานแบบไร้สายติดตั้งง่ายรวดเร็ว
- สามารถสั่งหมุนซ้าย-ขวา 355 องศา และขึ้น-ลง 110 องศา (ประมาณ)
- มี Motion Detection ตรวจจับภาพเคลื่อนไหว
- สนทนาโต้ตอบได้มีไมโครโฟนและลำโพงในตัว
- เลนส์มุมกว้าง 3.6 มม. พร้อม IR-Cut ภาพสีสวยคมชัด
- InfraRed LED 12 ดวงมองเห็นคมชัดในที่มืดสนิทระยะ โดยประมาณ 10 ม.



รูปที่ 2-14 กล้องไอพีแคมร่า

(ที่มา : 11street.co.th, 2563)

2.11 พันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่สำคัญ

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์(2563).หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) หญ้าเนเปียร์ แคระ และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ หญ้าเนเปียร์ มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกาเขตร้อน นำเข้ามาในประเทศไทย ครั้งแรกจากประเทศมาเลเซียเมื่อปี พ.ศ.2472 โดยนายอาร์ พี โจนส์ ต่อมา มีการนำหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ใหม่ ๆ เข้ามา และกำลังเป็นที่สนใจของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมคือหญ้าเนเปียร์แคระ (Mott Dwarf Elephantgrass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv.Mott. นายวิฑูรย์ กำเนิดเพชร นำเข้ามาจากมหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อพฤศจิกายน 2532 และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ (Kinggrass) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *P. purpureum* cv.Kinggrass นำเข้ามาจากประเทศอินโดนีเซีย โดยนายชาญชัย มณีคุลย์ เมื่อมกราคม 2533 หญ้าเนเปียร์และหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีทรงต้นเป็นกอค่อนข้างตั้งตรงคล้ายอ้อย หญ้าเนเปียร์ยักษ์มีลำต้นสูงใหญ่กว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา กล่าวคือหญ้าเนเปียร์ยักษ์เมื่อโตเต็มที่สูงประมาณ 3.80 เมตร ขณะที่หญ้าเนเปียร์สูงประมาณ 3 เมตร ส่วนหญ้าเนเปียร์แคระมีลักษณะทรงต้นเป็นพุ่มค่อนข้างตั้ง (bunch type) สูงประมาณ 1.60 เมตร มีสัดส่วนของใบต่อต้น และแตกกอดีกว่าหญ้าเนเปียร์อีกสองสายพันธุ์

หญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ต่าง ๆ มีเหง้า (rhizome) อยู่ใต้ดิน เป็นหญ้าอายุหลายปีเจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิดตั้งแต่ดินร่วนปนทราย ถึงดินเหนียวที่มีการระบายน้ำค่อนข้างดีตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำได้ดี เหมาะสำหรับปลูกบริเวณพื้นที่ที่มีฝนตกเฉลี่ยมากกว่า 1,000 มิลลิเมตรขึ้นไปแต่ก็ทนแล้งได้พอสมควร ไม่ทนน้ำท่วมขังและการเหยียบย่ำของสัตว์ ดินเมล็ดน้อย และมีความงอกต่ำ จึงต้องปลูกขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ 2 – 3 ท่อนต่อหลุม ระยะระหว่างหลุม 75 x 75 เซนติเมตร ต้นพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 1 ไร่ สามารถปลูกขยายพันธุ์ในพื้นที่ประมาณ 20 ไร่ ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 40 กิโลกรัม (18.4 กก.N) ต่อไร่ต่อปี โดยใส่ครึ่งหนึ่งก่อนปลูกหญ้า ส่วนที่เหลือแบ่งใส่ 2 ครั้ง หลังจากตัดหญ้าครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 สำหรับในพื้นที่ดินร่วนปนทรายถึงดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ควรใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 40 – 80 กิโลกรัม (18.34 – 36.8 กก.N) ต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกด้วย ควรตัดหญ้าเลี้ยงสัตว์ครั้งแรกหลังปลูก 60 วัน และตัดครั้งต่อไปทุก ๆ 30 วัน จะได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 2 – 4.2 ตันต่อไร่ต่อปี มีโปรตีนประมาณ 8 – 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตสูงมีคุณค่าทางอาหารสัตว์อยู่ในเกณฑ์ดี และสามารถปลูกร่วมกับพืชตระกูลถั่วได้หลายชนิด เช่น

ถั่วไมรา ถั่วแกรมสไตโล ถั่วขอนแก่นสไตโล และถั่วเซนโตร หรือถั่วลาย นับเป็นเทคโนโลยีที่เพิ่มความสะดวกสบาย อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการเกษตร เป็นความน่าสนใจสำหรับเกษตรกรยุคใหม่ หรือครอบครัวเกษตรกรที่มีผู้สูงวัยที่ยังอยากทำการเกษตรอยู่ การลงทุนสำหรับโรงเรียนอจรรย์ชนับว่าตอบโจทย์ในการลงทุนที่คุ้มค่า และส่งผลดีในระยะยาว

2.12 การปลูกหญ้าเนเปียร์แคะ

สายพันธ์ ทัดศรี (2561) ได้บรรยายถึงหญ้าเนเปียร์แคะว่าเป็นพืชในตระกูลหญ้าพันธุ์หนึ่งในกลุ่มหญ้าเนเปียร์ที่มีอยู่หลายพันธุ์ที่ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ เป็นหญ้าพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจโดยองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย และทดสอบคัดเลือกโดย ศาสตราจารย์ ดร.สายพันธ์ ทัดศรี และคณะ จากภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หญ้าเนเปียร์แคะเป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี การเจริญเติบโตคล้ายหญ้าเนเปียร์ธรรมดา แต่ลำต้นจะเตี้ยกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา และมีใบดกแม้จะมีอายุเพิ่มมากขึ้นซึ่งผิดจากหญ้าเนเปียร์และหญ้าทั่วไปที่ส่วนของลำต้นจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ทำให้คุณค่าทางอาหารลดลงเร็ว หญ้าเนเปียร์แคะมีอยู่ 2 สายพันธุ์คือพันธุ์ที่ออกดอกช้า และพันธุ์ที่ออกดอกเร็ว พันธุ์ที่ออกดอกช้าจะมีลักษณะทรงพุ่มตั้งตรง ใบมีขนน้อย และความสูงของลำต้นประมาณ 150-180 เซนติเมตร การนำหญ้าเนเปียร์แคะไปให้โคกินนั้น ควรตัดหญ้าเมื่ออายุ 30 วัน โดยจะตัดด้วยมีดหรือจะใช้เครื่องตัดก็ได้ การปลูกหญ้าเนเปียร์แคะ 1 ไร่จะให้ผลผลิตสดประมาณ 4 ตันต่อการตัด 1 ครั้ง แต่หลักสำคัญของการตัดหญ้าเนเปียร์แคะคือ ต้องตัดในระดับ 10-15 เซนติเมตรจากพื้นดิน เพราะถ้าหากตัดต่ำกว่า นี้จะทำให้การฟื้นตัวซ้ำมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรได้ส่งเสริมให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมปลูกหญ้าเนเปียร์แคะไว้สำหรับเป็นอาหารสัตว์ปรากฏว่าสามารถช่วยให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตในเรื่องของอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างมากซึ่งนอกจากเกษตรกรจะได้พืชอาหารสัตว์มาใช้ในการเลี้ยงโคแล้ว แปลงหญ้าเนเปียร์แคะยังช่วยบำบัดของเสียจากโรงเรียนเลี้ยงโคอีกด้วย



รูปที่ 2-15 แปลงปลูกหญ้าเนเปียร์แคะ

2.13 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมความชื้นและอุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนที่ใช้การพ่นหมอก โดย เฉลิมชาติ เสาวรัง และคณะ(2561)ได้พัฒนาระบบควบคุมสภาวะอากาศในโรงเรือนพ่นหมอกระบบปิด ทำการทดสอบสมรรถนะการลดอุณหภูมิของโรงเรือนระบบพ่นหมอกซึ่งควบคุมการทำงานด้วยสมการสมดุลความชื้นของอากาศที่พัฒนาขึ้นการทำงานของระบบใช้การพ่นหมอกภายในโรงเรือนร่วมกับการระบายอากาศเพื่อดึงความร้อนออกจากอากาศในรูปความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ ควบคุมการทำงานของหัวพ่นหมอกและพัฒนาระบายอากาศด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้โปรแกรมซึ่งสร้างขึ้นจากการทำสมดุลความชื้นอากาศภายในโรงเรือนทดสอบระบบพ่นหมอกกับโรงเรือนขนาดกว้าง 2 เมตรยาว 4 เมตรและสูง 2 เมตรติดตั้งปั้มน้ำความดันสูงขนาด 12 Bar และหัวพ่นหมอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรู 0.1 มิลลิเมตร จำนวน 4 หัว และพัฒนาระบายอากาศ 2 ตัว พบว่าระบบสามารถลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนได้สูงสุด 4.60 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอก สมรรถนะการทำความเย็นของระบบมีค่าระหว่าง 2.72 – 19.00 มีค่าเฉลี่ย 9.27 โดยสิ้นเปลืองไฟฟ้าและน้ำเฉลี่ย 0.012 kWh day⁻¹ และ 1.88 kgwater day⁻¹ ตามลำดับ การพัฒนาระบบในอนาคตควรคิดม่านพรางแสงเพื่อลดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์เข้าโรงเรือนให้น้อยลงและปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถตั้งค่าความชื้นได้ตามความต้องการของพืชแต่ละชนิดต่อไป

เอกลักษณ์ สุมณพันธุ์ (2556) ได้สร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นเทคโนโลยีไร้สายที่นำมาประยุกต์ใช้กับการรดน้ำดินและต้นไม้ โดยเฉพาะในภาคเกษตรกรรมสิ่งที่สำคัญก็คือการรดน้ำ เนื่องจากเกษตรกรอาจจะดูแลพืชได้ไม่ทั่วถึง ทำให้พืชที่ปลูกได้รับน้ำไม่เพียงพอ พืชจึงแห้งเหี่ยวและตายไป และอาจยังต้องจ้างคนงานเพิ่มมากขึ้น เพื่อดูแลพืชให้ทั่วถึง จึงทำให้เกิดความสิ้นเปลือง ดังนั้นจึงได้นำอุปกรณ์ที่สามารถวัดความชื้นได้ โดยใช้โปรโตคอลซิกบี ลักษณะของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้น คือ SHT11 กับอุปกรณ์เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย คือ Bluebee WSN: Xbee with Sensor for WSN ซึ่งจัดอยู่ในมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ราคาถูกลงและประหยัดพลังงาน ทำให้สะดวกในการติดตั้ง และบำรุงรักษาโดยระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย โดยระบบจะส่งค่าความชื้นที่วัดได้ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าความชื้นที่น้อยเกินไป จะสั่งงานให้อุปกรณ์เปิดน้ำยังพื้นที่ที่ดินมีความชื้นน้อยเกินไป ระบบทำงานโดยเรียกดูปริมาณความชื้นซึ่งแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายด้วยโปรโตคอลซิกบี โดยปริมาณความชื้นที่ได้จะมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

ประกาศ เริงริน(2547) กล่าวว่า ปัจจุบันอุตสาหกรรมเกษตรได้นำเทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้งานอย่างกว้างขวางอย่างเช่นระบบจัดการอัตโนมัติในโรงเรือนปศุสัตว์ อุตสาหกรรมเหล่านี้ได้ผลิตอาหารเพื่อส่งออกทำรายได้ให้กับเกษตรกร โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์คือ อาหารและสิ่งแวดล้อมอย่างเช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงสว่าง ถ้าสิ่งแวดล้อมดังกล่าวได้รับการปรับแต่งได้อย่างเหมาะสมสำหรับแต่ละช่วงวัยของสัตว์แล้ว จะทำให้การเจริญเติบโตเต็มที่ของสัตว์ใช้เวลาสั้นลง ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ลักษณะต่าง ๆ ของสายพันธุ์สัตว์ อาหาร และโรงเรือน ได้ถูกวิจัยขึ้นมาเป็นสูตร เพื่อให้มีการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัด อุปกรณ์ควบคุม ระบบฐานข้อมูล ระบบจัดการสูตรการผลิต ระบบสื่อสารข้อมูล โดยระบบต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องถูกออกแบบเพื่อให้ทำงานได้อย่างเที่ยงตรงและผสมผสานกันเป็นอย่างดี ซึ่งเป็นตัวอย่างหนึ่งของงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้งานกับอุตสาหกรรมเกษตร

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ผู้พัฒนาได้กำหนดวิธีการดำเนินงานดังนี้

- 3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ
- 3.2 ฝั่งงานของระบบ
- 3.3 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์
- 3.4 การออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมระบบ
- 3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน
- 3.6 การประกอบวงจรและติดตั้งชุดอุปกรณ์ของระบบ
- 3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.8 สถิติที่ใช้ในการค้นคว้า

3.1 การออกแบบการทำงานของระบบ

การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 3-1 และขั้นตอนการทำงานของระบบไว้แสดงดังฝั่งงานในรูปที่ 3-2 ถึง 3-7 การทำงานของระบบประกอบด้วย 2 ระบบหลักอธิบายการทำงานได้ดังนี้

3.1.1 ระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มซียู ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น AM2302 หรือ DHT22 ในการวัดค่าและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายเคลื่อนที่ (3G/4G) เพื่อส่งงานรีเลย์ซึ่งต่อไปยังพัดลมและชุดควบคุมการฟั่นละอองหมอกเพื่อลดอุณหภูมิโรงเรือนซึ่งประกอบด้วยกับปั้มฟั่นหมอกซึ่งเป็นปั้มน้ำกระแสตรงขนาด 24 โวลต์ แรงดัน 9 บาร์ต่อเข้ากับชุดหัวฟั่นหมอกขนาด 0.6 มิลลิเมตร โดยทำการติดตั้งเซนเซอร์ทั้งบริเวณภายในและภายนอกบริเวณฟั่นหมอก ส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงกราฟแบบเรียลไทม์ และรวมทั้งการเชื่อมต่อเซนเซอร์เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry pi เพื่อนำข้อมูลมาแสดงสถิติในรูปแบบของกราฟและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ โดยผู้พัฒนาได้ออกแบบการทำงาน 3

โหมดการทำงาน คือ โหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล โหมดควบคุมแบบตั้งเวลา และโหมดควบคุมแบบตั้งค่าอุณหภูมิ

ส่วนการทำงานของโหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล คือการสั่งเปิดหรือปิดปั๊มพ่นหมอก และพัดลมที่ติดตั้งบริเวณ โรงเรือน ผ่านการกดปุ่ม ON-OFF แบบ Toggle Button เพื่อทำการเปิด-ปิดปั๊มพ่นหมอกหรือพัดลม โดยเมื่อกด ON คือ เปิดการทำงาน และกด OFF คือ ปิดการทำงาน

ส่วนการทำงานของโหมดควบคุมแบบตั้งเวลา ในโหมดนี้จะแสดงสถานะการทำงานของ การปั๊มพ่นหมอกและพัดลม และมีปุ่มสำหรับให้ผู้ใช้กำหนดเวลา(Time Picker) เพื่อตั้งเวลาสำหรับ เปิด-ปิดการทำงานของระบบ 5 ชุดของช่วงเวลา และปุ่ม Reset เพื่อยกเลิกการตั้งเวลาทำงานของ ระบบ และมีการตั้งเวลาการทำงานแบบปุ่มกำหนดระยะเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 20 นาที ใน 4 ปุ่มเวลานี้ผู้ใช้สามารถกดสั่งงานได้โดยไม่ต้องเลือกกำหนดช่วง ระบบจะสั่งให้ปั๊มพ่นหมอก ทำงานตามระยะเวลาเป็นนาทีที่ระบุบนปุ่มกด ในส่วนการควบคุมแบบตั้งเวลานี้ระบบจะสั่งพ่น หมอกตามช่วงเวลาที่กำหนดหรือตามเวลาบนปุ่มกดแบบ 5,10,15 และ 20 นาที หลังจากหยุดการ พ่นหมอกเมื่อครบเวลา พัดลมจะทำงานต่ออีกเป็นเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาพัดลมจะหยุดการ ทำงาน

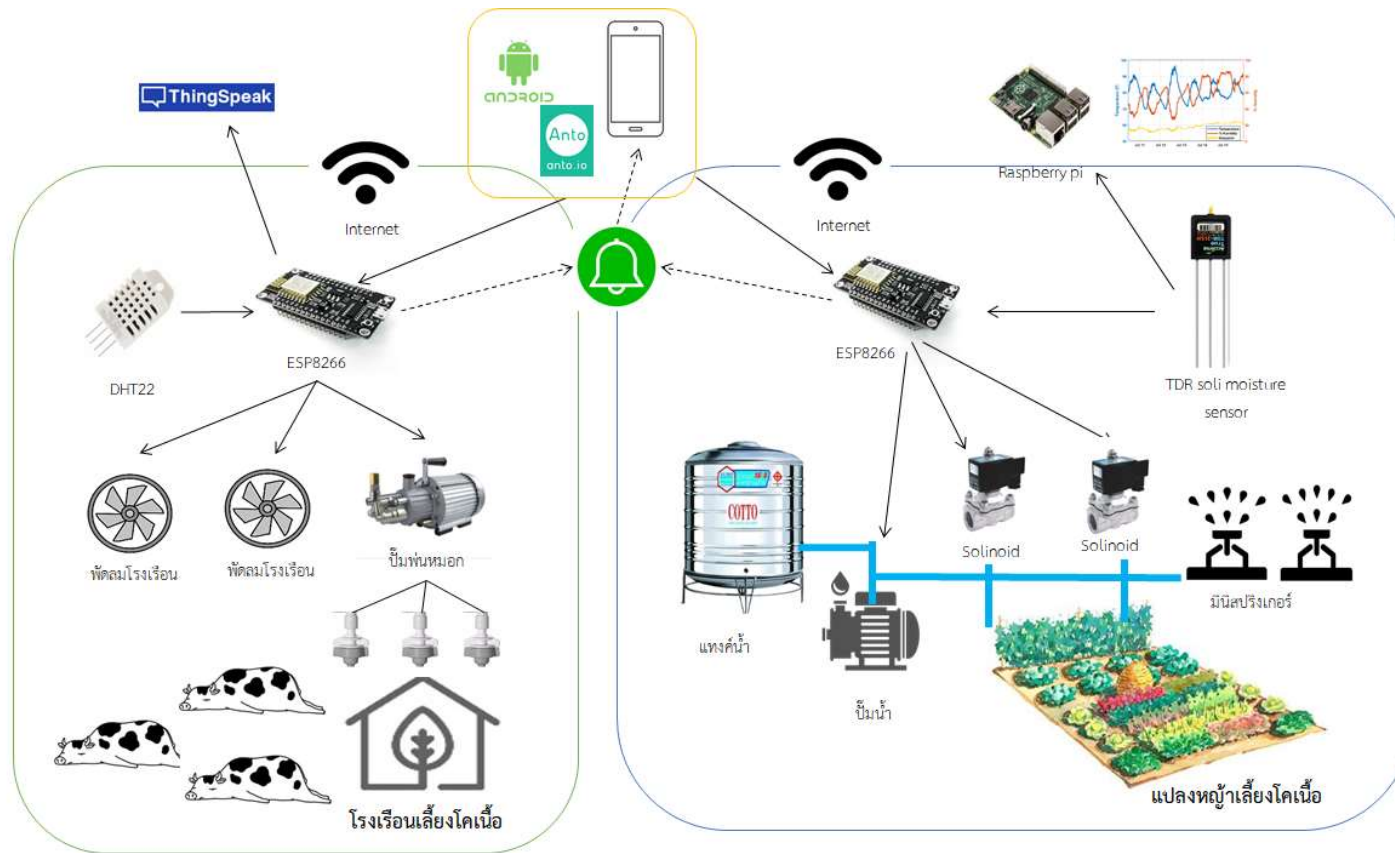
โหมดควบคุมแบบตั้งค่าอุณหภูมิ ในส่วนนี้ระบบจะแสดงค่าอุณหภูมิปัจจุบันของโรงเรือน และให้ผู้ใช้กำหนดตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และปุ่ม Reset เพื่อยกเลิกการตั้งค่า โดยเมื่อ โรงเรือนมีสภาพอากาศร้อนจนทำให้อุณหภูมิสูงกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ตั้งไว้ระบบพ่นหมอกจะ ทำงานทันทีจนกว่าอุณหภูมิจะลดต่ำลงจนถึงค่า อุณหภูมิต่ำสุดที่ตั้งเอาไว้ ระบบพ่นหมอกจึงหยุด ทำงาน และพัดลมจะทำงานต่ออีกเป็นเวลา 10 นาที ตัวอย่างการทำงานเช่นผู้ใช้ตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด(Max ,Min) เป็น 36 และ 30 ตามลำดับ เมื่อใดที่โรงเรือนมีอุณหภูมิมากกว่า 36 องศา เซลเซียส ปั๊มพ่นหมอกจะทำงานจนกระทั่งอุณหภูมิโรงเรือนลดลงน้อยกว่า 30 องศาเซลเซียส ปั๊ม พ่นหมอกจึงหยุดทำงาน ทุกโหมดการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ มีการแจ้งเตือน เมื่อระบบทำงานหรือหยุดทำงาน จะมีข้อความแจ้งเตือนไปยังไลน์ของผู้ดูแลระบบผ่านบริการของ Line Notify ในข้อความจะ ระบุวันเวลา พร้อมแสดงสถานะของอุปกรณ์ และค่าที่วัดได้จาก เซนเซอร์อีกด้วย

3.1.2 ระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มซียู ESP8266 เชื่อมต่อกับ โมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน (TDR soil moisture sensors) เชื่อมต่อไปยังรีเลย์เพื่อสั่งงานเปิดปิดปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว โดย ระบบมี 3 โหมดการทำงาน ได้แก่ โหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล โหมดควบคุมระบบแบบตั้ง เวลา และโหมดควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น

ส่วนการทำงานของโหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล คือการสั่งเปิดหรือปิดปั๊มน้ำ และโซลินอยด์วาล์ว 2 โซน ผ่านการกดปุ่ม ON-OFF แบบ Toggle Button เพื่อทำการเปิด-ปิดปั๊มน้ำ หรือโซลินอยด์วาล์ว โดยเมื่อกด ON คือ เปิดการทำงาน และกด OFF คือ ปิดการทำงาน และปุ่ม OFF ALL คือการปิดการทำงานของทุกอุปกรณ์ทั้งระบบนี้

ส่วนการทำงานของโหมดควบคุมแบบตั้งเวลา ในส่วนของการตั้งค่ามีปุ่มสำหรับผู้ใช้งานกำหนดเวลา(Time Picker) เพื่อตั้งเวลาสำหรับเปิด-ปิดการทำงานของระบบ 3 ชุดของช่วงเวลา ให้กำหนดการทำงานกับโซลินอยด์วาล์วจำนวน 2 โซน และปุ่ม Reset เพื่อยกเลิกการตั้งเวลาทำงาน และมี การตั้งค่าการทำงานแบบทำซ้ำให้ผู้ใช้งานกำหนดตามแต่ละวันในสัปดาห์ โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งการทำงานตั้งแต่วันอาทิตย์ ถึงวันเสาร์ และปุ่ม Reset ALL เพื่อยกเลิกการตั้งเวลาทำงานของระบบน้ำทั้งหมด

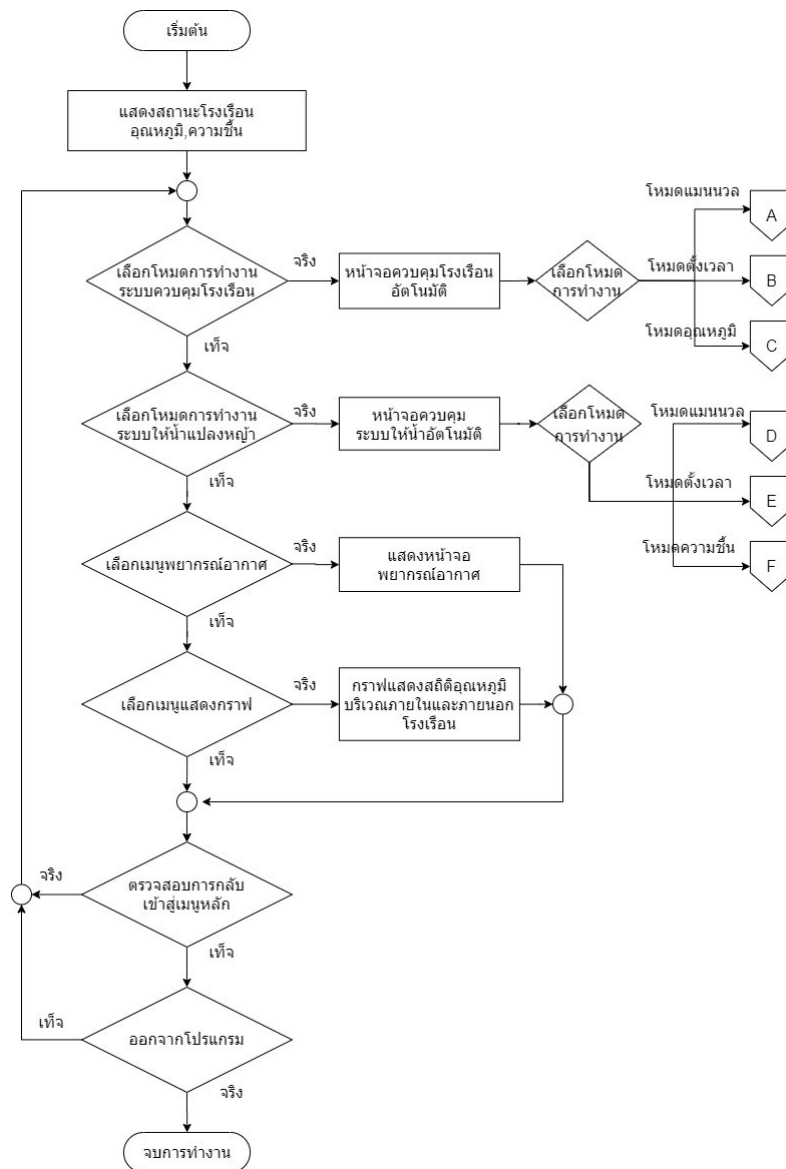
โหมดควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น การตั้งค่าความชื้นในดิน โดยผู้ใช้งานทำการตั้งค่าความชื้นในดินสูงสุดและต่ำสุดและกดบันทึกการตั้งค่า ระบบรดน้ำคือปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วจะทำงานจนกว่าความชื้นในดินจะสูงกว่าความชื้นในดินสูงสุดที่ได้ทำการตั้งค่าไว้และระบบจะหยุดทำงานจนกว่าความชื้นในดินจะต่ำกว่าความชื้นในดินต่ำสุดที่ได้ทำการตั้งค่าไว้



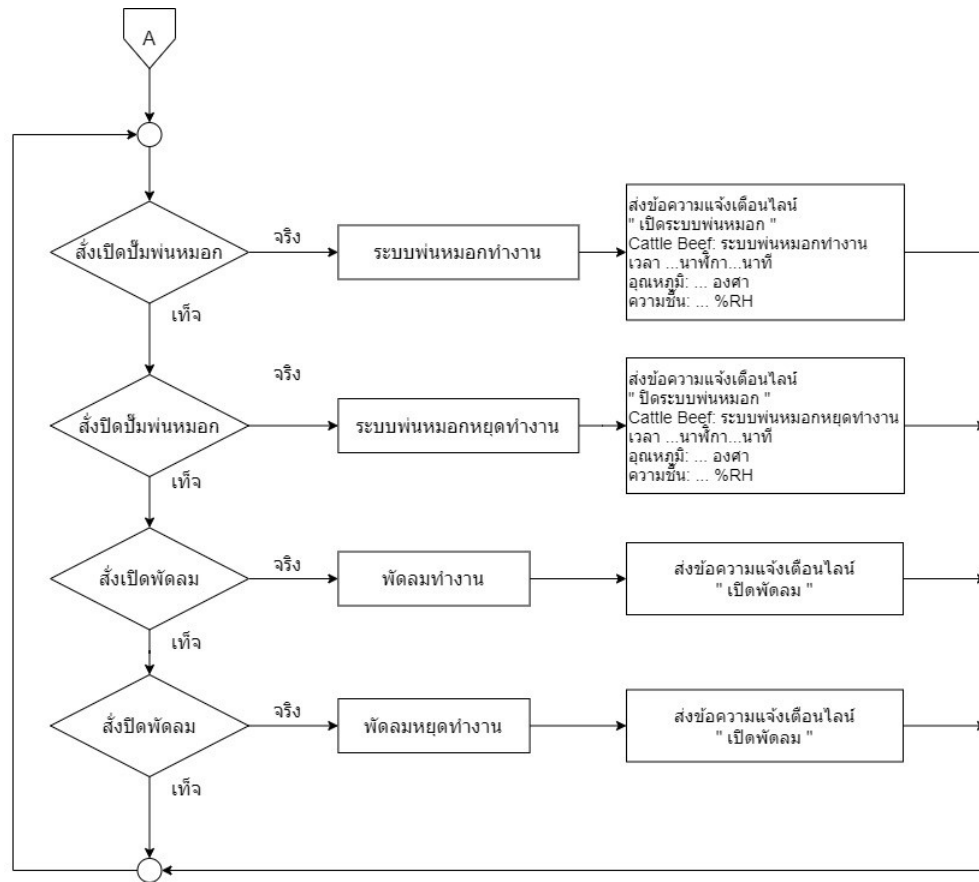
รูปที่ 3-1 การออกแบบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคนม

3.2 ฟังก์ชันของระบบ

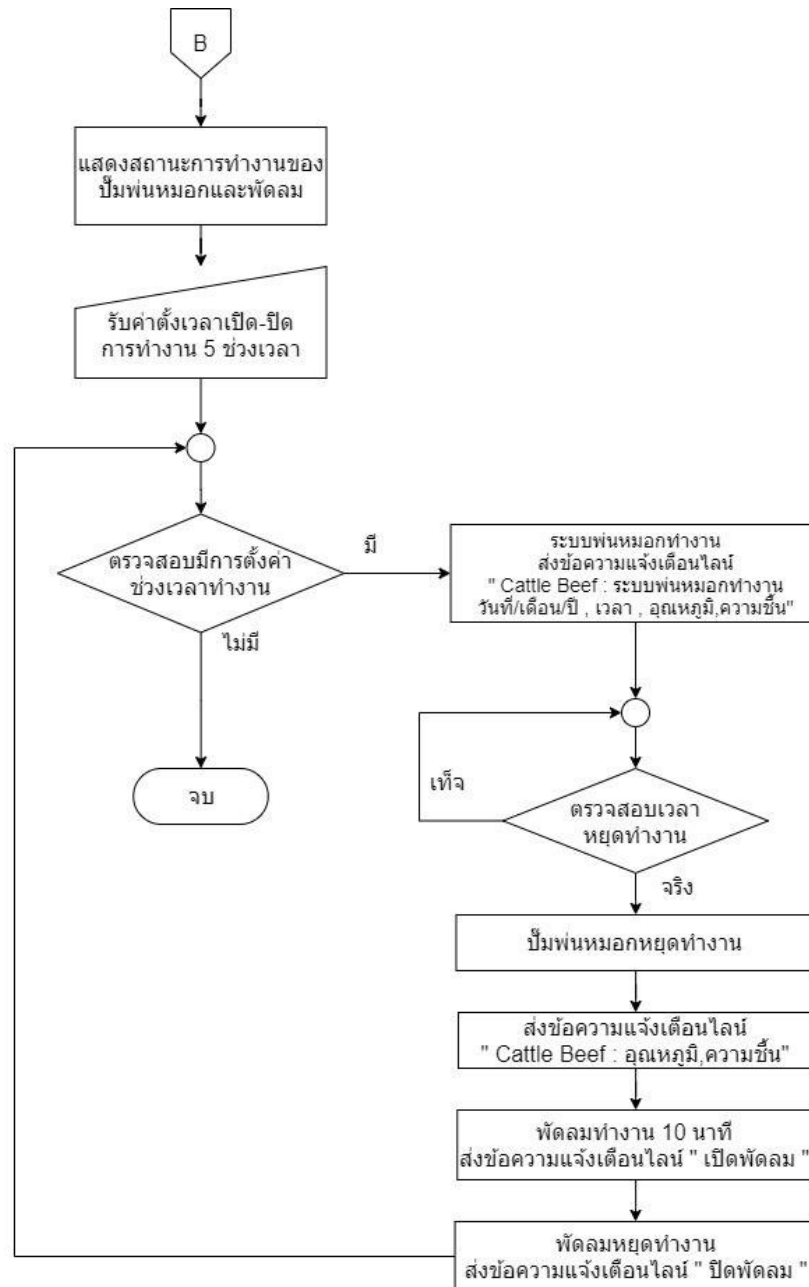
ระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ มีขั้นตอนการทำงานตามฟังก์ชันดังต่อไปนี้



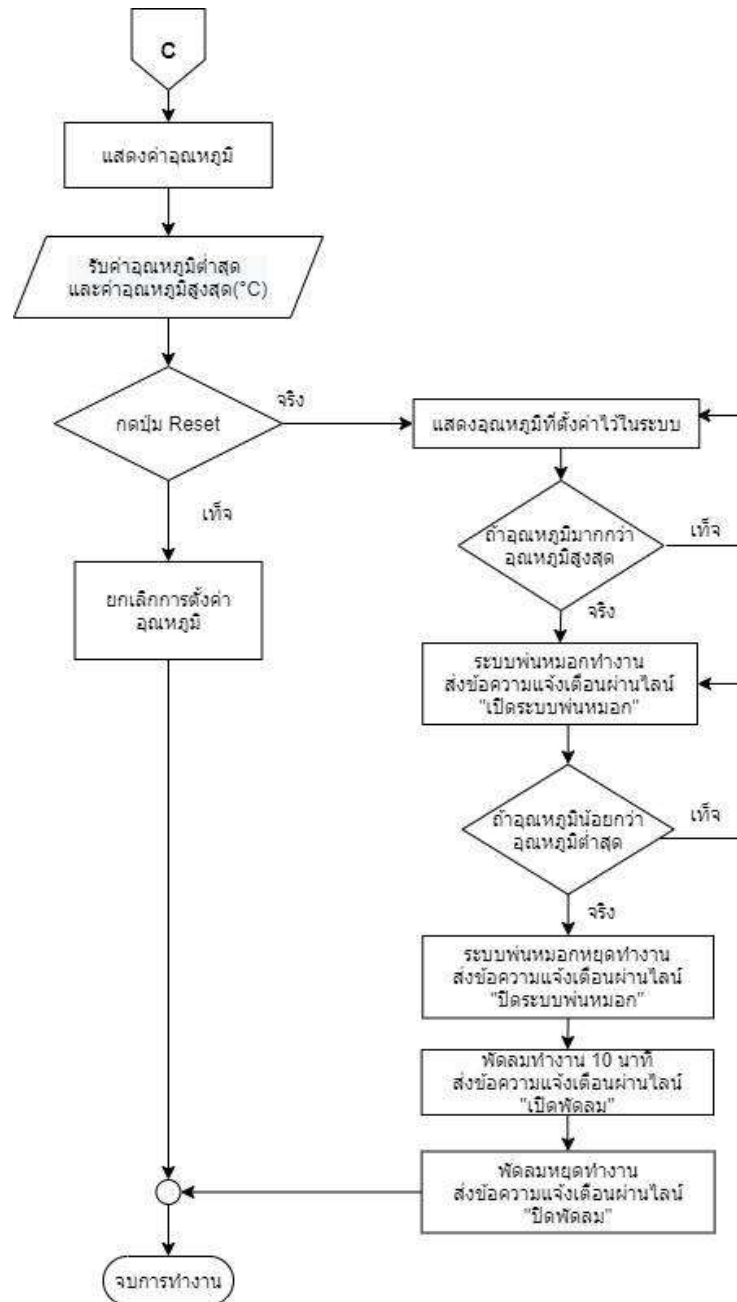
รูปที่ 3-2 ฟังก์ชันของระบบ



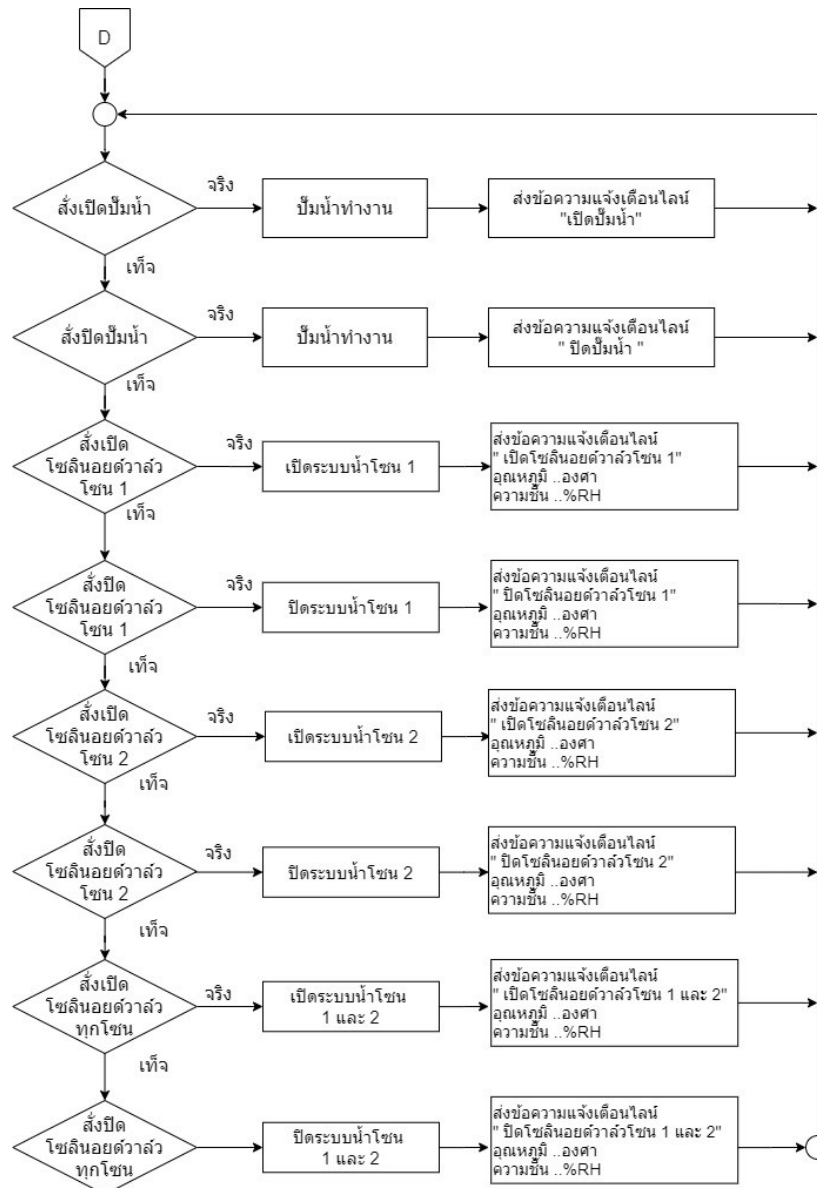
รูปที่ 3-3 ฟังก์ชันของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโหมคควบคุมแบบแมนนวล



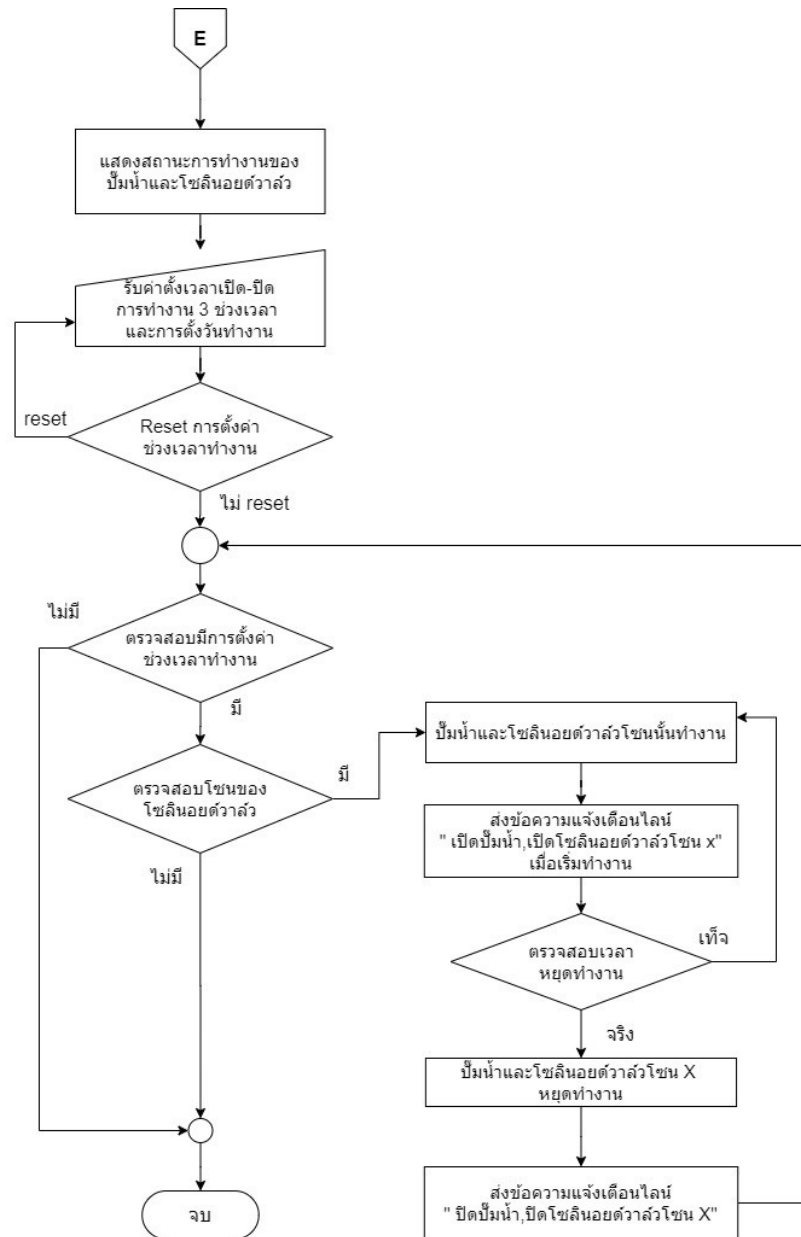
รูปที่ 3-4 ฟังก์ชันของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ โหมคควบคุมแบบตั้งเวลา



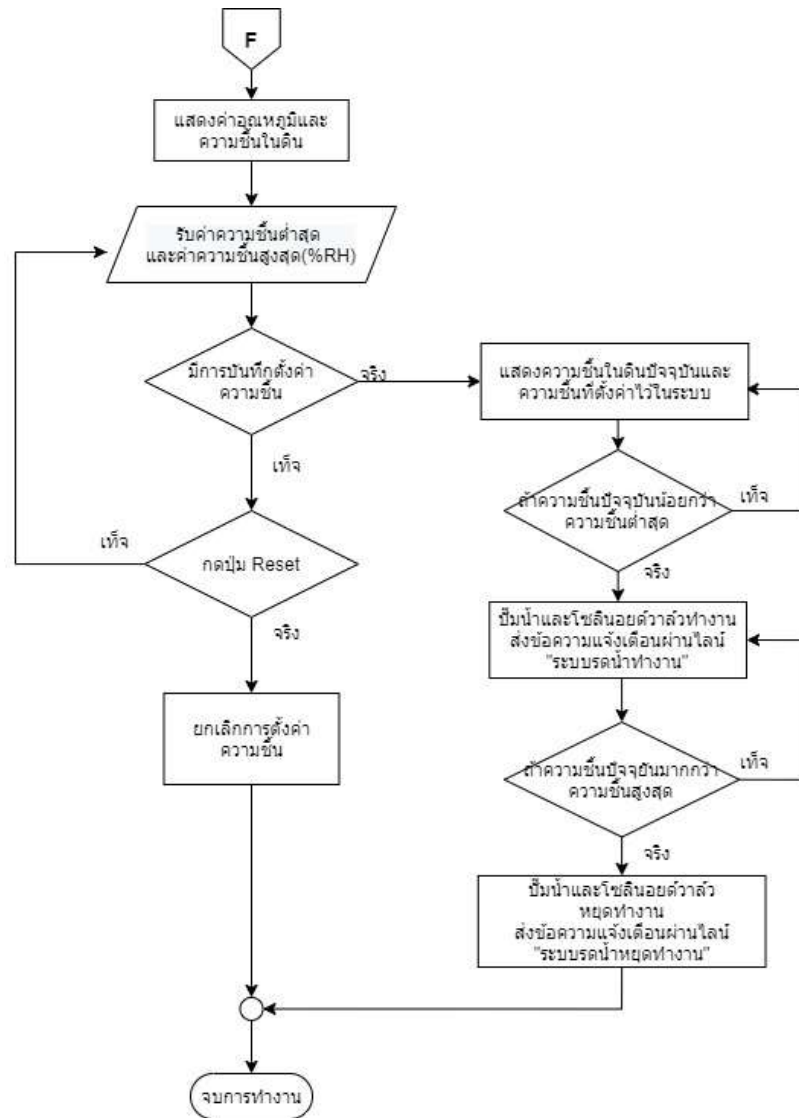
รูปที่ 3-5 ฟังก์ชันของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโหมดควบคุมแบบตั้งค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3-6 ฟังก์ชันของระบบควบคุมการให้น้ำโหมคควบคุมแบบแมนนวล



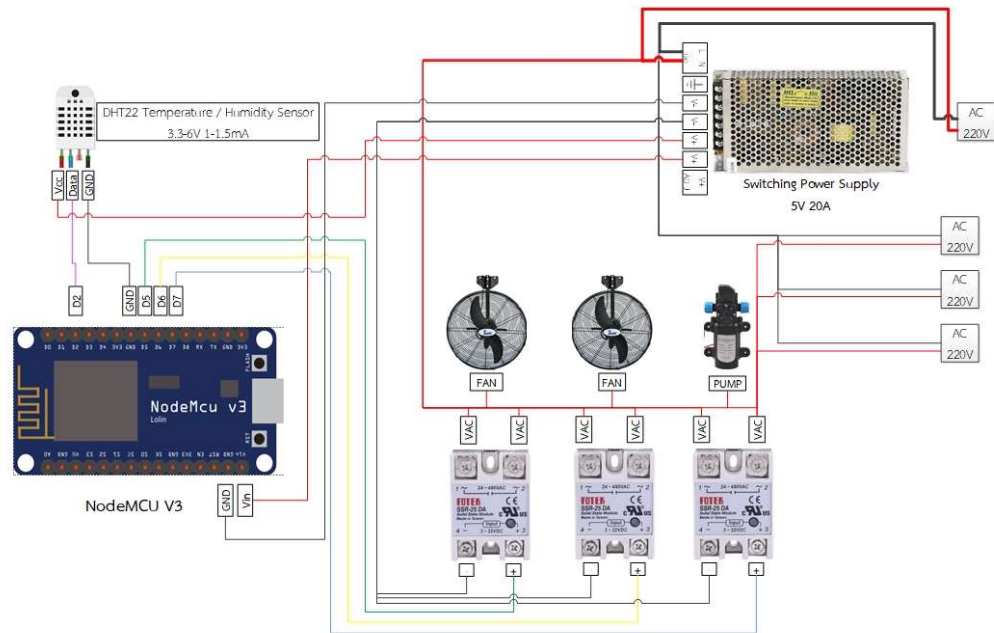
รูปที่ 3-7 ฟังก์ชันของระบบควบคุมการให้น้ำโหมดควบคุมแบบตั้งเวลา



รูปที่ 3-8 ฟังก์ชันของระบบควบคุมการให้น้ำโหมคควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น

3.3 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของอุปกรณ์

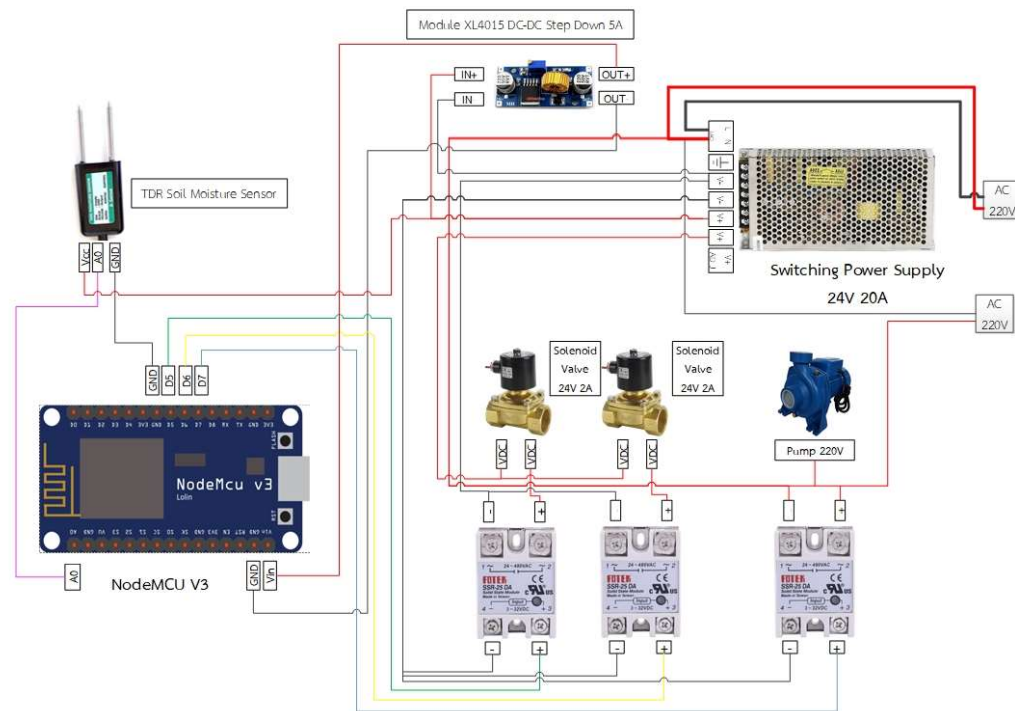
3.3.1 การออกแบบวงจรของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ



รูปที่ 3-9 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

การทำงานของวงจระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ จะรับค่าจากแอปพลิเคชันด้วยบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 และสั่งให้รีเลย์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เปิดหรือปิดการทำงาน หรือทำงานตามเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด ประกอบด้วย AM2302/DHT22 Sensor ทำหน้าที่วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศในบริเวณโรงเรือน ปั๊มน้ำกระแสตรงขนาด 24 โวลต์ แรงดัน 9 บาร์ทำหน้าที่ในการสร้างละอองหมอกเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศบริเวณโรงเรือน และพัดลม โดยเซนเซอร์บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ และรีเลย์ที่ต่อปั๊มน้ำหมอกและพัดลมจะเชื่อมต่อกับ Switching Power Supply 5V 20A ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟให้อุปกรณ์และเซนเซอร์

3.3.2 การออกแบบวงจรของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า



รูปที่ 3-10 การออกแบบวงจรการเชื่อมต่อของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า

การทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อจะรับค่าจากแอปพลิเคชันด้วยบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 และสั่งให้รีเลย์ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เปิดหรือปิดการทำงาน หรือทำงานตามเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด ไมโครวัดความชื้นและความชื้นในดิน (TDR soil moisture sensors) ทำหน้าที่วัดค่าความชื้นและความชื้นในอากาศในดินบริเวณแปลงปลูกหญ้า เชื่อมต่อไปยังรีเลย์เพื่อสั่งงานเปิดปิดปั๊มน้ำที่ใช้ทดลองเป็นปั๊ม 1 นิ้ว ขนาด 370 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ทำหน้าที่ในการดูดน้ำจากบ่อพักน้ำเพื่อส่งเข้าสู่ระบบท่อให้น้ำ และโซลินอยด์วาล์ว 24 VDC ทำหน้าที่เป็นวาล์วไฟฟ้าในการเปิด หรือปิดน้ำในแต่ละโซน และรีเลย์ที่ต่อปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วจะเชื่อมต่อกับ Switching Power Supply 24V 5A ผ่าน Module XL4015 DC-DC Step down 5A เพื่อจ่ายกระแสไฟให้อุปกรณ์และเซนเซอร์

3.4 การออกแบบแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมระบบ

ในการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันเพื่อควบคุมระบบได้ทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันของระบบควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ และการออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันของระบบให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติ

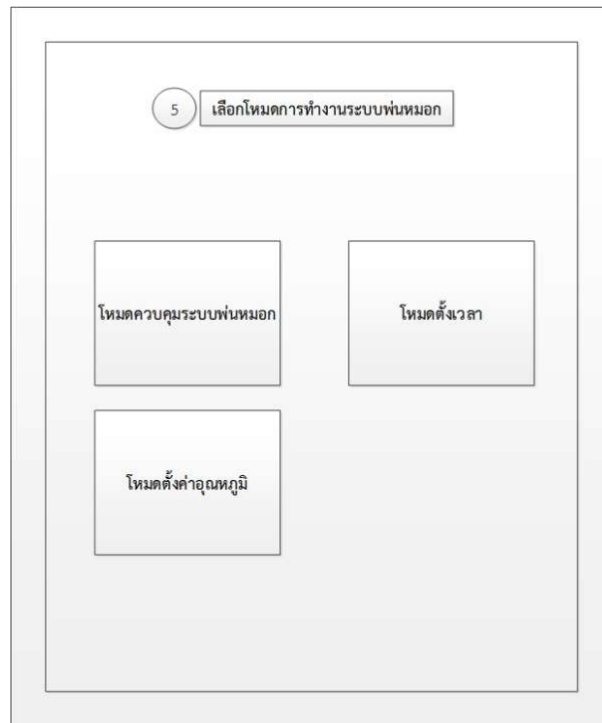
3.3.1 การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ



รูปที่ 3-11 การออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-11 ดังนี้

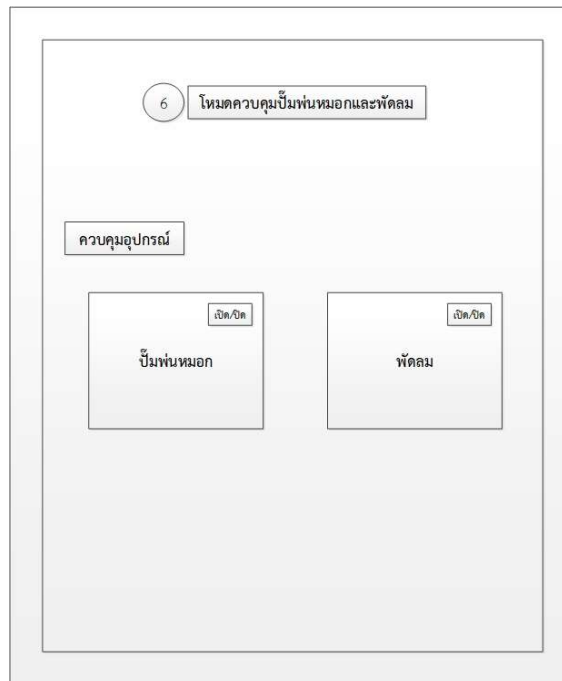
- หมายเลข 1 หัวข้อระบบควบคุมโรงเรือนโคเนื้ออัจฉริยะ
- หมายเลข 2 สถานการณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
- หมายเลข 3 สถานะเซนเซอร์ แสดงค่าอุณหภูมิ แสดงค่าความชื้น แสดงค่าความชื้นในดิน
- หมายเลข 4 เลือกโหมดการทำงาน ระบบพัดลมออก ระบบให้น้ำแปลงหญ้า พยากรณ์อากาศ กราฟ



รูปที่ 3-12 การออกแบบหน้าจอเลือกโหมดการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-12 ดังนี้

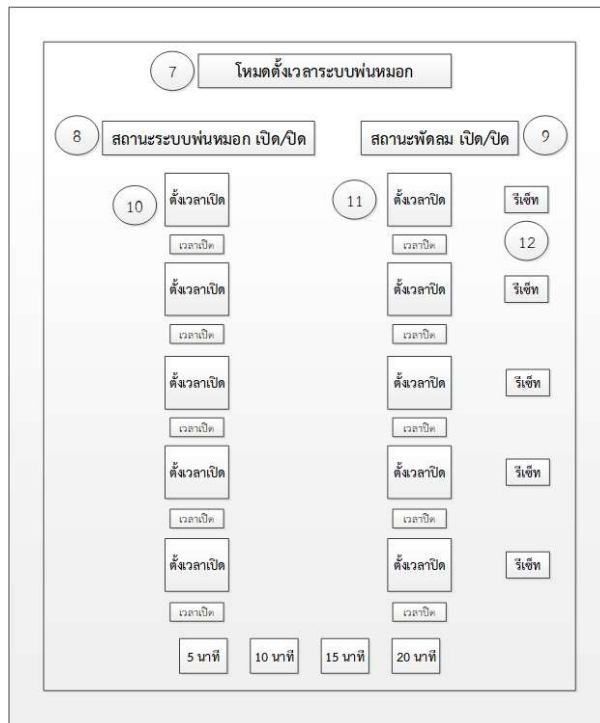
หมายเลข 5 เลือกโหมดการทำงานจากระบบพ่นหมอก โหมดควบคุมระบบพ่นหมอก โหมด
ตั้งเวลา โหมดตั้งค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 3-13 การออกแบบหน้าจอบระบบควบคุมโรงเรือนโหมดควบคุมการทำงานแบบแมนนวล

อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-13 ดังนี้

หมายเลข 6 โหมดควบคุมปั๊มพ่นหมอกและพัดลมแบบแมนนวล จะควบคุมการทำงานของระบบพ่นหมอก และพัดลม โดยเมื่อมีการกดที่ปุ่มปั๊มพ่นหมอก จะเป็นการ เปิด/ปิด ปั๊มพ่นหมอก และเมื่อกดที่ปุ่มพัดลม จะเป็นการ เปิด/ปิด พัดลมพร้อมกัน 2 ตัว



รูปที่ 3-14 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมโรงเรือนโหมคควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา

อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-14 ดังนี้

หมายเลข 7 โหมดตั้งเวลาระบบพ่นหมอก

หมายเลข 8 สถานะปั๊มพ่นหมอก เปิด/ปิด

หมายเลข 9 สถานะพัคลม เปิด/ปิด

หมายเลข 10 ตั้งเวลาเปิด ระบบพ่นหมอก เมื่อทำการกดปุ่มตั้งเวลาเปิดจะเป็นการตั้งเวลาที่จะให้ระบบพ่นหมอกทำงาน

หมายเลข 11 ตั้งเวลาปิด ระบบพ่นหมอก เมื่อทำการกดปุ่มตั้งเวลาปิดจะเป็นการตั้งเวลาที่จะให้ระบบพ่นหมอกหยุดทำงานและพัคลมจะทำงานต่ออัตโนมัติเป็นเวลา 10 นาที

หมายเลข 12 ยกเลิกการตั้งเวลา

หมายเลข 13 เมื่อทำการกดปุ่ม 5 10 15 20 นาที จะเป็นการเปิดระบบพ่นหมอกอัตโนมัติตามที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกเวลา และปิดระบบพ่นหมอกเมื่อครบกำหนดเวลา และพัคลมทำงานต่ออัตโนมัติเป็นเวลา 10 นาที



รูปที่ 3-15 การออกแบบหน้าจอบริการควบคุมโรงเรือนโหมคควบคุมการทำงานแบบตั้งอุณหภูมิ

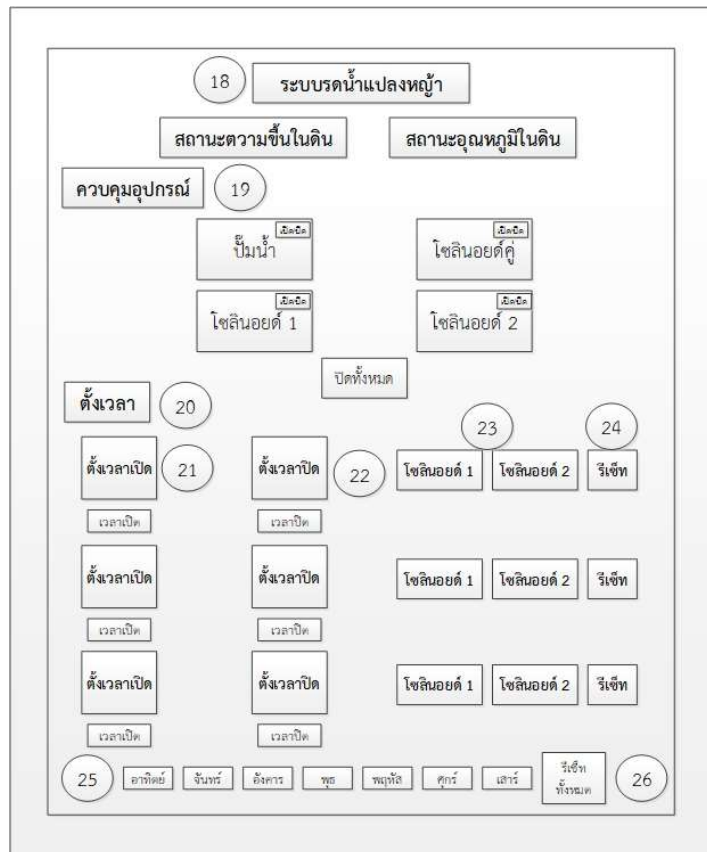
อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-15 ดังนี้

หมายเลข 14 แสดงค่าอุณหภูมิปัจจุบัน

หมายเลข 15 การตั้งค่าอุณหภูมิ เป็นการตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด เมื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด และกดบันทึกการตั้งค่า ระบบทั้งหมดจะทำงานจนกว่าอุณหภูมิจะสูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดที่ได้ทำการตั้งค่าไว้และระบบจะหยุดทำงานจนกว่าอุณหภูมิจะต่ำกว่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

หมายเลข 16 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด หลังจากทำการกดบันทึกการตั้งค่า

หมายเลข 17 แสดงสถานะ เปิด/ปิด การทำงานของ บีมทั้งหมดและพัฒน



รูปที่ 3-16 การออกแบบหน้าจอระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติ

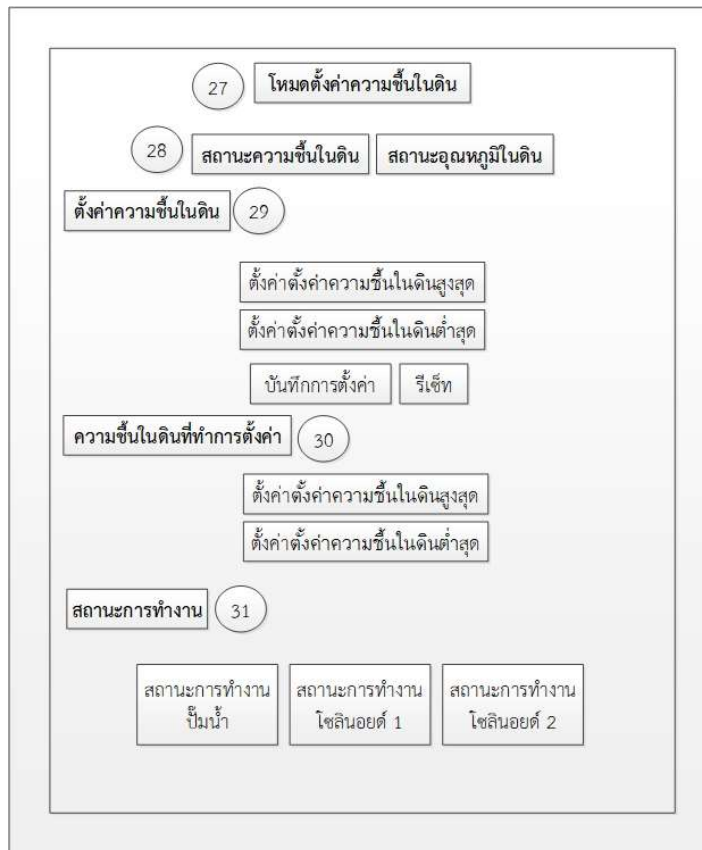
อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-16 ดังนี้

หมายเลข 18 หัวข้อระบบให้น้ำแปลงหญ้า และแสดงค่าอุณหภูมิความชื้นในดิน

หมายเลข 19 ควบคุมโซลินอยด์ 1 และ 2 โดยเมื่อกดปุ่มปั้มน้ำจะเป็นการ เปิด/ปิด ปั้มน้ำพร้อมโซลินอยด์ 1 และเมื่อกดปุ่มโซลินอยด์ 2 โซลินอยด์ 1 จะถูกปิด และเมื่อกดปุ่มโซลินอยด์คู่ จะเป็นการเปิด/ปิดโซลินอยด์พร้อมกัน 2 ตัว และเมื่อทำการกดปุ่มปิดทั้งหมดจะเป็นการปิดการทำงานของปั้มน้ำและโซลินอยด์ทั้งหมด

หมายเลข 20 ตั้งวันเวลาและเลือกโซลินอยด์ในการทำงานของระบบให้น้ำแปลงหญ้า

- หมายเลข 21 ตั้งเวลาเปิด ระบบรดน้ำเมื่อทำการกดปุ่มตั้งเวลาเปิดจะเป็นการตั้งเวลาที่จะให้ระบบรดน้ำทำงาน โดยโซลินอยด์จะทำงานตามที่ผู้ใช้เลือก (โซลินอยด์ 1 และ โซลินอยด์ 2)
- หมายเลข 22 ตั้งเวลาปิด ระบบรดน้ำเมื่อทำการกดปุ่มตั้งเวลาปิดจะเป็นการตั้งเวลาให้ระบบหยุดทำงาน
- หมายเลข 23 เลือกโซลินอยด์ที่จะให้ทำงาน (โซลินอยด์ 1 และ โซลินอยด์ 2)
- หมายเลข 24 รีเซ็ตการตั้งค่าเวลาและการเลือกโซลินอยด์
- หมายเลข 25 เลือกวัน จันทร์-อาทิตย์ ที่จะให้ระบบรดน้ำทำงาน
- หมายเลข 26 รีเซ็ตการตั้งค่าเวลาและการเลือกโซลินอยด์ทั้งหมด



รูปที่ 3-17 การออกแบบหน้าจอบนบอร์ดควบคุมการให้น้ำโหมคควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น

อธิบายส่วนประกอบในรูปที่ 3-17 ดังนี้

หมายเลข 27 โหมดตั้งค่าความชื้นในดินของระบบให้น้ำแปลงหญ้า

หมายเลข 28 แสดงค่าอุณหภูมิในดินและความชื้นในดิน

หมายเลข 29 การตั้งค่าความชื้นในดิน เป็นการตั้งค่าความชื้นในดินสูงสุดและต่ำสุด เมื่อกดบันทึกการตั้งค่า ระบบรดน้ำจะทำงานเมื่อความชื้นในดินจะต่ำกว่าความชื้นในดินต่ำสุด และระบบจะหยุดทำงานเมื่อค่าความชื้นในดินจะสูงกว่าความชื้นในดินสูงสุดที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

หมายเลข 30 แสดงค่าความชื้นในดินสูงสุดและความชื้นในดินต่ำสุด เมื่อกดบันทึกการตั้งค่า

หมายเลข 31 แสดงสถานะ เปิด/ปิด การทำงานของ ปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วโซน 1 และโซน 2

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน

3.5.1 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับควบคุมระบบ



รูปที่ 3-18 (ก) หน้าจอหลักของระบบควบคุมโรงเรือน (ข) หน้าจอสำหรับเลือกโหมดการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือน (ค) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบแมนนวล

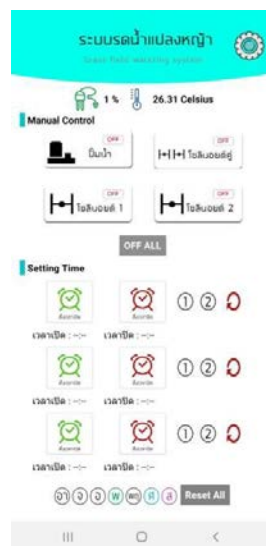


(ก)



(ข)

รูปที่ 3-19 (ก) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งเวลา (ข) หน้าจอโหมดควบคุมการทำงานแบบตั้งค่าอุณหภูมิ



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-20 (ก) หน้าจอระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดควบคุมแบบแมนนวลและโหมดควบคุมแบบตั้งวันและเวลาทำงาน (ข) หน้าจอโหมดควบคุมระบบให้น้ำแบบตั้งค่าความชื้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-21 (ก) หน้าจอแสดงเว็บพยากรณ์อากาศ (ข) หน้าจอแสดงกราฟสถิติอุณหภูมิและความชื้นบริเวณโรงเรือนและแปลงหญ้า

3.5.2 ขั้นตอนการส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์ด้วยบริการของ Line Notify

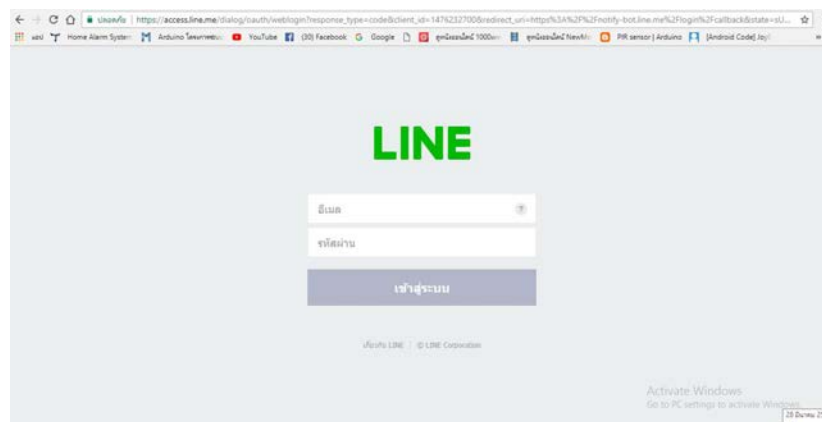
การขอ Token

เป็นบริการของทางแอปพลิเคชันไลน์สามารถส่งรูปภาพและข้อความต่างๆ ไปยังบัญชีผู้ใช้งานเองได้ ผ่านการใช้ API ซึ่งเรียกผ่าน HTTP PORT แต่สามารถส่งการแจ้งเตือนได้เฉพาะผู้ที่ขอใช้หรือกลุ่มที่ผู้ขอใช้เป็นสมาชิกเท่านั้น ไม่สามารถส่งข้อความเข้าห้องสนทนา



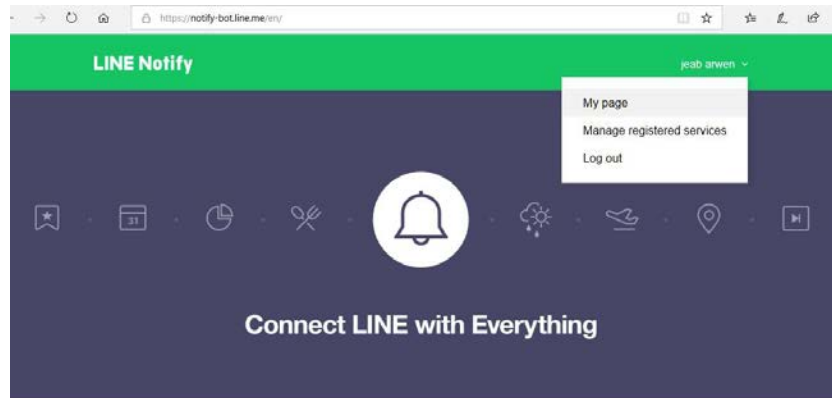
รูปที่ 3-22 Line Notify

การใช้งาน API ในทุกๆบริการ จะมีสิ่งที่เรียกว่า Access Token ไว้สำหรับเป็นรหัสที่ใช้สำหรับเข้าใช้งาน API โดยรหัสนี้จะเป็นข้อความแทนอีเมลล์ และรหัสผ่าน โดยเข้าไปที่หน้าเว็บ <https://notify-bot.line.me/my/> จากนั้นระบบจะให้ทำการล็อกอินด้วยบัญชีผู้ใช้งาน โดยการเข้าสู่ระบบด้วยอีเมลล์ โดระรหัสผ่านของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3-23 เข้าสู่ระบบ Line Notify เพื่อใช้งาน

เมื่อเข้าสู่ระบบสำเร็จแล้วเลือก หน้าของฉัน



Receive web service notifications on LINE

Get notifications from IFTTT, Mackerel, official accounts and other applications with your preferred LINE channel.

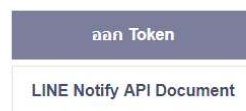
รูปที่ 3-24 เลือกหน้าของฉัน

Access Token (สำหรับผู้พัฒนา) และเลือก ออก Token



ออก Access Token (สำหรับผู้พัฒนา)

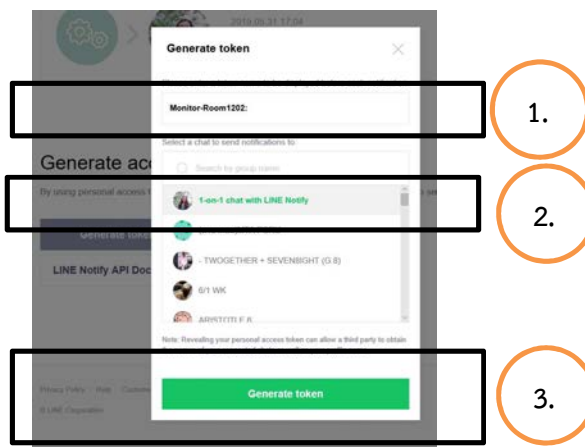
เมื่อใช้ Access Token แบบบุคคล จะสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนได้โดยไม่ต้องลงทะเบียนกับเว็บเซิร์ฟเวอร์



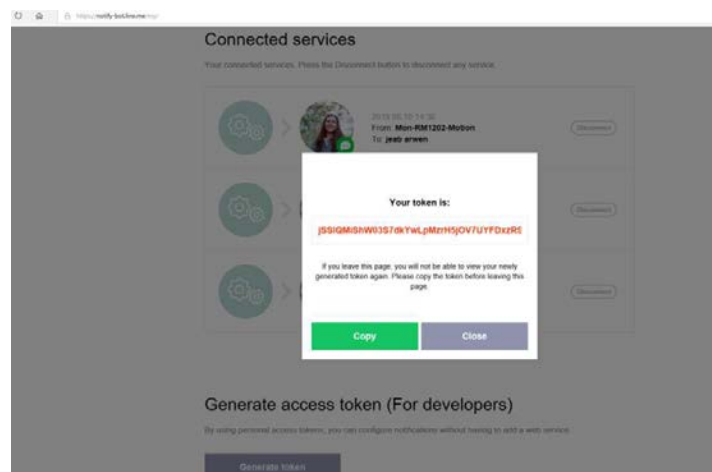
รูปที่ 3-25 เลือกออก Token

เมื่อออก Token เรียบร้อยแล้ว ระบบจะให้กรอกข้อมูลที่จะแสดงให้ดังนี้

ช่องที่ 1 ใส่หัวข้อจะปรากฏทุกครั้งเหมือนชื่อผู้ส่งข้อความที่ ในที่นี้สามารถใส่ข้อความชื่อระบบที่ต้องการให้แจ้งเตือน เช่น **“Beef Cattle :”** ข้อความจะแสดงชื่อว่า **“Beef Cattle: <ตามด้วยข้อความจากระบบ>”** ช่องที่ 2 เลือกบัญชีผู้ใช้งานที่ต้องการให้ส่งข้อความ ช่องที่ 3 จากนั้นกดปุ่ม ออก Token



รูปที่ 3-26 ตั้งค่าก่อนเลือกออก Token



รูปที่ 3-27 รหัส Token

เมื่อออก Token เรียบร้อยแล้ว จะปรากฏรหัส Token เพื่อใช้เป็นรหัสสำหรับกำหนดให้แจ้งเตือนมายัง Token รหัสจะออกให้เพียงครั้งเดียว ในส่วนของแอปพลิเคชันไลน์จะมีข้อความแจ้งเตือนว่า ออก Access Token ใหม่แล้ว เมื่อได้ รหัส Token แอปพลิเคชันไลน์มาเรียบร้อยแล้ว นำมาใส่ในโค้ดโปรแกรมตามที่ต้องการ



```

Line02 | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

Line02

#define SSID      "Arwenjeab"
#define PASSWORD  "jeabjeabl"
#define LINE_TOKEN "xhGgDCBDrvjZbHmZjpsQ6GBnewcDSHLz4Ymw0SuMc2G"

void setup() {
  Serial.begin(115200); Serial.println();
  Serial.println(LINE.getVersion());

  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  Serial.printf("WiFi connecting to %s\n", SSID);
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED) { Serial.print("."); delay(400); }
  Serial.printf("\nWiFi connected\nIP : ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}
  
```

รูปที่ 3-28 การประกาศตัวแปรรหัส Token แอปพลิเคชันไลน์ในโปรแกรม

3.6 การประกอบวงจรและติดตั้งชุดอุปกรณ์ของระบบ

การประกอบวงจรและติดตั้งชุดอุปกรณ์ของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อแบ่งเป็น 2 ส่วนตามการออกแบบดังนี้

3.6.1 การประกอบและติดตั้งระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ



รูปที่ 3-29 การเชื่อมต่อแผงวงจรของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ



รูปที่ 3-30 การประกอบแผงวงจรลงในตู้ควบคุม



รูปที่ 3-31 การประกอบปั๊มพ่นหมอกลงในตู้ควบคุม



รูปที่ 3-32 การติดตั้งกล่องเซนเซอร์AM2302 บริเวณคานใต้หลังคาโรงเรียน



รูปที่ 3-33 การติดตั้งพัดลมโรงเรียน



รูปที่ 3-34 การติดตั้งท่อน้ำพร้อมหัวพ่นหมอกบริเวณคานใต้หลังคาโรงเรือน



รูปที่ 3-35 การติดตั้งโครงเหล็กสำหรับยึดตู้ชุดอุปกรณ์ควบคุม อุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย และตู้ปั๊มพ่นหมอก



รูปที่ 3-36 การติดตั้งตู้ควบคุมของระบบ ตู้ควบคุมปั๊มพ่นหมอก เราเตอร์ และกล่องวงจรปิด



รูปที่ 3-37 การเดินสายร้อยท่อของระบบจากตู้ควบคุมไปยังเซนเซอร์และระบบไฟฟ้า

ในส่วนของการปรับปรุงโรงเรียนบางส่วนเพิ่มเติมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิในส่วนที่ทำการติดตั้งระบบพ่นหมอกนั้นมีการติดตั้งผ้าแสลนพรางแสง เพื่อกันแดดเนื่องจากโรงเรียนตั้งอยู่บนพื้นที่เนินสูง ในช่วงทำการวิจัยมีพายุเข้าติดต่อกันนั้นได้ติดตั้งแสลนเพิ่มเติมให้มีความสูงจากพื้น 1 เมตรเพื่อให้สามารถช่วยลดความแรงของลมและฝนที่พัดเข้ามาบริเวณภายในโรงเรียนและโรงอาหาร



รูปที่ 3-38 การติดตั้งผ้าแสลนพรางแสงบริเวณโรงเรียน



รูปที่ 3-39 บริเวณด้านข้างโรงเรียนที่มีการติดตั้งผ้าแสลนพรางแสง

3.6.2 การประกอบและติดตั้งระบบให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติ

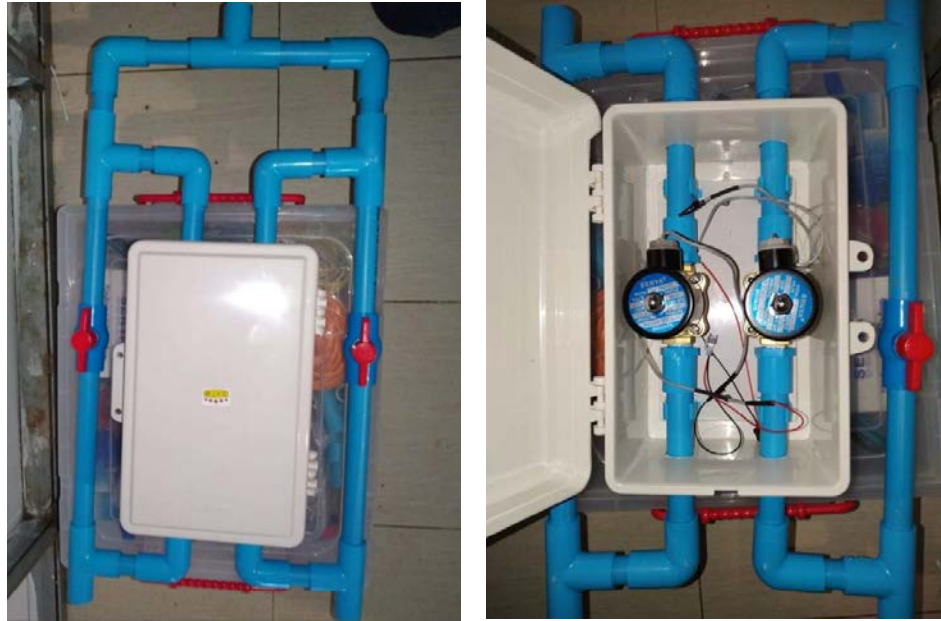
ในส่วนของการปรับปรุงโรงเรือนบางส่วนเพิ่มเติมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิในส่วนที่ทำการติดตั้งระบบพ่นหมอกนั้นมีการติดตั้งผ้าแสลนพรางแสง เพื่อกันแดดเนื่องจากโรงเรือนตั้งอยู่บนพื้นที่เนินสูง ในช่วงทำการวิจัยมีพายุเข้าติดต่อกันนั้นได้ติดตั้งแสลนเพิ่มเติมให้มีความสูงจากพื้น 1 เมตรเพื่อให้สามารถช่วยลดความแรงของลมและฝนที่พัดเข้ามาบริเวณภายในโรงเรือนและรางอาหาร



รูปที่ 3-40 ตู้ควบคุมอุปกรณ์ระบบให้น้ำแปลงหญ้าแบบอัตโนมัติพร้อมเซนเซอร์



รูปที่ 3-41 การประกอบแผงวงจรลงในตู้ควบคุมระบบให้น้ำ



รูปที่ 3-42 การติดตั้งโซลินอยด์วาล์วในกล่องกันน้ำ



รูปที่ 3-43 การเตรียมปั้มน้ำเพื่อนำไปติดตั้งยังแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์กระ



รูปที่ 3-44 ทดสอบเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน



รูปที่ 3-45 ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำเพื่อส่งงานปั้มน้ำ



รูปที่ 3-46 การเตรียมท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์แคะ



รูปที่ 3-47 การเตรียมดินแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์แคะ

ผู้วิจัยได้ทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ในแปลงสาธิตขนาดพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ (ยาว 60 เมตร ยาว 26 เมตร) โดยแบ่งแปลงปลูกขนาดความกว้าง 1 เมตร ร่องกว้าง 1 เมตร จำนวน 13 ร่อง โดยแบ่งระบบน้ำท่อหลักขนาด 1.5 นิ้ว ความยาว 30 เมตร และวางท่อกลางแปลงปลูกและต่อวาล์วเข้ากับเทปน้ำหยดระยะห่าง 20 เซนติเมตร อัตราการหยดน้ำ 3 ลิตร/จุด/ชั่วโมง ขนาดรูหยดน้ำ 0.16 มิลลิเมตร เป็นสองโซนทำการปลูกโดยการปักท่อนพันธุ์หญ้าเนเปียร์ระยะห่างประมาณ 1 เมตร โดยรองพื้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยคอก



รูปที่ 3-48 การเดินท่อระบบน้ำหยดสำหรับแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์แควะ

เมื่อทำการวางระบบน้ำและเริ่มปลูกหญ้าแล้วได้ทำการให้น้ำผ่านแอปพลิเคชันโดยการตั้งเวลา
รดน้ำแบบอัตโนมัติ โดยการให้น้ำในช่วงสัปดาห์แรกของการปลูกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกวันเช้า-เย็น

เนื่องจากช่วงแรกเป็นหน้าแล้งดินค่อนข้างแห้งแล้ง ส่วนในสัปดาห์ที่สองให้น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกวันในเวลาเช้า ส่วนในสัปดาห์ที่ 3 ให้น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทุกๆ 2 วันในเวลาเช้า หลังจากนั้น เมื่อต้นหญ้าเริ่มแตกกอแล้วจึงให้น้ำ 3-4 วันครั้งต่อสัปดาห์ และให้ปุ๋ยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง



รูปที่ 3-49 ขนาดของลำต้นหญ้าเนเปียร์แคะเมื่ออายุประมาณ 2 สัปดาห์



รูปที่ 3-50 การให้น้ำระบบน้ำหยดสำหรับแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์แคะ



รูปที่ 3-51 แปลงปลูกหญ้าเนเปียร์แควที่มีอายุตั้งแต่ 45 วัน



รูปที่ 3-52 การตัดหญ้าสดเมื่ออายุได้ 45 วันขึ้นไป

เมื่อหญ้าอายุครบ 45 วันสามารถตัดหญ้าสดไปเป็นอาหารให้โคเนื้อได้ผลผลิตจากแปลงสาธิต เมื่อนำไปชั่งได้น้ำหนัก 115 กิโลกรัมต่อ 1 แถว จำนวนแถวที่ปลูก 13 แถวในแปลงหญ้าขนาด 1 ไร่ ได้ผลผลิตปริมาณหญ้า 1,495 กิโลกรัม หรือประมาณ 1 ตันครึ่ง

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบและทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ระบบยังพื้นที่ทดสอบได้แก่ โรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบการทำงานของระบบและตารางการทดลอง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบไว้ดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโค

- 3.7.1 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคแบบแมนนวล
- 3.7.2 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมคตั้งเวลา
- 3.7.3 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมคตั้งค่าอุณหภูมิ
- 3.7.4 การเก็บบันทึกสถิติข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า

- 3.7.5 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าแบบแมนนวล
- 3.7.6 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคตั้งเวลา
- 3.7.7 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคตั้งค่าความชื้น

การทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน

- 3.7.8 การทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโค
- 3.7.9 การทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้า

การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชัน

3.7.10 การประเมินประสิทธิภาพโดยวัดระดับความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันด้วยแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ของลิเคอร์ต์ มีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับ (ที่มา: บุญชม ศรีสะอาด, 2543, หน้า 101) ดังนี้

- ระดับ 5 หมายถึง ผู้ตอบมีความพึงพอใจมากที่สุด
- ระดับ 4 หมายถึง ผู้ตอบมีความพึงพอใจมาก
- ระดับ 3 หมายถึง ผู้ตอบมีความพึงพอใจปานกลาง
- ระดับ 2 หมายถึง ผู้ตอบมีความพึงพอใจน้อย
- ระดับ 1 หมายถึง ผู้ตอบมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

การแปลความหมายของระดับความพึงพอใจ ใช้เกณฑ์การแปลความหมายจากค่าเฉลี่ยดังนี้

- 4.50 – 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดีที่สุด
- 3.50 – 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดีมาก
- 2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับดี
- 1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับพอใช้
- 1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจระดับต้องปรับปรุง

3.8 สถิติที่ใช้ในการค้นคว้า

3.8.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้พัฒนาได้นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยใช้หลักสถิติในการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยวัดจากค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของการทำงานโดยใช้สมการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตดังนี้
(ที่มา : บุญชม ศรีสะอาด. 2543, หน้า 101)

$$\text{สูตรหาค่าเฉลี่ย} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของแบบประเมินความพึงพอใจ
 $\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนแบบประเมินความพึงพอใจ
 n แทน จำนวนคน

3.8.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(S.D.) ในกรณีข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่

$$\text{สูตร S.D.} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

โดยที่ S.D. คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
 x คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน
 n คือ จำนวนข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

3.8.3 การคำนวณค่าสหสัมพันธ์

สหสัมพันธ์เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุด ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร และสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) จะมีค่าตั้งแต่ - 1.0 ถึง 1.0 โดย ถ้าค่าเป็นลบแสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามถ้าเป็น 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ถ้าเป็นบวกแสดงว่ามีความสัมพันธ์กันทางด้านบวก การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient) จะใช้

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left[N \sum X^2 - (\sum X)^2 \right] \left[N \sum Y^2 - (\sum Y)^2 \right]}}$$

รูปที่ 3-53 สมการการหาค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์

เมื่อ r_{xy} แทน สัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x กับ y

N แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

X แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X

Y แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y

X^2 แทน ผลรวมของคะแนน X แต่ละตัวยกกำลังสอง

Y^2 แทน ผลรวมของคะแนน Y แต่ละตัวยกกำลังสอง

XY แทน ผลรวมของผลคูณระหว่าง X กับ Y

การแปลผลความสัมพันธ์ (r) มีดังนี้

มีค่าระหว่าง 0.80 – 0.99 มีค่าความสัมพันธ์สูงทางบวก

มีค่าระหว่าง 0.60 – 0.79 มีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงทางบวก

มีค่าระหว่าง 0.40 – 0.59 มีค่าความสัมพันธ์ปานกลาง

มีค่าระหว่าง 0.20 – 0.39 มีค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำ

มีค่าระหว่าง 0.00 – 0.19 มีค่าความสัมพันธ์ต่ำ หรือ ไม่มี ความสัมพันธ์

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ทำสร้างและการติดตั้งระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ โดยทำการพัฒนาระบบและทำการติดตั้งชุดอุปกรณ์ยังพื้นที่ทดสอบในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ และทำการทดสอบการทำงานของระบบ โดยสามารถสั่งงานเปิดปิด และตั้งเวลาการทำงานทั้งแบบแมนนวล และแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนได้ ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

4.2.1 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคแบบแมนนวล

ทดสอบโดยเลือกโหมดควบคุมระบบ กดปุ่มแบบทอกเกิล ON/OFF บนแอปพลิเคชันเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของปั้มพ่นหมอกและพัดลม พร้อมส่งข้อความแจ้งเตือนไลน์

ตารางที่ 4-1 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล

ครั้งที่	อุปกรณ์	คำสั่ง	ผลการทำงาน	สถานะบนแอปพลิเคชัน	แจ้งเตือนผ่านไลน์
1	ปั้มพ่นหมอก	ON	เปิด	ON	✓
2	ปั้มพ่นหมอก	ON	เปิด	ON	✓
3	ปั้มพ่นหมอก	ON	เปิด	ON	✓
4	ปั้มพ่นหมอก	OFF	ปิด	OFF	✓
5	ปั้มพ่นหมอก	OFF	ปิด	OFF	✓
6	ปั้มพ่นหมอก	OFF	ปิด	OFF	✓
7	พัดลม	ON	เปิด	ON	✓
8	พัดลม	ON	เปิด	ON	✓
9	พัดลม	ON	เปิด	ON	✓
10	พัดลม	OFF	ปิด	OFF	✓
11	พัดลม	OFF	ปิด	OFF	✓
12	พัดลม	OFF	ปิด	OFF	✓

จากตารางที่ 4-1 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหนดควบคุมระบบแบบแมนนวล พบว่าจากการทดสอบสั่งงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ได้แก่ บั้มพ่นหมอกและพัดลม ทำการทดสอบทุกอุปกรณ์ผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามคำสั่งทุกครั้งรวม 12 ครั้ง การทำงานที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคโหนดตั้งเวลา

ทดสอบโดยเลือกโหนดตั้งเวลา ให้ผู้ใช้ตั้งค่าเวลาในการทำงานเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของระบบบั้มพ่นหมอกจะทำงานตามเวลาเปิดและปิดและพัดลมทำงานต่อ 10 นาทีจึงหยุด การทดสอบในโหนดนี้ผู้วิจัยได้ทำการตั้งเวลาไว้ทั้ง 5 ช่วงเวลาเพื่อนำไปเป็นอินพุตของการสั่งงานให้ระบบทำงานตามเวลาที่กำหนดและเก็บบันทึกผลการทดลองใน 1 วันลงในตารางที่ 4-2 โดยเมื่อตั้งเวลาแล้วหากไม่เปลี่ยนแปลงระบบจะสั่งงานให้ทำตามเวลาซ้ำในทุกๆวันโดยไม่ต้องกำหนดวันและผู้ใช้สามารถ Reset เพื่อยกเลิกการตั้งเวลาได้



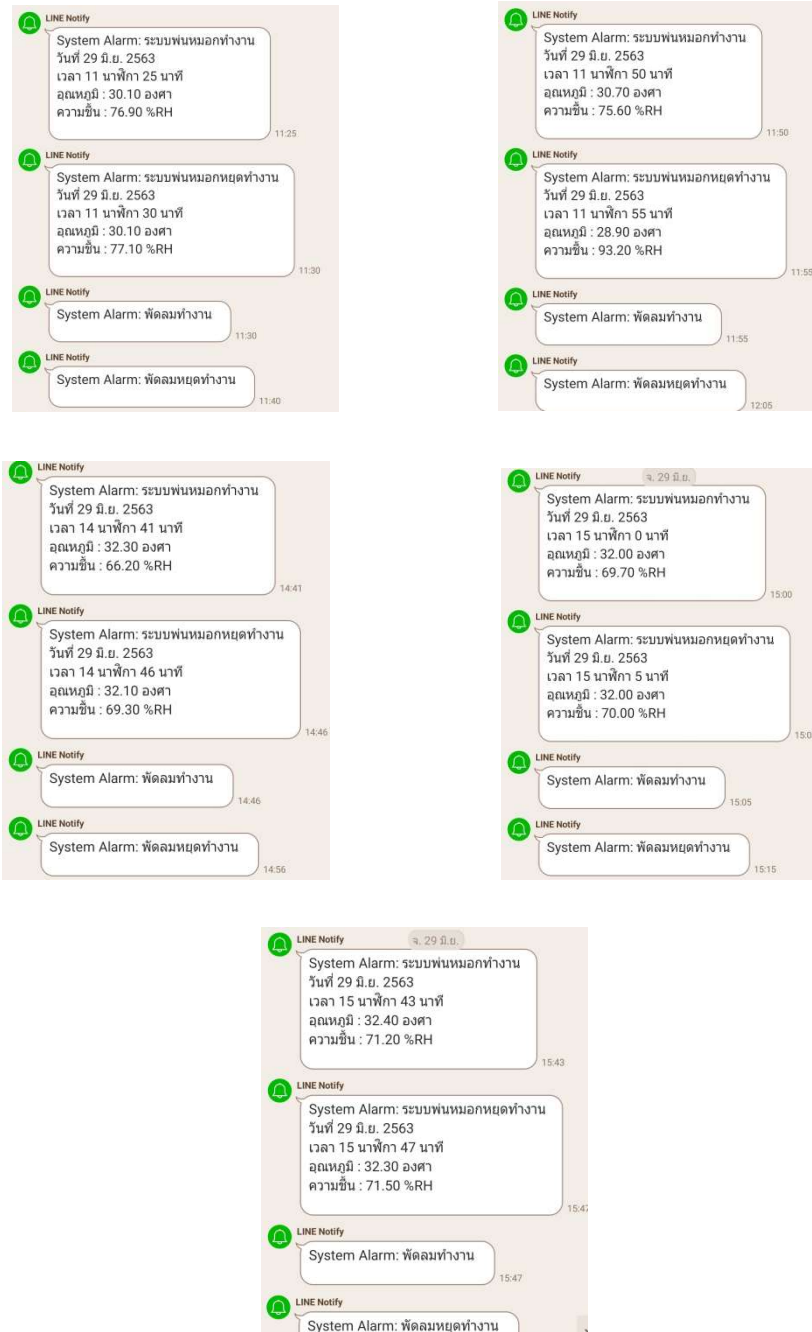
รูปที่ 4-1 การตั้งเวลาการทำงานเพื่อทดสอบระบบในโหนดตั้งเวลา

ตารางที่ 4-2 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมดตั้งเวลา

ครั้งที่	คำสั่ง	เวลา	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้น (%RH)	สถานะ พ่นหมอก	สถานะ พัดลม	แจ้งเตือน ผ่านไลน์	ทำงาน ถูกต้อง
1	เวลาเปิด	11.25	30.10	76.90	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	11.30	30.10	77.10	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
2	เวลาเปิด	11.50	30.70	75.60	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	11.55	28.90	93.20	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
3	เวลาเปิด	14.41	32.30	66.20	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	14.46	32.10	69.30	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
4	เวลาเปิด	15.00	32.00	69.70	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	15.05	32.00	70.00	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
5	เวลาเปิด	15.43	32.40	71.20	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	15.47	32.30	71.50	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
6	เวลาเปิด	15.21	35.30	40.30	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	15.26	35.20	40.90	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
7	เวลาเปิด	15.36	34.90	40.70	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	15.41	33.70	52.20	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
8	เวลาเปิด	15.52	33.80	42.50	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	15.57	33.60	51.20	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
9	เวลาเปิด	16.29	34.20	43.00	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	16.39	29.90	68.60	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓
10	เวลาเปิด	17.05	32.80	48.80	ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	17.15	31.40	55.00	ไม่ทำงาน	ทำงาน 10 นาที	✓	✓

จากตารางที่ 4-2 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมดตั้งเวลาพบว่าจากการทดสอบสั่งงานเปิด-ปิดอุปกรณ์จากการตั้งเวลา ระบบพ่นหมอกทำงานเมื่อถึงเวลาเปิด และหยุดพ่นหมอกเมื่อถึงเวลาปิด หลังจากนั้นพัดลมจะทำงานต่ออีก 10 นาทีและแจ้งเตือนเมื่อหยุดทำงาน ผลการทำงานโหมดตั้งเวลาทำงานได้อย่างถูกต้องตามคำสั่งทุกครั้งรวมทดสอบ 10 ครั้ง การทำงานที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 และในวันถัดไประบบทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้หากไม่เปลี่ยนแปลง และ

ผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Reset เพื่อลบการตั้งค่าเวลาได้ นอกจากนี้ในโหมดนี้ผู้ใช้ยังสามารถกดปุ่มเมนู ตั้งเวลาแบบด่วนคือ การสั่งงาน 5 10 15 และ 20 นาที โดย 4 ปุ่มนี้จะทำงานตามคำสั่งแบบครั้งเดียว ไม่ทำซ้ำในวันถัดไป



รูปที่ 4-2 การแจ้งเตือนสถานะของระบบในโหมดตั้งเวลาผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.2.3 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคโหมดตั้งค่าอุณหภูมิทดสอบโดยเลือกโหมดตั้งค่าอุณหภูมิ ให้ผู้ใช้ตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด(Max)และอุณหภูมิต่ำสุด(Min)ในการทำงานเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของระบบปั๊มพ่นหมอกจะทำงานเมื่ออุณหภูมิมากกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุด(Max) และหยุดทำงานเมื่ออุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิต่ำสุด(Min)

ตารางที่ 4-3 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมดตั้งค่าอุณหภูมิ

ครั้งที่	อุณหภูมิสูงสุด(Max)	อุณหภูมิต่ำสุด(Min)	เวลาเริ่ม	อุณหภูมิเมื่อพ่นหมอก(°C)	ความชื้นเมื่อพ่นหมอก(%RH)	เวลาหยุด	อุณหภูมิหยุดพ่นหมอก(°C)	ความชื้นหยุดพ่นหมอก(%RH)	แจ้งเตือนผ่านไลน์
1	37	35	12.18	37.20	51.10	12.23	34.90	58.70	✓
2	35	34	12.50	35.10	56.90	12.56	33.90	60.20	✓
3	33	32	17.41	33.10	50.50	17.46	31.80	53.20	✓
4	31	30	17.52	31.40	52.80	17.56	29.90	68.30	✓
5	30	29	18.59	30.30	55.30	19.04	28.90	76.30	✓

จากตารางที่ 4-3 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโหมดตั้งค่าอุณหภูมิพบว่าการทำงานเมื่ออุณหภูมิมียค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิสูงสุด(Max) ระบบจะเริ่มทำงาน และเมื่อพ่นหมอกจนค่าอุณหภูมิลดลงไปถึงค่าอุณหภูมิต่ำสุด(Min)ระบบจะหยุดพ่นหมอกและพัสดมทำงานต่อจนครบ 10 นาที จากการทดสอบ 5 ครั้งโดยการตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดให้มีค่าต่างกัน 1-2 องศาเซลเซียส จะใช้ระยะเวลาพ่นหมอกอยู่ที่ 2-5 นาที

4.2.4 การเก็บบันทึกสถิติข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ

ระบบทำการส่งข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์คือ ค่าอุณหภูมิและความชื้นบริเวณโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อพัฒน์วนาฟาร์ม อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ โดยอัฟโพลดขึ้นมายังเซิร์ฟเวอร์ทุกๆ 15 นาที แล้วทำการจัดกลุ่มข้อมูลทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งหาค่าอุณหภูมิและความชื้นสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวัน จัดเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 15-30 สิงหาคม 2563 เป็นระยะเวลา 15 วัน แสดงข้อมูลดังตารางที่ 4-4 ถึง ตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-4 สถิติอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ 15 วัน

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิภายนอก บริเวณพุ่มหมอก(°C)		อุณหภูมิภายในบริเวณ พุ่มหมอกทิศตะวันออก(°C)		อุณหภูมิภายในบริเวณ พุ่มหมอกทิศตะวันตก(°C)	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
15/6/2020	30.80	24.80	30.70	24.70	31.30	24.40
16/6/2020	31.70	24.90	30.50	25.50	30.40	24.60
17/6/2020	31.70	25.00	30.60	25.50	31.20	24.70
18/6/2020	27.80	23.90	28.40	25.20	27.60	24.40
19/6/2020	32.30	24.00	32.30	25.50	31.90	24.60
20/6/2020	34.40	24.30	33.90	25.60	33.40	24.90
21/6/2020	33.60	26.90	33.30	27.90	32.50	27.10
22/6/2020	35.50	26.30	35.60	26.30	34.90	25.80
23/6/2020	34.60	25.50	34.70	26.10	34.20	25.80
24/6/2020	35.10	24.70	34.20	25.90	34.30	25.70
25/6/2020	33.60	26.50	33.40	27.60	32.00	26.50
26/6/2020	32.90	24.60	32.80	25.20	31.00	24.70
27/6/2020	31.50	28.40	31.50	27.40	30.90	26.90
28/6/2020	32.30	25.80	31.80	26.70	31.50	26.40
29/6/2020	33.60	25.50	33.10	26.60	32.90	25.90
30/6/2020	32.10	25.90	33.30	26.70	32.60	26.00
ค่าเฉลี่ย	32.72	25.44	32.51	26.15	32.04	25.53
ค่าสูงสุด-ต่ำสุด	35.50	23.90	35.60	24.70	34.90	24.40

จากตารางที่ 4-4 แสดงสถิติค่าอุณหภูมิและความชื้นสูงสุด-ต่ำสุดของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ โดยเก็บข้อมูล 15 วัน มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายนอกบริเวณพุ่มหมอกสูงสุด 32.72 °C และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด 25.44 °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในบริเวณที่ทำการพุ่มหมอกทิศตะวันออกสูงสุด 32.51 °C และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด 26.15 °C ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในบริเวณที่ทำการพุ่มหมอกทิศตะวันตกสูงสุด 32.04 °C และค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด 25.53 °C โดยค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของทั้ง 3 บริเวณ ได้แก่ ภายนอกบริเวณพุ่มหมอก ภายในบริเวณพุ่มหมอกทิศตะวันออก ภายในบริเวณพุ่มหมอกทิศตะวันตก มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.50, 35.60 และ 34.90 °C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 23.90, 24.70 และ 24.40 °C ตามลำดับ

ตารางที่ 4-5 สถิติค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ 15 วัน

วันเดือนปี	ภายนอกบริเวณฟาร์มหมอก		ภายในบริเวณฟาร์มหมอก ทิศตะวันออก		ภายในบริเวณฟาร์มหมอก ทิศตะวันตก	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
	(°C)	(%RH)	(°C)	(%RH)	(°C)	(%RH)
15/6/2020	28.72	85.13	28.34	82.59	27.28	84.36
16/6/2020	27.70	88.71	27.56	83.74	25.72	91.47
17/6/2020	28.05	85.52	26.65	86.76	25.90	90.92
18/6/2020	25.64	94.57	27.10	83.67	26.40	89.78
19/6/2020	25.03	95.38	27.01	87.05	26.96	88.16
20/6/2020	29.65	84.51	26.88	89.34	26.30	93.76
21/6/2020	30.63	83.05	30.53	77.82	29.88	81.91
22/6/2020	32.71	75.01	28.71	81.80	27.37	87.31
23/6/2020	31.30	77.22	26.86	87.76	26.51	91.30
24/6/2020	31.28	81.56	28.99	82.28	30.64	77.10
25/6/2020	31.73	81.00	30.81	75.96	30.29	80.18
26/6/2020	30.02	86.60	28.67	82.49	26.92	91.86
27/6/2020	30.52	84.40	29.59	79.71	28.74	85.50
28/6/2020	29.36	90.14	30.11	79.80	30.34	82.32
29/6/2020	30.44	86.11	29.30	82.25	28.77	87.13
30/6/2020	29.78	87.21	28.98	80.60	27.65	89.27

จากตารางที่ 4-5 แสดงสถิติค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นในแต่ละวันของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโดยเก็บข้อมูล 15 วัน พบว่าภายนอกบริเวณฟาร์มหมอก มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่าง 25.03-32.71 °C และค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่าง 75.01-95.38 %RH ส่วนต่อมาก็คือภายในบริเวณฟาร์มหมอก ทิศตะวันออกมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่าง 26.65-30.81°C และค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่าง 75.96-89.34%RH และส่วนสุดท้ายภายในบริเวณฟาร์มหมอกทิศตะวันตกมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิระหว่าง 25.72-30.64°C และค่าเฉลี่ยความชื้นระหว่าง 75.01-95.38 %RH

ตารางที่ 4-6 สถิติการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นเมื่อทำการพ่นหมอก

ครั้งที่	เวลา เริ่ม	เวลา หยุด	อุณหภูมิ เมื่อเริ่ม พ่นหมอก (°C)	ความชื้น เมื่อเริ่ม พ่นหมอก (%RH)	อุณหภูมิ เมื่อหยุด พ่นหมอก (°C)	ความชื้น เมื่อหยุด พ่นหมอก (%RH)	เวลา ที่ใช้ (นาท)	อุณหภูมิ เปลี่ยนแปลง (°C)	ความชื้น เปลี่ยนแปลง (%RH)
1	14.56	14.59	36.10	68.40	33.00	74.10	3.00	-3.10	5.70
2	15.44	15.47	36.00	65.60	35.80	68.40	3.00	-0.20	2.80
3	11.56	11.59	29.50	82.40	28.30	86.70	3.00	-1.20	4.30
4	13.30	13.33	33.10	62.20	32.80	61.70	3.00	-0.30	-0.50
5	11.00	11.03	29.40	74.50	29.40	75.30	3.00	0.00	0.80
6	13.00	13.03	31.50	66.00	31.30	67.80	3.00	-0.20	1.80
7	15.00	15.03	32.10	60.20	32.00	61.10	3.00	-0.10	0.90
8	15.00	15.03	33.00	67.00	32.70	70.40	3.00	-0.30	3.40
9	11.05	11.08	28.30	86.60	28.20	90.60	3.00	-0.10	4.00
10	12.00	12.03	32.20	74.40	32.10	76.90	3.00	-0.10	2.50
11	14.40	14.43	34.10	64.70	33.90	69.50	3.00	-0.20	4.80
12	14.06	14.09	33.30	60.90	32.90	64.10	3.00	-0.40	3.20
13	11.05	11.08	31.00	74.00	31.00	75.50	3.00	0.00	1.50
14	13.00	13.03	31.60	71.40	31.50	72.90	3.00	-0.10	1.50
15	14.00	14.03	33.10	63.40	32.90	66.40	3.00	-0.20	3.00
16	14.00	14.03	30.70	78.90	30.60	81.40	3.00	-0.10	2.50
17	14.00	14.03	30.00	78.10	29.40	81.40	3.00	-0.60	3.30
18	14.00	14.03	31.70	69.90	31.60	70.70	3.00	-0.10	0.80
19	14.00	14.03	32.30	69.60	32.10	71.80	3.00	-0.20	2.20
20	13.00	13.03	32.70	71.20	32.50	72.00	3.00	-0.20	0.80
ค่าเฉลี่ย(average)			32.09	70.47	31.70	72.94	3.00	-0.39	2.47

จากตารางที่ 4-6 เมื่อทดสอบทำการพ่นหมอกระยะเวลา 3 นาที พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.39 °C และค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ย 2.47 %RH

4.2.5 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคแมนนวล

ทดสอบโดยเลือกโหมคควบคุมระบบ กดปุ่มแบบทอกเกิล ON/OFF บนแอปพลิเคชันเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของปั้มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว พร้อมส่งข้อความแจ้งเตือนผ่านไลน์

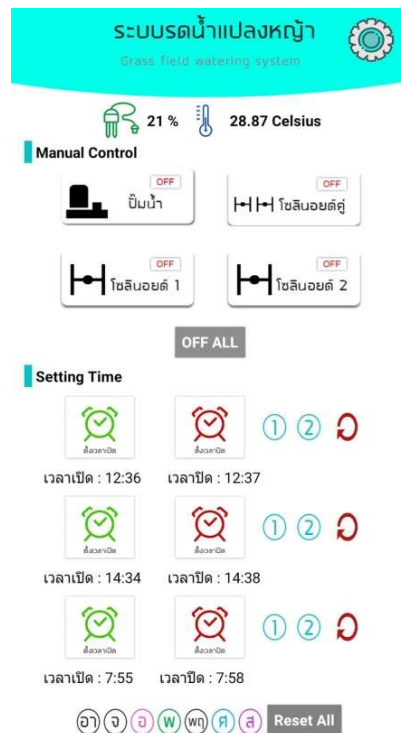
ตารางที่ 4-7 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมคควบคุมระบบแบบแมนนวล

ครั้งที่	อุปกรณ์	คำสั่ง	ผลการทำงาน	สถานะบนแอปพลิเคชัน	แจ้งเตือนผ่านไลน์
1	ปั้มน้ำ	ON	เปิด	ON	✓
2	ปั้มน้ำ	ON	เปิด	ON	✓
3	ปั้มน้ำ	ON	เปิด	ON	✓
4	ปั้มน้ำ	OFF	ปิด	OFF	✓
5	ปั้มน้ำ	OFF	ปิด	OFF	✓
6	ปั้มน้ำ	OFF	ปิด	OFF	✓
7	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	ON	เปิด	ON	✓
8	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	ON	เปิด	ON	✓
9	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	ON	เปิด	ON	✓
10	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	OFF	ปิด	OFF	✓
11	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	OFF	ปิด	OFF	✓
12	โซลินอยด์วาล์วโซน 1	OFF	ปิด	OFF	✓
13	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	ON	เปิด	ON	✓
14	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	ON	เปิด	ON	✓
15	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	ON	เปิด	ON	✓
16	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	OFF	ปิด	OFF	✓
17	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	OFF	ปิด	OFF	✓
18	โซลินอยด์วาล์วโซน 2	OFF	ปิด	OFF	✓
19	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	ON	เปิด	ON	✓
20	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	ON	เปิด	ON	✓
21	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	ON	เปิด	ON	✓
22	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	OFF	ปิด	OFF	✓
23	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	OFF	ปิด	OFF	✓
24	โซลินอยด์วาล์วโซน 1,2	OFF	ปิด	OFF	✓

จากตารางที่ 4-7 แสดงผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าอัตโนมัติโหมดแมนนวลคือการสั่งเปิดหรือปิดการทำงานผ่านแอปพลิเคชัน ทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลแต่ละโหมดการทำงานซ้ำอย่างละ 3 พบว่าการทดสอบสั่งงานในโหมดแมนนวลคือคำสั่งเปิด-ปิดปั้มน้ำ คำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 1 คำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 2 และ คำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 1 และ 2 พร้อมกัน ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้งที่การทดสอบรวม 24 ครั้งคิดเป็นการทำงานถูกต้องร้อยละ 100

4.2.6 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลา

ทดสอบโดยเลือกโหมดตั้งเวลา ให้ผู้ใช้ตั้งค่าเวลาในการทำงานเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของปั้มน้ำ โซลินอยด์วาล์วทั้ง 2 โซนให้ทำงานพร้อมกันตามเวลาเปิดและปิดที่ผู้ใช้ได้กำหนดเวลา



รูปที่ 4-3 การตั้งเวลาระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลา

ตารางที่ 4-8 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลา

ครั้งที่	คำสั่ง	เวลา	อุณหภูมิในดิน (°C)	ความชื้นในดิน (%RH)	สถานะ ปั๊มน้ำ	สถานะ โซลินอยด์วาล์ว	แจ้งเตือน ผ่านไลน์	ทำงาน ถูกต้อง
1	เวลาเปิด	12.36	29.20	63.00%	ทำงาน	ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	12.37	29.00	64.00%	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
2	เวลาเปิด	14.34	34.88	11.00%	ทำงาน	ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	14.38	32.69	40.00%	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
3	เวลาเปิด	7.55	23.00	43.00%	ทำงาน	ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	7.58	22.60	53.00%	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
4	เวลาเปิด	18.18	25.00	43.00%	ทำงาน	ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	18.20	24.50	48.00%	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓
5	เวลาเปิด	12.33	28.40	50.00%	ทำงาน	ทำงาน	✓	✓
	เวลาปิด	12.35	28.00	64.00%	ไม่ทำงาน	ไม่ทำงาน	✓	✓

จากตารางที่ 4-8 การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลาสามารถรับค่า 3 ช่วงเวลาเป็นอินพุตในการสั่งงานและสามารถตั้งเวลาให้โซลินอยด์วาล์วโซน 1 หรือ โซน 2 หรือทั้งสองโซนทำงานตามเวลาที่กำหนดได้ รวมทั้งสามารถสั่งให้ทำงานในวันอาทิตย์ถึงจันทร์โดยระบบจะสั่งปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วที่กำหนดให้ทำงานซ้ำตามวันที่กำหนดในสัปดาห์ ผลการทำงานของโหมดตั้งเวลาได้อย่างถูกต้องตามคำสั่งทุกครั้งรวมทดสอบ 10 ครั้ง การทำงานที่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100

4.2.7 ผลการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งค่าความชื้น

ทดสอบโดยเลือกโหมดตั้งค่าความชื้นในดิน ให้ผู้ใช้ตั้งค่าความชื้นสูงสุด และต่ำสุดในการทำงานเพื่อสั่งเปิด-ปิดการทำงานของปั๊มน้ำ และสั่งโซลินอยด์วาล์วทั้ง 2 โซนให้ทำงานพร้อมกันตามที่ใช้ได้กำหนด เมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นต่ำสุดระบบจะสั่งเปิดการทำงาน และเมื่อปั๊มน้ำทำงานจนกระทั่งวัดค่าความชื้นในดินได้มากกว่าความชื้นสูงสุดระบบจะหยุดทำงาน

ตารางที่ 4-9 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งค่าความชื้น

ครั้งที่	ความชื้น สูงสุด (Max)	ความชื้น ต่ำสุด (Min)	เวลา เริ่ม	อุณหภูมิเมื่อ ระบบทำงาน (°C)	ความชื้นเมื่อ ระบบทำงาน (%RH)	เวลา หยุด	อุณหภูมิเมื่อ หยุดทำงาน (°C)	ความชื้นเมื่อ หยุดทำงาน (%RH)	แจ้งเตือน ผ่านไลน์
1	45	40	15.05	28.80	10.00	15.09	26.50	46.00	✓
2	50	45	15.20	27.00	44.70	15.24	26.20	50.00	✓
3	55	50	16.00	27.30	49.80	16.03	26.70	56.00	✓
4	60	55	16.15	27.50	54.90	16.17	26.80	61.00	✓
5	65	60	16.30	27.00	59.80	16.33	25.60	66.00	✓

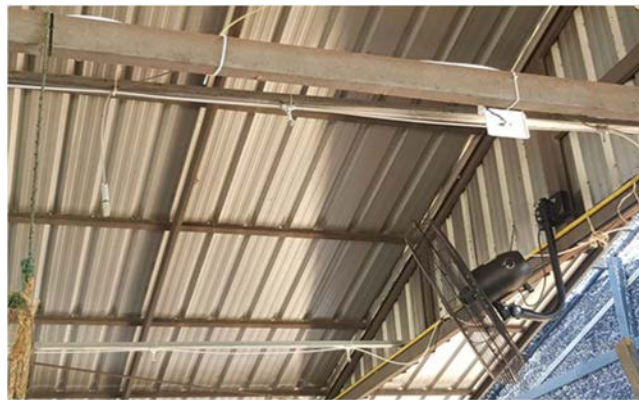
จากตารางที่ 4-9 ผลทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งค่าความชื้นในดิน โดยใช้ดินใหม่ทุกครั้งพบว่าการทำงานของระบบเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นต่ำสุด ระบบจะสั่งเปิดการทำงาน ปั๊มน้ำทำงานเพื่อส่งให้น้ำแปลงหญ้าจนกระทั่งวัดค่าความชื้นในดินได้มากกว่าความชื้นสูงสุดจึงหยุดทำงาน จากการทดสอบ 5 ครั้งโดยการตั้งค่าความชื้นในดินสูงสุด-ต่ำสุดให้อยู่ในช่วง 5 %RH ใช้การให้น้ำอยู่ในช่วง 2-4 นาที สังเกตได้ว่าค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปสูงกว่าค่าความชื้นสูงสุดเล็กน้อยจึงหยุดเนื่องจากค่าเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าการส่งข้อมูลแจ้งเตือนไลน์จึงล่าช้ากว่าการอ่านค่าเซ็นเซอร์เล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเซ็นเซอร์อ่านค่าได้ระบบจะสั่งหยุดทำงานทันที

4.3 ผลการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

ในส่วนนี้เป็นการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆของระบบเมื่อมีการทำงาน จะมีการแจ้งเตือนข้อมูลที่เซ็นเซอร์ตรวจวัดได้เช่น ค่าอุณหภูมิ ความชื้น และวัน เวลา การทำงาน แล้วแสดงการแจ้งเตือนด้วยข้อความไปยังแอปพลิเคชันไลน์ของผู้ใช้งาน

4.3.1 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานการณ์ทำงานของระบบควบคุมโรงเรือน

ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนโดยตั้งเวลาการทำงาน เวลาเริ่ม 13.00 น. และเวลาหยุด 13.03 น. พบว่ามีเมื่อถึงกำหนดเวลาระบบพ่นหมอกทำงานจะมีการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เมื่อระบบเริ่มทำงานเวลา 13.00 น. และเวลาหยุดทำงาน 13.03 น. และแจ้งเตือนสถานะพัดลมทำงานเวลา 13.03 น. และพัดลมหยุดทำงานเมื่อครบ 10 นาที คือเวลา 13.13 น.



รูปที่ 4-4 ระบบพ่นหมอกและพัดลมทำงานตามกำหนดเวลาในโหมคตั้งเวลาทำงาน

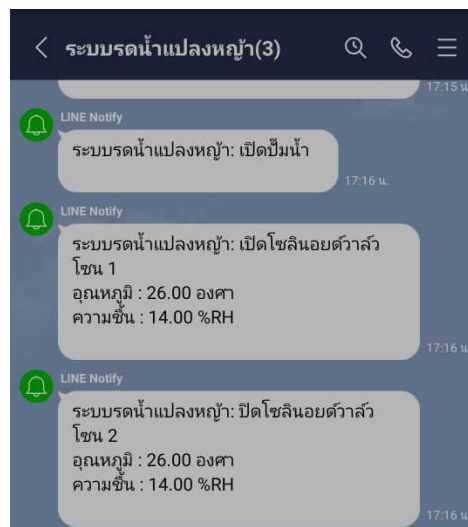


รูปที่ 4-5 แสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะของการทำงานผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.3.2 ผลการทดสอบการแจ้งเตือนสถานะการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำ
ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโดยสั่งเปิดปั้มน้ำแบบแมนนวล สั่ง
เปิดไวถินอยด์วาล์วโซน 1 และสั่งปิดไวถินอยด์วาล์วโซน 2 พบว่ามีเมื่อระบบทำงานตามคำสั่งมี
การแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ดังรูปที่ 4.6-4.7



รูปที่ 4-6 ระบบให้น้ำแปลงหญ้าทำงานในโหมดควบคุมแบบแมนนวล



รูปที่ 4-7 แสดงข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงานจากระบบผ่านแอปพลิเคชันไลน์

4.4 การประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบ

ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินโดยให้กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 5 คน ได้ทำการทดสอบการทำงานของระบบโดยการติดตั้งและทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน แล้วทำการประเมินระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-10 ผลประเมินประสิทธิภาพการใช้งานแอปพลิเคชันของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหญ้าอัจฉริยะโดยเกษตรกรจำนวน 5 คน

หัวข้อที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านการออกแบบ			
1.1 ขนาดของตัวอักษรมีความเหมาะสม	4.60	0.55	มากที่สุด
1.2 การออกแบบโหมดการทำงานในแอปพลิเคชันมีความเหมาะสม	4.20	0.45	มาก
1.3 การนำเสนอข้อมูล แสดงค่าได้ชัดเจน ถูกต้อง	4.80	0.45	มากที่สุด
1.4 ภาพที่นำเสนอ สัญลักษณ์ และสีในแอปพลิเคชันมีสวยงาม	4.80	0.45	มากที่สุด
1.5 การจัดวางองค์ประกอบแอปพลิเคชันเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	4.00	0.71	มาก
2. ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน			
2.1 ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานเปิด-ปิด อุปกรณ์ต่างๆในระบบได้	4.80	0.45	มากที่สุด
2.2 ผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาการทำงานให้กับระบบได้	4.80	0.45	มากที่สุด
2.3 ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าอุณหภูมิ ความชื้นให้กับระบบได้	4.60	0.55	มากที่สุด
2.4 ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลในแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว	4.40	0.45	มาก
2.5 ระบบมีประสิทธิภาพช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้	4.80	0.45	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.60	0.50	มากที่สุด

จากผลประเมินการใช้งานแอปพลิเคชันในตารางที่ 4-10 ทำการประเมิน 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด 4.80 ได้แก่ การนำเสนอข้อมูล แสดงค่าได้ชัดเจน ถูกต้อง และภาพที่นำเสนอ สัญลักษณ์ และสีในแอปพลิเคชันมีสวยงาม ส่วนข้อที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด 4.00 คือ การจัดวางองค์ประกอบแอปพลิเคชันเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และการประเมินด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด 4.80 คือ ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานเปิด-ปิด อุปกรณ์ต่างๆในระบบได้ ผู้ใช้งานสามารถตั้งเวลาการทำงานให้กับระบบได้ และระบบมีประสิทธิภาพช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานได้ ส่วนข้อที่น้อยที่สุดคือ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลในแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว โดยผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยรวม 4.60 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผล

ผู้วิจัยได้สร้างและทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหย้าอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ และทดสอบการใช้งานกับโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ บันทึกผลแล้วสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

การสร้างและพัฒนาระบบควบคุมโรงเรือนและแปลงหย้าอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อประกอบด้วย 2 ระบบการทำงานหลักซึ่งส่วนแรกคือ ระบบควบคุมโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อ ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มชียู ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้น AM2302 หรือ DHT22 ในการวัดค่าและส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายเคลื่อนที่ (3G/4G) เพื่อส่งงานรีเลย์ซึ่งต่อไปยังพัดลมและชุดควบคุมการฟั่นละอองหมอกเพื่อลดอุณหภูมิโรงเรือนซึ่งประกอบด้วยกับปั้มพ่นหมอก โดยทำการติดตั้งเซ็นเซอร์ทั้งบริเวณภายในและภายนอกบริเวณพ่นหมอก ส่งข้อมูลไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อแสดงกราฟแบบเรียลไทม์ และรวมทั้งการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์เข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ Raspberry pi เพื่อนำข้อมูลมาแสดงสถิติในรูปแบบของกราฟและจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์ โดยผู้พัฒนาได้ออกแบบการทำงาน 3 โหมดการทำงาน คือ โหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล โหมดควบคุมแบบตั้งเวลา และโหมดควบคุมแบบตั้งค่าอุณหภูมิ และส่วนการทำงานหลักส่วนที่สองคือ ระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหย้า ประกอบด้วยส่วนของวงจรควบคุมระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มชียู ESP8266 เชื่อมต่อกับโมดูลวัดอุณหภูมิและความชื้นในดิน (TDR soil moisture sensors) เชื่อมต่อไปยังรีเลย์เพื่อสั่งงานเปิดปิดปั้มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว โดยระบบมี 3 โหมดการทำงาน ได้แก่ โหมดควบคุมระบบแบบแมนนวล โหมดควบคุมระบบแบบตั้งเวลา และโหมดควบคุมแบบตั้งค่าความชื้น

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมโรงเรือนทั้ง 3 โหมดควบคุมมีการทำงานถูกครบถ้วนคิดเป็นร้อยละ 100 พร้อมแจ้งเตือนสถานะวันเวลาและค่าอุณหภูมิ ความชื้นผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ทำการส่งค่าจากเซ็นเซอร์เพื่อบันทึกสถิติค่าอุณหภูมิและความชื้นสูงสุด-ต่ำสุดของโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อโดยเก็บข้อมูล 15 วันไปยังเซิร์ฟเวอร์มีค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดของทั้ง 3 บริเวณ ได้แก่ ภายนอกบริเวณพ่นหมอก ภายในบริเวณพ่นหมอกทิศตะวันออก ภายในบริเวณพ่น

หมอกที่สตะวันตก มีค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 35.50, 35.60 และ 34.90 °C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 23.90, 24.70 และ 24.40 °C ตามลำดับเมื่อทดสอบทำการพ่นหมอกในโหมดตั้งเวลา 3 นาทีจำนวน 20 ครั้ง พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 0.39 °C และค่าความชื้นเพิ่มขึ้น 2.47%RH

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าอัตโนมัติ ทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลได้แก่ การทดสอบสั่งงานในโหมดแมนนวลคือ คำสั่งเปิด-ปิดปั้มน้ำ คำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 1 คำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 2 และคำสั่งเปิด-ปิดโซลินอยด์วาล์วโซน 1 และ 2 พร้อมกัน การทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งเวลาตามผู้ใช้งานกำหนดวันและเวลา และการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำแปลงหญ้าโหมดตั้งค่าความชื้น เมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นต่ำสุดระบบจะสั่งเปิดการทำงาน และเมื่อปั้มน้ำทำงานจนกระทั่งวัดค่าความชื้นในดินได้มากกว่าความชื้นสูงสุดระบบจะหยุดทำงาน ทั้ง 3 โหมดนี้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง คิดเป็นการทำงานถูกต้องร้อยละ 100

ผลการทดสอบการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์ พบว่าระบบสามารถส่งข้อความแจ้งเตือนสถานะการทำงาน ได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 100 และส่วนสุดท้ายได้ทำการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน โดยให้เกษตรกรจำนวน 5 คนทำการประเมิน 2 ด้านได้แก่ ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน และด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ยรวม 4.60 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

โครงการวิจัยนี้ได้สร้างต้นแบบเทคโนโลยีชุดควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบมีการทำงานได้ครบถ้วนทุกฟังก์ชันการทำงานและมีการใช้งานที่ง่ายต่อผู้ใช้ ซึ่งส่วนใหญ่เกษตรกรฟาร์มเลี้ยงโคเนื้อมักจะทดสอบการใช้งานแบบกดปุ่มคำสั่งแบบดวน กดปุ่มเพียงปุ่มเดียวเป็นการใช้งานที่ง่าย โดยเกษตรกรไม่ต้องการใช้งานการตั้งค่าที่ยุ่งยาก ซึ่งในแอปพลิเคชันได้ออกแบบไว้ให้ง่ายต่อการใช้งาน ในส่วนการตั้งเวลาการทำงานของระบบและแจ้งเตือนสถานะจะช่วยให้เกษตรกรลดเวลาในการเปิดปิดระบบพ่นหมอก นอกจากการช่วยลดอุณหภูมิความร้อนของโรงเรือนที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้การเจริญเติบโตของโคเนื้อแล้ว เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกพืชอื่นๆ ได้อีกด้วย ช่วยลดแรงงานและเวลาในการทำงานของเกษตรกรได้เป็นอย่างดี

5.3 ปัญหาและการแก้ไข

5.3.1 เมื่อติดตั้งระบบในสภาพแวดล้อมจริงบริเวณ โรงเรียนมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตระดับความแรงต่ำและช่วงบริเวณจำกัด ซึ่งทำให้การส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตล่าช้า จึงต้องจัดหาอุปกรณ์มาเพื่อปรับปรุงและขยายสัญญาณให้สามารถใช้งานได้มีคุณภาพมากขึ้น และทำการปรับการตั้งค่าความถี่ในการส่งข้อมูลอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วน

5.3.2 เมื่อติดตั้งในโรงเรียนสภาพแวดล้อมจริง เกิดปัญหาการส่งสัญญาณจากเซ็นเซอร์ขาดหายในบางส่วน เมื่อทำการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์ผ่านสายเคเบิลที่มีความยาวมากจนเกินไปทำการปรับปรุงโดยการใช้วงจรขยายสัญญาณและเลือกใช้เซ็นเซอร์ที่มีคุณภาพสูงให้ครอบคลุมระยะการส่งข้อมูลจากตู้ควบคุม รวมทั้งติดตั้งเซ็นเซอร์แบบไร้สายเพิ่มอีก 2 ชุดเพื่อวัดเทียบค่าของข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแอนดรอยด์ด้วย MIT App Inventor นั้นมีข้อจำกัดทางด้านจำนวนหน้าจอเมื่อมีการออกแบบจำนวนหน้าจอมากเกินไปทำให้บางส่วนจะต้องจัดการปุ่มให้มีขนาดเล็กลง และอาจก่อให้เกิดปัญหาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ที่ทำให้หน้าจามีส่วนประกอบหรือปุ่มจำนวนมากส่งผลให้กดใช้งานค่อนข้างยาก ผู้พัฒนาควรออกแบบจำนวนหน้าจอให้ดีกว่าพัฒนาโปรแกรม เพราะเมื่อ GUI เชื่อมต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์แล้วจะแก้ไขในภายหลังได้ยาก

5.4.2 เนื่องจากในช่วงการทดสอบระบบในฟาร์ม เกิดปัญหาการแพร่ระบาดของโรคปากเท้าเปื่อยในโคเนื้อ และเนื่องจากสถานการณ์โควิด19 ทำให้เกิดข้อจำกัดในการดูแลและบำรุงรักษาระบบเมื่อเกิดข้อขัดข้อง ไปจนถึงระยะเวลาการเก็บบันทึกข้อมูล การนำข้อมูลมาประมวลผลที่แม่นยำมากขึ้นควรเก็บบันทึกเป็นรายปีแล้วจัดเก็บสถิติเพื่อนำมาใช้ในการตั้งค่าการทำงานของระบบต่างๆ ตามสภาพอากาศที่เหมาะสม

บรรณานุกรม

Arduitrronics. [Online].Available:บริษัท สยามอินเตอร์เนชั่นแนลเวิร์ค จำกัด. **IP Camera คืออะไร**.

[Online].Available: <http://www.snasean.com/ip-camera-khux-xari>. [2562, มีนาคม 1]

Fogeasy. **เครื่องฟั่นหมอก**. [Online].Available: <http://www.xn12cfj8d6bj2dne1cxc9fxc5c.com/article/>

LINE Corporation. 2562. **Messaging API**. [Online]. Available:<https://developers.line.biz/en/services/messaging-api/> [2563, มีนาคม 10]

MachinDesign. **Sensor Sense: Humidity sensors**. [Online].Available: <http://machinedesign.com/news/sensor-sense-humidity-sensors>

Suphakit Annoppornchai. 2561. **“LINE API”**. [Online]. Available:<https://saixiii.com/chapter2-line-api-official/> [2563, มีนาคม 9]

กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. **หญ้านเปี้ยร์**. http://nutrition.dld.go.th/Nutrition_Knowledge/information1/39.pdf. สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2563

ณัชวิษญ์ ตีกุลและ สุวิทย์ ประชุม.(2563). **ผลกระทบจากรูปแบบโรงเรือนและสภาพแวดล้อมต่อความสบายของโคในฟาร์มรายย่อยในจังหวัดเชียงใหม่**.วารสารเกษตรพระวรุณ : ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม- ธันวาคม 2562, หน้า 293-306.

ประกาศ เริงริน. (2546). **การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนปศุสัตว์**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประกาศ เริงริน และคณะ. (2547). **ระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงเรือนเลี้ยงไก่**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประกาศ สุวรรณเพชร. 2557. **เครื่องมือเขียนโปรแกรม (Arduino IDE)**. [Online].Available: <http://praphas.com/index.php/2008-11-03-14-25-25/51-arduino/87-arduino-2-sketch>. [2562, มีนาคม 5]

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. **สูตรสถิติและคะแนนประเมินความพึงพอใจ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์ เพลินจิตร. กรุงเทพฯ

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. **อุณหภูมิและความร้อน** . [Online].Available: <http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/temperature>. สืบค้นเมื่อ 5 กรกฎาคม 2563

สกุล คำวนชัย และชม กัมปาน. (2560). อินเทอร์เน็ตออฟติงการรดน้ำในแปลงผักชีพร้อมแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : เทพสตรี I-TECH, 12 (1), 89-101.

สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร. ก้าวทันสมาร์ทเทคโนโลยีที่สถานีเรียนรู้ “โรงเรือนอัจฉริยะ”. [Online]. Available: <https://www.nstda.or.th/agritec/smart-greenhouse-2/>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). การตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (RELATIVE HUMIDITY: RH). สืบค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2563
 อธิชาติ พชรภัก. 2559. ระบบการแจ้งเตือนและตอบโต้ของ ZABBIX ด้วยแอปพลิเคชันไลน์. สารนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครือข่าย คณะวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. [2563, มกราคม 20]

อานนท์ ณ หนองคาย. 2558. **ESP8266 NodeMCU**. [Online]. Available: <https://embeddedsystem2558.wordpress.com/esp8266-nodemcu> [2563, มีนาคม 19]

เอกลักษณ์ สุ่มนพันธุ์ (2556) ระบบควบคุมการรดน้ำต้นไม้ด้วยการตรวจสอบความชื้นผ่านโปรโตคอลซิกบี. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.หน้า 309-316.

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววาสนา วงศ์ษา
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) MissWASSANA WONGSA
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1679800004605
3. ตำแหน่งปัจจุบันอาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ)
4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67110
โทรศัพท์. 0-5671-7100 ต่อ 1490 โทรสาร. - E-mail: wassanaw@gmail.com
5. ประวัติการศึกษา
ปีสำเร็จการศึกษา 2550 ระดับปริญญาตรี วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีสำเร็จการศึกษา 2556 ระดับปริญญาโท วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) การประมวลผลภาพ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชันแอนดรอยด์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย ผลงานวิจัยได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่
 - 7.1 วาสนา วงศ์ษา และ ณัฐพล ชัยทวิชานันท์ (2558). การออกแบบและพัฒนาสื่อวีดิทัศน์เพื่อถ่ายทอดความรู้เรื่องไอซีทีในชีวิตประจำวัน (รายงานผลการวิจัย). เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
 - 7.2 ณัฐพล ภูระหงษ์, วาสนา วงศ์ษา ,สมคิด ฤทธิ์เนติกุล และ ปรียากร บัวทอง (2559). วิถีลดลำดับโครงสร้างวงจรทอนระดับแรงดันโหมคควบคุมกระแสเฉลี่ยด้วยขั้นตอนเชิงพันธุกรรม.

(บทความวิจัย). EENET2016: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 8.

7.3 ณัฐพล ภูระหงษ์, วาสนา วงศ์ษา และ โกศล พิทักษ์สัตยาพรต. (2560). ระบบส่องสว่างพลังงานสนามแม่เหล็ก . การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 เมษายน 2560.

7.4 วาสนา วงศ์ษา, ปรียากร บัวทอง เทพศกานต์ แก้วทอง และ สิริพจน์ ยลเมืองแมน. (2560). แอปพลิเคชันแนะนำร้านอาหารในอำเภอเมืองเพชรบูรณ์. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 4 วันที่ 10 เมษายน 2560.

7.5 วาสนา วงศ์ษา และ ศิริวรรณ พลเศษ. (2561). สายรัดข้อมืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเตือนภัยผู้บกพร่องทางการได้ยิน. การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต ร่มเกล้า กรุงเทพมหานคร ครั้งที่ 2 วันที่ 16 ธันวาคม 2561.

7.6 วาสนา วงศ์ษา และ ศรัญญา ตรีทศ (2562). ระบบเฝ้าระวังการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ . การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 11 ธันวาคม 2562 ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางศรัญญา ตรีทศ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs.Saranya Tritose

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3670300653998

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67110 โทรศัพท์. 0-5671-7100 ต่อ 4503

โทรสาร. 0-5671-7123 e-mail: Saranyatritose@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีสำเร็จการศึกษา 2547 ระดับปริญญาตรีวท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์

ปีสำเร็จการศึกษา 2552 ระดับปริญญาโทวท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

มหาวิทยาลัยนเรศวร

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

คอมพิวเตอร์กราฟิกและแอนิเมชัน แอปพลิเคชันแอนดรอยด์ ระบบความจริงเสริม

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1 ศรัณยู ตรีทศ (2553). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรู้แบบร่วมมือด้วยวิธีการแบ่งกลุ่ม วิชาการระบบปฏิบัติการ (รายงานการวิจัย). เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

7.2 ศรัณยู ตรีทศ (2554). การศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรู้แบบร่วมมือ วิชาเทคโนโลยีมีลัดมีเดีย (รายงานการวิจัย). เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

7.3 ศรัณยู ตรีทศและคณะ (2558). การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ (รายงานการวิจัย). เพชรบูรณ์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

7.4 ศรัณยู ตรีทศ. แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยว 7 เมนูอาหารที่ต้องชิมในจังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง. JOURNAL OF INFORMATION SCIENCE AND TECHNOLOGY JIST Vol9 No1. มกราคม-มิถุนายน ๒๕๖๒

7.5 วาสนา วงษ์ษา และ ศรัณยู ตรีทศ (2562). ระบบเฝ้าระวังการเข้าใช้งานห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ผ่านแอปพลิเคชันไลน์. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 5 วันที่ 11 ธันวาคม 2562 ณ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวจันทร์จิรา โต๊ะขวัญแก้ว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Janjira Tohwankaew

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 8608 00031 99 4

3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัยสายวิชาการ (อาจารย์)

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์โทรสารและไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000 โทรศัพท์ 0-5671-7151มือถือ 085-1650124

e-mail : plemarch21@gmail.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีสำเร็จการศึกษา 2549 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ปีสำเร็จการศึกษา 2553 ระดับปริญญาโท วท.ม. (เกษตรศาสตร์)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษาก็ได้

การผลิตไก่พื้นเมือง การผลิตโคเนื้อ การเลี้ยงไส้เดือนเพื่อการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนอินทรีย์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศโดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 โครงการวิจัย เรื่อง การศึกษาการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยใช้วัสดุรองปรับสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.2 โครงการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบวัสดุรองพื้นที่ใช้ในการเลี้ยงไส้เดือนที่แตกต่างกันต่อการผลิตมูลไส้เดือนในเขตจังหวัดเพชรบูรณ์

แหล่งทุน : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.3 โครงการวิจัย เรื่อง ผลการเสริมแคลเซียมบิวทีเรทในอาหารต่อการเจริญเติบโตของลูกสุกรหย่านม ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.4 โครงการวิจัย เรื่อง สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของไก่กระดุกดำในสภาพการเลี้ยงที่แตกต่างกันในช่วงอายุ 2-20 สัปดาห์ ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.5 โครงการวิจัย เรื่อง การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยมูลไส้เดือนคุณภาพสูงโดยการใช้ไส้เดือนแปรสภาพขยะอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบูรณ์ ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.6 โครงการวิจัย การส่งเสริมการผลิตและการใช้ประโยชน์จากกล้วยหินในจังหวัดเพชรบูรณ์ ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

7.7 โครงการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาเศษวัสดุเหลือใช้ของกล้วยหิน และการใช้เสริมเป็นอาหารไก่พื้นเมือง ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2560

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.8 โครงการวิจัย เรื่อง การใช้เปลือกและเมล็ดเสาวรสเสริมในอาหารไก่พื้นเมืองในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2562

แหล่งทุน : เงินงบประมาณแผ่นดิน สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย

7.9 โครงการวิจัย เรื่อง การใช้เทคโนโลยีจัดการข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงการผลิตโคเนื้อต้นน้ำ ทุนวิจัย : ทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2563

แหล่งทุน : สกสว. สถานภาพหัวหน้าโครงการวิจัย