การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ
สำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง
(Internet of Things)

พิทักษ์ คล้ายชม

ไพโรจน์ นะเที่ยง

อภิศักดิ์ พรหมฝาย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนจำเป็นต้องควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในปัจจุบันเกษตรกรพบปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านค่าจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือน แล้วทำการประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเปิดตาราง 15 เงื่อนไขเพื่อสั่งงานพัดลมและปั๊มน้ำสเปรย์หมอก เพื่อควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเรือนให้มีค่าตามที่กำหนด โดยสามารถแสดงผลและควบคุมการทำงานผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือได้ด้วย ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบควบคุม พบว่าค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 0.8 % และค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นน้อยกว่าระบบที่ใช้คนควบคุมโดยเฉลี่ย 2.16 % ผลผลิตมากขึ้นกว่าระบบเพาะเห็ดเดิม 10 กิโลกรัมเป็นเงิน 1,000 บาท หักค่าแรงงาน 1,250 บาททำให้รายได้เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิตจากระบบเพาะเห็ดเดิมเป็นเงิน 2,250 บาท ใช้เวลาคุ้มทุน 10 รอบการผลิต

คำสำคัญ : การเพาะเห็ดฟาง ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม อินเตอร์เน็ต

Abstract

Mushroom cultivation in the house requires temperature and humidity control. At present, the farmers have problems in controlling the temperature and humidity of the greenhouse. The purpose of this research is to develop and find the efficiency of the automatic environment control system for the mushroom house based on the Internet in everything. Using microcontroller Read from the housing temperature sensor. Then proceed with the open table control. 15 Conditions for the fan operation and pump spray mist. To control the temperature and humidity in the house to a certain value. It can be displayed and controlled through the Internet with the application on the mobile phone. The control system performance was found to be slightly lower than the control system by 0.8% and the control humidity was less than the control system by 2.16%. More than the original 10 kg of mushroom system is 1,000 baht, minus the labor 1,250 baht, resulting in an increase in revenue per production cycle from the original mushroom system is 2,250 baht.

Keywords : Mushroom Cultivation, Environment Control, Internet

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณอริยาฟาร์มเห็ดฟาง ที่ให้โอกาสและอำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอื้อเฟื้อสถานที่ตั้งโรงเพาะเห็ดจำลองสำหรับใช้ทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้น ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุลวงด้วยดี

ผู้วิจัยเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อยและหากพบข้อบกพร่องประการใดผู้วิจัยขอน้อมรับฟังคำชี้แนะจากผู้รู้ทุกท่าน และหากเกิดคุณความดีอันใดขึ้น ผู้วิจัยขอน้อมรับแด่ผู้มีพระคุณข้างต้นทุกท่าน ณ โอกาสนี้

พิทักษ์ คล้ายชมและคณะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญตาราง	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 ทฤษฎี และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	7
1.5.1 ทฤษฎีที่ใช้เป็นหลักการในการดำเนินงานวิจัย	7
1.5.2 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	7
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**11**
2.1 การเพาะเห็ดฟาง	11
2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะกับการเพาะเห็ดฟาง	14
2.3 อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)	15
2.4 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม	21
2.4.1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น	21
2.4.2 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน	23
2.4.3 เซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	25
2.4.4 เซ็นเซอร์แสง BH1750 Light Sensor	26

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.5 อาดูโน่ AVR	27
2.4.6 โมดูล WiFi	28
2.4.7 SD Card	29
2.4.8 Android	32
2.4.9 Data base	33
2.4.10 การเชื่อม Internet บนเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ	35
2.5 ระบบควบคม PID, Fuzzy	35
2.5.1 PID CONTROL	35
2.5.2 Fuzzy	38
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**42**
3.1 แผนการทดลอง	42
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	42
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	42
3.4 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	43
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล	43
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้การวิจัย	43
3.7 ขั้นตอนการวิจัย	44
3.8 การศึกษากระบวนการเพาะเห็ดฟางอริยาฟาร์มเห็ดฟาง	47
3.8.1 ลักษณะทั่วไปของโรงเรือนอริยาฟาร์ม	47
3.8.2 กระบวนการเพาะเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง	48
3.8.3 การเตรียมเชื้อเห็ดฟาง	48
3.8.4 การเตรียมฟางสำหรับเพาะเห็ด	49
3.8.5 การอบไอน้ำ	49
3.8.6 ขั้นตอนการนำเห็ดเข้าโรงเรือน	50

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.8.7 ขั้นตอนช่วงการดูแลและควบคุมอุณหภูมิ	50
3.8.8 ขั้นตอนการดูการเจริญเติบโตของเห็ด	51
3.8.9 ขั้นตอนการเก็บผลผลิต	51
3.8.10 ขั้นตอนตกแต่งก่อนจำหน่าย	52
3.9 การวิเคราะห์ปัญหาของโรงเรือนอริยาฟาร์มเห็ดฟาง	52
3.9.1 วิเคราะห์ปัญหาของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง	52
3.9.2 สรุปผลการเก็บผลจากโรงเรือนจริง	60
3.10 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดฟาง	60
3.10.1 การออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อระบบควบคุม	60
3.10.2 การเชื่อมต่อ Internet of Thing (IOT)	65
3.10.3 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น	67
3.11 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนจำลองสำหรับทดสอบการทำงานของระบบควบคุม	69
3.11.1 แบบโรงเรือนจำลอง	69
3.10.2 การสร้างแบบจำลอง	69
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**71**
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน	71
4.1.1 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว	71
4.1.2 กรณีปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว	73
4.1.3 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกพร้อมกัน	75
4.2 ผลการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง	77
4.3 ผลการสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง	78

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง	82
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม	88
4.6 การศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์	91
บทที่ 5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	**93**
5.1 สรุปผล	93
5.2 อภิปรายผล	94
5.3 ข้อเสนอแนะ	95
บรรณานุกรม	**96**

UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	9
2.1	DHT11 (Humitdity and Temperature Sensor)	21
2.2	วิธีการต่อใช้งาน	21
2.3	การส่งข้อมูลแบบบิต	22
2.4	ค่าจะเซ็นเซอร์ DHT11	23
2.5	วงจรเซ็นเซอร์วัดความชื้น	24
2.6	เซ็นเซอร์วัดความชื้น	24
2.7	GAS Sensor Getting Started	25
2.8	การต่อใช้งานGAS Sensor Getting Started	26
2.9	BH1750 Light Sensor	27
2.10	บอร์ดควบคุม	28
2.11	บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3	28
2.12	ESP8266	29
2.13	โมดูลSD Card	30
2.14	การต่อใช้งานโมดูล SD Card	31
3.1	แนวคิดของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)	47
3.2	โรงเรือนของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง	48
3.3	แสดงภาพการเตรียมเชื้อเห็ดฟาง	48
3.4	แสดงภาพการเตรียมเพาะเห็ดฟาง	49
3.5	แสดงภาพการอบไอน้ำ	49
3.6	แสดงภาพการช่วงการนำเห็ดเข้าโรงเรือน	50
3.7	แสดงภาพช่วงการดูแลและควบคุมอุณหภูมิ	50
3.8	แสดงภาพเห็ดเริ่มเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ด	51
3.9	แสดงภาพการเก็บผลผลิต	51
3.10	แสดงภาพการตกแต่งเห็ดฟางก่อนนำไปจำหน่าย	52
3.11	แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย	53
3.12	แสดงกราฟความชื้นเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.13	แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ย 13 วัน ช่วงการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง	56
3.14	แสดงกราฟความชื้นเฉลี่ย 13 วัน ช่วงเจริญเติบโตของเห็ดฟาง	58
3.15	แสดงภาพรวมของระบบควบคุม	61
3.16	แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ	62
3.17	แสดงภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์	63
3.18	แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อปั้มน้ำและพัดลม	64
3.19	แสดงภาพวงจรฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อ Internet of Thing	65
3.20	แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Internet of Thing	66
3.21	แสดงภาพวงจรฮาร์ดแวร์แอพพลิเคชั่น	67
3.22	แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Application	68
3.23	แบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตร	69
3.24	สร้างแบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตร	69
4.1	กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน	71
4.2	กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน	73
4.3	กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน	75
4.4	ส่วนประกอบของตู้ควบคุมหลัก	79
4.5	การแสดงผลทาง Web Browser	80
4.6	การแสดงผลหน้าแรกของ Application	81
4.7	การแสดงผลของ Application ในโหมด Auto	81
4.8	การแสดงผลของ Application ในโหมด Manual	82
4.9	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 1	83
4.10	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 2	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.11	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 3	84
4.12	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 1	86
4.13	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 2	86
4.14	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 3	87
4.15	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 1	89
4.16	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 2	89
4.17	การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 3	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงตารางค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย	54
3.2	แสดงตารางค่าความชื้นเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย	55
3.3	แสดงตารางค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง	57
3.4	แสดงตารางค่าเฉลี่ยความชื้นในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง	59
4.1	ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลม	72
4.2	ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลม	72
4.3	ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดสเปรย์หมอก	74
4.4	ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อเปิด-ปิดสเปรย์หมอก	74
4.5	ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน	76
4.6	ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน	77
4.7	การทำงานของตัวควบคุมแบบเงื่อนไขเหตุการณ์ 15 กรณี	78
4.8	ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่ 34 องศาเซลเซียส	84
4.9	ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 65 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส	85
4.10	ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส	85
4.11	ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่ 36 องศาเซลเซียส	87
4.12	ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 65 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส	88
4.13	ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.14	ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม	90
4.15	ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม	91
4.16	รายละเอียดของการเพาะเห็ดต่อหนึ่งรอบการผลิต	91

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เห็ดเป็นพืชประเภทฟังไจ (Fungi) ที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วโลก มากกว่า 30,000 สายพันธุ์ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่เพาะขึ้น ปัจจุบันทั่วโลกสามารถเพาะเห็ดได้ประมาณ 4.8 ล้านตัน แบ่งเป็น 9 ชนิด คือ เห็ดแชมปิญอง หรือเห็ดกระดุม เห็ดสกุลนางรม เห็ดหอม เห็ดหูหนู เห็ดฟาง เห็ดหูหนูขาว เห็ดเข็มเงินเข็มทอง เห็ดนามิโกะ และเห็ดหลินจือ (วิทยา ทวีนุช, 2552) เห็ดมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ ให้ประโยชน์ด้านอาหาร และยาสมุนไพร หลายประเทศจึงให้ความสนใจในการวิจัย ค้นคว้า ทดลอง คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์เห็ดให้มีจำนวนมากขึ้น และมีการพัฒนาเทคนิควิธีการเพาะเลี้ยง และขยายพันธุ์เห็ด เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค ประเทศที่มีการผลิตเห็ดเป็นจำนวนมากและส่งไปจำหน่ายยังตลาดโลก ได้แก่ ประเทศไต้หวัน ญี่ปุ่น อินเดีย เกาหลี และประเทศไทย (สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดเชียงใหม่, 2555) เห็ดที่นิยมบริโภคในต่างประเทศ เช่น เห็ดแชมปิญอง เห็ดหอม และเห็ดหลินจือ เป็นต้น ส่วนประเทศไทยนิยมบริโภคเห็ดฟาง เนื่องจากเมื่อนำเห็ดมาประกอบอาหารแล้วมีรสชาติดี ให้คุณค่าทางอาหารสูง จะเห็นได้จากการวิเคราะห์ผลผลิตสดรวมน้ำของ เห็ดฟาง พบว่า มีโปรตีน 3.4 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 3.9 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 1.4 เปอร์เซ็นต์ มีเกลือแร่และวิตามินหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม โซเดียม เหล็ก วิตามินบี 1 และ วิตามินซี (วสันต์ เพชรรัตน์, 2536; ชาญยุทธ์ ภาณุทัต, 2540) และสรรพคุณทางยาของเห็ดฟาง คือ ช่วยเสริมภูมิกันการติดเชื้อต่างๆ ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน โรคเหงือก ลัดปิดลักเปิด ลดอาการผื่นคันต่างๆ ช่วยลดความดันโลหิต และเร่งการสมานแผล บำรุงร่างกาย บำรุงกำลัง บำรุงตับ แก้ช้ำใน แต่ไม่ควรรับประทานเห็ดฟางดิบโดยไม่ผ่านการทำให้สุก เพราะมีสารที่ไปยับยั้งการดูดซึมอาหารของระบบย่อยอาหาร (ณัฐภูมิ สุดแก้ว และคมสันต์ หุตะแพทย์, 2552)

เห็ดฟาง (Straw mushroom) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า V.volvariella volvacea Fr. จัดอยู่ในสกุล volvariella ซึ่งมีมากกว่า 100 ชนิด เห็ดฟางสามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิสูงระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และสามารถเจริญได้ในวัสดุหลายชนิด เช่น กองเปลือกเมล็ดบัว, กองฟาง, เปลือกไม้ผุ, ผักตบชวา, กากมันสำปะหลัง เป็นต้น เห็ดฟางสามารถขึ้นได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย เป็นเห็ดที่เพาะง่าย และใช้เวลาในการเพาะน้อยเมื่อเทียบกับเห็ดชนิดอื่น ๆ (ชาญยุทธ์ ภาณุทัต, 2540) การเพาะเห็ดฟางแบ่งออกเป็น 4 วิธี คือ แบบกองสูง แบบกองเตี้ย การเพาะในโรงเรือน และ

เพาะด้วยวัสดุประยุกต์ เป็นต้น (วรพงษ์ มณีคำ, 2549) เห็ดฟางสามารถขึ้นได้ดีทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน ปัจจัยสำคัญในการเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ 1) สภาพอากาศ เห็ดฟางชอบอากาศร้อน เพราะอากาศร้อนจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอกเห็ด ส่วนในช่วงอากาศหนาวเห็ดจะไม่ค่อยออกดอก เนื่องจากอากาศที่เย็นเกินไปไม่เอื้ออำนวยต่อการเติบโตของดอกเห็ดฟาง ผลผลิตลดน้อยลง จึงทำให้ราคาสูงในฤดูฝนชาวนาส่วนมากทำนา การเพาะเห็ดน้อยลง ราคาเห็ดฟางนั้นก็จะดีขึ้น 2) แสงแดด เห็ดฟางไม่ชอบแสงแดดโดยตรงนัก ถ้าถูกแสงแดดมากเกินไปเส้นใยเห็ดอาจจะตายได้ง่าย ดอกเห็ดฟางที่ไม่โดนแสงแดดจัดมีสีขาวนวลสวย ถ้าดอกเห็ดฟางโดนแดดแล้วจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำเร็วขึ้นกว่าปกติ และ 3) ความชื้น ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพาะเห็ดฟางมาก เป็นตัวกำหนดการเจริญของเส้นใยเห็ดที่สำคัญ ถ้าความชื้นมีน้อยเกินไป เส้นใยของเห็ดจะเดินช้า และรวมตัวเป็นดอกไม่ได้ ถ้าความชื้นมากเกินไปการระบายอากาศภายในกองไม่ดี ถ้าเส้นใยขาดออกซิเจน ก็จะทำให้เส้นใยฝ่อหรือเน่าตาย ไปน้ำที่จะแช่หรือทำให้ฟางชุ่มควรต้องเป็นน้ำสะอาด ไม่มีเกลือเจือปนหรือเค็ม หรือเป็นน้ำเน่าเสียที่หมักอยู่ในบ่อนาน ๆ จนมีกลิ่นเหม็น น้ำที่ใช้ในการงอกเส้นใยเห็ดจะมาจากในฟางที่อุ้ม ควรจะรดเพียงครั้งเดียวคือระหว่างการหมักฟางเพาะเท่านั้น หรืออาจจะช่วยบ้างเฉพาะในกรณีที่ความชื้นมีน้อยหรือ แห้งจนเกินไป การให้ความชื้นนี้โดยการโปรยน้ำจากฝักบัวรอบบริเวณข้าง ๆ เท่านั้นก็พอ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2545)

ประเทศไทยมีการเพาะเห็ดฟางเป็นอันดับ 2 ของโลก ซึ่งมีการเพาะเห็ดฟางมากถึงร้อยละ 75 ของการเพาะเห็ดทุกชนิดที่ผลิตในประเทศไทย โดยส่วนมากมีการเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ยและแบบอุตสาหกรรม จังหวัดที่เพาะเห็ดมาก ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา นครนายก สระบุรี ลพบุรี อ่างทอง ปทุมธานี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ราชบุรี (วิทยา ทวีนุช, 2552) ราคาเฉลี่ยของเห็ดฟาง 90.00 บาท/กิโลกรัม การเพาะเห็ดฟางของประเทศไทยสามารถเพาะได้ตลอดปี เนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ โดยเกิดจากการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรหรือวัสดุธรรมชาติราคาถูกมาเพาะ โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะเพียง 12-15 วันเท่านั้น (ศศิรินทร์ อธิมา และคณะ, 2555) จากประโยชน์ของเห็ดฟางทั้งทางด้านคุณค่าทางอาหาร และสรรพคุณทางยา จึงทำให้เห็ดฟางเป็นที่ต้องการของตลาด มีการส่งเสริมให้การเพาะเห็ดฟางอย่างแพร่หลาย สามารถเพาะเพื่อเป็นอาชีพหลัก หรืออาชีพเสริมได้เป็นอย่างดี จังหวัดอุตรดิตถ์ถือเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะเห็ดฟางเป็นอาชีพหลัก โดยเฉพาะในเขตพื้นที่อำเภอลับแล และอำเภอตรอน เนื่องจากในพื้นที่มีวัสดุจำพวก ฟางข้าว เปลือกมันสำปะหลังที่เอื้อต่อการนำมาใช้ในการเพาะเห็ด

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางในจังหวัดอุตรดิตถ์ พบปัญหาด้านคุณภาพของเห็ดฟางไม่ตรงกับความต้องการของตลาดและปัญหาผลผลิตตกต่ำ ทำให้ผู้เพาะเห็ดฟางหลายรายเกิดภาวะขาดทุน บางรายถึงกับเลิกประกอบอาชีพเพาะเห็ดฟาง ปัญหาดังกล่าวได้แก่ 1) เห็ดน็อคหรือเส้นใยเห็ดไม่ยอมรวมตัวกันเป็นดอกเห็ด เกิดจากอากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากเกินไป หรืออุณหภูมิ

ในโรงเรือนสูงเกิน 38 องศาเซลเซียส หรือมีแสงสว่างไม่เพียงพอ 2) ดอกเห็ดขึ้นไม่สม่ำเสมอ เกิดจากอากาศภายในโรงเรือนไม่เพียงพอ ความชื้นไม่สม่ำเสมอ 3) ดอกเห็ดบานเร็วเกินไปทั้งที่ยังเล็กอยู่ เกิดจากโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงมาก เชื้อเห็ดอ่อน หรือใส่อาหารเสริมมากเกินไป 4) ดอกเห็ดมีสีคล้ำ เกิดจากสายพันธุ์เห็ดฟาง หรือถูกลมโกรก หรือได้รับแสงแดดมาก 5) ดอกเห็ดมีน้ำหนักเบา เกิดจากความชื้นไม่เพียงพอ หรือขณะเกิดดอกเห็ดมีอากาศถ่ายเทไม่สะดวก ปัญหาที่พบดังกล่าวทำให้เกษตรกรต้องคอยสังเกตสภาพแวดล้อมของโรงเรือน และคอยแก้ไขปัญหา เช่น รดน้ำ เปิดช่องระบายอากาศ ควบคุมปริมาณแสง เพื่อปรับสภาพแวดล้อมของโรงเรือนให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา

จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดฟาง อริยาฟาร์มเห็ดฟาง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นฟาร์มเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนขนาด 1 โรงเรือน โดยแบ่งออกเป็น 6 ห้อง แต่ละห้องมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 8 เมตร ผนังสูง 2 เมตร มีประตูหน้า 1 บาน ประตูหลัง 1 บาน มีชั้นวางวัสดุ 2 ข้างๆละ 4 ชั้น มีผลผลิตเห็ดฟางต่อรอบการผลิตอยู่ที่ 70-100 กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ทั้งนี้เนื่องจากหลังคาของโรงเรือนทำจากเหล็ก มีลักษณะหน้าจั่วไม่สูงและชิดไปทางด้านหน้ามีการระบายอากาศได้ไม่ดี ทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูง ในช่วงเวลาที่อากาศร้อนจึงต้องคอยลดอุณหภูมิของโรงเรือนทุกๆ 3 ชั่วโมง ได้แก่ การเปิดประตูระบายอากาศ การพรมน้ำที่กระสอบป่านบริเวณประตู การสเปรย์น้ำบนหลังคา หากความชื้นต่ำก็ปล่อยน้ำบนพื้นโรงเรือน ในกรณีที่ต้องเดินทางไปทำภารกิจอื่นในชีวิตประจำวัน หรือ นำเห็ดฟางไปจำหน่ายที่ตลาด จะเกิดความกังวลต่ออุณหภูมิ ความชื้นและสภาพแวดล้อมต่างๆ ของโรงเรือน เกรงว่าจะมีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจนทำให้เกิดความเสียหายขึ้นได้ โดยเฉพาะในฤดูร้อนต้องดูแลโรงเรือนอย่างใกล้ชิดเนื่องจากเคยเกิดปัญหาเห็ดฟางเสียหายบ่อยครั้ง ซึ่งปัจจุบันอริยาฟาร์มยังไม่มีระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนในปัจจุบันส่วนใหญ่จะเป็นเพียงอุปกรณ์ตั้งเวลาเปิด/ปิดน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นให้กับโรงเรือน ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของเกษตรกรในการกำหนดค่าเวลาให้พอเหมาะกับความต้องการของเห็ดฟาง แต่เนื่องจากสภาพแวดล้อมในแต่ละวันมีความแปรปรวน ทำให้ระบบควบคุมแบบตั้งเวลามีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ มีความเสี่ยงในการเกิดความเสียหายขึ้นกับเห็ดฟาง จึงได้มีงานวิจัยพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนอัตโนมัติ โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ที่ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ามายังชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้น มีการเขียนโปรแกรมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นมาเปรียบเทียบกับค่าปรับตั้งไว้ หากค่าทั้งสองไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุม จะส่งสัญญาณไปยังระบบปั้มน้ำให้ทำงานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อน้ำและหัวสปริงเกอร์ ให้มีการกระจายน้ำทั่วบริเวณโรงเพาะเห็ด (ศุภวุฒิ ผากา และคณะ,

2557) อย่างไรก็ตาม ระบบส่วนใหญ่ถูกออกแบบมาให้ใช้กับโรงเพาะเห็ดนางฟ้า หรือเห็ดอื่นๆ สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้เพียงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟางที่มีความต้องการควบคุมความชื้นของวัสดุเพาะ ปริมาณความเข้มแสง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่า อีกทั้งระบบดังกล่าวยังทำงานในแบบออฟ-ไลน์ (off-line) ไม่มีการติดต่อสื่อสารข้อมูลกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้ขาดการเชื่อมต่อ ไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล สั่งงาน ควบคุม ตรวจสอบหรือรับสัญญาณแจ้งเตือนกับเกษตรกรแบบทุกที่ทุกเวลาได้ หากเกิดปัญหาหรือความผิดปกติขึ้นกับโรงเรือนขึ้น เกษตรกรก็อาจจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างทันท่วงที

แนวคิดอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) นั้นถูกคิดขึ้นโดย Kevin Ashton ในปี 1999 ซึ่งเขาเริ่มต้นโครงการ Auto-ID Center ที่มหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT จากเทคโนโลยี RFID ที่จะทำให้เป็นมาตรฐานระดับโลกสำหรับ RFID Sensors ต่างๆที่จะเชื่อมต่อกันได้ ต่อมาในยุคหลังปี 2000 โลกมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาเป็นจำนวนมากและมีการใช้คำว่า Smart ซึ่งในที่นี้คือ Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ต่างๆเหล่านี้ล้วนมีโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถเชื่อมต่อกับโลกอินเตอร์เน็ตได้ ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านั้นเองก็เลยมาเป็นแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์เหล่านั้นก็ย่อมสามารถสื่อสารกันได้ด้วยเช่นกันโดยอาศัยตัว Sensor ในการสื่อสารถึงกัน นั่นแปลว่านอกจาก Smart Devices ต่างๆจะเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้แล้วมันยังสามารถเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นได้ด้วยโดย Kevin นิยามมันไว้ตอนนั้นว่าเป็น “Internet-Like” หรือพูดง่ายๆก็คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสื่อสารพูดคุยกันเองได้ ซึ่งศัพท์คำว่า “Things” ก็แทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ การประยุกต์ใช้ Internet of Things ประกอบไปด้วยระบบ Smart Home , Wearable , Smart City , Smart Grids , Industrial Internet , Connected Car , Connected Health , Smart Retail , Smart Supply Chain และ Smart Farming เป็นต้น (Ashton K., 2009) เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี Internet of Things ในการตรวจสอบสภาพแวดล้อม ดิน น้ำและอากาศ ส่งข้อมูลผ่านคลาวด์เพื่อนำมาประมวลผล จนนำไปสู่การตัดสินใจแก้ไข ปรับปรุงกรรมวิธีในการทำการเกษตร ส่งผลดีต่อปริมาณและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีการแบ่งปันข้อมูลกับเกษตรกรในพื้นที่อื่นๆ ทั่วโลก นำไปสู่การตัดสินใจแก้ไขปัญหาและปรับปรุงกระบวนการผลิตของเกษตรกรได้อย่างถูกต้องมากที่สุดต่อไป

จากปัญหาและเทคโนโลยีดังกล่าว ทีมผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่พัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things โดยมุ่งเน้นพัฒนาระบบควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของวัสดุเพาะ ความเข้มแสงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง โดยวิธีการควบคุมการเปิด/ปิด น้ำ

สปริงเกอร์ สเปรย์หมอกไอน้ำ ฮิตเตอร์ หลอดไฟและพัดลมระบายอากาศ แบบอัตโนมัติ ซึ่งระบบมีเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นของวัสดุเพาะ ความเข้มแสงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในโรงเพาะเห็ด ส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ เข้ามายังชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์มาประมวลผลทางระบบควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่ (PID and Fuzzy) เพื่อนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิดปั๊มน้ำ ฮิตเตอร์ หลอดไฟและพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรด้วยสมาร์ทโฟน (Smart Phone) ผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ตในกรณีที่เกิดความผิดปกติขึ้น โดยเกษตรกรสามารถใช้โทรศัพท์มือถือดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน เช่น ค่าของเซนเซอร์ต่างๆ สถานะของอุปกรณ์แต่ละตัว ในรูปแบบ ตัวเลข ข้อความหรือรูปภาพ และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ (Auto/Manual) เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ค่าต่างๆ ที่เป็นเงื่อนไขในการทำงานของระบบควบคุม เช่น ช่วงของค่าอุณหภูมิ ความชื้น ที่จะใช้ควบคุมโรงเรือน ค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือน และการดูค่าทางสถิติย้อนหลังได้ ทำให้เกษตรกรมีความสะดวกสบายในการเพาะเห็ดฟาง และทำให้ได้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด และขายได้ในราคาที่สูงขึ้น

จากแนวคิดของผู้วิจัยที่จะพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things ให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟาง เพื่อช่วยลดปัญหาความเสียหายที่เกิดในระหว่างการเพาะเห็ด ทำให้ได้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพ และปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องของตลาดสอดคล้องกับแนวคิดประเทศไทย 4.0 ซึ่งเป็นการปฏิรูปโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ที่เน้นการใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีเข้ามาช่วยพัฒนา โดยที่ภาคการเกษตรยังคงเป็นหลัก แต่จะเปลี่ยนการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ โดยสร้างเกษตรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) และสนับสนุนให้เกษตรกรเป็นผู้ประกอบการมากขึ้น (สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559) และสอดคล้องกับแผนการปฏิรูปการเกษตรของประเทศไทย (พ.ศ. 2556-2561) ที่กำหนดให้นำโครงการพัฒนาเกษตรกรสู่เกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer) มาพัฒนาให้เกษตรกรมีความรู้อย่างเพียงพอ มีข้อมูลเชิงลึก ด้านการตลาดเพื่อใช้วางแผนในการผลิต รวมทั้ง มีความรู้ในการผลิตสินค้าเกษตรคุณภาพสูง ที่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นโครงการหนึ่งในยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาคุณภาพชีวิตเกษตรกรที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรมีความสามารถพึ่งพาตนเองได้ มีภูมิคุ้มกันพร้อมรับความเสี่ยงด้านการผลิต การตลาด และมีการกระจายรายได้ที่ทั่วถึง มีความสามารถในการผลิต และการตลาดก้าวสู่ผู้จัดการฟาร์มที่เป็นมืออาชีพ (ฤทัยชนก จริงจิตร, 2556) หลักการของแนวคิด “Smart Farm” คือ ความพยายามยกระดับการ

พัฒนาเกษตรกรรม ใน 4 ด้านที่สำคัญ ได้แก่ 1) การลดต้นทุนในกระบวนการผลิต 2) การเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิต และมาตรฐานสินค้า 3) การลดความเสี่ยงในภาคเกษตร ซึ่งเกิดจากการระบาดของศัตรูพืชและจาก ภัยธรรมชาติและ 4) การจัดการและส่งผ่านความรู้ (Knowledge Management and Transfer) โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศจากการวิจัยไปประยุกต์สู่การพัฒนาในทางปฏิบัติและให้ความสำคัญ ต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร ในการเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้านั้น แนวคิด “Smart Farm” ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการผลิต โดยเน้นการประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ (Automation/Robotic System) และการพัฒนาองค์ความรู้ทางการผลิตโดยระบบการติดตามและเตือนภัยล่วงหน้า ในด้านการจัดการผลผลิต ให้มีความสม่ำเสมอ ทั้งปริมาณและคุณภาพ (สาคร ศรีมุข, 2558) ดังนั้น การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ด แบบอัตโนมัติ และระบบการแจ้งเตือนสถานะต่างๆของโรงเพาะเห็ดฟาง หากระบบเกิดขัดข้องระบบจะส่งสัญญาณเตือนไปยัง Smart Phone ให้เกษตรกรเจ้าของโรงเพาะเห็ดรับรู้ข้อมูลในปัจจุบันและในอดีตเพื่อตัดสินใจแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและทันเวลา จึงเป็นการยกระดับการพัฒนาเกษตรกรรม ตามแนวคิด Smart Farmer ที่เกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟาง นำนวัตกรรมและเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และลดความเสี่ยงที่เกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อม ทำให้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพตามมาตรฐานการผลิต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง

1.2.2 เพื่อศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นวัสดุเพาะ ปริมาณความเข้มแสง และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเพาะเห็ดฟาง ให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการเกิดดอกเห็ดฟางในแต่ละช่วง และช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของเห็ดฟางได้มากกว่า การควบคุมดูแลสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟางแบบเดิม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการดำเนินงานวิจัยไว้ดังนี้

ขอบเขตด้านเนื้อหา : ได้แก่

1.4.1 แหล่งเนื้อหาที่เป็นเอกสาร ซึ่งได้แก่ ตำราวิชาการ รายงานประจำปี วารสาร แผ่นพับ หนังสือพิมพ์

1.4.2 แหล่งเนื้อหาที่เป็นบุคคล ซึ่งได้แก่ ผู้รู้ นักวิชาการและเกษตรกรที่มีความรู้ความสามารถและความชำนาญในด้านการเพาะเห็ดฟาง ในจังหวัดอุตรดิตถ์

1.4.3 ขอบเขตของการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตไว้ดังต่อไปนี้

1.4.3.1 สามารถใช้เซ็นเซอร์อ่านค่าสภาพแวดล้อมต่างๆ ในโรงเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความชื้นของวัสดุเพาะ

1.4.3.2 ใช้ระบบสมองกลฝังตัวเป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน

1.4.3.3 พัฒนาโปรแกรมควบคุมด้วยอาดูโน่

1.4.3.4 ใช้ตัวควบคุมแบบ เปิด/ปิด

1.4.3.5 สามารถสั่งงานปั๊มน้ำสเปรย์หมอกไอน้ำ และพัดลมได้ เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเห็ดฟางในแต่ละช่วง

1.4.3.6 สามารถบันทึกค่าสถานะต่างๆ ของระบบลงในหน่วยความจำ (SD Card) เพื่อใช้ดูข้อมูลย้อนหลังได้

1.4.3.7 มีระบบแจ้งเตือนกรณีเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมขึ้นได้

1.4.3.8 มีการเชื่อมต่อข้อมูลกับคลาวด์เซิฟเวอร์เพื่อบันทึก แสดงผลการทำงานและควบคุมการทำงานในรูปแบบของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of things)

1.4.3.9 สามารถเลือกระหว่างโหมดควบคุมอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยเกษตรกรเองได้

1.4.4 ขอบเขตด้านสถานที่

1.4.4.1 สถานที่ใช้ในการทดลองระบบจำลอง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

1.4.4.2 สถานที่ใช้ในการทดลองระบบจริง

อริยาฟาร์มเห็ดฟาง 70/1 หมู่ที่ 4 ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์

1.4.5 ขอบเขตด้านระยะเวลา: ได้แก่

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย 12 เดือน ระหว่าง ตุลาคม 2561 ถึง กันยายน 2562

1.5 ทฤษฎี และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

1.5.1 ทฤษฎีที่ใช้เป็นหลักการในการดำเนินงานวิจัยนี้ ได้แก่

1.5.1.1 ความรู้เกี่ยวกับการเพาะเห็ดฟาง

1.5.1.2 ความรู้เกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดฟาง

1.5.1.3 ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

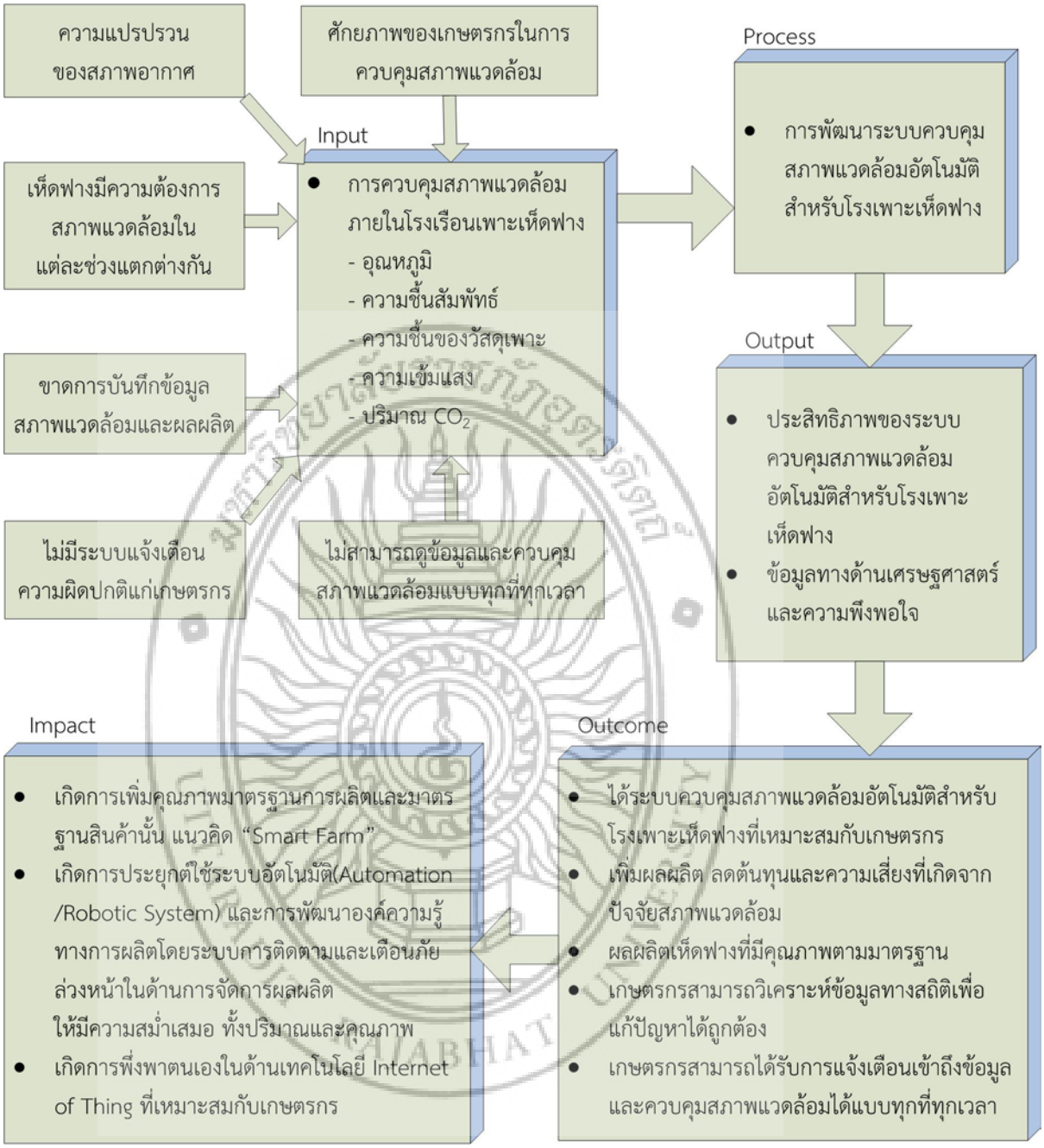
1.5.1.4 ความรู้เกี่ยวกับอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

1.5.1.5 ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุม PID

1.5.1.6 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Arduino

1.5.2 กรอบแนวคิดของการดำเนินโครงการ ไว้ดังนี้

การพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นวัสดุเพาะ ปริมาณความเข้มแสง และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลและระบบการแจ้งเตือนสถานะต่างๆเมื่อเกิดความผิดปกติ สามารถอธิบายเป็นภาพกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยได้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลสัมฤทธิ์และ/หรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เกิดการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่เหมาะสมกับอริยาฟาร์มเห็ดฟาง และเกษตรกรผู้เพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือนทั่วไป

1.6.2 เกษตรกรสามารถได้รับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดความผิดปกติของโรงเพาะเห็ดฟาง เข้าถึงข้อมูลและควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟางได้แบบทุกที่ทุกเวลา โดยการใช้โทรศัพท์ที่เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต เพิ่มความสะดวก รวดเร็วในการทำงาน ในรูปแบบเกษตรกรปราดเปรื่อง (Smart Farmer)

1.6.3 ได้ทราบข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์และความพึงพอใจในการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things

1.6.4 สามารถเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนและลดความเสี่ยงที่เกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟาง

1.6.5 ผลผลิตเห็ดฟางมีคุณภาพตามมาตรฐาน เป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี

1.6.6 เกษตรกรสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อแก้ปัญหาในปัจจุบันและอนาคตได้อย่างถูกต้อง

1.6.7 เกิดการเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้านั้น แนวคิด “Smart Farm”

1.6.8 เกิดการประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ (Automation/Robotic System) และการพัฒนาองค์ความรู้ ทางการผลิตโดยระบบการติดตามและเตือนภัย ล่วงหน้าในด้านการจัดการผลผลิตให้มีความสม่ำเสมอ ทั้งปริมาณและคุณภาพ

1.6.9 เกิดการพึ่งพาตนเองในด้านเทคโนโลยี Internet of Thing ที่เหมาะสมกับเกษตรกร

1.6.10 สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการเกษตรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมสภาพแวดล้อม เช่น การเลี้ยงไก่ในโรงเรือนแบบปิด บ้านรังนกนางแอ่น เครื่องฟักไข่ สถานีวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิความชื้น เป็นต้น เพื่อการต่อยอดและการพึ่งพาตนเองด้านเทคโนโลยีของประเทศ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำรา ผลงานวิจัย โดยมีเป้าหมายให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 การเพาะเห็ดฟาง

2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดฟาง

2.3 อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things

2.4 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

2.5 ระบบควบคุม PID, Fuzzy

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเพาะเห็ดฟาง

เห็ดฟาง (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Volvariella volvacea*) อยู่ในวงศ์ Volvariaceae (Amanitaceae) เห็ดฟางมีชื่อสามัญคือ Straw Mushroom, Paddy Mushroom หรือ Chinese Mushroom ชื่อพื้นเมืองคือ เห็ดฟาง หรือเห็ดบัว เห็ดฟางจัดอยู่ในวงศ์ของเห็ดมีพิษ (Amanitaceae) แต่เป็นเห็ดเพียงชนิดเดียวที่สามารถนำมาบริโภคได้ อย่างไรก็ตามการบริโภคเห็ดฟางดิบๆ จะทำให้เกิดอาการเมาหรือเวียนศรีษะได้ กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์ (2541) ได้อธิบายลักษณะของดอกของเห็ดฟางไว้ดังนี้ คือ ดอกที่ยังไม่บาน รูปร่างจะค่อนข้างกลมจนถึงกลมรี ผิวเรียบ สีขาวเทาหรือเทาดา เนื้อดอกแน่นและละเอียด ลักษณะดอกเห็ดอ่อนเป็นรูปไข่หรือรูปสามเหลี่ยมมุมป้าน เมื่อเจริญขึ้นจะปริแตกคงเหลือเยื่อหุ้มรูปถ้วยอยู่ที่โคน ผิวนอกของเยื่อหุ้มส่วนมากจะเปลี่ยนเป็นสีขาวหม่นหรือสีเนื้อหมวกเห็ดรูปไข่ เมื่อบานเต็มที่เส้นผ่านศูนย์กลาง 4–10 เซนติเมตร กลางหมวกมีขนละเอียดสีน้ำตาลดำหรือสีน้ำตาลแดง ครีบสีขาวแล้วเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน ไม่ยึดติดกับก้าน สั้นยาวไม่เท่ากัน ผิวสีขาวนวลมีขนสีขาว เนื้อเป็นเส้นหยาบสีขาวรวมกันแน่น ตรงกลางก้านกลวง สปอร์รูปรี สีชมพู ขนาด 5–6 × 7–9 ไมโครเมตร ผิวเรียบ เห็ดฟางตามธรรมชาติเจริญเติบโตบนกองฟางข้าวเป็นกลุ่ม 2–6 ดอก และจะถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่ยังเจริญไม่เต็มที่ คือยังเป็นตุ่มกลม ๆ ก่อนที่หมวกเห็ดจะผุดออกมา ซึ่งใช้เวลาประมาณ 4–5 วัน เจริญได้ผลดีที่สุดในภูมิอากาศเขตร้อนที่มีฝนตกชุก เจริญได้ดีในอุณหภูมิ

ระหว่าง 30-40 องศาเซลเซียส และสามารถเจริญได้ในวัสดุหลายชนิด เช่น กองเปลือกเมล็ดบัว, กองฟาง, บนเปลือกไม้, ผักตบชวา, กากมันสำปะหลัง และไส้นุ่น เป็นต้น เห็ดฟางมีการเพาะปลูกในแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้เป็นส่วนผสมในการประกอบอาหารเอเชียอย่างแพร่หลาย ชื่อเรียกของมันแม้แตกต่างกันไปในหลายประเทศ แต่ก็ยังมีความหมายว่า เห็ดฟางเหมือนกัน เห็ดฟางมักพบได้ในรูปแบบสด แต่ก็สามารถพบรูปแบบบรรจุกระป๋องหรืออบแห้งจำหน่ายนอกฤดูเก็บเกี่ยวด้วย เห็ดฟางเป็นเห็ดที่สามารถขึ้นได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย เป็นเห็ดที่เพาะง่าย และใช้เวลาในการเพาะน้อยเมื่อเทียบกับเห็ดชนิดอื่น ๆ (ชาญยุทธ์ ภาณุทัต, 2540)

2.1.1 การเพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือน

การเพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือน เป็นการใช้ความรู้ทางด้านการเกษตรแผนใหม่เข้าช่วยในทุกขั้นตอนของการเจริญเติบโต จนกระทั่งเกิดดอกและเก็บเกี่ยว ผู้ที่จะเพาะเห็ดฟางแบบโรงเรือน จึงควรจะผ่านการเพาะเห็ดแบบกองสูงหรือกองเตี้ยมาแล้ว เพื่อจะได้ทราบถึงความต้องการปัจจัยต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตของเห็ดฟางทุกขั้นตอนตั้งแต่เริ่มแรกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิต ทั้งนี้เพราะการเพาะเห็ดฟางด้วยวิธีนี้ต้องลงทุนครั้งแรกสูงมากในด้านการก่อสร้างโรงเรือน เครื่องกำเนิดไอน้ำ และอุปกรณ์อื่น ๆ มีขั้นตอนในการเพาะเห็ดมากขึ้น โดยจะต้องหมักปุ๋ยที่จะใช้เพาะ, นำมาตีให้ละเอียด, ใส่ในโรงเรือน, เลี้ยงเชื้อรา, อบฆ่าเชื้อ, ปรับอุณหภูมิความชื้นและแสง เป็นต้น หากปรับสภาพแวดล้อมไม่ถูกวิธีอาจทำให้เสียทั้งหมดได้

โรงเรือนที่ใช้เฉพาะและการจัดสร้าง โรงเรือนที่จะใช้เพาะเห็ดฟางนั้น ควรคำนึงถึงความเป็นจริงที่มีการปฏิบัติกันอยู่แยกออกเป็น

2.1.1.1 โรงเรือนหลัก ควรเป็นโรงเรือนแบบถาวร หลังคาอาจมุงด้วยจากหรือหญ้าคาขนาดโรงเรือนควรสร้างให้มีขนาดเหมาะสมกับจำนวนของห้อง 1 โรงเรือน จะมีหลายห้องหรือห้องเดียวก็ได้ พื้นโรงเรือนถ้าเป็นพื้นดินก็ควรอัดให้แน่น หรือเป็นพื้นคอนกรีตก็จะดี เพื่อสะดวกต่อการทำความสะอาดโรงเรือนเพาะเห็ด ควรเป็นโรงเรือนที่ปิดมิดชิด สามารถอบไอน้ำฆ่าเชื้อเก็บอุณหภูมิและความชื้นได้ วัสดุที่ใช้อาจเป็นคอนกรีต อิฐบล็อค กระเบื้องเรียบหรือใช้โครงไม้ไผ่บุกด้วยผ้าพลาสติกหนาให้สามารถเก็บรักษาความชื้นได้ ขนาดของโรงเรือนกว้าง ยาว สูง 5 X 8 X 3 เมตร หรือ 4 X 6 X 2.5-3 เมตร หลังคาทรงหน้าจั่วทำด้วยจาก บุด้วยผ้าพลาสติก พื้นโรงเรือนควรเป็นพื้นคอนกรีต มีประตูทางเข้าออกด้านละ 1 ประตู โรงเรือนเพาะนี้ต้องมีช่องสำหรับระบายอากาศอยู่บริเวณหน้าจั่วกว้างประมาณ 40 X 60เซนติเมตร และมีช่องสำหรับส่งไอน้ำผ่านเข้าไปในโรงเรือนได้ อย่างไรก็ดีรูปแบบและขนาดของโรงเรือนตลอดจนวัสดุที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงปรับปรุงได้ตามความรู้และเครื่องมือที่สร้างขึ้น

2.1.1.1.2 โรงเรือนรอง หรือชั้นวางเพาะเห็ด ควรมีขนาดกว้าง 1 เมตร โดยสร้างให้มีชายยื่นออกมาข้างละ 50 เซนติเมตร ยาว 4 เมตร และสูง 1.80 เมตร โดยแบ่งชั้นเพาะเห็ด

ออกเป็น 2 ข้าง ๆ ละ 4 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 50 เซนติเมตร ชั้นแรกอยู่สูงจากพื้น 30 เซนติเมตร ชั้นที่ 4 สูงจากพื้น 1.80 เมตร ชั้นวางเพาะเห็ดนี้ควรทำด้วยเหล็กหรือไม้ไผ่ก็ได้ผ้าพลาสติก ลักษณะคล้ายกับถุงเคลือบ เย็บและบุภายในโรงเรือนเพื่อควบคุมอุณหภูมิ

2.1.2 อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน

การเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนเพื่อให้การดำเนินการประสบความสำเร็จตามเป้าหมายควรมีอุปกรณ์ทีสำคัญดังนี้

2.1.2.1 พัดลมดูดเป่า และ ระบายอากาศ เป็นพัดลมทรงกระบอกธรรมดาขนาดใบพัด 16-20เซนติเมตร แต่ดัดแปลงทำกล่องสังกะสีสวมปากทางลมออก โดยให้มีลมออกได้ 2 ทาง ทางหนึ่งต่อเข้าภายในโรงเรือน อีกทางหนึ่งออกภายนอก ทั้งสองจะมีลิ้นเปิดปิด ส่วนทางออกลมก็เช่นเดียวกัน คือ ทำทางดูด 2 ทาง ต่อเข้าภายในด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งอยู่ข้างนอก และมีลิ้นปิดเปิดเช่นกัน สำหรับทางออกลมก็ต่อเข้าภายในโรงเรือนโดยต่อขึ้นไปข้างบนขนานกับสันจั่ว อาจทำด้วยท่อเอสล่อนหรือใช้ผ้าพลาสติกเย็บให้ได้เส้นผ่าศูนย์กลางพอสวมปากท่อได้ ตรงท่อที่ขนานจั่วนั้นต้องทำการเจาะรูเท่าม้วนบุรี่เพื่อให้อากาศออก

2.1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ คือ เครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิภายในห้อง ควรใช้ขนาดที่สามารถวัดได้ตั้งแต่ 0-100 องศาเซลเซียส อยู่ติดผนังสูงจากพื้นประมาณ 1.50 เมตร อยู่ด้านในของโรงเรือนก็ได้ ช่องที่เจาะใส่เทอร์โมมิเตอร์นั้นจะต้องกลวง เพื่อให้เทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับอากาศภายในส่วนด้านนอกของโรงเรือนปิดด้วยกระจกใสเพื่อง่ายต่อการอ่านค่า

2.1.2.3 กระบะไม้หรือแบบพิมพ์ไม้สำหรับหมักวัสดุ จะทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสก็ได้ขนาดความกว้างและความยาวเท่ากันประมาณ 1-15 เมตร สูง 50 เซนติเมตร

2.1.2.4 เครื่องตีปุ๋ยหมัก ใช้ตีปุ๋ย หลังจากหมักได้ที่แล้ว เครื่องตีปุ๋ยหมักควรเป็นเครื่องที่กำลังแรงสูง อย่างน้อยไม่ควรต่ำกว่า 5 แรงม้า อาจดัดแปลงจากเครื่องตีน้ำแข็ง หรือเครื่องตีหินก็ได้ ตีปุ๋ยหมักให้ละเอียดและฟู

2.1.2.5 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เครื่องพ่นฝอย เครื่องวัดความชื้น ตะกร้าเก็บเห็ด

2.1.3 ขั้นตอนการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน

ในการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน วัสดุเพาะนิยมใช้และได้ดีที่สุดก็คือ ขี้ฝ้าย (อาจผสมไส้นุ่นด้วยก็ได้) โดยใช้ฟางเป็นวัสดุรองเพาะ อย่างไรก็ดีเรายังสามารถใช้วัสดุอื่น ๆ เพาะได้เช่นกัน ซึ่งได้แก่ ไส้นุ่น เปลือกถั่วเขียว เปลือกถั่วเหลือง ผักตบชวาแห้ง ต้นกล้วยแห้ง ฟาง เศษหญ้าแห้ง ชานอ้อย และต้นข้าวโพดแห้ง เป็นต้น แต่วัสดุดังกล่าวนี้ยังไม่เป็นที่นิยม เพราะได้ผลไม่ดีเท่าที่ควรสำหรับขั้นตอนในการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนที่สำคัญก็มีดังนี้

2.1.3.1 การจัดโปรแกรมการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน
2.1.3.2 การหมักวัสดุที่ใช้เพาะ (การหมักขี้ฝ้าย, ไส้นุ่น)
2.1.3.3 การตีป่นขี้ฝ้ายและการเติมธาตุอาหารเสริม
2.1.3.4 การนำขี้ฝ้ายขึ้นชั้นเพาะเห็ด
2.1.3.5 การเลี้ยงเชื้อราอาหารเห็ด
2.1.3.6 การอบไอน้ำฆ่าเชื้อราและศัตรูเห็ด
2.1.3.7 การจัดเตรียมเชื้อเห็ดฟางและการโรยเชื้อเห็ดฟาง
2.1.3.8 การปรับอุณหภูมิและสภาพอากาศภายในโรงเรือน
2.1.3.9 การดูแลการพัฒนาของดอกเห็ดและการเก็บผลผลิต
2.1.3.10 การทำความสะอาดโรงเรือนเพื่อเตรียมการเพาะครั้งต่อไป

2.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะกับการเพาะเห็ดฟาง

2.2.1 อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเส้นใยอยู่ระหว่าง 35-38 ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้เส้นใยจะฟูมากไม่รวมตัวกัน จึงไม่เกิดระยะจุดกำเนิดหรือระยะหัวเข็มหมุด แต่หากต่ำกว่านี้เส้นใยจะเจริญช้าหรือไม่เจริญ และอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเกิดดอกอยู่ระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ดอกเห็ดจะเล็ก เป็นขนที่ผิวดอกเห็ด ดอกเห็ดเป็นตุ่มขรุขระคล้ายหนังคางคก ดอกบานเร็วและโรยเร็วดอกเห็ดจะฝ่อและเน่าในเวลาต่อมา ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้การเกิดดอกเห็ดจะช้าหรือไม่เกิดเลย โดยจะสังเกตได้จาก ฤดูร้อนใช้เวลา 7 วันในการออกดอก ฤดูฝนใช้เวลา 8-12 วัน ส่วนฤดูหนาวใช้เวลา 15-18 วัน (ประสาน ยิ้มอ่อน, 2549) และอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการออกดอกอยู่ระหว่าง 28-32 องศาเซลเซียสขึ้นได้ดีทั้งในฤดูฝนและในฤดูร้อน เพราะอากาศร้อนจะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของดอกเห็ดได้ดีอยู่แล้ว ส่วนในช่วงอากาศหนาวไม่ค่อยจะดีนัก เพราะอากาศที่เย็นเกินไปไม่เอื้ออำนวยต่อการเติบโตของดอกเห็ดฟาง สำหรับทางภาคใต้ก็สามารถจะเพาะเห็ดฟางได้ตลอดทั้งปี ถ้ามีฝนตกไม่มากเกินไปนัก จึงเห็นได้ว่า การเพาะเห็ดฟางของประเทศไทยเราสามารถเพาะได้ตลอดปี แต่หน้าหนาวผลผลิตจะลดน้อยลง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้ราคาสูง หลังฤดูเกี่ยวข้าวอากาศร้อน ฟางและแรงงานมีมากมีคนเพาะมาก จึงเป็นธรรมดาที่เห็ดจะมีราคาต่ำลง ในฤดูฝนชาวนาส่วนมากทำนา การเพาะเห็ดน้อยลง ราคาเห็ดฟางนั้นก็จะดีขึ้น

2.2.2 ความชื้น แยกออกได้ 2 ประเภท คือความชื้นในวัสดุเพาะเห็ดฟาง และความชื้นสัมพัทธ์ การให้ความชื้นในวัสดุเพาะเห็ดฟางทำได้โดยการรดน้ำหรือแช่วัสดุลงในน้ำ น้ำที่ใช้ต้องปราศจากสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อเห็ด เช่น เกลือ คลอรีน สารส้ม เป็นต้น เห็ดฟางต้องการความชื้นในอากาศประมาณ 80-90 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นในวัสดุเพาะเห็ดฟางควรมีประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีความชื้นมากเกินไป เส้นใยเห็ดฟางจะชุ่มน้ำและตายได้ การให้น้ำมาก โดยเฉพาะช่วง

ที่เกิดดอกเห็ดจะทำให้เส้นใยระหว่างรอยต่อของเห็ดกับเส้นใยในวัสดุเพาะขาดจากกัน จึงไม่สามารถส่งอาหารไปเลี้ยงดอกเห็ดได้ ส่งผลให้ดอกเห็ดฝ่อตาย แต่หากในวัสดุเพาะมีความชื้นต่ำเกินไปเส้นใยเห็ดก็จะขาดน้ำ สารอาหารในวัสดุเพาะจึงไม่ละลายออกมาและเมื่อเกิดการสูญเสียน้ำออกจากเส้นใยหรือดอกเห็ด เส้นใยเห็ดฟางจะแห้งและดอกเห็ดฟางจะกระด้างหรือมีรอยแตก ดอกเห็ดไม่เจริญแก้ไขได้โดยการรดน้ำ (ประสาน ยิ้มอ่อน, 2549) ความชื้นเป็นส่วนสำคัญในการเพาะเห็ดฟางมากเป็นตัวกำหนดการเจริญของเส้นใยเห็ดที่สำคัญถ้าความชื้นมีน้อยเกินไปเส้นใยของเห็ดจะเดินช้า และรวมตัวเป็นดอกไม่ได้ ถ้าความชื้นมากเกินไปการระบายอากาศภายในกองไม่ดี ถ้าเส้นใยขาดออกซิเจนก็จะทำให้เส้นใยฝ่อหรือเน่าตายไป น้ำที่จะแช่หรือทำให้ฟางชุ่มควรต้องเป็นน้ำสะอาด ไม่มีเกลือเจือปนหรือเค็ม หรือเป็นน้ำเน่าเสียที่หมักอยู่ในบ่อนาน ๆ จนมีกลิ่นเหม็น ก็ไม่ควรจะนำมาใช้ในการเพาะเห็ดฟางที่ดีนั้น น้ำที่ใช้ในการงอกเส้นใยเห็ดจะมาจากในฟางที่อุ้มเอาไว้และความชื้นจากพื้นแปลงเพาะนั้นก็เพียงพอแล้ว ปกติขณะที่เพาะไว้เป็นกองเรียบร้อยแล้วนั้นจึงไม่ควรจะมีการให้น้ำอีก ควรจะรดเพียงครั้งเดียวคือระหว่างการหมักฟางเพาะทำกองเท่านั้น หรืออาจจะช่วยบ้างเฉพาะในกรณีที่ความชื้นมีน้อยหรือแห้งจนเกินไป การให้ความชื้นนี้โดยการโปรยน้ำจากฝักบัวรอบบริเวณข้าง ๆแปลงเพาะเท่านั้นก็พอ

2.2.3 แสงแดด เห็ดฟางไม่ต้องการแสงสำหรับการสังเคราะห์แสง เพราะไม่มีคลอโรฟิลล์ (Cholophyll) แต่แสงก็มีส่วนช่วยในการสร้างดอก (Fruiting body) โดยเฉพาะแสงสีน้าเงิน (ขนาด 80-150 ลักซ์ หรือประมาณ 25-50 แรงเทียน) แสงมีอิทธิพลต่อเห็ดฟางคือ ในการรวมตัวของเส้นใยระยะที่ 2 เพื่อเป็นดอกเห็ด หากได้รับแสงจะช่วยให้เกิดจำนวนดอกมากขึ้น ส่วนการเกิดสีของเห็ดฟาง ถ้าดอกเห็ดฟางได้รับแสงมาก ดอกเห็ดจะมีสีดำหรือคล้า ถ้าดอกเห็ดอยู่ในที่มืดดอกเห็ดจะมีสีขาว และถ้าอยู่ในที่มีแสงรำไร ดอกเห็ดจะมีสีขาวปนเทา นอกจากนี้แสงแดดยังมีผลต่อการระเหยของน้ำหรือความชื้นภายในโรงเรือน และมีผลต่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนหรือกระโจม หากมีแสงแดดจัดอุณหภูมิจะสูง ฉะนั้นหากต้องการลดอุณหภูมิ อาจใช้พลาสติกสีเข้ม ตาข่ายดา กระสอบ แผงหญ้าแฝก ช่วยในพรางแสงแดดได้ ถ้าดอกเห็ดฟางโดนแดดแล้วจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีดำเร็วขึ้นกว่าปกติ (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

2.2.4 อากาศ ในที่นี้หมายถึง ออกซิเจน โดยเฉพาะระยะที่สร้างจุดกำเนิดและการพัฒนาของดอกเห็ด จะต้องการออกซิเจนมากเป็นพิเศษ หากโรงเรือนไม่มีการระบายอากาศก็จะเกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น มีผลให้เส้นใยเจริญช้าหรือชะงักการเจริญเติบโต ทำให้ดอกเห็ดฝ่อและเน่าได้ ดอกเห็ดมีลักษณะเป็นสีเหลือง ให้ผลผลิตน้อยหรือไม่ให้ผลผลิตเลย ฉะนั้นควรมีการเปิดพลาสติกคลุมออกบ้าง แล้วปิดวัสดุคลุมดังเดิม

2.2.5 โรคและแมลงศัตรูเห็ดฟาง ซึ่งได้แก่ เชื้อรา (ราเขียว ราดา และราสีชมพู) เห็ด (เห็ดหมึก เห็ดผักกาด เห็ดขี้ควาย และเห็ดถั่ว) เชื้อแบคทีเรีย ปลวก มด ไรไข่ปลา และ กิ้งกือ เป็นต้น

(ประสาน ยิ้มอ่อน, 2549) ในกรณีที่มีความจาเป็นต้องใช้พื้นที่ที่มีมด ปลวก อาศัยอยู่ มาใช้ในการเพาะเห็ด ควรแก้ไขโดยการใช้ยาฆ่าแมลงผสมน้ารดดินแล้วปล่อยไว้ประมาณ 1-2 เดือน จึงจะสามารถเพาะเห็ดได้ ส่วนในกรณีที่มีหนู กิ้งกือ จิ้งเหลน เข้ามาอาศัยในโรงเรือนเพาะเห็ด แล้วกัดกินดอกเห็ดหรือคุ้ยเขี่ยทาให้เกิดความเสียหาย ควรวางกับดัก และทาลายแหล่งที่อยู่อาศัยรอบบริเวณที่เพาะเห็ด (สุเทพ ญาดี และคณะ, 2552)

2.2.6 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) เห็ดจะเจริญได้ดีในช่วง pH 7.2-8

2.2.7 ความต้องการสารอาหาร สารอาหารที่เร่งการเจริญเติบโตของเห็ดได้แก่ แป้ง กลูโคส น้ำตาล ซูโคส

2.3 อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

Internet of Things (IoT) หรืออินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง หมายถึง การที่อุปกรณ์อัจฉริยะต่างๆ ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ และควบคุมการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทาง ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ เช่น การสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องมือสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงาน อุตสาหกรรม บ้านเรือน รวมไปถึงเครื่องใช้ในชีวิตประจำวัน ต่างๆ ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย, 2559)

2.3.1 ความเป็นมาและนิยามของ Internet of Things (ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ, 2559)

Kevin Ashton ผู้ก่อตั้งศูนย์ Auto-ID ณ มหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology เป็นผู้บัญญัติศัพท์ Internet of Things (IoT) ในปี ค.ศ.1999 ใน บริบทของการนำมาใช้ในการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทาน และให้ความหมายของ IoT คือการที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกันได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยเซ็นเซอร์ในการสื่อสาร (Ashton K., 2009) เทคโนโลยีInternet of Things มีความจำเป็นที่จะต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภท RFID (Radio frequency identification) และ Sensors ซึ่งเปรียบเสมือนการเติมสมองให้กับอุปกรณ์ต่างๆ พร้อมทั้งต้องมีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้สามารถรับส่งข้อมูลได้

อินเทล ระบุว่า Internet of Things คือ การพัฒนาอุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันที่สามารถเชื่อมต่อกับโลก ออนไลน์ได้ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์นั้นมีความสามารถพิเศษที่ อัจฉริยะกว่าเดิม ตัวอย่างสินค้าภายใต้แนวคิดนี้ได้แก่ ตู้เย็น ออนไลน์ที่เจ้าของเครื่องสามารถตรวจสอบสิ่งของในตู้ขณะอยู่ที่ร้านค้า หรือระบบไฟฟ้าที่ผู้ใช้สามารรถส่งเปิดได้จากนอก บ้านอีเอ็มซีคอร์เปอเรชั่น ได้จัดทำผลการวิจัยภายใต้ EMC Digital Universe ครั้งที่ 7 ให้คำจำกัดความว่า Internet of Things

ประกอบด้วยอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน หลายพันล้านชิ้นที่มีเครื่องวัดและเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ สร้างรายงานและรับข้อมูล เช่นเซ็นเซอร์ในรองเท้าที่เก็บ ข้อมูลความเร็วในการวิ่งสามารถเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันได้

Cisco บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ทางด้านการสื่อสารและเทคโนโลยีรายใหญ่ของโลก ได้อธิบายถึงสาเหตุของ ความก้าวหน้าของ Internet of things ว่ามาจาก 3 ประการ ด้วยกัน คือ 1) ความก้าวหน้าของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ ซับซ้อนและแม่นยำมากยิ่งขึ้นและยังสามารถพึ่งพาข้อมูลจาก ระบบ Cloud Computing มาใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่าง รวดเร็ว 2) การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือเครื่องใช้เครื่องจักรชนิดต่างๆ กับอุปกรณ์ส่วนบุคคล เช่น สมาร์ทโฟน มีเพิ่มมากยิ่งขึ้น และ 3) แอพพลิเคชั่นที่สามารถเชื่อมต่อ ระหว่างระบบงานสารสนเทศทางธุรกิจในกลุ่ม Supply Chain ManagementSystem ที่เชื่อมต่อคู่ค้าและลูกค้าเข้า ด้วยกันอย่างใกล้ชิดมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Cisco, 2558)

จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น เป็นเหตุที่ทำให้ในปัจจุบันมีบริษัทชั้นนำของโลกได้ทำการสร้างนวัตกรรมทางด้านการติดต่อสื่อสาร เช่น Google ได้ทำการพัฒนาแว่นตา Google Glasses ที่สามารถแจ้งเตือนนัดหมาย แนะนำเส้นทางและ ข้อมูลการเดินทางที่เหมาะสมได้เพียงแค่ผู้ใช้สวมใส่แว่นตา และออกคำสั่งกับอุปกรณ์ชิ้นนั้น แล้วผลลัพธ์จะแสดงผ่าน เลนส์ของแว่นตานั่นเอง (Stuart Leung, 2557) บริษัท Appleทำการพัฒนานาฬิกาข้อมือ Apple watch ที่สามารถตรวจสอบจำนวนก้าว ในการเดิน วิ่ง ระยะทาง ตลอดจนวิเคราะห์สุขภาพจาก โปรแกรมด้านสุขภาพและเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับการแนะนำวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมให้แก่ผู้สวมใส่ได้ (Apple, 2558)

2.3.2 องค์ประกอบของ Internet of Things (ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ, 2559)

2.3.2.1 Sensor สำหรับเป็นหน่วยรับข้อมูล ซึ่งอาจจะติดตั้งเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ที่เคยมีอยู่แล้ว หรือเป็นผลิตภัณฑ์ ชิ้นใหม่ที่เพิ่งเกิดมาในโลกยุค Internet of Things เลยก็ได้

2.3.2.2 การเชื่อมต่อเครือข่าย เพื่อให้ Sensor สามารถส่งข้อมูลไปยังระบบประมวลผลได้ อาจจะเป็นเครือข่ายภายใน หรือใช้เครือข่ายสาธารณะก็ได้เช่นกัน

2.3.2.3 ระบบประมวลผล สำหรับรับข้อมูลจาก Sensor ชนิดเดียวกันหลายๆตัว หรือหลายๆ ชนิดหลายๆ ตัวก็ได้ เพื่อนำมาประมวลผล และส่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับ ผู้ใช้งาน หรือส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ใดๆ ก็ตาม แน่นอนว่า Big Data Analytics และ Cloud ก็เป็นอีกเทคโนโลยีที่เข้ามามี บทบาทในส่วนนี้เป็นอย่างมาก

2.3.2.4 ระบบบริหารจัดการ สำหรับการเพิ่มอุปกรณ์ Sensor และระบบประมวลผลเข้ามาภายในระบบ Internet of Things และการติดตามการทำงาน การดูแลรักษา และการกำหนดค่าต่างๆ ของทุกๆ ส่วน ซึ่งบางครั้งระบบบริหาร จัดการนี้ก็จะถูกรวมอยู่เข้ากับระบบประมวลผลเลยก็ได้ เช่นกัน

2.3.2.5 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็น Sensor แต่ทำการรับคำสั่งจากระบบประมวลผล เป็นต้น

2.3.3 การประยุกต์ใช้ Internet of Things

2.3.3.1 Wearables คือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถติดตั้งใช้งานบนส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อความสะดวกในการใช้งานเพราะสามารถนำติดตัวไปได้ทุกที่ Wearable Computer สามารถทำงานได้ทั้งในแบบ Stand alone หรือทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่นอย่าง Smartphone ผ่านทางแอพพลิเคชั่น อาทิ เซ็นเซอร์วัดระยะทางของการวิ่ง วัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดอุณหภูมิรอบๆ การบอกพิกัดตำแหน่งบนโลก อุปกรณ์ที่วัดการตรวจจับพฤติกรรมของผู้สวมใส่แล้วแปลงค่าออกมา เช่น พฤติกรรมการนอนหลับ พฤติกรรมการออกกำลังกาย รวมถึงการเก็บข้อมูลของผู้ใช้ เพื่อแปลงผลไปใช้ในการทำข้อมูลสถิติ และการเข้าใจใน พฤติกรรมด้านต่างๆ เป็นต้น ส่วนการทำงานเพื่อใช้ในการควบคุมและทำงานร่วมกับอุปกรณ์อย่าง Smartphone เช่น การสั่งให้เล่นเพลงจาก Smartphone การแสดงสถานะของการโทรเข้าโทรออก การแจ้งเตือนเมื่อมีข้อความ อีเมล์ Facebook Twitter เข้า
มา

2.3.3.2 Smart city หรือเมืองอัจฉริยะ หมายถึง เมืองที่มีการนำเทคโนโลยีมาปรับใช้เพื่อทำให้ คุณภาพชีวิตของพลเมืองนั้นดีขึ้น ส่งผลให้การใช้ชีวิตนั้นสะดวกสบายพลเมืองสามารถเข้าถึงการบริการของ เมืองนั้นได้อย่างรวดเร็ว รวมไปถึงระบบรักษาความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน เช่น การจัดการพลังงานไฟฟ้า ระบบจัดการน้ำ จัดการขยะ ระบบตรวจจับและเฝ้าระวังความปลอดภัยจาก สิ่งแวดล้อมในสังคม เป็นต้น

2.3.3.3 Smart home หรือบ้านอัจฉริยะ เป็นการรวมโครงข่ายการสื่อสาร (Communication Network) ของที่อยู่อาศัยรวมเข้าด้วยกันเพื่อเชื่อมต่อเครื่องใช้ไฟฟ้า การบริการการตรวจตราดูแล รวมทั้งสามารถเข้าถึงการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้ซึ่งการควบคุมอาจควบคุมได้ทั้งจากภายในที่บ้านเองหรือควบคุม จากภายนอกก็ได้ โครงสร้างของ Smart home จะต้องประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนแรกต้องมี อุปกรณ์ Smart Device ใช้สำหรับเชื่อมโยงเข้ากับส่วนที่สอง คือ เครือข่าย (Smart home network) และ ส่วนที่สาม คือ ส่วนควบคุมหลักที่เปรียบเสมือนสมองของบ้าน ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมให้บ้านทำงาน ตามแบบที่เราต้องการได้ เรียกว่า Intelligent control system เมื่อบ้านดังกล่าวมีองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วนแล้วจึงจะถือได้ว่าเป็น Smart home

งานวิจัยของ Smart home ในปัจจุบันจะเป็นการวิจัยเพื่อตอบโจทย์ความต้องการของผู้อยู่อาศัย ภายในบ้าน สามารถแบ่งกลุ่มงานวิจัยออกได้เป็น 4 กลุ่ม ตามความต้องการคือ 1. เพื่อความสะดวกสบาย เช่น ประตูอัตโนมัติรีโมทอัจฉริยะ 2. เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เป็น

งานวิจัยในการเพิ่มความสามารถให้กับกล้องวงจรปิด นอกเหนือจากการบันทึกภาพเพียงอย่างเดียว เช่น เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว และระบบการแจ้งเตือน 3. เพื่อประหยัดพลังงาน เช่น การเปิดปิดไฟอัตโนมัติตามแสงอาทิตย์ หรือปิดไฟอัตโนมัติเมื่อไม่มีคนอยู่ รวมไปถึงการบริหารจัดการพลังงานในกรณีที่ติดตั้งแผงวงจรโซลาร์เซลล์ 4. เพื่อดูแลสุขภาพของผู้อาศัยภายในบ้าน เช่น จะติดตั้งเซนเซอร์ตรวจคลื่นหัวใจ ตรวจจับไฟไหม้ โดยส่งสัญญาณ เมื่อเวลาเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ

2.3.3.4 Industrial internet เป็น IoT สำหรับภาคอุตสาหกรรมและโรงงานการผลิต ขณะที่บริษัท ทางด้านวิจัยทางการตลาด เช่น Gartner หรือบริษัททางด้านเครือข่ายเช่น Cisco ได้มองว่า Industrial internet นี้เป็นสิ่งที่สามารถสร้างโอกาสและความเป็นไปได้มากที่สุดแล้ว แต่อย่างไรก็ตาม Industrial internet ก็ไม่ใช่ สินค้าสำหรับผู้บริโภคทั่วไป อย่างเช่น Smart home หรือ Wearable ที่คนส่วนใหญ่ให้ความสนใจมากกว่า

2.3.3.5 Smart grid หรือโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารมาบริหารจัดการควบคุมการผลิต ส่ง และจ่ายพลังงานไฟฟ้า สามารถรองรับการเชื่อมต่อระบบ ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกที่สะอาด (Distributed Energy Resource : DER) และระบบบริหารการใช้ สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งให้บริการกับผู้เชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านมิเตอร์อัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคงปลอดภัยเชื่อถือได้พร้อมทั้งคุณภาพของไฟฟ้าได้มาตรฐานสากล Smart grid เกิดจากการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ระบบสารสนเทศ และระบบสื่อสารเข้าไว้ด้วยกันเป็น โครงข่าย ซึ่งโครงข่ายดังกล่าวจะสนับสนุนการทำงานซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ 1. อิเล็กทรอนิกส์และระบบฝังตัว (Electronics and Embedded Systems) 2. ระบบควบคุมอัตโนมัติ (SystemControl and Automation) 3. สารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication)

2.3.3.6 Connected car เป็นรถยนต์อัจฉริยะที่มีการติดตั้งระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย ซึ่งการติดตั้งระบบเครือข่ายดังกล่าวจะช่วยให้รถยนต์สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต และแบ่งปันอินเทอร์เน็ต ให้กับอุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ภายในและภายนอกนอกรถยนต์ได้เทคโนโลยี Connected car เป็นการพัฒนาต่อยอดจากแนวคิดของรถยนต์อัจฉริยะซึ่งมีการติดตั้งเทคโนโลยีพิเศษอันเป็นประโยชน์ต่อผู้ขับรถ ทั้งในด้านความปลอดภัยและความสะดวกสบาย โดยมีการเพิ่มเติมในเรื่องของการเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต ส่งผลให้รถยนต์ สามารถติดต่อสื่อสารกับสิ่งอื่นๆ ได้เองอัตโนมัติ

2.3.3.7 Connected health เป็นแนวคิดการสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงชุมชนเข้ากับระบบสุขภาพแบบครบวงจร โดยเชื่อมโยงบริการทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับการบริการสุขภาพตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงผู้รับบริการ ปลายทางเข้าไว้ด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นสถานพยาบาลทั้งในเมืองและในพื้นที่ห่างไกล ผู้ป่วย แพทย์ ร้านขายยา สถาบันวิจัย หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้อง บริษัทประกัน ไปจนถึงลูกจ้าง พนักงาน และบ้านเรือน ระบบ Connected health นี้จะช่วยให้โรงพยาบาลขยายขอบเขต

การประสานความร่วมมือกันได้อย่าง ครอบคลุม ทำให้ลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน ช่วยพัฒนาการให้บริการควบคู่ไปกับการควบคุมค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังช่วยเชื่อมโยงบุคลากรทางการแพทย์ถึงกันและเชื่อมโยงแพทย์เข้ากับข้อมูลสำคัญต่างๆ ช่วยให้ แพทย์สามารถหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดและให้คำแนะนำผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะเดียวกันก็ช่วยให้ผู้ป่วยมี บทบาทในการตัดสินใจเกี่ยวกับการรักษาพยาบาลหรือดูแลสุขภาพตัวเองมากขึ้น แนวคิดของระบบ Connected health, Digital health หรือ Smart medical ยังไม่ได้เป็นที่ แพร่หลายมากนักซึ่งทางผู้พัฒนาก็ได้ปล่อยตัวระบบและอุปกรณ์มาให้ใช้งานบ้างแล้ว เช่น CellScope หรือ Swaive

2.3.3.8 Smart farming หรือฟาร์มอัจฉริยะ คือ การนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตรเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ให้กับเกษตรกร เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะนั้นตั้งอยู่บนแนวคิดของการทำสมัยใหม่ที่เรียกว่า เกษตรแม่นยำสูง เป็นกลยุทธ์ในการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยทำให้เกษตรกรสามารถปรับการใช้ทรัพยากรให้สอดคล้องกับสภาพของพื้นที่มากที่สุด รวมไปถึงเรื่องการดูแล อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแนวคิดนี้สามารถนำไปปรับใช้ได้ทั้งฟาร์มพืชและสัตว์ ฟาร์มอัจฉริยะนี้จะมีความแตกต่าง กับฟาร์มธรรมดาอยู่ตรงที่ การใช้ทรัพยากรนั้นทำได้อย่างแม่นยำ และตรงต่อความต้องการของพืชและสัตว์ ซึ่งช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรและได้ผลผลิตที่ออกมาตรงตามความต้องการของผู้ดูแลมากที่สุด

2.3.3.9 Smart retail เป็นการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาช่วยเพิ่มโอกาสในการดำเนินธุรกิจห้างร้านได้ เป็นอย่างดีด้วยการเพิ่มประสบการณ์ที่ดีสำหรับลูกค้าในการซื้อสินค้า โดยส่งข้อมูลสินค้าไปยังอุปกรณ์ Smart Phone ของลูกค้าส่งผลให้ธุรกิจห้างร้านมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น แต่ในตอนนี้ระบบดังกล่าวยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น ใช้งานซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก เพราะยังมีการใช้งานกับสินค้าเฉพาะกลุ่ม จึงต้องดูกันต่อไปว่าในอนาคต จะมีแนวโน้มพัฒนาไปในทิศทางใด

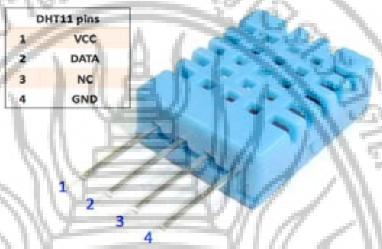
2.3.3.10 Smart Supply Chain หรือการจัดการห่วงโซ่อุปทาน หมายถึง การจัดการในส่วนของกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างผู้ผลิตกับผู้ขายวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตอันนำไปสู่ การเพิ่มผลกำไรของกิจการได้ในที่สุด โดยกระบวนการจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการจัดซื้อ (Procurement) การผลิต (Manufacturing) การจัดเก็บ (Storage) เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) การจัดจำหน่าย (Distribution) ตลอดจนการขนส่ง (Transportation) ซึ่งมีผลสำคัญต่อการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า นอกจากนี้ Smart Supply Chain ไม่ได้ครอบคลุมเฉพาะหน่วยงานต่างๆ ภายในองค์กรเท่านั้น แต่ที่สำคัญจะสร้างความสัมพันธ์เชื่อมต่อกับองค์กรอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ผู้จัดหาวัตถุดิบ/สินค้า (Suppliers) บริษัทผู้ผลิต (Manufactures) บริษัทผู้จำหน่าย (Distribution) รวมถึงลูกค้าของบริษัท จึงเป็นการเชื่อมโยงกระบวนการดำเนินธุรกิจทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องด้วยกันเป็นห่วงโซ่หรือเครือข่ายให้เกิด การประสานงานกันอย่างต่อเนื่อง

ซึ่งในกระบวนการต่างๆ นั้นจะมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเหลือ ทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น (Bangkokgis, 2008)

2.4 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อม

2.4.1 เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น

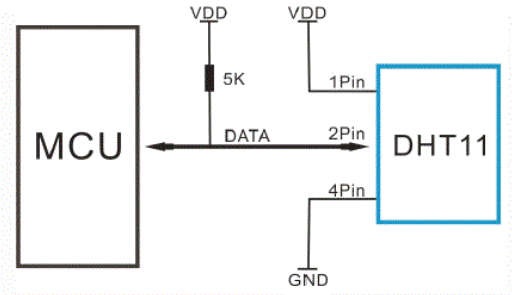
เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DTH11 (Humitdity and Temperature Sensor) และ การใช้งาน



ภาพที่ 2.1 DHT11 (Humitdity and Temperature Sensor)
ที่มา : Arduino engineer, 2559 : ออนไลน์

รายละเอียดของ DHT11 ย่านวัดความชื้น 20-90% RH โดยมีค่าความแม่นยำ +- 5% RH ความละเอียดในการวัด 1 % แสดงผลแบบ 8 บิต ย่านวัดอุณหภูมิ 0 -50 องศาเซลเซียส โดยมีค่าความแม่นยำ +- 2 องศาเซลเซียส ความละเอียดในการวัด 1องศาเซลเซียส แสดงผลแบบ 8 บิตมิ PIN 4 ขารายละเอียดดังรูปด้านบน กินกระแส 0.5 - 2.5 mA (ขณะทำการวัดค่า) ที่ระดับแรงดัน 3 - 5.5 VDC อ่านค่าสัญญาณ (Sample Rate) ทุก 1 วินาที Sensor วัด อุณหภูมิ กับ ความชื้นในSeries นี้มีออกมาหลายรุ่น เช่น DHT11 DHT 22 DHT21 บางครั้งมีแต่ตัว sensor บางครั้งมีแต่module ความแตกต่างก็คือความแม่นยำในการวัดค่าของ sensor

วิธีการต่อใช้งาน



ภาพที่ 2.2 วิธีการต่อใช้งาน
ที่มา : Arduino engineer, 2559 : ออนไลน์

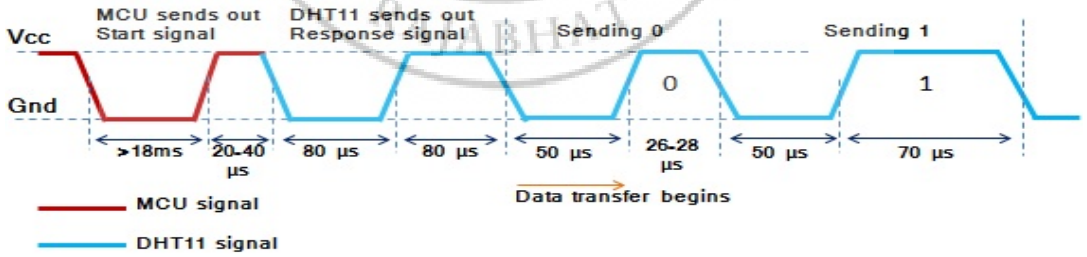
การต่อวัดแบบปกติ คือ ระยะห่างระหว่าง Sensor กับตัว Arduino ห่างกันไม่เกิน 20 เมตร จะต้องใช้ Pull up resistor ขนาด 5kohm (ว่าง่ายๆ คือต่อ R 5k ไว้กับแหล่งจ่ายแรงดันและต่อเข้าไปที่ขา DATA ด้วย Pin 1 ต่อกับ VDD

Pin 2 ต่อเป็นขา DATA

Pin 3 ไม่ได้ใช้

Pin 4 ลงกราวด์

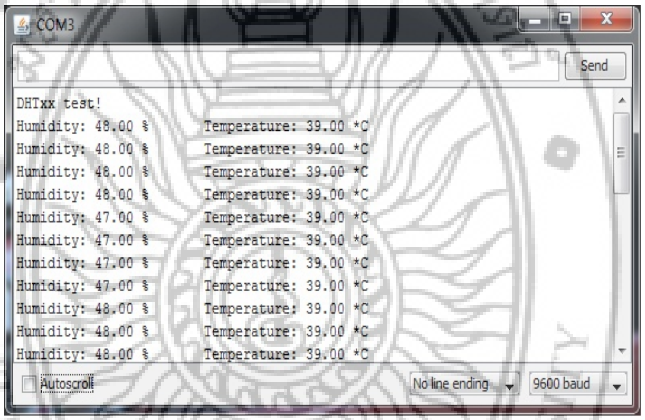
โดยใช้แหล่งจ่ายแรงดัน VDD ขนาด 3-5.5 VDCซึ่งข้อดีคือจะทำให้ DHT11 นี้สามารถใช้งานได้กับ Arduino หลายรุ่น ทั้งรุ่นที่มีแรงดัน 3.3 VDC อย่าง Arduino Due หรือรุ่น UNO และ Mega/Mega ADK วิธีการส่งข้อมูลของ DHT11 อุปกรณ์ตัวนี้ใช้การสื่อสารกับ MCU ด้วยวิธี Single-wire Two-way Serial interface หรือ การสื่อสารอนุกรมสองทางโดยใช้สายเส้นเดียวการใช้ pull up resistor นั้นหมายถึง ต้องการให้เวลาทำงานปกติในขณะที่ไม่มีอุปกรณ์ทีต่ออยู่กับสายสื่อสารของเรา ระดับแรงดันของสัญญาณในสาย Data คือแรงดันระดับ "สูง" และจะมีแรงดันในระดับต่ำเมื่อมีอุปกรณ์ดึงสัญญาณลงในระดับ "ต่ำ" ดังนั้นหากมี Scope วัดระดับสัญญาณได้เป็น "สูง" ตลอดเวลาก็หมายความว่าอุปกรณ์อาจจะผิดปกติ ในการสื่อสารโดยใช้สายเส้นเดียวนั้น จำเป็นต้องใช้โปรโตคอลที่เชื่อมต่อไว้ระหว่างตัว MCU และ อุปกรณ์ที่ต้องการสื่อสารด้วย (Slave) Master หรือ Arduino ของเราจะส่ง Start signal ที่เป็นแรงดันไฟฟ้าระดับต่ำอย่างน้อย 18 ไมโครวินาที ไปที่ Slave เพื่อให้ Slave รับรู้ว่าจะเริ่มสั่งงานแล้วรอไป 20-40 ไมโครวินาทีเพื่อรอ Slave ตอบกลับ เพื่อให้ Master รับรู้ว่า Slave พร้อมทำงาน Slave จะส่งแรงดันระดับต่ำกลับไป การส่งแรงดันจาก Slave กลับไปจะนาน 80 ไมโครวินาที จากนั้นจะรออีก 80 ไมโครวินาที ก่อนที่จะส่งข้อมูลบิตแรก ตรงนี้ข้อมูลยังไม่ถูกส่ง แต่พร้อมจะส่งแล้ว



ภาพที่ 2.3 การส่งข้อมูลแบบบิต

ที่มา : Arduino engineer, 2559 : ออนไลน์

จะส่งบิต "0" กับ บิต "1" ต้องทำอย่างไร สำหรับการส่งบิตเป็น "0" ตัว Slave จะดึงระดับแรงดันลงต่ำนาน 50ไมโครวินาที และปล่อยเป็นระดับ "สูง" นาน 26-28 ไมโครวินาที ดังรูปด้านด้านบน (ดูช่วง Sending 0) แต่ถ้าเป็นการส่งข้อมูลเป็น "1" ตัวส่งจะดึงสายสัญญาณลงระดับต่ำ 50 ไมโครวินาทีและปล่อยให้เป็นระดับสูงนาน 70ไมโครวินาที (ดูช่วง Sending 1) แต่ละบิต DH11 ส่งมาเป็นบิต "0" หรือ "1" มา และส่งมาจนครบข้อมูลหนึ่งชุด ในแต่ละชุดของข้อมูลที่ส่งมาจาก DH11 ตัวMCU รับข้อมูลแล้วจะต้องเอามาแปลงต่อว่าข้อมูลที่ส่งมามันแปลว่าอะไร แต่ละชุดข้อมูลจะยาว 40 บิต และใช้เวลาส่งประมาณ 40 มิลลิวินาที ใน 40 บิตที่ส่งมา ประกอบด้วย "8bit integral RH data + 8bit decimal RH data + 8bit integral T data + 8bit decimal T data + 8bit check sum"



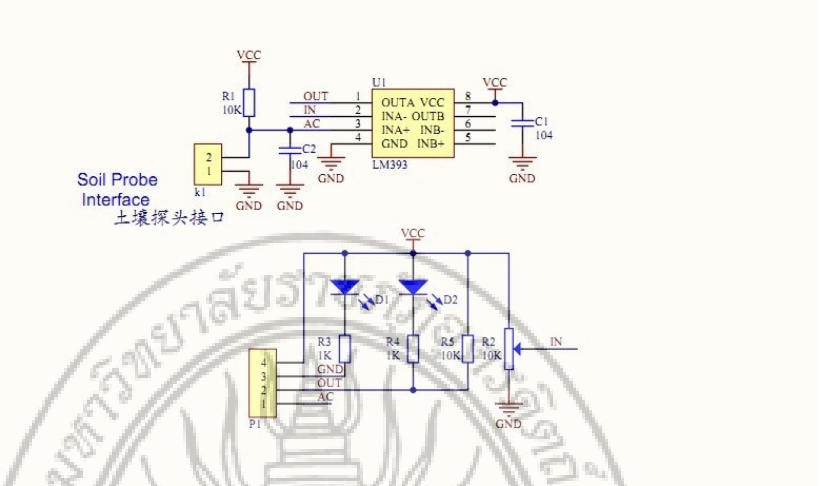
ภาพที่ 2.4 ค่าจะเซ็นเซอร์ DHT11
ที่มา : Arduino engineer, 2559 : ออนไลน์

2.4.2 เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน

เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ใช้วัดความชื้นในดิน หรือใช้เป็นเซ็นเซอร์น้ำ สามารถต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้อนาล็อกอินพุตอ่านค่าความชื้น หรือเลือกใช้สัญญาณดิจิตอลที่ส่งมาจากโมดูล สามารถปรับความไวได้ด้วยการปรับ Trimpot

การใช้งานจะต้องเสียบแผ่น PCB สำหรับวัดลงดิน เพื่อให้วงจรแบ่งแรงดันทำงานได้ครบวงจร จากนั้นจึงใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยใช้ไอซีออปแอมปเบอร์ LM393 เพื่อวัดแรงดันเปรียบเทียบกันระหว่างแรงดันดันที่วัดได้จากความชื้นในดิน กับแรงดันที่วัดได้จากวงจรแบ่งแรงดันปรับค่าโดยใช้ Trimpot หากแรงดันที่วัดได้จากความชื้นของดิน มีมากกว่า ก็จะทำให้วงจรปล่อยลอจิก 1 ไปที่ขา D0 แต่หากความชื้นในดินมีน้อย ลอจิก 0 จะถูกปล่อยไปที่ขา D0 ขา A0 เป็นขาที่

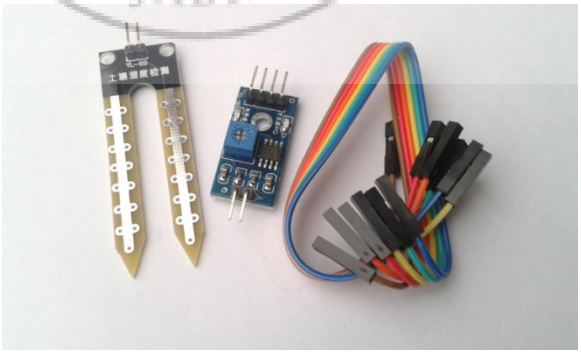
ต้อโดยตรงกับวงจรที่ใช้วงความชื้นในดิน ซึ่งให้ค่าแรงดันออกมาตั้งแต่ 0 - 5V (ในทางอุดมคติ) โดยหากความชื้นในดินมีมาก แรงดันที่ปล่อยออกไปก็จะน้อยตามไปด้วย ในลักษณะของการแปรผันกลับ



ภาพที่ 2.5 วงจรเซ็นเซอร์วัดความชื้น

ที่มา : Codemobiles Company Limited, 2559 : ออนไลน์

หากนำไปใช้งานด้านการวัดความชื้นแบบละเอียด แนะนำให้ใช้งานขา A0 ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อวัดค่าแรงดันที่ได้ ซึ่งจะได้ออกมาใช้เปรียบเทียบค่าความชื้นได้ หากมีความชื้นน้อย แรงดันจะใกล้ 5V มาก หากความชื้นมาก แรงดันก็จะลดต่ำลง หากต้องการนำไปใช้ในโปรเจ็คที่ไม่ต้องใช้วัดละเอียด เช่น โปรเจ็ครดน้ำต้นไม้ ใช้ควบคุมปั้มน้ำให้รดน้ำต้นไม้อัตโนมัติ สามารถนำขา D0 ต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์กำลังเพื่อสั่งให้ปั้มน้ำ หรือโซลินอยให้ทำงานเพื่อให้มีน้ำไหลมารดต้นไม้ได้เลย เมื่อความชื้นในดินมีมากพอ จะปล่อยลอจิก 0 แล้วทรานซิสเตอร์จะหยุดนำกระแส ทำให้ปั้มน้ำหยุดปล่อยน้ำ



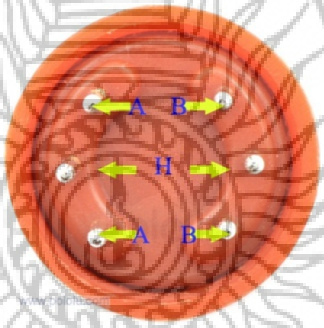
ภาพที่ 2.6 เซ็นเซอร์วัดความชื้น

ที่มา : Codemobiles Company Limited, 2559 : ออนไลน์

2.4.3 เซ็นเซอร์วัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2.4.3.1 GAS Sensor Getting Started

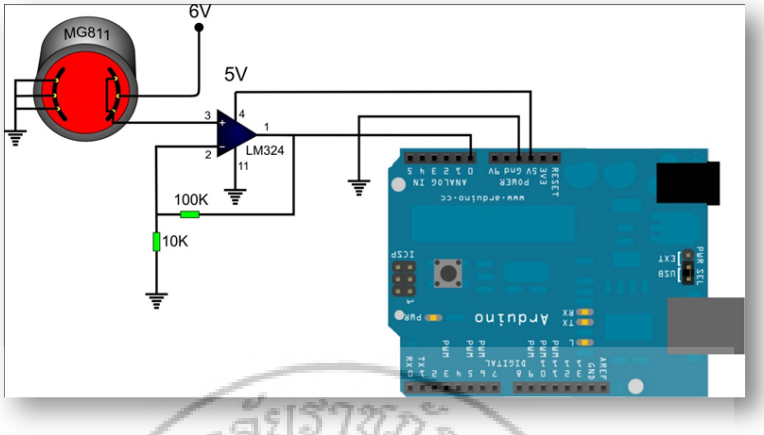
การใช้งาน Gas Sensor ซึ่งประกอบด้วย MG-811 Carbon Dioxide CO2 Sensor , MQ-2 Flammable Gas &Smoke Sensor , MQ-6 LPG Sensor , MQ-7 Cabon monoxide Sensor , MQ-135 Air Quality Sensor ซึ่งเป็น GAS Sensor ที่ ThaiEasyElec จำหน่ายและหลายท่านสับสนกับการต่อใช้งานอย่างมากเข้าใจเรื่อง PIN ใช้งานกันก่อนผู้ใช้งานหลายท่านมักสับสนว่าการต่อขา GAS Sensor เพื่อใช้งาน ต้องต่ออย่างไร เพราะ Datasheet จาก Hanwei ยังไม่ค่อยละเอียด ขอให้ผู้ใช้ดูตามภาพด้านล่าง 3 ภาพ , ขา H จะอยู่ตรงกลางของทั้ง 2 ผั่ง , ขา A กับ ขา B จะมองว่ามันอยู่ฝั่งไหนก็ได้ ขอให้ดูภาพ 3 ภาพด้านล่าง เพื่อความเข้าใจ



ภาพที่ 2.7 GAS Sensor Getting Started
ที่มา : บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด, 2558 : ออนไลน์

2.4.3.2 MG-811 - Carbon Dioxide CO_2 Sensor

MG-811 เป็น Sensor ตัวจับปริมาณก๊าซ CO_2 ที่อยู่ในอากาศ ซึ่งจะให้ Output ออกมาเป็น แรงดันไฟฟ้า (EMF) โดยค่าแรงดัน EMF จะมีค่าแปรผกผันกับปริมาณ CO_2 ที่ทำปฏิกิริยากับ Sensor ค่าแรงดัน EMF ที่วัดได้จากการทดลอง (ทดลองโดย ThaiEasyElec) จะมีแรงดันอยู่ในช่วง mV และค่าน้อยที่สุดที่เราสามารถทำการทดลองได้อยู่ในหลัก สิบ มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นแรงดันนี้มีค่าน้อยเกินไปที่จะนำเข้าไปประมวลผลกับ MCU ที่มี ADC 10 Bit ซึ่งมีความละเอียดเพียง 4.8 mV ที่แรงดันอ้างอิง 5V จึงต้องขยายแรงดันขึ้นมาเพื่อให้ MCU สามารถวัดค่าได้ เนื่องจากไม่สามารถทราบค่าที่แน่นอนของค่า Maximum ของตัว Sensor ได้จึงขอประมาณค่า Maximum Output อยู่ที่ประมาณ 300 mV และใช้วงจร none inverting amp ขยายสัญญาณ Output ด้วยอัตราขยาย 11 เท่า เพราะฉะนั้นที่ Output 300mV จะได้แรงดันที่ผ่านการขยายที่ ประมาณ 3.3V



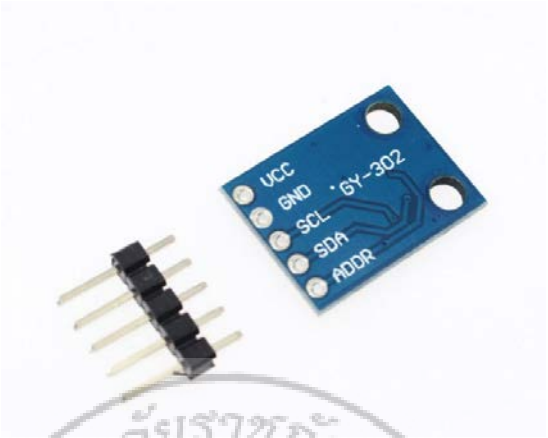
ภาพที่ 2.8 การต่อใช้งานGAS Sensor Getting Started

ที่มา : บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด, 2558 : ออนไลน์

2.4.4 เซ็นเซอร์แสง BH1750 Light Sensor

รายละเอียดเชิงเทคนิคของไอซี BH1750

- เชื่อมต่อแบบ I2C (มีขา SCL และ SDA)
- ใช้งานและเชื่อมต่อแบบ I2C slave device
- ความเร็วสำหรับบัส I2C ได้ถึง 400kHz
- มีขา ADDR สำหรับต่อกับ LOW หรือ HIGH เพื่อใช้กำหนดเลขที่อยู่ของ I2C Slave (สามารถกำหนดเลขที่อยู่ได้สองค่า)
- แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 2.4V - 3.6V
- ความละเอียด: 16 บิต ได้ค่า 1-65536 หน่วยเป็น Lux (step: 0.5 Lux, 1 Lux, หรือ 4 Lux ขึ้นอยู่กับโหมดการวัดที่เลือก)
- ระยะเวลาในการวัดแต่ละครั้ง: ประมาณ 120 msec (สำหรับ 0.5 Lux หรือ 1 Lux), 16 msec (สำหรับ 4 Lux) ขึ้นอยู่กับโหมดการวัดที่เลือก



ภาพที่ 2.9 BH1750 Light Sensor
ที่มา : Mcunity, 2558 : ออนไลน์

2.4.5 อาดูโน่ AVR

ARDUINO คือ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปที่รวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็น มาในบอร์ดเดียว แถมยังเปิดเผยข้อมูลทุกๆอย่าง ทั้งลายวงจรและตัวอย่างโปรแกรม ทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่าย เพียงแค่เรามีบอร์ด Arduino กับคอมพิวเตอร์อีกซักเครื่อง ก็พร้อมใช้งานได้แล้ว โดยที่ไม่ต้องมาปวดหัวกับการทำวงจรที่ซับซ้อนหรือการติดตั้งโปรแกรมที่ยุ่งยาก โดยทาง ARDUINO เองและบริษัทที่เกี่ยวข้อง ได้ผลิตบอร์ดสำเร็จรูปออกมาหลายรุ่น หลายขนาด โดยแต่ละรุ่นก็มีข้อดีแตกต่างกันออกไป แต่รุ่นที่เราจะมาแนะนำกันในวันนี้ คือ ARDUINO NANO ซึ่งเป็นรุ่นที่มีขนาดเล็ก เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการเริ่มต้นเขียนโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อศึกษา หรือเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สร้างงานอดิเรกง่ายๆ

ARDUINO NANO มีขนาดเพียง 1.8 x 4.8 เซนติเมตร หรือมีขนาดประมาณนิ้วหัวแม่มือของเรา ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กมาก เมื่อเทียบกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น บนบอร์ด ARDUINO NANO นั้นมีวงจรสำหรับปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับตัวมันเองอยู่แล้ว เพียงแค่เราเสียบสาย USB เข้ากับ ARDUINO NANO และต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ บอร์ดก็พร้อมใช้งานได้ทันที

ภาพที่ 2.10 บอร์ดควบคุม
ที่มา : Robotinc Asia, 2557 : ออนไลน์

เมื่อเสียบสาย USB บอร์ดของเราก็พร้อมสำหรับการเขียนโปรแกรม โดยอาศัยไฟเลี้ยงที่มาจากสาย USBนั่นเอง ตอนนี้ ARDUINO NANO ของเรายังไม่ทำงานอะไรเลย เพราะเรายังไม่ได้เขียนโปรแกรมสั่งงานมันลงไปครับ ตอนต่อไปจะเป็นการติดติดตั้งโปรแกรมสำหรับพัฒนา และการเขียนโปรแกรมให้กับ ARDUINO NANO
บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และการใช้งาน Software Arduino

ภาพที่ 2.11 บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3
ที่มา : Engineer007, 2557 : ออนไลน์

2.4.6 โมดูล WiFi

ESP8266 คือโมดูล WiFi จากจีน ที่มีความพิเศษตรงที่ตัวมันสามารถโปรแกรมลงไปได้ ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลย และมีพื้นที่โปรแกรมที่มากถึง 4MB ทำให้มีพื้นที่เหลือมากในการเขียนโปรแกรมลงไป

ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บ

โปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมมากกว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่น ๆ

ขาของโมดูล ESP8266 แบ่งได้ดังนี้

- VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไปเข้าเพื่อให้โมดูลทำงานได้ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานได้คือ 3.3 - 3.6VGND

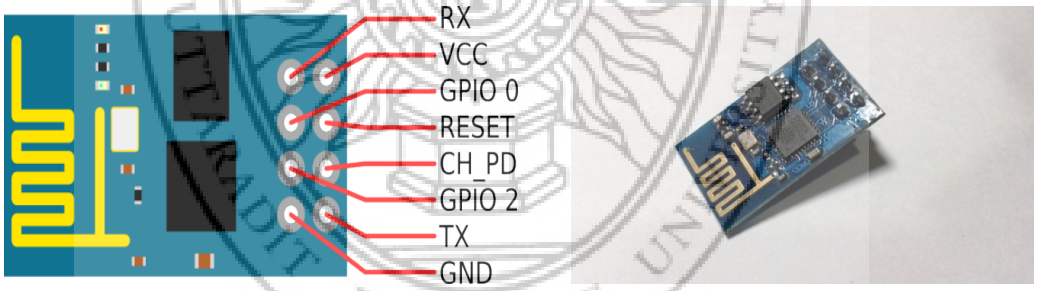
- Reset และ CH_PD (หรือ EN) เป็นขาที่ต้องต่อเข้าไฟ + เพื่อให้โมดูลสามารถทำงานได้ ทั้ง 2 ขานี้สามารถนำมาใช้รีเซ็ตโมดูลได้เหมือนกัน แตกต่างตรงที่ขา Reset สามารถลอยไว้ได้ แต่ขา CH_PD (หรือ EN) จำเป็นต้องต่อเข้าไป + เท่านั้น เมื่อขานี้ไม่ต่อเข้าไฟ + โมดูลจะไม่ทำงานทันที

- GPIO เป็นขาดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต ทำงานที่แรงดัน 3.3V

- GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เท่านั้น เพื่อให้โมดูลทำงานได้

- GPIO0 เป็นขาทำหรับการเลือกโหมดทำงาน หากนำขานี้ลง GND จะเข้าโหมดโปรแกรม หากลอยไว้ หรือนำเข้าไฟ + จะเข้าโหมดการทำงานปกติ

- ADC เป็นขาอนาล็อกอินพุต รับแรงดันได้สูงสุดที่ 1V ขนาด 10 บิต การนำไปใช้งานกับแรงดันที่สูงกว่าต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันเข้าช่วย



ภาพที่ 2.12 ESP8266

ที่มา : IOXhop, 2558 : ออนไลน์

2.4.7 SD Card

SD Card (Secure Digital Card) มีหลากหลายขนาดและรูปร่าง ทั้ง MicroSD และ MiniSD คืออุปกรณ์ในการจัดเก็บข้อมูล แบบ Nand Flash Memory ที่มีการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายอย่าง เช่น กล้องดิจิตอล โทรศัพท์มือถือ หรือแม้กระทั่งแท็บเล็ต สาเหตุสำคัญที่ทำให้มันเป็นที่นิยม คือ ราคาที่ค่อนข้างถูก เมื่อเทียบกับหน่วยความจำอื่นๆ ผู้ผลิตสมาร์ทโฟน

จึงเลือกใช้ MicroSD Card เป็นส่วนใหญ่ และปัจจุบันมีการพัฒนา MicroSD ให้ดีมากขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของความเร็วในการบันทึก ซึ่งมีการแบ่งออกเป็น Class ต่างๆ ดังต่อไปนี้

Class ของ MicroSD Card คืออะไร สัมพันธ์กับความเร็วในการบันทึกข้อมูลอย่างไร

Class 2 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 2 MB / วินาที

Class 4 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 4 MB / วินาที

Class 6 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 6 MB / วินาที

Class 10 โอนถ่ายข้อมูลขั้นต่ำได้ที่ความเร็ว 10 MB / วินาที

ปัจจุบัน SD Card ขนาดต่างๆ รวมทั้ง microSD Card ส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยความจำแบบ MLC (Multi-level Cell) ซึ่งจะสามารถเขียนข้อมูลลงได้เพียง 5,000 – 10,000 ครั้งเท่านั้นหลังจากนั้นจะไม่สามารถเขียนข้อมูลลงในนั้นได้ นั้นหมายความว่า จะไม่สามารถเซฟอะไรได้เลย รูปตัวอย่างการอ่านข้อมูลบน microSD Card (U คืออะไร) เลข10 ที่อยู่ในตัว C นั่นคือ Class10 ก็จะมีการถ่ายข้อมูลขั้นต่ำที่ 10 MB/s ส่วนเลข 1 ที่อยู่ในตัว U คือ Class UHS-1 (ย่อมาจาก Ultra-High Speed Bus 1 ทำให้ความเร็วของอัตราการถ่ายโอนข้อมูลสูงสุดที่ระดับ 104MB/วินาที และ 300MB/วินาที)

การต่อใช้งาน SD Card Module เพื่อทำเป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูล (log file)

ภาพที่ 2.13 โมดูลSD Card
ที่มา : Arduino Engineer, 2558, ออนไลน์.

SD Card เป็นอุปกรณ์ที่สื่อสารโดยใช้ Serial Peripheral Protocol (SPI) โดยทั่วไป การสื่อสารแบบ SPI นั้นสามารถใช้สื่อสารระหว่างบอร์ดไมโคคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆได้พร้อมกันหลาย ๆชิ้น เช่น ติดต่อ ADC, SD Card Module, Sensors ต่างๆได้ แต่ในตัวอย่างที่จะเขียนด้านล่างนี้จะใช้ติดต่อระหว่าง Board Arduino กับ SD Card เท่านั้น ดังนั้น Board Arduino จึงทำหน้าที่เป็น Master และ SD Card Module จะเป็น Slave เพียงตัวเดียว และการจะต่อเข้ากับ Board ของ Arduino รุ่นต่างๆ จึงต่อใช้ Port สื่อสารดังต่อไปนี้

MISO (Master In Slave Out)

MOSI (Master Out Slave In)

SCK (Serial Clock)

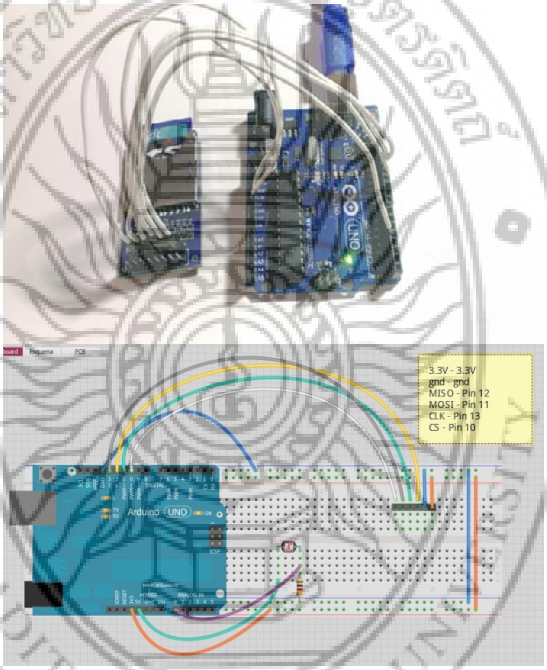
SS (Slave Select)

5 VDC

GND

3.3 V DC

ซึ่งบอร์ด Arduino ต่างๆ ก็จะมี Pin ดังกล่าวรอพร้อมอยู่แล้ว แต่จะมีตำแหน่งที่แตกต่างกันไป เวลาจะต่อใช้งานจึงต้องต่อให้ถูกต้องสำหรับ Arduino UNO R3 ก็ต่อตามนี้SPI: 4 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)



ภาพที่ 2.14 การต่อใช้งานโมดูล SD Card
ที่มา : Arduino Engineer, 2558, ออนไลน์.

สำหรับ Arduino MEGA และ MEGA ADK ต้องต่อตามนี้SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS) SD Card module ต้องมีไฟเลี้ยงทั้ง 5 และ 3.3 VDC เพราะ SD Card module ถูกออกแบบมาให้ใช้ได้กับบอร์ดหลายๆแบบบางบอร์ดใช้ไฟเลี้ยงกับสัญญาณต่างๆ 5 โวลต์ (เช่น UNO R3, Mega, Mega ADK) บางบอร์ดแค่ 3.3 โวลต์ (เช่น DUE หรือ Raspberry PI) การใช้งานแรงกันเกินกว่าพิกัดของบอร์ด อาจทำให้เกิดความเสียหายได้ แต่สำหรับผู้ใช้ UNO หรือ MEGA ก็ใช้ 5 โวลต์อย่างเดียวก็พอ 3.3 โวลต์ จะต่อหรือไม่ก็ไม่ต่างกันหลังจากต่อเรียบร้อยดังรูปด้านบน หรือจะใช้กับ Prototpy Shield ก็ได้ หลังจากนั้นทดสอบ Sketch ตัวอย่างที่ให้มาพร้อมกับ Arduino IDE เปิด

ใน Files => Examples => SD => Card Info สังเกตว่า Card Info Sketch จะเชื่อมต่อไปหาขนาดของ SD Card ที่ใช้พร้อมทั้งอ่านชื่อไฟล์ ที่มีในตัว SD cardการต่อกับ Board Arduino MEGA หรือMEGA ADK มีแตกต่างเล็กน้อย การต่อสายอาจจะมีการหลวมไม่แน่นได้ กดให้แน่น เพราะสัญญาณอาจไม่เชื่อมต่อกัน หลังจากต่อแล้วต่อแก้ไข Sketch ที่ให้มาในตัวอย่างเพื่อใช้งานกับ Arduino Mega หรือ Mega ADKอยู่ 2 จุด จุดแรก Const Int ChipSelect =53; // ต้องแก้เป็น pin 53 ตาม Diagram ของ Board จุดที่สอง PinMode (53, OUTPUT); // เช่นกันครับ แก้เป็น 53 บน Mega เท่านี้ก็สามารถ Run Sketch ได้ตามปกติ

2.4.8 Android

แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ในอดีตถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่นสมาร์ตโฟน และแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้แพร่ไปยังอุปกรณ์หลายชนิดเพราะเป็นมาตรฐานเปิด เช่น Nikon S800C กล้องดิจิตอลระบบแอนดรอยด์ หม้อหุงข้าว Panasonic ระบบแอนดรอยด์ และ Smart TV ระบบแอนดรอยด์ รวมถึงกล่องเสียบต่อ TV ทำให้สามารถใช้ระบบแอนดรอยด์ได้ด้วย Android Wear นาฬิกาข้อมือระบบแอนดรอด์ เป็นต้น ถูกคิดค้นและพัฒนาโดยบริษัท แอนดรอยด์ (Android, Inc.) ซึ่งต่อมา กูเกิล ได้ทำการซื้อต่อบริษัทในปี พ.ศ. 2548[3] แอนดรอยด์ถูกเปิดตัวเมื่อ ปี พ.ศ. 2550 พร้อมกับการก่อตั้งโอเพนแฮนด์เซตอัลไลแอนซ์ ซึ่งเป็นกลุ่มของบริษัทผลิตฮาร์ดแวร์, ซอฟต์แวร์ และการสื่อสารคมนาคม ที่ร่วมมือกันสร้างมาตรฐานเปิด สำหรับอุปกรณ์พกพา โดยสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เครื่องแรกของโลกคือ เอชทีซี ดรีม วางจำหน่ายเมื่อปี พ.ศ. 2551

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการโอเพนซอร์ซ และกูเกิลได้เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์อาปาเชซึ่งโอเพนซอร์ซจะอนุญาตให้ผู้ผลิตปรับแต่งและวางจำหน่ายได้ (ภายใต้เงื่อนไขที่กูเกิลกำหนด) รวมไปถึงนักพัฒนาและผู้ให้บริการเครือข่ายด้วย อีกทั้งแอนดรอยด์ยังเป็นระบบปฏิบัติการที่รวมนักพัฒนาที่เขียนโปรแกรมประยุกต์ มากมาย ภายใต้ภาษาจาวา ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 มีโปรแกรมมากกว่า 700,000 โปรแกรมสำหรับแอนดรอยด์ และยอดดาวน์โหลดจากกูเกิล เพลย์ มากถึง 2.5 หมื่นล้านครั้ง จากการสำรวจในช่วงเดือน เมษายน ถึง พฤษภาคม ในปี พ.ศ.2556 พบว่าแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่นักพัฒนาเลือกที่จะพัฒนาโปรแกรมมากที่สุด ถึง 71%

ปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นำหน้าซิมเบียน ในไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2553 และยังเป็นทางเลือกของผู้ผลิตที่จะใช้ซอฟต์แวร์ ที่มีราคาต่ำ, ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดี สำหรับอุปกรณ์ในสมัยใหม่ แม้ว่าแอนดรอยด์จะดูเหมือนได้รับการพัฒนาเพื่อใช้กับสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ต แต่มันยังสามารถใช้ได้กับโทรทัศน์, เครื่อง

เล่นวิดีโอเกม, กล้องดิจิทัล และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ แอนดรอยด์เป็นระบบเปิด ทำให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาคุณสมบัติใหม่ ๆ ได้ตลอดเวลา

ส่วนแบ่งทางการตลาดของสมาร์ตโฟนแอนดรอยด์ นำโดยซัมซุง มากถึง 64% ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 มีอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มากถึง 11,868 รุ่น จาก 8 เวอร์ชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ความสำเร็จของระบบปฏิบัติการทำให้เกิดคดีด้านการละเมิดสิทธิบัตรที่เรียกกันว่า "สงครามสมาร์ตโฟน" (smartphone wars) ระหว่างบริษัทผู้ผลิต ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 โปรแกรม 4.8 หมื่นล้านโปรแกรมได้รับการติดตั้งบนอุปกรณ์จากกูเกิล เพลย์ และในวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2556 มีอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 1 พันล้านเครื่อง ได้ถูกเปิดใช้งาน

2.4.9 Data base

Database (ฐานข้อมูล) เป็นกลุ่มของข้อมูล ที่มีการจัดการเพื่อทำให้ เข้าถึง จัดการและปรับปรุงได้ง่าย ประเภทของฐานข้อมูล ที่เด่นมาก คือ Relational Database ซึ่งฐานข้อมูลเก็บข้อมูลในแบบของตาราง ทำให้สามารถจัดการและเข้าถึงได้หลายวิธี Distributed Database เป็นฐานข้อมูลที่สามารถกระจายและ Replicate ระหว่างจุดต่าง ๆ บนเครือข่าย Object-Oriented Programming Database หมายถึงข้อมูลที่กำหนดในอ๊อบเจค Class และ Subclass

Database เป็นที่เก็บรวบของเรคคอร์ดข้อมูล หรือไฟล์ เช่น รายการการขาย รายการผลิตภัณฑ์ คลังสินค้า หรือรายละเอียดของลูกค้า โดยปกติผู้จัดการฐานข้อมูลให้ผู้ใช้ สามารถควบคุมการอ่าน เขียน เข้าถึง ระบุการ การสร้างรายงาน และวิเคราะห์การใช้ ฐานข้อมูล และผู้จัดการฐานข้อมูล มีบทบาทเด่นในระบบเมนเฟรม ระบบเวิร์กสเตชัน ระบบขนาดกลาง เช่น AS 400 และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ภาษา Structured Query Language เป็นภาษามาตรฐาน สำหรับการสร้างคิวรี่ ในปรับปรุงฐานข้อมูล เช่น IBM's DB2, Microsoft Access, Sybase และ Computer Associates

ฐานข้อมูลเป็นการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในระบบงานต่าง ๆ ร่วมกันได้ โดยที่จะไม่เกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูล และยังสามารถหลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลด้วย อีกทั้งข้อมูลในระบบก็จะถูกต้องเชื่อถือได้ และเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยจะมีการกำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูลขึ้น

นับ ได้ว่าปัจจุบันเป็นยุคของสารสนเทศ เป็นที่ยอมรับกันว่า สารสนเทศเป็นข้อมูลที่ผ่านการกลั่นกรองอย่างเหมาะสม สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นการนำมาใช้งานด้านธุรกิจ การบริหาร และกิจการอื่น ๆ องค์กรที่มีข้อมูลปริมาณมาก ๆ จะพบความยุ่งยากลำบากในการจัดเก็บข้อมูล ตลอดจนการนำข้อมูลที่ต้องการออกมาใช้ให้ทันต่อเหตุการณ์ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึง

ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บข้อมูล การประมวลผลข้อมูล ซึ่งทำให้ระบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นไปได้สะดวก ทั้งนี้โปรแกรมแต่ละโปรแกรมจะต้องสร้างวิธีควบคุมและจัดการกับข้อมูลขึ้นเอง ฐานข้อมูลจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะระบบงานต่าง ๆ ที่ใช้คอมพิวเตอร์ การออกแบบและพัฒนาระบบฐานข้อมูล จึงต้องคำนึงถึงการควบคุมและการจัดการความถูกต้องตลอดจนประสิทธิภาพในการ เรียกใช้ข้อมูลด้วย

ความสำคัญของการประมวลผลแบบระบบฐานข้อมูล จากการจัดเก็บข้อมูลรวมเป็นฐานข้อมูลจะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

2.4.9.1 สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ ซึ่งการเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันไว้หลาย ๆ ที่ ทำให้เกิดความซ้ำซ้อน (Redundancy) ดังนั้นการนำข้อมูลมารวมเก็บไว้ในฐานข้อมูล จะช่วยลดปัญหาการเกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ โดยระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) จะช่วยควบคุมความซ้ำซ้อนได้ เนื่องจากระบบจัดการฐานข้อมูลจะทราบได้ตลอดเวลาว่ามีข้อมูลซ้ำซ้อนกันอยู่ ที่ใดบ้าง

2.4.9.2 หลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลได้ หาก มีการเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันไว้หลาย ๆ ที่และมีการปรับปรุงข้อมูลเดียวกันนี้ แต่ปรับปรุงไม่ครบทุกที่ที่มีข้อมูลเก็บอยู่ก็จะทำให้เกิดปัญหาข้อมูลชนิด เดียวกัน อาจมีค่าไม่เหมือนกันในแต่ละที่ที่เก็บข้อมูลอยู่ จึงก่อให้เกิดความขัดแย้งของข้อมูลขึ้น (Inconsistency)

2.4.9.3 สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ ฐานข้อมูล จะเป็นการจัดเก็บข้อมูลรวมไว้ด้วยกัน ดังนั้นหากผู้ใช้ต้องการใช้ข้อมูลในฐานข้อมูลที่มาจากแฟ้มข้อมูลต่างๆ ก็จะทำได้โดยง่าย

2.4.9.4 สามารถรักษาความถูกต้องเชื่อถือได้ของข้อมูล บางครั้งพบว่าการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เช่น จากการที่ผู้ป้อนข้อมูลป้อนข้อมูลผิดพลาดคือป้อนจากตัวเลขหนึ่งไปเป็นอีกตัวเลขหนึ่ง โดยเฉพาะกรณีมีผู้ใช้หลายคนต้องใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลร่วมกัน หากผู้ใช้คนใดคนหนึ่งแก้ไขข้อมูลผิดพลาดก็ทำให้ผู้อื่นได้รับผลกระทบตามไป ด้วย ในระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) จะสามารถใส่กฎเกณฑ์เพื่อควบคุมความผิดพลาดที่เกดขึ้น

2.4.9.5 สามารถกำหนดความเป็นมาตรฐานเดียวกันของข้อมูลได้ การเก็บข้อมูลร่วมกันไว้ในฐานข้อมูลจะทำให้สามารถกำหนดมาตรฐานของข้อมูลได้รวมทั้งมาตรฐานต่างๆในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นไปในลักษณะเดียวกันได้ เช่นการกำหนดรูปแบบการเขียนวันที่ ในลักษณะ วัน/เดือน/ปี หรือ ปี/เดือน/วัน ทั้งนี้จะมีผู้ที่คอยบริหารฐานข้อมูลที่เราเรียกว่า ผู้บริหารฐานข้อมูล (Database Administrator : DBA) เป็นผู้กำหนดมาตรฐานต่างๆ

2.4.9.6 สามารถกำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูลได้ ระบบความ ปลอดภัยในที่นี้ เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ที่ไม่มีสิทธิมาใช้ หรือมาเห็นข้อมูลบางอย่างในระบบ ผู้บริหารฐานข้อมูลจะสามารถกำหนดระดับการเรียกใช้ข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนได้ ตามความเหมาะสม

2.4.9.7 เกิดความเป็นอิสระของข้อมูล ในระบบฐาน ข้อมูลจะมีตัวจัดการฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล โปรแกรมต่าง ๆ อาจไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างข้อมูลทุกครั้ง ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลบางครั้ง จึงอาจกระทำเฉพาะกับโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงเท่านั้น ส่วนโปรแกรมที่ไม่ได้เรียกใช้ข้อมูลดังกล่าว ก็จะเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลง

2.4.10 การเชื่อม Internet บนเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

3G Router เป็นเราเตอร์ประเภท All-in-One เราเตอร์ประเภทนี้จะรวมความสามารถของเราเตอร์ โมเด็ม และ wireless ไว้ด้วยกัน แต่สิ่งที่ทำให้ 3G Router แตกต่างจากเราเตอร์ทั่วไปคือแหล่งที่มาของสัญญาณ เราเตอร์แบบปกติจะมีช่องเสียบสายนำสัญญาณที่ส่งมาจากผู้ให้บริการ แต่3G Routerจะไม่มีช่องดังกล่าว แต่จะมีช่องเสียบซิมมาแทนซึ่งส่วนมากแล้ว 3G Router จะรองรับการใช้งานทุกย่านความถี่ที่มีให้บริการอยู่แล้ว ทำให้เรามั่นใจได้เลยว่า 3G Router สามารถรองรับการทำงานจากทุกค่ายมือถือได้อย่างแน่นอน นอกจากนั้น 3G Router ยังมี Port Lan มาให้ถึง 4 พอร์ต ด้วยกันเพื่อให้เราสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่รองรับการใช้งานได้อย่างสะดวกสบาย พร้อมกันนั้นยังมีเสาส่งสัญญาณ Wireless ในการส่งสัญญาณไวไฟให้กับอุปกรณ์ที่อยู่ในรัศมีได้อีกด้วย ไฟสถานะที่เพิ่มเข้ามาจากเราเตอร์ปกติจะเป็นไฟสถานะที่ระบุการเชื่อมต่อว่าตอนนี้เราใช้การเชื่อมต่อแบบ 3G หรือ 2G อยู่ ซึ่งจะมีไฟสถานะที่จะบอกถึงความแรงของสัญญาณที่ได้รับด้วยโดยแบ่งเป็นสามระดับคือ Low, Med, High

2.5 ระบบควบคม PID, Fuzzy

2.5.1 PID CONTROL

อุณหภูมิเป็นสิ่งที่ใกล้ตัวคนเรามาก เพียงแต่เราอาจไม่ได้รู้สึกถึงความสำคัญ อันเนื่องมาจากความคุ้นเคย ความต้องการให้อุณหภูมิคงที่ ทีค่าใดค่าหนึ่งนั้นเป็นความต้องการพื้นฐานมากในชีวิตประจำวัน ตัวอย่างที่ใกล้ตัวที่สุดคือ ร่างกายคนเรามีอุณหภูมิประมาณ 37 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิภายนอกร้อนเกินไป ร่างกายก็จะมีวิธีการควบคุม เช่นการขับเหงื่อเพื่อระบายความร้อน ส่งสัญญาณกระตุ้นให้เรากินน้ำเย็นๆเพิ่ม

ในทางวิศวกรรมแล้ว การควบคุมอุณหภูมิเป็นเรื่องสำคัญมาก ทั้งในอุตสาหกรรม ในกระบวนการการผลิตต่างๆ มากมายเช่น กระบวนการผลิตเหล็ก กระบวนการผลิตทางเคมี กระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิก กระบวนการผลิตปิโตรเคมีรวมทั้งในเครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่เราใช้ในชีวิตประจำวันเช่น เตาอบขนม ตู้นึ่งฆ่าเชื้อ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำน้ำอุ่น การควบคุมอุณหภูมิมีทั้งระบบทีต้องการอุณหภูมิสูง และต่ำ เช่นระบบปรับอากาศ แต่ในจะขอยกตัวอย่างแค่การควบคุมอุณหภูมิสูง

2.5.1.1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมอุณหภูมิ

ระบบควบคุมอุณหภูมิจะมีอุปกรณ์พื้นฐานที่สำคัญดังนี้

2.5.1.1.1 ตัวทำความร้อน เช่น Heaterไอน้ำ เตาเผาแก๊ส

2.5.1.1.2 ตัววัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) เช่นRTD, Thermo Couple

2.5.1.1.3 ตัวควบคุมสั่งการหรือตัดสินใจ (Controller) และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ประกอบกันเพื่อให้อุปกรณ์ทั้งสามข้างต้นทำงานร่วมกันได้

2.5.1.2 วิธีการการควบคุม

วิธีการควบคุมอุณหภูมินั้นจะยากหรือง่าย ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ความละเอียดแม่นยำที่ต้องการ สภาพแวดล้อมที่ใช้งานพลังงานที่ใช้ในการทำความร้อน (หรือความเย็น) วิธีการที่ใช้ในการควบคุมก็มีหลายวิธีตามความต้องการที่แตกต่างกันไป ที่ใช้กันทั่วไปจะใช้วิธีการควบคุมอุณหภูมิหลักๆ 3 วิธีคือ

2.5.1.2.1 การควบคุมอุณหภูมิอย่างง่าย โดยการปรับค่าพลังงานให้กับตัวทำความร้อน จนกระทั่งได้อุณหภูมิตามต้องการ เช่นเครื่องทำน้ำอุ่นรุ่นเก่าๆ ที่ผู้ใช้ปรับค่าอุณหภูมิโดยการหมุนปุ่มควบคุมจนกระทั่งได้อุณหภูมิของน้ำที่อุ่นสบาย ซึ่งปุ่มที่หมุนนั้นมักจะเป็นตัวต้านทานของวงจรควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวทำความร้อน การควบคุมแบบนี้มีชื่อเรียกตามหลักวิชาการว่า การควบคุมแบบวงเปิด (Open-Loop Control)จากชื่อที่เรียก จะหมายความว่าไม่มีการใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อนำค่ากลับมาตัดสินใจปรับค่าพลังงานให้กับตัวสร้างความร้อนตลอดเวลา หรือนั่นคือ ไม่มีการนำเอาค่าอุณหภูมิป้อนกลับมาใช้ในการควบคุม หรือวงปิด การควบคุมแบบนี้มีข้อดีคือ ไม่ซับซ้อน อุปกรณ์น้อย ทำง่าย ราคาถูกแต่มีข้อเสียคือ ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น ขณะที่ผู้ใช้เครื่องทำน้ำอุ่นปรับค่าอุณหภูมิจนได้น้ำอุ่นกำลังสบายแล้ว แต่มีการใช้น้ำเพิ่มขึ้นจากส่วนอื่นของบ้าน จะทำให้แรงดันน้ำลดลง น้ำไหลเข้าเครื่องทำน้ำอุ่นน้อยลง แต่พลังงานที่จ่ายให้กับตัวทำความร้อนเท่าเดิม น้ำก็จะร้อนขึ้น

2.5.1.2.2 การควบคุมแบบ เปิด/ปิด (On/Off Control) การควบคุมแบบนี้ตัวควบคุมจะต้องอ่านค่าอุณหภูมิจากเซนเซอร์ตลอดเวลา (หรือเป็นจังหวะๆ ด้วยการสุ่ม) แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการ ถ้าค่าอุณหภูมิที่อ่านได้น้อยกว่าค่าที่ต้องการ ก็ทำการเปิดหรือจ่ายพลังงานให้กับตัวทำความร้อน จนกระทั่งเมื่อค่าอุณหภูมิที่วัดได้เท่ากับ หรือมากกว่าค่าที่ต้องการ จึงทำการปิด หรือหยุดจ่ายพลังงานให้กับตัวทำความร้อน การควบคุมแบบนี้จะให้ผลที่ดีกว่าแบบวงเปิด เนื่องจากมีการวัดค่าอุณหภูมิมาเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปทำให้ค่าอุณหภูมิของกระบวนการเปลี่ยนไป ตัวควบคุมก็รับรู้และทำการเปิด/ปิดการจ่ายพลังงานให้กับตัวทำความร้อนอย่างเหมาะสมอยู่ตลอดเวลา การควบคุมแบบนี้จะไม่ซับซ้อน ทำได้ง่าย

ได้ผลดีพอควร(แต่ต้องมีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ) จึงสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในเครื่องมืออุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ การควบคุมอุณหภูมิของเตารีด เตาอบ หรือการควบคุมการระบายความร้อนของรถยนต์แต่อย่างไรก็ตาม ข้อด้อยของวิธีนี้คือ อุณหภูมิที่ได้จะมีการกระเพื่อมขึ้นลง รอบๆ ค่าที่ใช้งาน ซึ่งอาจจะไม่ดีพอสำหรับกระบวนการที่ต้องการความแม่นยำสูงๆ

2.5.1.2.3 การควบคุมแบบ ปัจจุบัน อดีต และอนาคต (PID Controller) จากข้อด้อยของตัวควบคุมแบบเปิด/ปิด ที่มีการกระเพื่อมของอุณหภูมินั้น เกิดจากการจ่ายพลังงานแค่สองระดับ ซึ่งไม่ละเอียด ดังนั้น ถ้าเราสารถควบคุมการจ่ายพลังงานให้กับตัวทำความร้อนได้หลายๆ ระดับ เมื่ออุณหภูมิที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการแล้ว เราอาจค่อยๆลดหรือหรี่การจ่ายพลังงานลง นั่นคือ ถ้าอุณหภูมิที่วัดได้ต่างกับอุณหภูมิที่ต้องการอยู่มาก เราจะจ่ายพลังงานให้ตัวทำความร้อนมาก และเมื่ออุณหภูมิที่วัดได้ต่างจากอุณหภูมิที่ต้องการน้อย เราจะจ่ายพลังงานให้กับตัวทำความร้อนน้อยๆ ด้วยกลไกนี้พลังงานที่จ่ายให้กับตัวทำความร้อนจะเป็นสัดส่วนโดยตรง (Proportion)กับความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่ต้องการกับอุณหภูมิที่วัดได้ขณะนั้นหรือเรียกอีกอย่างว่าความผิดพลาด ในเชิงวิชาการ เราเรียกตัวควบคุมแบบนี้ว่า Proportional Controller หรือตัวควบคุมแบบอัตราส่วน จะเห็นว่าตัวควบคุมจะต้องอ่านค่าอุณหภูมิแล้วนำมาหาค่าความแตกต่างในขณะนั้น แล้วจึงส่งค่าพลังงานไปยังตัวทำความร้อน ซึ่งการตัดสินใจของตัวควบคุม จะขึ้นกับข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ในเวลานั้น ผู้เขียนจึงขอเรียกว่าเป็นตัวควบคุมแบบปัจจุบัน ในทางปฏิบัติตัวควบคุมแบบนี้สามารถสร้างได้โดยการคำนวณค่าพลังงานที่จ่ายให้ตัวทำความร้อนจากสมการ

$$u = k_p e$$

โดย u เป็นพลังงานที่จะจ่ายให้ตัวทำความร้อน e เป็นความแตกต่างระหว่างค่าอุณหภูมิที่ต้องการกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้ขณะนั้น และ k_p เป็นค่าอัตราการขยาย ในทางปฏิบัติสมการข้างต้นสามารถสร้างได้ด้วยการคำนวณทางสัญญาณไฟฟ้าโดยตรงด้วยวงจรไฟฟ้า หรือใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

ในบางกระบวนการ ตัวควบคุมแบบอัตราส่วนอาจจะไม่สามารถทำให้อุณหภูมิในกระบวนการเท่ากับอุณหภูมิที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ อาจจะมีความผิดพลาดน้อยๆ เกิดขึ้น ซึ่งค่าพลังงานที่คำนวณได้จากตัวควบคุมแบบอัตราส่วนอาจจะไม่เพียงพอ และไม่สามารถใช้อัตราการขยายที่สูงมากเกินไปได้จากสามัญสำนึก เมื่อเราเห็นความแตกต่าง เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แสดงว่าพลังงานที่ป้อนให้ตัวทำความร้อนไม่เพียงพอ (หรือมากเกินไป ในกรณีที่อุณหภูมิที่วัดได้ขณะนั้นสูงกว่าค่าที่ต้องการ) จำต้องเพิ่ม (หรือลด) พลังงานที่จ่ายให้ตัวควบคุม แต่ปัญหาคือ เราจะเพิ่ม (หรือลด)พลังงานเท่าไหร่จากค่าปัจจุบัน ถึงจะเหมาะสม วิธีการหนึ่งที่ใช้ได้คือการนำค่าความผิดพลาดในอดีตมาคิดรวมกัน หรือบวกเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนกระทั่งได้พลังงานเพิ่มขึ้น จนได้อุณหภูมิเท่ากับที่ต้องการ นั่นคือ

ความผิดพลาดเป็นศูนย์กลไกดังกล่าวนี้สามารถทำได้โดยการบวกทบค่าความผิดพลาดตั้งแต่ในอดีตไปเรื่อยๆ ซึ่งในทางคณิตศาสตร์ก็คือ การอินติเกรทนั่นเอง ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$u_{i=k_i \int edt}$$

โดย u_i เป็นพลังงานที่สะสมขึ้นเรื่อยๆ k_i เป็นอัตราการขยายที่ปรับแต่งเพื่อว่าจะนำเอาผลของการอินติเกรทไปใช้มากน้อยแค่ไหน ในทางวิชาการจึงเรียกตัวควบคุมแบบนี้ว่า integral controller ตัวควบคุมแบบนี้ต้องใช้ข้อมูลในอดีตผู้เขียนจึงเรียกว่าเป็นตัวควบคุมแบบอดีตและจะใช้ร่วมกับตัวควบคุมแบบอัตราส่วน ทำให้ได้ตัวควบคุมที่เรียกว่า PI controller

ข้อสังเกต จะเห็นว่าตราบใดที่ค่าความผิดพลาดไม่เป็นศูนย์ผลจากการอินติเกรทก็จะไม่นิ่งจะเพิ่มขึ้น (หรือลดลงถ้าความผิดพลาดเป็นลบ) ไปเรื่อยๆ ซึ่งค่าที่ได้นี้เมื่อส่งไปยังตัวทำความร้อนแล้วจะต้องทำให้ค่าอุณหภูมิของกระบวนการมีทิศทางที่เข้าใกล้อุณหภูมิที่ต้องการ เพื่อที่จะได้ความผิดพลาดลู่ลงสู่ศูนย์ตัวควบคุมที่มีผลของการรวมเอาค่าความผิดพลาดในอดีตนี้มีข้อเสียคือระบบจะช้าการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด จะไม่ค่อยดีนักเปรียบเสมือนการตัดสินใจของเราที่มัวแต่คำนึงถึงผลในอดีตมากเกินไป แต่ในระยะยาวจะให้ผลที่ดีหรือไม่มีความผิดพลาดที่สภาวะคงตัว

จากกลไกการควบคุมทั้งสองข้างต้น ถึงแม้จะทำให้ผลการควบคุมอุณหภูมิในระยะยาว แต่ในช่วงเริ่มต้นของการทำงาน หรือการตอบสนองในช่วงแรกๆ มักจะไม่ดีนัก เช่น อาจจะช้า หรือไม่ก็มีลักษณะการสั่น ซึ่งมักจะเกิดกับระบบที่มีความล่าช้าในการตอบสนอง หรือที่เรียกว่า lag นั่นคือตัวควบคุมตัดสินใจช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ในปัจจุบัน เช่น ในขณะเริ่มต้นเมื่ออุณหภูมิของกระบวนการต่ำกว่าค่าที่ต้องการมากๆ ตัวควบคุมจะจ่ายพลังงานให้ตัวทำความร้อนมาก แต่เนื่องจากระบบทำความร้อนมีความล่าช้ากว่าที่ความร้อนจะกระจาย ทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านจากเซนเซอร์ยังมีค่าต่ำอยู่ตัวควบคุมคิดว่ายังจ่ายพลังงานให้ตัวทำความร้อนไม่เพียงพอ จึงเพิ่มพลังงานเข้าไปอีก(ซึ่งอาจเกิดจากผลของกลไกการอินติเกรท) ซึ่งจะทำให้พลังงานที่จ่ายไปยังตัวทำความร้อนมากเกินไป พอเวลาผ่านไประยะหนึ่ง อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างสูง จนเกินค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจึงต้องหยุดจ่ายพลังงานความร้อนเพื่อให้อุณหภูมิลดลง ทำให้เกิดการสั่นหรือสวิง โดยตัวควบคุมไม่ฉลาดพอที่จะทำนายว่าเมื่อจ่ายพลังงานให้ตัวทำความร้อน ณ เวลานี้อีกระยะเวลาหนึ่งอุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่ม จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มพลังงานให้กับตัวทำความร้อนมากจนเกินไป

2.5.2 Fuzzy

Fuzzy เป็นทฤษฎีหนึ่งทางคณิตศาสตร์ คือ Fuzzy sets ซึ่งเป็นลักษณะของ ตัวเลขที่สามารถบ่งชี้ได้ถึงคุณภาพ (Quality) ไม่ใช่เพียงปริมาณ (Quanlity) เพียงอย่างเดียวเหมือนตัวเลขทั่วไปที่เป็น Crisp sets ลักษณะของ Fuzzy จะมีความใกล้เคียงภาษามนุษย์มากกว่าที่เป็นแค่ตัวเลข

ตายตัวค่าหนึ่ง เช่นหากเราจะสอนให้ใครคนหนึ่งขับรถให้จอดตรงไฟแดงพอดี เรามักบอกว่า “ ให้ค่อย ๆ เหยียบเบรค “ มากกว่า ที่จะบอกว่า “ให้เหยียบเบรคด้วยอัตราหน่วง –3m/s2 “

คำว่า Fuzzy แปลว่าคลุมเครือ,ไม่แน่ชัด คือเป็นคณิตศาสตร์ที่ไม่ได้ระบุเพียงแค่ใช่หรือไม่ใช่ แต่สามารถระบุ ความใกล้เคียงที่จะใช่หรือไม่ใช่ได้ นั่นคือช่วงตรงกลาง ระหว่างใช่ กับไม่ใช่ ซึ่งเป็นลักษณะของภาษามนุษย์ (Human Language) ที่มักใช้คำว่า ค่อย ๆ ,ค่อนข้าง, เล็กน้อย , เกือบเป็นต้น

PID เป็นวิธีการควบคุมระบบแบบหนึ่ง ประกอบด้วยการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ 3 ส่วน คือ Proportional, Integral และ Derivative control โดยทั้ง 3 ส่วนนี้จะทำหน้าที่หลักต่างกันเพื่อช่วยกันส่งเสริมและชดเชยการควบคุม ให้มีเสถียรภาพที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม PID control ก็อ้างอิงสมการทางคณิตศาสตร์ที่ตายตัวเพียงอย่างเดียว ทำให้ไม่มีความยืดหยุ่นพอที่จะควบคุม บางระบบที่มีความซับซ้อนหรือมีการกวนบ่อยๆ ได้ เช่น ระบบที่มีค่า Dead Time มากๆ ,เตาอบที่มีการเปิด-ปิด ประตูบ่อย เป็นต้น

Fuzzy control เอาชนะข้อด้อยของ PID ได้ และสามารถควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยกรณีต่าง ๆ ถูกกำหนดขึ้นเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบที่แตกต่างกันไป เหมือนกับการบันทึกประสบการณ์ที่เคยผ่านมาแล้ว Fuzzy control จะปรับแต่ง PID ทางอ้อม เพื่อให้สัญญาณควบคุม MV สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างยืดหยุ่น และรวดเร็วตามกระบวนการ (Process) ที่เปลี่ยนแปลงไป ด้วยวิธีนี้จะทำให้กระบวนการ เข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ หรือ set point ด้วยเวลาที่สั้นที่สุดและมี Overshoot ต่ำสุด (ค่าอุณหภูมิที่สูงเกินค่าที่ตั้งไว้ต่ำสุด) ภายใต้การรบกวนของ Disturbance จากภายนอก มีเสถียรภาพเหนือกว่าการควบคุม PID แบบดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัด PID เป็นข้อมูลทางดิจิตอล Digital information ต่างจาก Fuzzy ที่เป็นข้อมูลทางแอนาลอก Language information

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภวุฒิ ผากา และคณะ (2557) ศึกษาการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเห็ด โดยการพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ด โดยวิธีการควบคุมการจ่ายน้ำแบบอัตโนมัติซึ่งมีอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ด ที่ส่งสัญญาณทางไฟฟ้าเข้ามายังชุดควบคุมอุณหภูมิและความชื้นพร้อมด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นมาเปรียบเทียบกับค่าปรับตั้งไว้ เมื่อเกิดมีค่าทั้ง 2 ไม่ตรงตามค่าเป้าหมาย ระบบควบคุม จะ

ส่งสัญญาณไปยังระบบปั๊มน้ำให้ทำงานโดยการจ่ายน้ำผ่านท่อน้ำและหัวสปริงเกอร์ที่ได้ออกแบบ ให้มีการกระจายน้ำทั่วบริเวณโรงเพาะเห็ด ผลจากงานวิจัยดังกล่าว พบว่ากลุ่มอาชีพเพาะเห็ด บ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลห้างฉัตร จังหวัดลาปาง มีความพึงพอใจในปริมาณและคุณภาพของเห็ดอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.26 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับ 0.7 สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเห็ดเฉลี่ย 10.1 กิโลกรัม ต่อการเก็บผลผลิตเห็ด 1 ครั้ง ทางคณะผู้วิจัยได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบควบคุมดังกล่าวสู่ชุมชนโดยมีการจัดอบรมและให้ความรู้ความเข้าใจในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเพาะเห็ดและสร้างสัมพันธ์อันดีระหว่างกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดและคณะผู้วิจัย

ธำรงศีล พันธ์ทอน และปกรณ์ มีคุณ. (2557) ดำเนินการวิจัยเรื่องเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเห็ดระบบปิด (Temperature and Humidity Controller in the Close MushroomHouse) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกษตรกรไทยที่ประกอบอาชีพเพาะเห็ดสามารถเพิ่มผลผลิต ผลกำไรเพิ่มขึ้น และลดปัญหาในเรื่องของการดูแลลดน้ำเห็ด และศัตรูของเห็ดให้ลดน้อยลง โดยเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถาม มีการวัดความพึงพอใจ 7ระดับ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Arithmetic) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Variance and stand deviation) และร้อยละ (Percentage) ซึ่งทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจจากเกษตรกรและผลการวิเคราะห์สำรวจความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเห็ดระบบปิด พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเห็ดระบบปิดโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก(X= 5)เมื่อพิจารณาเป็นรายหัวข้อพบว่า มีความพึงพอใจในระดับดีในข้อที่ 2 (X= 4.4) จึงสรุปได้ว่าการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเห็ดระบบปิด ได้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ที่ผู้จัดทำโครงการได้คาดหวังเอาไว้ด้วยการประเมินของเกษตรกรจะได้คะแนนเฉลี่ยรวมทั้ง 7 หัวข้อที่ทำการประเมินคือ 4.4 พบว่าเกษตร มีความพึงพอใจในระดับดี

สุธากร แทบศรี (2555) การวิจัยระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ โรงเรือนเพาะเห็ดแบบปิด วัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบควบคุม ความชื้น ในโรงเรือนเพาะเห็ดแบบปิดด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ร่วมกับระบบฆ่าเชื้อโดยพลาสมา ระบบพลาสมาถูกสร้างจากระบบฟลายแบคคอนเวอร์ทเตอร์ ที่ระดับพิกัดความ 10-30 kHz ที่ระดับแรงดัน 1-10 kV โดยปริมาณโอโซนที่ออกจากระบบควบคุมอากาศในระดับ 100-150 mg/h ภายใต้ระดับการควบคุมที่อุณหภูมิ 25-45 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วของการระบายอากาศระหว่าง 5-10 เมตรต่อวินาที มีระดับการควบคุมความชื้นระหว่าง 40-80 เปอร์เซ็นต์ จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มระดับแรงดันและความถี่ของระบบกำเนิดพลาสมา ทำให้ระดับการออกดอกของเห็ดนั้นลดลง

ธีรยศ เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์ (2554) ศึกษาระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด การควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้ตัวเซนเซอร์ SHT15 ที่สามารถ

วัดได้ทั้งค่าอุณหภูมิ (-40 – 124 องศาเซลเซียส) และความชื้น (0 – 100%RH) โดยมีความแม่นยำ 0.5 องศาเซลเซียส และ +/- 2.0%RH ร่วมกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ในการควบคุมการอ่านค่า การบันทึกค่า การประมวลผล การแสดงผล และการควบคุมผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เพื่อให้สามารถคงค่าของอุณหภูมิ และความชื้นอยู่ในช่วงที่กำหนดได้โดยตัวผู้ใช้งาน ในการตั้งค่าต่าง ๆ สั่งการ รวมทั้งการแสดงผล ทำผ่านทางจอ LCD และปุ่มกด โดยมีเมนูสำหรับดำเนินการต่าง ๆ ถึง 9 เมนู ตัวโปรแกรมมีการออกแบบเพื่อป้องกันเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่นกรณีไฟดับ กรณีที่เซนเซอร์เสีย เป็นต้น การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นนี้ จะคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานที่หลากหลาย เช่น การเพาะเห็ด, การเลี้ยงไก่ในโรงเรือนแบบปิด, บ้านรังนกนางแอ่น, เครื่องรดน้ำอัตโนมัติ (ไม่รดเมื่อฝนตก), สถานีวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิความชื้น, เครื่องฟักไข่, โรงเกษตรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมทั้งอุณหภูมิ และความชื้น สามารถเป็นกล่องเอนกประสงค์เพื่อการใช้งานทางด้านการเกษตรอื่น ๆ ได้อีกหลากหลาย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things เป็นงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยเน้นกระบวนการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับเกษตรกรผู้ใช้เทคโนโลยี เป็นการยกระดับการพัฒนาเกษตรกรรม ตามแนวคิด Smart Farmer เป็นหลักการสำคัญในการดำเนินงาน

3.1 แผนการทดลอง

สำหรับการศึกษาทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things ผู้วิจัยได้วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) เพื่อทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อค่าผลการทดลอง คือ การควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟางแบบเดิมและการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดฟางแบบอัตโนมัติ

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญ คณาจารย์ เกษตรกรผู้ผลิตเห็ดฟางในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อเก็บข้อมูล ได้แก่ วิธีการลงภาคสนามเพื่อสังเกตการณ์ (Observation) วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group)

3.3.2 การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเพาะเห็ดฟางแบบเดิม

3.3.3 ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things

3.3.4 เครื่องมือสำหรับการประเมินและติดตามการดำเนินโครงการ ประกอบด้วย

3.3.4.1 แบบประเมินประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things

3.3.4.2 แบบประเมินความพึงพอใจในด้านการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things

3.3.4.3 แบบติดตามผลกระทบและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้ประโยชน์จากระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things

3.4 สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

3.4.1 สถานที่ใช้ในการทดลองระบบจำลอง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

3.4.2 สถานที่ใช้ในการทดลองระบบจริง

อริยาฟาร์มเห็ดฟาง 70/1 หมู่ที่ 4 ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ทีมผู้วิจัยใช้วิธีการดำเนินการเก็บข้อมูลโดยวิธีการลงภาคสนามเพื่อการสังเกตการณ์ (Observation) วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) ทั้งก่อนและหลังจากที่ได้มีการนำเทคโนโลยีระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ประโยชน์เพื่อให้ได้ซึ่งข้อมูลที่ทีมผู้วิจัยสามารถที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของรายละเอียดของข้อมูลในมิติต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการทำการทดสอบสมมติฐานในงานวิจัยต่อไป

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้การวิจัย

3.6.1 สำหรับข้อมูลวิธีการลงภาคสนามเพื่อสังเกตการณ์ (Observation) วิธีการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (In-Depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group) รวมถึงข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบประเมินและติดตามการดำเนินโครงการ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Method) ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบของตารางประกอบคำอธิบายเหตุผล

3.6.2 สำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเทคโนโลยีระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของ Internet of Things ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการนำมาสร้าง

สมการถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) แล้วนำสมการมาวิเคราะห์หาร้อยละของอิทธิพลของแต่ละปัจจัยที่มีต่อประสิทธิภาพการทำงาน

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้หลักการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) ตามรูปแบบแผนการทดสอบที่กล่าวมาแล้ว โดยใช้โปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของผลการทดลองโดยวิธี Least Signuficant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3.7 ขั้นตอนการวิจัย

โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) โดยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย

3.7.1 วิธีการดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

3.7.1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การเพาะเห็ดฟาง การควบคุมสภาพแวดล้อมโรงเพาะเห็ดฟาง เทคโนโลยีระบบควบคุมสภาพแวดล้อม ระบบควบคุมอัตโนมัติอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of things) รวมถึงงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆเพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการเพาะเห็ดฟาง และแนวทางการดำเนินงานวิจัย

3.7.1.2 การลงพื้นที่สำรวจกระบวนการเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน ของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง 70/1 หมู่ที่ 4 ตำบลน้ำอ่าง อำเภอตรอน จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อศึกษากระบวนการเพาะเห็ดฟางของฟาร์มในทุกขั้นตอน โดยเน้นที่การควบคุมสภาพแวดล้อมของโรงเพาะเห็ดฟาง และทำการจัดสัมมนากับผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปประเด็นปัญหาและแนวทางแก้ไข

3.7.1.3 สร้างระบบบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณโรงเพาะเห็ดฟาง ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจำนวน 9 จุด อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน ความชื้นของวัสดุเพาะ ความเข้มแสงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมถึงสถานะการเปิด/ปิดปั้มน้ำ โดยทำการบันทึกลงในหน่วยความจำ SD Card ทำการทดสอบการทำงานแล้วนำไปติดตั้งในโรงเรือน เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนและผลกระทบต่อผลผลิตเห็ดฟางของการโรงเพาะเห็ดฟางแบบเดิม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ

3.7.1.4 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจ การสัมมนาและข้อมูลที่ได้จากการบันทึกข้อมูลค่าสภาพแวดล้อม

3.7.1.5 สร้างโรงเรือนจำลองเพื่อใช้ในการทดสอบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟาง ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวควบคุมแบบเปิด/ปิด

3.7.1.6 พัฒนาการเชื่อมต่อข้อมูลของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

3.7.1.7 ทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้น เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของระบบก่อนนำไปติดตั้งที่โรงเรือนจริง

3.7.1.8 ติดตั้งระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) ในโรงเรือนของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง ทำการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมและผลผลิตเห็ดฟาง และทดสอบการทำงานของระบบในรูปแบบอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

3.7.1.9 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก

3.7.1.10 จัดสัมมนา เพื่อรายงานข้อมูลแก่ผู้เกี่ยวข้อง และหาแนวทางแก้ไขปัญหา

3.7.1.11 ทำการปรับปรุงระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) ให้สมบูรณ์

3.7.1.12 การวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อหาต้นทุนและจุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุนในการใช้งานระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยใช้หลักการของ Donnell Hunt (1976)

3.7.1.13 เผยแพร่ผลงานต่อสาธารณะ

3.7.1.14 ประเมินผลและสรุปผลการดำเนินงานวิจัย และจัดทำรูปเล่มรายงานการดำเนินงานวิจัย

3.7.2 หลักการ/แนวคิดในการพัฒนาระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) จะมีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ และส่วนการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต

3.7.2.1 ส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติ

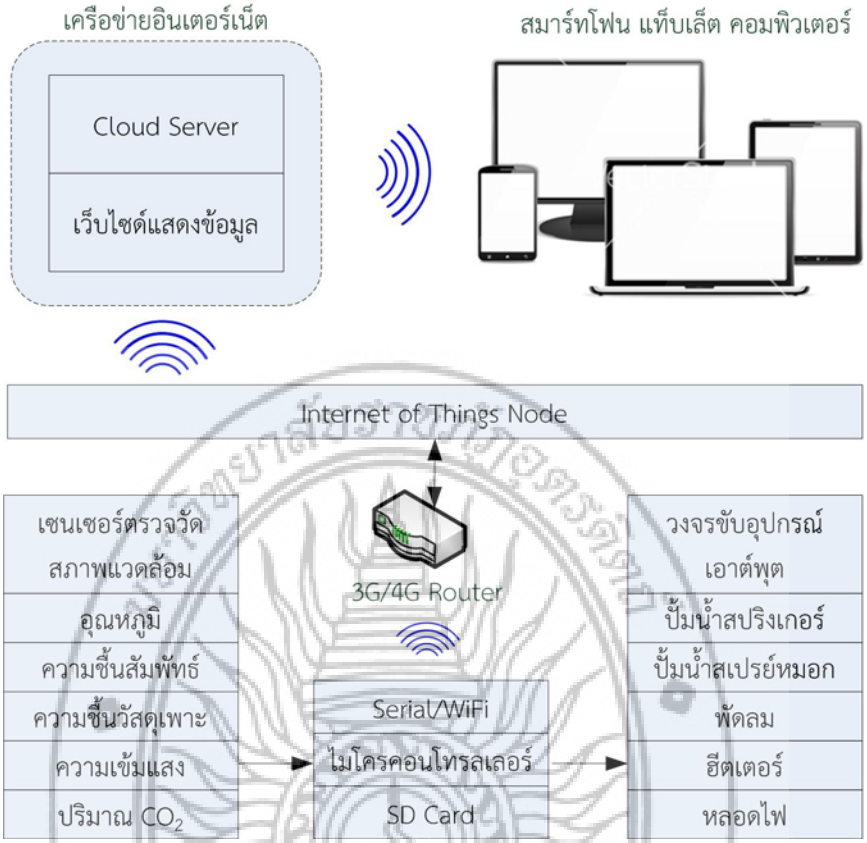
ในส่วนระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความชื้นของวัสดุ

เพาะ ความเข้มแสงและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบพีไอดีและฟัซซี่ (PID and Fuzzy) โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิด ปั้มน้ำสเปรย์หมอกและพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย

3.7.2.2 ส่วนการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต

ในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติเชื่อมต่อข้อมูลกับอินเตอร์เน็ต เพื่อให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) ด้วยอุปกรณ์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ตและเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน เช่น ค่าของเซนเซอร์ต่างๆ สถานะของอุปกรณ์แต่ละตัว ในรูปแบบ ตัวเลข ข้อความหรือรูปภาพ และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ (Auto/Manual) เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ค่าต่างๆ ที่เป็นเงื่อนไขในการทำงานของระบบควบคุม เช่น ช่วงของค่าอุณหภูมิ ความชื้น ที่จะใช้ควบคุมโรงเรือน ค่าที่ใช้ในการแจ้งเตือนและการดูค่าทางสถิติย้อนหลังได้ ทำให้เกษตรกรมีความสะดวกสบายในการเพาะเห็ดฟาง และทำให้ได้ผลผลิตเห็ดฟางที่มีคุณภาพ ตรงตามความต้องการของตลาด และขายได้ในราคาที่สูงขึ้น

สำหรับการทำงานในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต เริ่มจากการแปลงสัญญาณข้อมูลจาก Serial เป็นสัญญาณข้อมูล WiFi แล้วเชื่อมต่อกับ 3G/4G Router เพื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตกับผู้ให้บริการ (ISP: Internet Service Provider) แล้วส่งข้อมูลไปเก็บไว้ที่คลาวด์เซิร์ฟเวอร์ (Cloud Server) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลาง (Broker) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งขึ้นไปจากระบบควบคุมสภาพแวดล้อม กับอุปกรณ์อื่นๆ บนเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เมื่อข้อมูลถูกเก็บไว้ที่คราวด์เซิร์ฟเวอร์แล้วจะมีขั้นตอนจัดการให้ผู้ดูแลระบบหรือที่เกี่ยวข้องได้รับตำแหน่งของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้เก็บข้อมูล ซึ่งข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลดิบ สามารถสื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องได้อย่างจำกัด จึงต้องมีเว็บไซต์ทำหน้าที่เป็นแผงหน้าปัดของระบบ ช่วยทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้สื่อสารกับผู้ที่เกี่ยวข้องดูได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 3.1 แนวคิดของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things)

3.8 การศึกษากระบวนการเพาะเห็ดฟางอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

3.8.1 ลักษณะทั่วไปของโรงเรือนอริยาฟาร์ม

โรงเรือนของอริยาฟาร์มเห็ดฟางมีโรงเรือนทั้งหมด 8 ห้อง มีขนาดความกว้าง 4 เมตร ยาว 8 เมตร และสูง 3 เมตร โดยแต่ละห้องของโรงเรือนมีชั้นสำหรับเพาะปลูกเห็ดฟางอยู่ทั้ง 2 ข้างโดยแต่ละข้างจะมีชั้นเห็ดอยู่ 4 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะมีความกว้าง 1.5 เมตร และยาว 7 เมตร

ภาพที่ 3.2 โรงเรือนของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

3.8.2 กระบวนการเพาะเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

กระบวนการเพาะเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ดฟางมีขั้นตอนการทำงาน 7 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมเชื้อเห็ดฟาง การเตรียมฟางสำหรับเพาะเห็ด การอบไอน้ำ การนำเห็ดเข้าโรงเรือน การดูแลและควบคุมอุณหภูมิ การเจริญเติบโตของเห็ด การเก็บผลผลิต การตกแต่งก่อนจำหน่าย

3.8.3 การเตรียมเชื้อเห็ดฟาง

ภาพที่ 3.3 แสดงภาพการเตรียมเชื้อเห็ดฟาง

การเตรียมเชื้อเห็ดฟาง นำเปลือกถั่วมาแช่น้ำ 4 ชั่วโมง และนำกากมันแห้ง ปุ๋ยยูเรีย ยิปซั่ม ปูนขาวมาผสมกันแล้วหมักทิ้งไว้รอจนกว่าจะพร้อมหรือเตรียมโรงเรือนสำหรับเพาะเห็ดเสร็จ

3.8.4 การเตรียมฟางสำหรับเพาะเห็ด

ภาพที่ 3.4 แสดงภาพการเตรียมเพาะเห็ดฟาง

หลังจากการหมักเชื้อเห็ดฟางเสร็จแล้ว ก็นำฟางที่แช่น้ำปูตามชั้นและนำวัสดุที่ผสมมาโรยกองไว้เพื่อเตรียมไว้ในขั้นตอนต่อไป

3.8.5 การอบไอน้ำ

ภาพที่ 3.5 แสดงภาพการอบไอน้ำ

ในขั้นตอนการอบไอน้ำต้องอบให้ได้อุณหภูมิที่ 70 องศา เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และต้องปิดโรงเห็ดไว้ให้มิดชิดเพื่อขั้นตอนต่อไป

3.8.6 ขั้นตอนการนำเห็ดเข้าโรงเรือน

ภาพที่ 3.6 แสดงภาพการช่วงการนำเห็ดเข้าโรงเรือน

เปิดห้องโรงเพาะเห็ด โรยเชื้อเห็ดโดยโรยเชื้อเห็ดฟางให้เต็มที่ โดยกระจายเป็นจุด ๆ และรดน้ำให้พอชุ่ม ๆ ปิดห้องไว้ 4 วัน เพื่อรอให้เชื้อเห็ดเจริญเติบโตจนกระทั่งถึงขั้นตอนการตัดใย

3.8.7 ขั้นตอนช่วงการดูแลและควบคุมอุณหภูมิ

ภาพที่ 3.7 แสดงภาพช่วงการดูแลและควบคุมอุณหภูมิ

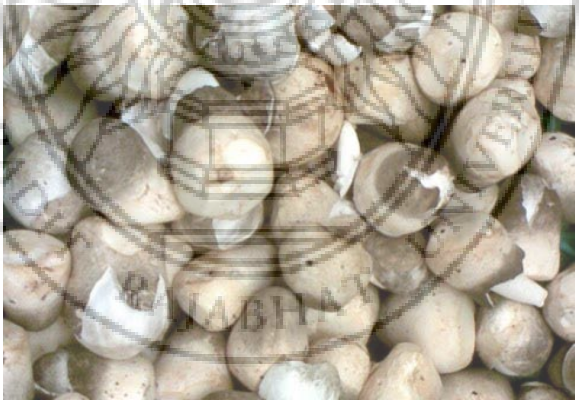
จะต้องคอยเปิดห้องระบายอากาศ รดน้ำโดยรดให้พอชุ่มๆไม่ให้เปียกมาก ช่วงนี้เรียกว่า (ตัดเส้นใย) และจะต้องรักษาอุณหภูมิ 28-32 องศา ไว้ตลอดเวลาจนกระทั่งเก็บผลผลิต

3.8.8 ขั้นตอนการดูการเจริญเติบโตของเห็ด

ภาพที่ 3.8 แสดงภาพเห็ดเริ่มเจริญเติบโตเป็นดอกเห็ด

เปิดดูที่โรงเพาะเห็ดจะพบเห็ดเป็นดอกเล็ก ๆ รอดูและควบคุมอุณหภูมิให้เห็ดอยู่เสมอเป็นช่วงที่เห็ดเติบโตเมื่อเห็ดเริ่มเหลือดอกเล็ก ๆ ให้รถน้ำพอให้ชุ่มและเก็บผลผลิต

3.8.9 ขั้นตอนการเก็บผลผลิต



ภาพที่ 3.9 แสดงภาพการเก็บผลผลิต

หลังจากนั้นเป็นช่วงที่เห็ดเติบโตและเก็บผลผลิต ดอกเห็ดที่ขึ้นเป็นกระจุก มีทั้งอ่อนและแก่ ถ้ามีดอกเล็ก ๆ มากกว่าดอกใหญ่ ควรรอเก็บเมื่อ ดอกเล็กโตหรือรอเก็บชุดหลัง เก็บดอกเห็ดขึ้นทั้งกระจุกโดยใช้มือจับ ทั้งกระจุกอย่างเบาๆ แล้วหมุนซ้ายและขวา เล็กน้อย ดึงขึ้นมาพยายามอย่าให้เส้นใยกระทบกระเทือน

3.8.10 ขั้นตอนตกแต่งก่อนจำหน่าย

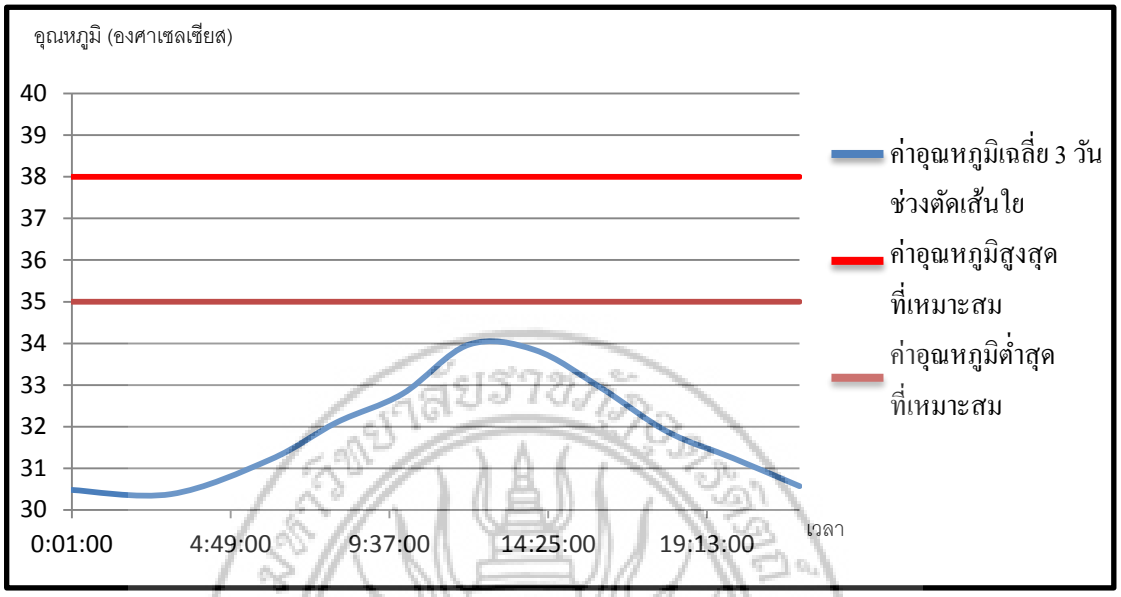
ภาพที่ 3.10 แสดงภาพการตกแต่งเห็ดฟางก่อนนำไปจำหน่าย

ในขั้นตอนของการตกแต่งเห็ดฟางนั้นจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเพาะเห็ดฟางเพื่อที่จะบรรจุภัณฑ์ตามออเดอร์ลูกค้า และจำหน่าย

3.9 การวิเคราะห์ปัญหาของโรงเรือนอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

3.9.1 วิเคราะห์ปัญหาของอริยาฟาร์มเห็ดฟาง

จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นว่า การเพาะปลูกเห็ดฟางอริยาฟาร์มเห็ดฟางนั้นจะต้องควบคุมที่อุณหภูมิและความชื้นของโรงเรือนตลอดเวลา ถ้าอาการร้อนอุณหภูมิในโรงเรือนจะสูง เราจึงต้องเปิดประตูโรงเรือนเพื่อระบายอากาศออกอีกทั้งต้องคอยดูความชื้นของเห็ด เพราะช่วงเห็ดตัดเส้นใยต้องดูแลอย่างดี เพราะอาจทำให้เชื้อเห็ดขึ้นราหรือเน่าไปเลยก็ได้ ปัจจุบันที่อริยาฟาร์มยังไม่มีระบบควบคุมอุณหภูมิ ทางด้านเกษตรผู้ผลิตเห็ดฟางยังใช้ทฤษฎีในการควบคุมและดูแลเห็ด รายได้ต่อรอบการผลิตอยู่ที่ 70-90 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต ได้ดีที่สุดอยู่ที่ 100 กิโลกรัม ตามสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ ดังนั้นปัญหาเรื่องอุณหภูมิในโรงเพาะเห็ดจึงต้องคอยควบคุมให้ได้ค่าที่เห็ดต้องการอยู่เสมอ สรุปผลการวิเคราะห์ปัญหาได้ดังต่อไปนี้

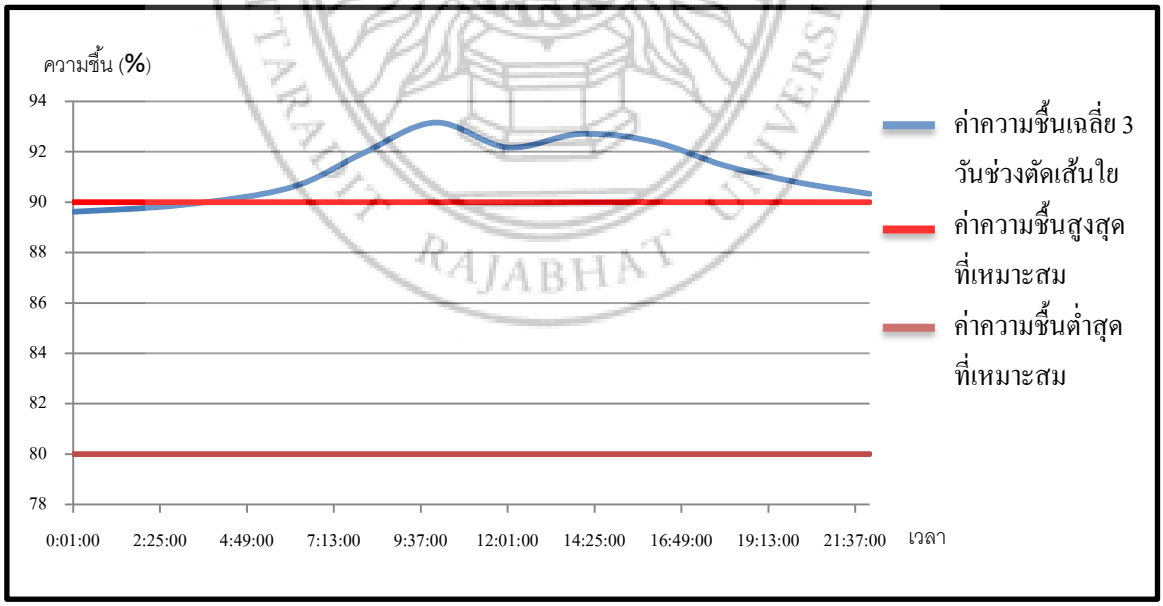


ภาพที่ 3.11 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย

จากภาพที่ 3.11 กราฟแสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนในช่วงตัดเส้นใย จะเป็นช่วงที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะต่ำเกินกว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่มีผลต่อการตัดเส้นใยของเห็ดฟาง (35-38 องศาเซลเซียส) ทำให้เห็ดฟางตัดเส้นใยไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้ดูแลโรงเพาะเห็ดไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ เนื่องจากสภาพอากาศภายนอกมีส่วนทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม จึงทำให้มีผลต่อการตัดเส้นใยของเห็ดฟาง

ตารางที่ 3.1 แสดงตารางค่าอุณหภูมิเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ย วันที่ 1 (℃)	ค่าเฉลี่ย วันที่ 2 (℃)	ค่าเฉลี่ย วันที่ 3 (℃)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0:01 - 3:00	30.50	30.65	30.28	30.48	0.19
3:01 - 6:00	30.35	30.45	30.33	30.38	0.06
6:01 - 8:00	31.25	30.88	31.50	31.21	0.31
8:01 - 10:00	32.38	31.73	32.20	32.10	0.34
10:01 - 12:00	33.13	32.40	32.85	32.79	0.37
12:01 - 14:00	34.08	33.83	34.00	33.97	0.13
14:01 - 16:00	34.05	33.68	33.8	33.84	0.19
16:01 - 18:00	32.60	32.93	33.25	32.93	0.33
18:01 - 20:00	31.53	31.88	32.23	31.88	0.35
20:01 - 22:00	31.33	31.30	31.10	31.24	0.13
22:01 - 00:00	30.38	30.83	30.50	30.57	0.23

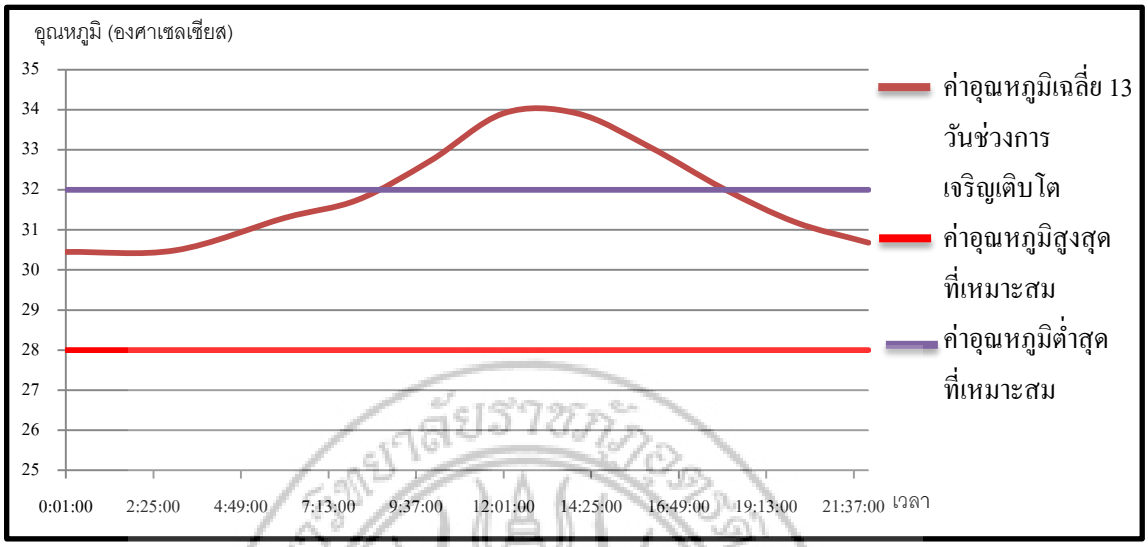


ภาพที่ 3.12 แสดงกราฟความชื้นเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย

จากภาพที่ 3.12 กราฟแสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นภายในโรงเรือนในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ช่วงเวลา 06:00-22:00 น. จะเป็นช่วงที่ความชื้นภายในโรงเรือนสูงกว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง (90%) ทำให้เห็ดฟางเจริญเติบโตไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีคนคอยดูแลควบคุมอุณหภูมิของโรงเรือนอยู่สม่ำเสมอโดยวิธีการเปิดประตูโรงเรือนเพื่อคอยลดความชื้นให้ลดลงและต้องค่อยเปิด-ปิดตลอดช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดทำให้ต้องจ้างแรงงานเพื่อคอยดูแลตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดูแล

ตารางที่ 3.2 แสดงตารางค่าความชื้นเฉลี่ย 3 วัน ช่วงตัดเส้นใย

ช่วงเวลา	ค่าเฉลี่ย วันที่ 1 (%)	ค่าเฉลี่ย วันที่ 2 (%)	ค่าเฉลี่ย วันที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ย	S.D.
0:01 - 3:00	89.33	89.33	90.2	89.62	0.50
3:01 - 6:00	90.13	89.4	90.13	89.89	0.42
6:01 - 8:00	90.78	90.78	90.18	90.58	0.35
8:01 - 10:00	92.83	91.9	91.08	91.94	0.88
10:01 - 12:00	95.28	92.83	91.38	93.16	1.97
12:01 - 14:00	91.08	93.73	91.7	92.17	1.39
14:01 - 16:00	92.48	93.65	92	92.71	0.85
16:01 - 18:00	92.48	92.58	92.18	92.41	0.21
18:01 - 20:00	91.4	91.7	91.25	91.45	0.23
20:01 - 22:00	90.4	91.08	90.9	90.79	0.35
22:01 - 0:00	89.83	90.55	90.6	90.33	0.43

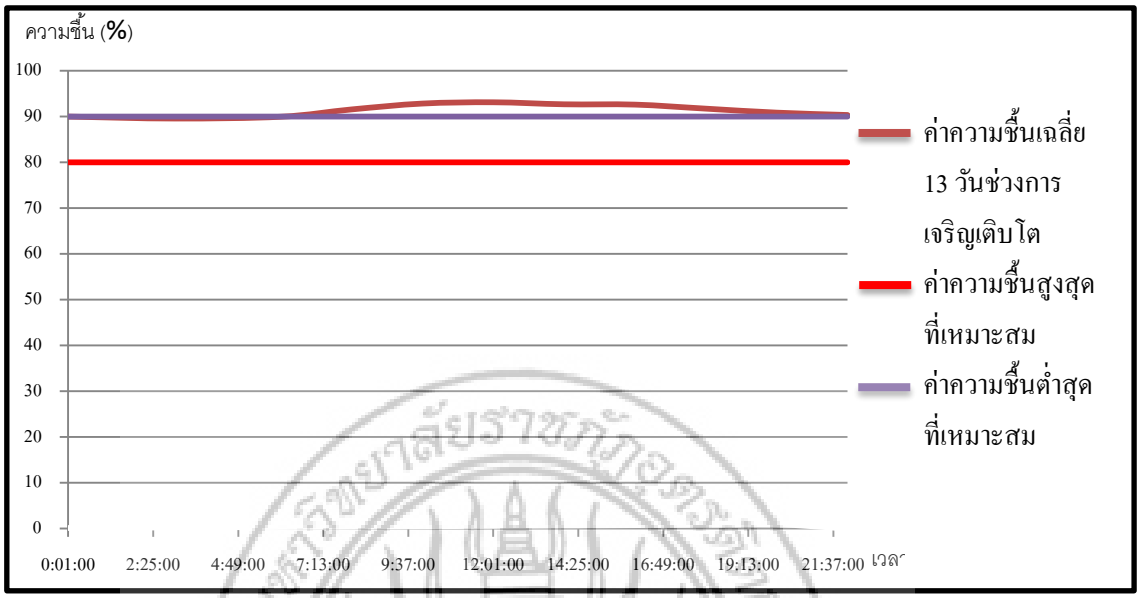


ภาพที่ 3.13 แสดงกราฟอุณหภูมิเฉลี่ย 13 วัน ช่วงการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

จากภาพที่ 3.13 แสดงให้เห็นว่าค่าอุณหภูมิภายในโรงเรือนในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ช่วงเวลา 10:00-18:00 น. จะเป็นช่วงที่อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะร้อนเกินกว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง (28-32 องศาเซลเซียส) ทำให้เห็ดฟางเจริญเติบโตไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีคนคอยดูแลควบคุมอุณหภูมิของโรงเรือนอยู่สม่ำเสมอโดยวิธีการเปิดสปริงเกอร์บนหลังคา เพื่อคอยลดอุณหภูมิให้เย็นลงและต้องค่อยเปิด-ปิดตลอดช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดทำให้ต้องจ้างแรงงานเพื่อคอยดูแลตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดูแล

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง											
เวลา วันที่	0:01- 3:00	3:01- 6:00	6:01- 8:00	8:01- 10:00	10:01- 12:00	12:01- 14:00	14:01- 16:00	16:01- 18:00	18:01- 20:00	20:01- 22:00	22:01- 0:00
4	30.43	30.38	30.85	31.63	32.7	34.1	33.8	32.6	32.05	31.08	30.5
5	30.53	30.58	32.3	32.1	33.23	34.05	34.13	33.5	32.4	31.55	30.95
6	30.48	30.73	31.25	31.7	32.78	33.55	33.65	32.93	31.75	31.35	30.73
7	30.5	30.45	30.98	31.45	32.35	33.65	33.85	33.18	32.1	31.05	30.58
8	30.35	30.45	30.7	31.43	32.43	33.88	33.8	32.75	31.68	30.95	30.48
9	30.55	30.53	30.98	31.8	32.85	33.75	33.88	32.78	32.03	31.3	30.55
10	30.18	30.38	30.85	31.78	32.43	33.73	33.8	33.1	31.85	30.85	30.38
11	30.3	30.43	32.1	32.18	32.93	33.9	33.88	33.53	32.33	31.45	30.7
12	30.73	30.63	31.08	31.4	32.8	34.2	34.1	32.78	31.6	31.1	30.88
13	30.7	30.53	31.53	31.93	32.73	34.1	33.98	33.33	32.5	31.35	30.75
14	30.48	30.4	31.33	31.63	32.6	33.75	33.88	33.08	31.73	30.95	30.7
15	30.2	30.28	31.58	32.13	32.8	33.88	34.13	33.5	31.95	31.05	30.83
16	30.48	30.63	31.35	31.6	32.9	34.25	33.95	32.9	32.53	31.4	30.75
ค่าเฉลี่ย	30.45	30.49	31.3	31.75	32.73	33.91	33.91	33.07	32.04	31.19	30.68
S.D.	0.17	0.13	0.48	0.27	0.24	0.22	0.14	0.32	0.32	0.22	0.17



ภาพที่ 3.14 แสดงกราฟความชื้นเฉลี่ย 13 วัน ช่วงเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

จากภาพที่ 3.14 แสดงให้เห็นว่าค่าความชื้นภายในโรงเรือนในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ช่วงเวลา 06:00-22:00 น. จะเป็นช่วงที่ความชื้นภายในโรงเรือนสูงกว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง (90%) ทำให้เห็ดฟางเจริญเติบโตไม่เต็มที่และสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าวจึงต้องมีคนคอยดูแลควบคุมอุณหภูมิของโรงเรือนอยู่สม่ำเสมอโดยวิธีการเปิดประตูโรงเรือนเพื่อคอยลดความชื้นให้ลดลงและต้องค่อยเปิด-ปิดตลอดช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดทำให้ต้องจ้างแรงงานเพื่อคอยดูแลตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดูแล

ตารางที่ 3.4 แสดงตารางค่าเฉลี่ยความชื้นในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง

ค่าเฉลี่ยของความชื้นในแต่ละช่วงเวลาการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง											
เวลา	0:01-	3:01-	6:01-	8:01-	10:01-	12:01-	14:01-	16:01-	18:01-	20:01-	22:01-
วันที่	3:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00	0:00
4	90	89.35	89.73	91.4	92.9	93.13	92.93	93.13	91.85	90.78	90.35
5	90.08	89.4	89.73	91.53	92.9	93.13	92.93	93.13	91.85	90.78	90.35
6	90.1	89.5	89.48	91	92.58	92.68	92.43	92.83	91.83	91.03	90.43
7	89.65	89.3	90.48	91.63	92.65	93.48	92.95	92.18	91.6	90.9	90.5
8	90.2	89.98	90.03	91.48	92.43	92.65	92.13	92.3	91.98	91	90.25
9	89.58	89	89.5	91.43	92.75	93.53	93.1	92.95	92.05	91.2	90.6
10	90.45	90.3	90.63	91.3	91.9	91.98	92.1	92.25	91.05	90.35	90.18
11	90.05	89.65	89.98	92.28	93.85	93.6	92.35	92.28	91.58	90.93	90.13
12	89.7	89.2	89.2	91.23	92.63	93.13	92.78	92.88	91.83	91.25	90.55
13	89.75	89.2	89.75	90.93	92.33	93.38	93.15	93.13	91.88	90.9	90.55
14	90.23	89.93	90	92.38	93.83	93.6	92.23	92	91.65	90.8	90.03
15	90.15	89.78	90.5	91.7	92.8	92.95	92.93	92.55	91.28	90.55	90.45
16	89.93	89.85	90.5	92.03	93.33	93.28	92.83	92.35	92	90.75	90.05
ค่าเฉลี่ย	89.99	89.57	89.96	91.56	92.84	93.12	92.68	92.61	91.73	90.86	90.34
S.D.	0.26	0.38	0.45	0.44	0.56	0.47	0.38	0.41	0.29	0.24	0.2

3.9.2 สรุปผลการเก็บผลจากโรงเรือนจริง

3.9.2.1 อุณหภูมิและความชื้นในช่วงแต่ละวันตั้งแต่นำเชื้อเห็ดเข้าจนถึงการเก็บเกี่ยว อุณหภูมิบริเวณชั้นบนด้านหน้าห้องจะสูงกว่าด้านหลังห้องจะมีค่าต่างกัน ประมาณ 0.5-1 องศา ความชื้นบริเวณด้านล่างของห้องจะมีความชื้นมากกว่าบริเวณด้านบนของห้องจะมีค่าต่างกันประมาณ 0.7-1 ก/ลบ.ม. โดยอุณหภูมิสูงสุดของวันจะอยู่ที่ช่วงเวลา 12:00-14:00 น. ต่ำสุดจะอยู่ที่ช่วงเวลา 00:01-03:00 น.

3.9.2.2 เมื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาเปรียบเทียบกับปริมาณการขึ้นของเห็ด จากการสังเกตพบว่าเห็ดจะขึ้นมากตรงบริเวณชั้นบนสุดและชั้นรองลงมา ส่วนหน้าของชั้น ทั้งฝั่งซ้ายและขวา ซึ่งบริเวณที่กล่าวมาข้างต้นเป็นจุดที่สามารถรับแสงได้ดีที่สุด ต่างจากบริเวณด้านในและหลังของชั้นรวมไปถึงบริเวณด้านล่างของชั้นที่ไม่สามรถรับแสงได้เต็มที่ (น้อยกว่าด้านหน้าห้อง) และเมื่อนำค่าอุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งค่าความชื้นในฟาง มาพิจารณาประกอบแล้ว อุณหภูมิและความชื้นรวมไปถึงความชื้นในฟาง ตั้งแต่นำเห็ดเข้าจนถึงการเก็บเกี่ยว ค่าทั้งหมดจะคงที่ตลอดไม่มี

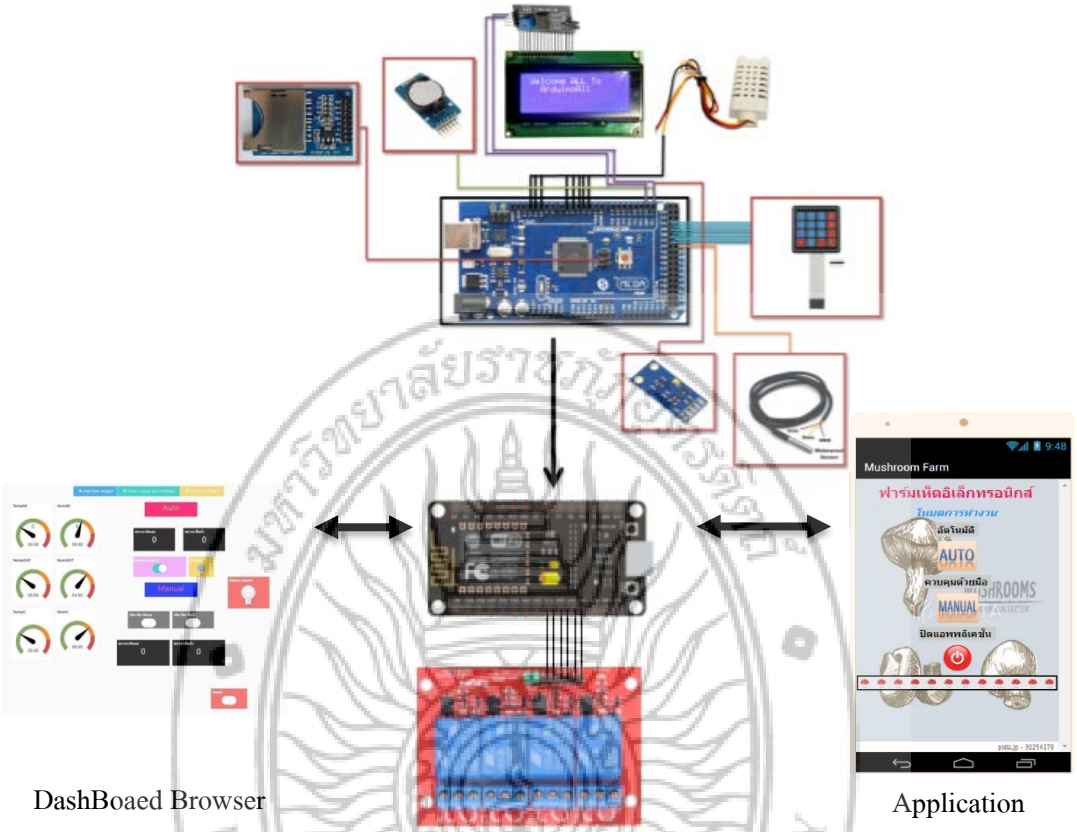
3.10 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเห็ดฟาง

ในส่วนของระบบควบคุมจะใช้อุปกรณ์ Input ต่าง ๆ และวงจรการเขียนโปรแกรม เหมือนระบบบันทึกข้อมูลโดยสามารถดูได้จากหัวข้อที่ 3.3 ระบบบันทึกข้อมูล

3.10.1 การออกแบบวงจรและการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อระบบควบคุม

3.10.1.1 ภาพรวมของระบบควบคุม

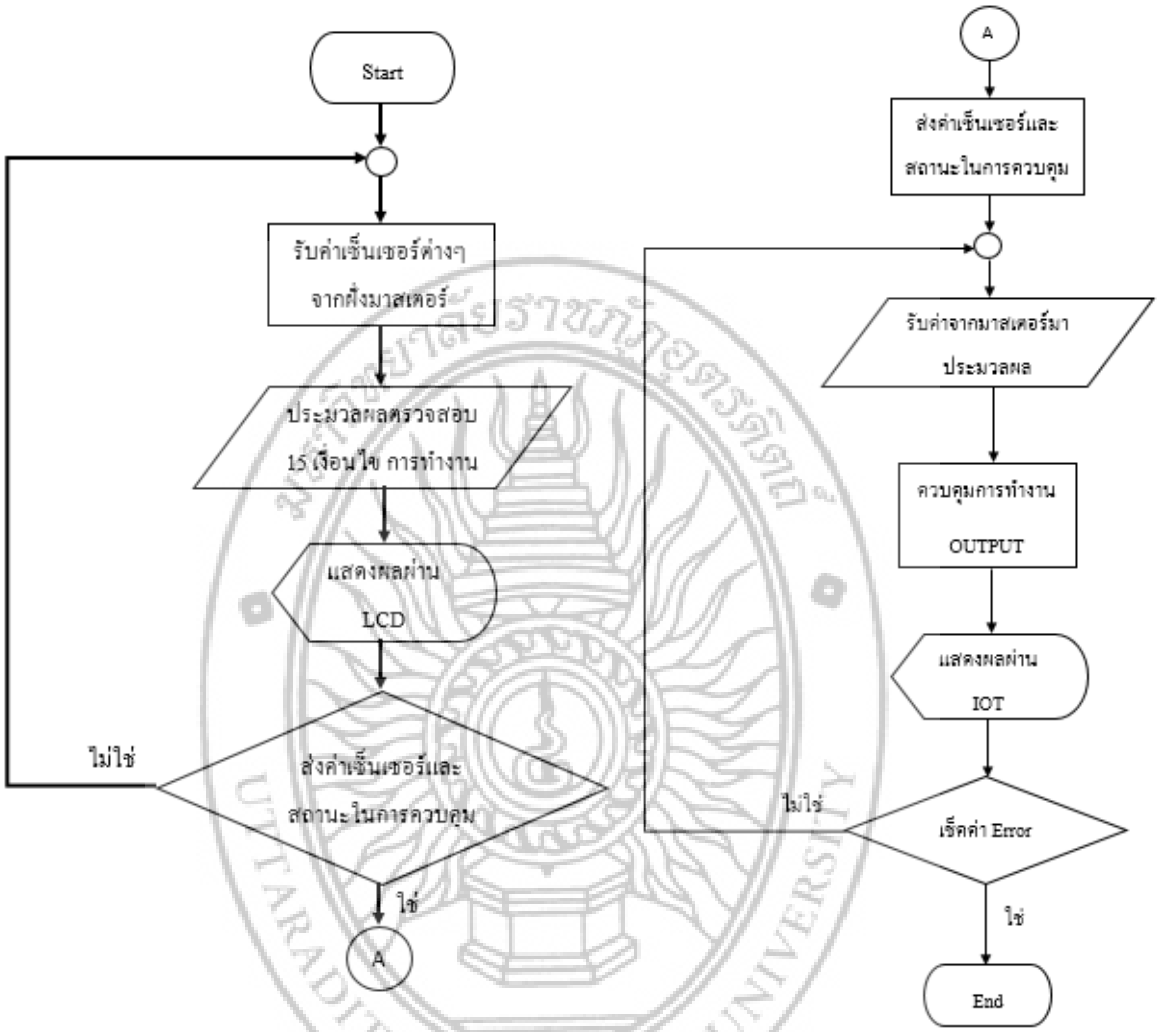
3.10.1.1.1 ภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3.15 แสดงภาพรวมของระบบควบคุม

จากภาพที่ 3.15 การออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมในโรงเรือนเพาะเห็ดฟาง โดยระบบควบคุมจะมีคำสั่งในการควบคุมรีเลย์จาก Mega ส่งมาที่ Node MCU เพื่อให้ Node รับค่านั้นมาสั่งงานออกเอาต์พุตตามโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุม

3.10.1.1.2 ภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ

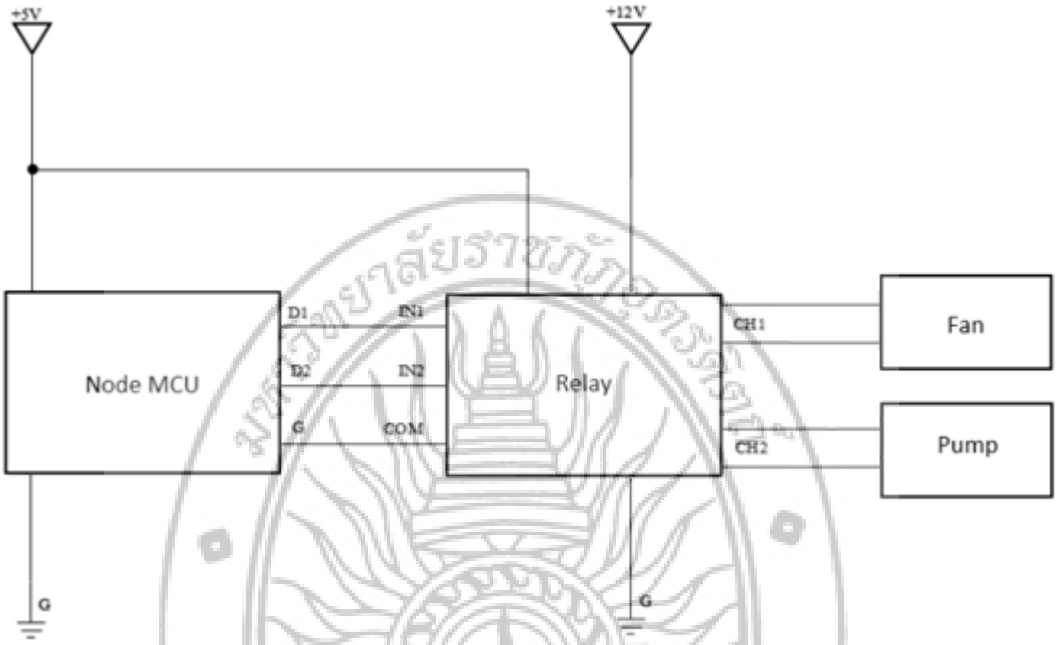


ภาพที่ 3.16 แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ

จากภาพที่ 3.16 โปรแกรมการทำงานของระบบควบคุมโดยเริ่มจาก Mega รับค่าเซนเซอร์จากอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการประมวลผลสั่งการทำงานของเอาต์พุตและแสดงผล จากนั้นจะทำการส่งค่าเซนเซอร์และการสั่งงานควบคุมไปที่โนดเพื่อใช้ในงาน IOT และควบคุมระบบ

3.10.1.2 การเชื่อมต่อกับปั้มน้ำ, พัดลม

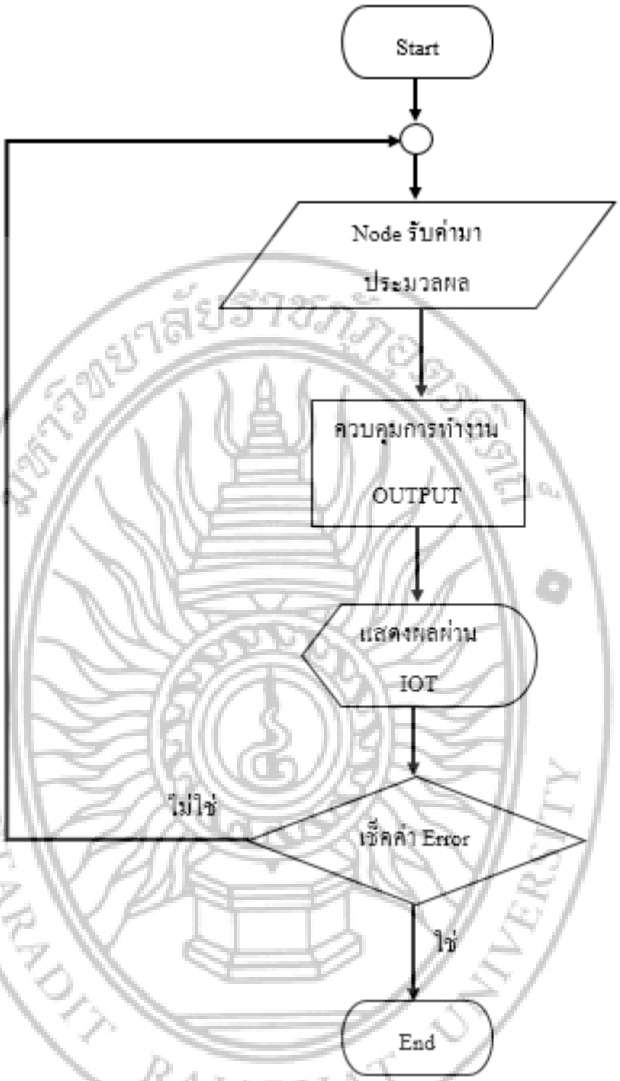
3.10.1.2.1 ภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3.17 แสดงภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์

จากภาพที่ 3.17 การเชื่อมต่อการสั่งงานไปที่พัดลมและปั้มน้ำ โดย Mega จะเช็คโปรแกรมระบบควบคุมจากค่าเซนเซอร์ที่ได้และส่งค่ามาที่ Node MCU จากนั้น Node จะสั่งงานไปที่รีเลย์เพื่อควบคุมการทำงานทั้งพัดลมและปั้มน้ำ การต่อพอร์ตใช้งานระหว่าง Node MCU กับ Relay ต้องกำหนดขา Out Put ที่ตัว Node MCU เพื่อส่งสัญญาณมาที่ขา in ของ Relay ในการสั่งใช้งานขา NC และ NO

3.10.1.2.2 ภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อปั้มน้ำและพัดลม

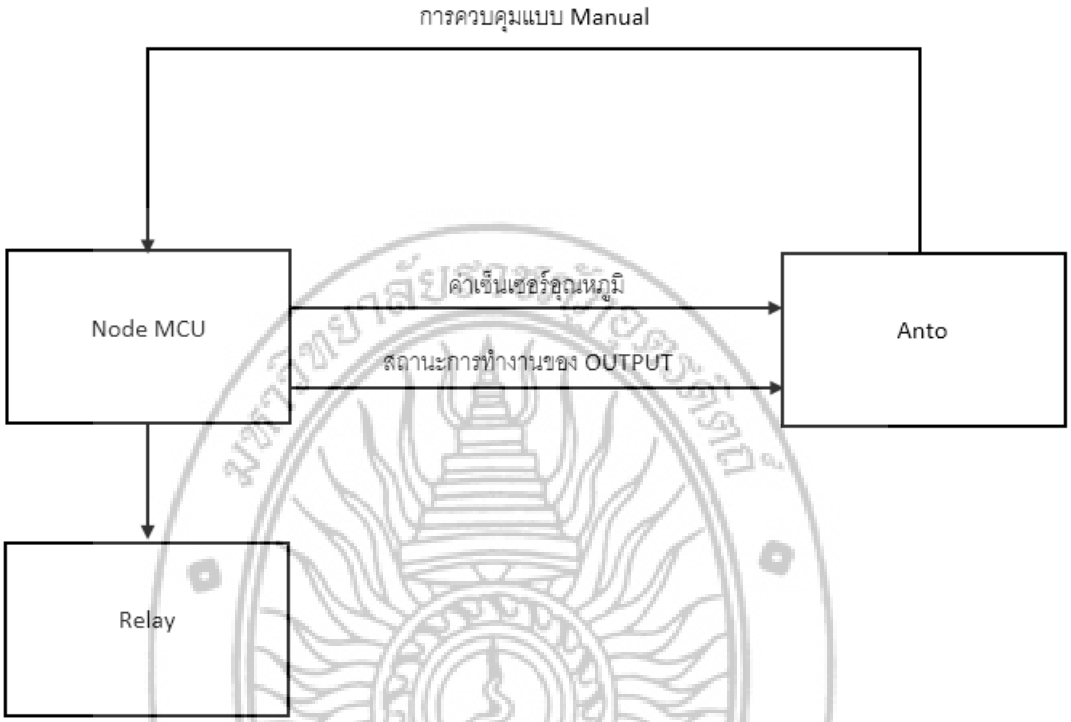


ภาพที่ 3.18 แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อปั้มน้ำและพัดลม

จากภาพที่ 3.18 โปรแกรมการเชื่อมต่อระบบควบคุมเข้ากับ Relay เพื่อใช้ควบคุมปั้มน้ำและพัดลม โดยตัว Mega จะมีการรับค่าจากเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นมาเช็คเพื่อเข้าโปรแกรมการควบคุมจากนั้นจะส่งค่าการควบคุมพัดลมและปั้มน้ำมาที่ Node MCU ให้ทำการสั่งงานไปที่ Relay ที่เชื่อต่อกับพัดลมและปั้มน้ำอยู่

3.10.2 การเชื่อมต่อ Internet of Thing (IOT)

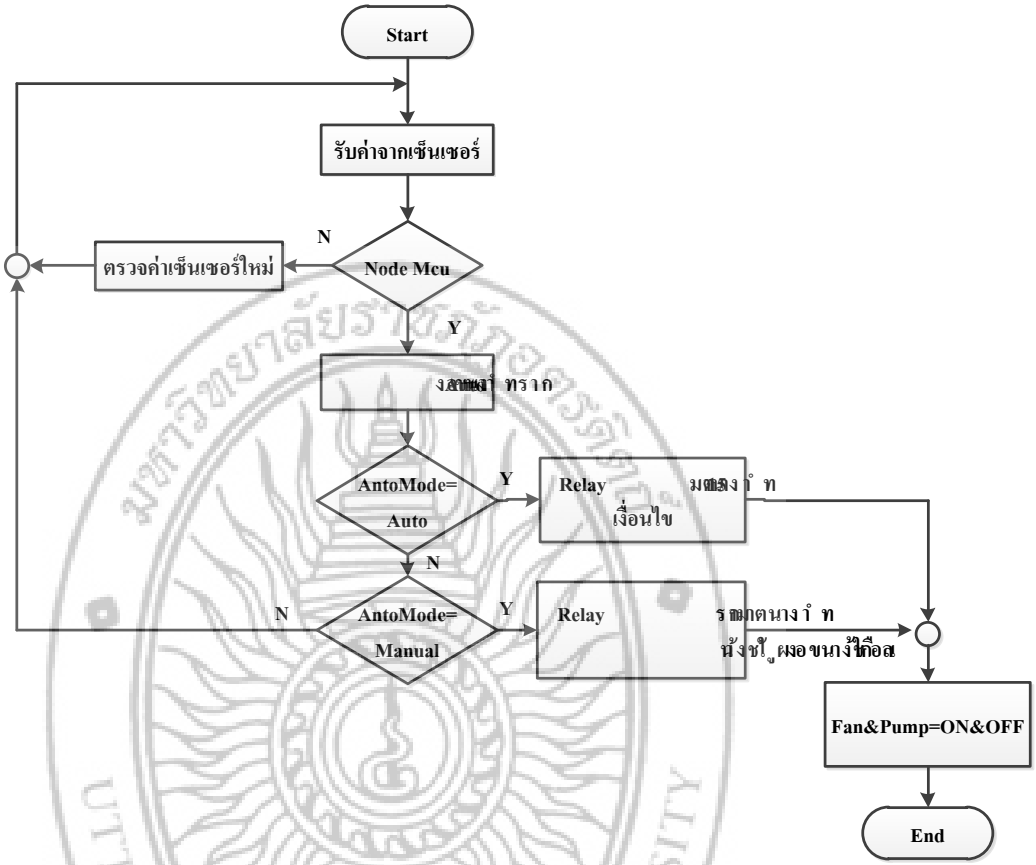
3.10.2.1 ภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3.19 แสดงภาพวงจรฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อ Internet of Thing

จากภาพที่ 3.19 การเชื่อมต่อ IOT โดย Node MCU และ Anto จะสื่อสารกันอยู่ตลอดเวลา การทำงานเพื่อให้ได้ค่า ณ ปัจจุบันนั้น ทั้งในด้านการแสดงผลและการควบคุม

3.10.2.2 ภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Internet of Thing (IOT)

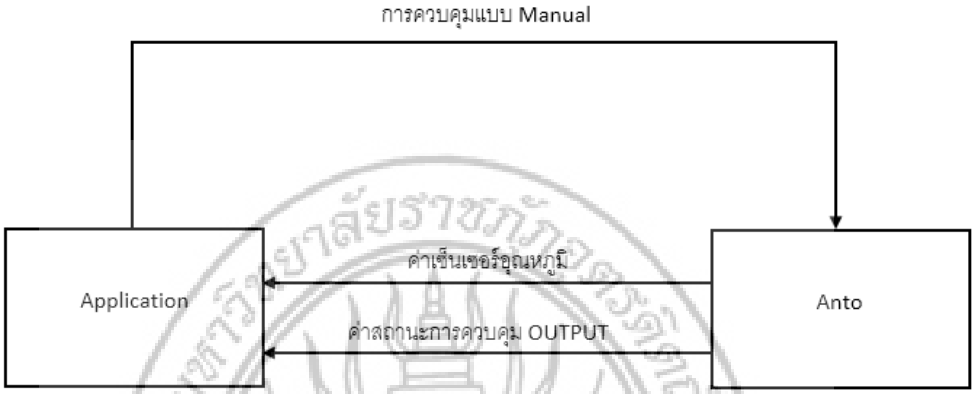


ภาพที่ 3.20 แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Internet of Thing

การทำงานของระบบ IOT จะมีการรับคำสั่งและค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่จะแสดงจาก Arduino Mega ส่งมาที่ Node MCU จากนั้นผู้ใช้จะสามารถกำหนดได้ว่าจะให้ระบบควบคุม แบบ Auto หรือผู้ใช้จะสั่งงานเองโดยระบบ Manual เพื่อควบคุม Out put ต่างๆ

3.10.3 การพัฒนาแอพพลิเคชั่น

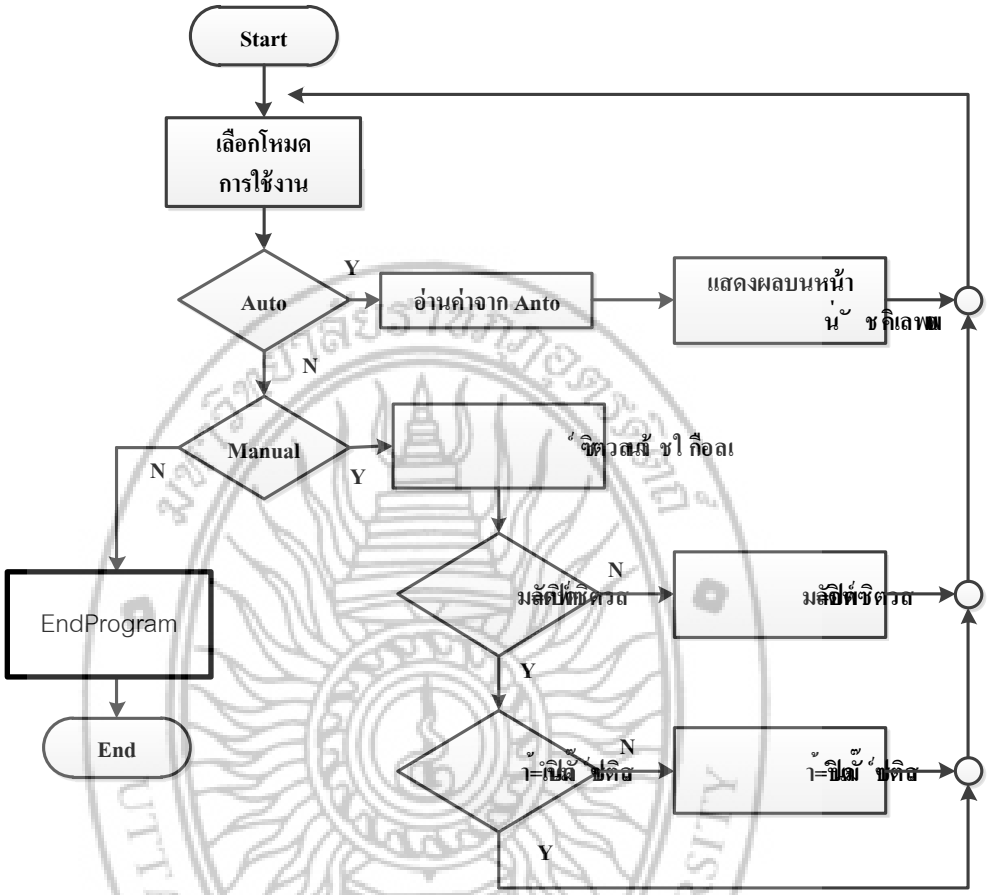
3.10.3.1 ภาพรวมวงจรฮาร์ดแวร์



ภาพที่ 3.21 แสดงภาพวงจรฮาร์ดแวร์แอพพลิเคชั่น

จากภาพที่ 3.21 การเชื่อมต่อ IOT ร่วมกับ Application ซึ่งทางด้านของแอพพลิเคชั่นจะทำการดึงค่าจากเซิร์ฟเวอร์ Anto มาใช้แสดงผลใน Display ของตัวแอพ และสามารถควบคุมระบบการสั่งงานให้ฝั่ง Output ทำงานได้

3.10.3.2 ภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Application

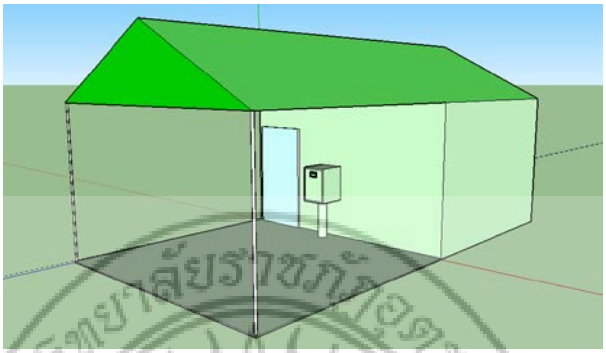


ภาพที่ 3.22 แสดงภาพรวมการเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ Application

จากภาพที่ 3.22 เป็นการทำงานของระบบโหมดการทำงานแอพพลิเคชั่น จะทำงานตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้งานเลือกโหมดการทำงานตามที่ผู้งานกำหนด มีด้วยกัน 3โหมดการทำงาน คือ การทำงานอัตโนมัติ (Auto) การทำงานควบคุมด้วยมือ (Manual) และปิดโปรแกรมการทำงาน เมื่อผู้ใช้งานเลือกโหมดการทำงานแล้วหน้าต่างของแอพพลิเคชั่นจะเปลี่ยนหน้าต่างไปยังโหมดการทำงานนั้น ๆ

3.11 การออกแบบและการสร้างโรงเรือนจำลองสำหรับทดสอบการทำงานของระบบควบคุม

3.11.1 แบบโรงเรือนจำลอง



ภาพที่ 3.23 แบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตร

แบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตรใช้เพื่อออกแบบระบบควบคุมที่จะไปติดตั้งโรงเพาะเห็ดจริง ได้ทำการออกแบบแบบจำลองจากเต็นท์ 6 เสา โดยใช้ป้ายไวนิลมาล้อมรอบเต็นท์ไว้เป็นลักษณะคล้ายห้องสี่เหลี่ยมโดยมาการจำลองเสมือนโรงเพาะเห็ดจริง

3.10.2 การสร้างแบบจำลอง

ภาพที่ 3.24 สร้างแบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตร

การสร้างแบบจำลองโรงเพาะเห็ดขนาด 3×3 เมตร วัสดุที่ใช้คือเต็นท์ 6 เสา ขนาด 6×3 เมตร โดยใช้ป้ายไวนิลมาล้อมรอบเพื่อสร้างแบบจำลองโรงเพาะเห็ดให้เป็นขนาด 3×3 เมตรโดยภายในได้ติดตั้งฮีตเตอร์ไว้เพื่อสร้างความร้อนและถาดน้ำไว้เพื่อสร้างความชื้นเสมือนโรงเพาะเห็ดจริง โดยมี

การติดเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นไว้ภายในห้องจำนวน 5 ตัว และหน้าห้องอีก 1 ตัว เพื่อใช้วัดเปรียบเทียบค่าวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกเพื่อมาวิเคราะห์ผล

บทที่ 4
ผลการวิจัย

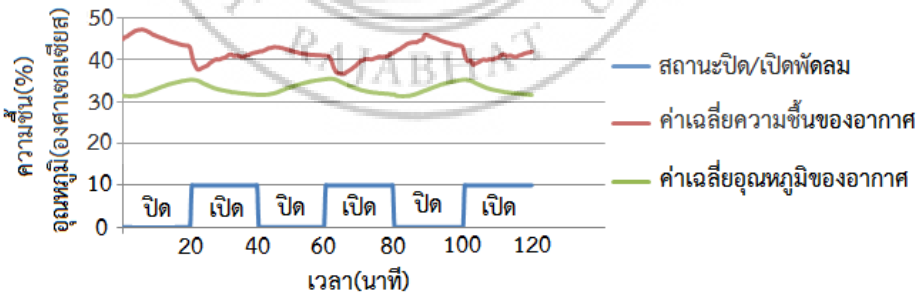
4.1 การศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสเปรย์หมอกและพัดลมที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลองขนาด 3 x 3 เมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญประกอบการพิจารณาการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

4.1.1 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ

สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดพัดลมจะเห็นได้ว่า ความชื้นจะค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดพัดลมในช่วงแรก ความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วแล้วค่อยเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนมาก แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อย โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

ตารางที่ 4.1 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลม

สถานะพัดลม	ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (℃)	อุณหภูมิสุดท้าย (℃)	การเปลี่ยนแปลง (℃)
ปิด	1	31.6	35.3	3.7
	2	31.5	35.3	3.8
	3	31.7	35.2	3.5
	เฉลี่ย	31.6	35.27	3.67
เปิด	1	35.2	31.6	-3.6
	2	35.3	31.7	-3.6
	3	35.2	31.6	-3.6
	เฉลี่ย	35.23	31.63	-3.6

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน คือถ้าปิดพัดลมระบายอากาศจะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 3.67 องศาเซลเซียส หากเปิดพัดลมระบายอากาศ จะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำลงเฉลี่ย 3.6 องศาเซลเซียส ดังนั้นระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถที่จะตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ เช่น กรณีเปิดพัดลมแล้ว แต่อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่ลดลง อาจเกิดจากพัดลมชำรุด หรืออากาศภายนอกโรงเรือนมีอุณหภูมิสูงมาก หรือปิดพัดลมแล้ว แต่อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เพิ่มขึ้น อาจเกิดจากวงจรควบคุมพัดลมเสียหายไม่ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลม หรืออากาศภายนอกโรงเรือนมีอุณหภูมิต่ำมาก ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันเพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไข

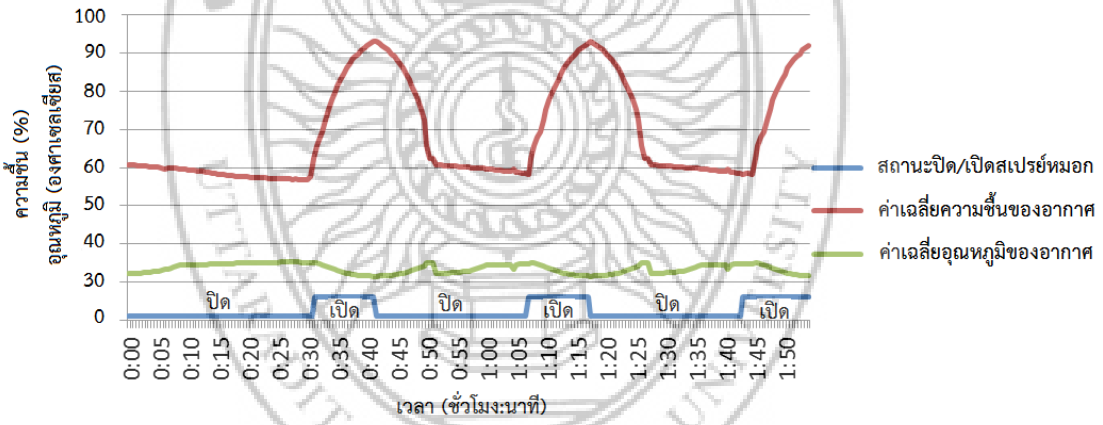
ตารางที่ 4.2 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลม

สถานะพัดลม	ครั้งที่	ความชื้นเริ่มต้น (%)	ความชื้นสุดท้าย (%)	การเปลี่ยนแปลง (%)
ปิด	1	44.9	42.7	-2.2
	2	41.9	40.9	-1.0
	3	41.8	42.7	0.9
	เฉลี่ย	42.87	42.10	-0.77
เปิด	1	41.0	41.7	0.7
	2	40.9	41.5	0.6
	3	41.0	41.7	0.7
	เฉลี่ย	40.97	41.63	0.67

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียวส่งผลต่อความชื้นของอากาศในโรงเรือนน้อยมาก คือถ้าปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาทีจะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนลดลงเฉลี่ย 0.77 % หากเปิดพัดลมระบายอากาศเป็นเวลา 20 นาที จะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 0.67 %

4.1.2 กรณีปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าขณะปิดสเปรย์หมอกอุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ สำหรับค่าความชื้นของอากาศในขณะปิดสเปรย์หมอกจะเห็นได้ว่า ความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงเล็กน้อย และเมื่อเปิดสเปรย์หมอกในช่วงแรก ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงระดับหนึ่ง



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนน้อย แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนมาก โดยอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้น

ตารางที่ 4.3 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดสเปรย์หมอก

สถานะสเปรย์หมอก	ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (℃)	อุณหภูมิสุดท้าย (℃)	การเปลี่ยนแปลง (℃)
ปิด	1	31.1	34.2	3.1
	2	30.5	33.7	3.2
	3	30.5	33.7	3.2
	เฉลี่ย	30.70	33.87	3.17
เปิด	1	34.2	30.5	-3.7
	2	33.8	30.5	-3.3
	3	33.8	30.6	-3.2
	เฉลี่ย	33.93	30.53	-3.4

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน คือถ้าปิดสเปรย์หมอกจะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 3.17 องศาเซลเซียส หากเปิดสเปรย์หมอก จะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำลงเฉลี่ย 3.4 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อเปิด-ปิดสเปรย์หมอก

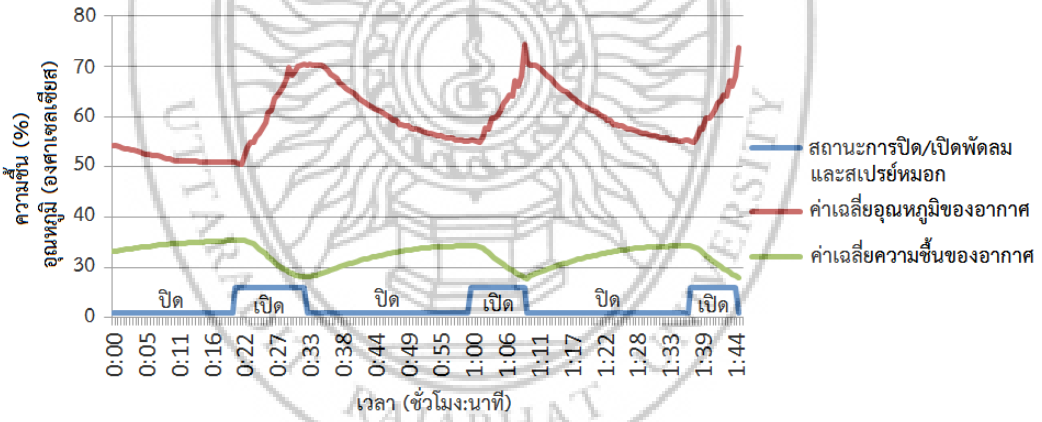
สถานะสเปรย์หมอก	ครั้งที่	ความชื้นเริ่มต้น (%)	ความชื้นสุดท้าย (%)	การเปลี่ยนแปลง (%)
ปิด	1	92.1	56.0	-36.1
	2	91.6	57.3	-34.3
	3	91.0	57.3	-33.7
	เฉลี่ย	91.57	56.87	-34.7
เปิด	1	56.0	92.1	36.1
	2	57.3	91.6	34.3
	3	57.3	91.0	33.7
	เฉลี่ย	56.87	91.57	34.70

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นถึงว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวส่งผลต่อความชื้นของอากาศในโรงเรือนสูงมาก คือถ้าปิดสเปรย์หมอก จะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

ลดลงเฉลี่ย 34.7 % หากเปิดสเปร์หมอกเป็นเวลา 10 นาที จะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 34.7 % โดยมีค่าความชื้นของอากาศเฉลี่ย 91.57 % ดังนั้นระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถที่จะตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ เช่น กรณีเปิดสเปรย์หมอกแล้ว แต่ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนไม่เพิ่มชื้น อาจเกิดจากสเปรย์หมอกชำรุด หรือเมื่อปิดสเปรย์หมอกแล้ว แต่ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนไม่ลดลง อาจเกิดจากวงจรควบคุมสเปรย์หมอกเสียหายไม่ตัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้พัดลม ระบบจะแจ้งเตือนผ่านแอพพลิเคชันเพื่อทำการตรวจสอบและแก้ไข

4.1.3 กรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกพร้อมกัน

จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ของกรณีปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าขณะปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะสูงขึ้น ความชื้นของอากาศจะลดลงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามขณะเปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกเป็นเวลา 10 นาที อุณหภูมิภายในโรงเรือนจะลดลงโดยมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิสูงในช่วงแรกและลดลงเรื่อยๆ ค่าความชื้นของอากาศจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงระดับหนึ่งความชื้นจะมีค่าคงที่



ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอก มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนสูงกว่าการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศอย่างเดียว แต่การปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นอากาศภายในโรงเรือนน้อยกว่าการปิด/เปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียว เพราะการเปิดพัดลมระบายอากาศจะทำ

ให้ความชื้นในอากาศลดลงด้วย อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าอุณหภูมิจะแปรผกผันกับค่าความชื้นเช่นเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา

ตารางที่ 4.5 ผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน

สถานะพัดลมและสเปรย์หมอก	ครั้งที่	อุณหภูมิเริ่มต้น (℃)	อุณหภูมิสุดท้าย (℃)	การเปลี่ยนแปลง (℃)
ปิด	1	27.6	34.3	6.7
	2	27.1	33.3	6.2
	3	26.6	33.3	6.7
	เฉลี่ย	27.10	33.63	6.53
เปิด	1	34.3	27.1	-7.2
	2	33.3	26.6	-6.7
	3	33.3	27.3	-6.0
	เฉลี่ย	33.63	27.00	-6.63

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการปิด/เปิดพัดลมระบายอากาศและสเปรย์หมอกพร้อมกันที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน คือถ้าปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกันจะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 6.53 องศาเซลเซียส หากเปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน จะทำให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนต่ำลงเฉลี่ย 6.63 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.6 ผลการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศภายในโรงเรือน เมื่อปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน

สถานะพัดลมและสเปรย์หมอก	ครั้งที่	ความชื้นเริ่มต้น (%)	ความชื้นสุดท้าย (%)	การเปลี่ยนแปลง (%)
ปิด	1	54.3	49.8	-4.5
	2	69.3	54.1	-15.2
	3	69.8	54.3	-15.5
	เฉลี่ย	64.47	52.73	-11.73
เปิด	1	49.8	69.5	19.7
	2	54.2	73.3	19.1
	3	54.2	66.9	12.7
	เฉลี่ย	52.73	69.90	17.17

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงว่าการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกันส่งผลต่อความชื้นของอากาศในโรงเรือนมาก คือถ้าปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกัน จะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนลดลงเฉลี่ย 11.73 % หากเปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกันเป็นเวลา 10 นาที จะทำให้ความชื้นของอากาศภายในโรงเรือนสูงขึ้นเฉลี่ย 17.7 %

4.2 ผลการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ของสเปรย์หมอกและพัดลมระบายอากาศที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือน ในหัวข้อที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบตัวควบคุมสำหรับระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติในโรงเพาะเห็ดฟาง โดยตัวควบคุมเป็นแบบเงื่อนไขตามเหตุการณ์ 15 กรณี ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การทำงานของตัวควบคุมแบบเงื่อนไขเหตุการณ์ 15 กรณี

อุณหภูมิ	ความชื้น	พัดลม	สเปรย์หมอก	แจ้งเตือน
Very High	High	on	on	off
Very High	Normal	on	on	off
Very High	Low	on	on	off
High	High	on	off	off
High	Normal	on	off	off
High	Low	off	on	off
Normal	High	on	off	off
Normal	Normal	off	off	off
Normal	Low	off	on	off
Low	High	off	off	on
Low	Normal	off	off	on
Low	Low	off	on	on
Very Low	High	off	off	on
Very Low	Normal	off	off	on
Very Low	Low	off	on	on

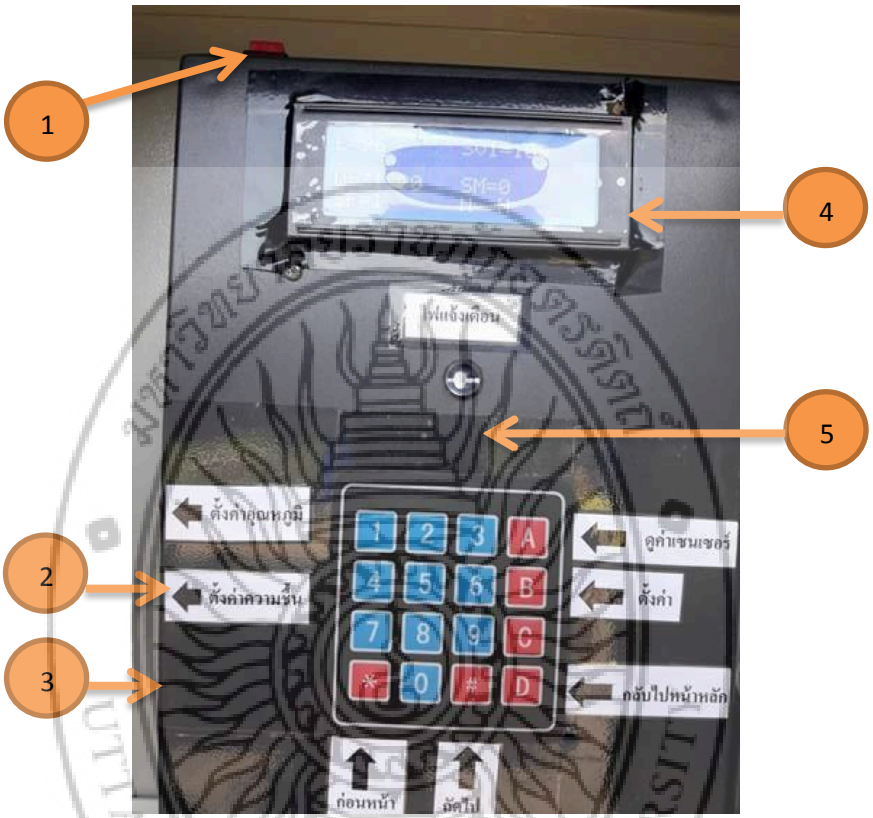
Very High	คือ	ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 3 องศา
High	คือ	ค่าอุณหภูมิที่เกินจากจุดเซตพอยต์ มากกว่า 1 องศา
Normal	คือ	ค่าอุณหภูมิปกติ
Low	คือ	ค่าอุณหภูมิที่น้อยกว่าจากจุดเซตพอยต์มากกว่า 1 องศา
Very Low	คือ	ค่าอุณหภูมิที่น้อยกว่าจากจุดเซตพอยต์มากกว่า 3 องศาขึ้นไป
On	คือ	สถานะการทำงานเปิด
Off	คือ	สถานการณ์ทำงานปิด

4.3 ผลการสร้างระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง

หลังจากที่ทีมนักวิจัยได้ดำเนินการออกแบบระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานของอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยการออกแบบทางด้าน

ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ การออกแบบระบบควบคุมและการออกแบบตู้ควบคุม ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 3 นั้น สามารถแสดงผลการดำเนินการได้ดังนี้

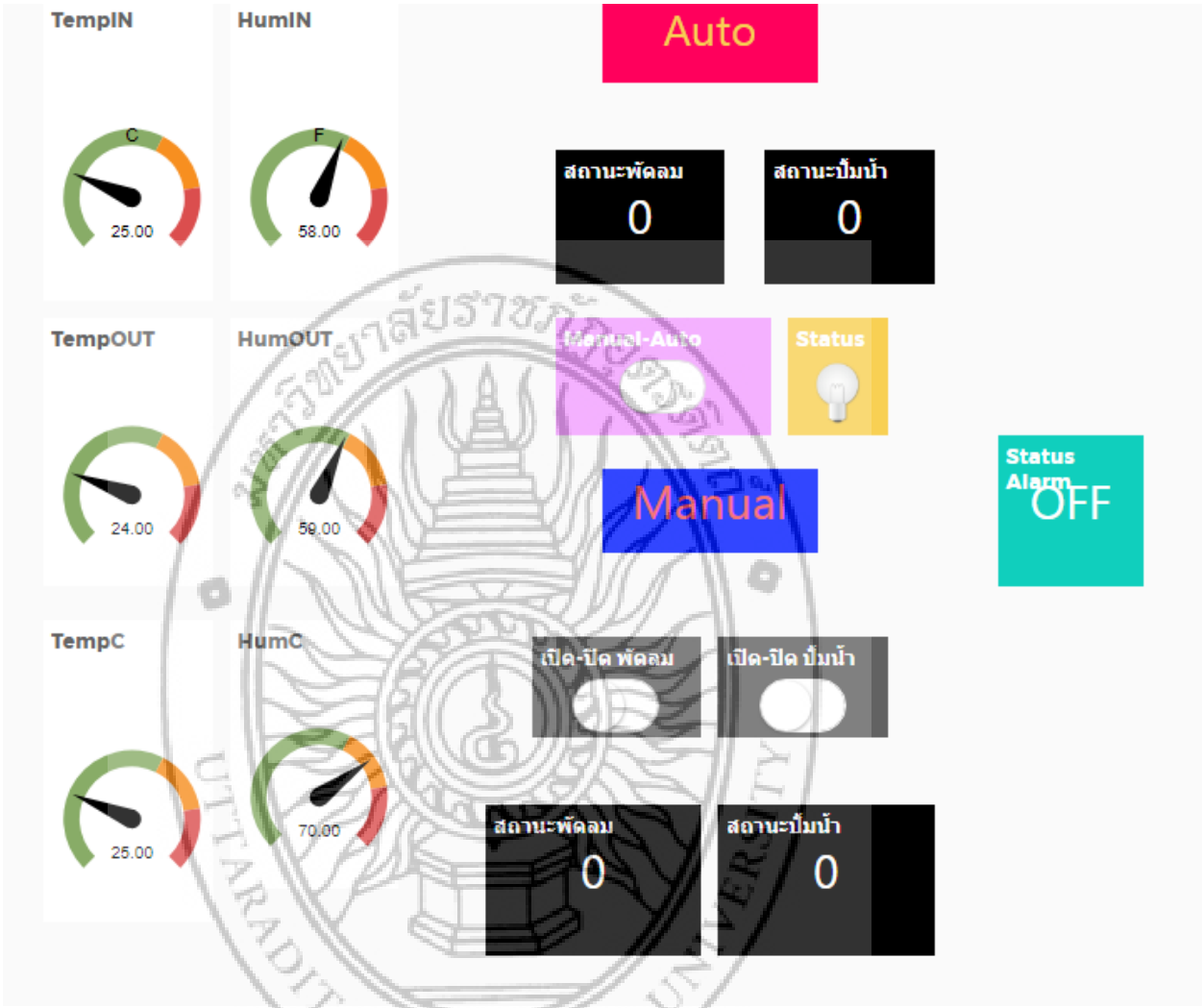
4.3.1 ตู้ควบคุมหลัก



ภาพที่ 4.4 ส่วนประกอบของตู้ควบคุมหลัก

A	ปุ่มเรียกดูค่าเซนเซอร์	1	ปุ่ม Reset
B	ปุ่มตั้งค่า	2	ปุ่มตั้งค่า Set point อุณหภูมิ
D	ปุ่มกลับไปหน้าหลัก	3	ปุ่มตั้งค่า Set point ความชื้น
*	ปุ่มก่อนหน้า	4	จอแสดงผลการทำงาน
#	ปุ่มถัดไป	5	ไฟแจ้งเตือน

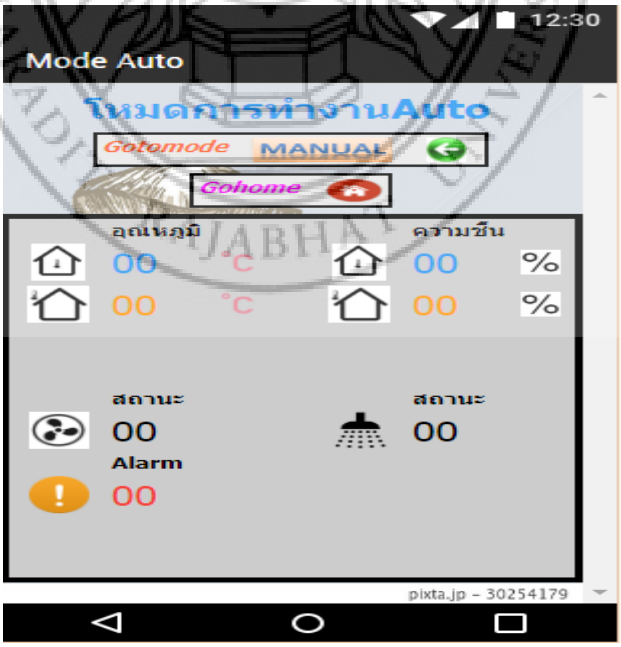
4.3.2 หน้าจอแสดงผลทาง Web Browser



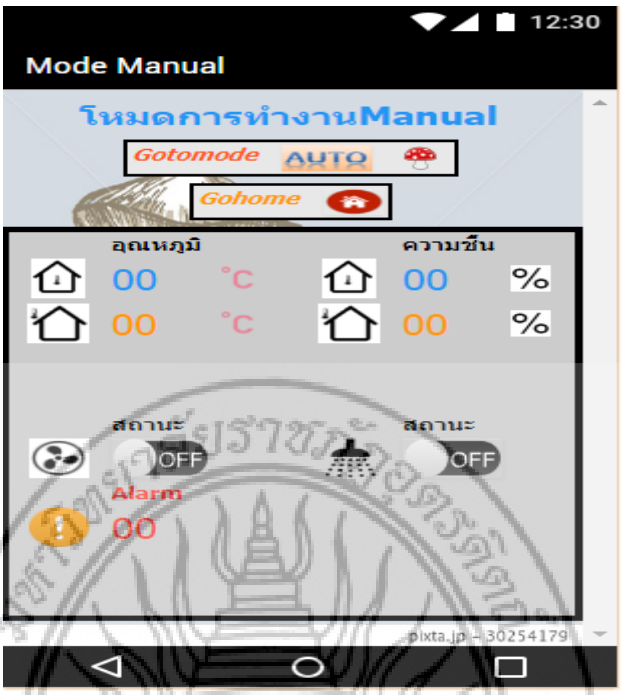
ภาพที่ 4.5 การแสดงผลทาง Web Browser

4.3.3 หน้าแสดงผลทาง Application

ภาพที่ 4.6 การแสดงผลหน้าแรกของ Application



ภาพที่ 4.7 การแสดงผลของ Application ในโหมด Auto



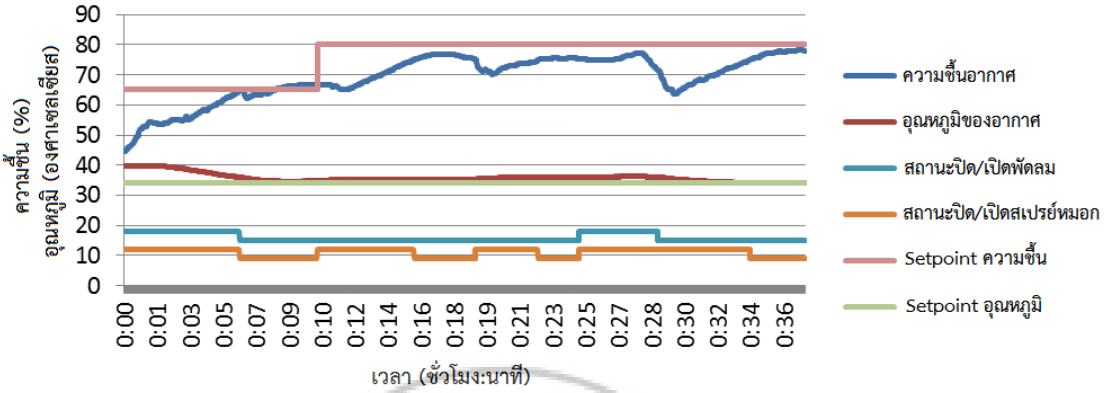
ภาพที่ 4.8 การแสดงผลของ Application ในโหมด Manual

สำหรับรายละเอียดของหน้าจอและวิธีการใช้งานสามารถศึกษาได้ในภาคผนวก 1 และภาคผนวก 2

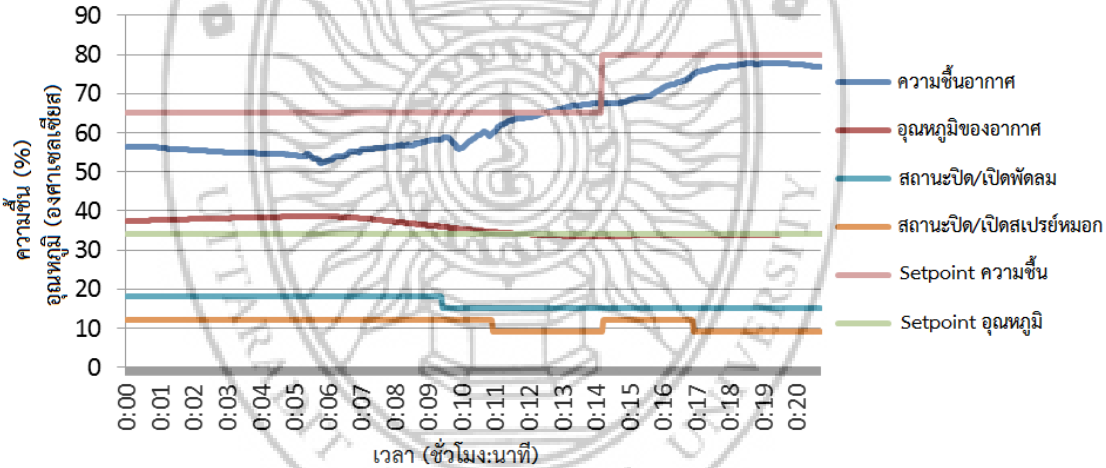
4.4 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง

ในการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง เพื่อทดสอบระบบก่อนที่จะนำไปติดตั้งที่โรงเรือนจริง โดยผู้วิจัยทำการตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิไว้ที่ 34 องศาเซลเซียส และ 36 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 65 % และ 80 % ทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

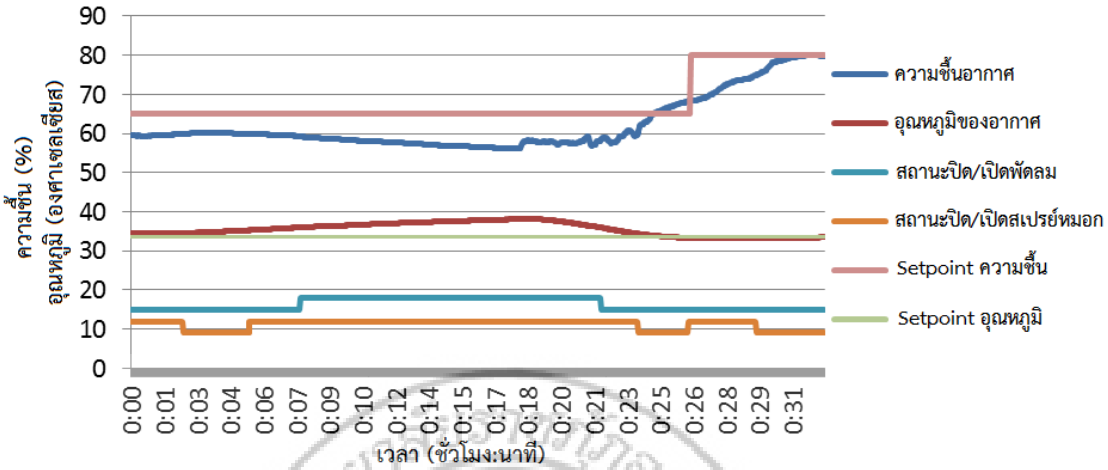
4.4.1 กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.10 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 4.11 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 3

จากทดลองกรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเข้าสู่ช่วง Set Point ได้ แต่มีการแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย ส่วนค่าความชื้นกรณีตั้งค่า Set Point เท่ากับ 65 % ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถควบคุมให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ แต่ใช้เวลานาน และกรณีตั้งค่า Set Point ความชื้นเท่ากับ 80 % ระบบไม่สามารถเข้าสู่ Set Point ได้ โดยระบบจะควบคุมการทำงานของสเปรย์หมอกและพัดลม ให้ปิด/เปิดตามเงื่อนไข 15 กรณีข้างต้น เมื่อเข้าสู่เงื่อนไข Normal-Normal ระบบจะปิดพัดลมและสเปรย์หมอก

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่ 34 องศาเซลเซียส

การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	10	13	25	16
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	2.32	2.57	2.28	2.39
3. ค่า S.D.	1.47	1.98	1.68	1.71

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 65 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส

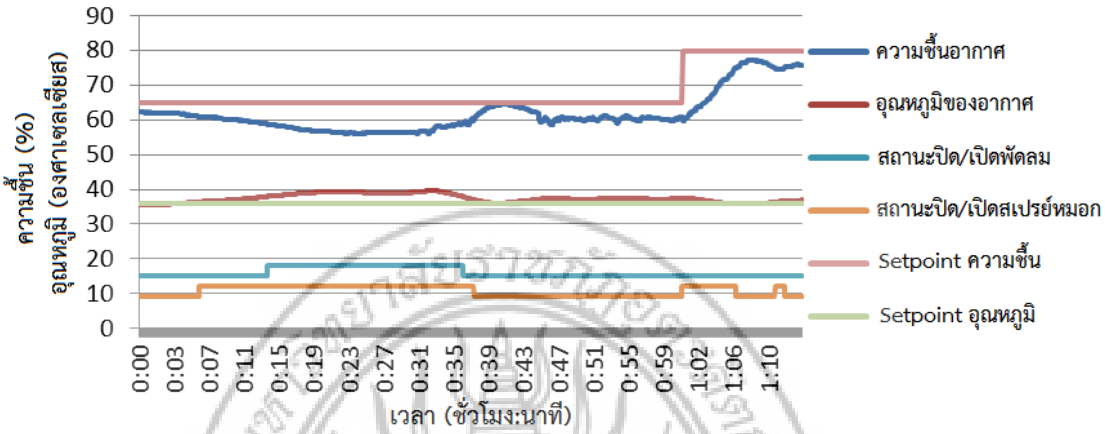
การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	9	14	25	16
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	8.09	8.21	6.39	7.56
3. ค่า S.D.	5.91	4.18	4.07	4.48

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส

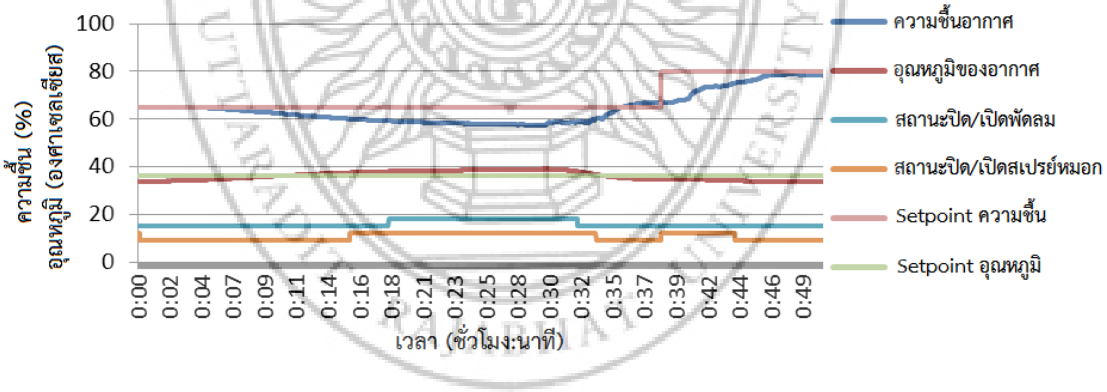
การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	-	-	-	-
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	8.14	6.93	6.29	7.12
3. ค่า S.D.	3.88	3.82	4.07	3.92

จากการทดสอบทดสอบตั้งค่าอุณหภูมิ Set Point ที่ 34 องศาเซลเซียส ค่าความชื้น Set Point ที่ 65 % และ 80 % ทั้ง 3 ครั้ง ทำให้เห็นได้ว่าต้องใช้เวลาเฉลี่ยที่ 16 นาที ในการทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ Set Point ได้ และในส่วนของค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.39 % ค่า S.D. มีค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.71 ด้านความชื้น Set Point ที่ 65 % ต้องใช้เวลาเฉลี่ยที่ 16 นาทีในการทำให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ และมีค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.56 % ค่า S.D. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.48 ในกรณีความชื้น Set Point ที่ 80 % ไม่สามารถทำให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ และค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.12 % ค่า S.D. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.92

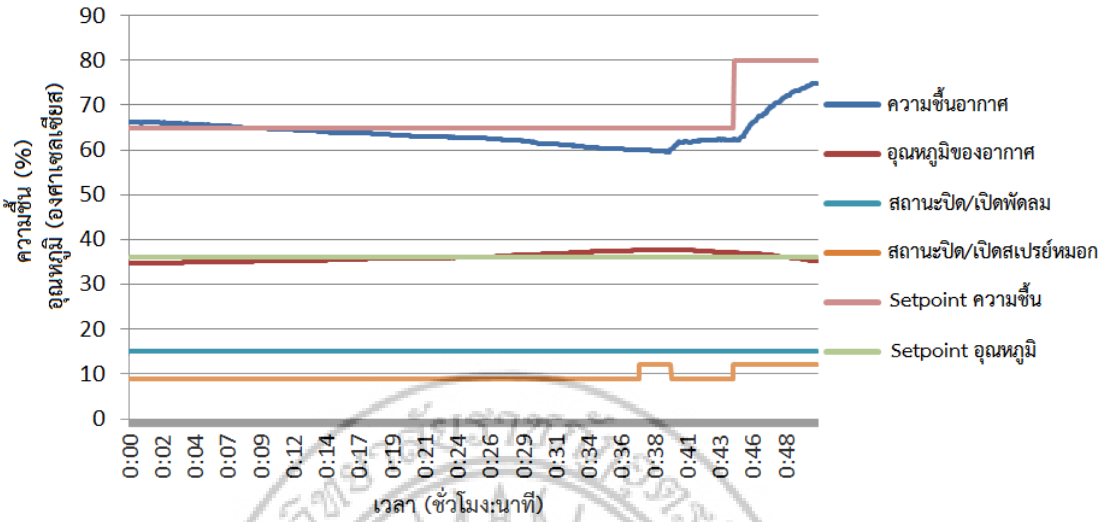
4.4.1 กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ตามลำดับ



ภาพที่ 4.12 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.13 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 4.14 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 65% และ 80% ทดลองครั้งที่ 3

จากทดลองกรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่าได้ผลเช่นเดียวกับกรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 องศาเซลเซียส คือระบบสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเข้าสู่ช่วง Set Point ได้ แต่มีการแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย ส่วนค่าความชื้นกรณีตั้งค่า Set Point เท่ากับ 65 % ผลการทดลองพบว่า ระบบสามารถควบคุมให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ แต่ใช้เวลานาน และกรณีตั้งค่า Set Point ความชื้นเท่ากับ 80 % ระบบไม่สามารถเข้าสู่ Set Point ได้ โดยระบบจะควบคุมการทำงานของสเปรย์หมอกและพัดลม ให้ปิด/เปิด ตามเงื่อนไข 15 กรณีข้างต้น เมื่อเข้าสู่เงื่อนไข Normal-Normal ระบบจะปิดพัดลมและสเปรย์หมอก

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการควบคุมอุณหภูมิที่ 36 องศาเซลเซียส

การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	39	34	23	32
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	1.83	1.93	1.26	1.67
3. ค่า S.D. ตั้งแต่เริ่มต้น	1.17	1.87	0.93	1.32

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 65 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส

การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	63	35	45	48
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	5.86	4.86	2.71	4.47
3. ค่า S.D. ตั้งแต่เริ่มต้น	2.29	2.95	1.87	2.37

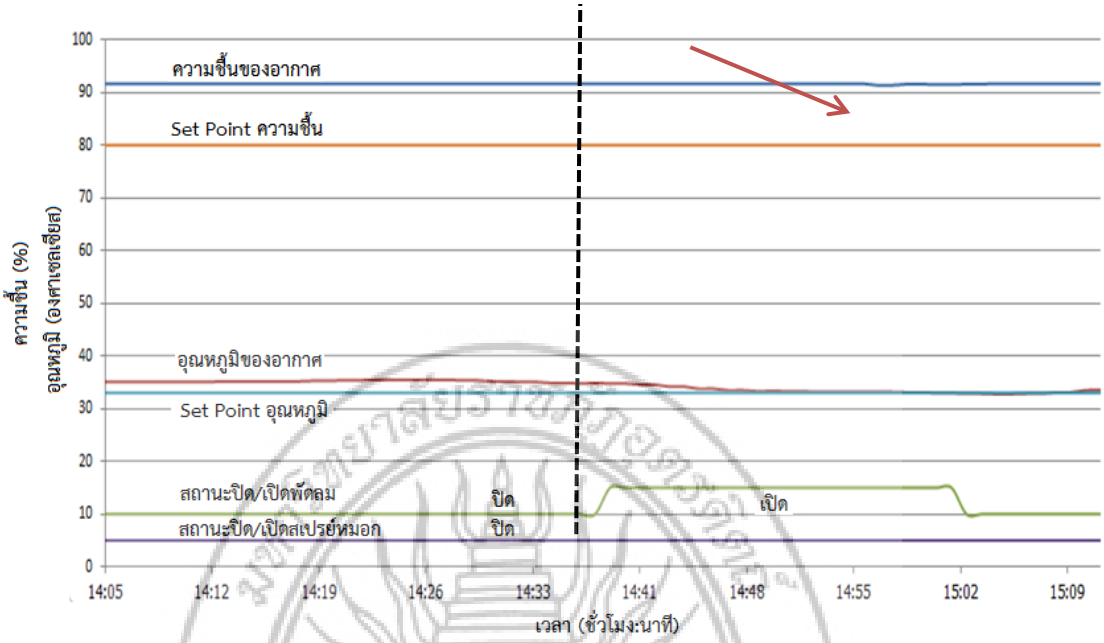
ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการควบคุมความชื้นที่ 80 เปอร์เซ็นต์ กรณีอุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส

การทดลอง	ครั้งที่			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1. เวลาเข้าสู่ Set Point (นาที)	-	-	-	-
2. ค่าความผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น การทำงาน RSME (%)	9.85	10.77	11.17	10.59
3. ค่า S.D. ตั้งแต่เริ่มต้น	6.46	3.98	4.05	4.83

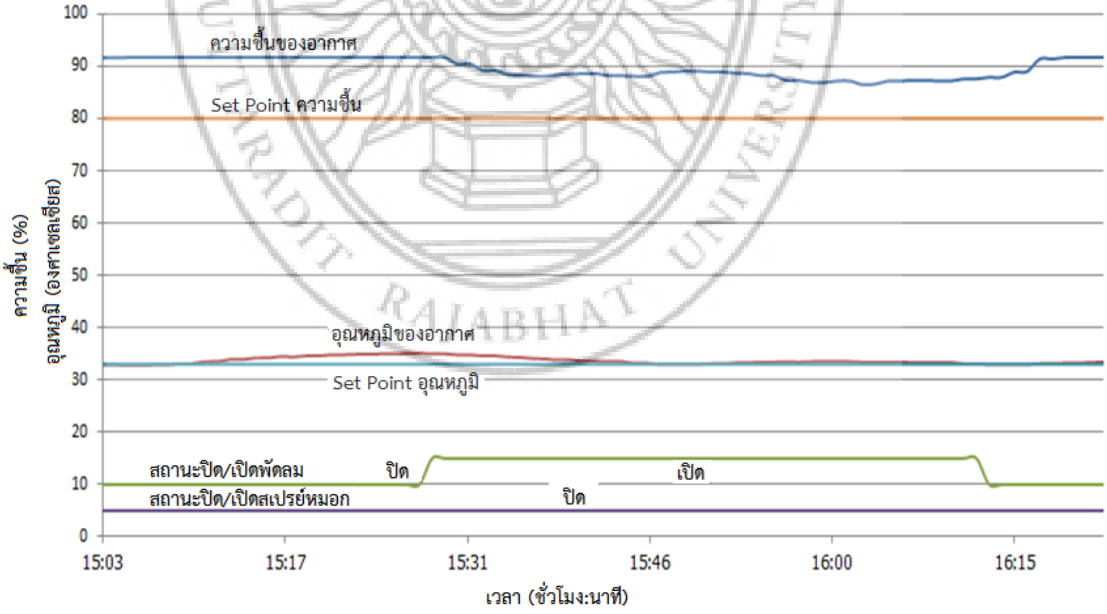
จากการทดลองตั้งค่าอุณหภูมิ Set point ที่ 36 องศาเซลเซียส ค่าความชื้น Set Point ที่ 65 % และ 80 % ทั้ง 3 ครั้ง ทำให้เห็นได้ว่าต้องใช้เวลาเฉลี่ย 32 นาที ในการทำให้อุณหภูมิเข้าสู่ Set Point ได้ และค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.67 % ค่า S.D. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.32 ส่วนกรณีความชื้น Set Point ที่ 65 % ต้องใช้เวลาเฉลี่ย 48 นาที ในการทำให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ และมีค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.47 % มีค่า S.D. มีค่าเฉลี่ยอยู่ 2.37 ในกรณีความชื้น Set Point ที่ 80 % ไม่สามารถทำให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ มีค่าความผิดพลาดมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.59 % ค่า S.D. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.83

4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

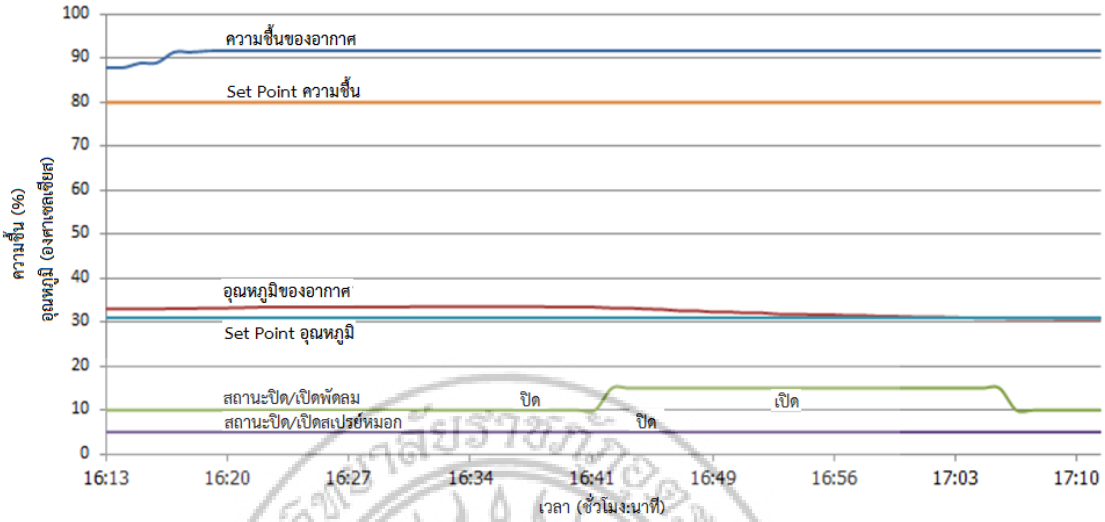
หลังจากทำการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลองแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำระบบไปติดตั้งที่โรงเรือนเพาะเห็ดฟางอริยาฟาร์ม และทำการทดสอบระบบโดยผู้วิจัยทำการตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิไว้ที่ 31 องศาเซลเซียส และ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80 % ทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.15 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 1



ภาพที่ 4.16 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 33 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 2



ภาพที่ 4.17 การทำงานของระบบ กรณีตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 31 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นเท่ากับ 80% ทดลองครั้งที่ 3

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือนทั้ง 3 ครั้ง พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ Set Point ได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่ Set Point ได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนมีความชื้นสูงกว่าค่า Set Point

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมอุณหภูมิของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

อุณหภูมิภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (องศาเซลเซียส)	35.5	35.1	33.5
ค่าต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	32.8	32.8	30.7
ค่าเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)	34.32	33.68	32.49
S.D.	0.99	0.69	1.02
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	1.82	0.98	1.66
พัดลมเปิด (นาที)	23	43	23

ตารางที่ 4.15 ข้อมูลการหาประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้นของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางที่โรงเรือนอริยาฟาร์ม

ความชื้นภายใน	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
ค่าสูงสุด (%)	91.7	91.7	91.7
ค่าต่ำสุด (%)	91.4	86.5	87.9
ค่าเฉลี่ย (%)	91.67	89.64	91.47
S.D.	0.06	1.88	0.83
ค่าความผิดพลาด RMSE (%)	11.59	9.88	11.76
ปั๊มน้ำ (นาที)	0	0	0

4.6 การศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์

จากการเก็บข้อมูลการเพาะปลูกเห็ดฟางของอริยาฟาร์มเห็ด จะได้ผลผลิตต่อหนึ่งรอบการเก็บผลผลิตอยู่ที่ 80 กิโลกรัม เมื่อนำรายได้จากการขายผลผลิตที่ได้มาคิดค่าแรงงานคนและค่าต่าง ๆ

ตารางที่ 4.16 รายละเอียดของการเพาะเห็ดต่อหนึ่งรอบการผลิต

รายการ	การเพาะเห็ดแบบเดิม (บาท)	การเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ (บาท)	หมายเหตุ
เงินลงทุน			
ค่าเครื่องควบคุม	-	30,000	
ค่าใช้จ่ายต่อรอบการผลิต			
ค่าวัสดุเพาะ	960	960	
ค่าเชื้อ+อาหารเสริม	490	490	
ค่าโรยเชื้อ 1 คน	250	250	
ค่าปูฟาง + ผสมเข้า 2 คน	500	500	
ค่าอบไอน้ำ 1 คน	250	250	
ค่าคนดูแล 1คน 10 วัน	2,500	1,250	ค่าแรงลดลง
ค่าเก็บเห็ด 1คน 6วัน	1,500	1,500	

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

รายการ	การเพาะเห็ดแบบเดิม (บาท)	การเพาะเห็ดแบบอัตโนมัติ (บาท)	หมายเหตุ
ค่าน้ำ	-	-	ใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ
ค่าไฟฟ้า	-	-	ใช้ไฟจากแผงโซล่าเซลล์
ค่าฟืน	-	-	ใช้ไม้ที่ปลูกเอง
รายรับต่อรอบการผลิต			
ผลผลิต (กิโลกรัม)	70	80	
ราคาขายผลผลิต กิโลกรัมละ	100	100	
คิดเป็นเงิน	7,000	8,000	
กำไรต่อรอบการผลิต	550	2,800	
รายรับที่เพิ่มขึ้นต่อรอบการผลิต		2,250	

เมื่อนำมาคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว สรุปได้ว่าระบบเดิมได้กำไร 550 บาท จากการขายผลผลิต 70 กิโลกรัม ซึ่งต่างจากระบบอัตโนมัติถึง 2,250 บาท ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนแลลงได้ในส่วนของการลดน้ำ และการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้เกษตรกรผู้ผลิตสามรถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครึ่งหนึ่ง

การคำนวณจุดคุ้มทุนคิดได้จาก $\frac{\text{ค่าเครื่องควบคุม}}{\text{กำไร}}$ = รอบการผลิต

สามารถคำนวณได้ดังนี้ $\frac{30,000}{2,800}$ = 10 รอบการผลิต

จากการคำนวณเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการติดตั้งเครื่องควบคุมแล้ว สรุปได้ว่าหาก ทำการเพาะเห็ดด้วยระบบอัตโนมัติ จุดคุ้มทุนที่เกษตรกรผู้เพาะเห็ดลงทุนกับเครื่องควบคุมอยู่ที่ 10 รอบการผลิต ก็สามารถคืนทุนให้กับเกษตรกรผู้เพาะเห็ดได้แล้ว

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของพัดลมและสเปรย์หมอกที่ส่งผลต่ออุณหภูมิและความชื้นของอากาศในโรงเรือนจำลอง พบว่าการเปิดพัดลมอย่างเดียวส่งผลทำให้อุณหภูมิของอากาศในโรงเรือนลดลงในระดับปานกลาง เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 3.6 องศาเซลเซียส การเปิดสเปรย์หมอกอย่างเดียวส่งผลให้ความชื้นของอากาศในโรงเรือนเพิ่มขึ้นในระดับมาก เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 34.7 % และการเปิดพัดลมและสเปรย์หมอกพร้อมกันส่งผลให้อุณหภูมิของอากาศลดลงในระดับมาก เฉลี่ยลดลงเท่ากับ 6.63 องศาเซลเซียส และทำให้ความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง เฉลี่ยเพิ่มขึ้นเท่ากับ 17.17 % สรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในโรงเรือนของการปิด/เปิดพัดลมและสเปรย์หมอก

การปิด/เปิดอุปกรณ์		**ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม**	
สถานะพัดลม	**สถานะสเปรย์หมอก**	**อุณหภูมิของอากาศ**	**ความชื้น**
เปิด	ปิด	ปานกลาง (-3.6)	น้อย (+0.67 %)
ปิด	เปิด	น้อย (-3.4)	มาก (+34.7 %)
เปิด	เปิด	มาก (-6.63)	ปานกลาง (+17.17 %)

ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางบนพื้นฐานอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) จะมีการทำงานแยกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ 1) ระบบควบคุมสภาพแวดล้อมอัตโนมัติจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ มาประมวลผลด้วยตัวควบคุมแบบเงื่อนไข 15 กรณี โดยนำค่าที่วัดได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ หากมีค่าไม่ตรงตามค่าที่ตั้งไว้ระบบควบคุมจะส่งสัญญาณไปเปิด/ปิด ปั๊มน้ำสเปรย์หมอก และพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ค่าที่วัดได้ตรงกับค่าที่ตั้งไว้ รวมถึงมีการบันทึกค่าลงฐานข้อมูลเพื่อสามารถดูค่าย้อนหลังหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้ นอกจากนี้ ยังมีระบบแจ้งเตือนเกษตรกรเมื่อเกิดความผิดปกติของสภาพแวดล้อมในโรงเพาะเห็ดด้วย 2) การเชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ตเป็นการพัฒนาให้สามารถแสดงผลการทำงาน แจ้งเตือน และควบคุมการทำงานในรูปแบบอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) ด้วยอุปกรณ์

สมาร์ทโฟน แท็บเล็ตและเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเกษตรกรสามารถใช้อุปกรณ์ดังกล่าวดูสถานะต่างๆ ของโรงเรือน และสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นอัตโนมัติ/ควบคุมด้วยมือ (Auto/Manual) เพื่อควบคุมอุปกรณ์แต่ละตัวด้วยเกษตรกรเอง สามารถตั้งค่าการทำงาน (Configuration) ต่าง ๆ ได้ผ่านแอพพลิเคชั่น

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางกับโรงเรือนจำลอง โดยทำการทดลองตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิเท่ากับ 34 และ 36 องศาเซลเซียส ความชื้นเท่ากับ 65 และ 80 % ระบบสามารถควบคุมให้อุณหภูมิเข้าสู่ช่วง Set Point ได้ แต่มีการแกว่งขึ้นลงเล็กน้อย ส่วนค่าความชื้น ระบบสามารถควบคุมให้ความชื้นเข้าสู่ Set Point ได้ แต่ใช้เวลานาน โดยตัวควบคุมการทำงานของสเปรย์หมอกและพัดลม ให้ปิด/เปิดตามเงื่อนไข 15 กรณี เมื่อเข้าสู่เงื่อนไข Normal-Normal ตัวควบคุมจะปิดพัดลมและสเปรย์หมอก

จากการทดสอบการทำงานของระบบควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับโรงเพาะเห็ดฟางในโรงเรือน โดยตั้งค่า Set Point ของอุณหภูมิไว้ที่ 33 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นไว้ที่ 80 % พบว่าระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้เข้าสู่ Set Point ได้ แต่ไม่สามารถควบคุมความชื้นให้เข้าสู่ Set Point ได้ เนื่องจากภายในโรงเรือนจริงมีความชื้นสูงกว่าค่า Set Point อย่างไรก็ตาม ไม่ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของเห็ดฟาง เนื่องจากเห็ดฟางต้องการความชื้นของอากาศอยู่ในช่วง 80 – 90 %

5.2 อภิปรายผล

ระบบควบคุมที่ออกแบบมาเหมาะสมกับการใช้งานแล้ว เนื่องจากระบบสามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 0.44 % ส่วนของความชื้นสามารถควบคุมให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ได้เป็นที่น่าพอใจ มีค่าความผิดพลาดในการควบคุมความชื้นเท่ากับ 1.25% ค่าความผิดพลาดมีผลมาจากสภาพอากาศภายนอกที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน และการคลายความร้อนของวัสดุเพาะที่เกิดจากผสมของสารเคมีที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในโรงเรือน

แอพพลิเคชั่นสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่เกิดปัญหาในเรื่องของการเรียกดูค่าต่างๆผ่านทางอินเตอร์เน็ตและแอพพลิเคชั่นจากระบบควบคุม และสามารถสั่งงานกลับไปยังควบคุมระบบได้อย่างแม่นยำ

จากการคิดกำไรที่ได้หลังจากคิดค่าใช้จ่ายในหนึ่งรอบของการผลิตแล้ว ระบบอัตโนมัติสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพาะเห็ดแบบเดิมได้อีก 10 กิโลกรัม และยังสามารถลดภาระหน้าที่ของคนดูแลลงได้ในส่วนของการรดน้ำ และการดูแลเห็ดในช่วงกลางคืน ทำให้ผู้ผลิตสามารถลดค่าใช้จ่ายในการจ้างคนดูแลได้ครึ่งหนึ่ง และจุดคุ้มทุนที่ได้จากการคำนวณ เพื่อคืนกำไร

ให้กับเกษตรกรอยู่ที่ 10 รอบการผลิต ซึ่งกำไรที่ได้ในรอบการผลิตต่อ ๆ ไปจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรมีการพัฒนาในส่วนของเว็บแอปพลิเคชั่นให้มีความสวยงามมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ควรออกแบบระบบจ่ายไฟให้มีเสถียรภาพเหมาะต่อการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

5.3.3 ควรตรวจสอบเซนเซอร์ที่ใช้งานอยู่ตลอด

5.3.4 ควรมีระบบแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชั่น เช่น Line, Facebook เป็นต้น

5.3.5 ควรใช้สายไฟและสายสัญญาณที่มีมาตรฐาน เหมาะสมกับการใช้งาน

5.3.6 สายสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่อเซฯเซอร์ ไม่ควรยาวเกิน 20 เมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2545). *เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง*. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. (2547). *การเพาะเห็ดฟาง*. เอกสารเผยแพร่

กลุ่มงานจุลชีววิทยาประยุกต์. (2541). *ข้อมูลเชื้อพันธุ์เห็ดบริการ*. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ชาญยุทธ์ ภาณุทัต. (2540). *เทคนิคการเพาะเห็ดฟาง*. กองส่งเสริมพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

ต่วนนูรีซันน์ สุริยะ. (2559). *อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์กับการบริหารจัดการห้องเรียนอัจฉริยะ*. วารสารการอาชีวะและเทคนิคศึกษา ปีที่ 6 ฉบับที่ 11 มกราคม – มิถุนายน 2559.

ฤทัยชนก จริงจิตร. (2556). *เจาะลึก "Smart Farmer" แค่แนวคิดใหม่ หรือจะพลิกโฉมการเกษตรไทย*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://tpso.moc.go.th/img/news/1074-img.pdf. 18 กันยายน 2560.

ณัฐภูมิ สุดแก้ว และ คมสันต์ หุตะแพทย์. (2552). *การเพาะเห็ดสวนครัว*. สำนักพิมพ์ เกษตรกรรม ธรรมชาติ. กรุงเทพฯ.

บริษัท ซีเอส ล็อกซอินโฟ จำกัด (มหาชน) . (2559). *Cloud Computing*. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://dccloud.csloxinfo.com/th/wecloud01/. 7 พฤษภาคม 2559

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. (2558). *GAS Sensor Getting Started*. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/gas-sensor-getting-started.html. 20 ตุลาคม 2558.

ประสาน ยิ้มอ่อน. (2549). *การเพาะเห็ด*. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลย อลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี.

ประภาพร กุลลิ้มรัตน์ชัย. (2559). **"**Internet of Things : แนวโน้มเทคโนโลยีปัจจุบันกับการใช้งานในอนาคต", *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย* . ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, มกราคม- เมษายน 2559. หน้า 29-36.

ธีรยศ เวียงทอง และประยูร จวงจันทร์. (2554). *ระบบควบคุมอุณหภูมิความชื้นอัตโนมัติในโรงเรือนแบบปิด*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

ธำรงศีล พันธ์ทอน และปกรณ์ มีคุณ. (2557). *เครื่องควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเห็ดระบบปิด (Temperature and Humidity Controller in the Close MushroomHouse)*. โครงงานสาขาวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี.

วิทยา ทวีนุช. (2552). *การเพาะเห็ดแบบเศรษฐกิจพอเพียง*. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท สกายบุกส์ จำกัด, ปทุมธานี.

วสันต์ เพชรรัตน์. (2536). *การผลิตเห็ด*. ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยาการธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วรพงษ์ มณีคำ. (2549). *การศึกษาผลตอบแทนทางการเงินในการเพาะเห็ดฟางโดยโรงเรือน :กรณีศึกษาเกษตรกร อำเภอบางแพ จังหวัดราชบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ศศิรินทร์ อธิมา, โชค มิเกล็ด, กรวรรณ ศรีงาม และสุลิตา กันทะอุโมงค์. (2555). *การเพาะเห็ดเศรษฐกิจ.* ศูนย์บริการวิชาการและถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิสร ถมยา. (2557). *การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น ตำบลปงยางคก อำเภอห้างฉัตร จังหวัดลำปาง.* คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยจังหวัดเชียงใหม่. (2555). *หนังสือเรียนสาระการประกอบอาชีพ รายวิชาเลือก รหัสวิชา อช02006 ระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรการศึกษานอกระบบระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2559). *ประเทศไทย 4.0.* เอกสารวิชาการอิเล็กทรอนิกส์. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.parliament.go.th/library.18 กันยายน 2560.

สุเทพ ญาดี และคณะ. (2552). *เกษตรก้าวหน้า.* บริษัทพรีเมียร์โปร, กรุงเทพฯ.

สุธากร แทบศรี. (2555). *ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ โรงเรือนเพาะเห็ดแบบปิด.* ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สาคร ศรีมุข. (2558). *การปฏิรูประบบการเกษตร : การพัฒนาเกษตรปราดเปรื่อง.* กลุ่มงานวิจัยและข้อมูล สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

Apple. (2558). *Apple - Apple Watch - Health and Fitness.* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.apple.com/watch/health-andfitness/. 7 พฤษภาคม 2559.

Arduino Engineer. (2559). *การใช้งาน DHT11 Humitdity and Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino*. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.arduitronics.com/ article/13/การใช้งาน-dht11-humitdity-and-temperature-sensor-กับบอร์ด-arduino%99-dht11-humitdity-and-temperature-sensor. 3 พฤษภาคม 2559.

Arduino Engineer. (2558). *การต่อใช้งาน SD Card Module* . [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.arduitronics.com/article/10 /การต่อใช้งาน-sd-card-module-ตอนที่-1. 18 ตุลาคม 2558

Ashton K., (2009). *That ‘‘Internet of Things’’ thing*, RFiD Journal.

Cisco. (2558). *Internet of Things (IoT).* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.cisco.com/web/solutions/trends/io t/overview.html. 3 พฤษภาคม 2559.

Codemobiles Company Limited . (2559). *เซ็นเซอร์วัดความชื้น.* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.arduino.codemobiles.com/product/174/เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน-soil-moisture-sensor. 3 พฤษภาคม 2559

Dillon, T.; Chen Wu; Chang, E., (2010). *Cloud Computing: Issues and Challenges*. Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2010 24th IEEE International Conference on, vol., no., pp.27, 33, 20-23 April 2010.

Engineer007. (2557). *บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3.* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.engineer007.com/articles/42096260/ Review-บอร์ดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์-Arduino-Uno-R3-และการใช้งาน-Software-Arduino-.html. 8 เมษายน 2557

IOXhop . (2558). *ESP8266 รุ่นที่นิยมใช้งาน.* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.ioxhop.com/article/13/esp8266-ตอนที่-1-รู้จักกับ-esp-และรุ่นที่นิยมใช้งาน. 20 ตุลาคม 2558.

Kotler, P., & Keller, K. L. (2009). *Marketing management*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.

Mcunity. (2558). *รายละเอียดเชิงเทคนิคของไอซี BH1750FVI.* [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.mcucity.com/product/1045/gy-302-bh1750-bh1750fvi-digital-light-intensity-sensor-module-for-arduino. 20 ตุลาคม 2558.

Robotinc Asia. (2557). *เริ่มต้นใช้งาน ARDUINO NANO V3.0*. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.robotinc.asia/Arduino/ArduinoNANO.html. 8 เมษายน 2557.

Smart IoT. (2009). *เรียนรู้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ด้วย Arduino*. สืบค้นเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2559 จาก http://smartiot.blogpot.com/2015/07/internetof-things.html

Stuart Leung. (2014). *Google Glass: 10 Great Uses for Businesses*. ค้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2559. จาก https://www.salesforce.com/blog/2014/07/goo gle-glass-business.html.