ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ

A SMART AGRICULTURAL PRODUCT MANAGEMENT SYSTEM

นายณัฐวัฒน์ จำปาจันทร์

MR. NATTAWAT CHAMPACHAN

นายทัตพงศ์ เปรมวิวัฒน์

MR. TADPHONG PREMWIWAT

นายธาวิน ฐิติฐานานุศักดิ์

MR. TAWIN TITHITANANUSAK

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A SMART AGRICULTURAL PRODUCT MANAGEMENT SYSTEM

MR. NATTAWAT CHAMPACHAN
MR. TADPHONG PREMWIWAT
MR. TAWIN TITHITANANUSAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2021

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ

A SMART AGRICULTURAL PRODUCT MANAGEMENT SYSTEM

นักศึกษา

นาย ณัฐวัฒน์	จำปาจันทร์	รหัสประจำตัว	61010357
นาย ทัตพงศ์	เปรมวิวัฒน์	รหัสประจำตัว	61010403
นาย ธาวิน	ฐิติฐานานุศักดิ์	รหัสประจำตัว	61010505

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.รณน เจียรตระกูล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ
นักศึกษา	นายณัฐวัฒน์ จำปาจันทร์
	นายทัตพงศ์ เปรมวิวัฒน์
	นายธาวิน ฐิติฐานานุศักดิ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.รณน เจียรตระกูล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างต้นแบบระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและสร้างโรงเรือนอัจฉริยะภายใต้แนวคิดอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ที่ประกอบด้วย ชุดเซนเซอร์ที่ทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ขับเคลื่อนด้วยชุดคำสั่งของโปรแกรม เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นว่าการพัฒนาการเกษตรมีความสำคัญต่อสภาพปัจจุบันของประเทศ จึงมีแนวคิดในการการสร้างระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการบริหารจัดการด้านการเกษตรกรรมที่มีประสิทธิภาพสูง ช่วยลดภาระให้เกษตรกรชาวไทย ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยในโรงเรือนสามารถวัดค่าปัจจัยที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชเช่น ค่าความชื้นในดิน ค่าปริมาณแสงและสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านั้นผ่านทางการควบคุมระยะไกล สามารถควบคุมปริมาณการให้น้ำให้มีค่าเหมาะสมต่อชนิดของพืชที่เพาะปลูก ผู้จัดทำดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเพาะปลูกให้มีประสิทธิภาพที่สูงสุดและสร้างโปรแกรมเพื่อจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรระหว่างเกษตรกรกับลูกค้า โดยลูกค้าสามารถติดตามได้ตั้งแต่เริ่มการเพาะปลูกและสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรภายในโรงเรือนในขณะที่เกษตรกรดำเนินการเพาะปลูก สามารถตรวจสอบสถานะกระบวนการเพาะปลูกของพืช โดยโปรแกรมนี้จัดสร้างขึ้นเพื่อความสะดวกสบายและตอบสนองความต้องการของฝ่ายเกษตรกรและฝ่ายของลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Smart Agricultural Product Management System
Student	MR. Nattawat Champachan
	MR. Tadphong Premwiwat
	MR. Tawin Tithitananusak
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Ranon Jientrakul

ABSTRACT

This thesis aims to create a prototype of agricultural product management system and build a smart greenhouse under the concept of the Internet of things consisting of sensors connected to a microcontroller driven by instructions for programs because Thailand is an agricultural country therefore, the organizer see that agricultural development is important to the current state of the country so the idea was to create a system for efficient agricultural management help to reduce the burden on Thai farmers paying attention to the environment and the safety of consumers. In the greenhouse can measure the factors necessary for plant growth such as soil moisture the amount of sunlight can control those factors with long distance able to control the amount of water to be suitable for the type of crops cultivated. The organizer conducts a greenhouse performance test to improve and develop cultivation for maximum efficiency and create programs to manage agricultural products between farmers and customers. Customers can follow up from the start planting and have access to agricultural products inside the greenhouses while the farmers are planting able to watch the cultivation process status of plants. This program is created for convenience and meets the demand of farmers and customers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่องระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ สำเร็จบรรลุตามเป้าหมายไปได้ด้วยดีและมีความสมบูรณ์ เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ผศ.ดร.รณน เจียรตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนชี้แนะแนวทางสำหรับปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง คณะผู้จัดทำซาบซึ้งเป็นอย่างสูงในความกรุณาและความทุ่มเทที่อาจารย์มอบให้นี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.รณน เจียรตระกูล เป็นอย่างสูงที่สละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาและแนวคิดต่างๆที่มีประโยชน์แก่คณะผู้จัดทำ เป็นผลให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกๆท่านที่คอยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือต่างๆจนเป็นผลให้คณะผู้จัดทำสามารถจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จ

อนึ่ง คณะผู้จัดทำหวังไว้เป็นอย่างสูงว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ที่เกิดจากความทุ่มเทและความพยายามจะมีค่า และเกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงมีความประสงค์ที่จะขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แด่เหล่าคณาจารย์ที่ช่วยประสิทธิประสาทวิชา และในส่วนของข้อบกพร่องของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอน้อมรับผิดไว้แต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำต่างๆจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษาเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

นาย ณัฐวัฒน์ จำปาจันทร์
นาย ทัตพงศ์ เปรมวิวัฒน์
นาย ธาวิน ฐิติฐานานุศักดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... **ก**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... **ข**

กิตติกรรมประกาศ ..... **ค**

สารบัญ ..... **ง**

สารบัญตาราง ..... **ช**

สารบัญรูป ..... **ซ**

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตการศึกษางานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 แผนการดำเนินงาน 3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลและแอพพลิเคชั่น 5

2.1.1 Internet of Things (IoT) 5

2.1.2 ความรู้เบื้องตนที่เกี่ยวกับ IoT 8

2.1.3 ฐานข้อมูล 9

2.1.4 การจัดการข้อมูลสารสนเทศ 9

2.1.5 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาทางคอมพิวเตอร์ 11

2.1.6 บอร์ด Arduino Mega 2560 11

2.1.7 เซนเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 12

2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช 13

2.2.1 ปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.3 การออกแบบการทดลอง Design of Experiment (DOE) 13
2.3.1 หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง 13
2.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab 16
2.3.3 การอ่านค่ากราฟในโปรแกรม Minitab 17
2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ 19
2.4.1 การวัดความเที่ยง 19
2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง 19

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ออกแบบการทำงานของระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ 22
3.1.1 ออกแบบรูปแบบการทำงาน 22
3.1.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์ 23
3.1.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ 27
3.2 การทดลองปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน 29
3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 29
3.2.2 ขั้นตอนการเพาะปลูก 29
3.2.3 การทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน 30

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน 34
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการเพาะปลูกในโรงเรือนและนอกโรงเรือน 43
4.3 การใช้งานในหน้าแสดงผลของโปรแกรม 49

บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล

5.1 สรุปผลการวิจัย 57
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 58
5.3 การออกแบบโปรแกรม 58
5.4 ข้อเสนอแนะ 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

เอกสารอ้างอิง 59

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ ก โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมการเก็บค่าของ Arduino 62
ภาคผนวกที่ ข โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอพพลิเคชั่น 72
ภาคผนวกที่ ค โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้งาน 83
ภาคผนวกที่ ง ขั้นตอนการเพาะปลูกของต้นอ่อนทานตะวัน 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 Gantt Chart แสดงระยะเวลาของการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนของโครงการ 4
ตารางที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง 20
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดเซนเซอร์ที่เก็บค่าข้อมูล 23
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดอุปกรณ์ระบบรดน้ำภายในโรงเรือน 26
ตารางที่ 3.3 การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย 31
ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเปรียบน้ำหนักของตนอ่อนทานตะวัน 35
ตารางที่ 4.2 การทดลองอัตราการไหลของน้ำภายในระบบ 43
ตารางที่ 4.3 ตารางส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกนอกโรงเรือน 45
ตารางที่ 4.4 ตารางส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกในโรงเรือน 46
ตารางที่ 4.5 ตารางน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 หลักการออกแบบการทดลอง 13
รูปที่ 2.2 การอ่านค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน 17
รูปที่ 2.3 การอ่านกราฟ Pareto Chart 17
รูปที่ 2.4 การอ่านกราฟ Main Effect Plot 18
รูปที่ 2.5 การอ่านกราฟ Interaction Plot 18
รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลของข้อมูล 22
รูปที่ 3.2 โครงสร้างวงจรระบบควบคุมการจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ 25
รูปที่ 3.3 ระบบรดน้ำภายในโรงเรือน 27
รูปที่ 3.4 Sitemap อธิบายการทำงานของโปรแกรม 28
รูปที่ 3.5 ตัวแปรชี้วัดของกระบวนการเพาะปลูก 31
รูปที่ 3.6 การดำเนินการทดลอง (Design of Experiments (DOE)) 32
รูปที่ 3.7 ต้นอ่อนทานตะวันในการทดลอง 33
รูปที่ 4.1 ข้อมูลตัวแปรชี้วัดน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน 35
รูปที่ 4.2 กราฟ Normal Plot of Standardized Effects 36
รูปที่ 4.3 กราฟ Half Normal Plot of Standardized Effects 36
รูปที่ 4.4 กราฟ Pareto Chart the Standardized Effects 37
รูปที่ 4.5 กราฟ Main Effects Plot for Weight 37
รูปที่ 4.6 กราฟ Interaction Plot for Weight 38
รูปที่ 4.7 กราฟ Cube Plot for Weight 38
รูปที่ 4.8 ข้อมูลตัวแปรชี้วัดส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน 39
รูปที่ 4.9 กราฟ Normal Plot of Standardized Effects 39
รูปที่ 4.10 กราฟ Half Normal Plot of Standardized Effects 40
รูปที่ 4.11 กราฟ Pareto Chart the Standardized Effects 40
รูปที่ 4.12 กราฟ Main Effects Plot for Height 41
รูปที่ 4.13 กราฟ Interaction Plot for Height 41
รูปที่ 4.14 กราฟ Cube Plot for Height 42
รูปที่ 4.15 ต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือน 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 4.16 ต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกในโรงเรือน 44
รูปที่ 4.17 กราฟ Box plot อัตราการไหลของน้ำ 44
รูปที่ 4.18 ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันนอกโรงเรือน 45
รูปที่ 4.19 ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันในโรงเรือน 46
รูปที่ 4.20 Box plot ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน 47
รูปที่ 4.21 Box plot น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน 49
รูปที่ 4.22 หน้าล็อกอิน 51
รูปที่ 4.23 หน้าลงทะเบียน 51
รูปที่ 4.24 หน้าลืมรหัสผ่าน 52
รูปที่ 4.25 หน้าเปลี่ยนรหัสผ่าน 52
รูปที่ 4.26 หน้าสั่งซื้อสินค้า 53
รูปที่ 4.27 หน้าชำระเงิน 53
รูปที่ 4.28 หน้าต้นไม้ของผู้ใช้ 54
รูปที่ 4.29 หน้าข้อมูลของต้นไม้ 54
รูปที่ 4.30 หน้าข้อมูลของผู้ใช้ 55
รูปที่ 4.31 หน้าข้อมูลต้นไม้ทั้งหมดของผู้ใช้ 55
รูปที่ 4.32 หน้าบันทึกข้อมูลของต้นไม้ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นโครงการระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ โดยจะกล่าวถึงรายละเอียด ความเป็นมาและความสำคัญของการจัดทำปริญญานิพนธ์ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา และประโยชน์ของงานวิจัย ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย
3. ขอบเขตการศึกษางานวิจัย
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
5. แผนการดำเนินงาน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบัน ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและการพัฒนาความเร็วในการสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต ทำให้แนวคิดเรื่องอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things, IoT) ถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันมากขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานโดยอุปกรณ์ IoT คือการใช้อุปกรณ์สิ่งของเครื่องใช้ที่ที่มีอยู่เดิมมาติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการทำงาน (sensor) และส่วนควบคุมการทำงานอัตโนมัติ โดยมีการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซนเซอร์และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายเพื่อส่งข้อมูลการทำงานไปทำการวิเคราะห์เพื่อแสดงผลหรือตัดสินใจสำหรับควบคุมการทำงานของระบบ ด้วยระบบ IoT นี้ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและสามารถถูกควบคุมการทำงานของระบบจากระยะไกลทำให้เพิ่มความสะดวกสบายในการใช้ชีวิต เพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในการทำงาน ทำให้เข้าถึงตัวข้อมูลได้ง่ายและเป็นการใช้ต้นทุนให้คุ้มค่าต่อการใช้งาน [1]

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เนื่องจากอาชีพหลักของประชากรไทยมีอาชีพเป็นเกษตรกร จากข้อมูลกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ในปีพุทธศักราช 2563 พบว่ามีเกษตรกรไทยจำนวน 9,368,245 คน จากประชากรทั้งหมด 66,186,727 คน หรือคิดเป็น 14.15 % ดังนั้นการพัฒนาการเกษตรจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ทางผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการเกษตรกรรมมีความสำคัญต่อสภาพปัจจุบันของประเทศจึงมีแนวคิดในการการสร้างระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อการบริหารจัดการด้านการเกษตรกรรมที่มีประสิทธิภาพสูง ลดภาระให้เกษตรกร ให้ความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยต่อผู้บริโภค โดยใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการปรับปรุงและประยุกต์ในการทำงานเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทำเกษตรกรรม [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเทคโนโลยี IoT เพื่อประยุกต์ใช้กับระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ มีอุปกรณ์ตรวจจับการทำงานหลายชนิดที่สามารถทำการวัดค่าปัจจัยสำคัญต่างๆของพืชได้อาทิเช่น ความชื้นในดิน และปริมาณความเข้มข้นของแสงเพื่อเป็นการทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มีระบบในการบริหารจัดการที่ดี มีความแม่นยำในการทำเกษตรกรรม โดยทางผู้จัดทำได้ทำการเลือกชนิดของพืชคือต้นอ่อนทานตะวันเนื่องจากใช้เวลาในการเจริญเติบโตได้รวดเร็วและสามารถให้ลูกค้าตรวจสอบข้อมูลของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรย้อนหลังได้รวมถึงกรรมวิธีการเพาะปลูกภายโรงเรือนเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและมูลค่าของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงทำการศึกษาระบบกลไกของการเพาะปลูกและออกแบบระบบเกษตรอัจฉริยะโดยมีการสั่งการควบคุมการให้น้ำผ่านทางแอปพลิเคชันบนมือถือและควบคุมปริมาณแสงแดดภายในโรงเรือนโดยการติดตั้งตะข่ายกรองแสงครอบคลุมแปลงเพาะปลูกโดยใบม่านจะมีการปรับเปลี่ยนโดยอัตโนมัติ โดยลูกค้าสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรภายในโรงเรือนในขณะที่เกษตรกรดำเนินการเพาะปลูกหรือระบุความต้องการ ระบบจะให้ลูกค้าตรวจสอบสถานะและกระบวนการเพาะปลูกของพืช ลูกค้าสามารถสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรล่วงหน้าได้ตามความต้องการ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. พัฒนาระบบเกษตรอัจฉริยะต้นแบบสำหรับการปลูกต้นอ่อนทานตะวันให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
2. พัฒนาแอพพลิเคชันในการแสดงผลข้อมูลและควบคุมการทำงานของระบบ

1.3 ขอบเขตการศึกษางานวิจัย

1. ศึกษาปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน
2. จัดทำระบบโรงเรือนที่สามารถควบคุมการให้น้ำและควบคุมแสงแดด เท่านั้น

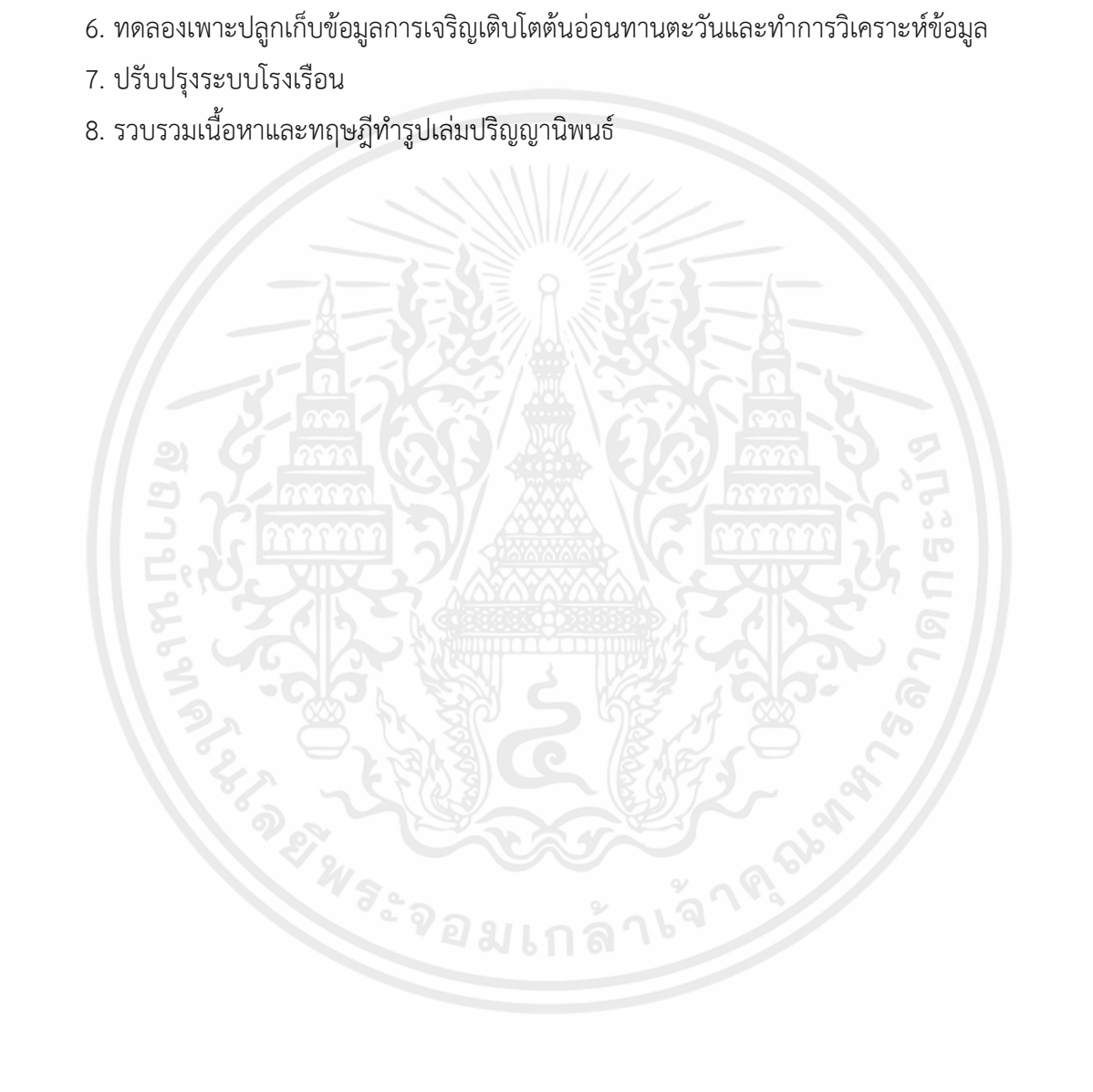
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. ผู้ใช้งานระบบสามารถสั่งงานและควบคุมระบบภายในโรงเรือนได้แบบเรียลไทม์ ติดตามการเจริญเติบโต และตรวจสอบวิธีการเพาะปลูกต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการเพาะปลูกจากระบบจัดการฟาร์มอัจฉริยะ
2. ควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ในโรงเรือนให้ตรงตามความต้องการของพืช เพื่อให้พืชเจริญเติบโตอย่างเต็มประสิทธิภาพ
3. สร้างมาตรฐานให้ผลผลิตมีคุณภาพที่ดีและมีปริมาณที่สม่ำเสมอกับเกษตรกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยี IOT เพื่อปรับใช้กับการทำการเกษตร
2. พัฒนาและออกแบบอุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบโรงเรือน
3. พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ในการใช้ร่วมกับระบบโรงเรือน
4. พัฒนาระบบการจัดการและแอปพลิเคชัน
5. พัฒนาและออกแบบโครงสร้างโรงเรือน
6. ทดลองเพาะปลูกเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตต้นอ่อนทานตะวันและทำการวิเคราะห์ข้อมูล
7. ปรับปรุงระบบโรงเรือน
8. รวบรวมเนื้อหาและทฤษฎีทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง Gantt Chart แสดงระยะเวลาของการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนของโครงการ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 Gantt Chart แสดงระยะเวลาของการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนของโครงการ

ระยะเวลาดำเนินงาน / ขั้นตอนดำเนินงาน	พ.ศ. 2564					พ.ศ. 2565				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยี IOT เพื่อปรับใช้กับการทำการเกษตร	◄—	—	—							
2.พัฒนาและออกแบบอุปกรณ์เซนเซอร์ในระบบโรงเรือน	◄—	—	—►							
3.พัฒนาระบบซอฟต์แวร์ในการใช้ร่วมกับระบบโรงเรือน	◄—	—	—	—►						
4. พัฒนาระบบการจัดการและแอปพลิเคชัน	◄—	—	—	—►						
5.พัฒนาและออกแบบโครงสร้างโรงเรือน			◄—	—►						
6.ทดลองเพาะปลูกเก็บข้อมูลการเจริญเติบต้นอ่อนทานตะวัน โตและทำการวิเคราะห์ข้อมูล				◄—	—	—	—	—►		
7.ปรับปรุงระบบโรงเรือน					◄►		◄►			
8.รวบรวมเนื้อหาและทฤษฎีทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									◄—	—►

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเรื่อง ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลและแอพพลิเคชั่น
2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช
3. การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment (DOE))
4. ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการข้อมูลและแอพพลิเคชั่น

2.1.1 Internet of Things (IoT)

การที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ต โดยไม่ต้องป้อนข้อมูล การเชื่อมโยงนี้ง่ายจนทำให้เราสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่นๆ จนเกิดเป็นบรรดา Smart ต่างๆ ได้แก่ Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ทั้งหลายที่เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกมากมาย ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเพียงสื่อกลางในการส่งและแสดงข้อมูลเท่านั้น กล่าวได้ว่า Internet of Things นี้ได้แก่การเชื่อมโยงของอุปกรณ์อัจฉริยะทั้งหลายผ่านอินเทอร์เน็ต เช่น แอปพลิเคชัน แว่นตากูเกิลคลาส รองเท้าวิ่งที่สามารถเชื่อมต่อข้อมูลการวิ่ง ทั้งความเร็ว ระยะทาง สถานที่และสถิติได้ นอกจากนั้น Cloud Storage หรือ บริการรับฝากไฟล์และประมวลผลข้อมูลผ่านทางออนไลน์ หรือที่เรียกอีกอย่างว่า แหล่งเก็บข้อมูลบนก้อนเมฆ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ผู้คนในสมัยปัจจุบันใช้งานบ่อยๆ แต่ไม่ทราบว่าเป็นหนึ่งในรูปแบบของ Internet of Things ในสมัยนี้ผู้งานใช้นิยมเก็บข้อมูลไว้ในก้อนเมฆมากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ คือ ไม่ต้องกลัวข้อมูลสูญหายหรือถูกโจรกรรม ทั้งยังสามารถกำหนดให้เป็นแบบส่วนตัวหรือสาธารณะก็ได้ เข้าถึงข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลาด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใดๆผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต แถมยังมีพื้นที่ใช้สอยมาก มีให้เลือกหลากหลาย ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย เนื่องจากไม่ต้องเสียเงินซื้ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล เช่น ฮาร์ดไดร์ฟ หรือ Flash drive ต่างๆ

Internet of Things เดิมมาจาก Kevin Ashton บิดาแห่ง Internet of Things ในปี 1999 ในขณะที่ทำงานวิจัยอยู่ที่มหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT เขาได้ถูกเชิญให้ไปบรรยายเรื่องนี้ให้กับบริษัท Procter & Gamble (P&G) เขาได้นำเสนอโครงการที่ชื่อว่า Auto-ID Center

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อยอดมาจากเทคโนโลยี RFID ที่ในขณะนั้นถือเป็นมาตรฐานโลกสำหรับการจับสัญญาณเซ็นเซอร์ต่างๆ (RFID Sensors) ว่าตัวเซ็นเซอร์เหล่านั้นสามารถทำให้มันพูดคุยเชื่อมต่อกันได้ผ่านระบบ Auto-ID ของเขา โดยการบรรยายให้กับ P&G ในครั้งนั้น Kevin ก็ได้ใช้คำว่า Internet of Things ในสไลด์การบรรยายของเขาเป็นครั้งแรก โดย Kevin นิยามเอาไว้ตอนนั้นว่าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใดๆก็ตามที่สามารถสื่อสารกันได้ก็ถือเป็น “internet-like” หรือพูดง่ายๆก็คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สื่อสารแบบเดียวกันกับระบบอินเตอร์เน็ตนั่นเอง โดยคำว่า “Things” ก็คือคำใช้แทนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเหล่านั้น ต่อมาในยุคหลังปี 2000 มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ถูกผลิตออกจัดจำหน่ายเป็นจำนวนมากทั่วโลก จึงเริ่มมีการใช้คำว่า Smart ซึ่งในที่นี้คือ Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ต่างๆเหล่านี้ล้วนถูกฝัง RFID Sensors เสมือนกับการเติม ID และสมอง ทำให้มันสามารถเชื่อมต่อกับโลกอินเตอร์เน็ตได้ ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านั้นเองก็เลยมาเป็นแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์เหล่านั้นก็ย่อมสามารถสื่อสารกันได้ด้วยเช่นกัน โดยอาศัยตัว Sensor ในการสื่อสารถึงกัน นั่นแปลว่านอกจาก Smart Device ต่างๆจะเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้แล้ว ยังสามารถเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นได้ด้วย [3]

องค์ประกอบของ IoT การประยุกต์ใช้งาน IoT ในด้านต่างๆ เพื่อใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ IoT จำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบของ IoT ซึ่งมีด้วยกัน 4 องค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ หรือ Thing ที่ใช้รับส่งข้อมูล (Connected Device) อย่างไรก็ตามคำว่า Thing ในที่นี้ไม่จำกัดเฉพาะสิ่งของที่จับต้องได้ทางกายภาพเท่านั้น แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์ก็นับเป็น Thing อีกชิ้นหนึ่ง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ IoT ต้องเลือกฮาร์ดแวร์ให้เหมาะสมกับงาน ฮาร์ดแวร์สำหรับงาน IoT มีหลากหลายตั้งแต่ไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก เช่น Arduino แต่หากต้องการพัฒนาระบบที่ซับซ้อนมากขึ้นเช่น ประมวลผลภาพจากกล้อง เพื่อรู้จำใบหน้าหรือทะเบียนรถ อาจเลือกใช้ฮาร์ดแวร์ประเภท Single-board PC เช่น Raspberry Pi ซึ่งมีราคาค่อยข้างสูงและหากต้องการประมวลผลสูงขึ้นไปอีกเช่นด้านกราฟิก ก็สามารถเลือกใช้คอมพิวเตอร์หรือเซิร์ฟเวอร์ขนาดใหญ่เลยก็ได้ และแน่นอนว่าหากต้องการพกพาได้ ก็ควรเลือกใช้สมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตเป็น Thing

2. การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ทางเลือกในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตมีตั้งแต่ระบบ LAN แบบเดินสาย ไปจนถึงการสื่อสารแบบไร้สาย ซึ่งปัจจุบันมีให้เลือกมากมายหลายหลากวิธี ไม่ว่าจะเป็น 3G/4G WiFi Bluetooth Zigbee Z-Wave การเลือกใช้ต้องพิจารณาในแง่อัตรารับส่งข้อมูล ระยะทางการส่งสัญญาณ (coverage area) และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ตัวอย่างเช่น การใช้ 3G เหมาะกับการใช้ภายนอกครอบคลุมพื้นที่ได้หลายกิโลเมตร ในขณะที่ WiFi เหมาะกับการใช้ภายในอาคาร ระยะส่งสัญญาณอยู่ในระดับสิบเมตร อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ IoT ทั้งแบบ 3G และ WiFi จำเป็นต้องมีไฟเลี้ยงเพราะใช้พลังงานสูง หากต้องการใช้แบตเตอรี่ที่อยู่ได้เป็นเดือนต้องพิจารณาการเชื่อมต่อแบบอื่นเช่น Zigbee 6Lowpan หรือ Lora เป็นต้น

3. เซิร์ฟเวอร์ ที่จะเป็นตัวประสานงานข้อมูล ถ้าเป็นสมัยก่อนต้องตั้งเซิร์ฟเวอร์ไว้ที่บ้าน เปิดพอร์ตรอรับคำสั่ง วิธีนี้ไม่สะดวกเนื่องจากหมายเลขอินเทอร์เน็ต (IP address) ที่บ้านเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ตามแต่ละ ISP จะจัดการ ทางแก้คือการใช้ Dynamic DNS คือเข้าถึงเซิร์ฟเวอร์ที่บ้านด้วยชื่อที่ลงทะเบียนไว้ล่วงหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายและขั้นตอนยุ่งยาก อุปกรณ์ IoT สมัยใหม่ จึงหลีกเลี่ยงปัญหานี้โดยการขยับเซิร์ฟเวอร์มาวางไว้ที่ศูนย์ข้อมูลกลาง (Data Center) แนวคิดของการวางเซิร์ฟเวอร์ไว้ที่ใดที่หนึ่งตรงกลางแทนการที่ทุกบ้านต้องมีเซิร์ฟเวอร์ก็คือแนวปฏิบัติของการประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing)

4. ถังข้อมูลและการจัดการข้อมูล การเก็บข้อมูลนึกถึงการใช้ฐานข้อมูลเป็นอันดับแรก แต่ต้องคำนึงถึงพื้นที่จัดเก็บ อีกทั้งฐานข้อมูลในปัจจุบันก็มีหลากหลายชนิด ฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational Database) อาจไม่เหมาะสำหรับการเก็บข้อมูล IoT เพราะข้อมูลขนาดเล็กจำนวนมาก ไหลเข้ามาตลอดเวลา เป็นชุดข้อมูลแบบอนุกรมของเวลาเท่านั้น อาจใช้ Time-series Database หรือ Key-value Database ก็เพียงพอ [4]

การประยุกต์ใช้ Internet of Things (IoT) ความสามารถในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่หลากหลายเข้ากับโครงข่ายอินเทอร์เน็ตเปิดโอกาสให้มีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายและกว้างขวางมาก โดยรูปแบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ จำนวนมากเข้ากับโครงข่าย จะช่วยให้สามารถตรวจวัดข้อมูลที่หลากประเภทประเภทได้เป็นจำนวนมาก และช่วยให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และแสดงผลแบบกราฟิกเพื่อใช้ในการตัดสินใจได้ เมื่อนำระบบดังกล่าวผนวกเข้ากับระบบ Big Data จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อน มีจำนวนมาก และ ทันเหตุการณ์ (real-time) [2.1.1-2]

ความสัมพันธ์Internet of Things ระหว่าง Big Data Internet of Things สามารถตอบสนองความต้องการทางด้านการใช้งานได้มากขึ้น สาเหตุเพราะอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆมีราคาถูกลง ทำให้เกิดการใช้งานจริงมากขึ้น มีการค้นพบ Use Case ใหม่ๆในธุรกิจ ทำให้ผู้ผลิตได้เรียนรู้และคอยแก้โจทย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ตรงใจผู้ใช้ ก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ยิ่งไปกว่านั้น Internet of Things มีการเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ จึงเริ่มเห็นธุรกิจที่หันมาให้ความสนใจ Internet of Things ในแง่ที่มันสามารถช่วยแก้ปัญหาทางธุรกิจ ทางสังคม และช่วยแก้ไขปัญหาชีวิตประจำวันได้ โดยการนำเอาข้อมูลหรือ Big Data เข้ามาใช้ในการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการของแต่ละรูปแบบ ซึ่ง Big Data คือ ข้อมูลขนาดมหาศาลที่เกิดขึ้น ไม่มีโครงสร้างชัดเจน หนึ่งในตัวอย่างที่จะเห็นได้ง่ายคือข้อมูลจากยุคโซเชียล ผู้ใช้เป็นคนสร้างขึ้นมา ซึ่งนอกจากเนื้อหาในโลกออนไลน์แล้ว ยังมีข้อมูลอีกประเภทหนึ่งคือ ข้อมูลจากอุปกรณ์ที่สามารถใช้หรือสวมใส่ เช่น สายรัดวัดชีพจรตอนออกกำลังกาย ตัวอย่างเช่น แบรนด์ไนกี้ตั้งโจทย์ขึ้นมาว่า “เราจะรู้ได้อย่างไรว่าลูกค้าซื้อรองเท้าแล้วนำไปใส่วิ่งจริง” แต่ตอนนี้พิสูจน์ได้แล้วเพราะว่าไนกี้ใช้ IoT กับสินค้าของเขา ยิ่งไปกว่านั้นตอนนี้ลูกค้าไม่ได้ผลิตข้อมูลที่นำไปสู่ Big Data จากการโพสต์ คอมเมนต์ กดไลค์ หรือแชร์เพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากกิจกรรมในไลฟ์สไตล์ที่ธุรกิจหรือแบรนด์นำไปจับคู่กับสินค้า แล้วสร้างเป็นเนื้อหาที่โดนใจผู้รับสารขึ้นมา สิ่งสำคัญคือ ข้อมูลพวกนี้บอกว่ามีอะไรเกิดขึ้นได้อย่างเดียว สิ่งสำคัญกว่าคือ ธุรกิจ องค์กร และแบรนด์ต่างๆ จะเปลี่ยนข้อมูลพวกนี้เป็นประโยชน์ได้อย่างไร ทำอย่างไรข้อมูลจึงจะสามารถบอกได้ว่า ‘ทำไมสิ่งต่างๆ เหล่านั้นถึงเกิดขึ้น’ จุดนี้จึงทำให้รู้ความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภค (Consumer Insight) และรู้ว่าต้องทำอย่างไรให้ธุรกิจหรือบริการของเราจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ประโยชน์และความเสี่ยงเทคโนโลยี Internet of Things มีประโยชน์ในหลายด้านทั้งเรื่องการเก็บข้อมูลที่แม่นยำและเป็นปัจจุบัน ช่วยลดต้นทุน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิตของพนักงานหรือผู้ใช้งานได้ แม้ว่าแนวโน้มของ IoT มีแต่จะเพิ่มขึ้นด้วยคุณประโยชน์ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่ประโยชน์ใดๆนั้นก็มาพร้อมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเสี่ยง เพราะความท้าทายในการรักษาความปลอดภัยของเครือข่ายใหม่ที่เกิดขึ้นนั้น จะผลักดันให้ผู้เชี่ยวชาญมีการรับมือทางด้านความปลอดภัยมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามแฮกเกอร์หรือผู้ไม่หวังดีก็ทำงานหนักเพื่อที่จะเข้าควบคุม โจมตีเครือข่าย หรือเรียกค่าไถ่ในช่องโหว่ที่ IoT มีอยู่ ฉะนั้นผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยทาง IoT จึงจำเป็นต้องพัฒนามาตรการ และระบบรักษาความปลอดภัยไอทีควบคู่กันไป เพื่อให้ธุรกิจและการใช้งาน IoT สามารถขับเคลื่อนต่อไปได้ [3]

2.1.2 ความรู้เบื้องต้นที่เกี่ยวกับ IoT

GPIO ย่อมาจาก "General Purpose Input/Output" GPIO เป็น พิน ชนิดหนึ่งที่พบในวงจรรวมที่ไม่มี ฟังก์ชันเฉพาะ แม้ว่า พิน ส่วนใหญ่จะมีจุดประสงค์เฉพาะ เช่น การส่งสัญญาณไปยังส่วนประกอบบางอย่าง ฟังก์ชันของ พิน GPIO นั้นสามารถปรับแต่งได้และสามารถควบคุมได้ด้วยซอฟต์แวร์ แม้ว่า พิน GPIO ทั้งหมด จะ มีเฉพาะอินพุตหรือเอาต์พุต แบบดิจิทัล แต่สามารถใช้ PWM ได้ (โดยมีวงจรภายนอกเพียงเล็กน้อย - ฟิลเตอร์กรองความถี่ต่ำ) ไปจนถึงเอาต์พุตสัญญาณ อนาล็อกเป็น อย่างน้อย Pi มี หมุด PWM ฮาร์ดแวร์เฉพาะสองตัวและอาจใช้ หมุด GPIO อื่น ๆ สำหรับซอฟต์แวร์ PWM [5]

UART หรือชื่อเต็ม Universal Asynchronous Receiver and Transmitter เป็นหนึ่งในโปโตคอลสื่อสารข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแบบอะซิงโครนัส (asynchronous serial communication) ระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งนิยมใช้เป็นการสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน การทำงานแบบอะซิงโครนัสหมายความว่าจะไม่มีสัญญาณนาฬิกา (clock signal) ส่งออกมาจากตัวส่ง(Transmitting UART) เป็นแพ็คเกจ หรือจังหวะไปที่ตัวรับ(Receives UART) แทน ที่สำคัญความเร็วของการรับ และ ส่ง ต้องเท่ากันทั้งสองฝั่งด้วย ทำให้ส่งข้อมูลได้มากและรวดเร็วจึงเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม โดยหลักการของการทำงานคือ จะมี UART 2 ตัว สื่อสารโดยตรงกัน การส่งสัญญาณ UART จะแปลงข้อมูลแบบขนานจากอุปกรณ์ควบคุม เช่น CPU ไปเป็นรูปแบบอนุกรมส่งไปเป็นแบบอนุกรมไปยัง UART ที่ได้รับ จากนั้นจะแปลงข้อมูลอนุกรมกลับไปเป็นข้อมูลแบบขนานสำหรับอุปกรณ์ที่ได้รับ ต้องใช้สายสองเส้นสลับกันเท่านั้นในการส่งข้อมูลระหว่างสอง UART ข้อมูลไหลจากพิน Tx ของ UART ที่ส่งไปยัง Rx pin ของ UART ตัวที่รับ [6]

I2C ย่อมาจาก Inter-Integrated Circuit คือรูปแบบการสื่อสารข้อมูลอย่างหนึ่งที่สร้างขึ้นมาเพื่อสื่อสารข้อมูลความเร็วต่ำ นิยมใช้กับอุปกรณ์จำพวกไมโครโปรเซสเซอร์ ไมโครคอนโทรเลอร์และอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง I2C ถูกคิดค้นขึ้นมาในปี ค.ศ. 1982 โดย Philip semiconductor (ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น NXP semiconductor) ข้อดีของการสื่อสารอนุกรมแบบ I2C คือ สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้หลายอุปกรณ์ในบัสเดียวกัน ดังรูป การเชื่อมต่อระบบด้วยการสื่อสารอนุกรมแบบ I2C และใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นในการรับส่ง-ข้อมูล ทำให้สามารถลดสายสัญญาณที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ลงมาก โดยสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นแบ่งเป็น

1. SDA (Serial Data) คือ สายสัญญาณสำหรับรับ-ส่งข้อมูล
2. SCL (Serial Clock) คือ สายสัญญาณนาฬิกา ใช้เป็นสำหรับควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ฐานข้อมูล

ระบบที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันอย่างมีระบบมีความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่ชัดเจน ในระบบฐานข้อมูลจะประกอบด้วยแฟ้มข้อมูลหลายแฟ้มที่มีข้อมูล เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นระบบและเปิดโอกาสให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและดูแลรักษาป้องกันข้อมูลเหล่านี้ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีซอฟต์แวร์ที่เปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล หรือ DBMS (data base management system) มีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่ายสะดวกและมีประสิทธิภาพ [8]

ในการจัดการข้อมูลแอพพลิเคชั่นของโครงการนี้ ได้เลือกใช้โปรแกรมที่มาช่วยการจัดเก็บข้อมูลของแอพพลิเคชั่นดังนี้

1. Firebase (Firebase Realtime Database) เป็น NoSQL cloud database ที่เก็บข้อมูลในรูปแบบของ JSON และมีการ sync ข้อมูลแบบ Realtime กับทุก devices ที่เชื่อมต่อแบบอัตโนมัติในเสี้ยววินาที รองรับการทำงานเมื่อoffline (ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ใน local จนกระทั่งกลับมา online ก็จะทำการ sync ข้อมูลให้อัตโนมัติ) รวมถึงมี Security Rules ให้เราสามารถออกแบบเงื่อนไขการเข้าถึงข้อมูลทั้งการ read และ write ได้ดังใจ ทั้ง Android, iOS และ Web [9]

2. Google Drive เป็นโปรแกรมการจัดการเอกสารออนไลน์ของทาง Google หรือพื้นที่เก็บข้อมูลระบบคลาวด์ หลักการทำงานจะคล้ายกับโปรแกรมเอกสาร ผู้ใช้สามารถเข้าถึงเอกสารแบบออนไลน์ได้ โดยผ่านการใช้บนเว็บเบราว์เซอร์ต่าง ๆ เช่น Inter Explorer, Chrome, Firefox และ Safari ซึ่งจะทำให้การใช้งานของเอกสารมีความสะดวกมากขึ้น สามารถใช้งานหรือแก้ไขข้อมูลได้ทุกที่ทุกเวลา ทำให้เอกสารต่าง ๆ เหล่านั้นมีความเป็นปัจจุบันมากขึ้น และยังสามารถใช้งานร่วมกับผู้อื่นได้ โดยบุคคลที่จะเข้ามาใช้งานต้องได้รับอนุญาตหรือคำเชิญจากเจ้าของเอกสารผ่าน ทางอีเมล และสามารถทำงานบนเอกสารเดียวกัน ได้หลายครั้งและหลายคนพร้อม ๆ กัน ซึ่งจะทำให้เห็นว่า ใครกำลังพิมพ์อะไรอยู่ และสามารถกำหนดสิทธิ์ในการเข้าใช้งานได้ ว่าคนไหนสามารถแก้ไขข้อมูล หรือ อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว และที่สำคัญสามารถรองรับประเภทไฟล์ได้หลายแบบ เช่น Documents, Spreadsheets, Presentations, Drawings, Forms (แบบสอบถาม) เป็นต้น [10]

3. Google Sheets (กูเกิล ชีท) เป็นแอปพลิเคชันในกลุ่มของ Google Drive (กูเกิล ไดรฟ์) ซึ่งเป็นนวัตกรรมของ Google (กูเกิล) มีลักษณะการทำงานคล้ายกันกับ Microsoft Excel (ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล) คือสามารถสร้าง Column, Row สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Cell (เซลล์) ได้ และคำนวณสูตรต่างๆ รวมถึงเขียนโปรแกรมโดย google scripts ได้ [11]

2.1.4 การจัดการข้อมูลสารสนเทศ

หลักการการจัดการข้อมูลมนุษย์ให้ความสนใจกับข้อมูลและสารสนเทศมาตั้งแต่ในอดีต มีการเผยแพร่ข้อมูลและสารสนเทศหลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่หนังสือพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ และอินเทอร์เน็ต ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตนับเป็นเครือข่ายการสื่อสารที่ครอบคลุมทั่วโลก มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและสารสนเทศที่สะดวกรวดเร็ว เป็นแหล่งข้อมูลที่ทุกคนเข้าถึงได้ตลอดเวลา การที่มนุษย์ให้ความสนใจกับข้อมูลและสารสนเทศนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องมาจากมนุษย์ต้องใช้ข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจไม่ว่าจะเป็นการตัดสินใจในเรื่องเล็ก ๆ เช่น เลือกซื้อสินค้า จนถึงการตัดสินใจในเรื่องใหญ่ เช่น การตัดสินใจลงทุนทำธุรกิจ

สารสนเทศเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ และจำเป็นสำหรับการใช้งานในด้านต่าง ๆ การจัดการสารสนเทศนั้นหมายรวมถึงขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนได้มาซึ่งสารสนเทศ การดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งสารสนเทศนั้นมีหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่การรวบรวมข้อมูล ตรวจสอบข้อมูล การประมวลผล และการดูแลรักษาข้อมูล การมีความรู้ความเข้าใจถึงกระบวนการในการจัดการสารสนเทศจะทำให้สามารถนำสารสนเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้

การจัดการสารสนเทศ เป็นการดำเนินการหรือกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการนำสารสนเทศ มาจัดทำเป็นฐานข้อมูล เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปใช้ได้หลายๆ คน มุ่งเน้นที่จะเก็บรวบรวม ประมวลผล และเผยแพร่ข้อมูล โดยมีสารสนเทศ เทคโนโลยีสารสนเทศ นโยบายและแนวปฏิบัติ บุคลากรหรือผู้ใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการจัดการ การจัดการสารสนเทศสามารถดำเนินการได้ 3 ขั้นตอน คือ การเก็บรวบรวมและตรวจสอบข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการดูแลรักษาข้อมูล [13]

ข้อมูลสารสนเทศสามารถจำแนกประเภทของข้อมูลได้ด้วยเหตุผลต่างๆ ได้ 4 ประเภทดังนี้

1.แบ่งตามแหล่งที่มา

1) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) คือข้อเท็จจริงหรือรายละเอียดที่ผู้เก็บข้อมูลลงมือเก็บด้วยตนเองได้มา จากแหล่งกำเนิดที่แท้จริง เช่น ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การสังเกต การทดลอง การทดสอบหรือการวัดจากกลุ่มตัวอย่างโดยตรง

2) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) คือข้อเท็จจริง หรือรายละเอียดที่ผู้อื่นรวบรวมไว้อย่างเป็นระบบสามารถนำมาเป็นข้อมูล โดยไม่ต้องลงมือเก็บรวบรวมเอง เช่น ข้อมูลจากระเบียนสะสม รายงานประจำปี สารานุกรม เอกสารเผยแพร่ เป็นต้น

2. แบ่งตามลักษณะของข้อมูล

1) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) คือข้อมูลที่วัดออกมาเป็นตัวเลข เช่นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต่าง ๆ ความถนัดด้านต่าง ๆ ที่วัดออกมาเป็นคะแนน คุณลักษณะด้านจิตพิสัย เช่นความสนใจ ความวิตกกังวล คุณลักษณะทางกายเช่น ส่วนสูง ความเร็วในการวิ่ง

2) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะหรือเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) คือข้อมูลที่ไม่ได้วัดออกมาเป็นตัวเลขแต่จะแสดงถึงคุณลักษณะของสิ่งนั้น เช่น เพศ ฐานะทางเศรษฐกิจ ศาสนา สถานภาพสมรส อาชีพ ข้อความที่เป็นความคิดเห็น ผลการสังเกตที่เขียนในรูปบรรยาย

3. แบ่งตามสภาพของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มตัวอย่าง

1) ข้อมูลส่วนบุคคล (Personal Data) คือข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ชื่อสกุล อายุ เพศ อาชีพ ศาสนา เป็นต้น

2) ข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Environmental Data) คือข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของกลุ่มตัวอย่าง เช่น ลักษณะท้องถิ่นที่กลุ่มตัวอย่างอาศัย

3) ข้อมูลพฤติกรรม (Behavioral Data) คือข้อมูลที่เป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ในตัวของกลุ่มตัวอย่าง เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะด้านความสามารถสมอง ได้แก่ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการ หรือการเรียน เช่น ความรู้ความเข้าใจ การวิเคราะห์ ความถนัด สติปัญญา ความสนใจ ความวิตกกังวล แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง การปฏิบัติ การกระทำสิ่งต่าง ๆ

4. แบ่งตามการนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์ได้

1) ข้อมูลตัวเลข (Numeric Data) ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นจำนวนตัวเลข สามารถนำไปคำนวณได้

2) ข้อมูลตัวอักษร (Text Data) ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตัวอักษร และสัญลักษณ์เช่น

3) ข้อมูลเสียง (Audio Data) ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นเสียงต่าง ๆ

4) ข้อมูลภาพ (Images Data) คือ ข้อมูลที่เป็นจุดสีต่าง ๆเมื่อนำมาเรียงต่อกันแล้วเกิดรูปภาพขึ้น

5) ข้อมูลภาพเคลื่อนไหว (Video Data) ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นภาพเคลื่อนไหวต่าง [12]

2.1.5 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาทางคอมพิวเตอร์

ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ภาษาในการเขียนโปรแกรมใช้ภาษาทางคอมพิวเตอร์ 2 ภาษา คือ C และ C# โดยภาษา C จะใช้ในการสั่งงานและควบคุม Arduino ภาษา C# จะใช้ในการเขียนโปรแกรมในการรับส่งข้อมูล

1. ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไป เป็นภาษาที่มีความจำเป็นมาก มันสนับสนุนการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้าง การกำหนดขอบเขตของตัวแปร และการเรียกใช้ตัวเอง (Recursion) และมันเป็นภาษาที่อยู่ในระดับต่ำ (Low level) นั่นคือ มันเป็นภาษาที่สามารถทำงานได้ดีในระดับของฮาร์ดแวร์ ภาษา C เป็นสามารถที่ออกแบบมาให้สามารถที่จะทำงานกับคำสั่งพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะฉะนั้นมันจึงถูกพบบ่อยในการใช้สร้างแอพพลิเคชันในสมัยก่อนที่เขียนโดยภาษาแอสเซมบลี รวมถึงระบบปฏิบัติการ เช่นเดียวกันกับซอฟต์แวร์ประยุกต์สำหรับคอมพิวเตอร์ ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์และระบบฝังตัว [13]

2. ภาษา C# (ซี-ชาร์ป) เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่ใช้สาหรับเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์1 ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบัน และเป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสาหรับผู้ที่เริ่มต้นสนใจที่จะเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งภาษา C# ถูกพัฒนามาจากภาษา C++ (ซี-พลัสพลัส) และมีโครงสร้างแบบเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้ Visual Studio (วิชวล-สตูดิโอ) เป็นเครื่องมือสาหรับพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Visual Studio เป็นเครื่องมือที่คอยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ [14]

2.1.6 บอร์ด Arduino Mega 2560

WeMos-D1 เป็นบอร์ดที่นำเอา Arduino UNO R3 กับ ESP8266 WIFI มารวมกันในบอร์ดเดียวทำให้ผู้ใช้งานไม่ต้องต่อสายไฟเอง หรือ มันคือ Arduino UNO with Bui tin Wi-Fi บอร์ดรุ่นนี้จะไม่มีสาย Sync. แถมมาให้เพราะผู้ใช้งานสามารถใช้งานสาย Micro USB Cable ที่ใช้กับมือถือ Android ทั่วไปได้เลยครับ ส่วนในการอัพโหลดโปรแกรมลงบนบอร์ด เราสามารถใช้ Arduino IDE ได้เลย แต่จำเป็นต้องติดตั้ง USB Driver ก่อน [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 เซนเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1. เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ (DHT11 Sensor)

ลักษณะการทำงาน เป็นโมดูลที่สามารถวัดอุณหภูมิและความชื้นบริเวณรอบๆทั่วไปหรือในห้องหรือประยุกต์ใช้งานอื่น การวัดอุณหภูมิแบบNTC ให้สัญญาณเอาต์พุตแบบ Digital Output, การตรวจวัดคงที่กับ DHT11 Sensor, ย่านวัดอุณหภูมิ 0-50 องศาเซลเซียส [16]

ประโยชน์ต่อพืช อุณหภูมิของอากาศจะมีผลต่อการหายใจของพืชหากอุณหภูมิสูงเกินไปพืชจะหายใจเร็ว และเติบโตช้าลงหรืออาจตายได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วที่สุดอยู่ที่ 15 – 40 °C และอุณหภูมิของดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช การเคลื่อนย้ายอาหารภายในต้นพืชจะเกิดขึ้นได้เร็วที่อุณหภูมิ 20 – 30 °C อุณหภูมิของดินที่ดีมีผลต่อการดูดน้ำและการดูดกินธาตุอาหารพืชมากในดินที่มีความสมบูรณ์ต่ำและจะทำได้น้อยในดินที่มีความสมบูรณ์สูง อุณหภูมิของดินในช่วงกลางวันและกลางคืนต่างกัน จึงต้องมีการควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของดินเปลี่ยนแปลงมากเกินไป และอุณหภูมิมีความสำคัญในการสังเคราะห์แสงของพืชซึ่งอุณหภูมิที่สังเคราะห์แสงได้ดีจะขึ้นอยู่กับเขตของพืชนั้นๆ พืชเขตร้อนอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างสูง ส่วนพืชเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวจะทำการสังเคราะห์แสงได้ดีในอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยา

2. เซ็นเซอร์วัดปริมาณความเข้มข้นของแสง (LDR Photoresistor Sensor Module)

ลักษณะการทำงาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงจะทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงโมดูลนี้ให้สัญญาณออกมาเป็นแบบดิจิตอลและอนาล็อคสามารถปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ ว่าจะให้สว่างเท่าใดจึงจะส่งค่าเอาต์พุตออกมา ได้ตามต้องการ [17]

หน้าที่เซ็นเซอร์จะเป็นตัวควบคุมม่านเปิด-ปิด ของโรงเพาะชำโดยเซ็นเซอร์จะถูกตั้งค่าให้เปิด-ปิดม่านตามปริมาณความเข้มข้นของแสงที่ต้องการจะให้ส่องผ่านม่านของโรงเพาะชำ เพื่อควบคุมให้มีปริมาณความเข้มข้นแสงที่ส่องผ่านเข้ามาเท่าที่จำเป็นต่อพืชเท่านั้น

ประโยชน์ต่อพืช พืชจำเป็นต้องใช้แสงในการสังเคราะห์แสงเพื่อใช้ในกระบวนการการสร้างอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซม ซึ่งพืชสามารถดูดกลืนแสงได้มากเป็นพิเศษที่ 2 ช่วงความยาวคลื่นคือ แสงช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 400-500 นาโนเมตร ซึ่งประกอบด้วยแสงสีม่วง สีน้ำเงิน และสีเขียว แสงสีแดงที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 600-800 นาโนเมตร โดยแสงสีแดงเป็นแสงที่พืชสามารถดูดกลืนไว้ได้มากที่สุดและมีอิทธิพลต่อการออกดอกของพืชด้วย

3. เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Meter)

เซนเซอร์สำหรับวัดความชื้นในดินชนิดแบบทนการกัดกร่อน สามารถใช้ร่วมกับ Arduino โดยสัญญาณที่ได้จะเป็นแบบ Analog และ Digital ป้อนไปยังตัว Arduino [18]

ใช้เพื่อวัดปริมาณความชื้นในดิน โดยทั่วไปความชื้นในดินคือปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในช่องว่างระหว่างอนุภาคของดินซึ่งปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชเพราะว่าน้ำเป็นตัวกลางในการดูดสารอาหารที่อยู่ในดินมาหล่อเลี้ยงเซลล์ต่างๆของพืช โดยพืชแต่ละชนิดจะมีสภาวะความชื้นที่เหมาะสมแตกต่างกันไป จึงควรมีสภาวะความชื้นพอเหมาะขึ้นอยู่กับชนิดของต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม สภาพสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้แก่ ปริมาณความชื้นในดิน อุณหภูมิ ปริมาณแสงแดดและปริมาณความชื้นในอากาศ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญทั้งหลายเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มขนาดและความสูงของพืช โดยทางผู้จัดทำได้ทำการศึกษากลไกของการเพาะปลูกและทำการออกแบบสร้างระบบเกษตรอัจฉริยะเพื่อควบคุมปัจจัยที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้การเจริญเติบโตของพืชมีประสิทธิภาพสูงสุด

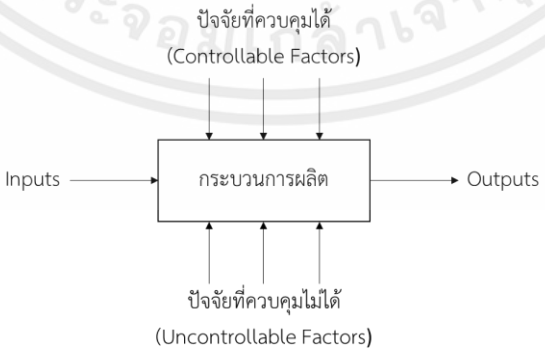
2.2.1 ปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

ต้นอ่อนทานตะวันโดยใช้เป็นต้นแบบในการสร้างระบบเกษตรอัจฉริยะเนื่องจากพืชชนิดนี้ใช้เวลาในการเจริญเติบโตได้รวดเร็วโดยมีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 5-7 วัน [19] สามารถทำการทดลองเพื่อทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตได้ง่ายและมีอัตราในการงอกของเมล็ดที่สูงถึง 80–90% ปัจจัยที่เหมาะสมในการเพาะปลูกของเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันควรมีปริมาณความชื้นในดินอยู่ที่ 30-80% เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโต [20] และมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกอยู่ระหว่าง 15-35 องศาเซลเซียส [21]

2.3 การออกแบบการทดลอง Design of Experiment (DOE)

2.3.1 หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นการตรวจสอบค่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปรใดที่มีผลต่อสิ่งที่สนใจ (Response) และหาค่าอิทธิพลระหว่างกันของแต่ละปัจจัย (Interaction) โดยเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรหรือปัจจัยที่นำเข้าในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษาเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ โดยตัวปัจจัยจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ ปัจจัยที่ควบคุมได้ ควบคุมได้ (Controllable Factors) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้หรือเรียกว่าปัจจัยรบกวนระบบ (Uncontrollable or Noise Factors) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ทฤษฎีและยืนยันข้อเท็จจริงจากการทดลอง [22]



รูปที่ 2.1 หลักการออกแบบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.1 โดยทั่วไปแล้วตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้หรือตัวแปรรบกวน (Noise Variables) จะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ฝุ่น ส่วนตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) เช่น ที่มาของวัตถุดิบ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เครื่องจักร พนักงาน การออกแบบการทดลองมีหลักสำคัญ 3 ประการเพื่อช่วยให้การทดลองมีความถูกต้องเที่ยงตรงและแม่นยำ ได้แก่ [23]

1. หลักการสุ่มตัวอย่าง (Randomization) โดยจัดลำดับที่เกี่ยวข้องในการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม เช่น ลำดับสิ่งของที่ใช้ในการทดลอง ลำดับของการทดลองและการวัดผลว่าจะทำเงื่อนไขใดก่อนและหลัง ซึ่งหลักการสุ่มจะช่วยสมดุลความผิดพลาดที่เกิดจากปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้หรือไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น ผลกระทบที่เกิดจากความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ผลกระทบด้านสภาพแวดล้อมของการทดลอง นอกจากนั้นข้อกำหนดเบื้องต้นในการวิเคราะห์การทดลองกำหนดให้ข้อมูลและความผิดพลาดในการทดลองจะต้องเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอิสระ (Independently Distributed Random Variables) และมาจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ แต่ในการทดลองอาจมีปัจจัยรบกวนที่ส่งผลต่อการทดลองเนื่องจากลำดับหรือเวลาในการทดลอง ส่งผลให้ลการทดลองมีความสัมพันธ์ (Correlated) กับเวลาหรือปัจจัยรบกวนอื่นๆ ซึ่งส่งผลให้ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดเบื้องต้นในการวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งหลักการสุ่มจะช่วยสนับสนุนให้สอดคล้องกบข้อกำหนดดังกล่าวมากขึ้น

2. การทดลองซ้ำ (Replication) คือการทดลองภายใต้เงื่อนไขเดียวกันมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อยืนยันและเพิ่มความถูกต้องของผลการทดลอง ช่วยให้ผู้ทดลองสามารถคำนวณค่าความผิดพลาด (Error/Random Noises) ในการทดลองเพื่อใช้ในการประมาณค่าความแปรปรวนในการทดลองที่ใช้เป็นหน่วยพื้นฐานสำหรับเปรียบเทียบกับผลกระทบของปัจจัยว่ามีผลต่อการทดลองอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยการทดลองซ้ำในกรณีนี้จะหมายถึงการทำซ้ำอย่างแท้จริง (True Independent Replication) ซึ่งหมายถึงการทำการทดลองเงื่อนไขเดียวกันมากกว่า 1 ครั้งและในการทดลองแต่ละครั้งต้องเริ่มทำการทดลองตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตามการทดลองซ้ำจะมีข้อเสียคือ สิ้นเปลืองทรัพยากรในการทดลอง

3. การบล็อก (Blocking) ระหว่างการทดลองระดับของปัจจัยที่ไม่ได้เลือกในการศึกษามีการเปลี่ยนแปลงระดับในระหว่างการทดลองจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการทดลอง (Experimental Errors) ซึ่งเรียก ว่าปัจจัยรบกวน (Nuisance/Noise Factors) โดยระหว่างการทดลองปัจจัยรบกวนอาจส่งผลในหลายรูปแบบ ผู้ทดลองต้องพยายามค้นหาแหล่งของปัจจัยรบกวนและหามาตรการในการควบคุมหรือลดความผันแปรจากปัจจัยเหล่านี้ซึ่งต้องควบคุมให้ระดับของปัจจัยรบกวนมีค่าคงที่ตลอดการทดลองและให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะระดับปัจจัยที่ศึกษาเท่านั้นซึ่งเรียกวาการบล็อก (Blocking) สามารถทำได้ดังนี้

1) ควบคุมสภาวะแวดล้อมหรือปัจจัยรบกวนในการทดลองให้มีสภาพใกล้เคียงกนมากที่สุด เช่น ใช้เครื่องจักรเดียวกัน คนทดลองคนเดียวกัน ทดลองในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน เปลี่ยนเฉพาะเงื่อนไขของปัจจัยที่ศึกษาเท่านั้น

2) ให้การบล็อกแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ในบางกรณีที่ระดับของปัจจัยรบกวนมีการเปลี่ยนแปลงระดับอย่างมีระบบ เนื่องจากมีข้อจำกัดในการทดลอง เช่น ต้องใช้วัตถุดิบหลายล็อต คนทดลองหลายคน อุปกรณ์หลายชุด หรือผู้วัดผลหลายคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและรูปแบบของการทดลองนั้นมีให้เลือกหลายรูปแบบเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าเราควรที่จะเลือกรูปแบบการทดลองแบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น เวลาที่มีให้ในการวิเคราะห์ ระดับความถูกต้องในการวิเคราะห์งบประมาณในการออกแบบการทดลอง เป็นต้น การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) มีขั้นตอนทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา (Problem Identification) การกำหนดปัญหาจะต้องมีความชัดเจน เข้าใจได้ง่าย ทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหา ลักษณะของปัญหาและสามารถพบปัญหานี้เมื่อใด

2. กำหนดระดับและปัจจัย (Factors and levels Identification) หลังจากการระบุปัญหาให้ทำการกำหนดปัจจัย พร้อมระดับของปัจจัย ถัดมาก็ทำการกำหนดปัจจัย (Factor) ที่ส่งผลต่อปัญหาหรือตัวแปรตอบสนอง ที่ส่งผลนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ Controllable Factor หมายถึงปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ และ Uncontrollable Factor หมายถึงปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยปัจจัยที่ควบคุมได้นั้น ให้ทำการกำหนดปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็น Design Factor ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองแต่ไม่ได้สนใจศึกษาในครั้งนี้จะถูกกำหนดให้เป็น Constant Factor หลังจากนั้นทำการกำหนดระดับของ Design Factor พร้อมกับค่าของแต่ละระดับไว้ ในขณะที่ Constant Factor ก็จำเป็นต้องทำการกำหนดค่าที่จะใช้ในการทดลอง เพื่อให้สามารถทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยการกำหนดระดับของปัจจัย มักกำหนดจากมาตรฐานที่ใช้ในการผลิตในปัจจุบัน สามารถกำหนดระดับของปัจจัยได้หลากหลายค่าที่แตกต่างกัน

3. กำหนดตัวแปรชี้วัด (Response Variables Identification) การกำหนดตัวแปรชี้วัดต้องเป็นตัวแปรที่สามารถทำการวัดค่าได้ สามารถทำการวัดด้วยเครื่องมือและกระบวนการวัดต่างๆ และจะเป็นตัวแปรที่สามารถสื่อถึงกระบวนการที่เราได้ทำการศึกษา ตัวแปรชี้วัดอาจมีได้หลากหลายค่าต่อ 1 การทดลอง

4. การเลือกใช้แบบการทดลอง (Experiment Design) เมื่อกำหนดระดับของปัจจัยแล้วลำดับถัดไปคือการกำหนดรูปแบบในการทดลองเพื่อให้สามารถนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดในการทดลองในปัจจุบันตัวแบบสำหรับการทดลองมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็มีความแตกต่างของการนำไปใช้งาน ในที่นี้จะขอแนะนำรูปแบบการทดลองที่นิยมใช้กัน ได้แก่

1). General Full Factorial Design เป็นตัวแบบการทดลองที่ง่ายที่สุด เพราะสามารถกำหนดระดับของปัจจัยเป็นกี่ระดับก็ได้ แต่หากกำหนดระดับของปัจจัยมากเท่าไหร่ ก็จะส่งผลให้จำนวนครั้งในการทดลองมีจำนวนมากตามไปด้วย นอกจากนี้ยังใช้ได้ทั้งกรณีที่ตัวแปรเป็นแบบต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง

2). 2^k Factorial Design เป็นตัวแบบการทดลองที่ทุกปัจจัยมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น (มักกำหนดเป็น High กับ Low) ทำให้จำนวนการทดลองลดลงเมื่อเทียบกับกรณี General Full Factorial Design นิยมใช้กับกรณีที่ตัวแปรเป็นค่าต่อเนื่องและมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น เนื่องจากในการคำนวณตัวแบบจะสมมติให้ความสัมพันธ์ของตัวแปรตอบสนองในทุก ๆ ปัจจัยเป็นแบบเส้นตรงทั้งหมด

3). A Single Replicate of 2^k Factorial Design เป็นตัวแบบการทดลองที่ทุกปัจจัยมีเพียง 2 ระดับ และในแต่ละชุดการทดลองจะทำเพียงซ้ำเดียวเท่านั้น

4). 2^{k-p} Fractional Factorial Design เป็นตัวแบบการทดลองที่ทุกปัจจัยมีเพียง 2 ระดับแต่ไม่ได้ทำครบทุกการทดลองจะทำการทดลองเพียงบางส่วนเท่านั้น เช่น ½ หรือ ¼ ของการทดลองทั้งหมดเพื่อให้เข้าใจความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างของตัวแบบการทดลองข้างต้นได้ง่ายขึ้น

5. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) หลังจากออกแบบการทดลองตามตัวแบบที่กำหนดไว้เรียบร้อยแล้ว ให้ไปทำการทดลองภายใต้สภาวะต่างๆ โดยกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัยตามที่ได้ออกแบบไว้เพื่อหาค่าตัวแปรชี้วัดในแต่ละการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

6. วิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) คือการนำผลการทดลองที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถใช้โปรแกรมช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ เช่น โปรแกรม Minitab ไม่ใช่แค่วิเคราะห์ข้อมูลเท่านั้นแต่รวมถึงการตรวจสอบลักษณะและคุณภาพของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและทำการหาค่าระดับนัยสำคัญของอิทธิพลของแต่ละปัจจัยและหาค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของปัจจัยที่เกิดขึ้นร่วมกันโดยปกติ DOE จะใช้ ANOVA ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นผู้วิเคราะห์ก็ต้องเข้าใจเงื่อนไข ของ ANOVA ด้วย

7. การสรุปผล (Conclusion) ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจที่ไปที่มาของข้อมูลดีและสามารถมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เพื่อปรับใช้สำหรับการทดลองในอนาคต สามารถนำไปเป็นบรรทัดฐานได้ [24]

2.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab

Minitab เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปใช้ประมวลผลข้อมูลทางด้านสถิติ โดยพัฒนาจากกลุ่มนักวิชาการทางด้านสถิติมากว่า 30 ปี โดย Minitab เข้ามามีบทบาทสำหรับผู้ใช้สถิติในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของตัวเลขและผลในลักษณะของกราฟ ประกอบกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาและมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันดังนั้น Minitab จึงถูกเลือกใช้ด้วยเหตุผลหลัก 3 ประการ คือ

1. ความซับซ้อนในการประมวลผล (Complexity)
2. ความเที่ยงตรงและแม่นยำในการประมวลผลข้อมูล (Accuracy)
3. ความรวดเร็วและความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability)

Minitab เป็นโปรแกรมที่มีความโดดเด่นในด้านการใช้งานที่ง่ายและมีการพัฒนาปรับปรุงฟังก์ชันต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับความรู้และทฤษฎีใหม่ ๆ รวมถึงการประยุกต์ทางด้านสถิติโดยเฉพาะในงานด้านคุณภาพอย่างต่อเนื่องดังนั้น Minitab จึงเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีสำหรับกลุ่มผู้ที่พัฒนาปรับปรุงคุณภาพด้วยหลักการ “ซิกซ์ ซิกม่า” เนื่องจาก Minitab เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกลุ่มผู้ใช้กลุ่มนี้ แต่ไม่ได้หมายความว่าจะจำเพาะกลุ่มผู้ใช้กลุ่มนี้เท่านั้น Minitab ยังเป็นโปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มนักวิชาการ นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ และผู้ใช้สถิติทั่วไป

ถึงแม้ว่าโปรแกรม Minitab จะเป็นโปรแกรมที่ช่วยให้การทำงานของเราสะดวกขึ้นมาก แต่ความรู้ความเข้าใจในการทำงานของโปรแกรมก็ยังเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้ใช้เสมอ ในบทนี้จะขออธิบายภาพรวมและการทำงานของโปรแกรมโดยทั่วไป

ทางผู้จัดจึงได้นำโปรแกรม Minitab มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองช่วยในการหาค่า ANOVA ค่าความสำคัญของ Main Effect แต่ละปัจจัยรวมถึงค่าปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ที่มีร่วมกันของทั้งสองปัจจัยที่ได้ทำการเลือกมาใช้และนำมาวิเคราะห์ว่ามีผลต่อตัวแปรชี้วัดที่ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การอ่านค่ากราฟในโปรแกรม Minitab

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA))

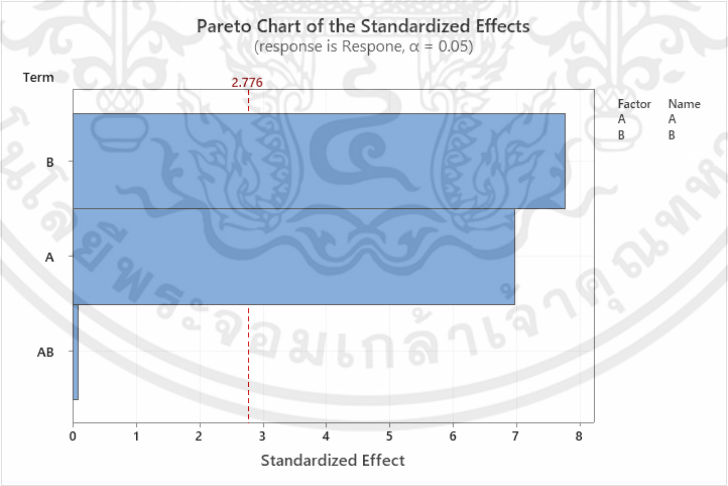
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	6993.00	2331.00	36.28	0.002
Linear	2	6992.50	3496.25	54.42	0.001
A	1	3120.50	3120.50	48.57	0.002
B	1	3872.00	3872.00	60.26	0.001
2-Way Interactions	1	0.50	0.50	0.01	0.934
A*B	1	0.50	0.50	0.01	0.934
Error	4	257.00	64.25		
Total	7	7250.00			

รูปที่ 2.2 การอ่านค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากรูปที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรชี้วัด โดยจะบ่งบอกถึงค่า P-Value ของปัจจัยหลักและค่าปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย (2-Way Interactions) โดยถ้ามีค่า P-Value < 0.05 แสดงว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ (Statistical Significant) แต่ถ้าค่า P-Value > 0.05 แสดงว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. กราฟ Pareto Chart of Standardized Effect



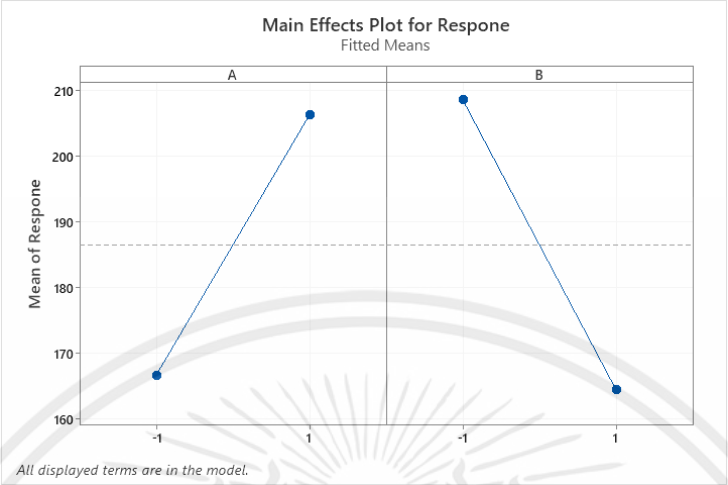
รูปที่ 2.3 การอ่านกราฟ Pareto Chart

จากรูปที่ 2.3 กราฟ Pareto Chart of Standardized Effect ของปัจจัยหลักและปฏิสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย จะสังเกตเห็นได้ว่ามีเส้นสีแดงเพื่อกำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติของปัจจัยถ้าปัจจัยมีค่าเกินเส้นสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดงแสดงว่าปัจจัยมีนัยสำคัญทางสถิติและมีผลกระทบต่อค่าตัวแปรชี้วัดที่ได้ทำการทดสอบ

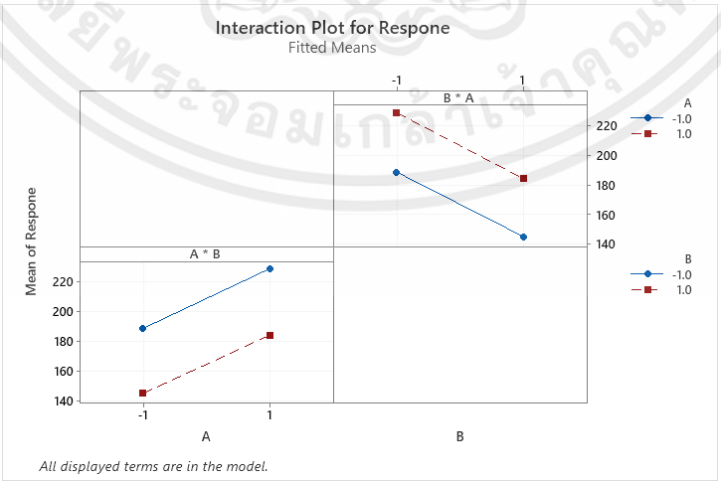
3. กราฟ Main Effect Plot



รูปที่ 2.4 การอ่านกราฟ Main Effect Plot

จากรูปที่ 2.4 กราฟ Main Effect Plot เป็นกราฟแสดงถึงความสำคัญของปัจจัยหลัก A และ B จากตัวอย่างปัจจัย A สังเกตเห็นได้ว่าในระดับปัจจัยที่ต่ำมีค่าตัวแปรชี้วัดที่น้อยแต่ในระดับปัจจัยที่สูงมีค่าตัวแปรชี้วัดที่มากแสดงว่าเมื่อมีค่าระดับปัจจัยที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าตัวแปรชี้วัดมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ส่วนปัจจัย B สังเกตเห็นได้ว่าในระดับปัจจัยที่ต่ำมีค่าตัวแปรชี้วัดที่มากแต่ในระดับปัจจัยที่สูงมีค่าตัวแปรชี้วัดที่น้อยแสดงว่าเมื่อมีค่าระดับปัจจัยที่สูงขึ้นจะทำให้ค่าตัวแปรชี้วัดมีค่าลดลง โดยสามารถสังเกตได้จากเส้นของกราฟที่มีความชันที่ลดลง

4. กราฟ Interaction Plot



รูปที่ 2.5 การอ่านกราฟ Interaction Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 ปฏิสัมพันธ์หรืออิทธิพลร่วม หมายถึง ค่าแตกต่างของผลการทดลองระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่งไม่เท่ากันบนทุกระดับของปัจจัยอื่น หมายความว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นไม่เป็นอิสระต่อกัน ในการทดลองแฟกทอเรียลที่มีมากกว่า 2 ปัจจัย การพิจารณาหาค่าปฏิสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัยนี้ สามารถดูได้จากกราฟ Interaction Plot ซึ่งจะทำให้มองเห็นปฏิสัมพันธ์ได้ชัดเจนขึ้น ถ้าค่าของปฏิสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัยมีนัยสำคัญทางสถิติกราฟเส้นจะตัดกันและมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกันหมายความว่า ทั้งสองปัจจัยมีอิทธิพลร่วมกันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน แต่ถ้าค่าของทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกราฟเส้นจะค่อนข้างขนานกันหรือไปในทิศทางเดียวกัน [25]

2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณ

2.4.1 การวัดความเที่ยง

ความเที่ยง หมายถึง ความใกล้เคียงกันในกลุ่มของค่าที่ทำการวัด ซึ่งเราสามารถหาค่าความเที่ยงได้จาก [26][27]

1. ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{X_i}{n} \qquad (2.1)$$

โดยที่ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

X_i คือ ค่าการวัดของแต่ละครั้ง

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ คือ ผลรวมค่าของการวัดทั้งหมด

2. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2.2)$$

โดยที่ SD คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง

i คือ ข้อมูลของแต่ละตัว

2.4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (Two-Way ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง (Two–Way ANOVA) แตกต่างจากการวิเคราะห์ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรปรวนทางเดียวคือ ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวหน่วยตัวอย่างภายในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีความแตกต่างกัน น้อยมากเพื่อที่จะมั่นใจได้ว่าเมื่อเกิดความแปรปรวนในการทดลองจะนำไปสู่ข้อสรุปได้ชัดเจนว่าเป็นความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม แต่ในทางปฏิบัติอาจพบว่าการใช้หน่วยตัวอย่างที่เหมือนกันหรือมีความคล้ายคลึงกันจะเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นจึงอาจจะแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มๆเรียกว่าบล็อค (Block) โดยให้ภายในแต่ละบล็อค ประกอบไปด้วยหน่วยตัวอย่างที่มีความคล้ายคลึงกัน ส่วนในต่างบล็อกก็จะเป็นหน่วยตัวอย่างที่แตกต่างกัน และจำนวนหน่วยทดลองภายในแต่ละบล็อกจะได้รับทรีทเม้นท์ต่าง ๆ ครบชุด ตารางข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางออกเป็น ดังตารางที่ 2.1 [28]

ตารางที่ 2.1 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

แถว (Block)	คอลัมน์ (Treatment)						รวม	เฉลี่ย
	1	2	...	J	...	C		
1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1c}	T_1	$\bar{x}_1$
2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2j}	...	x_{2c}	T_2	$\bar{x}_2$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
I	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ij}	...	x_{ic}	T_i	$\bar{x}_i$
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
R	x_{r1}	x_{r2}	...	x_{rj}	...	x_{rc}	$T_{r.}$	$\bar{x}_r$
รวม	T_1	T_2	...	T_j	...	T_c	T	
เฉลี่ย	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	...	$\bar{x}_j$	...	$\bar{x}_c$		$\bar{X}$

เมื่อ x_{ij} แทนค่าสังเกตแถวที่ i คอลัมน์ที่ j

T_i แทนผลรวมค่าสังเกตแถวที่ i

T_j แทนผลรวมค่าสังเกตคอลัมน์ที่ j

T แทนผลรวมทั้งหมด

$\bar{x}_i$ แทนค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตแถวที่ i

$\bar{x}_j$ แทนค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตแถวที่ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{X}$ แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด

r แทนจำนวนแถว

c แทนจำนวนคอลัมน์

n แทนจำนวนตัวอย่างทั้งหมด = r x c

ในกรณีนี้จะแยกแหล่งความแปรปรวนทั้งหมดออกได้เป็น

ความแปรปรวนรวม (SST) = ความแปรปรวนระหว่างทรีทเมนท์ (SSA) + ความแปรปรวนระหว่างบล็อก (SSB) + ความแปรปรวนอื่น ๆ (SSE)

หรือ SST = SSA +SSB + SSE

การคำนวณหาค่า Sum of Square เริ่มต้นจากการหาค่า

$$CM \text{ (Correct of Mean)} = \frac{(\sum\sum x_{ij})^2}{n} \quad (2.3)$$

SST แทนความแปรปรวนรวมคำนวณได้โดย

$$SST = \sum_{i=1}^{r}\sum_{j=1}^{c} x_{ij}^2 - CM \quad (2.4)$$

SSA แทนความแปรปรวนระหว่างทรีทเมนท์ในแต่ละคอลัมน์คำนวณได้โดย

$$SSA = \sum_{j=1}^{c} \frac{T_j^2}{n_j} - CM \quad (2.5)$$

SSB แทนความแปรปรวนระหว่างล็อคในแต่ละแถวคำนวณได้โดย

$$SSB = \sum_{i=1}^{r} \frac{T_i^2}{n_i} - CM \quad (2.6)$$

SSE แทนความผันแปรภายในอื่น ๆ ที่ไม่ทราบสาเหตุคำนวณได้โดย

$$SSE = SST - SSA - SSB \quad (2.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

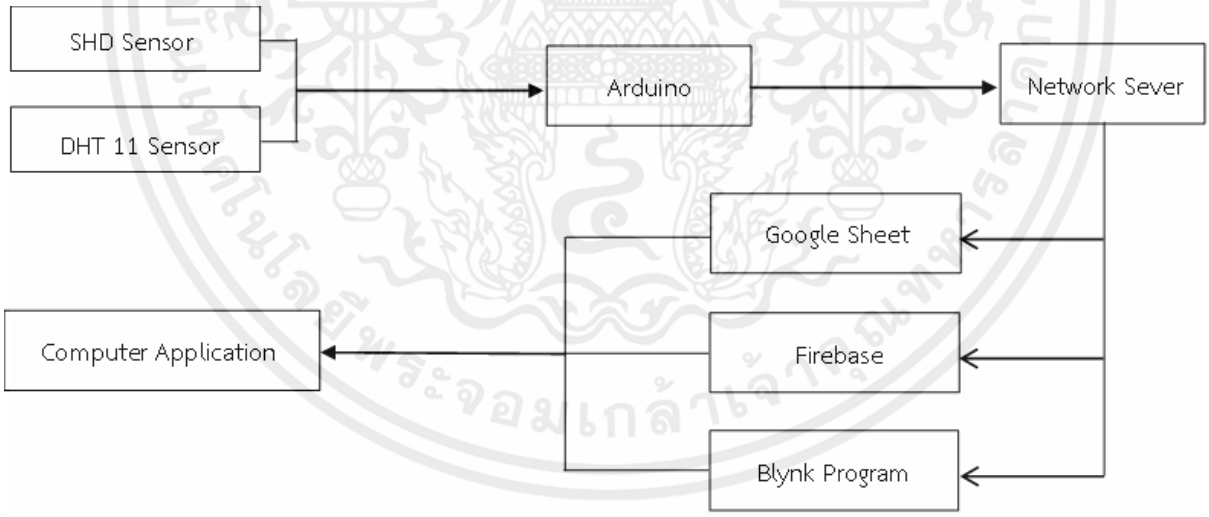
ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการและขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการวิจัยของงานวิจัยเรื่อง ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. ออกแบบการทำงานของระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ
2. การทดลองปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

3.1 ออกแบบการทำงานของระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ

3.1.1 ออกแบบรูปแบบการทำงาน

การจัดการข้อมูลของการไหลของข้อมูลโดยเลือกใช้ฐานข้อมูลในอินเตอร์เน็ตเป็นศูนย์กลางของข้อมูลและเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ระบบเป็น IoT สะดวกต่อการทำงานและทันสมัย การไหลของข้อมูลเป็นไปดังแผนภาพการไหลของข้อมูล ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพการไหลของข้อมูล

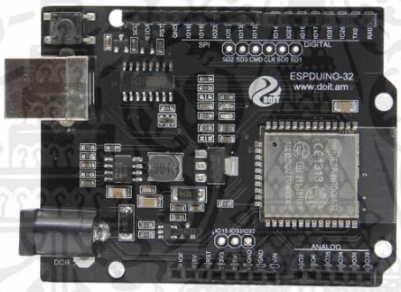
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบฮาร์ดแวร์

3.1.2.1 ระบบควบคุมการจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ

ในระบบควบคุมโรงเรือนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้ง อุณหภูมิภายในโรงเรือน ความชื้นภายในโรงเรือน ความชื้นภายในดิน โดยจะมีเซนเซอร์ที่เก็บค่าข้อมูล ประกอบด้วย ดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2

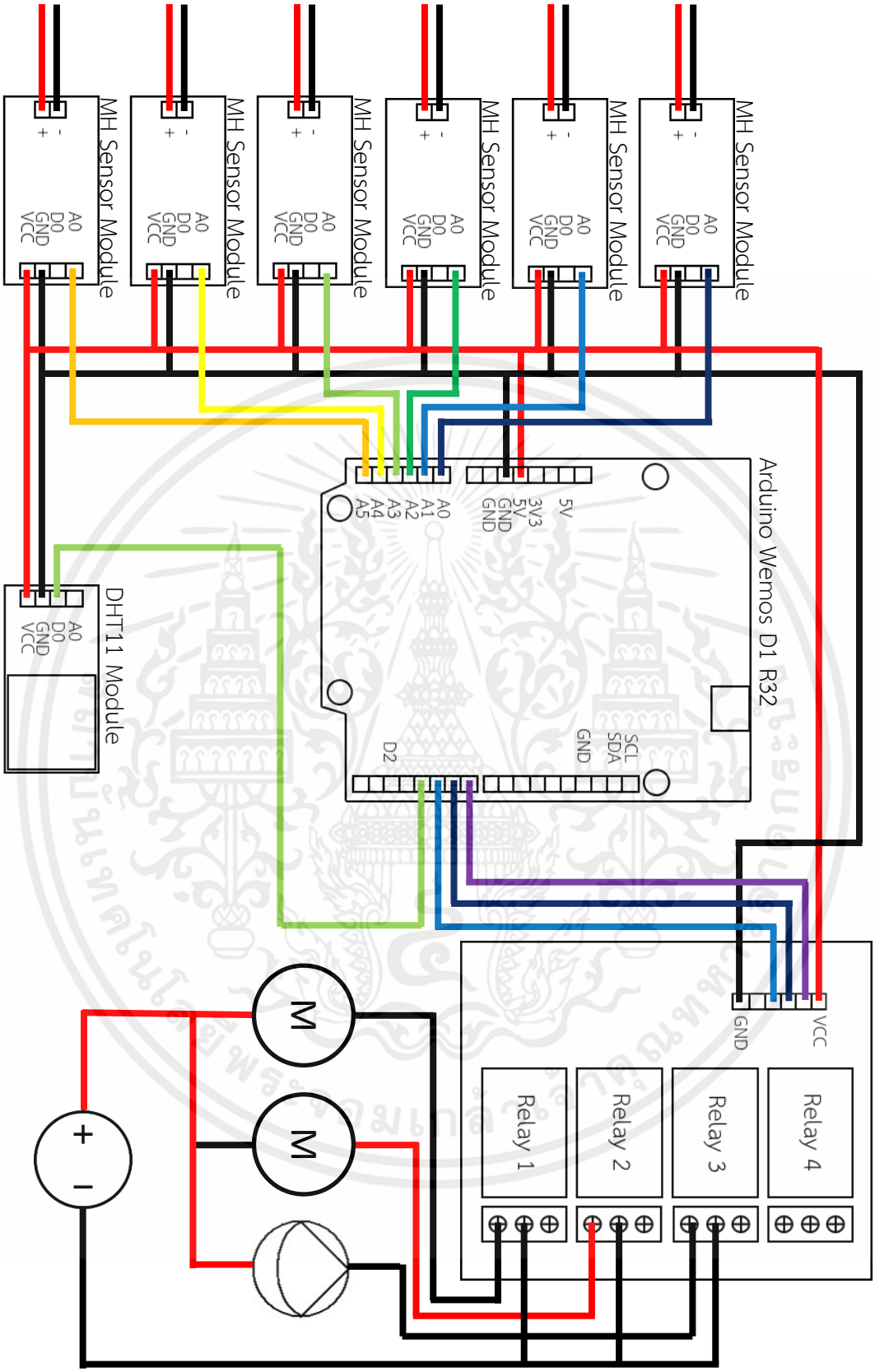
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงรายละเอียดเซนเซอร์ที่เก็บค่าข้อมูล

ชื่ออุปกรณ์	ตัวอย่างอุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายละเอียด
Arduino Wemos D1 R32		1	ESP32 เป็นชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มาพร้อม Wi-Fi มาตรฐาน 802.11 b/g/n และบลูทูธเวอร์ชั่น 4.2 เป็นรุ่นต่อยอดความสำเร็จของ ESP8266 - ไมโครคอนโทรนเลอร์: Xtensa LX6 CPU - UART / EN / SPI / ENTERNET ...Bluetooth4.2 - ไฟเลี้ยง: DC 5-12 V - ขาดิจิตอล I/O: 14 ขา - ขาอนาล็อกอินพุต: 6 ขา [15]
โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน		6	โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน นำ Sensor มาต่อได้โดยตรง ทำให้อ่าน ค่า Analog หรือ Digital ได้ง่ายขึ้น [29]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน		6	- ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5 V - ให้สัญญาณเอาต์พุตได้ทั้งแบบดิจิตอลและอนาล็อค [18]
เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT11		1	- ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5 V - เหมาะสำหรับวัดความชื้นระดับ 20-80% โดยมีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน 5% - เหมาะสำหรับวัดอุณหภูมิ 0-50°C โดยมีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน ±2°C - ความถี่ในการวัด 1 Hz อ่านค่าได้วินาทีละครั้ง [16]
โมดูลรีเลย์ 4ช่อง 5V (4 Channel Relay Module)		1	- ไฟเลี้ยงโมดูลรีเลย์ 5 V - ควบคุมโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า AC ได้สูงสุด 250VAC 10A หรือแรงดันไฟฟ้า DC ได้สูงสุด 30VDC 10A (Maximum Load) - ระดับสัญญาณอินพุทควบคุมแบบ TTL ทำงานด้วยสัญญาณแบบ Active Low - กระแสขับรีเลย์ (Drive Current) 15-20mA. - มีการออกแบบให้เป็น Isolate ด้วย Optocoupler - มี LED แสดงสถานะ Relay - โมดูลขนาด 5.3 cm x 7.0 cm x 1.7 cm [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 โครงสร้างวงจรระบบควบคุมการจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 ระบบรดน้ำภายในโรงเรือน

ในการทดลองกระบวนการเพาะปลูกทางผู้จัดทำต้องการดำเนินการเพาะปลูกในสภาวะที่สามารถความคุมปัจจัยภายนอกที่เกิดจากกระแสลม การรบของสัตว์หรือแมลง ปริมาณแสงแดดทางคณะผู้จัดทำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้โรงเรือนประกอบการทดลองโดยโรงเรือนที่ใช้ในการทดลองเป็นรูปแบบสำเร็จรูป โรงเรือนสำเร็จรูปที่ใช้มีขนาด 69x49x125 เซนติเมตร โดยวัสดุที่ใช้ในโรงเรือนประกอบไปด้วยโครงเหล็กขนาด 0.16 มิลลิเมตรและวัสดุคลุมโรงเรือนใช้พลาสติกพีวีซี (PVC) หรือโพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl Chloride) ป้องกันปัจจัยภายนอกที่เกิดจากกระแสลม การรบของสัตว์หรือแมลง โรงเรือนที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยชั้นวางที่ใช้ในการวางถาดเพาะปลูกทั้งหมด 3 ชั้น และสามารถวางถาดเพาะปลูกขนาด 36x30x8 เซนติเมตร ได้ทั้งหมด 2 ถาด/ชั้น

ระบบรดน้ำภายในโรงเรือนทางผู้จัดทำได้ดำเนินการออกแบบระบบการรดน้ำภายในโรงเรือนโดยมีอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบรดน้ำ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดอุปกรณ์ระบบรดน้ำภายในโรงเรือน

ชื่ออุปกรณ์	จำนวนอุปกรณ์	รายละเอียด
1. ปั๊มน้ำไดอะแฟรม	1	- ใช้แรงดันไฟ (DC) 12 V - แรงดัน 100 PSI - กำลังไฟ 30 W - อัตราการไหล 3 ลิตร/นาที
2. อะแดปเตอร์	1	- ใช้แรงดันไฟ (DC) 12 V - กระแสไฟฟ้า 1.5 A - กำลังไฟ 18 W
3. สปริงเกอร์	12	- หัวพ่นหมอก - สำหรับต่อสายยางไมโครขนาด 4/7 mm
4. ข้อต่อ 3 ทาง	17	- สำหรับต่อสายยางไมโครขนาด 4/7 mm
5. สายยางไมโคร	930 cm	- วัสดุทำจากโพลีเอทิลีน (PE) - ขนาดสายยางไมโครขนาด 4/7 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ระบบรดน้ำภายในโรงเรือนแต่ละชั้นประกอบไปด้วยสปริงเกอร์รดน้ำทั้งหมด 4 หัว/ชั้น ระยะห่างของแต่ละชั้นใช้สายสายยางไมโครยาว 33 เซนติเมตร และความยาวของสายไมโครที่ต่อจากปั๊มน้ำไดอะแฟรมเข้าโรงเรือนยาว 300 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 ระบบรดน้ำภายในโรงเรือน

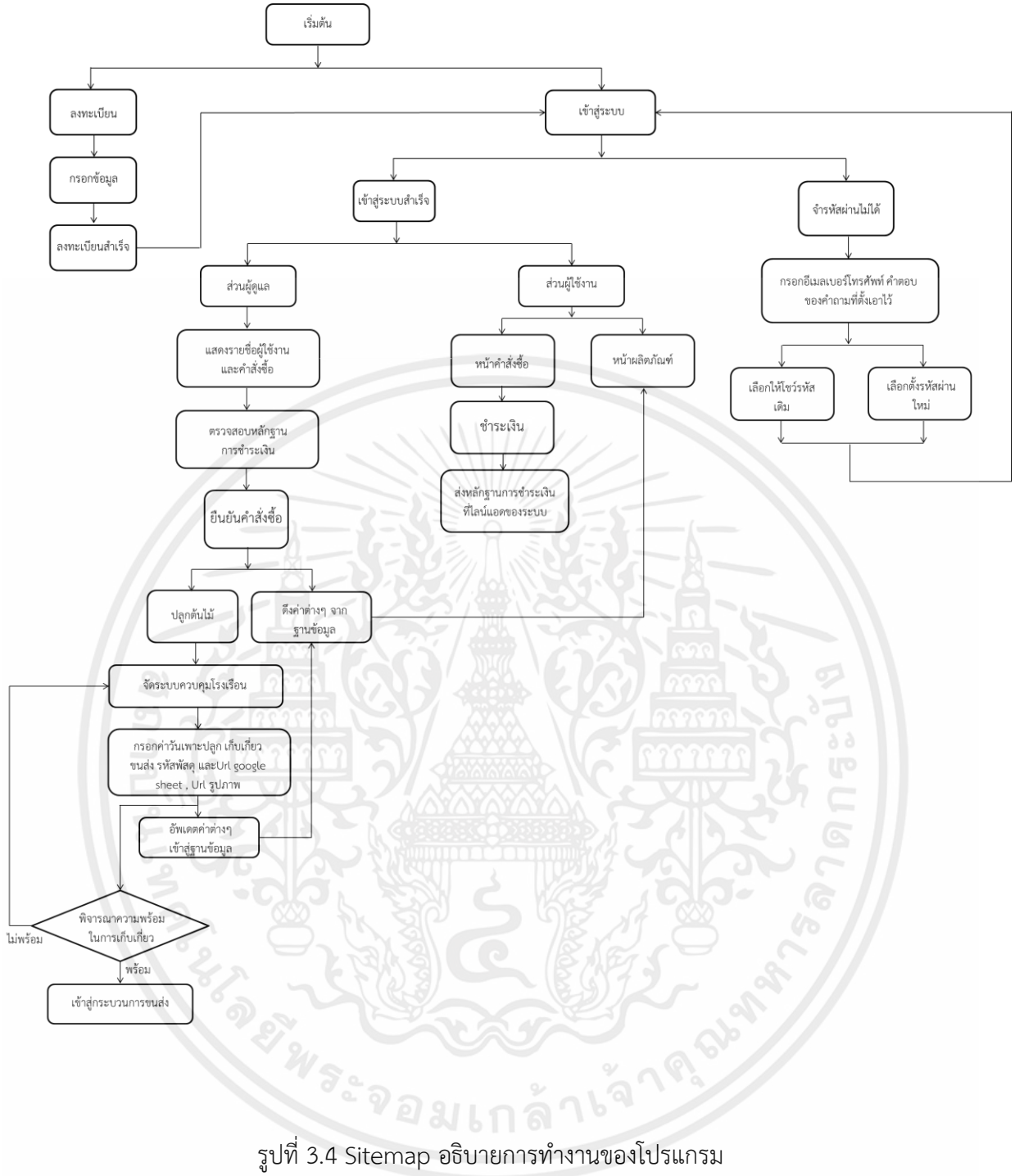
3.1.3 การออกแบบซอฟต์แวร์

เป็นการวางแผนออกแบบรูปร่าง การระบบทำงาน รวมถึงจัดการข้อมูลของโปรแกรม โดยจะแบ่งการออกแบบโปรแกรมเป็น 2 ส่วน คือ 1.การออกแบบการทำงานของระบบโปรแกรม 2. การออกแบบรูปแบบในการจัดการข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบการทำงานของระบบโปรแกรม

การออกแบบการใช้งานโปรแกรมมี 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบของโปรแกรมและส่วนการใช้งานโปรแกรม โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังรูปที่แสดงนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 Sitemap อธิบายการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.4 อธิบายการทำงานของโปรแกรม หากเป็นผู้ใช้งานใหม่ต้องลงทะเบียนการใช้งาน หลังจากการลงทะเบียนสำเร็จ เมื่อต้องการเข้าสู่ระบบผู้ใช้งานต้องกรอกชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่ระบบ แต่ถ้าหากผู้ใช้จำรหัสผ่านไม่ได้โปรแกรมมีฟังก์ชันสำหรับการช่วยเหลือผู้ใช้ที่ลืมรหัสผ่าน โดยระบบการทำงานในหน้าที่ผู้ใช้งานลืมรหัสผ่าน ผู้ใช้จะต้องกรอกอีเมล เบอร์โทรศัพท์ คำตอบของคำถามที่ตั้งเอาไว้ในครั้งที่ได้ลงทะเบียน เมื่อกรอกทุกอย่างครบถ้วนและถูกต้องระบบจะให้เลือกระหว่างฟังก์ชันแสดงรหัสกับ ฟังก์ชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนรหัส ถ้าเลือกฟังก์ชันแสดงรหัสให้ผู้ใช้ซึ่งเป็นรหัสอันเดิมของผู้ใช้แต่ถ้าเลือกฟังก์ชันเปลี่ยนรหัสระบบให้จะผู้ใช้ตั้งรหัสผ่านใหม่เพื่อเข้าสู่ระบบ

เมื่อเข้าสู่ระบบ ระบบจะจำแนกผู้ใช้งานเป็น 2 ประเภทด้วยชื่อผู้ใช้งาน โดยจะจำแนกเป็นผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งาน หากเป็นผู้ใช้งาน ระบบจะแสดงหน้าการสั่งซื้อสินค้าด้วยระบบสั่งจองล่วงหน้า เมื่อสั่งจองสินค้าล่วงหน้าเสร็จสิ้นแล้วจะไปสู่กระบวนการการชำระเงินโดยการชำระเงิน ระบบจะให้ผู้ใช้แสกนคิวอาร์โค้ดของอินเตอร์เน็ตแบงค์กิ้งเพื่อทำการชำระเงิน หลังจากนั้นผู้ใช้งานต้องส่งหลักฐานการชำระเงินที่ไลน์แอดของระบบ เมื่อพืชที่สั่งจองไปได้มีการเพาะปลูกแล้วระบบจะส่งข้อมูลมาในหน้าที่มีการแสดงข้อมูลของพืชนั้นๆ ที่ได้สั่งจองล่วงหน้าไว้ก่อนหน้านี้ โดยข้อมูลของพืชเหล่านี้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพซึ่งมาจากการสั่งงานของดูแลระบบ โดยการทำงานของโปรแกรมในส่วนผู้ดูแลระบบนั้น เมื่อเข้ามาสู่ระบบผู้ดูแลระบบจะเข้ามาตรวจสอบคำสั่งซื้อล่วงหน้าของลูกค้าด้วยชื่อผู้ใช้ที่ได้ลงทะเบียนเอาไว้ หลังจากที่ทราบจำนวนการสั่งซื้อล่วงหน้าแล้วผู้ดูแลระบบจะตรวจสอบหลักฐานการชำระเงิน ยืนยันคำสั่งซื้อแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนเริ่มต้นการปลูกพืชตามคำสั่งซื้อด้วยการใช้โปรแกรมในการจัดการควบคุมโรงเรือน หลังจากนั้นเซนเซอร์จะส่งค่าตัวแปรต่างๆ เข้าสู่ฐานข้อมูล และฐานข้อมูลจะส่งข้อมูลให้โปรแกรม หลังจากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการพิจารณาค่าตัวแปรว่าเหมาะสมตามปัจจัยนั้นหรือไม่ หากไม่เหมาะสมจะกลับไปสู่ขั้นตอนการจัดการควบคุมโรงเรือนเพื่อปรับค่าตัวแปรให้เหมาะสม แต่หากค่าตัวแปรเหมาะสมแล้วก็รอเวลาเก็บเกี่ยวและส่งให้ลูกค้าที่ได้สั่งจองพืชเหล่านั้นไว้

3.2 การทดลองปัจจัยการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เมล็ดต้นอ่อนทานตะวัน
2. ดินเพาะปลูก
3. ถาดเพาะปลูกขนาดกว้าง 17.5 เซนติเมตร ยาว 25.5 เซนติเมตรและสูง 7.5 เซนติเมตร
4. ถาดรองถาดเพาะปลูก

3.2.2 ขั้นตอนการเพาะปลูก

1. นำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันไปล้างน้ำ 2-3 รอบให้สะอาด แล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันมาล้างให้สะอาดอีก 1-2 รอบ

2. ใช้ผ้าชุบน้ำบิดพอหมาด ห่อเพื่อบ่มเมล็ด 12-24 ชั่วโมง

3. เทดินที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกลงในถาดเพาะปลูกให้หนา 1 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันที่บ่มในผ้าชุบน้ำ (สังเกตได้ว่าบริเวณเมล็ดจะมีตุ่มรากขาวๆออกมา) ปริมาณ 50 กรัมต่อ 1 ถาดเพาะปลูกโรยลงบนดินให้เต็มพื้นที่ของถาดเพาะชำ อย่าให้เมล็ดซ้อนทับกัน

5. ทำการรดน้ำพอประมาณ เช้า-เย็น ให้ความชื้นในดินมีค่าสม่ำเสมอ เป็นเวลา 4-5 วัน

6. ในวันที่ 6-7 ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวัน โดยการใช้วัสดุมีคมตัดบริเวณโคนของต้นอ่อนทานตะวันห่างจากผิวดินประมาณ 1 เซนติเมตร

7. นำผลผลิตที่ได้มาชั่งน้ำหนักในแต่ละถาดการเพาะปลูกและวัดค่าส่วนสูงเฉลี่ยของต้นอ่อนทานตะวันในแต่ละถาดการเพาะปลูก เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

3.2.3 การทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

ทางผู้จัดทำออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าระดับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments (DOE)) โดยมีทั้งหมด 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา (Problem Identification)

จากการศึกษาค้นคว้าหาปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยชนิดของพืชที่ทางผู้จัดทำได้เลือกมาใช้เพาะปลูกคือต้นอ่อนทานตะวัน ต้นอ่อนทานตะวันเป็นพืชที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม สภาพสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันได้แก่ ปริมาณความชื้นในดิน ปริมาณแสงแดดและอุณหภูมิอากาศ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญทั้งหลายเหล่านี้มีผลต่อการเพิ่มขนาด น้ำหนักและความสูงของต้นอ่อนทานตะวัน

ทางผู้จัดทำจึงได้ทำศึกษาปัจจัยในการทดลองและทำการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของแต่ละปัจจัยและหาค่าปฏิสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัยเมื่อทำการเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวัน เพื่อหาค่าระดับของปัจจัยที่ทำให้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันมีประสิทธิภาพ ได้ผลผลิตที่มีน้ำหนักมากที่สุด

2. กำหนดระดับและปัจจัย (Factors and levels Identification)

ทางผู้จัดทำวิเคราะห์ปัญหาและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันเพื่อเลือกปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตที่ทำการเลือกคือ ความชื้นในดินและปริมาณแสงแดด ทำการกำหนดระดับของปัจจัยได้เป็น ดังตารางที่ 3.3

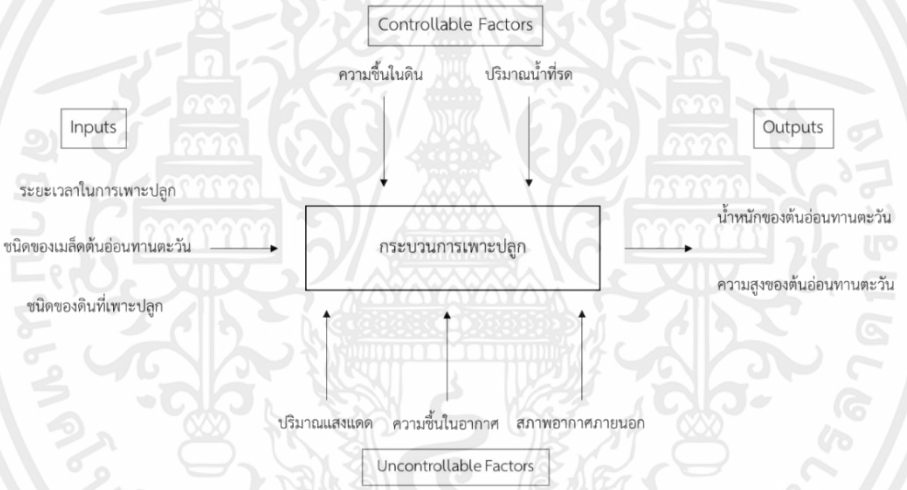
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		หน่วย
	ต่ำ (-)	สูง (+)	
ความชื้นในดิน	50	80	% ความชื้นในดิน
ปริมาณแสงแดด	ปิดด้วยผ้าใบกรองแสง 80 %	ปิดด้วยพลาสติกใสบาง	ลักซ์ (Lux)

3. เลือกตัวแปรที่ใช้ชี้วัด (Define Response Variables)

การเลือกตัวแปรที่ใช้วัดผลของการทดลองจากปัจจัยที่เลือกจะเน้นตัวแปรที่สามารถทำการวัดได้ สำหรับกระบวนการทดลองจากนั้นเลือกผลตอบที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนั้นผลการทดลองที่ได้เป็น น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันในแต่ละระดับปัจจัยและความสูงของต้นอ่อนทานตะ วัน



รูปที่ 3.5 ตัวแปรชี้วัดของกระบวนการเพาะปลูก

จากรูปที่ 3.5 สังเกตได้ว่าปัจจัยที่ผู้จัดทำสามารถควบคุมในการทำการทดลองได้คือปริมาณน้ำที่รดซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในดินแต่ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้คือ ความชื้นในอากาศ สภาพอากาศภายนอกเช่น ปริมาณแสงแดด แรงลมและค่าปริมาณน้ำฝนรวมถึงอุณหภูมิซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับสภาพอากาศในแต่ละวัน

4. เลือกแบบการทดลอง (Experiment Design)

ทางผู้จัดทำได้เลือกการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียล คือการทดลองที่มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาผลกระทบหลัก (Main Effects) และผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหรือปฏิสัมพันธ์ (Interactions) โดยที่ทุกปัจจัยมีเพียง 2 ระดับเท่านั้น กรณีศึกษา 2 ปัจจัยคือค่าความชื้นในดินและค่าปริมาณแสงแดด ผลกระทบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

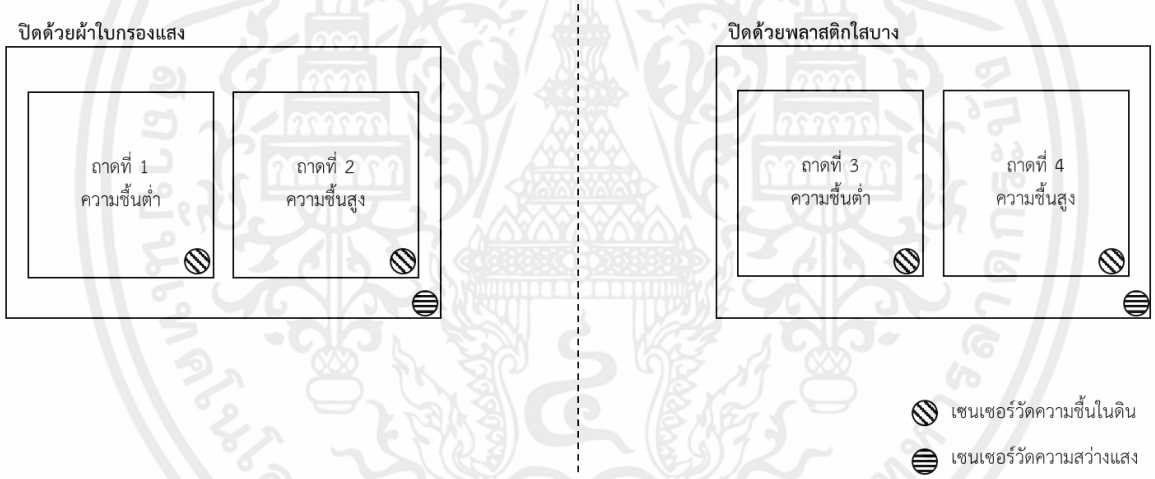
เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ผลกระทบหลัก หรือ ผลกระทบปัจจัยเดี่ยว (Main Effects) คือผลกระทบที่เกิดขึ้น จาก แต่ละปัจจัย ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัยค่าความชื้นในดินและผลกระทบของปัจจัยค่าปริมาณแสงแดด

2) ผลกระทบร่วมระหว่าง 2 ปัจจัย (Two-Factors or 2-Ways Interactions) คือ ผลกระทบที่เกิดจากการพิจารณาปัจจัยพร้อมกันเป็นคู่ (ครั้งละ 2 ปัจจัย) ได้แก่ ผลกระทบของปัจจัยร่วม (ปฏิสัมพันธ์) ระหว่างค่าความชื้นในดินกับค่าปริมาณแสงแดด [31]

5. ดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment)

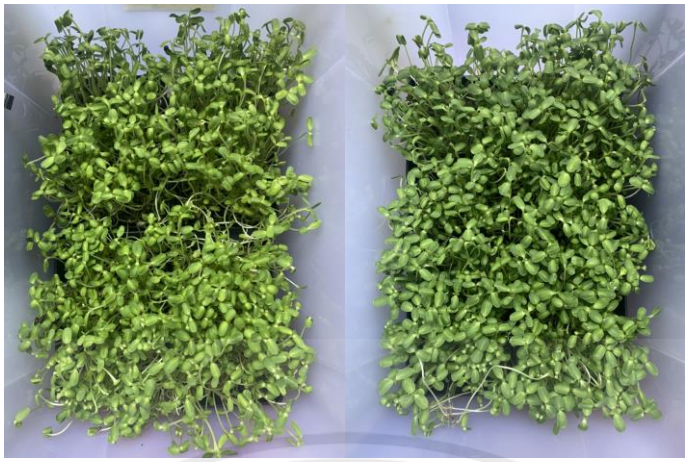
ทำการทดลองโดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง โดยในแต่ละชุดมี 2 ถาดเพาะชำ แต่ละถาดเพาะชำมีขนาดกว้าง 17.5 เซนติเมตร ยาว 25.5 เซนติเมตรและสูง 7.5 เซนติเมตร ทำการควบคุมปริมาณแสงแดดโดยการทำฝาปิดจากพลาสติกใสแบบบางในชุดที่ 1 เพื่อให้ปริมาณแสงแดดเข้าไปได้ ในชุดที่ 2 ทำฝาปิดจากผ้าใบกรองแสงเพื่อลดปริมาณแสงที่เข้าไปในชุดการทดลองโดยในแต่ละชุดมีเซนเซอร์วัดปริมาณแสงแดดจำนวน 1 เซนเซอร์เพื่อวัดค่าปริมาณแสงแดดในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 3.6 การดำเนินการทดลอง (Design of Experiments (DOE))

จากรูปที่ 3.6 จะสังเกตเห็นได้ว่าในแต่ละชุดการทดลองมี 2 ถาดเพาะชำ แบ่งเป็นความชื้นต่ำจำนวน 1 ถาดและความชื้นสูงจำนวน 1 ถาดซึ่งจะให้ปริมาณความชื้นที่แตกต่างกันโดยกำหนดจากการรดน้ำ ถาดที่มีค่าความชื้นในดินต่ำคิดเป็น 50% ส่วนถาดที่มีความชื้นสูงจะให้ค่าความชื้นในดินคิดเป็น 80% ดังนั้นในแต่ละรอบการทดลองจึงมีถาดเพาะชำทั้งหมด 4 ถาด โดยในแต่ละถาดเพาะชำมีเซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดินเก็บค่าปริมาณความชื้นในดินอยู่สม่ำเสมอ โดยทางผู้จัดทำใช้การทำซ้ำ (Replication) เป็นจำนวน 3 รอบการทดลองเพื่อป้องกันค่าความผิดพลาดจากการเก็บข้อมูลและค่าความผิดพลาดจากเซนเซอร์ [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 ต้นอ่อนทานตะวันในการทดลอง

จากรูปที่ 3.7 แสดงภาพหลังจากการทดลองผ่านไป 7 วันทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้ง 12 ถาดเพาะชำ เพื่อทำการหาค่าน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันและส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันในแต่ละถาดเพื่อสังเกตว่าปัจจัยใดมีผลมากที่สุดในการทดลอง หลังจากดำเนินการทดลองเสร็จสิ้น ลำดับถัดไปในขั้นตอนที่ 6 วิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) และขั้นตอนที่ 7 การสรุปผล (Conclusion) จะแสดงในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงานหลังจากทำการทดลองของงานวิจัยเรื่อง ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ โดยการออกแบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ในการสร้างโรงเรือนอัจฉริยะที่สามารถตรวจวัดค่าความชื้นในดิน ค่าความเข้มแสงแดดและค่าอุณหภูมิที่สามารถส่งข้อมูลหา Arduino และควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะภายใต้แนวคิดของ Internet of Things (IoT) ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน
2. การทดสอบประสิทธิภาพการเพาะปลูกในโรงเรือนและนอกโรงเรือน
3. การใช้งานหน้าแสดงผลของโปรแกรม

4.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน

จากการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments (DOE)) จากข้อมูลที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น ทางผู้จัดทำจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลการทดลอง และสรุปผลการ เพื่อหาระดับปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันมากที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

จากการเก็บข้อมูลผลผลิตปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตทั้ง ความชื้นในดิน และปริมาณแสงแดด จาการทดลองที่มีกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัย ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวัน เพื่อหาน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน และส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน สามารถเก็บข้อมูลทั้ง 12 ถาดเพาะชำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลโดย การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) การหาค่าของผลลัพธ์ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรชี้วัดน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันได้ ดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองเปรียบน้ำหนักของตนอ่อนทานตะวัน

ถาดเพาะชำ	ปัจจัยการทดลอง		ค่าน้ำหนักรวม (กรัม)	ส่วนสูงเฉลี่ย (ซม.)
	ความชื้นในดิน	ปริมาณแสงแดด		
1	ต่ำ	ต่ำ	196	12.10
2	ต่ำ	ต่ำ	181	12.30
3	ต่ำ	ต่ำ	183	12.20
4	สูง	ต่ำ	237	14.50
5	สูง	ต่ำ	220	14.80
6	สูง	ต่ำ	218	14.60
7	ต่ำ	สูง	145	9.73
8	ต่ำ	สูง	130	9.53
9	ต่ำ	สูง	137	9.63
10	สูง	สูง	184	10.93
11	สูง	สูง	184	11.23
12	สูง	สูง	185	11.10

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab ช่วยในการหาค่าของผลลัพธ์ สามารถวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรชี้วัดน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันได้ ดังนี้

Analysis of Variance

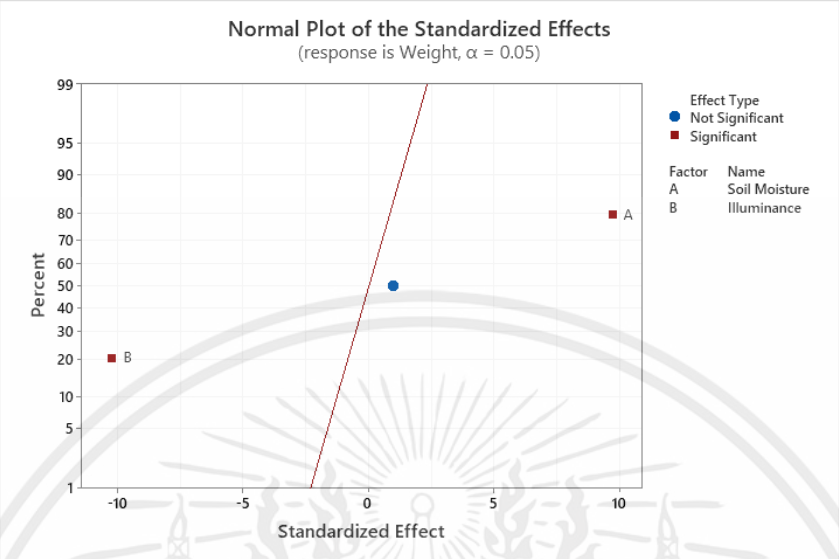
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	11592.7	3864.22	66.62	0.000
Linear	2	11536.3	5768.17	99.45	0.000
Soil Moisture	1	5461.3	5461.33	94.16	0.000
Illuminance	1	6075.0	6075.00	104.74	0.000
2-Way Interactions	1	56.3	56.33	0.97	0.353
Soil Moisture*Illuminance	1	56.3	56.33	0.97	0.353
Error	8	464.0	58.00		
Total	11	12056.7			

รูปที่ 4.1 ข้อมูลตัวแปรชี้วัดน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน

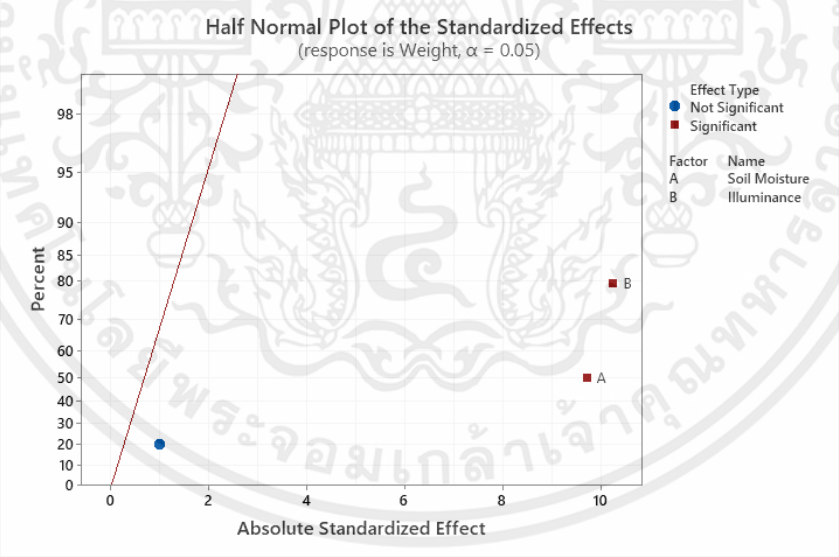
จากรูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรชี้วัดน้ำหนัก โดยสังเกตจากค่า P-Value ของความชื้นในดิน (Soil Moisture) และค่าปริมาณแสงแดด (Illuminance) จะสังเกตเห็นได้ว่ามีค่า P-Value < 0.05 แสดงว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า 2-Way Interactions ของค่าความชื้นในดินกับค่าปริมาณแสงแดดมีค่า P-Value > 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



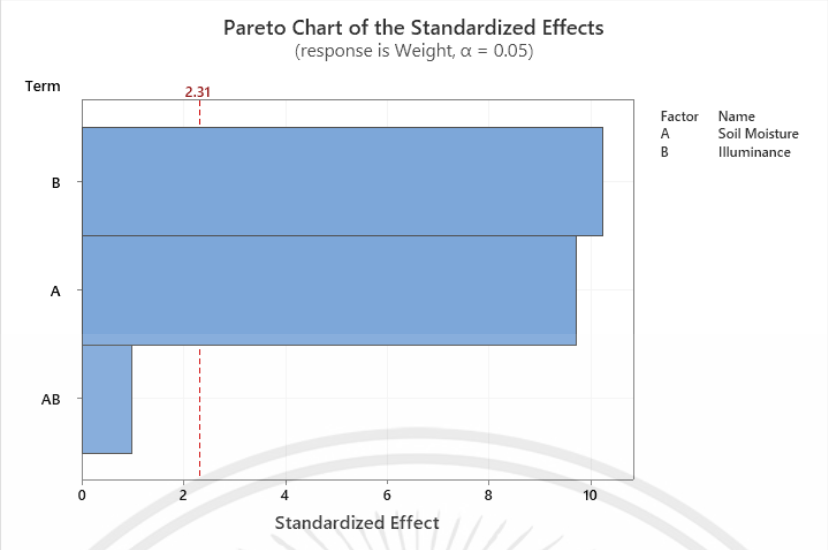
รูปที่ 4.2 กราฟ Normal Plot of Standardized Effects



รูปที่ 4.3 กราฟ Half Normal Plot of Standardized Effects

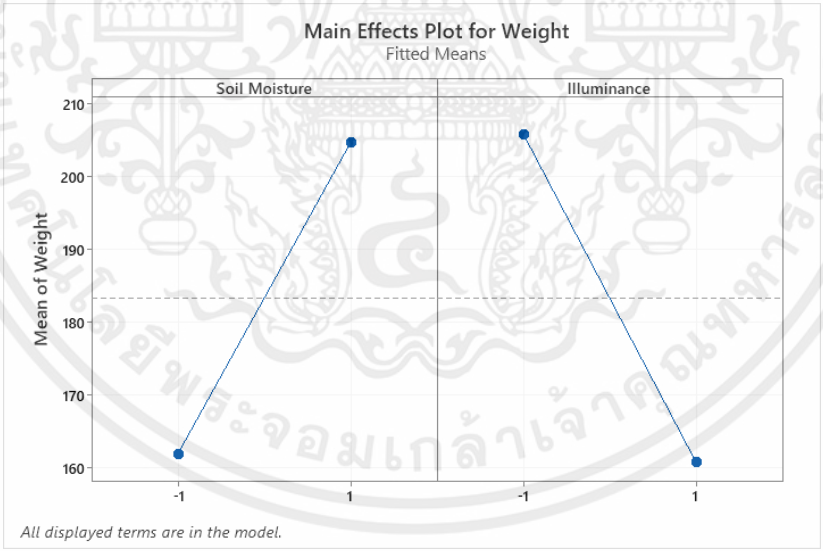
จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 กราฟ Normal Plot และ Half Normal Plot สังเกตได้ว่าปัจจัยค่าความชื้นในดินและปัจจัยค่าปริมาณแสงแดด มีค่าห่างจากเส้น จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองปัจจัยมีนัยสำคัญต่อน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟ Pareto Chart the Standardized Effects

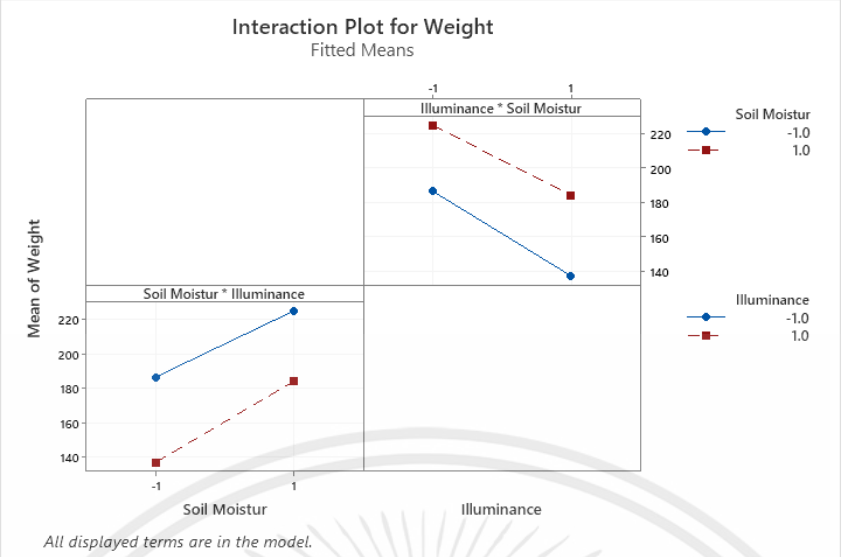
จากรูปที่ 4.4 กราฟ Pareto Chart ข้อมูลที่ได้จะสังเกตได้ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อน้ำหนักต้นอ่อนทานตะวันที่มีความสำคัญคือค่าความชื้นในดินและปริมาณแสงแดด แต่ปัจจัยปริมาณแสงแดดมีความสำคัญมากกว่าความชื้นในดินส่วนค่าของความชื้นในดินกับปริมาณแสงแดดไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน



รูปที่ 4.5 กราฟ Main Effects Plot for Weight

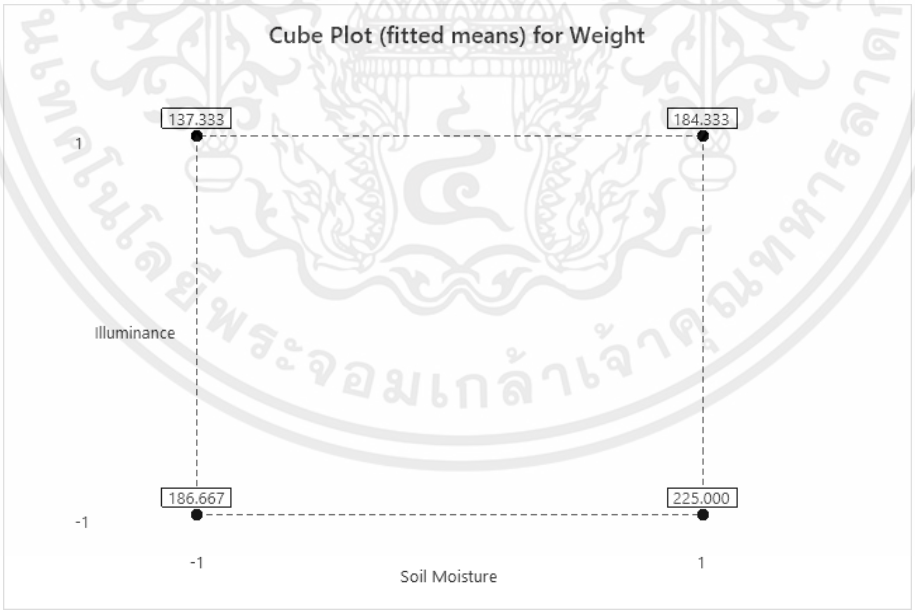
จากรูปที่ 4.5 กราฟ Main Effect ของน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นสูงจะทำให้น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันมีน้ำหนักมากกว่าค่าความชื้นต่ำและค่าปริมาณแสงที่ต่ำจะทำให้น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันมีค่าน้ำหนักที่มากกว่าค่าปริมาณแสงที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟ Interaction Plot for Weight

จากรูปที่ 4.6 กราฟ Interaction Plot ของน้ำหนักจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือค่าความชื้นในดินและค่าปริมาณแสงในเส้นสีน้ำเงินกับเส้นสีแดงเคลื่อนที่ในทิศทางขนานกัน ไม่มีแนวโน้มที่จะตัดกัน หมายความว่าทั้ง 2 ปัจจัยนี้ไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน



รูปที่ 4.7 กราฟ Cube Plot for Weight

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 กราฟ Cube Plot ของน้ำหนักจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในแต่ละระดับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือความชื้นในดินและปริมาณแสงแดดในระดับสูงและต่ำ โดยค่าที่มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 225 กรัมค่าโดยกำหนดความชื้นในดินสูงกับปริมาณแสงที่ต่ำ

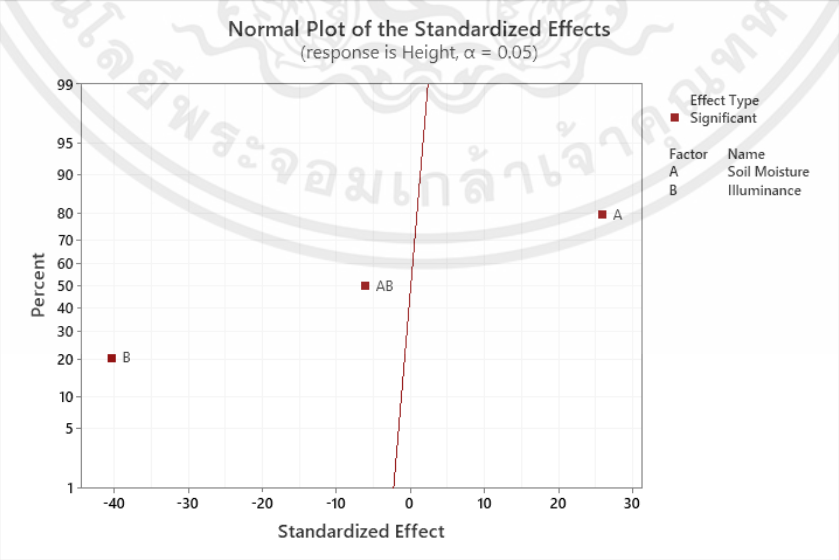
สามารถวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรชี้วัดความสูงของต้นอ่อนทานตะวันโดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ ดังนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	40.1247	13.3749	811.01	0.000
Linear	2	39.4093	19.7046	1194.82	0.000
Soil Moisture	1	11.3491	11.3491	688.17	0.000
Illuminance	1	28.0602	28.0602	1701.48	0.000
2-Way Interactions	1	0.7154	0.7154	43.38	0.000
Soil Moisture*Illuminance	1	0.7154	0.7154	43.38	0.000
Error	8	0.1319	0.0165		
Total	11	40.2566			

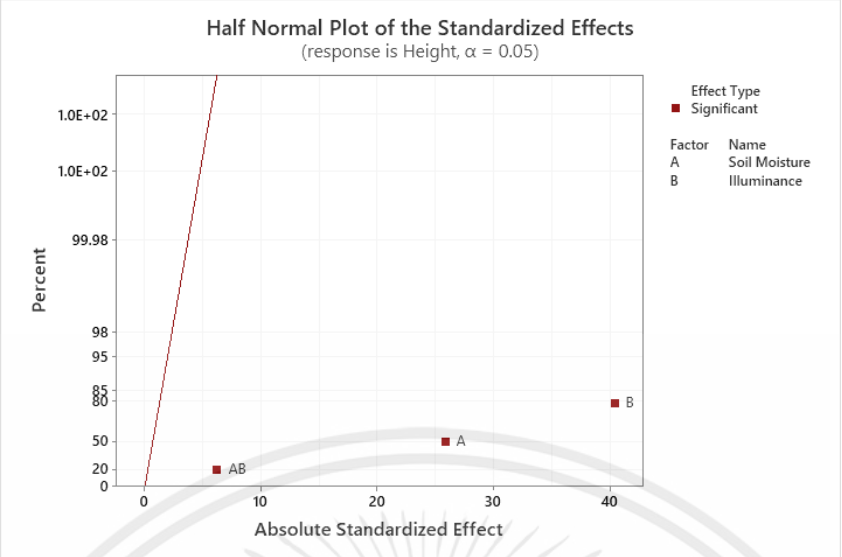
รูปที่ 4.8 ข้อมูลตัวแปรชี้วัดส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน

จากรูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรชี้วัดน้ำหนัก โดยสังเกตจากค่า P-Value ของความชื้นในดิน (Soil Moisture) และปริมาณแสงแดด (Illuminance) จะสังเกตเห็นได้ว่ามีค่า P-Value < 0.05 แสดงว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า 2-Way Interactions ของค่าความชื้นในดินกับค่าปริมาณแสงแดด มีค่า P-Value < 0.05 จึงสรุปได้ว่ามีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่ามีปฏิสัมพันธ์กันและมีผลต่อความสูงของต้นอ่อนทานตะวัน



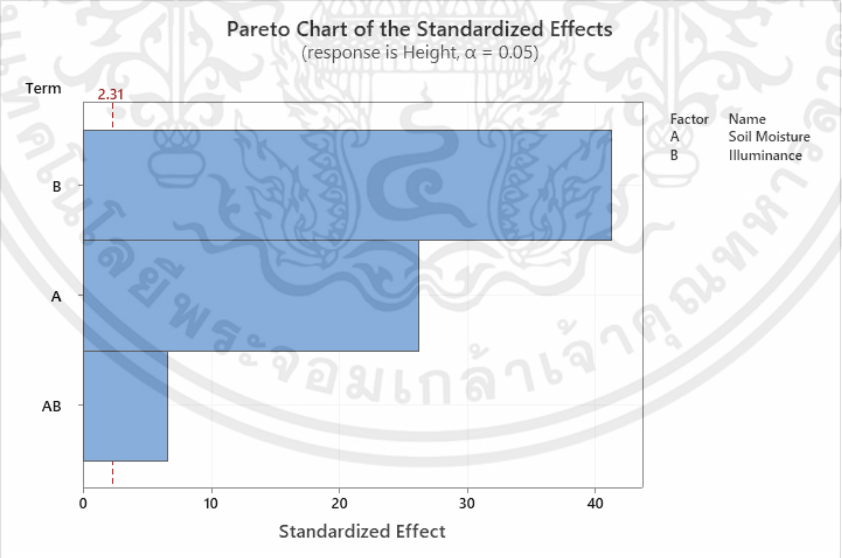
รูปที่ 4.9 กราฟ Normal Plot of Standardized Effects

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 กราฟ Half Normal Plot of Standardized Effects

จากรูปที่ 4.9 และ 4.10 กราฟ Normal Plot และ Half Normal Plot สังเกตได้ว่าปัจจัยค่าความชื้นในดินและปัจจัยค่าปริมาณแสงแดด มีค่าห่างจากเส้น จึงสามารถสรุปได้ว่าทั้งสองปัจจัยมีนัยสำคัญต่อความสูงของต้นอ่อนทานตะวัน รวมถึงค่า Interactions ของทั้งสองปัจจัยมีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน

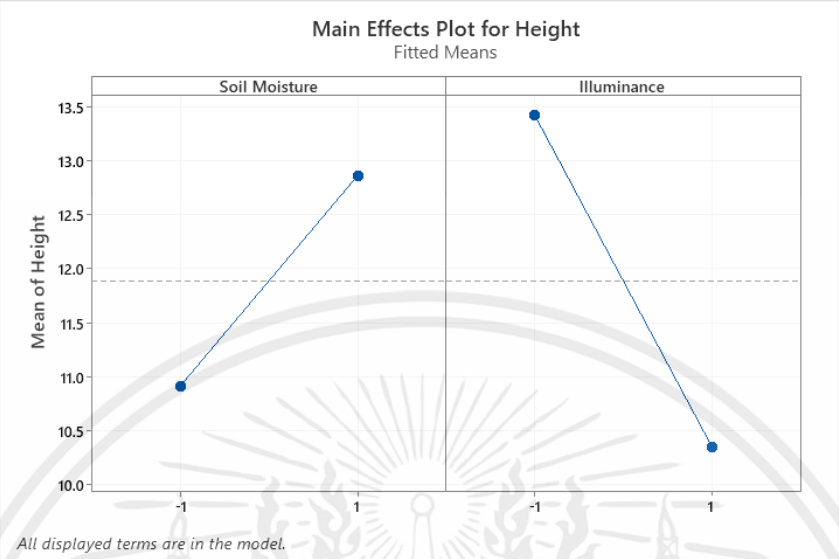


รูปที่ 4.11 กราฟ Pareto Chart the Standardized Effects

จากรูปที่ 4.11 กราฟ Pareto Chart ข้อมูลที่ได้จะสังเกตได้ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่มีความสำคัญคือค่าความชื้นในดินและปริมาณแสงแดด แต่ปัจจัยปริมาณแสงแดดมี

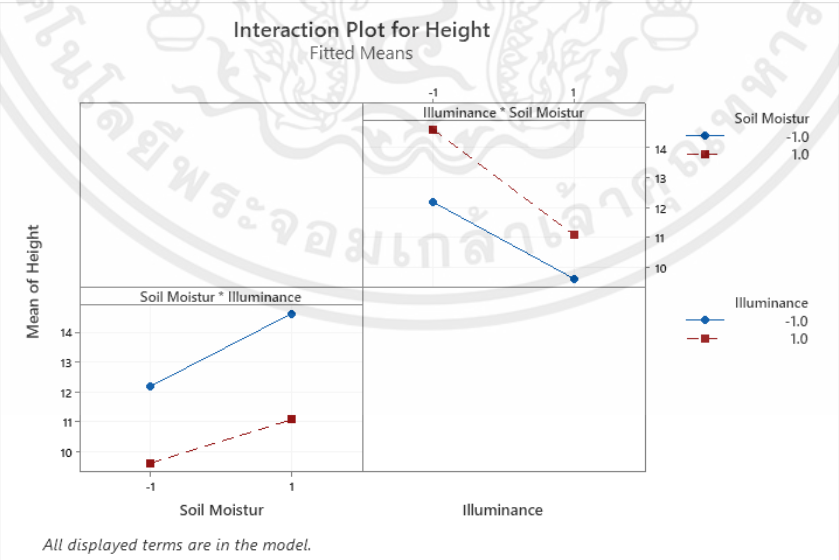
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสำคัญมากกว่าความชื้นในดินส่วนค่าของความชื้นในดินกับปริมาณแสงแดดมีปฏิสัมพันธ์กันเล็กน้อย



รูปที่ 4.12 กราฟ Main Effects Plot for Height

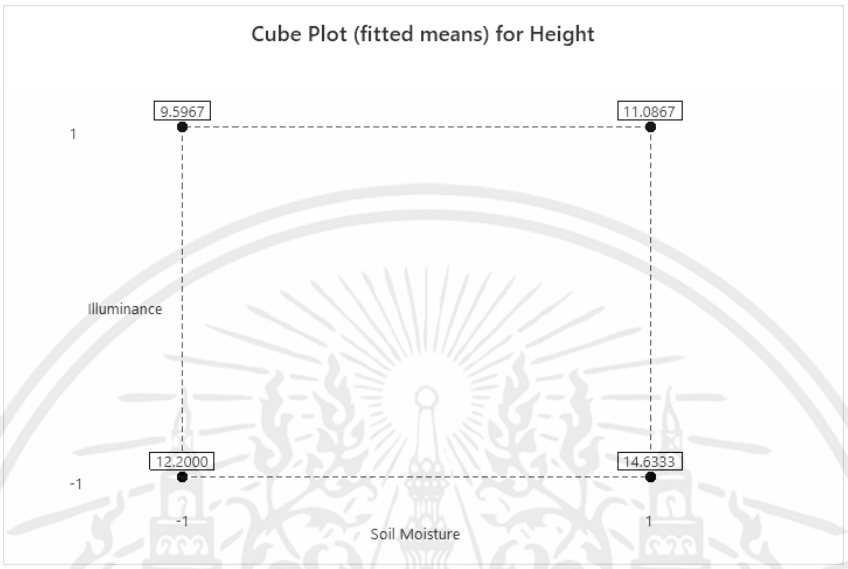
จากรูปที่ 4.12 กราฟ Main Effect ของส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันจะเห็นได้ว่าค่าความชื้นในดินสูงจะทำให้ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันมีความสูงมากกว่าค่าความชื้นในดินที่ต่ำและค่าปริมาณแสงที่ต่ำจะทำให้ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันมีค่าส่วนสูงที่มากกว่าค่าปริมาณแสงที่สูง



รูปที่ 4.13 กราฟ Interaction Plot for Height

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 กราฟ Interaction Plot ของส่วนสูงจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือค่าความชื้นในดินและค่าปริมาณแสงในเส้นสีน้ำเงินกับเส้นสีแดงเคลื่อนที่ในทิศทางเข้าหากัน มีแนวโน้มที่จะตัดกัน หมายความว่าทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน



รูปที่ 4.14 กราฟ Cube Plot for Height

จากรูปที่ 4.14 กราฟ Cube Plot ของส่วนสูงจะแสดงถึงค่าเฉลี่ยของส่วนสูงในแต่ละระดับปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือความชื้นในดินและปริมาณแสงแดดในระดับสูงและต่ำ โดยค่าที่มีส่วนสูงมากที่สุดคือ 14.633 เซนติเมตร โดยกำหนดความชื้นในดินสูงกับปริมาณแสงที่ต่ำ

จากการวิเคราะห์วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance (ANOVA)) ข้อมูลที่ได้จะสังเกตได้ว่าปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่มีความสำคัญคือค่าความชื้นในดินและปริมาณแสงแดด แต่ปัจจัยปริมาณแสงแดดมีความสำคัญมากกว่าความชื้นในดินและค่าของความชื้นในดินกับปริมาณแสงแดดมีปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งค่าปฏิสัมพันธ์สามารถสังเกตได้จากค่า P-Value ของ 2-Way Interaction ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงทำให้เกิด Interaction ขึ้น

2. สรุปผล (Conclusion)

จากการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลจะสรุปได้ว่าปัจจัยทั้งสองปัจจัยคือความชื้นในดินและปริมาณแสงแดดเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวัน โดยศึกษาจากระดับทั้ง 2 ระดับคือค่าต่ำกับค่าสูงโดยตัวแปรชี้วัดมีจำนวน 2 ตัวแปรคือ น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันกับความสูงของต้นอ่อนทานตะวัน โดยเมื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรชี้วัดทั้ง 2 ค่า สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่ดีที่สุดในการเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวันคือค่าความชื้นในดินในระดับที่สูงกับปริมาณแสงแดดในระดับที่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

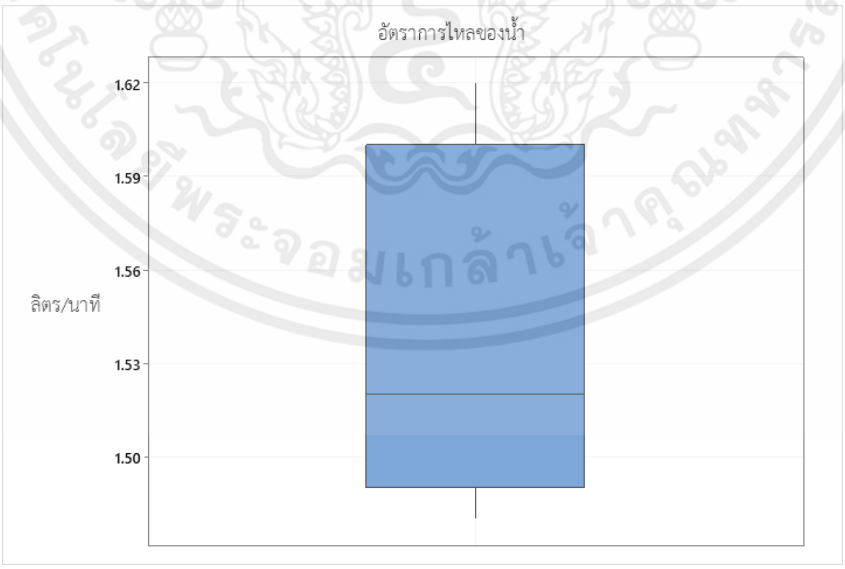
4.2 การทดสอบประสิทธิภาพการเพาะปลูกในโรงเรือนและนอกโรงเรือน

ทำการทดลองการเพาะปลูกเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนและเพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการเพาะปลูกนอกโรงเรือนกับในโรงเรือนว่ามีประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทานตะวันแตกต่างกันหรือไม่ โรงเรือนสามารถควบคุมได้ 2 รูปแบบคือ การควบคุมโดยสั่งการผ่าน Blynk แอพพลิเคชันสามารถสั่งการเปิดปิดแผ่นกรองแสงและสามารถสั่งการรดน้ำในโรงเรือน อีกรูปแบบคือ การควบคุมอัตโนมัติโดยใช้เซนเซอร์วัดปริมาณความชื้นในดินเมื่อความชื้นในดินต่ำกว่า 80 % Arduino จะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเพื่อควบคุมปริมาณความชื้นในดินสำหรับในโรงเรือนให้มีค่ามากกว่า 80 % อยู่ตลอดเวลา

การทดลองอัตราการไหลของน้ำภายในระบบเพื่อต้องการทราบค่าเฉลี่ย และหาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำและเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในดิน ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองอัตราการไหลของน้ำภายในระบบ

การทดลองครั้งที่	อัตราการไหลของน้ำ (ลิตร/นาที)
1	1.62
2	1.50
3	1.52
4	1.58
5	1.48
ค่าเฉลี่ย	1.54



รูปที่ 4.15 กราฟ Box plot อัตราการไหลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 กราฟ Box plot อัตราการไหลของน้ำ จะสังเกตเห็นได้ว่าค่าที่มากที่สุดคือ 1.62 และค่าที่น้อยที่สุดคือ 1.48 มีค่าควอไทล์ที่ 1 เท่ากับ 1.49 ควอไทล์ที่ 2 เท่ากับ 1.52 และค่าควอไทล์ที่ 3 เท่ากับ 1.6 ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลมีค่าเท่ากับ 1.54 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่ากลาง ไม่พบค่า Outlier ในข้อมูลชุดนี้

ทางผู้จัดทำทำการทดลองการเพาะปลูกโดยใช้ถาดเพาะปลูกขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 36 เซนติเมตรและสูง 8 เซนติเมตร ใช้ปริมาณดิน 1500 กรัมและเมล็ดต้นอ่อนทานตะวัน 100 กรัม ต่อ 1 ถาด การเพาะปลูก ทดลองปลูกนอกโรงเรือน 6 ถาดและในโรงเรือน 6 ถาด โดยนอกโรงเรือนทางผู้จัดทำควบคุมปริมาณน้ำที่รดให้ต้นอ่อนทานตะวัน ส่วนในโรงเรือนมีการทำระบบโรงเรือนอัจฉริยะวัดค่าด้วยเซนเซอร์ความชื้นในดินและมีการสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานเมื่อค่าความชื้นในดินต่ำกว่า 80 % จากนั้นทำการเก็บข้อมูล ตัวแปรที่ใช้ในการชี้วัดมีจำนวน 2 ตัวแปรได้แก่ ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันและน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน

หลังจากทำการเพาะปลูก 7 วัน ต้นอ่อนทานตะวันพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว โดยทำการยกตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกนอกโรงเรือนและในโรงเรือนจำนวน 3 ถาดมาแสดงผล ดังรูป 4.16 และ 4.17

รูปที่ 4.16 ต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือน

รูปที่ 4.17 ต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

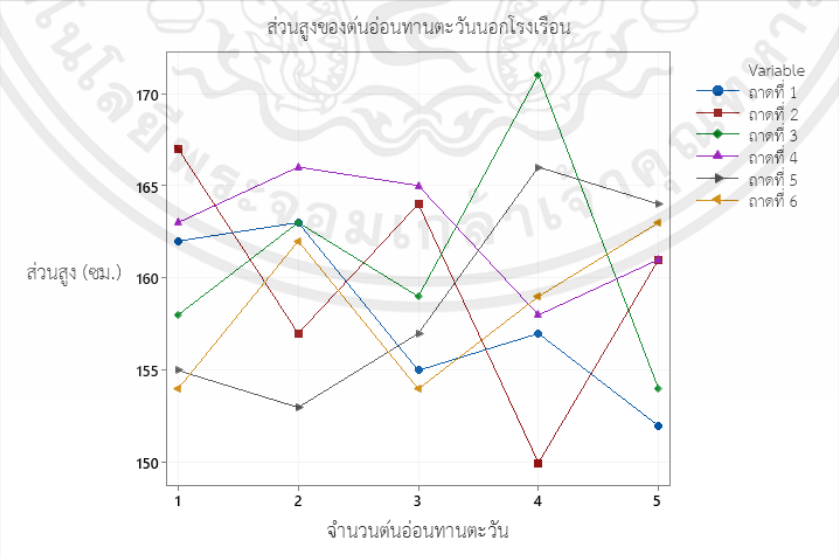
ตัวแปรชี้วัดลำดับที่ 1 คือ ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน โดยเก็บข้อมูลจากค่าเฉลี่ยส่วนสูงถาดละ 5 ต้นจากบริเวณมุมด้านซ้ายบน มุมด้านขวาบน ตรงกลางถาดเพาะปลูก มุมด้านซ้ายล่างและมุมด้านขวาล่างของถาดเพาะปลูกจากนั้นนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ค่าส่วนสูงมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

จากการเก็บข้อมูลส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือนจะได้ค่า ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกนอกโรงเรือน

ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกนอกโรงเรือน (มม.)						
ต้นที่ / ถาด	สุ่มตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวัน					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	162	163	155	157	152	157.8
2	167	157	164	150	161	159.8
3	158	163	159	171	154	161
4	163	166	165	158	161	162.6
5	155	153	157	166	164	159
6	154	162	154	159	163	158.4
ค่าเฉลี่ยส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือน						159.76

จากการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือนจำนวน 6 ถาดคือ 159.76 มิลลิเมตร สามารถนำมาทำเป็นกราฟแสดงเพื่อเปรียบเทียบความสูงแต่ละต้น ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันนอกโรงเรือน

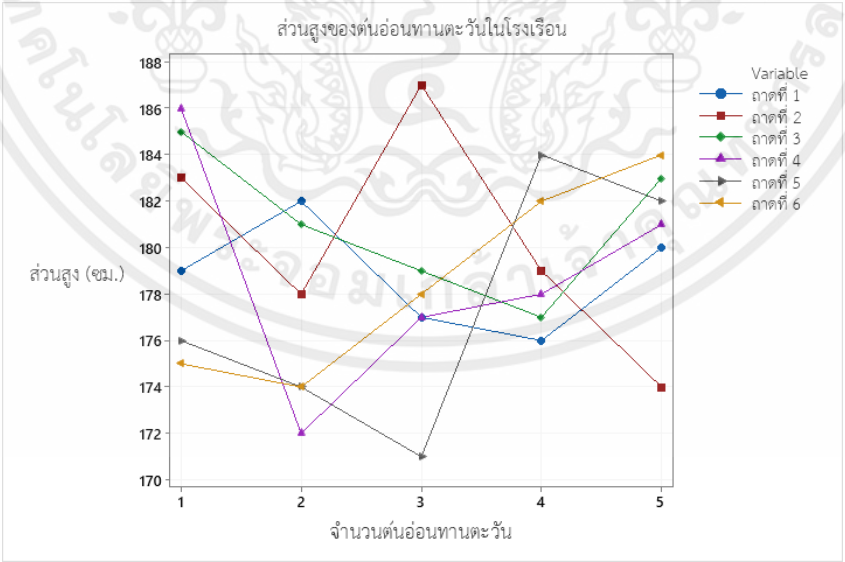
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกในโรงเรือนจะได้ค่า ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ตารางส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกในโรงเรือน

ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันเพาะปลูกในโรงเรือน (มม.)						
ต้นที่ / ถาด	สุ่มตัวอย่างต้นอ่อนทานตะวัน					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
1	179	182	177	176	180	178.8
2	183	178	187	179	174	180.2
3	185	181	179	177	183	181
4	186	172	177	178	181	178.8
5	176	174	171	184	182	177.4
6	175	174	178	182	184	178.6
ค่าเฉลี่ยส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกในโรงเรือน						179.13

จากการเก็บข้อมูลค่าเฉลี่ยส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกในโรงเรือนจำนวน 6 ถาดคือ 179.13 มิลลิเมตร สามารถนำมาทำเป็นกราฟแสดงเพื่อเปรียบเทียบความสูงแต่ละต้น ดังรูปที่ 4.19

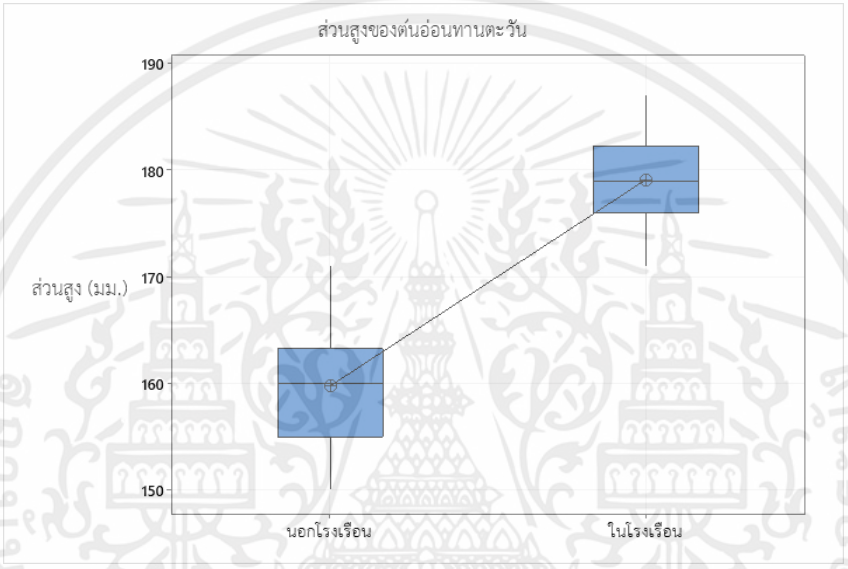


รูปที่ 4.19 ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันในโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือนกับในโรงเรือนจะสังเกตเห็นได้ว่าส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยส่วนสูงที่มากกว่าเพาะปลูกนอกโรงเรือน 19.37 มิลลิเมตร มีค่าส่วนสูงเพิ่มจากการเพาะปลูกนอกโรงเรือนคิดเป็น 12.12 %

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงต้นอ่อนทานตะวันนอกโรงเรือนมีค่า 5.09 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในโรงเรือนมีค่า 4.17 จะสังเกตได้ว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันในโรงเรือนจะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อยกว่า



รูปที่ 4.20 Box plot ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวัน

จากรูปที่ 4.20 ใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Two Sample T-test เพื่อใช้ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยทดสอบความน่าจะเป็นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เนื่องจากค่า P-Value ที่วิเคราะห์ได้มีค่า < 0.05 ทำให้การเพาะปลูกในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยส่วนสูงเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเพาะชำนอกโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรชี้วัดลำดับที่ 2 คือ น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน โดยชั่งจากน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันเมื่อทำการเก็บเกี่ยวแล้วทั้งหมด 12 ถาด แบ่งเป็นนอกโรงเรือน 6 ถาดและในโรงเรือน 6 ถาด ตังตารางที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน

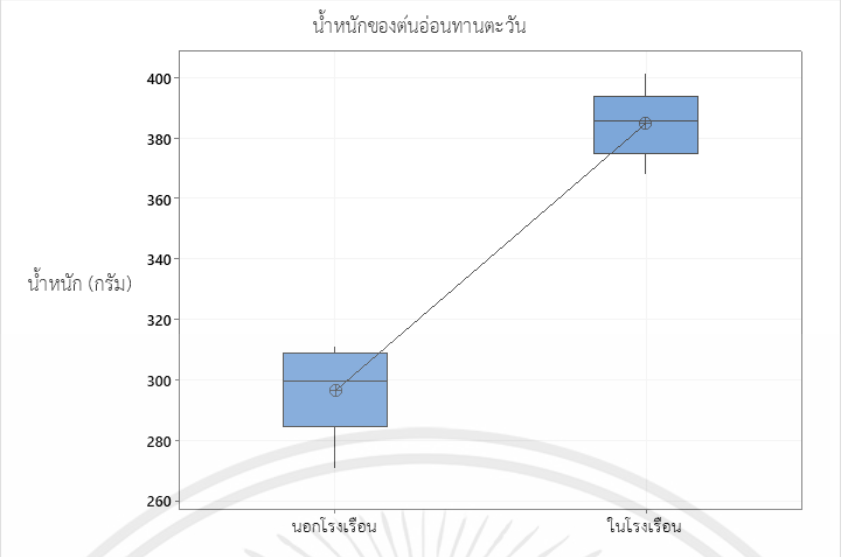
น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน (กรัม)		
ปัจจัย / ลำดับ	เพาะปลูกนอกโรงเรือน	เพาะปลูกในโรงเรือน
1	289	384
2	271	387
3	302	401
4	311	391
5	297	377
6	308	368
ค่าเฉลี่ย	296.333	384.667

จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือนจำนวน 6 ถาดได้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักเท่ากับ 296.333 กรัม ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่เพาะปลูกในโรงเรือนเท่ากับ 384.667 กรัม

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่เพาะปลูกนอกโรงเรือนกับในโรงเรือนจะสังเกตเห็นได้ว่าน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่ปลูกในโรงเรือนมีค่าน้ำหนักที่มากกว่าเพาะปลูกนอกโรงเรือน 88.33 กรัม มีค่าน้ำหนักเพิ่มจากการเพาะปลูกนอกโรงเรือนคิดเป็น 29.80 %

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนสูงต้นอ่อนทานตะวันนอกโรงเรือนมีค่า 14.7 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในโรงเรือนมีค่า 11.4 จะสังเกตได้ว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันในโรงเรือนจะมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่น้อยกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 Box plot น้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน

จากรูปที่ 4.21 ใช้การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ Two Sample T-test เพื่อใช้ในการทดสอบสมมุติฐานเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม โดยทดสอบความน่าจะเป็นที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เนื่องจากค่า P-Value ที่วิเคราะห์ได้มีค่า < 0.05 ทำให้การเพาะปลูกในโรงเรือนมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่าการเพาะชำนอกโรงเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

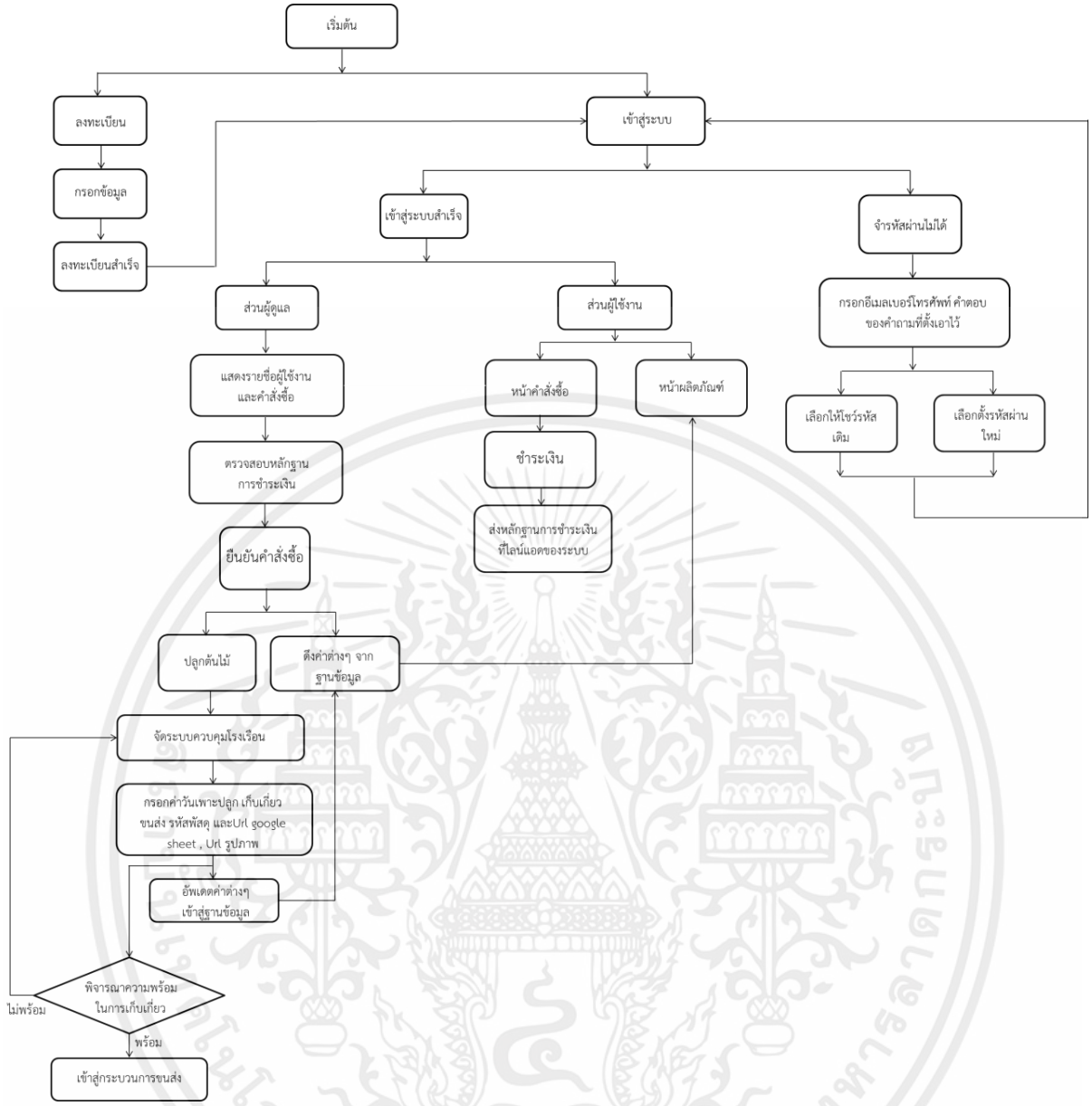
4.3 การใช้งานหน้าแสดงผลของโปรแกรม

ในการออกแบบและเขียนโปรแกรม ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม visual studio 2017 โดยใช้ภาษา C# และได้วางแผนการทำงานของโปรแกรมโดยแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ส่วนการลงทะเบียนเข้าใช้
2. ส่วนของระบบผู้ใช้งานหรือลูกค้า
3. ส่วนของระบบการทำงานของแอดมิน

จากที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้จัดทำได้ทำแผนภาพ (Site Map) แสดงระบบการใช้งานและฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ของแอปพลิเคชัน เพื่ออธิบายระบบการทำงานของแอปพลิเคชัน ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



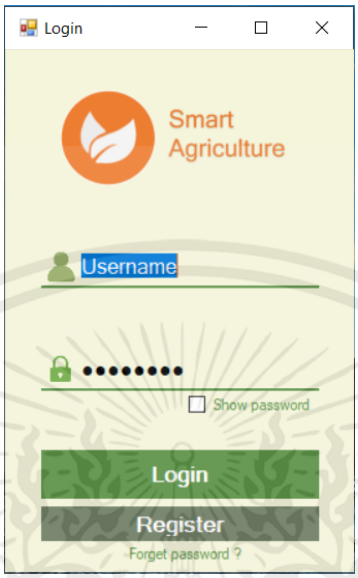
รูปที่ 3.4 Sitemap อธิบายการทำงานของแอปพลิเคชัน

ทำให้โปรแกรมที่สร้างขึ้นได้แบ่งผู้ใช้งานเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย แอดมินหรือเกษตรผู้เพาะปลูกพืชต่างๆ ตามออเดอร์ของลูกค้า และผู้ใช้งานหรือลูกค้าที่จะเข้ามาสั่งซื้อสินค้า โปรแกรมจะทำงานร่วมกับฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า Firebaseในเรื่องของโทนสีของโปรแกรมทางคณะผู้จัดทำเน้นไปทางสีโทนอุ่นและสีเขียว เมื่อออกแบบโปรแกรมจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจะมีรูปแบบหน้าต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนการลงทะเบียนเข้าใช้

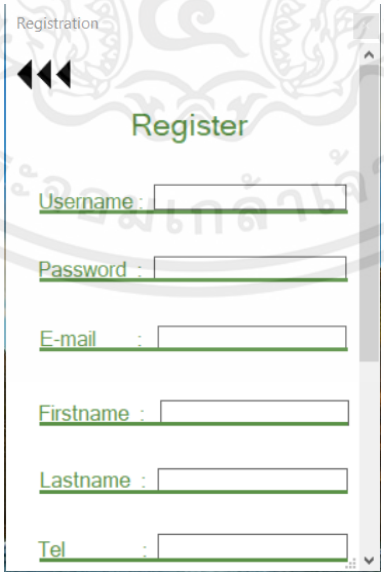
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าแรกของแอปพลิเคชันคือ หน้าที่จะให้ผู้ใช้ล็อคอินเข้าสู่แอปพลิเคชัน ลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้ใหม่ และหน้านี้มีฟังก์ชันลืมรหัสผ่านเพื่อช่วยเหลือ ผู้ใช้ที่ไม่สามารถจำรหัสผ่านของตนเองได้ ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 หน้าล็อกอิน

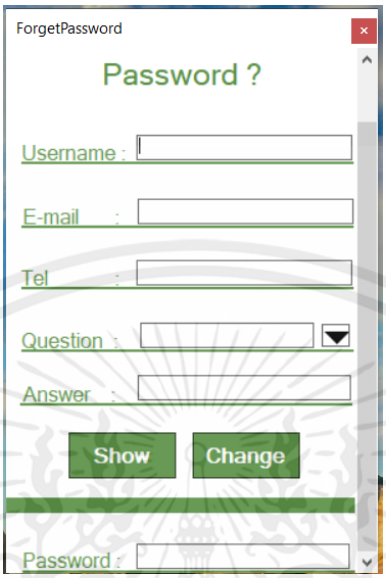
หน้าลงทะเบียนสำหรับผู้ใช้ใหม่ โดยผู้ใช้จะต้องสร้าง Username Password และ กรอกข้อมูลของตนลงไปในหน้านี้ ดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 หน้าลงทะเบียน

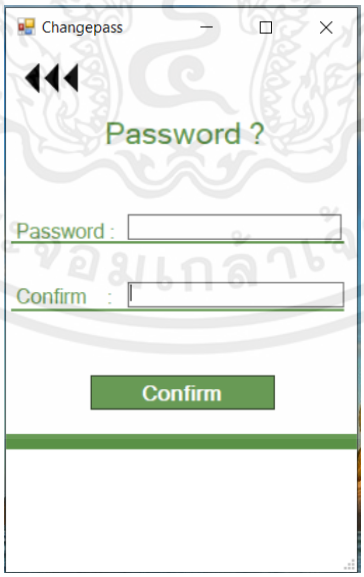
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าฟังก์ชันลืมรหัสผ่าน ผู้ใช้ต้องกรอกข้อมูลที่กำหนดไว้ในหน้านี้แล้วเลือกฟังก์ชันสำหรับการช่วยเหลือระหว่างฟังก์ชันให้ระบบโชว์รหัสผ่านเดิมหรือเลือกฟังก์ชันตั้งรหัสผ่านใหม่ขึ้นมา ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 หน้าลืมรหัสผ่าน

หากเลือกฟังก์ชันตั้งรหัสผ่านใหม่โปรแกรมจะแสดงหน้านี้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้ตั้งรหัสผ่านใหม่ ดังรูปที่ 4.25

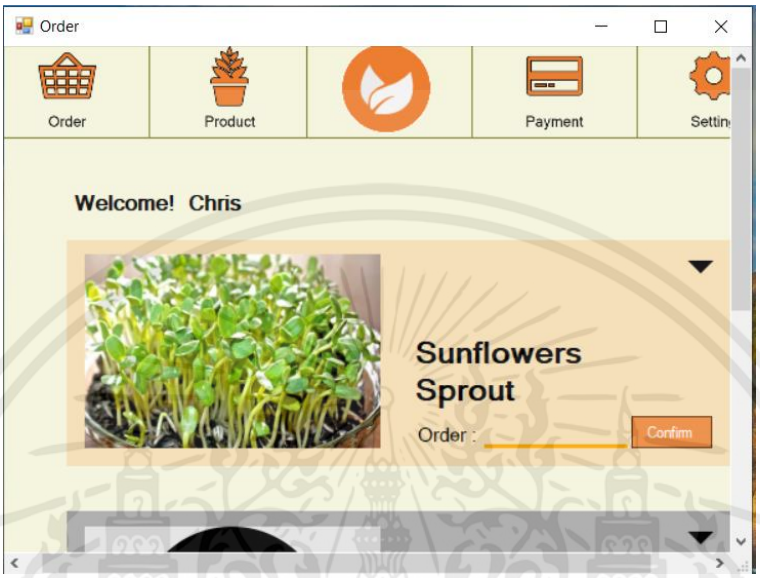


รูปที่ 4.25 หน้าเปลี่ยนรหัสผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

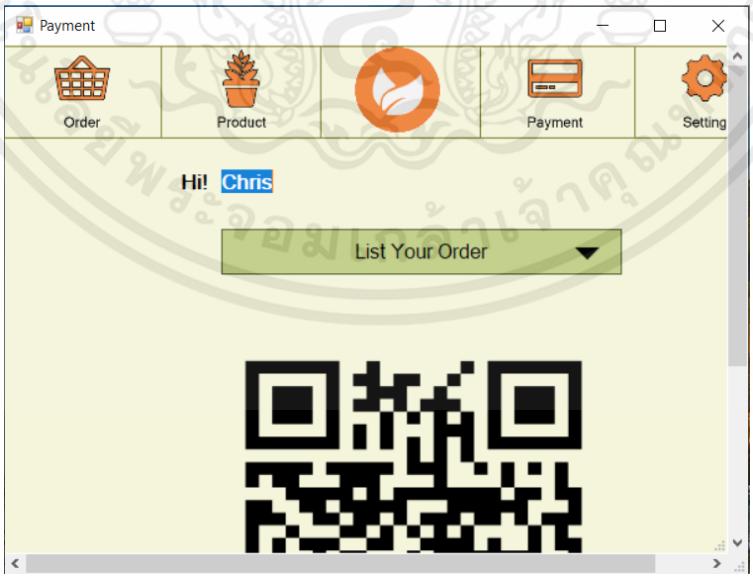
2. ส่วนของระบบผู้ใช้งานหรือลูกค้า

เมื่อล็อคอินระบบได้สำเร็จโปรแกรมจะแสดงหน้าคำสั่งซื้อสินค้าขึ้นมาเพื่อให้ผู้ใช้สั่งซื้อต้นไม้เมื่อสั่งซื้อเสร็จสิ้นระบบจะขึ้นแจ้งเตือนให้ชำระ ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 หน้าสั่งซื้อสินค้า

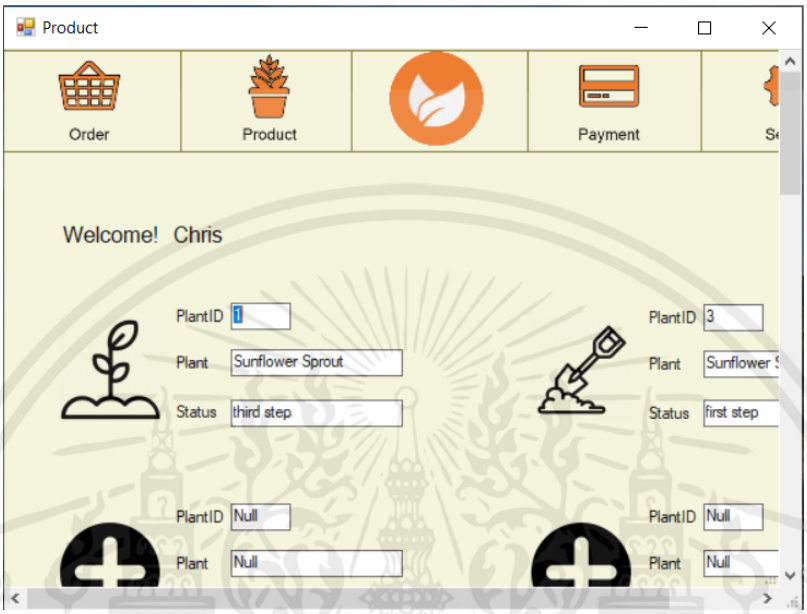
เมื่อระบบแจ้งเตือนให้ชำระเงิน ผู้ใช้ต้องคลิกปุ่ม Payment เพื่อสู่หน้าการชำระเงิน หลังชำระเงินเสร็จส่งหลักฐานสลิปการโอนเงินไปในไลน์แอดของโปรแกรม ดังรูปที่ 4.27



รูปที่ 4.27 หน้าชำระเงิน

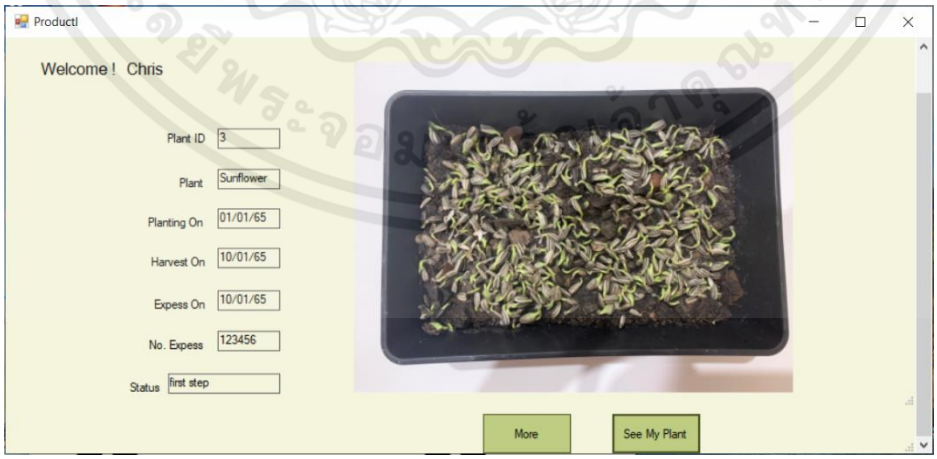
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแอดมินตรวจสอบหลักฐานการชำระเงินเสร็จสิ้นแล้ว แอดมินจะทำการเพาะปลูกต้นไม้และอัพเดทข้อมูลลงฐานข้อมูล หลังจากนั้นข้อมูลจะแสดงขึ้นมาในหน้า Product หากผู้ใช้ต้องการดูจำนวนต้นไม้ที่ครอบครองผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Product เพื่อเรียกดูจำนวนต้นไม้ได้ ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 หน้าต้นไม้ของผู้ใช้

เมื่อผู้ใช้กดไปที่ไอคอนของต้นไม้ที่ผู้ใช้ต้องการทราบรายละเอียดและต้องการที่จะดูรูปของต้นไม้ โปรแกรมจะแสดงหน้านี้ขึ้นมา ดังรูปที่ 4.29

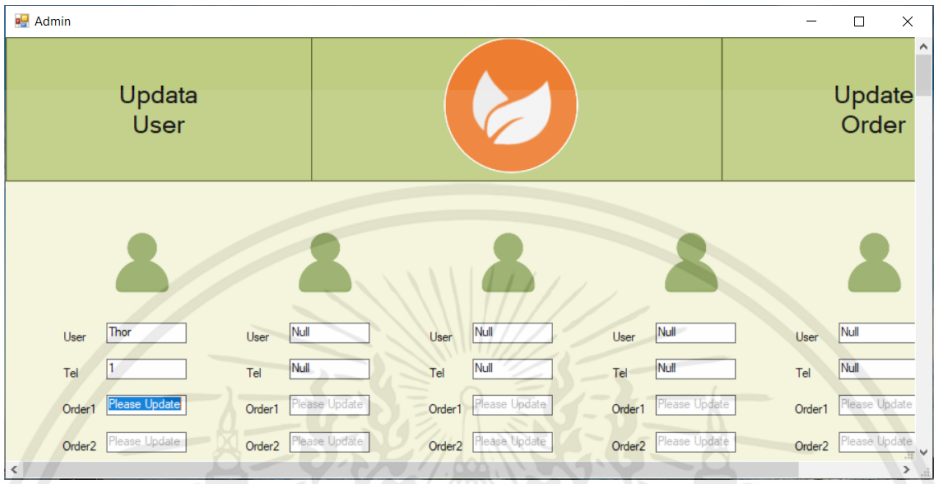


รูปที่ 4.29 หน้าข้อมูลของต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนของระบบการทำงานของแอดมิน

เมื่อล็อคอินได้สำเร็จแอปพลิเคชันจะแสดงหน้าดังในรูปด้านบนขึ้นมา แอดมินจะต้องกรอกข้อมูลของผู้ใช้และอัพเดทคำสั่งซื้อของผู้ใช้ ตรวจสอบหลักฐานการชำระเงินและคอนเฟิร์มคำสั่งซื้อของผู้ใช้ ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 หน้าข้อมูลของผู้ใช้

เมื่อแอดมินกดปุ่มไอคอนของผู้ใช้ โปรแกรมจะแสดงหน้าดังในรูปด้านบนขึ้นมา หน้านี้เป็นหน้าแสดงและอัพเดทข้อมูลต้นไม้ของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.31 หน้าข้อมูลต้นไม้ทั้งหมดของผู้ใช้

เมื่อแอดมินกดปุ่มไอคอนต้นไม้หน้าดังในรูปด้านบนจะแสดงขึ้นมา เพื่อให้แอดมินกรอกค่าวันเพาะปลูก วันเก็บเกี่ยว วันขนส่ง รหัสพัสดุ URL Google sheet ที่เป็นข้อมูลของต้นไม้ และ URL รูปภาพของต้นไม้ หลังจากนั้นกดปุ่มอัพเดทเพื่อบันทึกค่าในฐานข้อมูล Firebase ดังรูปที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.32 หน้าบันทึกข้อมูลของต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปและอภิปรายผลของงานวิจัยเรื่อง ระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. การออกแบบแอปพลิเคชัน
4. ข้อเสนอแนะ

5.1 การสรุปผลและการอภิปรายผล

การสร้างระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะเพื่อเป็นต้นแบบสำหรับติดตั้งให้กับเกษตรกรชาวไทยภายใต้แนวคิดของ Internet of Things (IoT) การพัฒนาระบบตรวจวัดค่าความชื้นในดิน ค่าปริมาณแสงแดดและอุณหภูมิโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE Tool ในการเขียนโปรแกรมชุดคำสั่งด้วยคอมพิวเตอร์ลงในบอร์ด Arduino Wemos D1 R32 โดยสามารถควบคุมระบบโรงเรือนได้ 2 รูปแบบ ผ่านแอปพลิเคชัน Blynk โดยแอปพลิเคชันสามารถสั่งการให้มีการควบคุมระบบรดน้ำและสามารถเปิดปิดแผ่นกรองแสงด้านบนโรงเรือนผ่านทางโทรศัพท์มือถือหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้และมีการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยการเก็บค่าจากเซนเซอร์และสั่งให้ Arduino ควบคุมระบบโรงเรือนโดยการผ่านการตั้งค่าปัจจัยของผู้ใช้งาน การใช้เซนเซอร์ในระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะ ในระบบควบคุมโรงเรือนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชประกอบด้วย บอร์ด Arduino Wemos D1 R32 อุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยใช้เซนเซอร์ (DHT11) และความชื้นภายในดิน เพื่อเก็บค่าสถานะภายในโรงเรือน

โดยทางผู้จัดทำใช้ต้นอ่อนทานตะวันเป็นตัวทดลองระบบเนื่องจากสามารถเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวได้รวดเร็วเหมาะสำหรับการทดสอบและพัฒนาระบบโรงเรือน เพื่อช่วยให้เกษตรกรเพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรได้มากขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายในกระบวนการการเพาะปลูก และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเพาะปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาระบบจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรอัจฉริยะภายใต้แนวคิดของ Internet of Things (IoT) ทางผู้จัดทำเพาะปลูกต้นอ่อนทานตะวันเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโรงเรือนและเพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการเพาะปลูกนอกโรงเรือนกับในโรงเรือน โดยตัวแปรที่ใช้ในการชี้วัดมีจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ ส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันและน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวัน โดยในโรงเรือนมีการจัดการระบบการรดน้ำอัตโนมัติเมื่อค่าปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่า 80 % ปั๊มน้ำจะทำงานและมีการควบคุมปริมาณแสงแดดด้วยแผ่นกรองแสงโดยใช้มอเตอร์ในการทำงานเปิด - ปิด หลังจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่าส่วนสูงของต้นอ่อนทานตะวันที่อยู่ในโรงเรือนมีความสูงมากกว่าต้นอ่อนทานตะวันที่อยู่นอกโรงเรือน 12.12 % ส่วนน้ำหนักของต้นอ่อนทานตะวันที่อยู่ในโรงเรือนมีน้ำหนักมากกว่าต้นอ่อนทานตะวันที่อยู่นอกโรงเรือน 29.80 % เนื่องจากในโรงเรือนมีการควบคุมค่าความชื้นในดินและค่าปริมาณแสงแดด ทำให้พืชมีน้ำหนักและส่วนสูงที่มากกว่าการปลูกภายนอกโรงเรือน สามารถเจริญเติบโตได้มีประสิทธิภาพและมีความสม่ำเสมอ

5.3 การออกแบบแอปพลิเคชัน

การออกแบบแอปพลิเคชันทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้ภาษาและรูปแบบการจัดวางส่วนต่างๆ ของระบบในโปรแกรมให้เข้าใจได้ง่าย ไม่ซับซ้อน สะดวกต่อการใช้งาน เป็นระบบที่มีรูปแบบใกล้เคียงกับโปรแกรมในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างที่ทางคณะผู้จัดได้หวังเอาไว้

ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้เลือกใช้โปรแกรม Visual Studio 2017 โดยใช้ภาษา C# ร่วมกับฐานข้อมูลที่มีชื่อว่า Firebase ซึ่งในการเขียนแอปพลิเคชันได้เลือกการ เขียนโปรแกรมเป็นแบบ Windows Form App (C#) และบันทึกข้อมูล ในฐานข้อมูล Firebase การออกแบบแอปพลิเคชันทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบให้มีการทำงานสำหรับผู้ใช้งาน 2 ส่วน คือ ส่วนของแอดมินและส่วนของผู้ใช้งานหรือลูกค้า ในส่วนของปุ่มต่างๆ ในโปรแกรมมีคำอธิบายหรือสัญลักษณ์ที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย สามารถใช้งานได้สะดวก และทำให้มีฟังก์ชันในการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน

อีกทั้งได้ออกแบบแอปพลิเคชันเพื่อให้ลูกค้าสามารถเข้าถึงผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรให้ลูกค้าสามารถกำหนดความต้องการ จำนวนของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และตรวจสอบกระบวนการในการเพาะปลูก ส่งผลให้เกษตรกรผลิตสินค้าตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. พื้นที่ของโรงเรือนมีขนาดจำกัด สามารถปลูกได้ 6 ถาดเพาะปลูก สามารถเพิ่มผลผลิตในแต่ละรอบการปลูกให้มากกว่าเดิมได้โดยเพิ่มพื้นที่ของโรงเรือนให้มากกว่าเดิม

2. ออกแบบแหล่งจ่ายไฟให้กับระบบ โดยอาจใช้พลังงานทางเลือกโดยการเชื่อมติอกับแผงโซล่าเซลล์

3. สำหรับแอพพลิเคชั่นอาจต้องมีการพัฒนาต่อไป หากต้องการจัดการระบบที่มีความเสถียรมากยิ่งขึ้น รวามถึงการมีฟังก์ชันในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] The Government Public Relations Department, “Internet of Things (IoT)” (2020, May 18) .[Online]. Available: http://km.prd.go.th/iot-platform/

[2] Marketeer, “เกษตรกรไทยมีเท่าไรกัน” (2020, Apr 29) .[Online]. Available: https://marketeeronline.co/archives/161682

[3] Aware, “ทำความรู้จักกับ Internet of Things” (2021, Mar 9) .[Online]. Available: https://www.aware.co.th/iot-คืออะไร

[4] กรมประชาสัมพันธ์, “Internet of Things (IoT)” (2020, May 18) .[Online]. Available: http://km.prd.go.th/iot-platform/

[5] holmskaya.org, “หมุด GPIO ทำงานอย่างไร” (2020, Jan 27) .[Online]. Available: https://holmskaya.org/how-do-gpio-pins-work

[6] Remy Martin, “ทำความเข้าใจกับ UART / TTL / RS232 / RS485 / MAX232” (2020, Aug 5) .[Online]. Available: https://eleceasy.com/t/uart-ttl-rs232-rs485-max232/3645

[7] ThaiEasyElec, “บทความ ESPino32 ตอนที่ 8 การสื่อสารอนุกรมแบบ I2C” (2020, Jul 14) .[Online]. Available: https://blog.thaieasyelec.com/espino32-ch8-how-to-use-i2c/

[8] Glurgeek.com, “ระบบฐานข้อมูล (Database System)” (2018, May 8) .[Online]. Available: https://www.glurgeek.com/education/ระบบฐานข้อมูล-database-system-คือ-ระบบ/

[9] Jirawatee, “รู้จัก Firebase Realtime Database ตั้งแต่ Zero จนเป็น Hero” (2016, Aug 11) .[Online]. Available: https://medium.com/firebasethailand/รู้จัก-.firebase-realtime-database-ตั้งแต่-zero-จนเป็น-hero-5d09210e6fd6

[10] DEMETER ICT, “ไดรฟ์ (Google Drive) คืออะไร” (2017, Feb 23) .[Online]. Available: https://www.dmit.co.th/th/gsuite-updates-th/what-is-google-drive/

[11] irearn, “กูเกิลชีท (Google Sheet) คืออะไร” (2019, Jun 3) .[Online]. Available: https://irearn.dhas.com/google-sheets-กูเกิล-ชีท-คืออะไร/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] suradet site, “ข้อมูลและสารสนเทศ” (2017, Aug 16) .[Online]. Available: https://sites.google.com/site/suradetkarreiyn/thekhnoloyi-sarsnthes/hnwy-kar-reiyn-ru-3-kar-cadkar-sarsnthes

[13] Marcuscode, “ภาษา C” (2015, Jun 27) .[Online]. Available: http://marcuscode.com/lang/c

[14] Kung.com, “ภาษา C#” (2014, Sep 21) .[Online]. Available: https://sites.google.com/site/programmingm42/phasa-c

[15] The Invention, “ทำความรู้จักกับบอร์ด ARDUINO MEGA 2560” (2021, Nov 25) .[Online]. Available: https://www.ai-corporation.net/2021/11/25/arduino-mega2560/

[16] Arduitronics, “การใช้งาน DHT11 Humitdity and Temperature Sensor กับบอร์ด Arduino” (2019, Apr 8) .[Online]. Available: https://www.arduitronics.com/b/13

[17] CyberTice, “เซ็นเซอร์วัดความสว่างความเข้มแสง LDR Photoresistor Sensor Module” (2015, Feb 8) .[Online]. Available: https://www.cybertice.com/p/45

[18] CyberTice, “เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน Soil Humidity Detection Sensor V2” (2019, Aug 15) .[Online]. Available: https://www.cybertice.com/p/3116

[19] Organic Farm, “การปลูกต้นอ่อนทานตะวัน” (2016, Jan 5) .[Online]. Available: https://www.organicfarmthailand.com/how-to-plant-sunflower-seedlings/

[20] Bewlew, J.D. and M. Black. (1978). Physiology and Biochemisty of Seeds in Relation to // Germination. Vol I. Devrlopment, Germination and Growth. Spriger Verlag, Berlin.

[21] International Seed Testing Association. (2010). International Rules for Seed Testing. ISTA,Brassersdorf, Switzerlan

[22] Big Quality Training, “Design of Experiment การออกแบบการทดลอง” (2020, Apr 29) [Online]. Available: https://www.bigq.co.th/design-of-experiment/

[23] Geocities, “Design of Experiment คืออะไร” (2013, Jan 16) .[Online]. Available: http://www.geocities.ws/chalong_sri/why_DOE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[24] วิบูลย์ พงศ์พรทรัพย์, “Design of Experiment” For Quality Tools, vol. 23, pp. 15–17, Feb. 2017.

[25] ชลทิชา จำรัสพร, “5 เหตุผลที่ทำให้การทดลองแบบแฟคทอเรียล(Factorial) ประสบความสำเร็จอย่างมาก” (2021, Apr 12) .[Online]. Available: https://www.solutioncenterminitab.com/blog/5 - reasons-factorial-experiments-are-so-successful/

[26] ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค, “Precision / ความเที่ยงตรง” (2012, Jan 21) .[Online]. Available: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4290/precision-

[27] GreedisGoods, “ค่าSD คืออะไร? วิธีหา SD หรือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน” (2018, Aug 2). [Online]. Available : https://greedisgoods.com/ค่า-sd-คือ-ค่าเบี่ยงเบนมาต/

[28] statisticsnaroo, “การวิเคราะห์ความแปรปรวน” (2018, Sep 25) .[Online]. Available: http://statisticsnaroo.blogspot.com/2018/09/blog-post_43.html

[29] Cybertice, “โมดูลเปรียบเทียบแรงดัน Analog Digital Film Pressure Sensor Resistance Voltage Conversion Module Output Digital” (2019, Jun 6) .[Online]. Available: https://www.cybertice.com/p/2836

[30] MLT, “โมดูลรีเลย์ 4ช่อง 5V Optocoupler (4 Channel Relay Module)” (2013, Jan 21) .[Online]. Available: http://www.mltelectronic.com/%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%A3%E0%B8%B5%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B9%8C-4%E0%B8%8A%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%87-5V-Optocoupler-(4-Channel-Relay-Module)

[31] Minitab Blog, “8 เคล็ดลับการทำ DOE” (2021, July 8) .[Online]. Available: https://www.solutioncenterminitab.com/blog/8-expert-tips-for-excellent-designed-experiments-doe/

[32] Akarapol1901, “Design of Experiment (DoE)” (2019, Sep 19) [Online]. Available: https://akarapol1901.wordpress.com/2015/09/19/doe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมการเก็บค่าของ Arduino

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมการเก็บค่าของ Arduino

```
#include<SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial ATmega(26,25);                    //RX,Tx

#include <WiFi.h>                                //คำสั่งของโปรแกรมBlynk

#include <WiFiClient.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include "DHT.h"

#define DHTTYPE DHT11

#define DHTPIN 14                        // ประกาศตัวแปร ให้ DHTPIN แทนขา digital

DHT dht(DHTPIN , DHTTYPE);

#define BLYNK_PRINT Serial

char auth[] = "0ZwjFPDtNUvZ0kkyFfaQ9XKVHvVz1bbk";          //กำหนดTokenจากblynk

char ssid[] = "AMBOOK";                          //ชื่อWiFi

char pass[] = "pk497520";                        //รหัสWiFi

const byte relay_1 = 18;

const byte relay_2 = 19;

const byte relay_3 = 23;

void setup()

{

  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  pinMode (relay_1, OUTPUT);

  pinMode (relay_2, OUTPUT);

  pinMode (relay_3, OUTPUT);

   Serial.begin(9600);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  dht.begin();
}
void loop()
{
    Blynk.run();
// Code loop เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้นในอากาศ(DHT11)
    float D_H = dht.readHumidity();                    // ความชื้นในอากาศ
    float D_Tc = dht.readTemperature();                // อุณหภูมิ *C
    float D_Tf = dht.readTemperature(true);            // อุณหภูมิ *F
//  if (isnan(D_H) || isnan(D_Tc) || isnan(D_Tf))      // ถ้าหากเซ็นเซอร์เสียหายให้แสดง"Failed to read from DHT sensor!"
//  {
//    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
//    return;
//  }
//  float hif = dht.computeHeatIndex(D_Tf, D_H);
//  float hic = dht.computeHeatIndex(D_Tc, D_H, false);
    Serial.print("Temperature:   ");
    Serial.print(D_Tc);
    Serial.print(" *C\n");
    Blynk.virtualWrite(V2, D_Tc);
//  if (D_Tc >= 35)                                    //คำสั่งให้เปิดปิดที่บังแดดเมื่ออุณหภูมิเกิน35องศา
//  {
//    digitalWrite (relay_1, LOW);                     //(relay_1 ทำงาน)
//    delay (5000);                                    //(5 วินาที)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
//  }
//  else if (D_Tc < 35)
//  {
//   digitalWrite (relay_2, LOW);                    //(relay_2 ทำงาน)
//   delay (5000);                                   //(5 วินาที)
//  }
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความเข้มแสงLDR
//  int data_LDR_1 = analogRead(12);
//  int illu_LDR_1, volt_LDR_1;
//  volt_LDR_1 = (3.3/1024) * data_LDR_1;
//  illu_LDR_1 = 42.0 * pow(volt_LDR_1, -3.15);
//  Serial.print("Illuminance_1:  ");
//  Serial.print(illu_LDR_1);
//  Serial.print(" Lux\n");
//  delay(600);
//  Blynk.virtualWrite(V3, illu_LDR_1);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน1
   int i_1;
   int Moisture_1;
   int Percent_1;
   Moisture_1 = 0;
   for(i_1=0;i_1<10;i_1++){Moisture_1 = Moisture_1 + analogRead(2);delay(10);}
   Moisture_1 = Moisture_1 / 10;                   // เก็บค่าความชื้นทั้งหมด 10 ค่าและมาหาค่าเฉลี่ย
   if(Moisture_1 < 1200){Moisture_1 = 1200;}       // ค่าความชื้นในขณะที่แห้งมีค่ามากสุดที่ 4095
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Percent_1 = Moisture_1 - 1200;                    // ค่าความชื้นในขณะที่เปียกมีค่าน้อยสุดที่ 1200
  Moisture_1 = 100-(Percent_1/28.95);               // (4095-1200)/100=28.95
  Serial.print("Moisture_1:     ");
  Serial.print(Moisture_1);
  Serial.print(" %\n");
  if (Moisture_1 < 80 )                             //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
  {
    digitalWrite (relay_3, LOW);                    //(relay ทำงาน)
  }
  else
  {
    digitalWrite (relay_3, HIGH);                   //(relay หยุดทำงาน)
  }
  delay(600);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน2
  int i_2;
  int Moisture_2;
  int Percent_2;
  Moisture_2 = 0;
  for(i_2=0;i_2<10;i_2++){Moisture_2 = Moisture_2 + analogRead(4);delay(10);}
  Moisture_2 = Moisture_2 / 10;
  if(Moisture_2 < 1200){Moisture_2 = 1200;}
  Percent_2 = Moisture_2 - 1200;
  Moisture_2 = 100-(Percent_2/28.95);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Serial.print("Moisture_2:     ");
  Serial.print(Moisture_2);
  Serial.print(" %\n");
  if (Moisture_2 < 80 )                          //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
  {
    digitalWrite (relay_3, LOW);                 //(relay ทำงาน)
  }
  else
  {
    digitalWrite (relay_3, HIGH);                //(relay หยุดทำงาน)
  }
  delay(600);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน3
  int i_3;
  int Moisture_3;
  int Percent_3;
  Moisture_3 = 0;
  for(i_3=0;i_3<10;i_3++){Moisture_3 = Moisture_3 + analogRead(35);delay(10);}
  Moisture_3 = Moisture_3 / 10;
  if(Moisture_3 < 1200){Moisture_3 = 1200;}
  Percent_3 = Moisture_3 - 1200;
  Moisture_3 = 100-(Percent_3/28.95);
  Serial.print("Moisture_3:     ");
  Serial.print(Moisture_3);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Serial.print(" %\n");
    if (Moisture_3 < 80 )                          //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
    {
      digitalWrite (relay_3, LOW);                 //(relay ทำงาน)
    }
    else
    {
      digitalWrite (relay_3, HIGH);                //(relay หยุดทำงาน)
    }
    delay(600);
    Blynk.virtualWrite(V1, Moisture_3);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน4
    int i_4;
    int Moisture_4;
    int Percent_4;
    Moisture_4 = 0;
    for(i_4=0;i_4<10;i_4++){Moisture_4 = Moisture_4 + analogRead(34);delay(10);}
    Moisture_4 = Moisture_4 / 10;
    if(Moisture_4 < 1200){Moisture_4 = 1200;}
    Percent_4 = Moisture_4 - 1200;
    Moisture_4 = 100-(Percent_4/28.95);
    Serial.print("Moisture_4:     ");
    Serial.print(Moisture_4);
    Serial.print(" %\n");
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (Moisture_4 < 80 )                    //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
  {
    digitalWrite (relay_3, LOW);                    //(relay ทำงาน)
  }
  else
  {
    digitalWrite (relay_3, HIGH);                   //(relay หยุดทำงาน)
  }
  delay(600);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน5
  int i_5;
  int Moisture_5;
  int Percent_5;
  Moisture_5 = 0;
  for(i_5=0;i_5<10;i_5++){Moisture_5 = Moisture_5 + analogRead(36);delay(10);}
  Moisture_5 = Moisture_5 / 10;
  if(Moisture_5 < 1200){Moisture_5 = 1200;}
  Percent_5 = Moisture_5 - 1200;
  Moisture_5 = 100-(Percent_5/28.95);
  Serial.print("Moisture_5:     ");
  Serial.print(Moisture_5);
  Serial.print(" %\n");

  if (Moisture_5 < 80 )                    //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  {
    digitalWrite (relay_3, LOW);                    //(relay ทำงาน)
  }
  else
 {
    digitalWrite (relay_3, HIGH);                   //(relay หยุดทำงาน)
  }
  delay(600);
// Code loop เซ็นเซอร์วัดความชื้นในดิน6
  int i_6;
  int Moisture_6;
  int Percent_6;
  Moisture_6 = 0;
  for(i_6=0;i_6<10;i_6++){Moisture_6 = Moisture_6 + analogRead(39);delay(10);}
  Moisture_6 = Moisture_6 / 10;
  if(Moisture_6 < 1200){Moisture_6 = 1200;}
  Percent_6 = Moisture_6 - 250;
  Moisture_6 = 100-(Percent_6/28.95);
  Serial.print("Moisture_6:     ");
  Serial.print(Moisture_6);
  Serial.print(" %\n");
  if (Moisture_6 < 80 )                             //คำสั่งให้เปิดปิดที่ความชื้นน้อยกว่า 80%
  {
    digitalWrite (relay_3, LOW);                    //(relay ทำงาน)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    else
    {
      digitalWrite (relay_3, HIGH);                    //(relay หยุดทำงาน)
    }
    delay(600);
    Serial.print("**********************\n");
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอปพลิเคชัน

การใช้งานของระบบแอปพลิเคชัน ณ ปัจจุบัน ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนของผู้ใช้งานและส่วนของผู้ดูแลระบบ

โค้ดหน้าล็อกอิน: หน้านี้โค้ดจะแยกส่วนการใช้งานให้ระหว่างส่วนผู้ใช้งานกับส่วนผู้ดูแลระบบและดึงข้อมูลต่างจาก Firebase ออกมาใช้

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using FireSharp.Config;
using FireSharp.Interfaces;
using FireSharp.Response;
namespace MarkIII
{
    public partial class LoginUser : Form
    {
        IFirebaseConfig ifc = new FirebaseConfig()
        {
            AuthSecret = "KlmiJZC3qvjyW1ioWEUGwn9x2OFbvYIweh19lV57",
            BasePath = "https://smartfarming-eacbf-default-rtdb.asia-southeast1.firebasedatabase.app"
        };
        IFirebaseClient client;
        public LoginUser()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                client = new FireSharp.FirebaseClient(ifc);
            }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    catch
    {
        MessageBox.Show("Connection Problem");
    }
}
private void Regis_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    Registration reg = new Registration();
    reg.ShowDialog();
}
private void Login_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    #region condition
    if (string.IsNullOrWhiteSpace(UsernameTbox.Text) &&
        string.IsNullOrWhiteSpace(PassTbox.Text))
    {
        MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");
        return;
    }
    #endregion
    #region userlogin
        FirebaseResponse res = client.Get(@"User/" + UsernameTbox.Text);
        MyUser ResUser = res.ResultAs<MyUser>();// database result
        MyUser Curuser = new MyUser() // USER GIVEN INFO
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
            APassword = PassTbox.Text
        };
        if (MyUser.IsEqual(ResUser, Curuser))
        {
            Order or = new Order();
            or.UserNI = ResUser.AUsername;
            or.AName = ResUser.AFullName;
            or.APass = ResUser.APassword;
            or.ALast = ResUser.ALastname;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                or.Tel = ResUser.Tel;
                or.ShowDialog();
            }
            #endregion
            else if (UsernameTbox.Text == "Ironman" & PassTbox.Text == "12345")
        {
            Admin Ad = new Admin();
            Ad.ShowDialog();
        }
          else if (ResUser != Curuser)
              {
                MyUser.ShowError();
                this.ShowDialog();
              }
    }
    private void checkBox1_CheckedChanged(object sender, EventArgs e)
    {
        if (checkBox1.Checked)
        {
            PassTbox.UseSystemPasswordChar = false;
        }
        else
        {
            PassTbox.UseSystemPasswordChar = true;
        }
    }
    private void panel1_Paint(object sender, PaintEventArgs e
{
    }
    private void PassTbox_TextChanged(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void ForgetPass_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Hide();
        ForgetPassword Fp = new ForgetPassword();            Fp.ShowDialog(); } }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดหน้าลงทะเบียน : โค้ดหน้านี้จะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลพื้นฐานและสร้างข้อมูลพื้นฐานให้ลูกค้าแล้วบันทึกลงใน Firebase

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using FireSharp.Config;
using FireSharp.Interfaces;
using FireSharp.Response;
using MarkIII.Properties;
namespace MarkIII
{
    public partial class Registration : Form
    {
        bool hidedI;
        public Registration()
        {
            InitializeComponent();
            hidedI = false;
        }
        IFirebaseConfig ifc = new FirebaseConfig()
        {
            AuthSecret = "KlmiJZC3qvjyW1ioWEUGwn9x2OFbvYIweh19lV57",
            BasePath = "https://smartfarming-eacbf-default-rtdb.asia-southeast1.firebasedatabase.app"
        };
        IFirebaseClient client;
        private void Registration_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                client = new FireSharp.FirebaseClient(ifc);
            }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    catch
    {
        MessageBox.Show("Connection Problem");
    }
}
private void Regis_Click(object sender, EventArgs e)
{
    {
        #region condition
        if (string.IsNullOrWhiteSpace(UsernameTbox.Text) &&
            string.IsNullOrWhiteSpace(PassTbox.Text) &&
            string.IsNullOrWhiteSpace(NamebTbox.Text) &&
            string.IsNullOrWhiteSpace(LastnTbox.Text))
        {
            MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");
            return;
        }
        #endregion
        MyUser user = new MyUser()
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
            APassword = PassTbox.Text,
            AFullName = NamebTbox.Text,
            ALastname = LastnTbox.Text,
            Tel = telTbox.Text,
            email = emailTbox.Text,
            FileI = NullTbox.Text,
            PlantI = NullTbox.Text,
            FileII = NullTbox.Text,
            PlantII = NullTbox.Text,
            FileIII = NullTbox.Text,
            PlantIII = NullTbox.Text,
            FileIV = NullTbox.Text,
            PlantIV = NullTbox.Text,
            FileV = NullTbox.Text,
            PlantV = NullTbox.Text,
            FileVI = NullTbox.Text,
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PlantVI = NullTbox.Text,
            FileVII = NullTbox.Text,
            PlantVII = NullTbox.Text,
            FileVIII = NullTbox.Text,
            PlantVIII = NullTbox.Text,
            FileIX = NullTbox.Text,
            PlantIX = NullTbox.Text,
            FileX = NullTbox.Text,
            PlantX = NullTbox.Text,
            FileXI = NullTbox.Text,
            PlantXI = NullTbox.Text,
            FileXII = NullTbox.Text,
            PlantXII = NullTbox.Text,
            FileXIII = NullTbox.Text,
            PlantXIII = NullTbox.Text,
            FileXIV = NullTbox.Text,
            PlantXIV = NullTbox.Text,
            FileXV = NullTbox.Text,
            PlantXV = NullTbox.Text,
            FileXVI = NullTbox.Text,
            PlantXVI = NullTbox.Text,
            FileXVII = NullTbox.Text,
            PlantXVII = NullTbox.Text,
            FileXVIII = NullTbox.Text,
            PlantXVIII = NullTbox.Text,
            FileXIX = NullTbox.Text,
            PlantXIX = NullTbox.Text,
            FileXX = NullTbox.Text,
            PlantXX = NullTbox.Text
        };
        SetResponse set = client.Set(@"User/" + UsernameTbox.Text, user);
        MessageBox.Show("Complete");
    }
    {
        preorder po = new preorder()
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            APassword = PassTbox.Text,
            Tel = telTbox.Text,
            ODI = zeroTbox.Text,
            ODII = zeroTbox.Text,
            ODIII = zeroTbox.Text,
            CF= zeroTbox.Text,
            Bag = zeroTbox.Text
        };
        SetResponse set = client.Set(@"preorder/" + UsernameTbox.Text, po);
    }
    {
        pureAdmin Ad = new pureAdmin()
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
            APassword = PassTbox.Text,
            AFullName = NamebTbox.Text,
            ALastname = LastnTbox.Text,
            Tel = telTbox.Text,
            email = emailTbox.Text,
            FileI = NullTbox.Text,
            PlantI = NullTbox.Text,
            FileII = NullTbox.Text,
            PlantII = NullTbox.Text,
            FileIII = NullTbox.Text,
            PlantIII = NullTbox.Text,
            FileIV = NullTbox.Text,
            PlantIV = NullTbox.Text,
            FileV = NullTbox.Text,
            PlantV = NullTbox.Text,
            FileVI = NullTbox.Text,
            PlantVI = NullTbox.Text,
            FileVII = NullTbox.Text,
            PlantVII = NullTbox.Text,
            FileVIII = NullTbox.Text,
            PlantVIII = NullTbox.Text,
            FileIX = NullTbox.Text,
            PlantIX = NullTbox.Text,
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            FileX = NullTbox.Text,
            PlantX = NullTbox.Text,
            FileXI = NullTbox.Text,
            PlantXI = NullTbox.Text,
            FileXII = NullTbox.Text,
            PlantXII = NullTbox.Text,
            FileXIII = NullTbox.Text,
            PlantXIII = NullTbox.Text,
            FileXIV = NullTbox.Text,
            PlantXIV = NullTbox.Text,
            FileXV = NullTbox.Text,
            PlantXV = NullTbox.Text,
            FileXVI = NullTbox.Text,
            PlantXVI = NullTbox.Text,
            FileXVII = NullTbox.Text,
            PlantXVII = NullTbox.Text,
            FileXVIII = NullTbox.Text,
            PlantXVIII = NullTbox.Text,
            FileXIX = NullTbox.Text,
            PlantXIX = NullTbox.Text,
            FileXX = NullTbox.Text,
            PlantXX = NullTbox.Text
        };
        SetResponse set = client.Set(@"Admin/" + UsernameTbox.Text, Ad);
    }
    {
        forgetpass fp = new forgetpass()
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
            APassword = PassTbox.Text,
            AFullName = NamebTbox.Text,
            ALastname = LastnTbox.Text,
            email = emailTbox.Text,
            Tel = telTbox.Text,
            Que = QuesTbox.Text,
            Ans = AnsTbox.Text
        };
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SetResponse set = client.Set(@"forgetpass/" + UsernameTbox.Text, fp);
    }
    {
        Address Ads = new Address()
        {
            AUsername = UsernameTbox.Text,
            APassword = PassTbox.Text,
            AFullName = NamebTbox.Text,
            ALastname = LastnTbox.Text,
            Ads = AdsTbox.Text
        };
        SetResponse set = client.Set(@"Address/" + UsernameTbox.Text, Ads);
    }
    this.Hide();
    Order or = new Order();
    or.UserNI = UsernameTbox.Text;
    or.AName = NamebTbox.Text;
    or.APass = PassTbox.Text;
    or.Tel = telTbox.Text;
    or.ShowDialog();
}
private void label62_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    LoginUser F1 = new LoginUser();
    F1.ShowDialog();
}
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (hidedI) button1.Image = Resources.sort_down__v1;
    else button1.Image = Resources.up;
    timer1.Start();
}
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    if (hidedI)
    {
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            panel9.Height = panel9.Height - 80;
            timer1.Stop();
            hidedI = false;
            this.Refresh();
        }
        else
        {
            panel9.Height = panel9.Height + 80;
            timer1.Stop();
            hidedI = true;
            this.Refresh();
        }
    }
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        QuesTbox.Text = "What your favorie song ?";
    }
    private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        QuesTbox.Text = "What your favorie Series ? ";
    }
    private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        QuesTbox.Text = "What pet your name ? ";
    }
    private void pictureBox1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Hide();
        LoginUser F1 = new LoginUser();
        F1.ShowDialog();
    }
                                                    }
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โค้ดที่เขียนในหน้าที่ควบคุมระบบแอพพลิเคชั่นของผู้ใช้งาน

โค้ดหน้าOrder : เป็นโค้ชที่ใช้รับค่าคำสั่งซื้อจากผู้ใช้งานและคำนวณคำสั่งซื้อ อีกทั้งยังเป็นหน้าก่อนถึงหน้ารวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ลูกค้ามีไว้ในครอบครองอีกด้วย

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using FireSharp.Config;
using FireSharp.Interfaces;
using FireSharp.Response;
using MarkIII.Properties;
namespace MarkIII
{
    public partial class Order : Form
    {
        int pw;
        int pw1;
        int pw2;
        public string UserNI;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
public string AName;

public string APass;

public string ALast;

public string Tel;

bool hidedI;

bool hidedII;

bool hidedIII;

public string total;

public string Bag;

public Order()

{

    InitializeComponent();

    pw = panel4.Height;

    pw1 = panel2.Height;

    pw2 = panel5.Height;

    hidedI = false;

    hidedII = false;

    hidedIII = false;

}

IFirebaseConfig ifc = new FirebaseConfig()

{

    AuthSecret = "KlmiJZC3qvjyW1ioWEUGwn9x2OFbvYIweh19lV57",

    BasePath = "https://smartfarming-eacbf-default-rtdb.asia-southeast1.firebasedatabase.app"

};
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IFirebaseClient client;
private void Order_Load(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        client = new FireSharp.FirebaseClient(ifc);
    }
    catch
    {
        MessageBox.Show("Connection Problem");
    }
    UsernameTbox.Text = UserNI;
    NameTbox.Text = AName;
    PassTbox.Text = APass;
    FirebaseResponse res = client.Get(@"preorder/" + UserNI);
    preorder Respo = res.ResultAs<preorder>();// database result
    preorder Curpo = new preorder() // USER GIVEN INFO
    {
        AUsername = UserNI,
        Tel = Tel
    };
    if (preorder.IsEqual(Respo, Curpo))
        ODITbox.Text = Respo.ODI;
        ODIITbox.Text = Respo.ODII;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ODIIITbox.Text = Respo.ODIII;
    ConfirmTbox.Text = Respo.CF;
    Bag = Respo.Bag;
double P1 = Convert.ToDouble(ODITbox.Text);
double P2 = Convert.ToDouble(ODIITbox.Text);
double P3 = Convert.ToDouble(ODIIITbox.Text);
double sum = P1*30 + P2*20 + P3*10;
TotalTbox.Text = sum.ToString();
double sumod = P1 + P2 + P3;
TotalodTbox.Text = sumod.ToString();
total = TotalTbox.Text;
if (Bag == "0")
{
    TotalodTbox.Hide();
}
 if (ConfirmTbox.Text == "0")
{
    ConfirmTbox.Hide();
    OkTbox.Hide();
}
else if (total != "0")
{
    ConfirmTbox.Show();
    OkTbox.Show();
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
}
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    #region userlogin
    FirebaseResponse res = client.Get(@"User/" + UserNI);
    MyUser ResUser = res.ResultAs<MyUser>();// database result
    MyUser Curuser = new MyUser() // USER GIVEN INFO
    {
        AUsername = UserNI,
        APassword = APass
    };
    if (MyUser.IsEqual(ResUser, Curuser))
    {
        Product PD = new Product();
        PD.UserI = ResUser.AFullName;
        PD.UserNI = ResUser.AUsername;
        PD.PassI = ResUser.APassword;
        PD.LastNI = ResUser.ALastname;
        PD.Tel = ResUser.Tel;
        PD.FleI = ResUser.FileI;
        PD.PltI = ResUser.PlantI;
        PD.FleII = ResUser.FileII;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PD.PltII = ResUser.PlantII;

PD.FleIII = ResUser.FileIII;

PD.PltIII = ResUser.PlantIII;

PD.FleIV = ResUser.FileIV;

PD.PltIV = ResUser.PlantIV;

PD.FleV = ResUser.FileV;

PD.PltV = ResUser.PlantV;

PD.FleVI = ResUser.FileVI;

PD.PltVI = ResUser.PlantVI;

PD.FleVII = ResUser.FileVII;

PD.PltVII = ResUser.PlantVII;

PD.FleVIII = ResUser.FileVIII;

PD.PltVIII = ResUser.PlantVIII;

PD.FleIX = ResUser.FileIX;

PD.PltIX = ResUser.PlantIX;

PD.FleX = ResUser.FileX;

PD.PltX = ResUser.PlantX;

PD.FleXI = ResUser.FileXI;

PD.PltXI = ResUser.PlantXI;

PD.FleXII = ResUser.FileXII;

PD.PltXII = ResUser.PlantXII;

PD.FleXIII = ResUser.FileXIII;

PD.PltXIII = ResUser.PlantXIII;

PD.FleXIV = ResUser.FileXIV;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PD.PltXIV = ResUser.PlantXIV;
            PD.FleXV = ResUser.FileXV;
            PD.PltXV = ResUser.PlantXV;
            PD.FleXVI = ResUser.FileXVI;
            PD.PltXVI = ResUser.PlantXVI;
            PD.FleXVII = ResUser.FileXVII;
            PD.PltXVII = ResUser.PlantXVII;
            PD.FleXVIII = ResUser.FileXVIII;
            PD.PltXVIII = ResUser.PlantXVIII;
            PD.FleXIX = ResUser.FileXIX;
            PD.PltXIX = ResUser.PlantXIX;
            PD.FleXX = ResUser.FileXX;
            PD.PltXX = ResUser.PlantXX;
            PD.ShowDialog();
        }
        #endregion
    }
    private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        if (hidedI) button2.Image = Resources.sort_down__v1;
        else button2.Image = Resources.up;
        timer1.Start();
    }
    private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
    if (hidedI)
    {
        panel4.Height = panel4.Height - 50;
        timer1.Stop();
        hidedI = false;
        this.Refresh();
    }
    else
    {
        panel4.Height = panel4.Height + 50;
        timer1.Stop();
        hidedI = true;
        this.Refresh();
    }
}
private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (hidedII) button3.Image = Resources.Down2;
    else button3.Image = Resources.up1;
    timer2.Start();
}
private void timer2_Tick(object sender, EventArgs e)
{
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (hidedII)
    {
        panel2.Height = panel2.Height - 50;
        timer2.Stop();
        hidedII = false;
        this.Refresh();
    }
    else
    {
        panel2.Height = panel2.Height + 50;
        timer2.Stop();
        hidedII = true;
        this.Refresh();
    }
}
private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    if (hidedIII) button4.Image = Resources.sort_down__v1;
    else button4.Image = Resources.up;
    timer3.Start();
}
private void timer3_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    if (hidedIII)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
        panel5.Height = panel5.Height - 50;
        timer3.Stop();
        hidedIII = false;
        this.Refresh();

    }
    else
    {
        panel5.Height = panel5.Height + 50;
        timer3.Stop();
        hidedIII = true;
        this.Refresh();
    }
}
private void EnterI_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double txt1 = Convert.ToDouble(ODITbox.Text);
    double txt2 = Convert.ToDouble(OrderTbox.Text);
    double sum = txt1 + txt2;
    ODITbox.Text = sum.ToString();
    double T = Convert.ToDouble(TotalTbox.Text);
    double Tp1 = T + txt2*30;
    TotalTbox.Text = Tp1.ToString();
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
double Tod = Convert.ToDouble(TotalodTbox.Text);
double To1 = Tod + txt2 ;
TotalodTbox.Text = To1.ToString();
if (TotalodTbox.Text != "0")
{
    TotalodTbox.Show();
}
FirebaseResponse res = client.Get(@"preorder/" + UsernameTbox.Text);
preorder Respo = res.ResultAs<preorder>();
if (string.IsNullOrWhiteSpace(OrderTbox.Text))
{
    MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");
    return;
}
preorder po = new preorder()
{
    AUsername = UsernameTbox.Text,
    APassword = PassTbox.Text,
    ODI = ODITbox.Text,
    ODII = Respo.ODII,
    ODIII = Respo.ODIII,
    Tel = Respo.Tel,
    CF = "Click here for pay",
    Bag = Respo.Bag
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    };
    SetResponse set = client.Set(@"preorder/" + UsernameTbox.Text, po);
    MessageBox.Show("Thank you");
        ConfirmTbox.Show();
        ConfirmTbox.Text = "Click here for pay";
}
private void EnterII_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double txt3 = Convert.ToDouble(ODIITbox.Text);
    double txt4 = Convert.ToDouble(OrderIITbox.Text);
    double sum = txt3 + txt4;
    ODIITbox.Text = sum.ToString();
    double T = Convert.ToDouble(TotalTbox.Text);
    double Tp2 = T + txt4 * 20;
    TotalTbox.Text = Tp2.ToString();
    double Tod = Convert.ToDouble(TotalodTbox.Text);
    double To2 = Tod + txt4;
    TotalodTbox.Text = To2.ToString();
    if (TotalodTbox.Text != "0")
    {
        TotalodTbox.Show();
    }
    FirebaseResponse res = client.Get(@"preorder/" + UsernameTbox.Text);
    preorder Respo = res.ResultAs<preorder>();
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (string.IsNullOrWhiteSpace(OrderIITbox.Text))
    {
        MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");
        return;
    }
    preorder po = new preorder()
    {
        AUsername = UsernameTbox.Text,
        APassword = PassTbox.Text,
        ODI = ODITbox.Text,
        ODII = Respo.ODII,
        ODIII = Respo.ODIII,
        Tel = Respo.Tel,
        CF = "Click here for pay",
        Bag = Respo.Bag
    };
    SetResponse set = client.Set(@"preorder/" + UsernameTbox.Text, po);
    MessageBox.Show("Thank you");
    ConfirmTbox.Show();
    ConfirmTbox.Text = "Click here for pay";
}
private void EnterIII_Click(object sender, EventArgs e)
{
    double txt5 = Convert.ToDouble(ODIIITbox.Text);
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
double txt6 = Convert.ToDouble(OrderIIITbox.Text);

double sum = txt5 + txt6;

ODIIITbox.Text = sum.ToString();

double T = Convert.ToDouble(TotalTbox.Text);

double Tp3 = T + txt6 * 10;

TotalTbox.Text = Tp3.ToString();

double Tod = Convert.ToDouble(TotalodTbox.Text);

double To3 = Tod + txt6;

TotalodTbox.Text = To3.ToString();

if (TotalodTbox.Text != "0")

{

    TotalodTbox.Show();

}

FirebaseResponse res = client.Get(@"preorder/" + UsernameTbox.Text);

preorder Respo = res.ResultAs<preorder>();

if (string.IsNullOrWhiteSpace(OrderIIITbox.Text))

{

    MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");

    return;

}

preorder po = new preorder()

{

    AUsername = UsernameTbox.Text,

    APassword = PassTbox.Text,
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ODI = ODITbox.Text,
            ODII = Respo.ODII,
            ODIII = Respo.ODIII,
            Tel = Respo.Tel,
            CF = "Click here for pay",
            Bag = Respo.Bag
        };
        SetResponse set = client.Set(@"preorder/" + UsernameTbox.Text, po);
        MessageBox.Show("Thank you");
        ConfirmTbox.Show();
        ConfirmTbox.Text = "Click here for pay";
    }
    private void label6_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void panel4_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
    {
    }
    private void label1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
    private void button5_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Hide();
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    LoginUser F1 = new LoginUser();
    F1.ShowDialog();
}
private void button6_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    Payment pm = new Payment();
    pm.UserN = UsernameTbox.Text;
    pm.AName = NameTbox.Text;
    pm.APass = PassTbox.Text;
    pm.ALast = ALast;
    pm.Tel = Tel;
    pm.ShowDialog();
}
private void button8_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Hide();
    #region userlogin
    FirebaseResponse res = client.Get(@"User/" + UserNI);
    MyUser ResUser = res.ResultAs<MyUser>();// database result
    MyUser Curuser = new MyUser() // USER GIVEN INFO
    {
        AUsername = UserNI,
        APassword = APass
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
};
if (MyUser.IsEqual(ResUser, Curuser))
{
    Product PD = new Product();
    PD.UserI = ResUser.AFullName;
    PD.UserNI = ResUser.AUsername;
    PD.PassI = ResUser.APassword;
    PD.LastNI = ResUser.ALastname;
    PD.Tel = ResUser.Tel;
    PD.FleI = ResUser.FileI;
    PD.PltI = ResUser.PlantI;
    PD.FleII = ResUser.FileII;
    PD.PltII = ResUser.PlantII;
    PD.FleIII = ResUser.FileIII;
    PD.PltIII = ResUser.PlantIII;
    PD.FleIV = ResUser.FileIV;
    PD.PltIV = ResUser.PlantIV;
    PD.FleV = ResUser.FileV;
    PD.PltV = ResUser.PlantV;
    PD.FleVI = ResUser.FileVI;
    PD.PltVI = ResUser.PlantVI;
    PD.FleVII = ResUser.FileVII;
    PD.PltVII = ResUser.PlantVII;
    PD.FleVIII = ResUser.FileVIII;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PD.PltVIII = ResUser.PlantVIII;

PD.FleIX = ResUser.FileIX;

PD.PltIX = ResUser.PlantIX;

PD.FleX = ResUser.FileX;

PD.PltX = ResUser.PlantX;

PD.FleXI = ResUser.FileXI;

PD.PltXI = ResUser.PlantXI;

PD.FleXII = ResUser.FileXII;

PD.PltXII = ResUser.PlantXII;

PD.FleXIII = ResUser.FileXIII;

PD.PltXIII = ResUser.PlantXIII;

PD.FleXIV = ResUser.FileXIV;

PD.PltXIV = ResUser.PlantXIV;

PD.FleXV = ResUser.FileXV;

PD.PltXV = ResUser.PlantXV;

PD.FleXVI = ResUser.FileXVI;

PD.PltXVI = ResUser.PlantXVI;

PD.FleXVII = ResUser.FileXVII;

PD.PltXVII = ResUser.PlantXVII;

PD.FleXVIII = ResUser.FileXVIII;

PD.PltXVIII = ResUser.PlantXVIII;

PD.FleXIX = ResUser.FileXIX;

PD.PltXIX = ResUser.PlantXIX;

PD.FleXX = ResUser.FileXX;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            PD.PltXX = ResUser.PlantXX;
            PD.Bag = TotalodTbox.Text;
            PD.ShowDialog();
        }
        #endregion
    }
    private void button9_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Hide();
        Payment pm = new Payment();
        pm.UserN = UsernameTbox.Text;
        pm.AName = NameTbox.Text;
        pm.APass = PassTbox.Text;
        pm.ALast = ALast;
        pm.Tel = Tel;
        pm.Bag = TotalodTbox.Text;
        pm.ShowDialog();
    }
    private void button10_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        this.Hide();
        more mr = new more();
        mr.UserN = UsernameTbox.Text;
        mr.AName = NameTbox.Text;
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    mr.APass = PassTbox.Text;
    mr.ALast = ALast;
    mr.Tel = Tel;
    mr.Bag = TotalodTbox.Text;
    mr.ShowDialog();
}
private void OkTbox_Click(object sender, EventArgs e)
{
    FirebaseResponse res = client.Get(@"preorder/" + UsernameTbox.Text);
    preorder Respo = res.ResultAs<preorder>();
    if (string.IsNullOrWhiteSpace(UsernameTbox.Text))
    {
        MessageBox.Show("Please Fill All Fieds");
        return;
    }
    preorder po = new preorder()
    {
        AUsername = UsernameTbox.Text,
        APassword = PassTbox.Text,
        ODI = Respo.ODI,
        ODII = Respo.ODII,
        ODIII = Respo.ODIII,
        Tel = Respo.Tel,
        CF = "0",
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Bag = Respo.Bag
    };
    SetResponse set = client.Set(@"preorder/" + UsernameTbox.Text, po);
    ConfirmTbox.Hide();
    OkTbox.Hide();
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

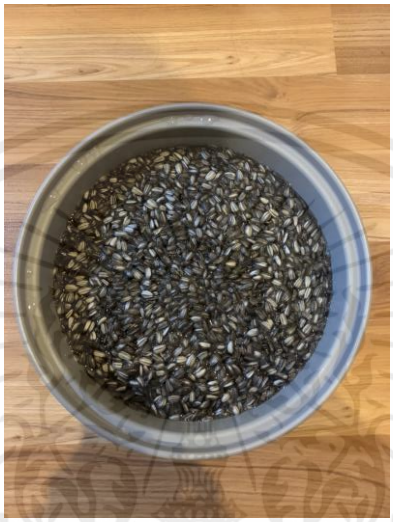
ขั้นตอนการเพาะปลูกของต้นอ่อนทานตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเพาะปลูกของต้นอ่อนทานตะวัน

3.2.2 ขั้นตอนการเพาะปลูก

1. นำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันไปล้างน้ำ 2-3 รอบให้สะอาด แล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันมาล้างให้สะอาดอีก 1-2 รอบ



รูปที่ ง.1 เมล็ดต้นอ่อนทานตะวันขณะแช่น้ำ

2. ใช้ผ้าชุบน้ำบิดพอหมาด ห่อเพื่อบ่มเมล็ด 12-24 ชั่วโมง

รูปที่ ง.2 เมล็ดต้นอ่อนทานตะวันขณะบ่มในผ้าชุบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เทดินที่ใช้สำหรับการเพาะปลูกลงในถาดเพาะปลูกให้หนา 1 นิ้ว โรยเมล็ดที่บ่มไว้ในผ้าชุบน้ำลงไปในถาดให้ทั่วทั้งถาด พร้อมรดน้ำพอประมาณ เป็นเวลา 4-5 วัน

รูปที่ ง.3 นำเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันลงดิน

4. ในวันที่ 6-7 ทำการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนทานตะวัน โดยการใช้วัสดุมีคมตัดบริเวณโคนของต้นอ่อนทานตะวันห่างจากผิวดินประมาณ 1 เซนติเมตร

รูปที่ ง.4 ต้นอ่อนทานตะวันพร้อมเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้