

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและ
ระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT

ว่าที่ร้อยตรีจักริน ชีพสังญาณ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2563

A STUDY OF FACTOR AFFECTING PHOTOSYNTHESIS AND EXPOSURE TIME FOR PLANTS
USE TO GROWTH PER DAY USING IOT SYSTEM

Acting Sub. Lieutenant Jakarin Cheepsajayan

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและ
ระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต
ผ่านระบบ IoT

โดย

ว่าที่ร้อยตรีจักริน ชีพสัจญาณ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ณัฐกิตต์ จิตรเอื้อตระกูล

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่ เดือน พ.ศ.

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย แก้วกิริยา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม)

.....กรรมการ

(ดร. ชัชไชย วรรณบุญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ณัฐกิตต์ จิตรเอื้อตระกูล)

ว่าที่ร้อยตรีจักริน ชีพสัจญาณ : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ณัฐกิตติ จิตรเอื้อตระกูล, 115 หน้า.

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นมีแสงแดดออกแรงๆ และมีสภาพภูมิประเทศที่หลากหลาย สิ่งแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรกรรมในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็น การทำนา การทำสวนผลไม้ การทำพืชไร่ และการทำเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น เกษตรกรในปัจจุบันนั้นผลิตเพื่อเชิงการค้าโดยเพิ่มจำนวนผลผลิตให้มากยิ่งขึ้น และใช้เวลาน้อยลง เทคโนโลยีที่เกษตรกรใช้อยู่ ณ ตอนนี้ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการนำเทคโนโลยีในการควบคุม สิ่งการระบบอัตโนมัติ และแสดงผ่านเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันเท่านั้น แต่ไม่มีการนำข้อมูลหรือปัจจัยเหล่านั้นนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิต

ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาจึงได้ทำการเริ่มศึกษาและวิจัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในงานวิจัยชิ้นนี้โดยนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และนำตัวแปร NDVI ซึ่งสามารถใช้บ่งบอกสุขภาพและการสังเคราะห์แสงของพืชได้ มาใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้ พร้อมทั้งนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์และจัดกลุ่มโดยใช้ k-mean ในการจัดกลุ่มข้อมูล และนำข้อมูลที่ทำกรการจัดกลุ่มแล้วมาทำการหาแนวโน้ม โดยใช้เทคนิค Ensemble Classifiers โดยมีอัลกอริทึมภายใน 3 อัลกอริทึมได้แก่ Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network ในการวิเคราะห์และทำนายการสังเคราะห์แสงของพืช

ผลวิจัยพบว่าจากการเก็บข้อมูลและควบคุมสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกด้วยระบบ IoT สามารถนำข้อมูลที่เก็บผ่านเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเอาไว้ภายในมาทำการวิเคราะห์และทำนายการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช นั้นมีค่าความถูกต้องที่ 100% เนื่องจากการแบ่งกลุ่มที่ชัดเจน และสามารถสังเคราะห์ดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) จากรูปถ่ายโดยใช้กล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพในย่าน อินฟราเรดช่วงใกล้ (NIR) เพื่อใช้ในการบ่งบอกถึงสุขภาพและการสังเคราะห์แสงของพืชเพื่อใช้ในการตรวจสอบความเป็นอยู่ของพืช งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทดลองสร้างโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อใช้ควบคุม พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเพื่อสร้างโมเดลที่ใช้สำหรับทำนายการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยกับพืชชนิดอื่นต่อไปในอนาคต

บัณฑิตวิทยาลัยลายมือชื่อนักศึกษา
 สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2563

ACTING SUB. LIEUTENANT JAKARIN CHEEPSAJAYAN: A STUDY OF FACTOR AFFECTING PHOTOSYNTHESIS AND EXPOSURE TIME FOR PLANTS USE TO GROWTH PER DAY USING IOT SYSTEM. ADVISOR: DR. NATTAGIT JITEURTRAGOOL, 115 PP.

Thailand is an agricultural country because of terrain, climate, and resources which are suitable for cultivation. While today technology might be able to help agriculture in many ways but the barrier to accessing technology is their prices. That is the main reason why they are still using manpower

This research proposed a control, monitoring, collect data system with statistical analysis for greenhouse planting in order to reduce production cost and manpower. The proposed system was designed using IoT in order to collect the data such as temperature, relative humidity, light intensity, CO₂, and NDVI via sensors in greenhouse. And the system can be controlled and monitored via a mobile application. The data will be storage in Blynk Platform and analyzed the data look for parameters in best range of planting model via k-mean and Ensemble Vote Technic using 3 algorithms including Random Forest, Naïve Bayes, and Neural Network to predict a photosynthesis and healthy of plant

Research finding indicated that the smart greenhouse systems be able to control, monitor, and collect data from sensors in greenhouse, to analysis and predict a photosynthesis of plant with the highest accuracy rate at 100% because the data can be segmented clearly via k-mean 3 groups using Elbow point Technic. The Greenhouse systems be able to survey photosynthesis and healthy via synthesizing NDVI using the near-infrared camera with a blue filter to take photos to be use processing NDVI. And this research proposed design and created the greenhouse systems to control, monitor, and collect data from sensors to survey and predict photosynthesis of Chinese celery only to use it as a guideline for further research on other plants in the future.

Graduate School

Student's Signature.....

Field of Study Information Technology Advisor's Signature.....

Academic Year 2020

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความช่วยเหลือและกรุณาอย่างสูงจาก ดร. ณัฐกิตติ จิตรเอื้อตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ให้ความรู้ ความเข้าใจ แนะนำแนวทาง และคำปรึกษาต่างๆเพื่อในไปทำการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนการวิจัย พร้อมทั้งสนับสนุนเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยอย่างเต็มที่ อีกทั้งดูแลเอาใจใส่อย่างดีเยี่ยมตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และยังเป็นรุ่นพี่ในสังกัดวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ซึ่งผู้วิจัยนั้นได้สำเร็จการศึกษาเมื่อครั้งเรียนอยู่ชั้นปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ณ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

อีกทั้งผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของคณะกรรมการทุกท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย แก้วกิริยา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์ เฉิดโฉม, และ ดร. ชัชไชย วรรณบุรณ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะและคำให้การที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งแนะนำแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆด้วยความดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีเยี่ยม จนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้นสมบูรณ์ตามขอบเขตที่กำหนดไว้

นอกจากนี้ทางผู้วิจัยขอขอบคุณแรงสนับสนุนจากครอบครัว อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษา ครูฝึกพลร่มพาราเซลแผนกสงครามพิเศษที่ได้ฝึกความอดทนทั้งด้านร่างกายและจิตใจ ความมีระเบียบวินัยเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิต เพื่อนร่วมชั้นเรียน และบุคคลรอบตัวที่ประกอบประกอบ ให้กำลังใจ จนสามารถมีความอดทน, แรงกายแรงใจ, และไม่ย่อท้อในการศึกษา และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสิ้น

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อประยุกต์ใช้กับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งสามารถก่อให้เกิดแนวคิดเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาหรือเป็นแนวทางในการทำการวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคต

ว่าที่ร้อยตรีจักริน ชีพสัจญาณ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะทาง.....	2
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 เทคโนโลยีของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....	4
2.1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave).....	10
2.1.3 ค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI)	12
2.1.4 การเรียนรู้ของเครื่องและอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้อง.....	14
2.1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับที่พืช.....	27
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	37
2.2.1 การวิเคราะห์ภาพถ่ายพืชที่เพาะปลูกเป็นบริเวณกว้าง.....	37
2.2.2 การวิเคราะห์ภาพถ่ายพืชในพื้นที่จำกัด.....	38
2.2.3 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรเกี่ยวกับแสง.....	39
2.2.4 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรสภาพแวดล้อม.....	39

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
2	2.2.5 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรคาร์บอนไดออกไซด์	40
	2.2.6 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	41
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	42
	3.1 ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
	3.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย.....	45
	3.3 ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมและระบบเก็บข้อมูล.....	45
	3.4 จัดระเบียบข้อมูลที่ให้ต่อการวิเคราะห์.....	46
	3.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง.....	46
4	ผลการวิจัย.....	47
	4.1 ระบบ IoT เพื่อวัดค่า NDVI และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการปลูกพืช.....	47
	4.1.1 โครงสร้างและการทำงานของระบบ.....	48
	4.1.2 โรงเรือนที่ใช้ในการเพาะปลูก.....	50
	4.1.3 ส่วนประกอบสำคัญภายในโรงเรือน.....	51
	4.1.4 การมอนิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยภาพถ่าย NDVI และระบบควบคุม.....	53
	4.2 การประเมินประสิทธิภาพการจำแนกการสังเคราะห์แสงของพืช.....	58
	4.2.1 การใช้ k-mean ในการจัดกลุ่มข้อมูล.....	58
	4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา.....	60
	4.3 การประเมินประสิทธิภาพการจำแนกการสังเคราะห์แสงของพืช.....	61
	4.4 การนำโมเดลที่ได้มาไปใช้ในการทำนาย.....	63
	4.5 การตรวจสอบการสังเคราะห์แสงและสุขภาพของพืชด้วยดัชนีพืชพรรณ	64
5	บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	65
	5.1 สรุปผลการวิจัย.....	65
	5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย.....	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5	5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย..... 66
	บรรณานุกรม..... 68
	ภาคผนวก..... 76
	ภาคผนวก ก. ผลโค้ดโปรแกรม (System Code)..... 77
	ภาคผนวก ข. การตีพิมพ์ผลงานวิจัย..... 104
	ภาคผนวก ค. Certificate..... 111
	ประวัติย่อผู้วิจัย..... 115

TNI

TAHT - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	Confusion Matrix	18
2.2	ตารางแสดงรควัตถุที่มีชีวิตแต่ละชนิดใช้ในการสังเคราะห์แสง.....	27
3.1	ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	42
3.2	ตารางแสดงแผนการดำเนินงานวิจัย.....	44
4.1	ตารางสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	60
4.2	ตารางแสดงผลประสิทธิภาพการจำแนกตามการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช.....	62

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงถึงหน้าต่างของคอมพิวเตอร์ขนาด	5
2.2	แสดงลักษณะรูปร่างหน้าต่างของ ไมโครคอนโทรลเลอร์.....	6
2.3	แผนภาพการทำงานของ Protocol CoAP.....	8
2.4	แผนภาพการทำงานของ Protocol MQTT.....	9
2.5	Sensor และ Actuators	10
2.6	Electromagnetic Spectrum.....	11
2.7	ภาพ NDVI เพื่อใช้ในการบ่งบอกถึงความหนาแน่นของพืช.....	12
2.8	ภาพ NDVI เพื่อใช้ในการตรวจสอบสุขภาพและการสังเคราะห์แสงของพืช.....	13
2.9	ช่วง NDVI ที่แสดงถึงสุขภาพที่ดีของพืช.....	14
2.10	Elbow Point.....	17
2.11	Random Forest.....	21
2.12	Neural Network.....	23
2.13	แสดงการทำงานภายในโหนดชั้น Hidden Layer.....	24
2.14	กระบวนการ CRISP-DM.....	27
2.15	Absorption Spectrum.....	30
2.16	Action Spectrum.....	30
2.17	ลักษณะทั่วไปของขึ้นฉ่ายจีน.....	34
3.1	กรอบแนวคิด.....	43
4.1	สถาปัตยกรรมระบบภายใน.....	48
4.2	รูปแบบการทำงานของระบบ ทั้ง 2 ส่วน.....	48
4.3	รูปแบบการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
4.4	ภายนอกและภายในโรงเรือนขนาดเล็ก.....	51
4.5	อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับระบบ ตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช.....	51
4.6	ระบบควบคุมภายในและระบบแสดงผลหน้าโรงเรือน.....	54
4.7	การต่อวงจรส่วนควบคุม (Master).....	55
4.8	การต่อวงจรส่วนถูกควบคุม (Slave).....	55
4.9	ตัวอย่างสคริปต์ที่ทำการอัปโหลดลงบน ESP8266-12E.....	56

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.10	ตัวอย่างสคริปต์ที่ทำการโปรแกรมบน Raspberry pi.....	57
4.11	ตัวอย่าง Dashboard.....	58
4.12	Elbow point.....	59
4.13	ผลลัพธ์จากการแบ่งกลุ่มโดยใช้ k-mean.....	59
4.14	Analysis Cluster Photosynthesis.....	60
4.15	ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืช.....	61
4.16	การทำ Ensemble Classifiers	61
4.17	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทำ Ensemble Classifiers.....	62
4.18	การนำโมเดลที่ได้มาทำนายการสังเคราะห์แสงของพืชจากชุดข้อมูลที่เก็บมาใหม่	63
4.19	ผลการทำนายจากโมเดลที่สร้างจากเทคนิค Ensemble Classifiers	63
4.20	แสดงบริเวณที่พืชมีการสังเคราะห์แสง.....	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศทางด้านเกษตรกรรมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นมีแสงแดดและน้ำเพียงพอ และมีสภาพภูมิประเทศ ทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรกรรมในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น การทำนา การทำสวนผลไม้ การทำพืชไร่ และการทำเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น และด้วยยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไปการทำเกษตรในปัจจุบันนั้นจากเดิมที่เน้นเพื่อการดำรงชีพเป็นหลักส่วนที่เกินมาจึงจะนำไปขายเพื่อเป็นรายได้เสริม แปรเปลี่ยนไปสู่การผลิตเชิงการค้าโดยเพิ่มจำนวนผลผลิตให้มากยิ่งขึ้น และใช้เวลาน้อยลง เกษตรกรบางส่วนได้นำเครื่องจักรและเทคโนโลยีมาใช้ในการท่นแรงที่ใช้ในการเกษตรให้ลดลงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเกษตรให้ง่ายดายยิ่งขึ้น แต่กระนั้นเทคโนโลยีที่เกษตรกรใช้อยู่ ณ ตอนนี้อย่างใหญ่แล้วจะเป็นการนำเครื่องจักรใช้ในการเก็บเกี่ยวเพื่อลดแรงงานของคนลง แต่เก็บเกี่ยวได้เร็วยิ่งขึ้น หรือใช้เทคโนโลยีในการควบคุม สิ่งการระบบอัตโนมัติ และแสดงผ่านเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันเท่านั้น มิได้มีการนำข้อมูลหรือปัจจัยเหล่านั้นนำมาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิต โดยปกติแล้วพืชนั้นจะเจริญเติบโตได้ต้องมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างอาหารและพลังงานที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงอยู่ของพืชในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อพืชในแต่ละชนิด โดยนำเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) มาใช้ในการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์

จากปัญหาลักษณะดังกล่าวข้างต้นทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาจึงได้ทำการเริ่มศึกษาและวิจัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทางเศรษฐกิจในงานวิจัยขั้นนี้ได้ทำการเลือก ขึ้นฉ่าย มาใช้ในการศึกษาและวิจัยเพื่อหาปัจจัยในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของพืชเพื่อลดเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบ IoT ในการวัดระดับการสังเคราะห์ด้วยแสงจากดัชนีพืชพรรณ

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณแสง และ

คาร์บอนไดออกไซด์กับดัชนีความต่างพืชพรรณ

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษาและวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการหาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาที่เหมาะสมในการรับแสงต่อวัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งมีการกำหนดอิสระในสภาพแวดล้อมปิด อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย มีขอบเขตของการวิจัยดังต่อไปนี้

1.3.1 ขอบเขตของการวิจัย

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของขึ้นฉ่ายนั้นได้นำข้อมูลมาจากการกำหนดตัวแปรที่สอดคล้องกับปัจจัยที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตซึ่งได้มาจากการเก็บค่าโดยเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ในโรงเรือน

1.3.2 ขอบเขตด้านเทคนิคและวิธีการ

- (1) พืชที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นนี้คือ ขึ้นฉ่าย เนื่องจากเป็นพืชที่ใช้เวลาในการเจริญเติบโตเร็วและราคาดี สามารถปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ได้ มีรงควัตถุ (Pigment) ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นชนิด คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)
- (2) ปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ เนื่องจากสามารถควบคุมสารอาหารได้
- (3) มีการกำหนดสภาพแวดล้อมในโรงเรือนแบบปิด
- (4) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มาจากการเก็บข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเรือน
- (5) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณแสง, ความเข้มแสง, เวลาในการรับแสง, ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), และค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI)
- (6) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสังเคราะห์แสงที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของขึ้นฉ่าย
- 1.4.2 สามารถกำหนดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวได้
- 1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับพัฒนาและวิจัยกับพืชชนิดอื่น

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะทาง

1.5.1 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) เป็นปฏิกิริยาเดียวของสิ่งมีชีวิตที่นำพลังงานแสงเข้ามาในระบบนิเวศ ส่วนใหญ่พืชจะมีสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็น 6CO_2

+12H₂O +Light ถูกสังเคราะห์เป็น C₆H₁₂O₆ +6O₂ +6H₂O โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น แต่
 ละชั้นจำเป็นต้องใช้แสง

1.5.2 **ปฏิกิริยาแสง (Light Reaction)** เป็นการนำพลังงานแสงมาสร้าง NADPH และ ATP
 เกิดที่บริเวณ thylakoid membrane

1.5.3 **การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide fixation)** เป็นการตรึง
 คาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักรคัลวิน (Calvin Cycle) โดยการนำ NADPH และ ATP ที่ได้มานั้น เปลี่ยน
 CO₂ ให้เป็นน้ำตาลตามสมการข้างต้นที่กล่าวไป

1.5.4 **นิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลีโอไทด์ฟอสเฟต (nicotinamide adenine
 dinucleotide phosphate : NADPH)** สารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวรับ H ในกระบวนการสังเคราะห์
 ด้วยแสง เมื่อรับ H แล้วจะอยู่ในรูป NADPH₂

1.5.5 **อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate: ATP)** เป็นสารให้พลังงานสูงแก่
 เซลล์ ผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง หรือการหายใจระบบเซลล์และถูกใช้ในกระบวนการต่างๆ
 ของพืช

1.5.6 **รงควัตถุ(Pigment)** คือสารที่ทำหน้าที่ดูดกลืนแสง สีที่ไม่ถูกดูดกลืนจะสะท้อนกลับ
 ออกมาทำให้ต้นไม้ดูมีสีสัน

1.5.7 **คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)** เป็นรงควัตถุที่สะท้อนแสงสีเขียว ดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและ
 แสงสีแดง เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.5.8 **ไฮโดรโปนิคส์ (Hydroponics)** เป็นการปลูกพืชแบบไร้ดินโดยที่รากของพืชจะแช่อยู่ใน
 น้ำที่มีสารอาหารพืชละลายน้ำอยู่ ส่วนลำต้นและส่วนอื่นๆจะอยู่เหนือน้ำที่เป็นสารละลาย โดยมี
 อุปกรณ์ช่วยในการพยุงลำต้น

1.5.9 **Internet of Things (IoT)** หมายความว่า การที่สิ่งของ, อุปกรณ์, หรือเครื่องจักร
 สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันและกันได้ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็นทั้งระบบ
 แบบมีสาย (LAN) หรือแบบไร้สาย (Wireless)

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากเอกสารทางวิชาการ บทความ หนังสือ และแหล่งสารสนเทศทางอินเทอร์เน็ต ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 เทคโนโลยีของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

รู้จักกันในชื่อ Internet of Things (IoT) [1][2] หมายความว่า การที่สิ่งของ, อุปกรณ์, หรือเครื่องจักรสามารถสื่อสารและเชื่อมต่อหากันและกันได้ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็นทั้งระบบแบบมีสาย (LAN) หรือแบบไร้สาย (Wireless) โดยใช้โปรโตคอลเฉพาะในการสื่อสาร ทำให้สามารถควบคุม ตรวจสอบ บริหารจัดการ หรือ สามารถระบุตัวตนของสิ่งนั้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ ฟังก์ชันในการทำงานของอุปกรณ์ IoT อาจจะมีหลายฟังก์ชันหรือฟังก์ชันเดียวก็ได้ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของอุปกรณ์นั้นๆ ในประเทศไทยอุปกรณ์ IoT ไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายเท่าไรนัก ส่วนใหญ่จะใช้ในทางด้านอุตสาหกรรม, การคมนาคม, และสินค้าบางชนิด ในปัจจุบันทางด้านภาคเกษตรกรรมก็เริ่มนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในการทำการเกษตรแต่ยังไม่แพร่หลายนัก สังเกตได้จากที่เกษตรกรบางคนเริ่มที่จะทำระบบ Smart farm ของตัวเองเพื่อลดต้นทุนทางด้านแรงงานคนลง การวางระบบทำให้การดูแลพืชผลต่างๆ ยง่ายขึ้นและสามารถควบคุมและตรวจสอบแค่เพียงปลายนิ้วเท่านั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องตรวจสอบความชื้นหรืออุณหภูมิภายในฟาร์มของตนเอง, การควบคุมการให้น้ำ, การให้แสง, หรือปริมาณแร่ธาตุในกรณีที่เป็นการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเก็บค่าทางสถิติผ่านเซ็นเซอร์หลายอย่างที่ตั้งอยู่ภายใน Smart farm เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ ภายในฟาร์มที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือผลผลิต

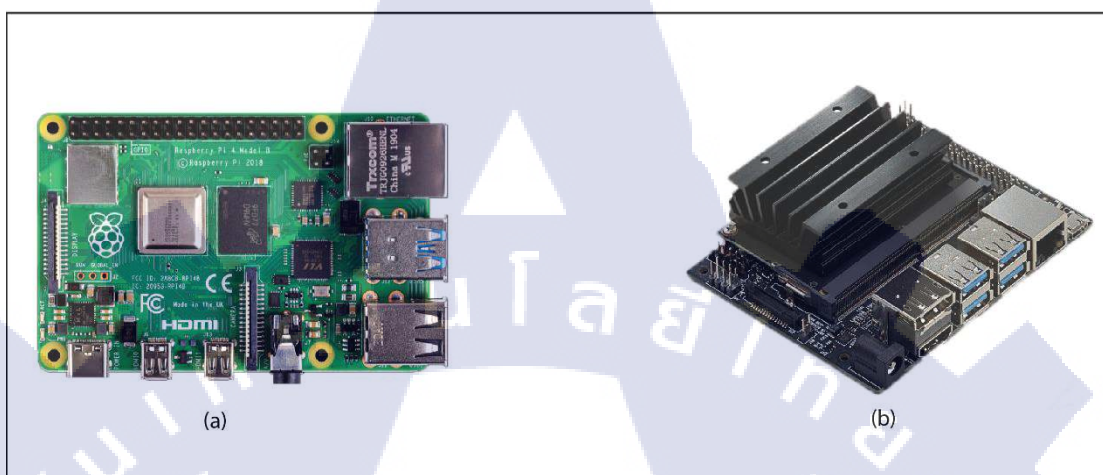
2.1.1.1 อุปกรณ์สำหรับควบคุมและสั่งการของ Internet of Things

ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมและสั่งการระบบของ Internet of Things มีอยู่ 2 ประเภทได้แก่

- (1) Embedded Computer, Single Board Computer [3][4]

เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ประกอบไปด้วย microprocessors, memory, I/O อยู่ภายในบอร์ดเดียว มีพอร์ต GPIO สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ นิยมใช้ระบบปฏิบัติการ Linux พร้อมทั้งมีพอร์ต HDMI, USB type B, RJ45 และ built-in wireless LAN สำหรับเชื่อมต่อ Internet เช่น บอร์ด Raspberry pi, NVIDIA Jetson Nano ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งค่อนข้าง

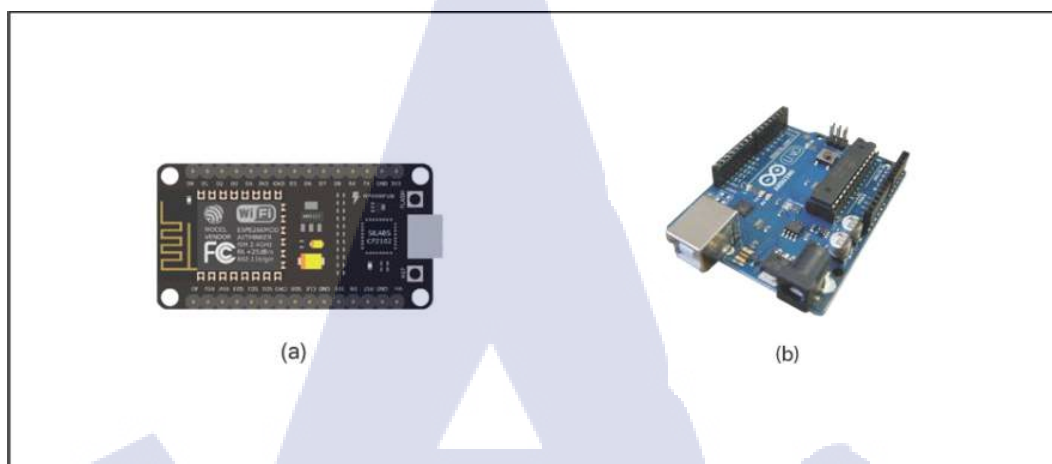
เป็นที่นิยมในปัจจุบันและได้มีการออกมาหลากหลายรุ่นพร้อมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลให้ดียิ่งขึ้น พร้อมทั้งรองรับการประมวลผลด้วยภาพมากยิ่งขึ้น ดังเช่น NVIDIA Jetson Nano ที่สนับสนุนการประมวลผลด้วยภาพและการทำ Machine learning



รูปที่ 2.1 แสดงถึงหน้าตาของคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (a) Raspberry pi 3 b+, (b) Jetson Nano Developer Kit

(2) Microcontroller [5]

อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอา microprocessors, memory, I/O ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน สามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุม GPIO เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆตามที่โปรแกรมเอาไว้ เหมาะสำหรับงานที่เฉพาะเจาะจงโดยส่วนมากจะต้องเขียนด้วยภาษาที่เป็นภาษาระดับล่างเช่น C/C++ ตัวอย่างเช่น Arduino UNO และ ESP8266-12E ดังรูปที่ 2.2 ในบางรุ่นจะมี built-in wireless LAN ติดตั้งมาให้พร้อมกับตัวบอร์ดอยู่แล้ว เพื่อรองรับระบบ IoT เช่น ESP8266-12E



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะรูปร่างหน้าตาของ ไมโครคอนโทรเลอร์ (a) ESP8266-12E, (b) Arduino UNO

2.1.1.2 โพรโตคอลการสื่อสารสำหรับ Internet of Things [6]

โพรโตคอล (Protocol) เป็นข้อกำหนดหรือข้อตกลงที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์หรือเรียกได้ว่าเป็นภาษากลางที่ใช้สื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน การที่คอมพิวเตอร์หลายเครื่องที่เชื่อมอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันที่สามารถสื่อสารกันได้นั้นจำเป็นจะต้องมีสื่อกลางที่เรียกว่า โพรโตคอล เช่นเดียวกับการที่คำเรามีภาษาพูดเพื่อใช้ในการสื่อสารซึ่งกันและกันโดยภาษากลางของคนเรานั้นจะเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งโพรโตคอลที่ใช้สำหรับการสื่อสารมีอยู่หลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น

(1) Protocol HTTP (Hypertext Transfer Protocol) [7]

HTTP เป็นโพรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารและเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Client กับ Server โดยเชื่อมต่อกับ World Wide Web (www) ซึ่งมีการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสามารถทำงานได้รวดเร็วและไม่ซับซ้อน โดยจะใช้เมื่อมีการเรียกใช้โปรแกรมประเภท Web Browser ต่างเช่น IE, Google Chrome, Safari เป็นต้น ทำให้สามารถเรียกดูข้อมูลหรือเว็บเพจจาก Server โดยมีโพรโตคอล HTTP ที่ไปเรียกข้อมูลจาก Server และส่งข้อมูลนั้นกลับมาให้แก่ Client ที่เรียกผ่าน Browser และ Browser จะนำข้อมูลนั้นมาแสดงผ่านหน้าจอของ Client

(2) Protocol TCP/IP [8]

TCP/IP เป็นโพรโตคอลที่สำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่งเนื่องจากใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่าย Internet เพื่อให้สามารถ Client ต้นทางสามารถสื่อสารข้ามเครือข่ายไปยังจุดหมายปลายทางที่อยู่คนละเครือข่ายได้และสามารถค้นหาเส้นทางในการส่งข้อมูลด้วยตัวเองได้โดยอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็น

- TCP (Transmission Control Protocol) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการแยกชิ้นส่วนของ package ก่อนส่งออกไป โดยปลายทางจะทำการรวบรวมและนำไปประมวลผลต่อในขั้นต่อไป ในระหว่างการรับ-ส่งข้อมูลนั้นจะมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเสมอ ถ้าหากมีข้อมูลตกหล่นหรือผิดแปลกไปจากต้นทาง ปลายทางจะทำการร้องขอข้อมูลส่วนนั้นใหม่อีกครั้งจนกว่าข้อมูลจะสมบูรณ์

- IP (Internet Protocol) เป็นส่วนที่ทำการส่งข้อมูลจาก IP Address ต้นทางไปยัง IP Address ปลายทาง

(3) Protocol SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) [9] เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการรับและส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (E-Mail) ภายใต้อุปกรณ์เครือข่าย Internet

(4) Protocol FTP (File Transfer Protocol) [10] เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันเช่นการอัปโหลดข้อมูลหรือไฟล์ไปยัง Server

(5) Protocol NNTP (Network News Transfer Protocol) [11] เป็นโปรโตคอลสำหรับถ่ายโอนข่าวสารระหว่างกันและกัน

(6) Protocol ICMP (Internet Control Message Protocol) [12] เป็นโปรโตคอลที่ใช้สำหรับการสอบถามข้อมูลระหว่างกัน

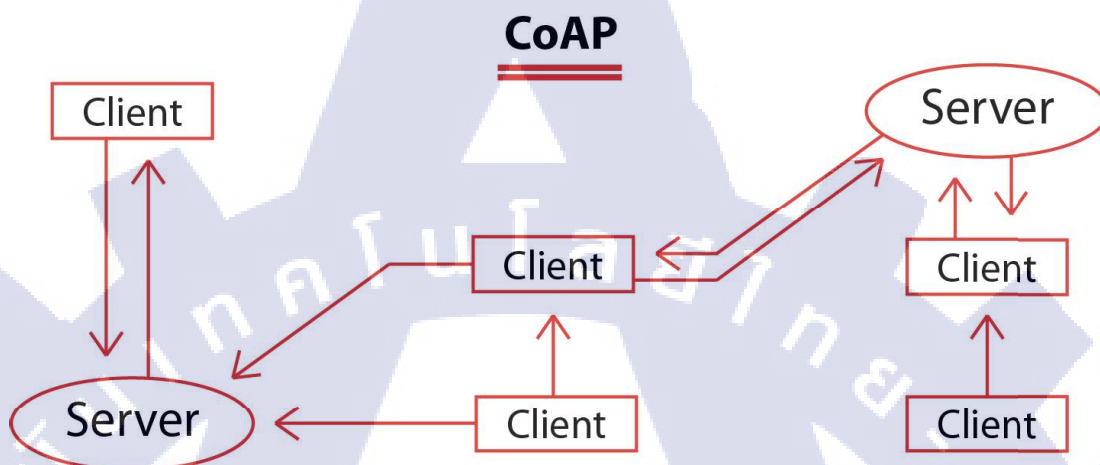
(7) Protocol DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) [13]

DHCP เป็นโปรโตคอลในการจัดการ Internet Protocol (IP) โดย DHCP Server จะทำการกำหนด IP Address และค่าพารามิเตอร์อื่นๆภายในเครือข่ายโดเมนอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถสื่อสารกับเครือข่ายอื่นๆได้

(8) CoAP (Constrained Application Protocol) [14]

CoAP เป็นโปรโตคอลที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใหม่โดย IETF ในปี 2014 ซึ่งมีการออกแบบให้มีความทำงานที่คล้ายกับโปรโตคอล HTTP ซึ่งเป็น Document Transfer Protocol แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก CoAP มีขนาดของ Header อยู่ที่ 4byte เท่านั้น เพราะมีการตัดส่วนที่ไม่จำเป็นออกไปและทำงานอยู่ภายใต้ UDP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ไม่มีการสร้างการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ปลายทาง จึงทำให้ส่งข้อมูลเร็วมากแต่จะไม่มีการรับรองความถูกต้องของข้อมูลเมื่อถูกส่งไปปลายทาง CoAP นั้นเป็นสถาปัตยกรรมแบบ Client/Server โดย Client จะทำการร้องขอทรัพยากรไปที่ Server โดยตรง จากนั้น Server จะทำการตอบกลับคำร้องพร้อมกับอ็อปชัน 'Content-Type' เพื่อว่าบอก Client ว่ากำลังจะได้รับข้อมูลในรูปแบบไหนกลับไป (เช่น JSON, XML, CqBOR เป็นต้น) โดย Client สามารถ GET, PUT, POST และ DELETE ทรัพยากรบน Server ด้วย URL และ query

string คล้ายกับ REST AP ซึ่ง CoAP ถูกออกแบบมาสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลแบบ One-to-One ซึ่งเหมาะสำหรับแบบกระจายศูนย์ที่มีอุปกรณ์อยู่บนเครือข่ายเดียวกันและสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยตรง ยกตัวอย่างเช่น Smart Home, Smart Farm หรือระบบอื่นๆที่ต้องการการควบคุมและสั่งการโดยผู้ใช้งานเป็นหลัก



รูปที่ 2.3 แผนภาพการทำงานของ Protocol CoAP [15]

(9) MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) [16]

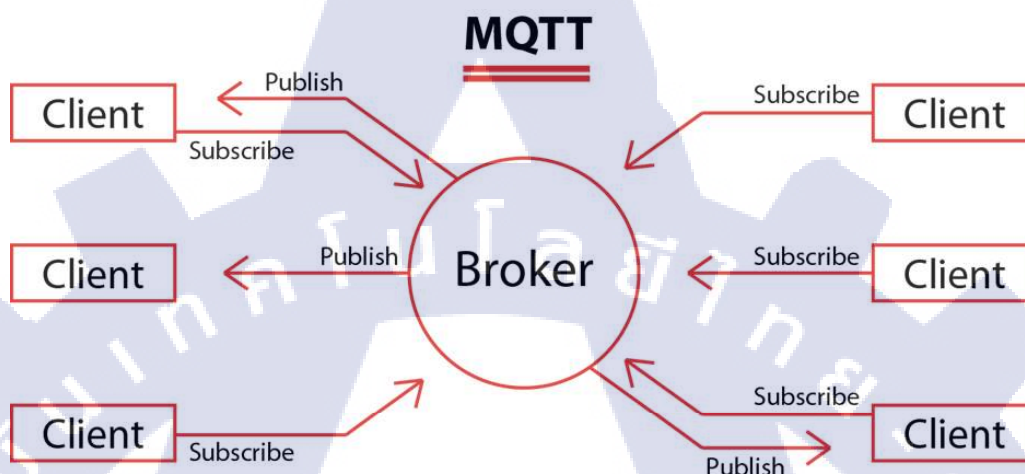
MQTT เป็นโพรโทคอลที่ถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสำหรับการสื่อสารแบบ Machine to Machine (M2M) โดยถือกำเนิดจากวิศวกรจาก IBM และ Eurotech ในปี 1999 เพื่อนำไปใช้ในระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) สำหรับเชื่อมต่อท่อส่งน้ำมันบนเครือข่ายที่ไม่มีความเสถียรอย่างอินเทอร์เน็ตดาวเทียม ก่อนที่จะถูกบริจาคและเปลี่ยนเป็น Open Standard ในปี 2014 โดย OASIS

MQTT เป็นสถาปัตยกรรมแบบ Client/Server ซึ่งมี Topology แบบ Hub-And-Spoke เซิร์ฟเวอร์หรืออุปกรณ์ปลายทางทำหน้าที่เป็น Client ซึ่งทำการสร้างการเชื่อมต่อแบบ TCP ไปยัง Server ที่มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า Broker ซึ่งมีหน้าที่เป็นเสมือนท่อส่งข้อมูลในการรับส่ง 'Message' ระหว่าง Client ที่เป็นได้ทั้ง Publisher และ Subscriber

Client หมายถึง Publisher หรือ Subscriber ที่เชื่อมต่อแบบรวมศูนย์ไปยัง Broker ซึ่งสามารถเชื่อมต่อได้ทั้งแบบ Persistent ที่ทำการสร้าง Session ค้างไว้เปิดตลอดเวลาเพื่อติดต่อกับ Broker ซึ่งตรงกันข้ามกับ Client ที่เชื่อมต่อแบบ Transient ซึ่ง Broker ไม่สามารถติดตามสถานะได้

Broker เป็น software ที่ทำหน้าที่รับข้อความทั้งหมดที่ได้จาก Publisher แล้วจึงส่งต่อไปให้ Subscriber ตามแต่ Topic ที่ Client ได้ทำการ Subscribe ไว้

Topic ทำหน้าที่เปรียบเสมือน Address หรือ Endpoint บน Broker ที่ Client ทำการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อความระหว่างกันและกัน



รูปที่ 2.4 แผนภาพการทำงานของ Protocol MQTT [15]

MQTT เหมาะสำหรับการนำไปใช้บนระบบคลาวด์ที่ให้บริการแบบรวมศูนย์ เนื่องจากถูกพัฒนาให้เหมาะสมกับการกระจายข้อมูลบนระบบคลาวด์ที่ให้บริการแบบรวมศูนย์ เนื่องจากถูกพัฒนาให้เหมาะสมกับการกระจายข้อมูลแบบ Many-to-Many แอปพลิเคชันที่นำ MQTT ไปใช้นั้นจะเป็น IoT Platform เป็นส่วนใหญ่

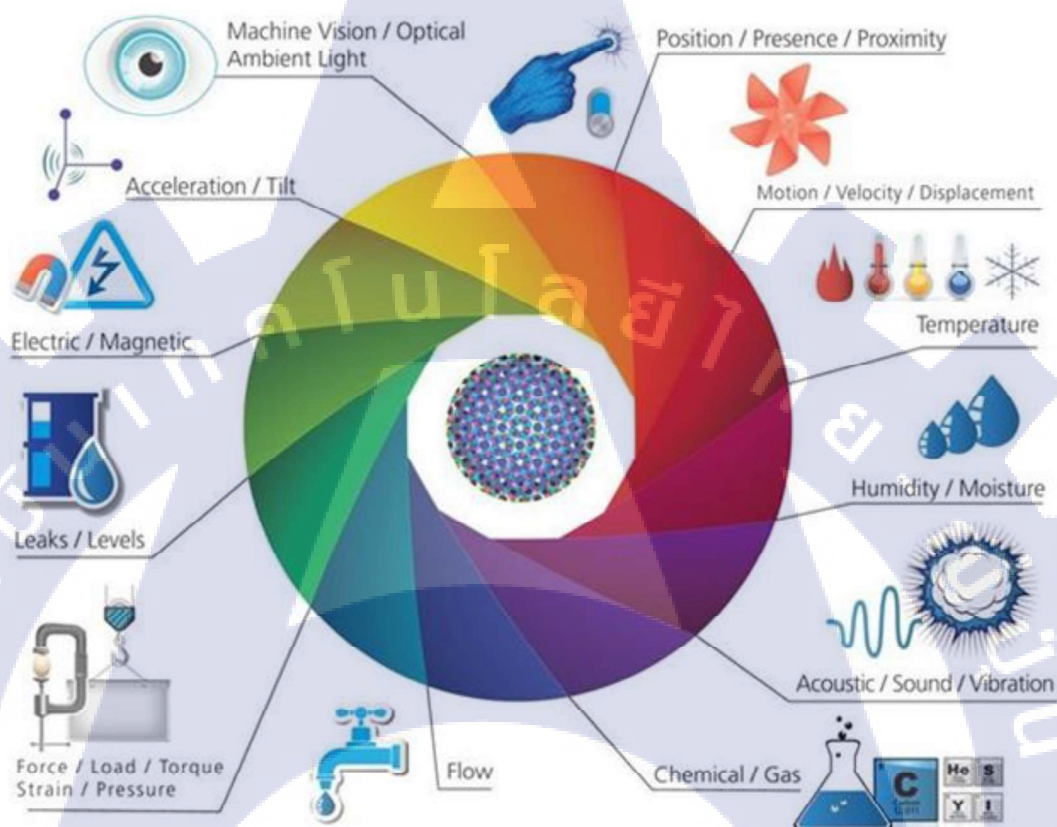
2.1.1.3 เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ที่ปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

- เซ็นเซอร์(Sensors) [17] นั้นเป็นส่วนรับรู้สภาพแวดล้อมภายนอก รอบตัวเพื่อใช้ในการบอกสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นว่ามีการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง ไม่ว่าจะเป็นการ เคลื่อนไหว, ความดัน, สภาพอากาศ, การมองเห็น เปรียบเสมือนส่วนรับรู้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ของ มนุษย์

- อุปกรณ์ที่ปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Actuator) [18] เป็นส่วนที่แสดงการกระทำทางกายภาพ เช่น มอเตอร์ที่ใช้ในการหมุนเพื่อเปิดปิดของประตูอัตโนมัติ โดยรับคำสั่งมาจากส่วนควบคุม (Controller) เปรียบเสมือนส่วนแขน ขา นิ้วมือ ของมนุษย์ ที่รับ คำสั่งมาจากสมองให้มีการเคลื่อนไหวตามที่สมองสั่งการ

1 SENSORS & ACTUATORS

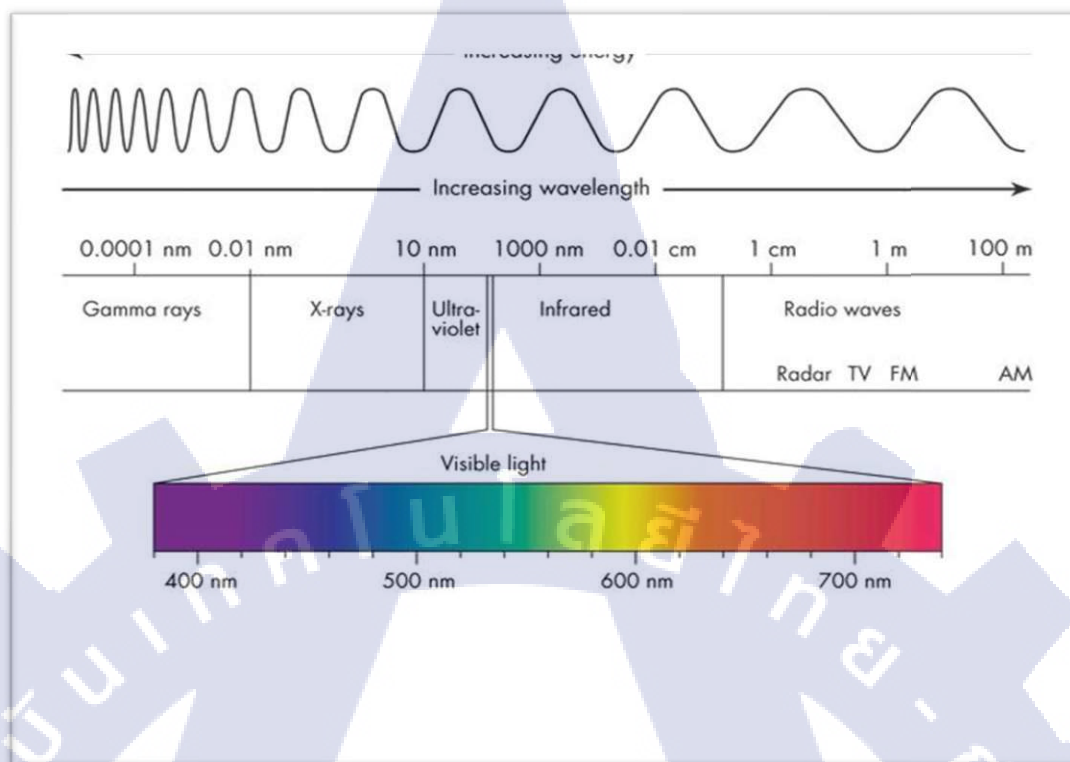
We are giving our world a digital nervous system. Location data using GPS sensors. Eyes and ears using cameras and microphones, along with sensory organs that can measure everything from temperature to pressure changes.



รูปที่ 2.5 Sensor และ Actuators [19]

2.1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic wave)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [20] ประกอบไปด้วย สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและสนามไฟฟ้าซึ่งทำมุมตั้งฉากและเคลื่อนที่ผ่านอากาศด้วยความเร็ว 3×10^8 m/s ประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย รังสีแกมมา, รังสีเอ็กซ์, อัลตราไวโอเล็ต, แสงที่ตามองเห็น, อินฟราเรด, ไมโครเวฟ, และคลื่นวิทยุ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวแค่ แสงที่ตามองเห็น และอินฟราเรดเท่านั้น



รูปที่ 2.6 Electromagnetic Spectrum [21]

2.1.2.1 แสงที่ตามองเห็น (Visible Light) [22] เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงช่วงเดียวที่ตาของมนุษย์สามารถมองเห็นผ่านจอประสาทตาจะมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ประมาณ 400 - 700 nm โดยจะแบ่งออกเป็น สีม่วง, คราม, น้ำเงิน, เขียว, เหลือง, แสด, แดง เรียกว่าสเปกตรัม แสงแต่ละสีจะมีความยาวคลื่นต่างกัน ทั้งนี้สีม่วงจะมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดและสีแดงจะมีความยาวคลื่นมากที่สุด

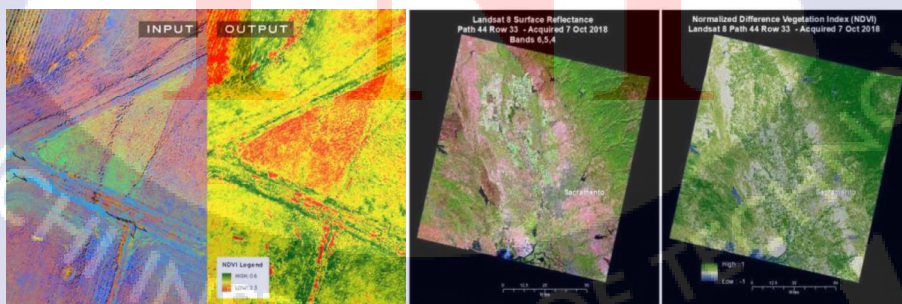
2.1.2.2 อินฟราเรดใกล้ Near Infrared (NIR) [23] เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าโดยจะมีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ประมาณ 700-1100 nm ทั้งนี้น้ำมีความสามารถในการดูดซับ NIR ได้ดีเยี่ยม ดังนั้นความยาวคลื่นในช่วงนี้จึงมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการแยกแยะขอบเขตของพื้นที่แหล่งน้ำกับดินที่ไม่สามารถระบุได้ด้วยย่านคลื่นแสงที่ตามองเห็น ในทางกลับกันพืชนั้นมีความสามารถในการสะท้อน NIR อย่างมาก และในพืชที่มีสุขภาพและสภาวะความเป็นอยู่ที่ดีจะมีการสะท้อน NIR ได้ดีกว่าพืชที่มีความเครียดสูง

2.1.3 ค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI)

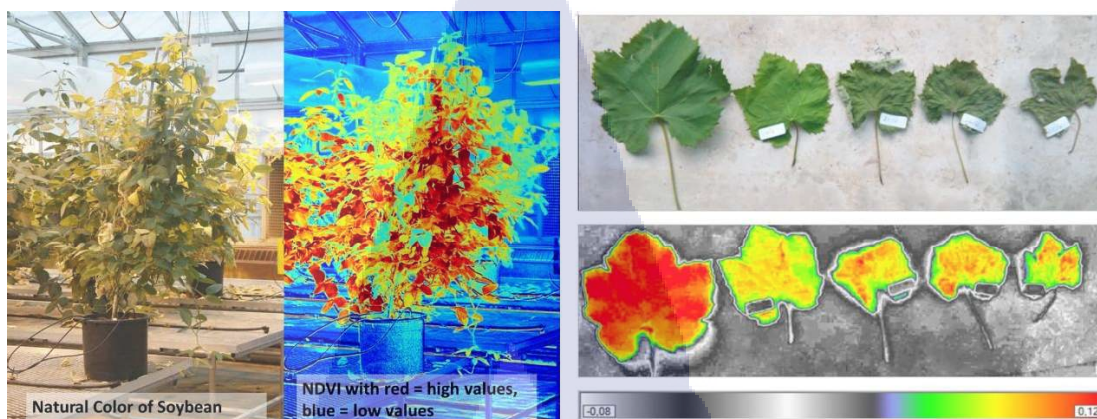
NDVI [24] เป็นการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมาใหม่โดยใช้หลักการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่พืชสะท้อนกลับออกมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความยาวคลื่นและความถี่แตกต่างกันออกไปในแต่ละประเภทได้แก่ คลื่นอัลตราไวโอเลต (200-315nm), คลื่นแสงที่ตามองเห็น (400-700nm), คลื่นอินฟราเรด (1mm-700nm), คลื่นไมโครเวฟ ,และคลื่นวิทยุ โดยในการคำนวณจะใช้การสะท้อนของคลื่นอินฟราเรดใกล้ Near Infrared (NIR) กับ แสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light) ในการคำนวณค่าของดัชนีความต่างพืชพรรณโดยทั่วไปแล้วเมื่อแสงตกกระทบใบไม้โดยมี Chlorophyll a และ Chlorophyll b ที่ทำหน้าที่คอยดูดซับแสงในช่วงสีแดงและน้ำเงินซึ่งจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อใช้ในการสร้างสารอาหารแก่พืช พร้อมกับสะท้อนแสงในช่วงสีเขียวออกมา จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงมองเห็นพืชเป็นสีเขียว ในส่วนของคลื่นอินฟราเรดจะถูก Carotenoid สะท้อนกลับออกมา ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง พืชต่างชนิดต่างสายพันธุ์จะสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสัดส่วนที่ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด พืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุหรือความสมบูรณ์ต่างกัน การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะแตกต่างกันด้วยเช่นกันพืชที่สมบูรณ์จะมีการสะท้อน NIR มากกว่าคลื่นช่วงสีแดง และพืชในกลุ่มที่ไม่สมบูรณ์จะมีการสะท้อน NIR น้อยกว่าหรือเท่ากับคลื่นช่วงสีแดงจากการสะท้อนที่ต่างกันข้างต้น จึงนำมาสู่การคำนวณสัดส่วนความแตกต่างระหว่าง 2 ช่วงคลื่นดังกล่าวโดยใช้สมการดังนี้ [25][26]

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

ซึ่งภาพถ่าย NDVI ส่วนใหญ่จะถูกสังเคราะห์ขึ้นมาจากภาพถ่ายมุมสูงหรือภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อใช้ในการตรวจสอบการมีอยู่ของพืชในพื้นที่ที่ทำหาค่าสำรวจ หรือสำรวจความหนาแน่นของพืชจากภาพถ่ายมุมสูงดังภาพที่ 2.7 และ มีการนำ NDVI นำมาประยุกต์ใช้ภายในโรงเรียนเพื่อใช้ในการตรวจสอบสุขภาพของพืช หรือ ใช้ในการตรวจสอบการสังเคราะห์แสงของพืช ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 ภาพ NDVI เพื่อใช้ในการบ่งบอกถึงความหนาแน่นของพืช [27][28]

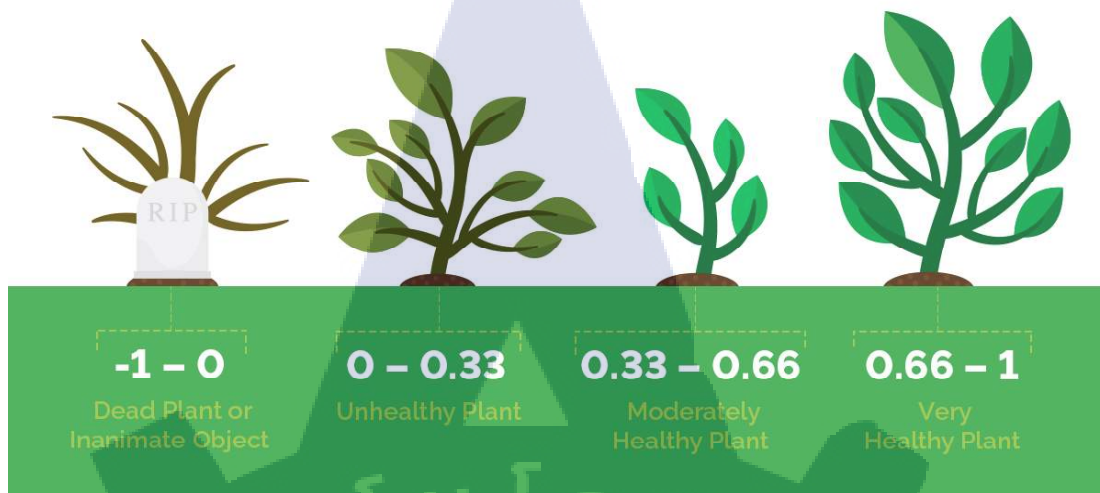


รูปที่ 2.8 ภาพ NDVI เพื่อใช้ในการตรวจสอบสุขภาพและการสังเคราะห์แสงของพืช [29][30]

มีงานวิจัยสรุปออกมาแล้วว่าค่าดัชนีความต่างพืชพรรณนั้นมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจากการวัดปริมาณการตรึง CO_2 เทียบกับดัชนีความต่างพืชพรรณ ในกรณีที่ เป็นภาพถ่ายที่ได้มาจากดาวเทียมที่มีความสามารถในการถ่ายภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า NIR สมการของค่าดัชนีความต่างพืชพรรณจะเป็นดังสมการที่ 3 ที่กล่าวไปแล้วข้างต้น แต่เนื่องด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าครั้งนี้เป็นกล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพคลื่นแสงในช่วง NIR ได้และมีการเพิ่มฟิวเตอร์สีน้ำเงินบริเวณหน้าเลนส์เพื่อกรองแสงย่านที่ไม่ต้องการออกไปจากภาพที่จะนำไปประมวลผล ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงสมการที่ใช้คำนวณเนื่องด้วยกล้องที่ถ่ายนั้นคลื่นแสงในช่วง NIR จะเก็บอยู่ในส่วนของเซลล์รับแสงสีแดง และเนื่องจากได้ทำการเพิ่มฟิวเตอร์สีน้ำเงินเข้าไปทำให้เหลือแต่แสงสีน้ำเงินเท่านั้นที่ผ่านเข้ามายังเซลล์รับแสงของกล้องได้ ทำให้สมการเปลี่ยนเป็น [31]

$$\text{NDVI} = \frac{\text{RED} - \text{BLUE}}{\text{RED} + \text{BLUE}} \quad (2)$$

โดยที่ค่าของ NDVI นั้นจะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 ยิ่งค่า NDVI เข้าใกล้ 1 มาเท่าใดแสดงว่าบริเวณนั้นมีพืชอยู่อย่างหนาแน่น, แสดงถึงพืชมีสุขภาพที่ดี, หรือแสดงถึงการสังเคราะห์แสงที่ดีของพืช



รูปที่ 2.9 ช่วง NDVI ที่แสดงถึงสุขภาพที่ดีของพืช [32]

2.1.4 การเรียนรู้ของเครื่องและอัลกอริทึมที่เกี่ยวข้อง (Machine Learning and Algorithms)

2.1.4.1 รูปแบบของข้อมูล

โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้นั้นจะต้องเป็นข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Structured Data) หรืออยู่ในรูปแบบของตาราง เช่น ข้อมูลของสมาชิก ข้อมูลการซื้อขาย โดยส่วนใหญ่จะเก็บอยู่ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Databases) ซึ่งจะในรูปแบบของตารางข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ต่อกัน แต่ในยุคปัจจุบันโลกได้ก้าวเข้าสู่ยุคของบิ๊ก ดาต้า (Big Data) ซึ่งมีข้อมูลอย่างมากมหาศาลแต่ข้อมูลเหล่านี้มักจะไม่มีโครงสร้าง หรือก็คือข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data) เช่น วิดีโอ, รูปภาพ, หรือข้อความต่างๆ ที่อยู่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ (Social Network) ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Facebook, Twitter, หรือ Instagram หากต้องนำข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างเหล่านี้ไปทำการวิเคราะห์ จำเป็นจะต้องทำการแปลงสภาพข้อมูลให้ไปอยู่ในรูปแบบของข้อมูลแบบมีโครงสร้าง หรือให้อยู่ในรูปแบบตารางเสียก่อน

(1) ข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Structured Data) [33]

ข้อมูลแบบมีโครงสร้างเป็นข้อมูลทั่วไป ที่สามารถพบเห็นในรูปแบบของตาราง โดยปกติแล้วข้อมูลเหล่านี้มักจะเก็บอยู่ในรูปแบบของ Microsoft Excel หรือ อยู่ภายในฐานข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะประกอบด้วยแถว (Row) และคอลัมน์ (Column) ในทางด้านเทคนิคของ Data Mining จะเรียกข้อมูลในแต่ละ แถว ว่าเป็น ตัวอย่าง (Example) หรือ อินสแตนซ์ (Instance) และข้อมูลในส่วน ของ คอลัมน์ จะเรียกว่า แอตทริบิวต์ (Attribute) หรือ ฟีเจอร์ (Feature)

(2) ข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data) [34]

ดังที่กล่าวไปข้างต้นข้อมูลประเภท ข้อความ, รูปภาพ, เสียง, หรือวิดีโอ นั้นล้วนเป็นข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้าง ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะมีปริมาณที่มหาศาลมากตามการเติบโตของโลกสังคมออนไลน์ เราจึงต้องทำการแปลงไปให้อยู่ในรูปแบบที่มีโครงสร้างเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ต่อไป เช่นข้อมูลที่เป็นข้อความยาวๆ ต้องทำการตัดออกมาเป็นคำๆ เพื่อดูแนวโน้มของข้อความนั้นว่าเป็นข้อความที่แสดงถึงอารมณ์ของผู้เขียนว่าเป็นอย่างไร

2.1.4.2 เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยดาต้า ไมน์นิ่ง [35]

เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Data ไมน์นิ่งมีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทหลักๆ คือ

(1) เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

เทคนิคการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน หรือ Unsupervised Learning เป็นเทคนิคที่จะเน้นการพิจารณาข้อมูลเป็นหลัก เช่นการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลมีลักษณะใดบ้าง Unsupervised Learning สามารถแยกย่อยลงไปได้อีก คือ เทคนิคการหาความสัมพันธ์ (Association Rule) และ การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) โดยงานวิจัยชิ้นนี้จะอธิบายเพียง การแบ่งกลุ่มข้อมูลเท่านั้น ในหัวข้อที่ 2.1.4.3 การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) ต่อไป

(2) เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน หรือ Supervised Learning นั้นจะเน้นการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ในอดีตเพื่อนำมาสร้างโมเดลใช้ในการทำนายหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โมเดลในที่นี้ ไม่ว่าจะเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ กฎต่างๆ ก็สามารถเป็นโมเดลเพื่อใช้ในการทำนายหรือคาดการณ์ได้ Supervised Learning นั้นสามารถแยกย่อยลงไปได้อีก คือ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) และ การประมาณค่าข้อมูล (Regression) โดยทั้ง 2 ประเภทนี้ จะมีลักษณะที่คล้ายกัน แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำนายจะต่างกัน โดยที่ Classification นั้นคำตอบจะเป็นประเภท นอมินอล (Nominal) เช่น ชื่อ, ประเภท, หรือชนิด ตามที่กำหนดเอาไว้ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ใช่ตัวเลข ส่วน Regression จะกลับกัน ผลการทำนายในส่วนของ Regression นั้นจะตอบกลับมาเป็นตัวเลข เช่น ราคา, ปริมาณการสะสมของแก๊สต่อปี เป็นต้น

2.1.4.3 การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering) [36]

เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูล หรือที่เรียกกันว่า คลัสเตอร์ริง (Clustering) เทคนิคนี้จะจัดอยู่ในประเภทการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน Unsupervised Learning เป็นการจัดข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะความคล้ายคลึงกันของตัวข้อมูล โดยต้องการให้ข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดและข้อมูลที่อยู่ต่างกลุ่มกันมีความแตกต่างกันมากที่สุด วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลนั้นมีหลากหลายวิธีซึ่ง ในงานวิจัยชิ้นนี้จะเลือก วิธีการแบ่งข้อมูลด้วย K-Means

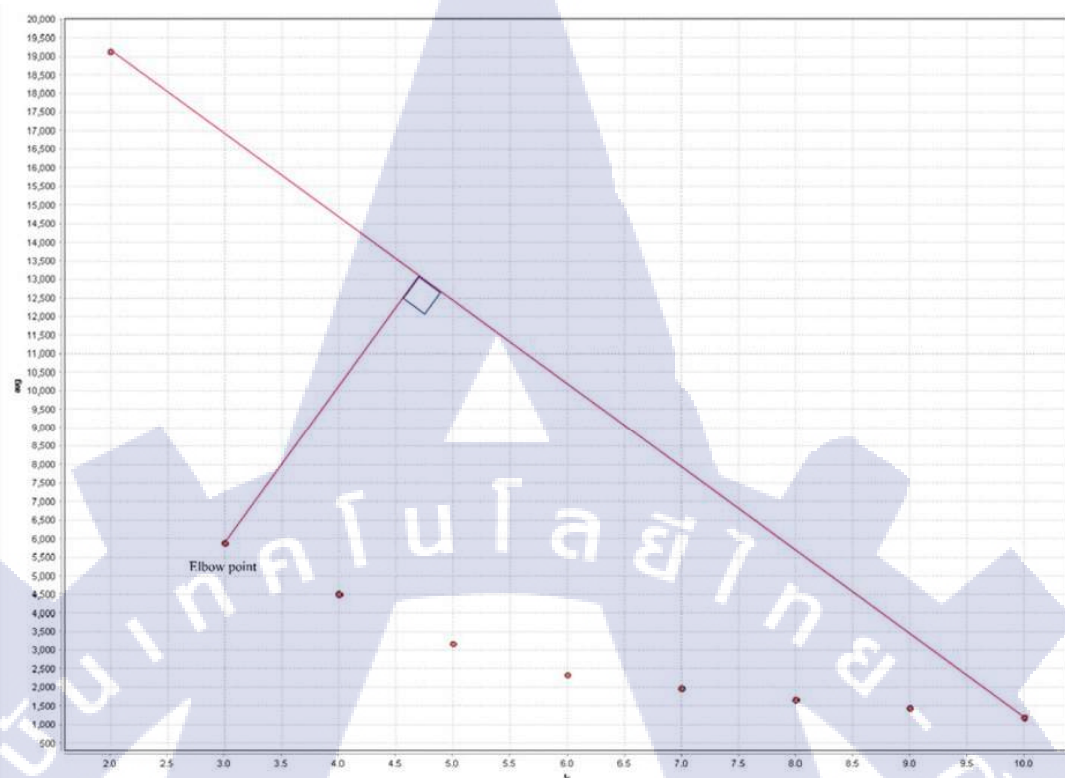
(1) เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วย K-Means

เทคนิค K-Means นั้นเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล ซึ่งจะแบ่งกลุ่มออกเป็นจำนวน K Cluster ตามที่ผู้ใช้งานกำหนดขึ้นมา โดยใช้การวัดระยะห่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวกับจุดศูนย์กลาง หรือที่เรียกว่า Centroid ของแต่ละ Cluster ซึ่ง Centroid ในแต่ละ Cluster นั้นคือค่าเฉลี่ยของแต่ละ Attribute ของข้อมูล โดยขั้นตอนการแบ่งข้อมูลด้วยเทคนิค K-Means นั้นแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

- กำหนดจุดศูนย์กลาง (Centroid) ของแต่ละ Cluster โดยทำการสุ่มให้มีตามจำนวน K ที่กำหนด
- คำนวณระยะห่างระหว่างข้อมูลแต่ละตัวเทียบกับ Centroid ของแต่ละ Cluster ที่ได้มาจากขั้นตอนแรก
- กำหนดให้ข้อมูลอยู่ใน Cluster ที่ใกล้กับ Centroid ของ Cluster นั้น
- คำนวณหา Centroid ของแต่ละ Cluster ใหม่อีกครั้ง
- ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกว่าข้อมูลทุกตัวอยู่ใน Cluster เดิมหรือจนกว่าครบตามจำนวนรอบที่กำหนด

(2) การวัดประสิทธิภาพ การแบ่งกลุ่มข้อมูลด้วย K-Means

สามารถทำการวัดประสิทธิภาพได้โดยการ คำนวณหาค่าเฉลี่ยระยะห่างของทุกจุดจาก Centroid ในแต่ละ Cluster ที่กำหนด พร้อมทั้งปรับเปลี่ยนจำนวนกลุ่มของ Cluster แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยระยะห่างของทุกจุดจาก Centroid ในแต่ละ Cluster จากนั้นจึงนำมา สร้างกราฟระหว่างจำนวนกลุ่มข้อมูลของ Cluster (ค่า K) แกน x เทียบกับค่า ค่าเฉลี่ยระยะห่างของทุกจุดจาก Centroid ในแต่ละ Cluster ซึ่งอยู่ในแกน y จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดจะเป็น Elbow Point [37] ซึ่งหาได้จากการลากเส้นตรงระหว่างจุดสูงสุดและสุดต่ำสุด จากนั้นจึงหาระยะห่างระหว่างเส้นตรงดังกล่าวจุดที่เหลื่อ โดยลากเส้นตั้งฉากระหว่างเส้นตรงกับจุดที่เหลื่อ จุดใดที่มีระยะทางมากที่สุด จุดนั้นคือ Elbow Point ซึ่งจะบ่งบอกถึงค่า K (จำนวน Cluster) ที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Elbow Point

2.1.4.4 การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) [38]

เทคนิคแบบ Classification จำนำข้อมูลจากในอดีตมาสอนระบบให้เกิดการเรียนรู้รูปแบบที่เกิดขึ้นในข้อมูลแล้วจึงนำมาสร้างเป็นสมการหรือโมเดล (Model) ขึ้นมาเพื่อใช้ค้นหาคำตอบสำหรับข้อมูลใหม่ที่น่ามาใช้ในการทำนาย คำตอบที่เป็นประเภทของค่าต่างๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะเรียกว่า คลาส (Class) หรือ ลาเบล (Label)

(1) ขั้นตอนการสร้างโมเดล

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกในการจำแนกประเภทข้อมูล โดยการนำข้อมูลสำหรับการใช้ในการเรียนรู้ (Training Data) มาสร้างโมเดลขึ้นด้วยการเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) เช่น Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network เป็นต้น

ในการ Classification นั้นจำเป็นที่จะต้องข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ (Training Data) เพื่อให้คอมพิวเตอร์เกิดการเรียนรู้จากตัวอย่างของข้อมูลที่ป้อนให้ โดยที่ Training Data คือชุดข้อมูลที่มีอยู่แล้วในอดีตซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนนั่นคือ แอตทริบิวต์ทั่วไปและแอตทริบิวต์ที่เป็น ลาเบล คำตอบที่สนใจ และสิ่งที่ควรคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่งก็คือแอตทริบิวต์ทั่วไปจะต้องมี

ความสัมพันธ์กันกับแอตทริบิวต์ที่เป็น ลาเบล คำตอบจึงจะทำให้โมเดลที่สร้างขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือมาก

(2) ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล

เมื่อสร้างโมเดลขึ้นมาได้แล้ว ขั้นตอนถัดไปก็คือ ต้องนำมาทำการวัดประสิทธิภาพของโมเดลที่สร้างขึ้นมาได้ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะขอกล่าวในหัวข้อที่ 3.3 การแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูลและหัวข้อที่ 3.4 การเรียนรู้ของเครื่อง ต่อไป

(3) ขั้นตอนนำโมเดลไปใช้งานเพื่อทำนายข้อมูลใหม่

เมื่อทำการวัดประสิทธิภาพของโมเดลแล้วพบว่าผลเป็นที่น่าพอใจและน่าเชื่อถือแล้วนั้น จึงจะสามารถนำโมเดลที่สร้างได้มานั้นไปใช้ในการทำนายข้อมูลที่น่าเข้ามาใหม่

2.1.4.5 ตัววัดประสิทธิภาพของโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูล

(1) Confusion Matrix

Confusion Matrix มีรูปร่างหน้าตาเป็นตารางแบบจัตุรัสโดยจะมีจำนวนแถวเท่ากับจำนวนคอลัมน์และเท่ากับจำนวนคลาสโดยข้อมูลที่อยู่ในด้านคอลัมน์คือ คลาสที่อยู่ในชุด Training Data (Actual) แถบข้อมูลในแถว คือ คลาสที่ทำนายมาได้ (Prediction)

ตารางที่ 2.1 Confusion Matrix

Prediction/Actual	Yes	No
Yes	TP	FP
No	FN	TN

จากตารางที่ 2.2 ค่าที่แสดงอยู่ในช่องต่างๆของตารางจะประกอบไปด้วย

- 1) True Positive (TP) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายคำตอบถูกต้องว่าเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
- 2) True Negative (TN) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายคำตอบถูกต้องว่าเป็นคลาสที่ไม่ได้สนใจอยู่
- 3) False Positive (FP) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่กำลังสนใจอยู่
- 4) False Negative (FN) คือ จำนวนข้อมูลที่ทำนายผิดมาเป็นคลาสที่ไม่ได้สนใจอยู่

(2) Precision

Precision เป็นการวัดความแม่นยำของโมเดล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส โดยมีสมการดังนี้

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (3)$$

(3) Recall

Recall เป็นการวัดความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณาแยกที่ละคลาส โดยมีสมการดังนี้

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (4)$$

(4) F-measure

F-measure เป็นการวัดค่า Precision และ Recall ของโมเดลพร้อมกัน โดยจะพิจารณารวมที่ละคลาส มีสมการเป็น

$$F - \text{measure} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (5)$$

(5) Accuracy

Accuracy เป็นการวัดค่าความถูกต้องของโมเดล โดยพิจารณารวมทุกคลาส มีสมการเป็น

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}} \quad (6)$$

2.1.4.6 การแบ่งข้อมูลเพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพขอโมเดลการจำแนกประเภทข้อมูล

ในการวัดประสิทธิภาพที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นจำเป็นที่จะต้องแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน นั่นคือส่วนที่ 1 ใช้เพื่อสร้างโมเดล และส่วนที่ 2 ใช้ในการทดสอบโมเดล เพื่อให้โมเดลทำนายค่าคลาสคำตอบออกมา การแบ่งข้อมูลเพื่อทำการทดสอบมีอยู่ 3 วิธีการใหญ่ดังนี้

(1) Set Consistency Test

วิธี Set Consistency Test หรือที่เรียกว่า Use Training Set นั้นเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการแบ่งข้อมูลเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างโมเดลและข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน กระบวนการนี้เริ่มจากการสร้างโมเดลด้วย Training Data หลังจากนั้นจึงนำโมเดลที่ได้มาทำการทำนายด้วยข้อมูลชุดเดิม ซึ่งผลการวัดที่ได้นั้นไม่เหมาะสมที่จะนำไปรายงานในผลการวิจัยต่างๆซึ่งวิธีการนี้เหมาะแก่การใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูแนวโน้มของโมเดลที่สร้างขึ้น ถ้าได้ผลการวัดที่น้อยแสดงว่าโมเดลไม่เหมาะสมกับข้อมูล จึงไม่ควรนำไปใช้ทดสอบด้วยวิธีการแบ่งข้อมูลแบบต่างๆ

(2) Split Test

วิธีการ Split Test นั้นเป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็น จำนวน 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกจะเป็นส่วนที่ใช้ในการเทรน หรือก็คือ Training Data ส่วนที่สองนั้นจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ (Test Data) โดยปกติแล้วจะแบ่งกันในอัตราส่วน 70 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 30 เปอร์เซ็นต์ หรือ 80 เปอร์เซ็นต์ ต่อ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการแบ่งแบบนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพโมเดล แต่การทดสอบแบบ Split Test นั้นเป็นการสุ่มข้อมูลเพียงครั้งเดียวซึ่งในบางครั้งถ้าการสุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะที่คล้ายกับข้อมูลที่ใช้ในการสร้างโมเดลทำให้ผลการวัดออกมาดี ในทางตรงข้ามถ้าการสุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบมีลักษณะที่แตกต่างจากข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อสร้างโมเดลมากจะส่งผลให้ประสิทธิภาพแย่งลงอย่างมาก ดังนั้นจึงควรทำการ Split Test หลายๆครั้งเพื่อเพิ่มความแม่นยำและความหลากหลายของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างโมเดล ข้อดีของวิธีการนี้ก็คือ ใช้เวลาในการสร้าง โมเดลน้อยซึ่งเหมาะกับชุดข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มาก

(3) Cross-validation Test

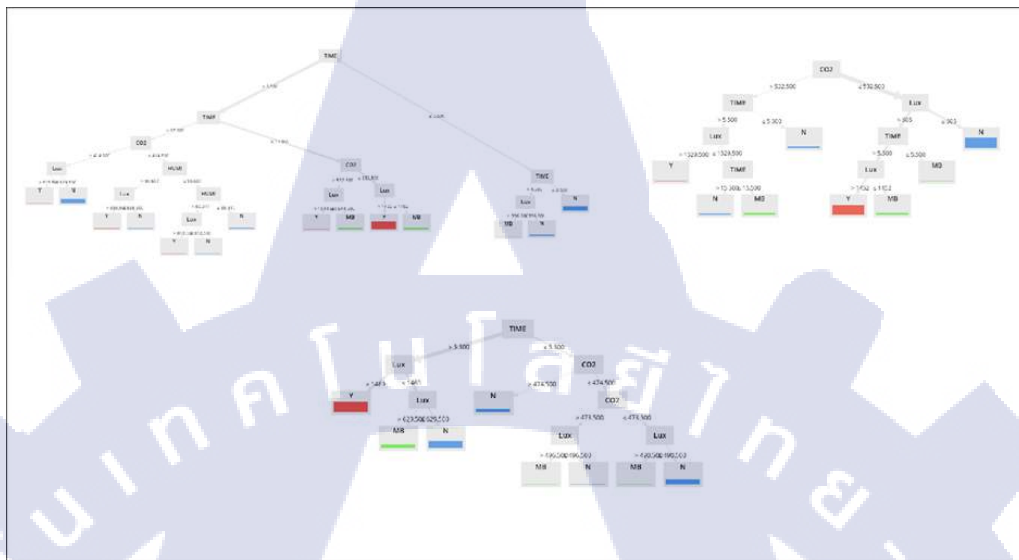
Cross-validation Test นั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการทดสอบประสิทธิภาพ ของโมเดลเนื่องจากผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีการ Cross-validation นั้นจะทำการแบ่งย่อยข้อมูลออกเป็นหลายๆส่วนด้วยกัน โดยแต่ละส่วนจะมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน ส่วนใหญ่จะแบ่งออกเป็น 10 ส่วน หลังจากนั้นข้อมูลหนึ่งส่วนจะใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ทำวนซ้ำไปเช่นนี้จนครบตามจำนวนที่แบ่งเอาไว้

2.1.4.7 อัลกอริทึม (Algorithms) [39]

(1) แรนดอมฟอเรส (Random Forest)

Random Forest [40] เป็นอัลกอริทึมที่พัฒนาต่อยอดมาจาก Decision Tree [41] ซึ่งจะเป็นการจำแนกแบบไม่ตัดกิ่งของต้นไม้ทั้ง หรือที่เรียกกันว่าต้นไม้ถลออย ซึ่งถูกสร้างจากการนำข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ไปสุ่มเลือกตัวอย่างข้อมูลและคุณลักษณะข้อมูลแล้วจึงนำมาสร้างเป็น Decision Tree ซึ่งจะมีตัวอย่างที่ไม่ถูกเลือกโดยจะเรียกข้อมูลในส่วนนี้ว่า Out-of-Bag (OOB)

จะถูกนำมาใช้ทดสอบ Decision Tree ที่สร้างขึ้นมาได้ แล้วจึงนำผลทำนายที่ได้มาทำการโหวต (Vote) เพื่อหาคำตอบสุดท้าย



รูปที่ 2.11 Random Forest

(2) นาอีฟเบย์ (Naïve Bayes)

การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธี Naïve Bayes [42] เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้เนื่องจากการสร้างโมเดลที่ง่ายและไม่ซับซ้อน โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability) เป็นหลักดังสมการ

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (7)$$

โดยที่

$P(A|B)$ คือ ค่า Conditional Probability หรือค่าความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ B ขึ้นก่อนแล้วจึงเกิดเหตุการณ์ A ตามมา

$P(A \cap B)$ คือ ค่า Joint Probability หรือค่าความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ A และเหตุการณ์ B เกิดร่วมกัน

$P(B)$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น

ในลักษณะเดียวกันนั้นสามารถเขียนสมการให้ความน่าจะเป็นที่เหตุการณ์ A เกิดขึ้นก่อนเหตุการณ์ B หรือ $P(B|A)$ ได้เป็น

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (8)$$

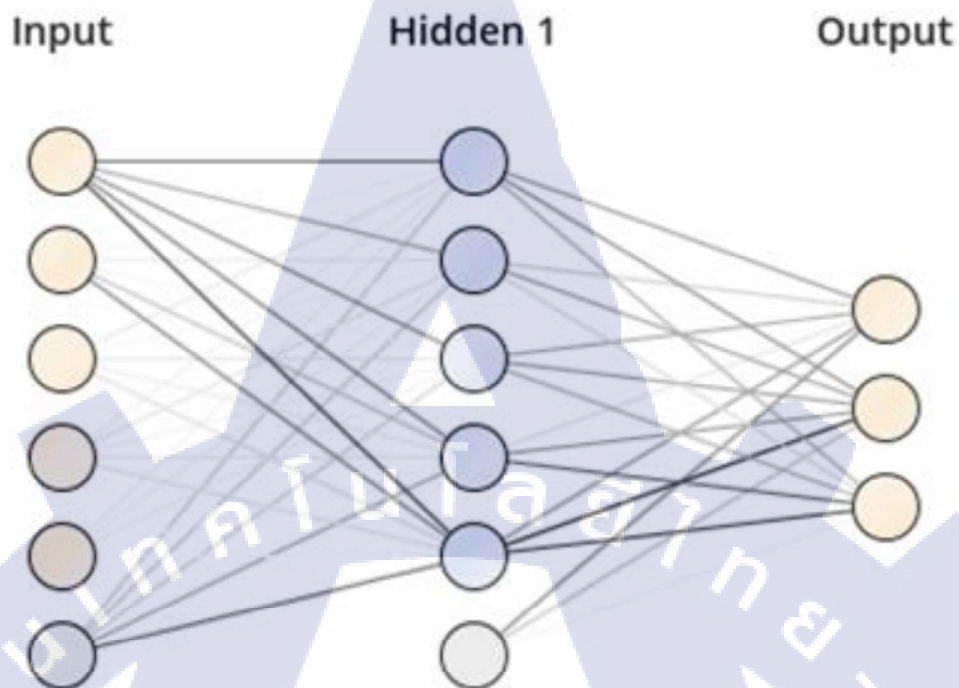
จากสมการทั้ง 2 แบบ จะสังเกตเห็นได้ว่ามี ตัวแปร $P(A \cap B)$ ที่เหมือนกันอยู่ ดังนั้นจึงสามารถเขียนสมการของ $P(A \cap B)$ ได้เป็น

$$P(B|A) = \frac{P(A|B) \times P(B)}{P(A)} \quad (9)$$

สมการที่ 9 ซึ่งแสดงถึงการสมการที่เป็นทฤษฎีของเบย์ในการนำไปใช้งาน เพื่อจำแนกประเภทข้อมูล

(3) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

Neural Network [43] หรือ Multi-layer Perceptron เป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีที่กล่าวไปข้างต้น แต่การแปลความหมายจากโมเดล Neural Network นั้นยากมากเนื่องจากเป็นสมการคณิตศาสตร์นั้นสูงที่ซับซ้อน ข้อดีของ Neural Network นั้นมีข้อดีตรงที่สามารถทำนายข้อมูลที่เป็นทั้ง Classification และ Regression ได้ วิธีการของ Neural Network นั้นเป็นวิธีการที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยประสาทหลายหน่วยที่เชื่อมต่อกันเป็นระบบประสาทขึ้นมา หรือเรียกในชื่อภาษาไทยว่า โครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.12 Neural Network

จากรูปที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของ Neural Network ซึ่งประกอบไปด้วยโหนด และเส้นเชื่อมโยงในแต่ละโหนด เมื่อพิจารณาจากการวางตัวของโหนดแล้วจะแบ่งออกมาได้เป็น 3 ชั้น (Layer) นั่นคือ

- ชั้นที่ 1 จะเรียกว่า Input Layer ประกอบไปด้วยโหนดซึ่งจะแสดงถึง Attribute ต่างๆที่อยู่ภายใน Training Data ที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อสร้างโมเดล
- ชั้นที่ 2 จะเรียกว่า Hidden Layer ประกอบไปด้วยโหนดต่างๆซึ่งจำนวนของโหนดในชั้นนี้โดยปกติแล้วจะเท่ากับจำนวน Attribute ทั้งหมดหารด้วย 2
- ในชั้นที่ 3 จะเรียกว่า Output Layer ประกอบไปด้วยโหนดที่เป็นคำตอบ หรือ Class ในกรณีที่ข้อมูลที่ต้องการทำนายเป็นแบบ Classification หากเป็นกรณีที่ต้องการผลการทำนายที่เป็นตัวเลขนั้นจะมีโหนด Output Layer เพียงโหนดเดียวเท่านั้น

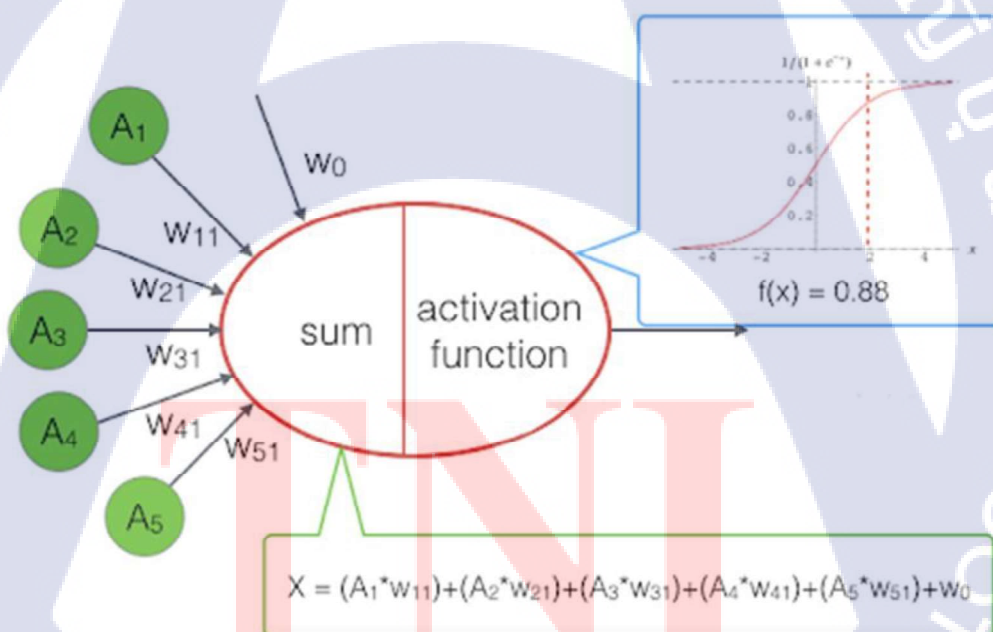
โดยระหว่างชั้นจะเห็นถึงเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนดต่างๆ และมีค่าน้ำหนักปรากฏอยู่ด้วย การสร้างโมเดลของ Neural Network จะอาศัยการปรับตัวของค่าน้ำหนักระหว่างใน

แต่ละโหนดจนทำให้ค่าที่ทำนายได้มีค่าความคลาดเคลื่อน (Error) น้อยที่สุด การทำงานในแต่ละโหนดของ Neural Network ที่อยู่ในชั้น Hidden Layer และ Output Layer จะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- ส่วนคำนวณค่าผลรวม (Sum) ในส่วนนี้จะนำค่าของโหนดที่เชื่อมโยงกันอยู่เข้ามาคูณกับค่าน้ำหนักในแต่ละเส้นเชื่อมโยงแล้วจึงนำมารวมกันเป็นค่าสุดท้าย ตัวอย่างเช่น $X = w_{11}a_1 + w_{21}a_2 + w_{31}a_3 + w_{41}a_4 + w_{51}a_5 + w_0$
- ส่วนคำนวณค่าที่ส่งออกโดยผ่าน Activate Function ซึ่งฟังก์ชันส่วนใหญ่ที่ใช้นั้นคือ Sigmoid Function ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับตัวอักษร S โดยมีสมการคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (10)$$

โดยที่ X คือ ค่าของผลรวมที่ได้มาจากส่วนแรก



รูปที่ 2.13 แสดงการทำงานภายในโหนดชั้น Hidden Layer [44]

การคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ที่เกิดขึ้นในโหนดต่างๆของชั้น Hidden Layer นั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11 ดังนี้

$$\text{Error}_i = \text{Output}_i(1 - \text{Output}_i) \sum_{j=1}^N \text{Error}_j \times w_{ij} \quad (11)$$

โดยที่ Error_i คือค่าความคลาดเคลื่อนของโหนดที่ i ในชั้น Hidden ค่า Error_j คือค่าความคลาดเคลื่อนของโหนดที่ j ในชั้น Output และ w_{ij} คือค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมระหว่างโหนด i และโหนด j

หลังจากที่คำนวณค่า Error ของโหนดใน Hidden Layer เรียบร้อยแล้ว ต้องย้อนกลับมาปรับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมโยงระหว่างโหนดในชั้น Input Layer และ Hidden Layer อีกครั้งตามสมการที่ 12

$$w_{ij} = w_{ij} + l \times \text{Error}_j \times \text{Output}_i \quad (12)$$

โดยที่ w_{ij} คือค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมระหว่างโหนด i และโหนด j ตัวแปร l คือค่า Learning Rate เป็นตัวกำหนดว่าจะปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักได้เร็วหรือช้าแค่ไหน

(4) Ensemble Classifiers [45]

เทคนิคแบบ Ensemble นั้นจะเป็นการนำโมเดลที่ใช้ในการ Classification หลายแบบมาช่วยกันในการหาคำตอบหรือทำนายผลลัพธ์ให้กับข้อมูล ทำให้มีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้โมเดล Classification เพียงชนิดเดียวในการทำนาย โดยในงานวิจัยขึ้นได้ใช้เทคนิค Ensemble แบบ Vote กล่าวคือเป็นการรวบรวมผลการทำนาย จากโมเดลต่างๆที่เป็น Independent ต่อกันโดยการโหวตเพื่อดูคำตอบที่เหมือนกันมากที่สุดเพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจกล่าวคือเป็นโมเดลที่ใช้หลักการประชาธิปไตยในการตัดสินใจ

2.1.4.8 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย CRISP-DM [46]

CRISP-DM ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1996 จากการร่วมมือกันของ 3 บริษัทได้แก่ Daimler Chrysler, SPSS, และ NCR ซึ่งเป็นกระบวนการมาตรฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลด้าน Data Mining ซึ่งเรียกชื่อกระบวนการนี้ว่า Cross-Industry Standard Process for Data Mining มีตัวย่อคือ CRISP-DM [46] กระบวนการ CRISP-DM นี้จะประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

(1) Business Understanding

เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการ CRISP-DM ซึ่งจะเน้นไปที่การทำความเข้าใจปัญหาและแปลงปัญหานั้นให้อยู่ในรูปของโจทย์การวิเคราะห์ข้อมูลทาง Data Mining พร้อมทั้งวาดแผนการคร่าวๆ

(2) Data Understanding

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รวบรวมมาเพื่อดูความถูกต้องของข้อมูล พร้อมทั้งพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลทั้งหมดที่มีหรือจะใช้เฉพาะข้อมูลบางส่วนมาใช้ในการวิเคราะห์

(3) Data Preparation

ในขั้นตอนนี้เป็นแปลงข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมาจากขั้นตอนที่แล้ว ซึ่งเป็น Raw Data ให้กลายเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไปได้ โดยการแปลงข้อมูลนี้จะต้องทำการทำความสะอาดข้อมูล (Cleaning) เพื่อป้องกันการตกหล่นหรือป้องกันข้อมูลที่ผิดพลาดออกจากการวิเคราะห์

(4) Modeling

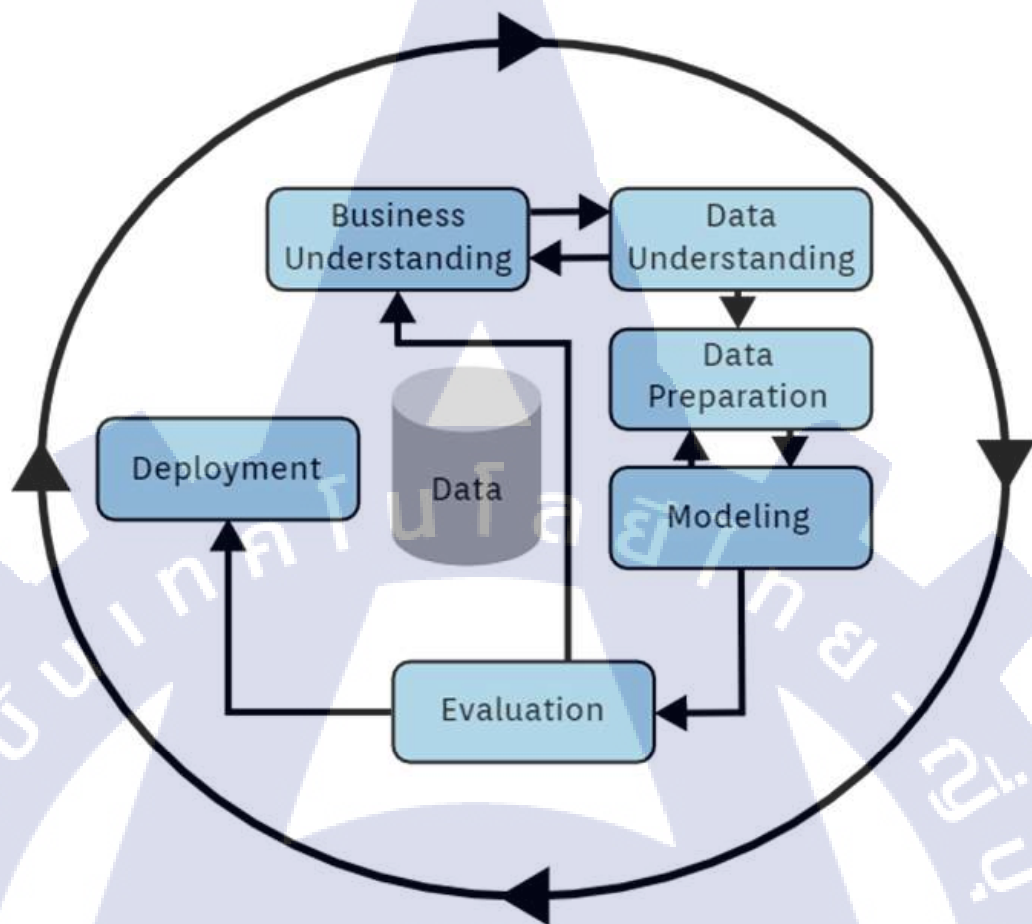
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Classification, Regression, หรือ Clustering ที่ได้กล่าวไปข้างต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้เทคนิคในการวิเคราะห์ต่างๆ ที่กล่าวไปจะถูกนำมาใช้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในบางกรณีอาจจะต้องย้อนกลับไปทำขั้นตอน Preparation ใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพื่อจัดการแปลงข้อมูลให้เหมาะสมกับในแต่ละเทคนิค

(5) Evaluation

ขั้นตอนนี้เราจะได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Data Mining มา แต่ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้งานต้องมีการวัดประสิทธิภาพของโมเดลที่ได้ด้วยว่าตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในขั้นตอนแรกหรือไม่ และมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะต้องย้อนกลับไปในขั้นตอน Modeling ใหม่อีกครั้งเพื่อปรับเปลี่ยนให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งเอาไว้

(6) Deployment

ในขั้นตอนสุดท้ายนี้ กระบวนการของ CRISP-DM ไม่ได้หยุดเพียงแค่ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Data Mining เท่านั้น ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงถึงองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ แต่จะต้องนำองค์ความรู้นั้นไปใช้ได้จริงในองค์กรหรือบริษัท

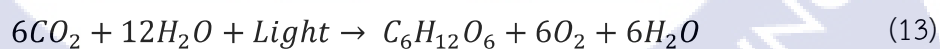


รูปที่ 2.14 กระบวนการ CRISP-DM [46]

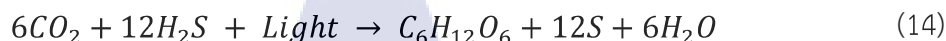
2.1.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับที่พืช

2.1.5.1 ทฤษฎีการสังเคราะห์ด้วยแสง [47]

การสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นเป็นเพียงปฏิกิริยาเพียงปฏิกิริยาเดียวที่สิ่งมีชีวิตนำพลังงานแสงเข้ามาในระบบนิเวศเพื่อนำมาสร้างพลังงาน พืชนั้นโดยทั่วไปแล้วสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงดังสมการที่ 13



แบบที่เรียบางชนิดจะใช้กำมะถัน (S) ในการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบไม่ใช้ ออกซิเจน (O) ดังสมการที่ (14)



โดยทั่วไปแล้วการสังเคราะห์ด้วยแสงจะแบ่งออกเป็นสองขั้น ในแต่ละขั้นนั้นแสงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

- 1) ปฏิกิริยาแสง เป็นการนำพลังงานแสงมาสร้าง NADPH และ ATP เกิดที่ thylakoid membrane
- 2) การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยวัฏจักรคัลวิน (Calvin Cycle) โดยการนำ NADPH และ ATP ที่ได้มานั้น เปลี่ยน CO_2 ให้เป็นน้ำตาลตามสมการข้างต้นที่กล่าวไป

รงควัตถุ คือสารที่ทำหน้าที่ในการดูดกลืนแสง สีที่ไม่ถูกดูดกลืนจะสะท้อนกลับออกมา ทำให้ต้นไม้มีสีนั้น รงควัตถุที่นำแสงที่ดูดกลืนมาสังเคราะห์ด้วยแสงได้แก่

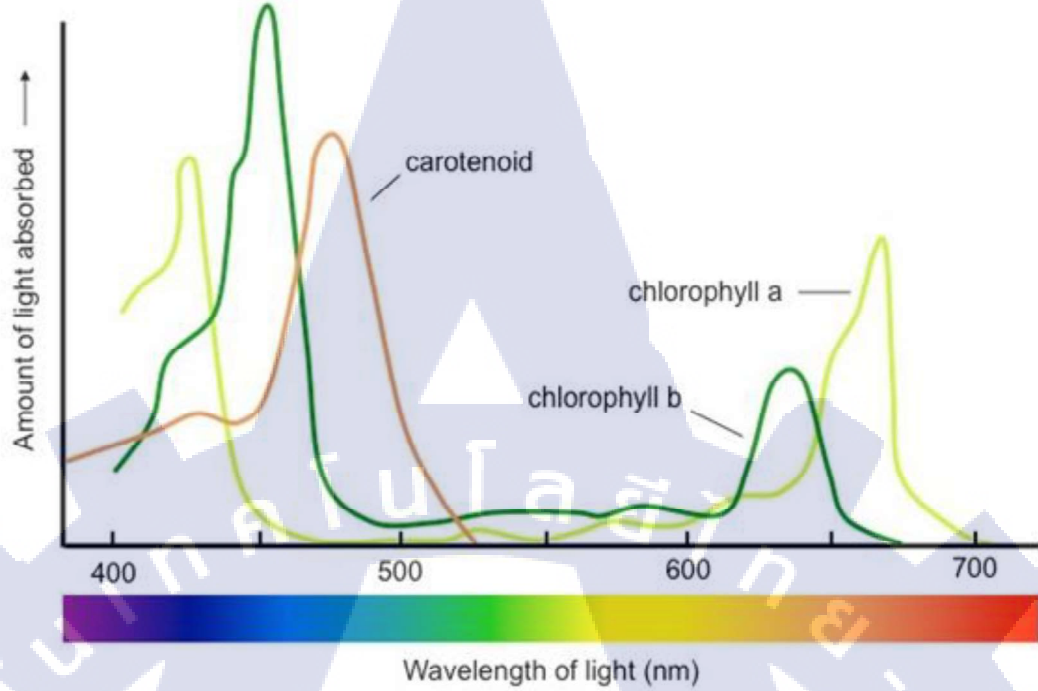
- 1) Chlorophyll เป็นรงควัตถุที่ดูดกลืนสีในย่านสีน้ำเงินและย่านสีแดงมาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง และสะท้อนแสงสีเขียวออกไป Chlorophyll นั้นมีองค์ประกอบของ แมกนีเซียม (Mg) และ ไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบสำคัญ chlorophyll นั้นมีหลายชนิดได้แก่ ชนิด a, b, c, d, และ f
 - a. Chlorophyll a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) สามารถพบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตที่การสังเคราะห์ด้วยแสง ดูดกลืนแสงในย่านสีฟ้าดีที่สุดที่ 430nm และย่านสีแดงดีที่สุดที่ 662nm
 - b. Chlorophyll b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) พบมากในพืชใบเขียว ดูดซับแสงดีที่สุดในช่วง 453nm และ 642 nm
 - c. Chlorophyll c ($C_{35}H_{30}O_5N_4Mg$, $C_{35}H_{28}O_5N_4Mg$) Chlorophyll c1 ดูดซับแสงดีที่สุดในช่วง 444, 577, 626 nm และ 447, 579, 629 nm Chlorophyll c2 ดูดซับแสงดีที่สุดในช่วง 447, 580, 627 nm และ 450, 581, 629 nm พบมากในสิ่งมีชีวิตประเภท สาหร่าย
 - d. Chlorophyll d ($C_{54}H_{70}O_6N_4Mg$) ดูดซับแสงดีที่สุดในช่วง 710 nm พบในไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้
 - e. Chlorophyll f ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) เป็น Chlorophyll ดูดซับแสงอินฟราเรดเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงของแบคทีเรีย พบในไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้

- 2) Carotenoid แบ่งเป็น carotene ที่สะท้อนแสงสีส้มแดง และ xanthophyll สะท้อนแสงสีส้มเหลือง สิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้จะมี Carotenoid เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งมีหน้าที่ช่วยป้องกันอันตรายที่เกิดจากแสงนอกเหนือจากการดูดกลืนแสงมาใช้
- 3) Phycobilin แบ่งเป็น phycocyanin สะท้อนแสงสีน้ำเงิน และ phycoerythrin สะท้อนสีแดง

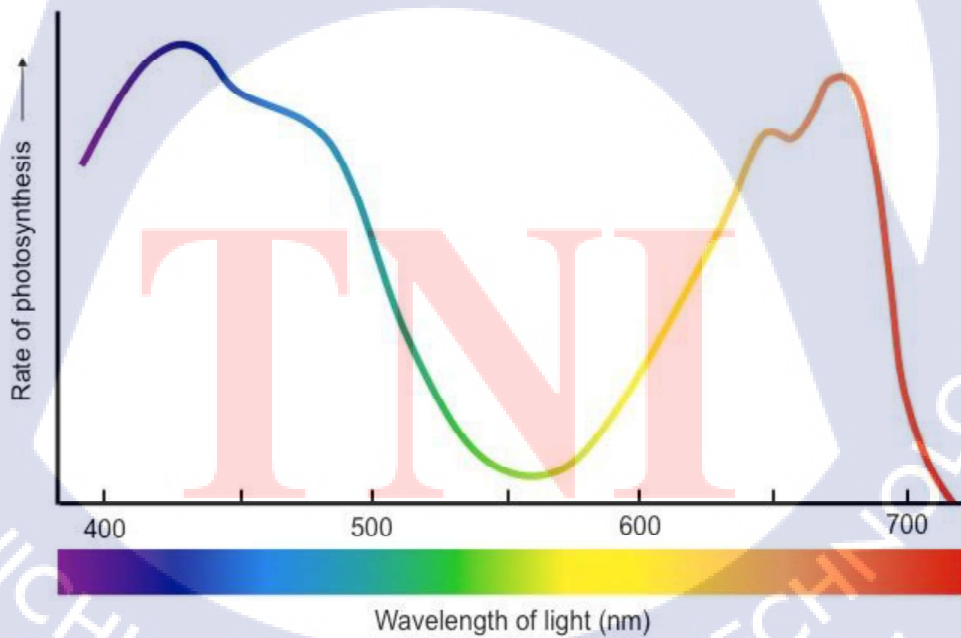
ตารางที่ 2.2 แสดงรงควัตถุที่มีชีวิตแต่ละชนิดใช้ในการสังเคราะห์แสง

Photoautotroph	1					2	3
	a	b	c	d	f		
พืช	+	+				+	
สาหร่ายสีเขียว	+	+				+	
สาหร่ายสีน้ำตาล	+		+			+	
สาหร่ายสีแดง	+			+		+	+
สาหร่ายสีซีเขียวแกมน้ำเงิน	+					+	+
ไซยาโนแบคทีเรีย				+	+	+	

ตามที่กล่าวไปข้างต้นนั้นจะทราบว่ารงควัตถุสามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน แสดงได้ด้วยกราฟ Absorption Spectrum ดังรูปที่ 2.15 ของรงควัตถุชนิดต่างๆในงานวิจัยชิ้นนี้จะกล่าวถึงแต่เพียง Chlorophyll a, Chlorophyll b, และ Carotenoid ซึ่งเป็นรงควัตถุที่พืชจำเป็นต้องใช้ในการดูดกลืนแสง และเมื่อรงควัตถุหลายๆชนิดมาทำงานร่วมกันภายใน Chloroplast จะทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นๆสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่างๆได้แตกต่างกัน แสดงตามกราฟ Action Spectrum ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 Absorption Spectrum [47]



รูปที่ 2.16 Action Spectrum แสดงอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ตามความยาวคลื่นแสง [47]

พืชนั้นจัดเป็นประเภท Eukaryote เพราะออร์แกเนลล์และนิวเคลียสมีเยื่อหุ้มอยู่ด้วย เฉพาะประเภท Eukaryote เท่านั้นที่มีรงควัตถุสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงอยู่ใน Chloroplast ซึ่งเป็นออร์แกเนลล์ที่มีเยื่อหุ้มสองชั้น เยื่อภายในพับซ้อนทบกันเข้าไปเรียกว่า thylakoid membrane หรือเรียกว่า lamella ซึ่งเป็นที่อยู่ของรงควัตถุต่าง ๆ บางส่วนนั้นจะพับทบกับเป็นตั้งคล้ายเหรียญเรียกว่า granum แต่ละเหรียญจะเชื่อมกันด้วย stroma lamella ภายใน thylakoid membrane จะมีช่องเรียกว่า lumen และภายใน Chloroplast มีของเหลวเรียกว่า stroma บรรจุเอนไซม์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง, 70s ribosome, RNA, DNA ของพืชเอาไว้

2.1.5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช [47][48]

ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้แก่

(1) ความยาวคลื่นแสง เช่นแสงสีน้ำเงินและแสงสีแดงจะทำให้สังเคราะห์แสงได้ดี ส่วนสีเขียวหรือสีอื่น ๆ นั้นจะสังเคราะห์แสงได้น้อยสังเกตได้จากกราฟ Action Spectrum ที่ได้กล่าวไปข้างต้น

(2) ความเข้มแสง ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจเรียกว่า light compensation point ทำให้อัตราการตรึง CO_2 สุทธิเป็น 0 ส่วนจุดอิ่มแสง(light saturation point) คือจุดที่เพิ่มความเข้มแสงแล้วอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย พืช C_3 นั้นจะมี light compensation point และ light saturation point ต่ำกว่าพืชชนิด C_4 แต่ถ้าความเข้มแสงมากจนเกินไปจะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงในพืชทั้งสองชนิด ทำให้เกิดอนุมูลอิสระส่งผลให้ใบของพืชไหม้ ส่วนพืชที่อยู่ในร่มใช้แสงแค่เล็กน้อยก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่จึงมี light saturation point ต่ำกว่าพืชที่อยู่ในที่โล่งแจ้ง

(3) ปริมาณ CO_2 พืชจะมี CO_2 compensation point และ CO_2 saturation point เหมือนกัน แต่พืช C_4 จะมี CO_2 compensation point และ CO_2 saturation point ต่ำกว่า C_3 แต่ถ้าปริมาณ CO_2 น้อยเกินไปจะพบว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นศูนย์ พืชจะไม่สร้างอาหารแต่จะใช้อาหารในการหายใจระดับเซลล์ไปเรื่อย ๆ นั่นคือพืชจะไม่สามารถดำรงอยู่ได้เมื่อค่า ความเข้มแสงหรือ CO_2 ค่าใดค่าหนึ่งน้อยเกินไป

(4) ปริมาณ O_2 จะส่งผลต่อพืชชนิด C_3 เท่านั้น เนื่องจากเกี่ยวข้องกับ photorespiration โดยเมื่อ O_2 ยิ่งมากขึ้นเท่าใดการสังเคราะห์แสงก็ลดลงเท่านั้น

(5) ปริมาณน้ำในดิน ปัจจัยนี้ส่งผลต่อการเปิดปิดของปากใบ ซึ่งถูกควบคุมโดยแรงดันเต่งของเซลล์คุม (Guard Cell) เมื่อมีน้ำออสโมซิสเข้ามายังเซลล์ เซลล์จะเต่งทำให้ปากใบเปิดออก แต่เมื่อน้ำออสโมซิสออกจากเซลล์ไปเซลล์จะเหี่ยวลงส่งผลให้ปากใบปิด กระบวนการนี้จะถูกควบคุมโดยแสงและ K^+ ในตอนเช้าแสงจะกระตุ้นให้ K^+ แพร่เข้าสู่เซลล์คุมทำให้ในเซลล์นั้นมีความเข้มข้นขึ้นเป็นผลให้น้ำจากเซลล์ข้างเคียงออสโมซิสเข้ามาปากใบจึงเปิดและเมื่อ

มีแก๊สและแสงที่จำเป็น เซลล์คุมจึงเริ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้ำตาลและสารอนิทรพลังงานสูงออกมาเพื่อใช้เป็นพลังงานและอาหารแก่พืช ยิ่งภายในเซลล์มีความเข้มข้นปากใบจะยิ่งเปิดออกจนถึงตอนเย็นเมื่อแสงหมด ความเข้มข้นภายในเซลล์ลดลงปากใบจึงปิด การเปิดปิดของปากใบส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส แต่ในขณะเดียวกันนั้นพืชก็ต้องสูญเสียความชื้นภายใน mesophyll ซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมากอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อใดที่พืชขาดน้ำหรือน้ำในดินมีน้อยจนเกินไป ฮอโมน abscisic acid จะควบคุมบังคับให้ปากใบปิดแม้ว่าจะมีแสงก็ตาม

(6) อุณหภูมิ มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำจนเกินไปเอนไซม์จะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้อากาศร้อนยังมีผลต่อปริมาณ CO_2 และการเกิด photorespiration ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นพืชตระกูล C_3 จะสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้อยลง แต่พืชตระกูล C_4 และ CAM ยังสามารถสังเคราะห์แสงต่อไปได้ เนื่องจากมีโครงสร้างและการทนต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

(7) อายุของใบ เป็นที่ทราบกันดีกว่าใบที่มีอายุมากแล้วจะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงเมื่อเทียบกับใบที่มีอายุน้อยกว่า อย่างมากเนื่องจากการเสื่อมประสิทธิภาพของเซลล์ต่างๆ

(8) ธาตุอาหาร เมื่อพืชขาด Mg และ N ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักทางโครงสร้างเคมีของ Chlorophyll สังเกตได้จากสมการเคมีที่กล่าวไปในส่วนของ Chlorophyll ส่งผลให้พืชขาด Chlorophyll เมื่อพืชขาด Chlorophyll จะทำให้ใบเหลืองซีด ธาตุอื่นๆก็มีส่วนช่วยในการสังเคราะห์ด้วยแสง เช่น Mn + Cl ช่วยในการ palisade mesophyll, Cu + Fe ช่วยในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน (e^-)

2.1.5.3 ผักขึ้นฉ่าย [49]

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

ชื่อวิทยาศาสตร์

Aquim graveolens L. vat. Dulce Pers.

ชื่อสามัญ

Celery

ชื่อวงศ์

Umbelliferae

ส่วนที่ใช้

ต้น, ใบ, ราก, เมล็ด

สารที่พบ

Apirin

ประโยชน์ของขึ้นฉ่าย

(1) ช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย ป้องกันหวัดและชะลอความเสื่อมของร่างกายได้เป็นอย่างดี

- (2) ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็งและเนื้องอกขึ้นฉ่ายมีสารที่ช่วยยับยั้งหรือชะลอการขยายตัวของเซลล์มะเร็งช่วยต่อต้านมะเร็งได้ และยังมีสารที่ช่วยขับของเสียจากบุหรืในผู้สูบบุหรี่และผู้ที่ได้รับควันบุหรือีกด้วย
- (3) ช่วยบำรุงกระดูกและฟันให้แข็งแรง เนื่องจากขึ้นฉ่ายอุดมไปด้วยแคลเซียมและฟอสฟอรัส
- (4) การศึกษาของทีมนักวิจัยสหรัฐพบว่ามีสารเคมีบางชนิดในผักช่วยบำรุงสมอง ช่วยในเรื่องของความจำ
- (5) ช่วยบำรุงสายตาและผิวพรรณ เนื่องจากในผักขึ้นฉ่ายนั้นประกอบไปด้วยวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และเบต้าแคโรทีน เป็นต้น
- (6) เมล็ดขึ้นฉ่ายเมื่อนำมาสกัดด้วย petroleum ether จะได้สารที่ช่วยทำให้น้ำมันไม่มีกลิ่นเหม็นหืน
- (7) น้ำมันขึ้นฉ่ายสามารถนำมาใช้ในการแต่งกลิ่นเครื่องสำอาง ยาทาผิว ครีม และสบู่
- (8) ใ้รับประทานเป็นผักช่วยเพิ่มรสชาติ ช่วยดับกลิ่นคาวอาหาร และช่วยเพิ่มความหอมของน้ำซุป เพราะในขึ้นฉ่ายมีสารจำพวกน้ำมันหอมระเหย ซึ่งได้แก่ โลโมนีน (limonene) ซีลีเนน (selinene) ฟทาไลด์ (phthalides) ซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมเฉพาะตัว นอกจากนี้ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารแล้ว ยังสามารถนำผักขึ้นฉ่ายมาคั้นเป็นน้ำดื่มสมุนไพรเพื่อสุขภาพ โดยขึ้นฉ่ายมาปั่นแล้วกรองเอาแต่น้ำ ผสมเกลือเล็กน้อย เป็นอันเสร็จใช้ดื่มเพื่อบำรุงร่างกายได้ทันที
- (9) ขึ้นฉ่ายสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลากหลายเมนู เช่น ปลาผัดขึ้นฉ่ายปลากระพงผัดขึ้นฉ่ายปลาทับทิมผัดขึ้นฉ่ายปลานิลผัดขึ้นฉ่ายขึ้นฉ่ายยำวุ้นเส้นผัดเต้าหู้ขึ้นฉ่าย, กะเพราหมูผัดขึ้นฉ่าย เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ขึ้นฉ่ายเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ประเภทล้มลุกมีอายุประมาณ 1-2 ปี ลำต้นและใบมีกลิ่นหอม ลักษณะลำต้นกลวงกลม ต้นสูงประมาณ 30-50 เซนติเมตร ใบ เป็นใบประกอบใบหนึ่งๆมีใบย่อย 2-3 คู่ ก้านใบยาวประมาณ 36-45 เซนติเมตร ลักษณะก้านใบเป็นสันมองเห็นได้อย่างชัดเจน ใบย่อยที่อยู่ชั้นล่างมีก้านใบยาว กว่าใบย่อยอยู่บนสุด ใบย่อยมีขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ขอบใบหยักเป็นแฉกลึก แต่ละแฉกเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือห้าเหลี่ยม ก้านใบอวบหนา ดอก ออกเป็นช่อคล้ายซี่ร่ม ดอกแผ่ออกเป็นวง ดอกย่อยมีขนาดเล็ก แต่ละดอกเป็นแบบสมบูรณ์เพศ ส่วนใหญ่ผสมพันธุ์ในตัวเอง ผลเมล็ด มีรูปร่างลักษณะกลมรี มีขนาดเล็กและแห้ง ขนาดประมาณ 1.5 มิลลิเมตร เวลา แก่

เต็มที่จะแยกเป็นสองซีก ภายใน 1 เมล็ด พันธุ์ที่ใช้ปลูก ขึ้นฉ่ายพันธุ์จีนก้านใบจะมีขนาดเล็กแต่ละใบประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 3-7 ใบ มีลำต้นสั้น



รูปที่ 2.17 แสดงถึงลักษณะทั่วไปของขึ้นฉ่ายจีน

การดูแลรักษา

- (1) การให้น้ำต้องรดน้ำความชุ่มชื้นอย่างสม่ำเสมอและพอเพียง ควรรดน้ำชุ่มวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็นแต่อย่าให้แฉะเกินไปเพราะจะทำให้ต้นพืชเน่าเสียหายได้
- (2) การป้องกันกำจัดวัชพืชต้องหมั่นใช้มือถอนกำจัดวัชพืช เพื่อป้องกันไม่ให้วัชพืชแย่งน้ำและอาหารจากต้นขึ้นฉ่าย
- (3) การให้ปุ๋ย ในช่วงแรก ต้นขึ้นฉ่ายยังคงได้ปุ๋ยจากปุ๋ยคอกที่อยู่ในแปลง แต่เมื่อต้นกล้าอายุได้ 1 เดือนจะมีใบจริง 2-5 ใบ เกษตรกรต้องใส่ปุ๋ยเคมีช่วย โดยจะใช้ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ 16-16-16 หว่านบางๆ ให้ทั่วแปลงปลูก โดยจะหว่านให้ทุกๆ 10-15 วัน ตามความเหมาะสม โดยพิจารณาจากสภาพดินและการเจริญเติบโตว่าดินมากน้อยเพียงใด ถ้าสังเกตว่าต้นขึ้นฉ่ายเจริญเติบโตไม่ดี หยุดชะงัก ก็อาจมีการกระตุ้นการเจริญเติบโตด้วยการหว่านปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ช่วยให้บ้างตามความเหมาะสมซึ่งการให้ปุ๋ยเคมีทุกครั้งต้องให้น้ำตาม จนกว่าปุ๋ยจะละลายจนหมดทุกครั้ง

การเก็บเกี่ยว

หลังจากย้ายกล้ามาปลูกได้ประมาณ 90 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวต้นขึ้นฉ่ายได้โดยการ ใช้มือถอนหากว่าดินในแปลงปลูกแห้งเกินไปควรจะต้องรดน้ำให้ชุ่มเสียก่อน

2.1.5.4 การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ [50]

ในปัจจุบันผักไฮโดรโปนิกส์ กำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคจำนวนมาก เนื่องจากกระบวนการปลูกที่สะอาด ปลอดภัยจากสารเคมี และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำให้เกษตรกรเริ่มหันมาให้ความสนใจเกี่ยวกับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ และมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นในทุกๆ ปี การปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์จะใช้น้ำเพื่อใช้ในการลำเลียงอาหารและธาตุอาหารที่จำเป็นไปให้พืช ทำให้สามารถกำหนดชนิดของธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการปลูกพืชได้ เนื่องจากมีการจัดการที่ไม่ยุ่งยากและพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีด้วยการนำรากพืชจุ่มแช่ในสารละลายโดยตรง ทั้งนี้รากของพืชสามารถทำงานได้ 2 หน้าที่ด้วยกัน นั่นคือ ดูดซับออกซิเจน (O_2) และดูดซับสารอาหาร ส่วนที่ดูดซับ O_2 นั้นจะอยู่บริเวณโคนราก ซึ่งจะสัมผัสกับอากาศโดยตรง ส่วนปลายรากนั้นจะมีหน้าที่ในการดูดซับสารอาหาร โดยจะจุ่มแช่อยู่ในสารละลายและสามารถพัฒนาไปเป็นรากดูดอากาศได้ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

- 1) สารละลายไม่หมุนเวียน วิธีนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยให้พืชนั้นลอยอยู่บนน้ำและให้สารละลายมาสัมผัสกับรากของพืชโดยตรงทั้งนี้จะไม่มีการหมุนเวียนของน้ำหรือสารละลาย หรือที่เรียกอย่างง่ายว่าการปลูกแบบน้ำนิ่ง การปลูกแบบนี้จะมีทั้งการเติมอากาศเข้าไปในน้ำและไม่เติมอากาศเข้าไปในน้ำ
- 2) สารละลายหมุนเวียน วิธีนี้จะเป็นการปลูกพืชโดยให้พืชลอยอยู่บนน้ำและจะใช้ปั๊มเพื่อทำให้น้ำนั้นไหลไปตามรางเพื่อนำพาอาหารละลายไปให้แก่พืช อีกทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณ O_2 ในน้ำอีกด้วย และช่วยรักษามิให้ธาตุอาหารที่ไหลไปนั้นเกิดการตกตะกอน พืชแต่ละต้นนั้นจึงได้รับธาตุอาหารอย่างครบถ้วนสมบูรณ์

สารอาหารที่ใช้

ในการปลูกพืชไม่ใช้ดินนั้น ปัจจัยหลักที่ทำให้พืชนั้นเจริญเติบโต นั่นคือ ธาตุอาหารที่เป็นวัตถุดิบในการใช้พืชนั้นเจริญเติบโต, กระบวนการสร้างอาหาร, และกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง วัตถุดิบหลักที่ใช้ นั่นคือ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เมื่อพืชนั้นได้รับแสง บริเวณคอลโรฟิลล์ จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจนได้สารคาร์โบไฮเดรต และ O_2 จะเห็นได้ว่าพืชนั้นจะใช้ คาร์บอน (C) จาก คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ ไฮโดรเจน (H) กับ ออกซิเจน (O_2) จากน้ำ (H_2O) ในกระบวนการดังกล่าว เพื่อสร้างคาร์โบไฮเดรตซึ่งก็คือ น้ำตาลกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) พร้อมทั้งขับเอาน้ำและออกซิเจนออกสู่บรรยากาศ ในส่วนของ Chlorophyll ที่พืชใช้นั้นมีธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), และแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งหารได้รับในสัดส่วนที่เหมาะสมพืชก็จะเจริญเติบโตได้ไม่ปกติ

- ธาตุที่พืชมีความต้องการสูง [51][48]

คาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบหลักในโครงสร้างของพืช ซึ่งมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสงที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งในบรรยากาศมีเพียงพอนในธรรมชาติ

ไฮโดรเจน (H) ไฮโดรเจนมีความจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งพืชสามารถได้จากน้ำเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจได้จากในบรรยากาศ เช่น กล้วยไม้

ออกซิเจน (O) ช่วยในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร

ไนโตรเจน (N) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์โดยอยู่เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของพืช เช่น คลอโรฟิลล์ กรดอะมิโน และองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเจริญเติบโตของพืช หากขาดธาตุไนโตรเจนจะทำให้ต้นแคระแกร็นใบอ่อนเล็กเรียว ใบล่างแก่จะมีสีเหลืองซีด แหล่งไนโตรเจนสามารถได้จากการตรึงในบรรยากาศ หรือจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ซากพืชซากสัตว์ที่ตายแล้ว บทบาทของไนโตรเจน ถ้าสูงมากจะทำให้ต้นพืชมีการขยายเซลล์กว้างให้ต้นอ่อนแอต่อการทำลายของโรค และในพืชที่ให้ผลผลิตอาจจะมีปัญหาในการเจริญทางกิ่งใบ ไม่มีการสะสมอาหารเมื่อให้ผลผลิต จึงจำเป็นต้องศึกษาในระดับที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ดีที่นิยมปลูกโดยไม่ใช้ดิน จะนิยมกินใบและเก็บเกี่ยวผลผลิตเร็ว จึงนิยมให้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณสูง

- ธาตุที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อย [51][48]

แมกนีเซียม (Mg) ส่วนประกอบหลักของ Chlorophyll

เหล็ก (Fe) มีบทบาทในการช่วยให้พืชสังเคราะห์แสง ถ้าหากขาดทำให้ใบเหลืองซีดทั้งใบอ่อนและใบแก่

คลอรีน (Cl) มีบทบาทในการกระบวนการสังเคราะห์แสงช่วยเพิ่มความเป็นกรดในเซลล์ กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งคลอรีนในสภาพทั่วไปจะมีความเพียงพอต่อความต้องการของพืช

โบรอน (B) เกี่ยวข้องกระบวนการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชใช้ธาตุแคลเซียมได้มากขึ้น ในการสร้างโครงสร้างผนังเซลล์ และอาจช่วยในกระบวนการเคลื่อนย้ายสารอาหารในพืช หากขาดทำให้การสร้างน้ำตาลลดลงในพืชบางชนิดมีลำต้นกลวง เช่น บลัดโคลี่

แมงกานีส (Mn) มีบทบาทในกิจกรรมกระบวนการสังเคราะห์แสง ช่วยการกระตุ้นเอนไซม์ในการสังเคราะห์กรดไขมันและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิด DNA และ RNA หากขาดทำให้ธาตุเหล็กในรูป Fe²⁺ เกิดเป็นพิษกับต้นพืชและมีลักษณะใบต่างในตระกูลถั่ว ถ้ามากเกินไปทำให้ Fe³⁺ ถูกนำไปใช้ได้น้อยลงทำให้ต้นพืชขาดธาตุเหล็ก

ทองแดง (Cu) เป็นตัวกระตุ้นและเป็นตัวอิเล็กตรอนในการตรึงไนโตรเจน ถ้าหากขาดทำให้พืชอ่อนแอใบเหลืองซีด หรือเป็นจุดเหลือง (Chlorotic spot) ซึ่งพบในลำเลียง

สังกะสี (Zn) เป็นธาตุที่เกี่ยวข้องในการสร้างสารควบคุมการเจริญเติบโต พวกออกซิน (Auxin) ที่ปลายยอด และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ หากขาดทำให้ต้นพืชเตี้ยใบเล็ก

โมลิบดีนัม (Mo) เป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนการไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียมเพื่อไปสร้างกรดอะมิโนในเซลล์มีความจำเป็นในการตรึงไนโตรเจน ถ้าหากขาดทำให้พืชตระกูลถั่วมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนเป็นบรรยากาศน้อยลง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาผู้วิจัยได้พบว่าในตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันมีการศึกษาและพัฒนาระบบในการวัดค่า NDVI เพื่อใช้วิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชอยู่เป็นจำนวน 5 ฉบับ ซึ่งผู้วิจัยพบว่างานวิจัยเหล่านี้สามารถจัดกลุ่มได้ออกเป็นจำนวน 2 ประเภท ตามลักษณะของภาพที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

2.2.1 การวิเคราะห์ภาพถ่ายพืชที่เพาะปลูกเป็นบริเวณกว้าง

งานวิจัยที่ศึกษาภาพถ่ายในบริเวณกว้างด้วยการวิเคราะห์ NDVI นั้น โดยส่วนมากจะเป็นภาพถ่ายมุมสูงอาทิเช่นภาพถ่ายดาวเทียมหรือใช้โดรนที่มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายภาพ จุดประสงค์ของงานวิจัยลักษณะนี้โดยมากมักจะเป็นการวิเคราะห์หรือคาดการณ์ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในภาพรวมของพืชบริเวณนั้น อาทิเช่น งานวิจัยของ

ภราดร กาญจนสุธรรม และคณะ [52] การประมวลผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังด้วยข้อมูลดาวเทียม SMMS โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรัง โดยใช้วิธีการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่บันทึกได้จากดาวเทียม SMMS และคำนวณหาค่า NDVI และจัดเก็บข้อมูลเป็น 4 ระยะตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว จากนั้นคำนวณค่าผลผลิตต่อไร่ด้วยค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ NDVI จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SMMS โดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยและสหสัมพันธ์อย่างง่าย ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,229 กก./ไร่ คือค่าคาดการณ์ปริมาณต่อไร่ที่ได้มา ซึ่งปริมาณเฉลี่ยผลผลิตจากไร่ตัวอย่างนั้นเท่ากับ 1,230 กก./ไร่ ซึ่งถือว่าใกล้เคียงอย่างมาก

นฤมล อินทวิเชีย และคณะ [53] ได้ทำการศึกษา “ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีความแตกต่างพืชพรรณของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต จากข้อมูลดาวเทียม” การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิว และค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI)

ของพื้นที่นาข้าวจำนวน 4 ระยะการเจริญเติบโต พร้อมกับวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์การถดถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิว กับค่า NDVI พบว่าความสัมพันธ์ในทิศทางลบหรือแปรผกผันกัน

P. M. Cristiano et al. [54] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง “High NDVI and Potential Canopy Photosynthesis of South American Subtropical Forests despite Seasonal Changes in Leaf Area Index and Air Temperature” มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) และการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) อุณหภูมิในอากาศสูงและต่ำอาจมีผลกระทบเล็กน้อยต่อการสังเคราะห์แสงในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่าในฤดูหนาวมากกว่าฤดูร้อนซึ่งอาจมีผลต่อการชดเชยความผันแปรของค่า NDVI ตามฤดูกาล NDVI ของป่ากึ่งเขตร้อนยังคงอยู่ในระดับสูงและค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี เทียบเคียงกับค่าของการปลูกต้นไม้ที่ให้ผลผลิตสูง ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าป่ากึ่งเขตร้อนขึ้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของอาร์เจนติน่าสามารถรักษาระดับแสงสังเคราะห์สูงตลอดทั้งปีและระบบนิเวศนี้อาจเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนขนาดใหญ่

J. A. Amon et al. [26] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง RELATIONSHIPS BETWEEN NDVI, CANOPY STRUCTURE, AND PHOTOSYNTHESIS IN THREE CALIFORNIAN VEGETATION TYPES1 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่าง NDVI, โครงสร้างของทรงต้นไม้ และการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นไม้ ค่า NDVI และ SR มาจากการสะท้อนของแสงแถบคลื่นสีแดงและ NIR เป็นตัวชี้วัดที่มีประโยชน์อย่างมากต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2.2 การวิเคราะห์ภาพถ่ายพืชในพื้นที่จำกัด

งานวิจัยที่ใช้ภาพถ่ายในพื้นที่จำกัดในการศึกษาและวิเคราะห์ NDVI นั้นมีค่อนข้างจำกัดโดยจะนิยมนำกล้องที่มีความสามารถในการถ่ายภาพในช่วงอินฟราเรดใกล้ จุดประสงค์ของงานวิจัยลักษณะนี้จึงโดยส่วนมากแล้วจะเป็นการวิเคราะห์การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชหรือใช้ตรวจสอบสุขภาพของพืช อาทิเช่น งานวิจัยของ

J. Bicans et al. [55], IoT Camera-based Approach to Capture and Process SI-NDVI Sensor Data for Industrial Tomato Greenhouse ได้นำเสนอวิธีการ จับภาพเพื่อประมวลผลที่ใช้ในการวิเคราะห์ และจัดเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ NDVI โดยมีสมมติฐานว่า สามารถใช้ในการตรวจสอบสถานะความเป็นอยู่ของพืชและสถานะปัจจุบันของพืชแบบเรียลไทม์ก่อนที่จะเกิดการลดลงของผลผลิต

และงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ามาแล้ว นั้น พบว่าโดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรในเรื่องของแสง อุณหภูมิ และความชื้น รวมทั้ง ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นจำนวน 4 ฉบับด้วยกัน โดยผู้วิจัยได้แบ่งตามประเภทของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาของแต่ละงานวิจัย ตามลักษณะของตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่

2.2.3 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรเกี่ยวกับแสง

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชโดยการการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรแสงนั้น จะเป็นการกำหนดประมาณแสงไฟ และความเข้มแสงที่ให้แก่พืชที่ทำการทดลอง อาทิเช่นงานวิจัยของ

พิชญ์สินี เพชรไทย และ ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ [56] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของความเข้มแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อการเจริญเติบโตของผักกาดหอม จากการทำการศึกษาค้นคว้าและวิจัย ผลของความเข้มแสงและระยะเวลาที่ได้รับแสงที่มีต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของ ผักกาดหอมแบตเตอรี่ไฮโดรเจนและเรดโอ๊คที่ปลูกในระบบแพลนท์แฟคทอรี โดยควบคุมปัจจัยอุณหภูมิ ความชื้น แสง ปริมาณ CO_2 และกำหนดเวลาการให้แสง ผลลัพธ์ที่ได้ มี 2 แบบ ได้แก่

- 1) แสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 8 หลอด ที่ให้ความเข้มแสง $180.79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ เปิดนาน 16 ชั่วโมง ให้การเจริญเติบโตและปริมาณวิตามินซีในผักกาดหอมแบตเตอรี่ไฮโดรเจนสูงที่สุดและทำให้เกิดปริมาณไนเตรตสะสมน้อยที่สุด
- 2) แสงจากหลอดไฟแอลอีดี (ความเข้มแสง $298.98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) เปิดนาน 12 ชั่วโมง ให้การเจริญเติบโตของผักกาดหอมเรดโอ๊คที่ดีกว่าของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 8 หลอด ($180.79 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) เปิดนาน 12 และ 16 ชั่วโมง แต่ไม่ให้ความแตกต่างกันในเรื่องของปริมาณวิตามินซี คลอโรฟิลล์ เอ บี และคาโรทีนอยด์ และผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ยังชี้ให้เห็นว่าความต้องการแสงของผักกาดหอมทั้งในเรื่องของความเข้มแสงหรือระดับพลังงานและคุณภาพแสงหรือความยาวคลื่น ขึ้นกับชนิดและพันธุ์ของผักกาดหอมด้วย

2.2.4 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรสภาพแวดล้อม

งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยส่วนมากจะเป็นงานวิจัยที่ใช้ตัวแปรเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้น ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตต่อพืช อาทิเช่น งานวิจัยของ

วรศรา ปานพรม และ วิสาศร วงษ์พิมพ์ [57] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในดินของ ถั่วเหลืองและผลของระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันที่มีผลต่อปริมาณองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลือง โดยมีวิธีการควบคุมสภาวะปัจจัยระดับอุณหภูมิและที่แตกต่างกันการเก็บข้อมูลปริมาณธาตุอาหารหลักในดินและองค์ประกอบผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยนำข้อมูลที่ได้ทำการตรวจวัดมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยเลือกใช้สถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลระหว่าง 3 สิ่งทดลอง แบบ F-Test และเลือกการวิเคราะห์แบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) และเลือกวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ทดลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทุกกลุ่มทดลอง ผลการศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหาร และองค์ประกอบผลผลิตพบว่าอุณหภูมิที่ระดับต่ำกว่าธรรมชาติส่งผลชัดเจนว่ามีอิทธิพลต่อการยับยั้งการดึงธาตุอาหารไปใช้ เนื่องจากพบว่าธาตุอาหารที่จำเป็นเหลืออยู่ในดินมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ที่ระดับ $P < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่าส่งผลต่อปริมาณของผลผลิตแต่อย่างใด

C. Körner [58] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง When Growth Controls Photosynthesis มีวัตถุประสงค์เพื่อสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับ การควบคุมการเจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมธรรมชาติ โดยได้ข้อสรุปว่า ภัยแล้งและอุณหภูมิต่ำส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตโดยตรง พืชส่วนใหญ่จะไม่เติบโตในช่วงกลางแดดจัดเนื่องจากสูญเสียความชื้นภายในอย่างรวดเร็ว ในตอนกลางคืนการเจริญเติบโตของพืชนั้นต่ำมากจนเข้าใกล้ศูนย์เพราะตอนกลางคืนนั้นมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างต่ำ

2.2.5 การวิเคราะห์การเจริญเติบโตด้วยตัวแปรคาร์บอนไดออกไซด์

งานวิจัยที่ทำการวิเคราะห์เพื่อดูการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้ตัวแปร ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลต่อการเจริญเติบโตหรือมีการสังเคราะห์ อาทิ งานวิจัยของ

R. Salazar et al. [59] ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง “A Neural Network Model for Photosynthesis Prediction” งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สร้างโมเดลคาดการณ์การสังเคราะห์ด้วยแสงและการใช้ CO_2 เพื่อค้นหาปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลกระทบต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงกับ CO_2 โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ผลการทดลองในการทำนายค่าล่วงหน้า 5 ถึง 10 นาทีนั้นมีค่าความถูกต้องในทางที่ดีมาก จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นหนึ่งในสิ่งที่สำคัญที่สุดตัวแปรที่มีผลต่อ CO_2 และการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2.6 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

งานวิจัยที่เป็นองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาในครั้งนี้จะมีทั้ง การใช้ปุ๋ย, การใช้โรงเรือนอัจฉริยะในการเพาะปลูก, ทฤษฎีเกี่ยวกับ IoT , IoT Protocol ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามาเป็นจำนวน อีก 4 ฉบับ อาทิ งานวิจัยของ

นริศรา ขาวนา [60] ได้นำเสนองานวิจัย ผลของไคโตซานและปุ๋ยน้ำจากเห็ดแดง ต่อผลผลิตของผักขึ้นฉ่าย วิทยาลัยการแพทย์แผนตะวันออก มหาวิทยาลัยรังสิต ได้ระบุไว้ว่าการให้ปุ๋ยขึ้นฉ่ายนั้นมักใช้สูตร 15-15-15 หรือ 13-13-21 โดยใช้ในอัตรา 30-50 กิโลกรัม / ไร่และควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเสริมในอัตรา 10-20 กิโลกรัม / ไร่โดยเริ่มใส่เมื่อกล้ามีอายุได้ 10-15 วันและปุ๋ยไนโตรเจนนั้นควรแบ่งใส่ 2 ครั้งโดยใส่แบบหว่าน

รัตติกานต์ วิบูลย์พานิช [61] ได้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายแก่ผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง ระบุไว้ว่า ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสภาพอากาศแปรปรวนตลอดทั้งปีซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพืช จึงเห็นสมควรว่า โรงเรือนนั้นมีความสามารถในการควบคุมสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศให้เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดได้ ช่วงป้องกันลม และฝน ที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชได้ และยังสามารถป้องกันศัตรูพืชจากธรรมชาติได้ด้วย ในการเลือกโรงเรือนนั้นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของพืชที่และพืชที่ปลูกด้วย

เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ [62] ได้นำเสนองานวิจัยในหัวข้อ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบชุดต้นแบบสำหรับการควบคุมไฟส่องสว่างภายในครัวเรือนโดยใช้ Protocol MQTT ในการสื่อสารระหว่าง Microcontroller และ Application ที่เขียนขึ้นเองบนสมาร์ตโฟนผ่านทาง NETPIE

สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล และ ปานวิทย์ ฐะนุติ [63] ได้เสนองานวิจัยเรื่อง Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรม Hadoop โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอแนวทางการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกรวบรวมเก็บเอาไว้บน Cloud ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์

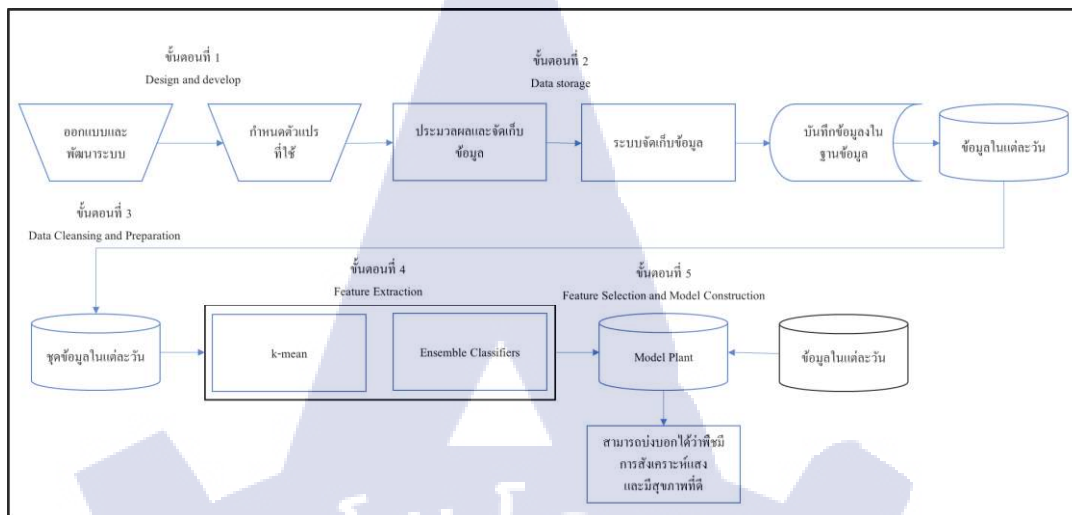
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT นักศึกษาได้มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนหลัก	ขั้นตอนย่อย
ขั้นตอนการนิยามปัญหา	ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ปัญหางานวิจัย ขั้นที่ 2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีพืชพรรณ, การสังเคราะห์ด้วยแสง และวิธีการปลูกขึ้นฉ่าย
ขั้นตอนการดำเนินงาน	ขั้นที่ 3 ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมและระบบเก็บข้อมูล ขั้นที่ 4 จัดระเบียบข้อมูลที่ทำกรเก็บมาจากเซ็นเซอร์ให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ขั้นที่ 6 พัฒนาโมเดลต้นแบบสำหรับการปลูกขึ้นฉ่าย
ขั้นตอนการสรุปผล	ขั้นที่ 7 จัดทำและนำเสนอบทความทางวิชาการสำหรับงานวิทยานิพนธ์ ขั้นที่ 8 สรุปผลและจัดทำวิทยานิพนธ์



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิด

กรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 Design and develop เริ่มจากการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขนาดเล็กพร้อมทั้งเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์

ขั้นที่ 2 Data storage ต่อเนื่องจากขั้นตอนที่ 1 หลักจากที่เก็บข้อมูลมาจากเซ็นเซอร์และทำการประมวลผลเพื่อใช้ในการควบคุมสภาพแวดล้อมในแล้วหลังจากนั้นจึงส่งไปเก็บไว้ยังฐานข้อมูล

ขั้นที่ 3 Data Cleansing and preparation เมื่อรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ได้จำนวนที่มากพอแล้วจึงนำมาทำการทำความสะอาดและจัดกลุ่มข้อมูลให้อยู่ภายในคอลัมน์เดียวกัน โดยมีเวลาและวันที่เป็น Primary Key ในการจัดกลุ่มข้อมูล

ขั้นที่ 4 Feature Extraction นำข้อมูลที่ทำการจัดระเบียบเรียบร้อยแล้วเข้าสู่อัลกอริทึม k-mean เพื่อใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อสร้าง Label ในการ Classifier เพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิค Ensemble Vote โดยมีอัลกอริทึม Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network ที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยขั้นนี้

ขั้นที่ 5 Feature Selection and Model Construction จากนั้นทำการให้อัลกอริทึมทั้ง 3 ออกคะแนนเสี่ยงในการประมวลผลโหวต เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์และปรับปรุงพัฒนาการเพาะปลูกพืชต่อไป

ตารางที่ 3.2 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการ	2019							2020								
	เดือน															
	6	7	8	9	10	11	12	1.	2	3	4	5	6	7	8	9
ค้นหาหัวข้อที่สนใจ																
ทบทวนวรรณกรรม																
ร่างเค้าโครงวิทยานิพนธ์																
นำเสนอเค้าโครงวิทยานิพนธ์																
ออกแบบโครงร่างและระบบควบคุม																
เก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์																
วิเคราะห์และประมวลผล																
สรุปผลงานวิจัย																
เขียนวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์																

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT มีขั้นตอนดำเนินการ 5 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชปัจจัยต่างๆ กระบวนการหายใจระดับเซลล์ของพืช กระบวนการสร้างพลังงานของพืช ตลอดจนวัฏจักรที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างพลังงานออกมาแก่ตัวพืชเอง และทบทวนเกี่ยวกับปัจจัยหลักที่พืชใช้ในการดำรงอยู่ไม่ว่าจะเป็น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณธาตุในดิน ปริมาณน้ำในดิน ไปจนถึง เอนไซม์ที่มีผลต่อการเปิดปิดของปากใบ

3.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เป็นปัจจัยของงานวิจัย

3.2.1 ศึกษาข้อมูลและปัญหา

การศึกษาข้อมูลและปัญหาในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เช่น ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของพืช กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ความสัมพันธ์ของการสังเคราะห์ด้วยแสงกับสิ่งแวดล้อม การแลกเปลี่ยนและการตอบสนองของพืช เป็นต้น หัวข้อที่กล่าวไปข้างต้นนั้นเป็นกระบวนการและหลักการทางชีววิทยา ทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยโดยคร่าวๆที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง

3.2.2 วิเคราะห์แนวทางปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การเลือกหัวข้อวิจัยของปัญหาที่กล่าวมาจากข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเพื่อนำไปออกแบบระบบตรวจจับและเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไปได้ ในการวิเคราะห์การสังเคราะห์ด้วยแสงนั้นจะนำค่า ดัชนีความต่างพืชพรรณมาคิดคำนวณกับปริมาณความชื้นและอุณหภูมิภายในบริเวณโรงเรือนเพื่อดูว่าพืชนั้นมีการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากหรือน้อยต่อปัจจัยที่ทำการกำหนดควบคุมเอาไว้โดยจะนำอุปกรณ์ IoT มาช่วยในการเก็บข้อมูลและคำนวณประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืชและทำการสรุปผลออกมา

3.2.3 เสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางชีววิทยาและปัญหา ทฤษฎีการเรียนรู้การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์กับอุปกรณ์ทางด้าน IoT เพื่อสร้างระบบที่ใช้เพื่อวัดปริมาณการสังเคราะห์แสงของพืชต่อวัน ว่าพืชแต่ละชนิดมีความต้องการปัจจัยในการสังเคราะห์ด้วยแสงที่แตกต่างกันทำให้การเจริญเติบโตของพืชเร็วไม่เท่ากัน หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลที่ศึกษามาเสนอหัวข้อต่ออาจารย์ที่ปรึกษาโดยใช้ชื่อหัวข้อว่า “การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT”

3.3 ออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมและระบบเก็บข้อมูล

ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบระบบสถาปัตยกรรม, ฟังก์ชัน ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลที่จัดเก็บข้อมูลที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือนขนาดเล็ก หลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูลได้เพียงพอแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปโดยใช้ เครื่องมือที่ชื่อว่า RapidMiner Studio ในการวิเคราะห์และทำนายข้อมูล ให้ได้มาซึ่งโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการเพาะปลูก แนวทางในการทดลองจะทำการปลูกขึ้นฉายแบบไฮโดรโปนิคส์เพื่อง่ายต่อการควบคุมสารอาหารจึงใช้เป็นแบบไฮโดรโปนิคส์ชนิดน้ำนิ่งโดยออกแบบให้

มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขนาดเล็กที่ใช้ทำการปลูกพร้อมทั้งมีการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ภายในตัวโรงเรือนขนาดเล็กจะมีทั้งระบบปรับความชื้นและระบบแสงที่ช่วยในการเจริญเติบโตแก่พืช สามารถปรับแต่ง ระบบแสงรวมทั้งสภาพอากาศภายในให้เหมาะสมพืชในแต่ละชนิดได้

3.4 จัดระเบียบข้อมูลที่ทำกรเก็บมาจากเซ็นเซอร์ให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์

การทำความสะอาดและจัดระเบียบข้อมูลเพื่อเตรียมไปใช้ในการวิเคราะห์ จำเป็นต้องทำให้ข้อมูลนั้นมีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการแยกแยะปัจจัยที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เนื่องจากหากมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอาจส่งผลให้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากการศึกษา พบว่า ปริมาณ CO_2 , O_2 อุณหภูมิ, ความชื้น, แสง น่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช โดยการนำค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) ที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพที่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง NIR นำมาเข้าสมการ NDVI ดังสมการที่ (2) ที่กล่าวไปแล้ว เพื่อทำการสังเคราะห์ค่า NDVI ที่พืชมี ณ ช่วงเวลานั้น เทียบกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะนั้น และสร้างกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ของค่าทั้งสอง จากนั้นจึงนำวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้พืชนั้นมีการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบกับระหว่าง NDVI กับ ความชื้น, NDVI กับ อุณหภูมิ ภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บทที่ 4

ผลการวิจัย

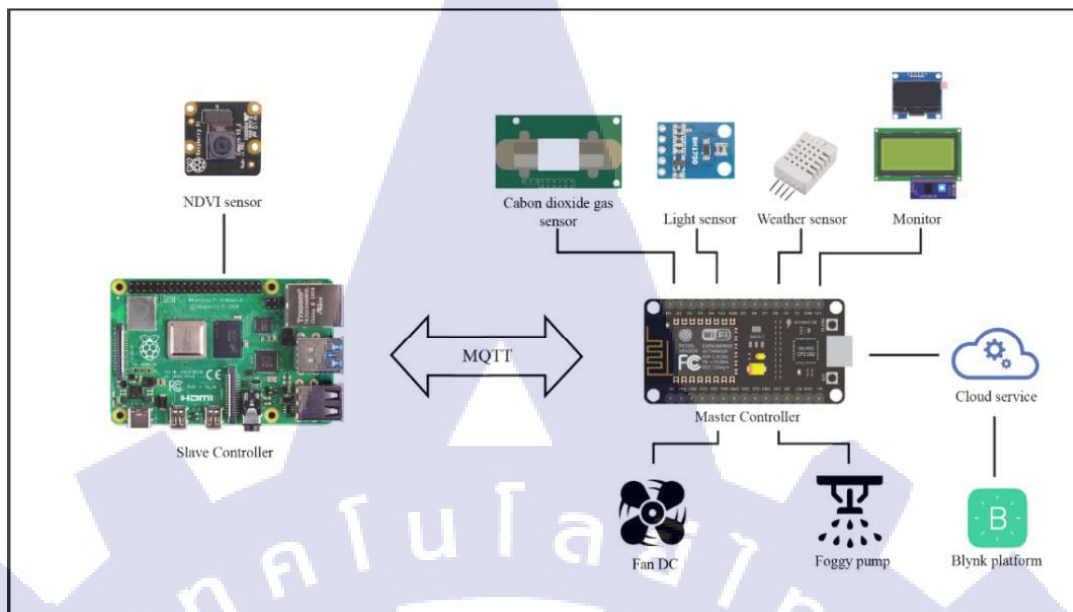
จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นองค์ความรู้สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาและสร้างโมเดลในการปลูกพืชในโรงเรือนขนาดเล็กโดยใช้อุปกรณ์ IoT ในการควบคุมและดูแลสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนพร้อมทั้งเก็บข้อมูลที่ได้จากเซ็นเซอร์ลงบนฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

4.1 ระบบ IoT เพื่อวัดค่า NDVI และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการปลูกพืช

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบสถาปัตยกรรมเพื่อใช้ในการช่วยเก็บข้อมูลและควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขนาดเล็ก โดยระบบสถาปัตยกรรมจะแบ่งออกเป็น 2 ระบบย่อยได้แก่ Master และ Slave พร้อมทั้งใช้การสื่อสารระหว่างระบบทั้ง 2 ด้วย โปรโตคอล MQTT ซึ่งเป็นโปรโตคอลสำหรับการสื่อสารแบบ M2M ในส่วนของ Master นั้นเป็นส่วนควบคุมหลัก ซึ่งจะรับค่าจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเอาไว้และคอยควบคุมสภาพแวดล้อมภายในให้เป็นไปตามที่กำหนด อีกทั้งยังคอยสั่งการไปยัง Slave เพื่อทำการบันทึกภาพและคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ และคอยรับค่าดัชนีพืชพรรณกลับมาจาก Slave ผ่านทางโปรโตคอล MQTT เมื่อข้อมูลส่งกลับมายัง Master แล้วนั้น Master จะทำการส่งข้อมูลขึ้นไปเก็บบน Cloud Server ดังรูปที่ 4.1

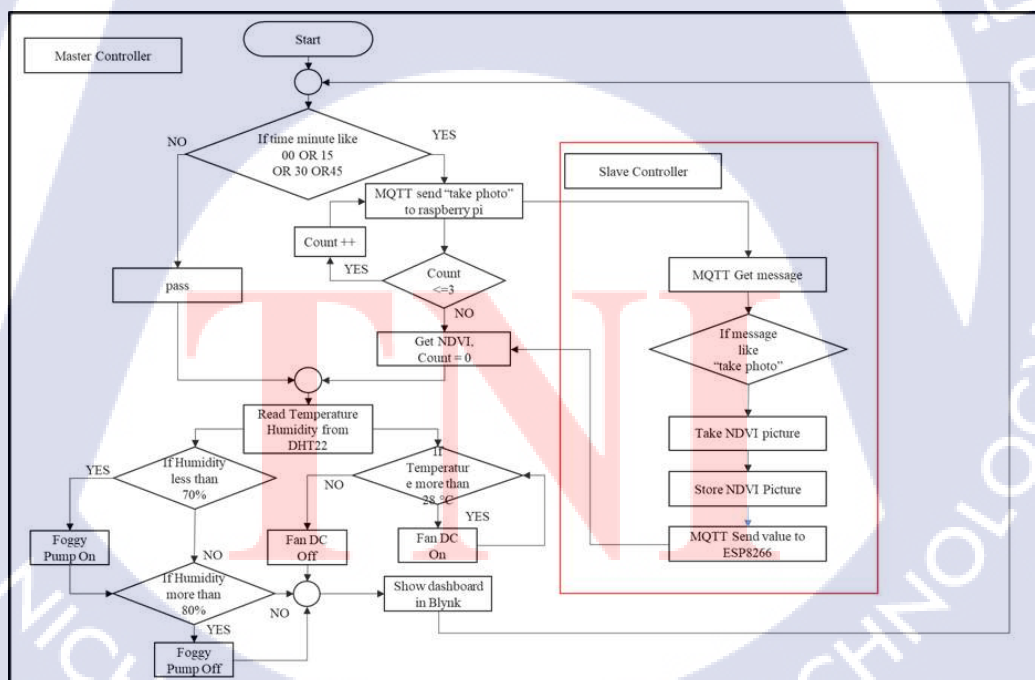
TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY



รูปที่ 4.1 สถาปัตยกรรมระบบภายใน

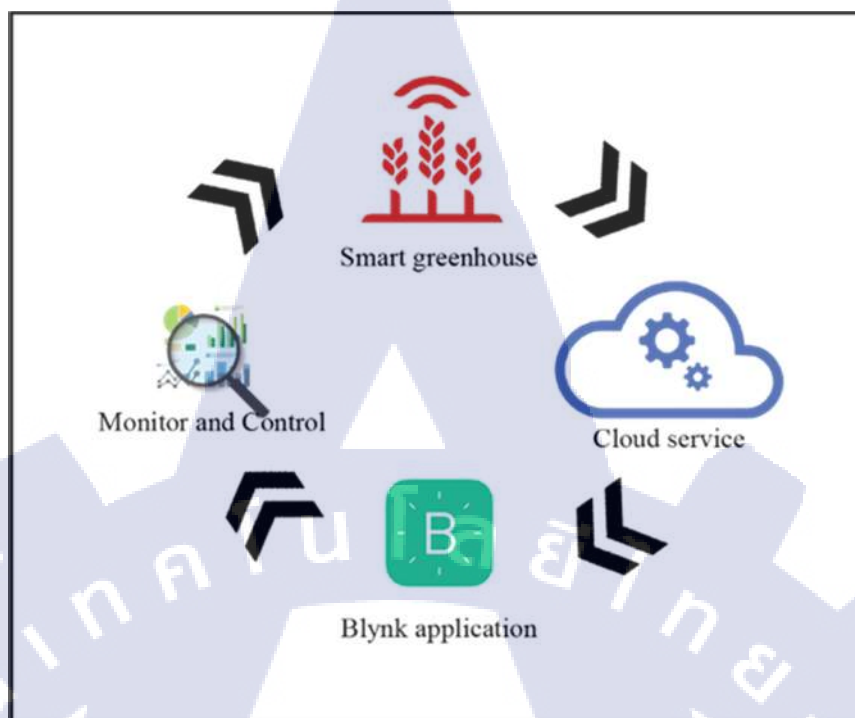
4.1.1 โครงสร้างและการทำงานของระบบ



รูปที่ 4.2 รูปแบบการทำงานของระบบ ทั้ง 2 ส่วน

จากรูปที่ 4.2 แสดงการทำงานของระบบโดยเริ่มจาก Master Controller ที่ทำการรับตรวจสอบเวลาในหน่วยของ “นาทิจ” โดยเวลาในหน่วยนาทิจที่ระบบจะเริ่มส่งการไปยัง Slave Controller มีดังนี้ 0, 15, 30, และ 45 ในหน่วยของนาทิจ เมื่อเข้าเงื่อนไขข้างต้นแล้วระบบจะทำการส่งข้อความ “take photo” เป็นจำนวน 3 ครั้ง ไปยัง Slave Controller ผ่านทางโปรโตคอล MQTT ซึ่งใช้เป็นโปรโตคอลในการสื่อสารระหว่าง Controller ทั้งสอง ซึ่งเป็นแบบ M2M และเมื่อครบครั้งที่ 3 จะทำการรีเซ็ตค่า Counter ให้กลับไปอยู่ที่ 0 ครั้งและรอรับค่า NDVI จากฝั่งของ Slave Controller หลังจากนั้นจะดำเนินการทำงานขั้นตอนต่อไป หากไม่เข้าเงื่อนไขในการตรวจสอบเวลา ระบบจะข้ามไปทำงานในขั้นตอนต่อไปเช่นเดียวกัน ในส่วนของ Slave Controller หลังจากที่ได้รับข้อความจาก Master Controller แล้วนั้นจะทำการตรวจสอบว่าเป็นข้อความว่า “take photo” หรือไม่ เมื่อเงื่อนไขดังกล่าวถูกต้องแล้วนั้นจะเริ่มทำการบันทึกรูปภาพ NDVI จากกล้องที่ติดตั้งเอาไว้ภายในโรงเรือนพร้อมทั้งทำการคำนวณตามสมการของดัชนีพืชพรรณเพื่อให้ได้มาซึ่งภาพถ่ายและค่าดัชนีพืชพรรณพร้อมทั้ง ลงบันทึกในอุปกรณ์และส่งข้อความซึ่งเป็นค่า NDVI กลับไปยัง Master Controller ที่กำลังรอรับค่าอยู่ ซึ่งจะทำการบันทึกภาพถ่ายและส่งข้อความกลับไปเป็นจำนวน 3 รอบ ตามที่รับคำสั่งมาจาก Master Controller

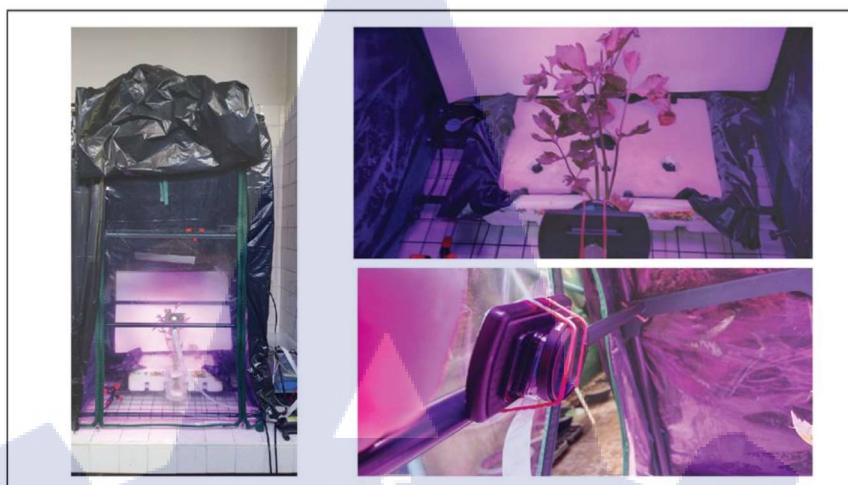
ในขั้นตอนการทำงานถัดมานั้นคือการรับค่าสภาพแวดล้อมจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเอาไว้ภายในโรงเรือนโดยจะทำการอ่านค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อนำมาประมวลผลและความคุมการทำงานของสปริงเกอร์เพื่อสร้างพวยละอองน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ และพัดลมระบายอากาศเพื่อให้เกิดการหมุนเวียนอากาศและระบายอากาศออกจากภายในโรงเรือน ในขั้นตอนสุดท้ายในส่วนของ Master Controller นั้นจะทำการส่งค่าที่ได้รับมาทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น ค่าอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, และค่าดัชนีพืชพรรณ ไปยัง Server ของ Blynk ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มที่ใช้สำหรับการสร้าง Dashboard ของ IoT และยังสามารถนำข้อมูลที่บันทึกลงบนฐานข้อมูลของ Blynk ออกมาในรูปแบบของ CSV เพื่อจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป เพื่อค้นหาโมเดลในการปลูกที่เหมาะสมแก่พืช ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รูปแบบการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.2 โรงเรือนที่ใช้ในการเพาะปลูก

ในการเพาะปลูกการกำหนดปัจจัยที่ต้องควบคุมนั้นจำเป็นต้องสร้างสภาพแวดล้อมขึ้นมาซึ่งการปลูกภายนอกหรือแบบธรรมชาตินั้นไม่สามารถควบคุมสภาพอากาศและตัวแปรต่าง ๆ ได้ จึงต้องมีการปลูกภายในพื้นที่ปิดซึ่งง่ายต่อการควบคุมสภาพแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณแสง, เวลาในการรับแสง โดยโรงเรือนที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้จะเป็นโรงเรือนที่มีขนาดความกว้าง 69 เซนติเมตร ยาว 49 เซนติเมตร และสูง 126 เซนติเมตร เป็นโครงเหล็กที่มีตะแกรงชั้นวาง 3 ชั้น พร้อมทั้งคลุมด้วย พลาสติก PVC แบบใส แต่ในกรณีที่ต้องการควบคุมปริมาณแสงด้วยนั้นจำเป็นต้องทำการคลุมด้วยถุงดำอีกชั้นเพื่อป้องกันแสงเข้าไปภายใน และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อรับรู้สภาพแวดล้อมภายในพร้อมทั้งควบคุมให้อยู่ภายในสภาพแวดล้อมที่ต้องการ โดยชั้นล่างสุดนั้นจะเป็นบริเวณที่ใช้สำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิคส์ ชั้น 3 จะเป็นบริเวณที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ และเป็นบริเวณที่ติดตั้งไฟสำหรับเพาะปลูกพืช ดังรูปที่ 4.4

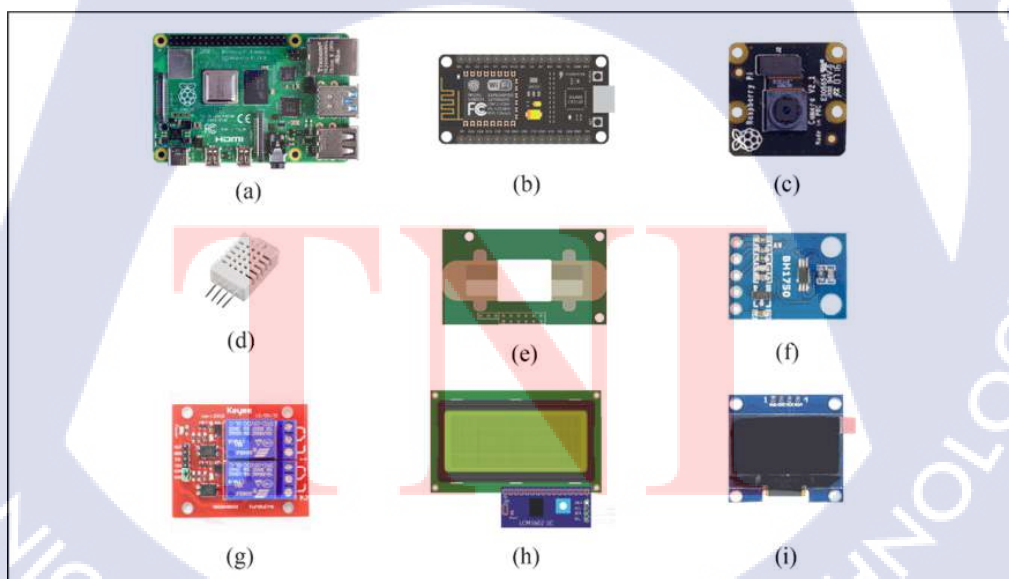


รูปที่ 4.4 ภายนอกและภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

4.1.3 ส่วนประกอบสำคัญภายในโรงเรือน

ส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบฮาร์ดแวร์ที่นำเสนอไปในรูปที่ 4.1 นั้นประกอบไปด้วยบอร์ดที่ใช้ในการควบคุมระบบและรับข้อมูล, เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น, เซ็นเซอร์ NDVI, ดังรูปที่

4.5



รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับระบบ ตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช (a) Raspberry pi 3 b+, (b) ESP8266 – 12E, (c) Pi NoIR Camera, (d) DHT22, (e) Carbon dioxide MH-Z14A, (f) Photoelectric module Sensor BH1750, (g) Relay, (h) LCD screen, (i) OLED screen

a) บอร์ด Raspberry Pi 3 b+ [64]

Raspberry Pi เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีความสามารถในการใช้งานทั่วไป และมีคุณสมบัติเด่น คือ ติดต่อ และความคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้ ใช้ระบบปฏิบัติการ Raspbian

b) บอร์ดควบคุม ESP8266-12E [65]

ESP8266-12E เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการ ควบคุม สามารถรับค่าจากเซ็นเซอร์ได้ทั้งดิจิตอลและอนาล็อก มีคุณสมบัติเด่นคือ สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบไร้สายได้โดยไม่ต้องติดตั้งโมดูลเสริม

c) Pi NoIR Camera V2 [66]

Pi NoIR Camera คือกล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพในช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอินฟราเรดได้ โดยนำภาพถ่ายดังกล่าวมาทำการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลค่าของ NDVI ขึ้นมาโดยใช้สมการคณิตศาสตร์

d) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นDHT22 [67]

DHT22 เซ็นเซอร์สภาพอากาศมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิและความชื้น มีช่วงในการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส และช่วงในการวัดความชื้นอยู่ที่ 0 ถึง 100 %

e) Carbon dioxide Sensor MH-Z14A [68]

MH-Z14A เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณ CO₂ ในอากาศโดยใช้หลักการของ NDIR ในการตรวจวัดการดูดกลืนของสเปกตรัม ซึ่งมีความแม่นยำสูง มีหน่วย Output เป็น Analog, PWM, และ Digital (UART) เซ็นเซอร์ต้องใช้ไฟเลี้ยง 5V ถึงจะสามารถทำงานได้ และก่อนการใช้งานต้องมีการวอร์มอัพเซ็นเซอร์เป็นระยะเวลา 3 นาที เพื่อให้มีความเที่ยงตรงในการวัด

f) Photoelectric module Sensor BH1750 [69]

BH1750 เป็นเซ็นเซอร์ที่มีความสามารถในการวัดความเข้มแสงตั้งแต่ 1 ถึง 65535 lx มีความละเอียด 16 บิต ใช้ไฟเลี้ยง 3 ถึง 5 V การเชื่อมต่อเป็น แบบ I2C ความถี่สูงสุดที่ 400 kHz

g) Relay [70]

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในวงจรควบคุมอัตโนมัติ ใช้ในการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้อำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้วงจรไฟฟ้าทำงาน รีเลย์มีส่วนประกอบสำคัญคือ ขดลวด และส่วนของหน้าสัมผัสทำหน้าที่คล้ายสวิตช์ คือเมื่อรีเลย์ได้รับการจ่ายไฟแล้วจะทำให้หน้าสัมผัสติดกันกลายเป็นวงจรปิด ถ้าไม่จ่ายไฟหน้าสัมผัสจะแยกออกจากกันกลายเป็นวงจรเปิดรีเลย์ถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องจักรต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานของกระแสไฟฟ้า ช่วยให้การงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นและป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานผิดพลาด

h) LCD screen [71]

ส่วนแสดงผลที่ทำงานผ่านการสื่อสารแบบ I2C ซึ่งง่ายต่อการเชื่อมต่อและนำไปใช้งานในการแสดงค่าต่างๆที่ได้วัดได้จากเซ็นเซอร์ผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ โดยจะเป็นหน้าจอ LCD 20 ดิจิต จำนวน 4 แถว

i) OLED Display [72]

ส่วนแสดงผลที่ทำงานผ่านการสื่อสารแบบ I2C ซึ่งง่ายต่อการเชื่อมต่อและนำไปใช้งานในการแสดงค่าต่างๆที่ได้วัดได้จากเซ็นเซอร์ผ่านไมโครคอนโทรเลอร์ โดยจะเป็นหน้าจอ LED ขนาด 128 x 64 Dot Matrix

4.1.4 การมอนิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยภาพถ่าย NDVI และระบบควบคุม

ในการออกแบบระบบควบคุมภายในโรงเรือนขนาดเล็ก กำหนดให้มีตัวแปรสำคัญ 2 ตัวแปรซึ่งได้แก่

(1) สภาพแวดล้อมภายใน

ระบบจะทำการประมวลผลตามเงื่อนไขที่ตั้งค่าเอาไว้เมื่อถึงค่าที่กำหนดจะสั่งการเปิดสปริงเกอร์เพื่อเพิ่มความชื้นให้แก่ภายในและเปิดพัดลมระบายอากาศเมื่ออุณหภูมิภายในสูงกว่าที่กำหนดเอาไว้โดยอัตโนมัติ

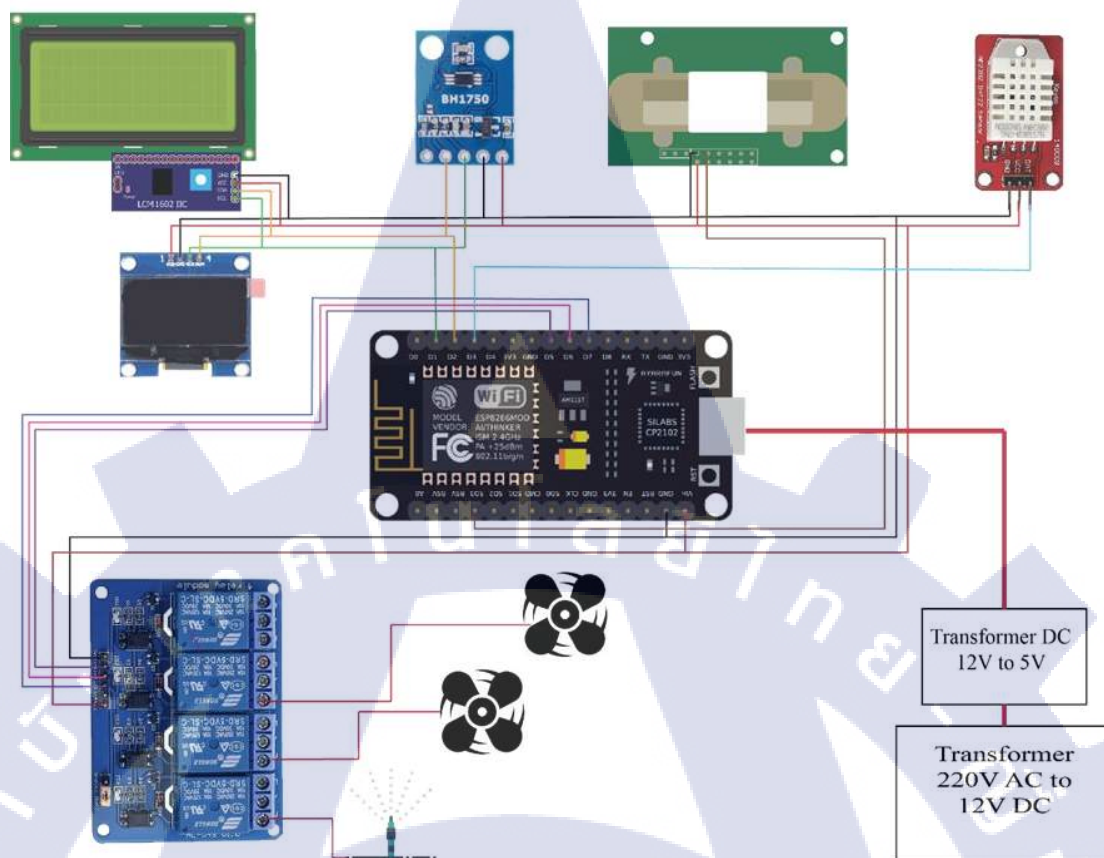
(2) เวลา

ระบบจะทำการส่งข้อความไปยัง Raspberry pi เพื่อทำการถ่ายภาพ NDVI เป็นจำนวน 3 ภาพ โดยอัตโนมัติในทุกๆ 15 นาที ตามที่ตั้งเวลาเอาไว้

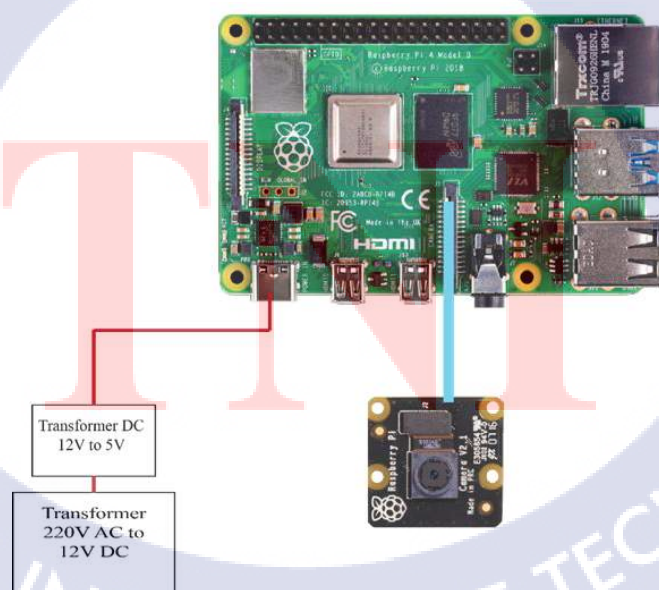
โดยรูปของระบบควบคุมนั้นแสดงดังรูปที่ 4.6 และรูปแบบการต่อวงจรของส่วนควบคุม (Master) และส่วน ถูกควบคุม (Slave) นั้นจะแสดงดังรูปที่ 4.7 และ รูปที่ 4.8 ตามลำดับ



รูปที่ 4.6 ระบบควบคุมภายในและระบบแสดงผลหน้าโรงเรือน

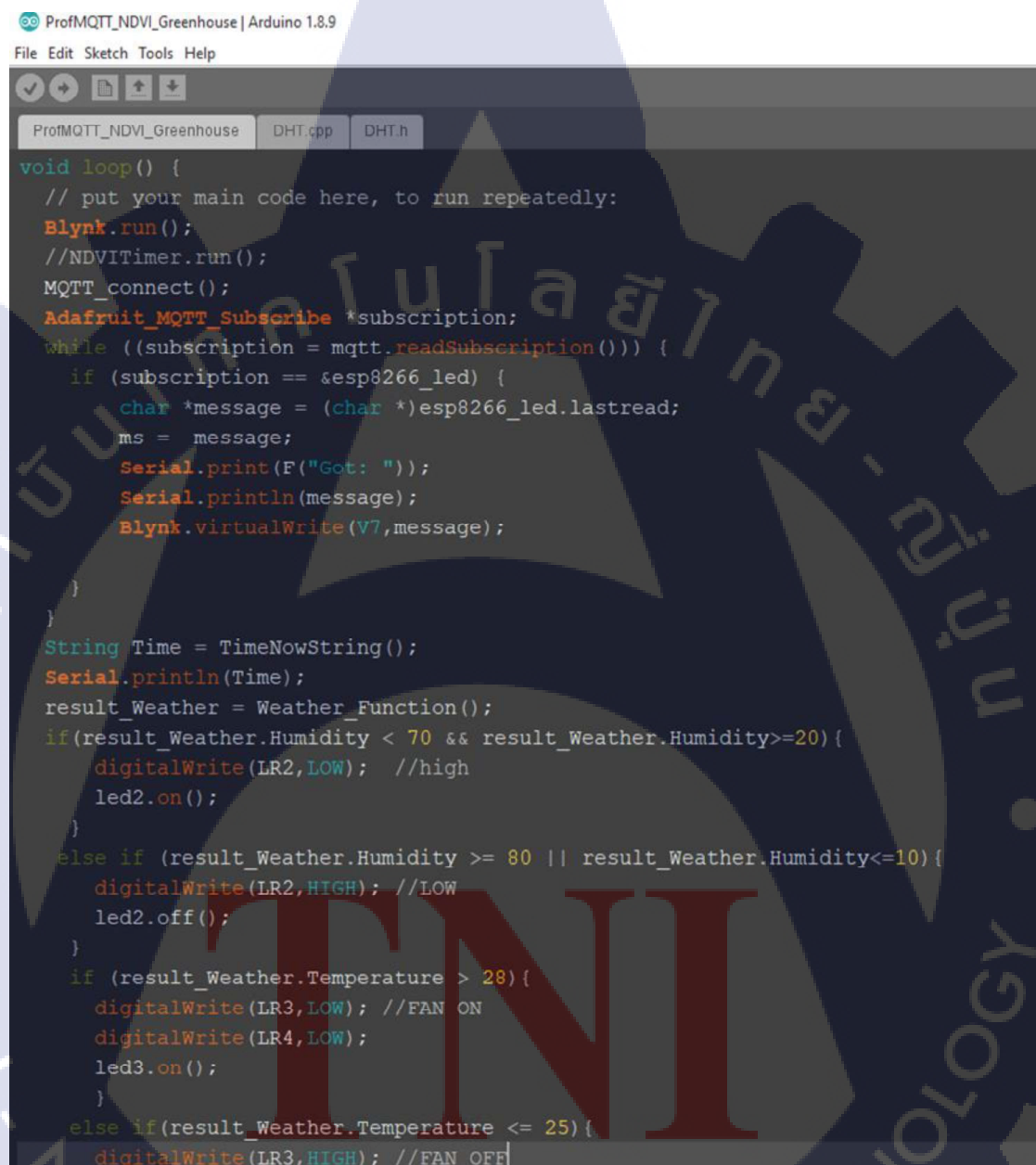


รูปที่ 4.7 การต่อวงจรส่วนควบคุม (Master)



รูปที่ 4.8 การต่อวงจรส่วนถูกควบคุม (Slave)

ในการเตรียมการทดลองผู้วิจัยได้ทำการอัปโหลดสคริปต์ที่ได้ทำการพัฒนาเอาไว้ลงบนอุปกรณ์ (ESP8266-12E) โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE ในการอัปโหลดดังรูป 4.9 แสดงตัวอย่างสคริปต์ที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมา โดยสคริปต์แบบสมบูรณ์จะแสดงอยู่ภายในภาคผนวก



```

ProfMQTT_NDVI_Greenhouse | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  Blynk.run();
  //NDVITimer.run();
  MQTT_connect();
  Adafruit_MQTT_Subscribe *subscription;
  while ((subscription = mqtt.readSubscription())) {
    if (subscription == &esp8266_led) {
      char *message = (char *)esp8266_led.lastread;
      ms = message;
      Serial.print(F("Got: "));
      Serial.println(message);
      Blynk.virtualWrite(V7,message);
    }
  }

  String Time = TimeNowString();
  Serial.println(Time);
  result_Weather = Weather_Function();
  if(result_Weather.Humidity < 70 && result_Weather.Humidity>=20){
    digitalWrite(LR2,LOW); //high
    led2.on();
  }
  else if (result_Weather.Humidity >= 80 || result_Weather.Humidity<=10){
    digitalWrite(LR2,HIGH); //LOW
    led2.off();
  }
  if (result_Weather.Temperature > 28){
    digitalWrite(LR3,LOW); //FAN ON
    digitalWrite(LR4,LOW);
    led3.on();
  }
  else if(result_Weather.Temperature <= 25){
    digitalWrite(LR3,HIGH); //FAN OFF
  }
}
  
```

รูปที่ 4.9 ตัวอย่างสคริปต์ที่ทำการอัปโหลดลงบน ESP8266-12E

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมในการถ่ายภาพ NDVI โดยใช้โปรโตคอล MQTT ในการสื่อสารระหว่าง Raspberry pi กับ ESP8266-12E เพื่อให้ ESP8266-12E ซึ่งเป็น Main Controller

สั่งการให้ Raspberry pi ทำการถ่ายภาพทุกๆ 15 นาที รูปที่ 4.10 แสดงถึงสคริปต์ที่ใช้ในการรับคำสั่งและประมวลผลภาพถ่ายจาก Pi NoIR Camera เป็นภาพ NDVI

```

161
162 def run():
163
164 ##### Start MQTT Function #####
165 def on_connect(client, userdata, flags, rc):
166     print("Connected with result code " + str(rc))
167     client.subscribe("/leds/pi")
168
169 def on_message(client, userdata, msg):
170     print(msg.topic+" "+str(msg.payload))
171     if msg.topic == '/leds/pi':
172         if msg.payload == b'TakePhoto':
173             curtime = datetime.datetime.now()
174             formattedTime = curtime.strftime("%Y%m%d-%H:%M:%S")
175             client.publish('/leds/esp8266', str("{0:.3f}".format(ndvi_Mean)))
176             cv2.imwrite("/home/pi/Desktop/ProjectNDVI/MQTT_takephoto/NDVI"+formattedTime+".jpg", combined)
177
178             GPIO.output(LED_PIN, GPIO.HIGH)
179             sleep(1) # 1sec
180             GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)
181
182         elif msg.payload == b'TOGGLE':
183
184             GPIO.output(LED_PIN, not GPIO.input(LED_PIN))
185
186 # Create MQTT client and connect to localhost, i.e. the Raspberry Pi running
187 # this script and the MQTT server.
188
189 ##### End of MQTT Function #####
190 with picamera.PiCamera() as camera:
191

```

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างสคริปต์ที่ทำการโปรแกรมบน Raspberry pi

ในส่วนของการเก็บข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Platform ของ Blynk ซึ่งเป็น Cloud IoT Platform ที่ให้บริการในการเก็บข้อมูลและสร้าง Dashboard บน Smart Phone เพื่อแสดงข้อมูลได้อย่าง Real-time โดยที่ไม่ต้องเขียนสคริปต์เอง รวมทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่เก็บเอาไว้ได้ออกมาแสดงในรูปของ CSV ได้อีกด้วย ตัวอย่าง Dashboard ที่ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 4.11



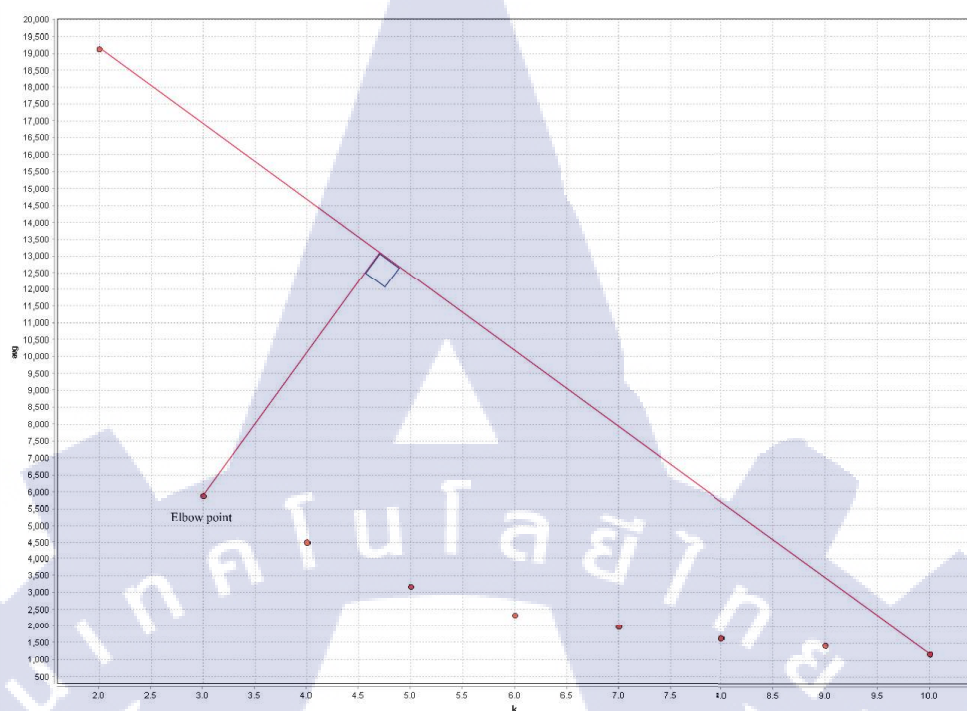
รูปที่ 4.11 ตัวอย่าง Dashboard

4.2 การประเมินประสิทธิภาพการจำแนกการสังเคราะห์แสงของพืช

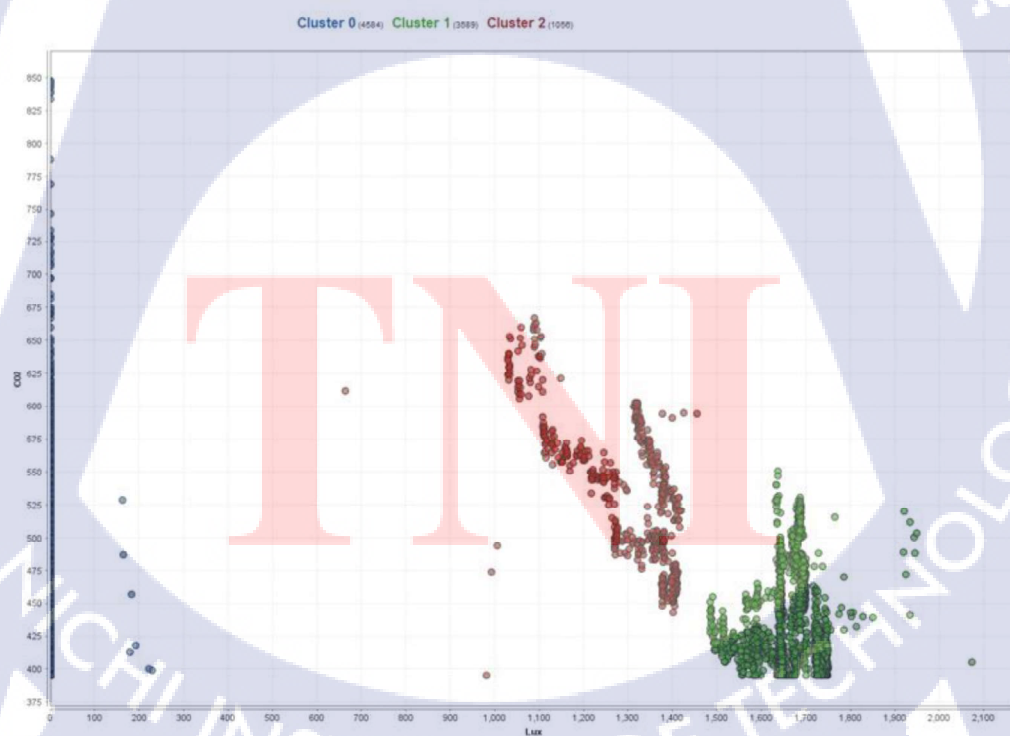
ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมมานั้นได้มาจากการที่เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งเอาไว้ภายในโรงเรือน ดังที่อธิบายไปใน หัวข้อที่ 4.1 แล้วนั้น จะถูกส่งไปเก็บยังฐานข้อมูลของ Blynk ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มสำหรับอุปกรณ์ IoT ในทุกๆ 1 สัปดาห์ จะมีการส่งไฟล์ข้อมูลกลับมายังอีเมลล์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน เป็นนามสกุล .csv จากนั้นจึงทำการจัดเตรียมและแบ่งกลุ่มของข้อมูลโดยใช้ k-mean ในการจัดกลุ่มของข้อมูล

4.2.1 การใช้ k-mean ในการจัดกลุ่มข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Rapid Miner Studio ในการจัดกลุ่มข้อมูลที่ใช้งานวิจัยขึ้นนี้ซึ่งแบ่งได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ($k = 3$) ซึ่งได้มาจากการหา elbow point ซึ่งเป็นการหาจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เหมาะสมที่สุดในจัดกลุ่มข้อมูลจากข้อมูลจำนวน 9929 ชุดข้อมูล



รูปที่ 4.12 Elbow point



รูปที่ 4.13 ผลลัพธ์จากการแบ่งกลุ่มโดยใช้ k-mean

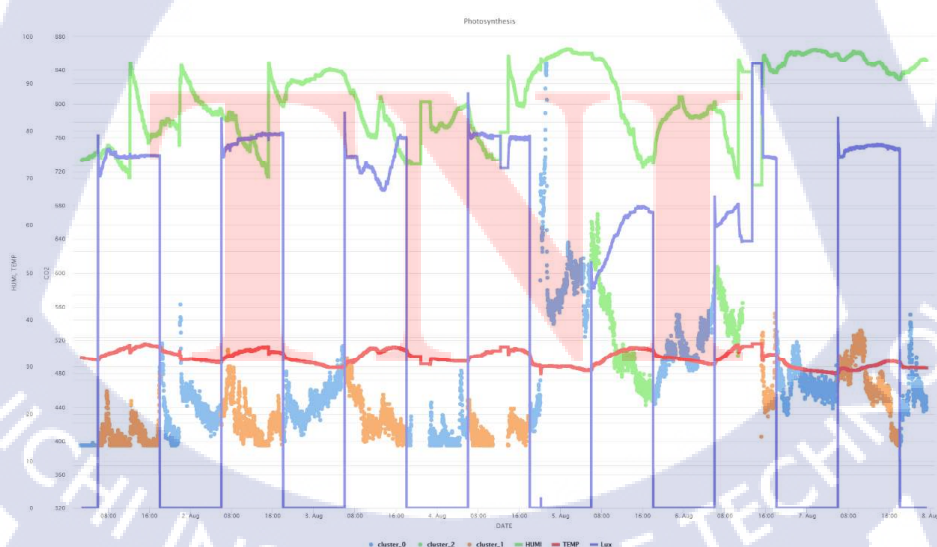
จากรูปสามารถแบ่งข้อมูลได้ดังนี้ Cluster 0 คือกลุ่มข้อมูลที่พืชไม่มีการสังเคราะห์แสงสามารถดูได้จากปริมาณ CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงที่ไม่มีแสง Cluster 1 เป็นกลุ่มที่พืชมีการสังเคราะห์แสง ส่วน Cluster 2 นั้นเป็นกลุ่มข้อมูลที่พืชมีการสังเคราะห์แสงแต่ประสิทธิภาพเริ่มลดลง ซึ่งสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

Cluster	จำนวนข้อมูล
Cluster 0	4584
Cluster 1	3589
Cluster 2	1056
	9929

4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อมา

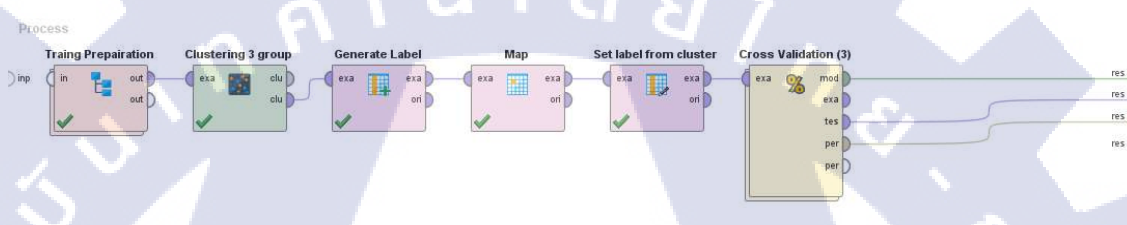
เมื่อสามารถจำแนกกลุ่มออกมาได้แล้วนั้นต่อมาจึงเป็นการนำมาพลอต กราฟเพื่อหาช่วงที่พืชมีการสังเคราะห์แสง ว่าอยู่ในช่วงเวลาใด และมีช่วงเวลาใดที่ประสิทธิภาพลดลงโดยสามารถดูได้จากค่า CO_2 ที่เพิ่มสูงขึ้น หลังจากนั้นจะเป็นการนำชุดข้อมูลนี้เข้าสู่โมเดลเพื่อจำแนก การสังเคราะห์แสงของพืช



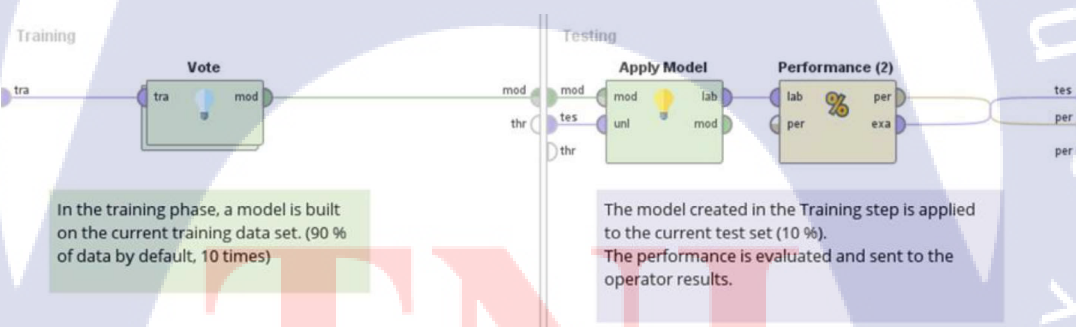
รูปที่ 4.14 Analysis Cluster Photosynthesis

4.3 การประเมินประสิทธิภาพการจำแนกการสังเคราะห์แสงของพืช

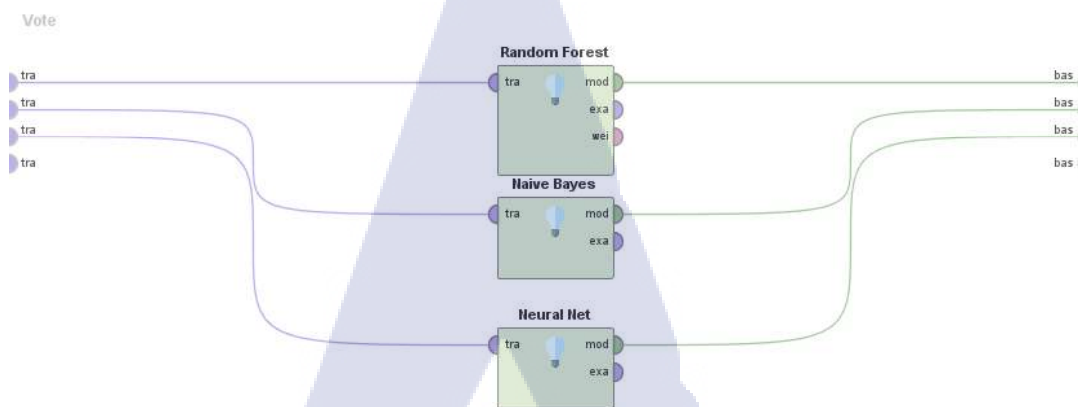
ในการทำโมเดลเพื่อจำแนกการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Rapid Miner Studio ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มข้อมูลในหัวข้อที่ 4.2 ตามที่ได้กล่าวไป เพื่อทำการสร้างโมเดลในการจำแนกข้อมูลในการสังเคราะห์แสงของพืชโดยใช้อัลกอริทึมเป็นจำนวน 3 อัลกอริทึมด้วยกัน อันได้แก่ Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network เพื่อใช้ในการทำ Ensemble Classification ในขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพนี้ เริ่มจากจากนำข้อมูล 9929 ชุดข้อมูลเข้าสู่ Rapid Miner Studio จากนั้นจึงเริ่มทำการวัดประสิทธิภาพการจำแนกข้อมูลโดยใช้ Cross Validation ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืช



รูปที่ 4.16 การทำ Ensemble Classifiers เพื่อใช้ในการวัดประสิทธิภาพการจำแนกการสังเคราะห์ด้วยแสง



รูปที่ 4.17 อัลกอริทึมที่ใช้ในการทำ Ensemble Classifiers ได้แก่ Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network

ตารางที่ 4.2 แสดงผลประสิทธิภาพการจำแนกตามการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยใช้เทคนิค Ensemble Classifiers

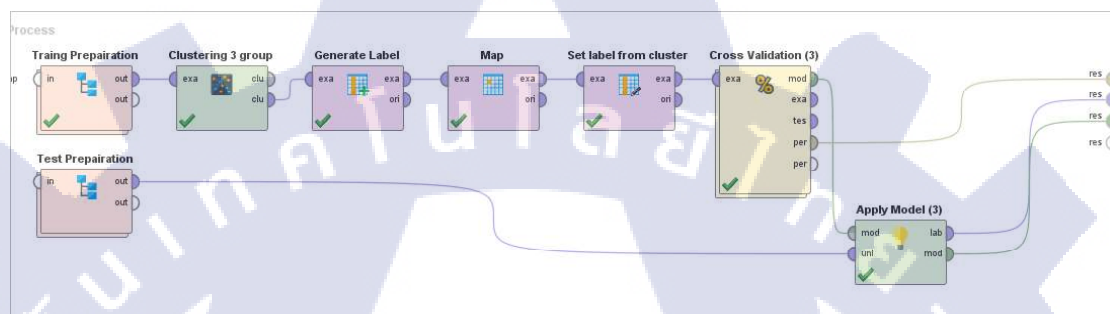
Ensemble Classifiers	true Not photosynthesis	true Maybe photosynthesis	true photosynthesis	class precision
pred. Not photosynthesis	4584	0	0	100.00%
pred. Maybe photosynthesis	0	1056	0	100.00%
pred. photosynthesis	0	0	3589	100.00%
class recall	100.00%	100.00%	100.00%	
Accuracy 100%				

จากตารางที่ 4.2 ผลการวัดประสิทธิภาพการจำแนกตามการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยใช้เทคนิค Ensemble Classifiers โดยมี 3 อัลกอริทึมอยู่ภายในได้แก่ Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network พบว่าค่าความแม่นยำในการทำนาย (Precision) พืชไม่มีการสังเคราะห์แสง (Not Photosynthesis) มีค่าสูงสุดที่ 100% สำหรับค่าความระลึก (Recall) พืชมีการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) มีค่าสูงสุด 100% โดยที่ค่าความถูกต้องของอัลกอริทึมโดยใช้

เทคนิค Ensemble Classifiers อยู่ที่ 100% และเนื่องจากกลุ่มข้อมูลที่แบ่งได้นั้นมีการแบ่งแยกที่ชัดเจน ตามรูปที่ 4.13 ที่ได้แสดงไปแล้วนั้น ส่งผลให้ผลการทำนายมีความแม่นยำที่สูง

4.4 การนำโมเดลที่ได้มาไปใช้ในการทำนาย

หลังจากที่ทำการเทรนโมเดลเสร็จสิ้นแล้วจึงนำมาใช้ในการทำนายชุดข้อมูลที่ได้ทำการเตรียมเอาไว้ซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ภายในโรงเรือนในรอบที่ 2



รูปที่ 4.18 การนำโมเดลที่ได้มาทำนายการสังเคราะห์แสงของพืชจากชุดข้อมูลที่เก็บมาใหม่

จากรูปที่ 4.18 แสดงให้เห็นถึงการนำโมเดลที่สร้างมาใช้ในการทำนายการสังเคราะห์แสงของพืช โดยใช้โปรแกรม Rapid Miner Studio

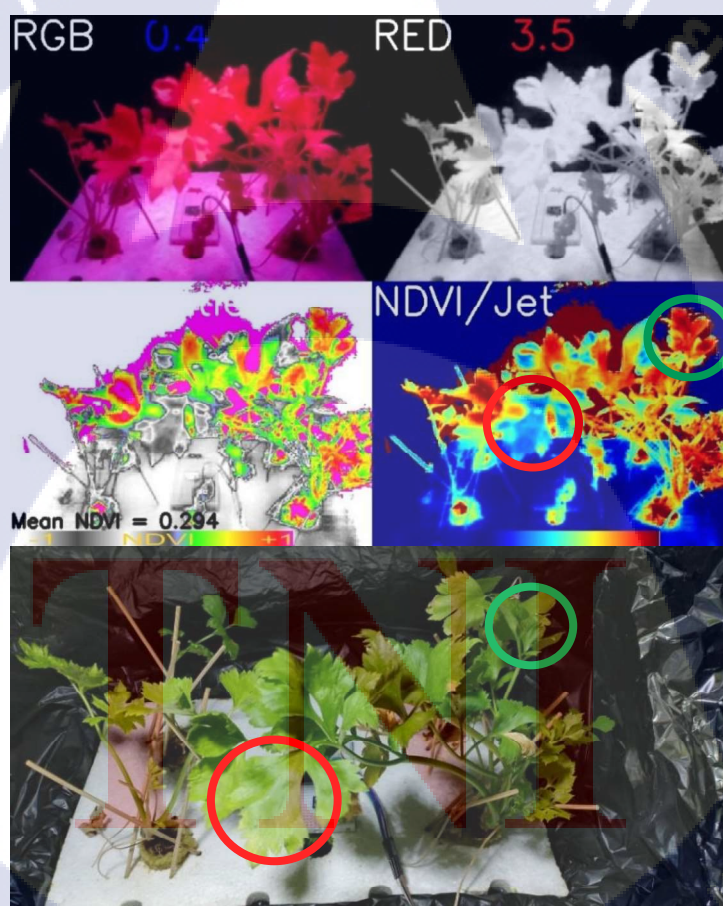
Row No.	DATE	prediction(Lux)	confidence(N)	confidence(Y)	Lux	CO2	HUMI	TEMP	TIME
5443	Aug 12, 2020 10:41:00 PM ICT	N	1	0	0	504	95.233	30.640	22
5444	Aug 12, 2020 10:42:00 PM ICT	N	1	0	0	493	95.033	30.663	22
5445	Aug 12, 2020 10:43:00 PM ICT	N	1	0	0	483	95.068	30.625	22
5446	Aug 12, 2020 10:44:00 PM ICT	N	1	0	0	487	95.033	30.600	22
5447	Aug 12, 2020 10:45:00 PM ICT	N	1	0	0	482	95.193	30.577	22
5448	Aug 12, 2020 10:46:00 PM ICT	N	1	0	0	486	95.247	30.600	22
5449	Aug 12, 2020 10:47:00 PM ICT	N	1	0	0	481	95.367	30.617	22
5450	Aug 12, 2020 10:48:00 PM ICT	N	1	0	0	482	95.450	30.600	22
5451	Aug 12, 2020 10:49:00 PM ICT	N	1	0	0	475	95.443	30.600	22
5452	Aug 12, 2020 10:50:00 PM ICT	N	1	0	0	475	95.500	30.600	22
5453	Aug 13, 2020 12:31:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1459	85.624	33.218	12
5454	Aug 13, 2020 12:32:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1463	84.578	33.163	12
5455	Aug 13, 2020 12:33:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1477	84.560	33.093	12
5456	Aug 13, 2020 12:34:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1485	84.560	33.040	12
5457	Aug 13, 2020 12:35:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1498	83.683	33.027	12
5458	Aug 13, 2020 12:36:00 PM ICT	MB	0	0.667	0.333	1511	82.760	32.933	12
5459	Aug 13, 2020 12:37:00 PM ICT	MB	0	0.667	0.333	1517	82.680	32.870	12
5460	Aug 13, 2020 12:38:00 PM ICT	Y	0	0.333	0.667	1529	82.072	32.783	12
5461	Aug 13, 2020 12:39:00 PM ICT	Y	0	0	1	1536	81.583	32.707	12
5462	Aug 13, 2020 12:40:00 PM ICT	Y	0	0	1	1536	81.690	32.700	12
5463	Aug 13, 2020 12:41:00 PM ICT	Y	0	0	1	1540	81.690	32.700	12
5464	Aug 13, 2020 12:42:00 PM ICT	Y	0	0	1	1547	80.853	32.697	12
5465	Aug 13, 2020 12:43:00 PM ICT	Y	0	0	1	1559	80.283	32.613	12
5466	Aug 13, 2020 12:44:00 PM ICT	Y	0	0	1	1565	80.817	32.600	12
5467	Aug 13, 2020 12:45:00 PM ICT	Y	0	0	1	1568	81.196	32.600	12
5468	Aug 13, 2020 12:46:00 PM ICT	Y	0	0	1	1566	80.947	32.600	12

รูปที่ 4.19 ผลการทำนายจากโมเดลที่สร้างจากเทคนิค Ensemble Classifiers

4.5 การตรวจสอบการสังเคราะห์แสงและสุขภาพของพืชด้วยดัชนีพืชพรรณ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้ทำการถ่ายภาพในย่าน NIR มาเพื่อใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการสร้างภาพดัชนีพืชพรรณเพื่อใช้ในการตรวจสอบการสังเคราะห์ด้วยแสงและสุขภาพของพืช

ดังรูปที่ 4.20 ภายในวงกลมสีแดงจากรูป NDVI/Jet จะแสดงให้เห็นถึงใบพืชที่มีการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า NIR น้อยโดยจะมองเห็นเป็นสีออกเ็นทางแถบน้ำเงินซึ่งบ่งบอกถึงใบพืชบริเวณนั้นเริ่มมีปัญหาในการสังเคราะห์แสงหรือสุขภาพของใบไม่ดี ในรูปัดลงมามีภาพในวงกลมสีแดงหากสังเกตอย่างละเอียดจะพบว่าใบในวงสีแดงนั้นเริ่มมีสีเหลืองซึ่งบ่งบอกถึงสุขภาพใบหรือพืชเริ่มมีปัญหาในการสังเคราะห์แสง ซึ่งต่างจากวงกลมสีเขียวที่แถบสีนั้นอยู่ในย่านสีแดงเข้มเป็นการบ่งบอกถึงสุขภาพใบที่ดีหรือมีการสังเคราะห์แสงเกิดขึ้นเนื่องจากการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่าน NIR ออกมาได้มาก



รูปที่ 4.20 แสดงบริเวณที่พืชมีการสังเคราะห์แสง (วงกลมสีเขียว) และบริเวณที่การสังเคราะห์แสงลดลง(ลดกลมสีแดง)

บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงและระยะเวลาในการรับแสงต่อวันที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตผ่านระบบ IoT ซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวไปในบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการสรุปผลของงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลตามวัตถุประสงค์ในแต่ละหัวข้อที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 1 ดังต่อไปนี้

การพัฒนา ระบบ IoT ในการวัดระดับการสังเคราะห์ด้วยแสงจากดัชนีพืชพรรณ (NDVI) สามารถทำการสังเคราะห์ภาพขึ้นมาจากภาพที่ทำการถ่ายมาจาก Pi NoIR Camera ผ่านพีเอชพีบอร์ดโดยใช้ Raspberry pi 3 b+ ที่เป็น Slave Controller ในการประมวลผลภาพโดยใช้ไลบรารี OpenCV ในการช่วยประมวลผล ซึ่งเขียนขึ้นโดยใช้ภาษา Python คำสั่งที่ใช้ในการสั่งการจะสั่งการผ่าน Protocol MQTT ในการควบคุมการทำงานของกล้องดังกล่าว ที่สั่งการมาจาก Master Controller ซึ่งก็คือ ESP8266-12E (Node MCU) ในการสั่งการ, ควบคุม, และประมวลผลข้อมูลที่รับมาจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือนและทำการส่งข้อมูลที่รับมาขึ้นไปเก็บใน Server ของ Blynk Platform และสามารถนำข้อมูลที่อัปโหลดขึ้นไปทั้งหมดออกมาในรูปแบบของไฟล์ CSV ที่อยู่ในรูปแบบตารางซึ่งง่ายต่อการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ โดยจะทำการ Export ผ่านการส่งไปทาง E-mail ทุกวันอาทิตย์

การวิเคราะห์การสังเคราะห์แสงของพืชโดยใช้การทำเหมืองข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลผ่านเซ็นเซอร์โดยใช้ระบบ IoT เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เป็นจำนวน 9,929 ชุดข้อมูล และชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบอีก 8,283 ชุดข้อมูล รวมทั้งสิ้น 18,212 ชุดข้อมูลจากนั้นนำข้อมูลมาทำการแบ่งกลุ่มโดยใช้ k-mean ในการแบ่งกลุ่มโดยกำหนดให้ ค่า $k=3$ ซึ่งได้มาจากการหา Elbow Point โดยใช้โปรแกรม RapidMiner Studio ในการจัดการข้อมูลและกำหนดกลุ่มของข้อมูลใน 3 กลุ่มออกเป็น ไม่มีการสังเคราะห์แสง (Cluster 0) มีการสังเคราะห์แสง (Cluster 1) และการสังเคราะห์แสงลดลง (Cluster 2) จากนั้นเมื่อ

เตรียมชุดข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงนำชุดข้อมูลสำหรับเทรนจำนวน 9,929 ชุดข้อมูลเข้าสู่การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทโดยใช้เทคนิค Ensemble Classifiers ซึ่งมีอัลกอริทึมที่ใช้อยู่ภายในทั้งสิ้น 3 ชนิด ได้แก่ Random Forest, Naïve Bayes และ Neural Network เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้กับโมเดลที่ใช้ในการทำนายประเภทของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช จากนั้นจึงนำชุดข้อมูลสำหรับทดสอบซึ่งได้มาจากการเก็บข้อมูลในรอบหลังจากนั้น มาทำการทำนายประเภทการสังเคราะห์แสงของพืช

อีกทั้งการมอนิเตอร์เพื่อตรวจสอบการสังเคราะห์ด้วยแสงและสุขภาพของพืชโดยใช้ดัชนีพืชพรรณนั้นแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่มีการสังเคราะห์แสงลดลงหรือใบของพืชบริเวณนั้นมีสุขภาพไม่ดีซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่าน NIR ยิ่งมีการสะท้อนกลับน้อยจึงบ่งบอกได้ว่าบริเวณนั้นของพืชเริ่มมีปัญหาบางอย่าง

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

5.2.1 การทดลองจะต้องทำการต่อไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อใช้สำหรับแปลงไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวล สำหรับขับพัดลม และปั้มน้ำ และ 5 โวล สำหรับ หน่วยประมวลผลทั้ง Raspberry pi และ ESP8266-12 ตลอดเวลาหากเกิดกรณีที่ไฟฟ้าดับจะทำให้การทดลองไม่ต่อเนื่องหรือข้อมูลบางส่วนมีการสูญหาย ควรมีเครื่องสำรองไฟฟ้าเผื่อไว้ในกรณีฉุกเฉิน

5.2.2 ส่วนประมวลผลและสั่งการต้องทำงานอยู่ตลอดเวลาและอยู่ภายนอกซึ่งมีแสงแดดส่องถึงในทุกวันส่งผลให้มีอุณหภูมิสูง ซึ่งถ้ามากเกินไปจะส่งผลให้ระบบเกิดการปิดตัวเองเพื่อป้องกันส่วนประมวลผลไม่ให้เกิดความเสียหาย ในกรณีที่ระบบร้อนเกินกว่าจะรับไหวเกิดการปิดระบบด้วยตัวเองจะส่งผลให้ข้อมูลที่เก็บได้ไม่ต่อเนื่องหรือขาดหายไปบางส่วน ควรมีระบบระบายความร้อนแก่ส่วนประมวลผลเพื่อไม่ให้เกิดกรณีดังกล่าว

5.2.3 ในส่วนของการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง Pi NoIR จะดำเนินการโดย Raspberry Pi3 เพื่อนำภาพที่ได้มาทำการประมวลผลให้ได้มาซึ่งภาพที่แสดงถึงการสะท้อนของแสงอินฟราเรดใกล้ หรือภาพถ่ายดัชนีพืชพรรณพร้อมทั้งใส่สีสັນให้เข้าใจง่ายขึ้น ในการทดลองมีบางช่วงที่กล้องเกิดอาการค้างทำให้ระบบนำภาพเก่าที่ถ่ายไปเมื่อ 15 นาที ที่แล้วมาใช้ในการประมวลผลเมื่อลองรีเซ็ตโปรแกรมดู พบว่าไม่สามารถ Run โปรแกรมดังกล่าวได้ต้องทำการ Reboot แทนเพื่อเริ่มระบบใหม่

5.2.4 การปรับตั้งค่าเกณฑ์ของแสงภายในโปรแกรมที่ใช้ในการถ่ายภาพนั้น จะต้องอยู่ภายใต้แสงที่มีความคงที่เสมอเพื่อความแม่นยำของข้อมูล หากตั้งกล้องถ่ายภาพได้แสงอาทิตย์ต้องปรับค่าให้ตรงกับแสงอาทิตย์ ณ เวลานั้นโดยการถ่ายภาพจากขาวล้วนแล้วค่อยๆปรับเกณฑ์ของแสงเพื่อให้ค่าดัชนีพืชพรรณที่วัดได้เป็น 0 แล้วจึงนำพิกเซลมาตั้งถ่ายโดยมีฉากขาวดังกล่าวเป็นพื้นหลัง และ

เมื่อใช้กับแสงไฟสำหรับปลูกต้นไม้จะต้องทำการปรับค่าเกณฑ์นี้ใหม่อีกครั้งจะไม่สามารถใช้ค่าเกณฑ์การวัดร่วมกับแสงอาทิตย์ได้

5.2.5 ความล่าช้าของการรับ-ส่งพัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดลอง เนื่องจากภัยของโรคระบาด COVID-19 ทำให้การหาสิ่งของจำเป็นที่ต้องใช้ในการทดลองยากยิ่งขึ้นเนื่องจากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสส่งผลให้ร้านค้าต่างๆมากมายรวมทั้งห้างสรรพสินค้าปิดตัวลงชั่วคราวตามคำสั่งของทางรัฐบาล จึงต้องหาทางรวบรวมอุปกรณ์ให้เร็วที่สุดโดยการสั่งทางออนไลน์แต่เนื่องจากต้องขนส่งจากต่างประเทศทำให้เกิดความล่าช้าในการทำวิจัยเพราะอุปกรณ์ต่างๆที่สั่งไปจะมาถึงปลายทางใช้เวลาค่อนข้างนาน อุปกรณ์ใดที่หาภายในประเทศได้จะรีบทำการสั่งซื้อมาทันทีที่พบ

5.2.6 ในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมและรันโปรแกรมบน Raspberry pi พบปัญหาในการใช้ library ของ open cv ไม่สามารถเรียนรู้ library ดังกล่าวได้ ต้องแก้ปัญหาโดยการใช้คำสั่งพิเศษในการดำเนินการ

5.2.7 ในขั้นตอนเริ่มการทดสอบระบบ พบปัญหาทางด้านการเชื่อมต่อไปยัง Server ของ MQTT จาก ESP8266-12E ไปยัง Raspberry pi เนื่องจาก Port ในการสื่อสารถูกบล็อกเอาไว้แก้ปัญหาโดยการเพิ่มช่วง Port ที่รองรับบน Router ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.3.1 สำหรับการวิจัย สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อใช้ในการทดลองกับพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อสำรวจค่าดัชนีพืชพรรณที่แสดงให้เห็นถึงการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งจะทำให้สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชหลากหลายชนิดยิ่งขึ้น

5.3.2 สำหรับทางด้านฮาร์ดแวร์สามารถเพิ่มเซ็นเซอร์อีกหลายชนิดเพื่อความแม่นยำในการเก็บข้อมูล อาทิ เซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์, เซ็นเซอร์ตรวจวัดปริมาณออกซิเจนภายในโรงเรือน, เซ็นเซอร์วัดปริมาณความเข้มข้นของปุ๋ยในน้ำ, เซ็นเซอร์วัดปริมาณแสงเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] Roberto Minerva et al., “*Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)*,” [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/317588072_Towards_a_definition_of_the_Internet_of_Things_IoT [Accessed: June 20, 2020].
- [2] X. Xu et al., “Intelligent fault prediction system based on internet of things,” *Computers & Mathematics with Applications*, vol.64, no.5, pp.833–839, September 2012.
- [3] Michael Barr, “*Embedded Systems Glossary*,” [Online]. Available: <https://barrgroup.com/Embedded-Systems/Glossary> [Accessed: June 9, 2019].
- [4] H. Steve, “*An Embedded System is a Microprocessor-Based System that is Built to Control a Function or a Range of Functions*,” Burlington: Newnes, 2003.
- [5] Wikipedia, “*Single-Board Microcontroller*,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller. [Accessed: June 20, 2020].
- [6] Postscapes, “*IoT Standards and Protocols*,” [Online]. Available: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/> [Accessed: June 21, 2020].
- [7] Cisco Systems, Inc., “*HTTP/HTTPS 1.1 Web Server and Client*,” [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/https/configuration/x-16/https-xe-16-book/HTTP_1-1_Web_Server_and_Client.html [Accessed: June 21, 2020].
- [8] Cisco Systems, Inc., “*TCP/IP Overview*,” [Online]. Available: https://www.cs.ait.ac.th/~on/O/oreilly/tcpip/tcpip/ch01_01.htm [Accessed: June 21, 2020].
- [9] Cisco Systems, Inc., “*Simple Mail Transfer Protocol*,” [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/sw_upgrades/interlink/r2_0/user/ugsmtp.html [Accessed: June 21, 2020].
- [10] Cisco Systems, Inc., “*Server FTP*,” [Online]. Available: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/sw_upgrades/interlink/r2_0/user/ugftpsvr.html [Accessed: June 21, 2020].

- [11] IBCON, “*Protocol สำหรับ IoT Device มีอะไรบ้าง,*” [Online]. Available: <http://blog.ibcon.com/?p=151> [Accessed: July 21, 2020].
- [12] Cisco Systems, Inc., “*ICMP,*” [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/security/asa/asa-command-reference/I-R/cmdref2/i1.html> [Accessed: June 21, 2020].
- [13] Cisco Systems, Inc., “*DHCP,*” [Online]. Available: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/ipaddr/command/ipaddr-cr-book/ipaddr-i2.html> [Accessed: June 21, 2020].
- [14] Z. Shelby et al., “*Constrained Application Protocol (CoAP),*” [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc7252> [Accessed: May 2, 2020].
- [15] PickData, “*MQTT vs CoAP, the Battle to Become the Best IoT Protocol,*” [Online]. Available: <https://www.pickdata.net/news/mqtt-vs-coap-best-iot-protocol> [Accessed: July 11, 2020].
- [16] IBM, “*Getting to Know MQTT,*” [Online]. Available: <https://developer.ibm.com/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/> [Accessed: January 7, 2020].
- [17] Wikipedia, “*Sensor,*” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor> [Accessed: June 2, 2020].
- [18] Wikipedia, “*Actuator,*” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Actuator> [Accessed: June 2, 2020].
- [19] TECH, “*IoT Sensors and Actuators,*” [Online]. Available: <https://www.posts-capes.com/iot-sensors-actuators/> [Accessed: June 9, 2020].
- [20] โกศลย์ และ สุวรรณ คำราญ, *พจนานุกรมฟิสิกส์*, กรุงเทพฯ: Nanmeebooks, 2554.
- [21] Principles of Structural Chemistry, “*Electromagnetic Spectrum,*” [Online]. Available: <https://sites.google.com/a/coe.edu/principles-of-structural-chemistry/relationship-between-light-and-matter/electromagnetic-spectrum> [Accessed: June 5, 2020].
- [22] NASA Science Share the Science, “*Visible Light,*” [Online]. Available: https://science.nasa.gov/ems/09_visiblelight#:~:text=The%20visible%20light%20spectrum%20is,from%20380%20to%20700%20nanometers. [Accessed: September 2, 2020].

- [23] NASA Earth Observatory, “*Observing in Infrared*,” [Online]. Available: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/FalseColor/page5.php> [Accessed: December 2, 2019].
- [24] Wikipedia, “*Normalized Difference Vegetation Index*,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Normalized_difference_vegetation_index [Accessed: December 2, 2019].
- [25] EOS, “*NDVI*,” [Online]. Available: <https://eos.com/ndvi/#:~:text=According%20to%20this%20formula%2C%20the,the%20sum%20of%20these%20intensities>. [Accessed: December 2, 2019].
- [26] J. A. Gamon et al., “Relationships between NDVI canopy structure, and photosynthesis in three californian vegetation types,” *Ecological Applications*, vol.5, no.1, pp.28–41, May 1995.
- [27] Precisionhawk, “*Understanding Your Aerial Data: Normalized Difference Vegetation Index*,” [Online]. Available: <https://www.precisionhawk.com/blog/media/topic/ndvi> [Accessed: June 6, 2020].
- [28] USGS Science for a Changing World, “*Landsat Normalized Difference Vegetation Index*,” [Online]. Available: https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-normalized-difference-vegetation-index?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con [Accessed: June 8, 2020].
- [29] STEEMIT, “*What is NDVI and why it is an Indication for Vegetation Cover*,” [Online]. Available: <https://steemit.com/science/@samve/what-is-ndvi-and-why-it-is-an-indication-for-vegetation-cover> [Accessed: June 1, 2020].
- [30] Medium, “*More Than Meets the Eye*,” [Online]. Available: <https://medium.com/evergreens-farms/more-than-meets-the-eye-using-light-reflectance-to-monitor-crops-indoors-446c5a550c4d> [Accessed: June 20, 2020].
- [31] Raspberry Pi Thailand Blog, “*การถ่ายภาพการสังเคราะห์แสงพืชด้วยกล้อง Raspberry Pi NoIR*,” [Online]. Available: <https://raspberrypi-thailand.blogspot.com/2016/07/blog-post.html> [Accessed: June 1, 2019].

- [32] Sentera, “NDVI and Your Farm: Understanding NDVI for Plant Health Insights,” [Online]. Available: <https://sentera.com/understanding-ndvi-plant-health> [Accessed: June 1, 2019].
- [33] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *ข้อมูลแบบมีโครงสร้าง (Structured Data)*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [34] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *ข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้าง (Unstructured Data)*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [35] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยดาต้า ไมน์นิง*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [36] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering)*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [37] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *Clustering Validity*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [38] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *Classification*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดิจิตอลการพิมพ์, 2557.
- [39] Wikipedia, “Algorithm,” [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Algorithm> [Accessed: September 5, 2019].
- [40] A.N. Chesalin et al., “Modification of the WaldBoost algorithm to improve the efficiency of solving pattern recognition problems in real-time,” *Rossiiskii Tekhnologicheskii Zhurnal (Russian Technological Journal)*, vol. 7, no. 5, pp. 20–29, July 2019.
- [41] O. Maimon and L. Rokach, *Decision Trees*, Boston: Springer, 2005.
- [42] T. Bayes and R. Price, “An essay towards solving a problem in the doctrine of chance by the late rev. Mr. Bayes, communicated by Mr. Price,” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 53, pp. 370-418, January 1763.
- [43] T. M. Mitchell, *Machine Learning*, New York: McGraw-Hill, 1997.
- [44] Wikipedia, “Sigmoid Function,” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Sigmoid_function [Accessed: September 9, 2020].
- [45] เอกสิทธิ์ พัทธวงศ์ศักดิ์, *เทคนิค Ensemble*, กรุงเทพฯ: เอเชีย ดี พรีเมียม จำกัด, 2563.
- [46] C. Shearer, “The CRISP_DM Model: The new blueprint for datamining,” *Journal of Data Warehousing*, vol. 5, no. 4, pp. 13-22, September 2000.
- [47] จิรัชย์ เจนพาณิชย์, *Photosynthesis*, กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดดา, 2554.
- [48] S. S. Mader, *กายวิภาคและการเจริญเติบโตของพืช*, กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล, 2012.

- [49] DISTHAI, “*ชั้นง่าย ประโยชน์ดีๆ สรรพคุณเด่นๆ และข้อมูลงานวิจัย*,” [Online]. Available: <https://www.disthai.com/17105422/ชั้นง่าย> [Accessed: 2 ธันวาคม 2561].
- [50] สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.), “*การปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์*,” กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ(วช.), 2562.
- [51] จิรัลย์ เจนพาณิชย์, *การลำเลียง แลกเปลี่ยน และการตอบสนองของพืช*, กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดสามลดา, 2554.
- [52] ภราดร กาญจนสุธรรม และคณะ, “การประมวลผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปรังด้วยข้อมูลดาวเทียม SMMS โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) กรณีศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, ปีที่ 22, ฉบับที่ 1, หน้า 55-66, มกราคม-มีนาคม, 2014.
- [53] นฤมล อินทวิเชียร และคณะ, “ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีความแตกต่างพืชพรรณของพื้นที่นาข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต จากข้อมูลดาวเทียม,” *วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา*, ปีที่1, ฉบับที่ 2, หน้า 14-30, กรกฎาคม-ธันวาคม 2559.
- [54] P. M. Cristiano et al, “High NDVI and potential canopy photosynthesis of south american subtropical forests despite seasonal changes in leaf area index and air temperature,” *Forests 2014*, vol. 5, no. 2, pp. 287-308, February 2014.
- [55] J. Bicans et al, “IoT camera-based approach to capture and process si-ndvi sensor data for industrial tomato greenhouse,” *2019 IEEE 7th IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering*, (AIEEE), Liepaja, Latvia, November 15-16, 2019, pp. 153-159.
- [56] พิษณุสินี เพชรไทย และ ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, “ผลของความเข้มแสงและระยะเวลารับแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผักกาดหอม,” *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 3, หน้า 54-59, กรกฎาคม-กันยายน 2560.
- [57] วริศรา ปานพรม และ วิสาคร วงษ์พิมพา, “ผลกระทบของระดับอุณหภูมิในบรรยากาศที่แตกต่างกัน ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและปริมาณผลผลิตของถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merrill),” *วิทยานิพนธ์ วท.บ. (ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม)*, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก, 2556.
- [58] C. Körner, “When growth controls photosynthesis,” *IEEE 4th International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation*, NJ IEEE, Piscataway, United States, October-December 2012, pp. 5-7.

- [59] R. Salazar et al., "A neural network model for photosynthesis prediction," *2009 Eighth Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, IEEE, Guanajuato, Mexico, November 9-13, 2009, pp. 140-143.
- [60] นริศรา ขาวนา, "ผลของไคโตซานและปุ๋ยน้ำจากແຫນແຕง ต่อผลผลิตของผักขึ้นฉ่าย," *วิทยานิพนธ์ กษ.บ. (เกษตร)*, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี, 2556.
- [61] รัตติกานต์ วิบูลย์พานิช, "การออกแบบตัวต้นแบบระบบโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมความสะดวกสบายให้กับผู้สูงอายุโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อทุกสรรพสิ่ง," *การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติเบญจมิตรวิชาการครั้งที่ 8*, มหาวิทยาลัยธนบุรี, กรุงเทพฯ, 30 พฤษภาคม 2561, หน้า 25-34.
- [62] เจษฎา ขจรฤทธิ์ และคณะ, "การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Internet of Things ในการควบคุมระบบส่องสว่างสำหรับบ้านอัจฉริยะ," *วารสารวิทยาการและเทคโนโลยีสารสนเทศ*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, หน้า 1-11, มิถุนายน 2560.
- [63] สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุลและ ปานวิทย์ ชูะนุติ, "Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้โปรแกรม Hadoop," *วารสารวิชาการปทุม*, ปีที่ 6, ฉบับที่ 15, หน้า 61-72, เมษายน 2559.
- [64] Raspberry Pi, "*Raspberry Pi 3 Model B+ Datasheet*," [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/datasheets/rpi_DATA_CM3plus_1p0.pdf [Accessed: December 10, 2018].
- [65] ESPRESSIF, "*ESP8266-12E (Node MCU) Datasheet*," [Online]. Available: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/ESP8266-NodeMCU-Datasheet.pdf [Accessed: December 9, 2018].
- [66] Raspberry Pi, "*Pi NoIR Camera V2 Datasheet*," [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/80e5/0900766b8127db33.pdf> [Accessed: December 6, 2018].
- [67] Aosong Electronics Co. Ltd., "*DHT22 Datasheet*," [Online]. Available: <https://datasheetspdf.com/pdf/792211/Aosong/DHT22/1> [Accessed: December 20, 2018].
- [68] Winsen, "*Carbon Dioxide Sensor MH-Z14A Datasheet*," [Online]. Available: https://www.winsen-sensor.com/d/files/infrared-gas-sensor/mh-z14a_co2-manual-v1_01.pdf [Accessed: June 25, 2020].
- [69] Components101, "*BH1750*," [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor> [Accessed: June 5 2020].

- [70] Components101, “*Relay 5V Datasheet*,” [Online]. Available: <https://components101.com/5v-relay-pinout-working-datasheet> [Accessed: June 20, 2020].
- [71] OPENCIRCUIT, “*I2C LED Module Datasheet*,” [Online]. Available: <https://opencircuit.shop/resources/file/da88acc1702a90667728fcf4ac9c75c455475706466/I2C-LCD-interface.pdf> [Accessed: June 20, 2020].
- [72] SOLOMON SYSTECH, “*OLED SSD 1306 Datasheet*,” [Online]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/SSD1306.pdf> [Accessed: June 30, 2020].



ภาคผนวก

TNI

ภาคผนวก ก

โค้ดโปรแกรม (System Code)

TNI

Controller System Code at ESP8266-12E (Node MCU)

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include "DHT.h"
#include <time.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <BH1750.h>
#include "Adafruit_MQTT.h"
#include "Adafruit_MQTT_Client.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <MHZ.h>

#define OLED_RESET 16
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);
#define CO2_IN 10
MHZ co2(CO2_IN, MHZ14A);
BH1750 lightMeter(0x23);
#define MQTT_SERVER "192.168.1.9"
#define MQTT_PORT 1883
#define MQTT_USERNAME ""
#define MQTT_PASSWORD ""
#define LED_ST 2 //LED_TOP D4
#define LED_Send 16 //LED_bot D0
#define DHTPIN 0 //SD3 D3=0
#define DHTTYPE DHT22
// #define LR1 14 //D5
#define LR2 14 //D5

```



```

#define LR3 12 //D6
#define LR4 13 //D7

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //16,2
WiFiClient client;
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&client, MQTT_SERVER, MQTT_PORT, MQTT_USERNAME,
MQTT_PASSWORD);
Adafruit_MQTT_Publish pi_led = Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, MQTT_USERNAME
"/leds/pi");
Adafruit_MQTT_Subscribe esp8266_led = Adafruit_MQTT_Subscribe(&mqtt,
MQTT_USERNAME "/leds/esp8266");
void MQTT_connect();
void DisplayPreHeating();
void DisplayStatus(String val,String val2);
String TimeNowString();

struct Weather_Values{
    float Humidity,Temperature;
};
typedef struct Weather_Values Struct;
Struct result_Weather;

void SetTime();
String MQTT_Subscribe_Function();

char auth[] = "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX";
char ssid[] = "Green House";
char pass[] = "GHGHHGHGH";

```

```

int timezone = 7 * 3600; //ตั้งค่า TimeZone = 7 ตามเวลาประเทศไทย
int dst = 0; //กำหนดค่า Date Swing Time
int TG_MQTT = 1;
String Time = "";
String ms = "";

int result_Lux=0;
int result_Co2 =0;
int Df_Low_Humidity=70;
int Df_High_Humidity=90;
int Bylnk_NDVI = 0;
int Switch_MN = 0;
BLYNK_WRITE(V8) {
    Df_Low_Humidity = param.asInt();
    Blynk.virtualWrite(V3, Df_Low_Humidity);
}

BLYNK_WRITE(V9) {
    Df_High_Humidity = param.asInt();
    Blynk.virtualWrite(V4, Df_High_Humidity);
}

BLYNK_WRITE(V2) {
    Switch_MN = param.asInt();
}

BLYNK_WRITE(V12) {
    Bylnk_NDVI = param.asInt();
}

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
WidgetLED led1(V4), led2(V5), led3(V6), led4(V13);

```

```
void setup() {  
  
    Serial.begin(9600);  
    Setup_pin();  
    Setup_Moniter();  
    display.clearDisplay();  
    DisplayStatus("WiFi","Conecting");  
    Blynk.begin(auth, ssid, pass);  
    Blynk.virtualWrite(V3, Df_Low_Humidity);  
    Blynk.virtualWrite(V4, Df_High_Humidity);  
    DisplayStatus("WiFi","Complte");  
    mqtt.subscribe(&esp8266_led);  
    SetTime();  
    Setup_Sensor();  
}  
  
void loop() {  
  
    Blynk.run();  
    MQTT_connect();  
    ms=MQTT_Subscribe_Function();  
    Time = TimeNowString();  
    Serial.println(Time);  
    result_Weather = Weather_Function();  
    result_Lux=Light_sensor_Function();  
    result_Co2 = Co2_Funtion();  
    main_control(Switch_MN,result_Weather.Humidity,result_Weather.Temperature,Df_  
    Low_Humidity,Df_High_Humidity);  
}
```

```

TG_MQTT=MQTT_NDVI( Time, TG_MQTT,result_Lux);

Display_main(result_Weather.Temperature,result_Weather.Humidity,result_Lux,result_Co2);

LCD_main(result_Weather.Temperature,result_Weather.Humidity,result_Lux,result_Co2,ms);
  MN_MQTT_NDVI();
  delay(1000);
}

void Setup_pin(){
  Wire.begin();
  pinMode(LED_ST, OUTPUT);
  pinMode(LED_Send, OUTPUT);
  pinMode(LR2, OUTPUT);
  pinMode(LR3, OUTPUT);
  pinMode(LR4, OUTPUT);
  pinMode(CO2_IN, INPUT);

  digitalWrite(LED_ST, HIGH); //AC LOW
  digitalWrite(LED_Send, HIGH); //AC LOW
  digitalWrite(LR2,HIGH);//OFF
  digitalWrite(LR3,HIGH);//OFF
  digitalWrite(LR4,HIGH);//OFF
  //mqtt.subscribe(&esp8266_led);
}

void Setup_Moniter(){
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);

```

```
lcd.begin(20,4);  
lcd.init();  
lcd.backlight();  
dht.begin();  
  
}  
void Setup_Sensor(){  
  dht.begin();  
  if (lightMeter.begin(BH1750::CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE)) {  
    Serial.println(F("BH1750 Advanced begin"));  
  }  
  else {  
    Serial.println(F("Error initialising BH1750"));  
  }  
  if (co2.isPreHeating()) {  
    Serial.print("Preheating");  
    while (co2.isPreHeating()) {  
      DisplayPreHeating();  
    }  
    Serial.println("Complte");  
  }  
}
```



```

Struct Weather_Function(){
  Struct Weather;
  float h=dht.readHumidity();
  float t=dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  if (isnan(h) || isnan(t)|| isnan(f))
  {
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
  }
  else{
    Weather.Humidity=h;
    Weather.Temperature=t;
    Blynk.virtualWrite(V0,Weather.Temperature);
    Blynk.virtualWrite(V1,Weather.Humidity);
    Serial.println("Temp = " + String(Weather.Temperature));
    Serial.println("Humi = " + String(Weather.Humidity));
    return Weather;
  }
}

```

```

int Co2_Funtion(){
  int Co2 = co2.readCO2PWM();
  Serial.print("CO2: ");
  Serial.println(String(Co2)+" ppm");
  Blynk.virtualWrite(V10,Co2);
  return Co2;
}

```

```
int Light_sensor_Function(){
    int lux = lightMeter.readLightLevel();
    Serial.print("Light: ");
    Serial.print(lux);
    Serial.println(" lx");
    Blynk.virtualWrite(V11,lux);
    return lux;
}

void MQTT_connect() {
    int8_t ret;
    // Stop if already connected.
    if (mqtt.connected()) {
        return;
    }
    Serial.print("Connecting to MQTT... ");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Connecting to MQTT");
    DisplayStatus("MQTT","Conecting");
    uint8_t retries = 3;
    while ((ret = mqtt.connect()) != 0) { // connect will return 0 for connected

        Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));
        Serial.println("Retrying MQTT connection in 6 seconds...");
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0);
```

```

lcd.print("Connecting in 6s");

mqtt.disconnect();
for (int i = 0; i <= 30; i++) {
    digitalWrite(LED_ST, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(LED_ST, HIGH);
    delay(100);
} // wait 6 seconds
//retries--;
/*if (retries == 0) {
    // basically die and wait for WDT to reset me
    while (1);
} */
}
delay(100);

Serial.println("MQTT Connected!");
DisplayStatus("MQTT","Connected");
digitalWrite(LED_ST, LOW);
}

void MQTT_send (void) { // Timer reached zero, now re-load
it to repeat

    Serial.println("Send");
    //led4.on();
    for (int i=0;i<3;i++){
        digitalWrite(LED_Send, LOW);
        pi_led.publish("TakePhoto");
        delay(1000);
    }
}

```

```

    digitalWrite(LED_Send, HIGH);
    delay(1000);
}
//led4.off();
}

String MQTT_Subscribe_Function(){
    String Get_message = "";
    Adafruit_MQTT_Subscribe *subscription;
    while ((subscription = mqtt.readSubscription())) {
        if (subscription == &esp8266_led) {
            char *message = (char *)esp8266_led.lastread;
            Get_message = message;
            Serial.print(F("Got: "));
            Serial.println(message);
            Blynk.virtualWrite(V7,message);
            return Get_message;
        }
        /*else {

            return Get_message;*/
        }
    }
}

void SetTime()
{
    configTime(timezone, dst, "ntp.nict.jp", "ntp.jst.mfeed.ad.jp"); //ดึงเวลาจาก Server
    Serial.println("\nLoading time");
    while (!time(nullptr)){
        Serial.print("*");
        delay(100);
    }
}

```

```

    }
}

String TimeNowString() {

    time_t now = time(nullptr);
    struct tm* newtime = localtime(&now);
    String tmpNow = "";

    tmpNow = String(newtime->tm_min);

    return tmpNow;
}

void main_control(int STM,float H,float T,int LH,int HH){
    if(STM==0){
        if(H < LH ){ //70
            digitalWrite(LR2,LOW); //high
            led2.on();
        }
        else if (H >= HH){ //80
            digitalWrite(LR2,HIGH); //LOW
            led2.off();
        }
    }
    else
    {
        digitalWrite(LR2,LOW);
        led2.on();
    }
}

```



```

if(STM==0){
    if (T > 28){
        digitalWrite(LR3,LOW); //FAN ON
        digitalWrite(LR4,LOW);
        led3.on();
    }
    else if(T <= 26){
        digitalWrite(LR3,HIGH); //FAN OFF
        digitalWrite(LR4,HIGH);
        led3.off();
    }
}
/*if(digitalRead(MN) == LOW){
    digitalWrite(LR3,HIGH);
    digitalWrite(LR4,HIGH);
    led3.off();}*/
else
{
    digitalWrite(LR3,LOW);
    digitalWrite(LR4,LOW);
    led3.on();
} //FAN ON MN
}

void MN_MQTT_NDVI(){
    if(Bylnk_NDVI == 1){
        MQTT_send();
        led4.on();
    }
    else {
        led4.off();
    }
}

```

```

    }
}

int MQTT_NDVI(String Time,int TG_MQTT,int lux){

    if(lux>=100) //!=0
    {
        if((Time == "0" || Time == "15" || Time == "30" || Time == "45") && (TG_MQTT==1))
        {
            MQTT_send();
            TG_MQTT=0;
            Serial.print("MQTT :");
            Serial.println(TG_MQTT);
        }

        else if ((Time == "1" || Time == "16" || Time == "31" || Time == "46" || Time == "59")
        && (TG_MQTT==0))
        {
            TG_MQTT=1;
            Serial.print("MQTT :");
            Serial.println(TG_MQTT);
        }
    }
    else{TG_MQTT=1;}
    return TG_MQTT;
}

void drawPercentbar(int x,int y, int width,int height, int progress)
{
    progress = progress > 100 ? 100 : progress;
    progress = progress < 0 ? 0 :progress;

```

```

float bar = ((float)(width-4) / 100) * progress;
display.drawRect(x, y, width, height, WHITE);
display.fillRect(x+2, y+2, bar , height-4, WHITE);
// Display progress text
if( height >= 15){
    display.setCursor((width/2) -3, y+5 );
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    if( progress >=50)
        display.setTextColor(BLACK, WHITE); // 'inverted' text
    display.print(progress);
    display.print("%");
}
}

void DisplayPreHeating(){
    int Countdown=0;
    int p3=0;
    Serial.println("Preheating");
    while (co2.isPreHeating()) { //co2.isPreHeating()
        Serial.println(Countdown);
        Countdown+=1;
        display.clearDisplay();
        display.setTextSize(2); // กำหนดขนาดตัวอักษร
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0,0); // กำหนดตำแหน่ง x,y ที่จะแสดงผล
        display.println("CO2 Sensor Warming ");
        p3=(Countdown*100)/180;
        drawPercentbar( 0, 40, 128, 20,p3);
        if( p3 >= 180) {p3 =180;}
        display.display();
        delay(1000); //1000
    }
}

```

```

}
}

void DisplayStatus(String val,String val2){
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(2); // กำหนดขนาดตัวอักษร
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0); // กำหนดตำแหน่ง x,y ที่จะแสดงผล
    display.println(val);
    display.setTextSize(2); // กำหนดขนาดตัวอักษร
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,22); // กำหนดตำแหน่ง x,y ที่จะแสดงผล
    display.println(val2);
    display.display();
    delay(1000);
}

void Display_main(float t,float h,int lux,int ppm){
    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.setCursor(0,0);
    display.println("Temp:" + String(t) + " C");
    display.setCursor(0,11);
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.println("Humidity:"+String(h)+" %");
    display.setCursor(0,22);
    display.setTextSize(1);
    display.setTextColor(WHITE);
    display.println("Lux:"+String(lux)+" Lux");
}

```

```

display.setCursor(0,33);
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.println("CO2:"+String(ppm)+" ppm");
display.display();
}

void LCD_main(float t,float h,int lux,int ppm,String ndvi){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("T:"+String(result_Weather.Temperature)+"C");
  lcd.setCursor(12, 0);
  lcd.print("H:"+ String(result_Weather.Humidity)+"%");//8dic
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Co2:"+String(ppm)+"ppm");
  lcd.setCursor(12, 1);
  lcd.print("Lux:"+String(lux));
  if (digitalRead(LR3)==HIGH  &&  digitalRead(LR4)==HIGH){lcd.setCursor(11,
2);lcd.print("FAN:OFF");}
  else{lcd.setCursor(11, 2); lcd.print("FAN:ON");}
  lcd.setCursor(0,2);
  if (digitalRead(LR2)==HIGH){lcd.print("FOGGY:OFF");}
  else {lcd.print("FOGGY:ON");}
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("NDVI:"+String(ndvi));
}

```


Slave System Code at Raspberry pi 3 b+

```

import paho.mqtt.client as mqtt
import datetime
import time
import numpy as np
import cv2
import picamera
import picamera.array
from gpiozero import LED
from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO

LED_PIN = 24
BUTTON_PIN = 23
led = LED(21)
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(LED_PIN, GPIO.OUT)
GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)
GPIO.setup(BUTTON_PIN, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

def nothing(x):
    pass

font=cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX

cap = cv2.VideoCapture(0)

```

```

width = 544 #544
height= 400 #400
frame_width = 544
frame_height= 400
timestamp = datetime.datetime.now()
formattedTime = timestamp.strftime("%Y%m%d-%H:%M:%S.mp4")

out =
cv2.VideoWriter('/home/pi/Desktop/ProjectNDVI/MQTT_VD/NDVItest20'+formattedTime, cv2.VideoWriter_fourcc('X','V','I','D'), 10, (1088,800),1)
"""
    Combines four images for display.
"""
def disp_multiple(im1=None, im2=None, im3=None, im4=None):

    combined = np.zeros((2 * height, 2 * width, 3), dtype=np.uint8)

    combined[0:height, 0:width, :] = im1
    combined[height:, 0:width, :] = im2
    combined[0:height, width:, :] = cv2.cvtColor(im3, cv2.COLOR_GRAY2RGB)
    combined[height:, width:, :] = im4

    return combined

def label(image, text):

```

```

"""
Labels the given image with the given text
"""

return cv2.putText(image, text, (0, 50), font, 2, (255,255,255),4)

def contrast_stretch(im):
    """
    Performs a simple contrast stretch of the given image, from 5-95%.
    """
    in_min = np.percentile(im, 5)
    in_max = np.percentile(im, 95)

    out_min = 0.0
    out_max = 255.0

    out = im - in_min
    out *= ((out_min - out_max) / (in_min - in_max))
    out += in_min

    return out

#load display colorbars
colorbar= cv2.imread ("/home/pi/Desktop/ProjectNDVI/NDVIcolormap.jpg",1)

colorbar=cv2.resize (colorbar,None, fx=.8,fy=.4,interpolation=cv2.INTER_CUBIC)

print (colorbar.shape)

colorbarjet=cv2.imread("/home/pi/Desktop/ProjectNDVI/jetcolorbar.jpg",1)

```

```
print (colorbarjet.shape)
```

```
#fastie colormap
```

```
def fastieColorMap(ndvi) :
```

```
    fastie = np.zeros((256, 1, 3), dtype=np.uint8)
```

```
    fastie[:, 0, 2] = [255, 250, 246, 242, 238, 233, 229, 225, 221, 216, 212, 208, 204,
200, 195, 191, 187, 183, 178, 174, 170, 166, 161, 157, 153, 149, 145, 140, 136, 132,
128, 123, 119, 115, 111, 106, 102, 98, 94, 90, 85, 81, 77, 73, 68, 64, 60, 56, 52, 56, 60,
64, 68, 73, 77, 81, 85, 90, 94, 98, 102, 106, 111, 115, 119, 123, 128, 132, 136, 140,
145, 149, 153, 157, 161, 166, 170, 174, 178, 183, 187, 191, 195, 200, 204, 208, 212,
216, 221, 225, 229, 233, 238, 242, 246, 250, 255, 250, 245, 240, 235, 230, 225, 220,
215, 210, 205, 200, 195, 190, 185, 180, 175, 170, 165, 160, 155, 151, 146, 141, 136,
131, 126, 121, 116, 111, 106, 101, 96, 91, 86, 81, 76, 71, 66, 61, 56, 66, 77, 87, 98,
108, 119, 129, 140, 131, 122, 113, 105, 96, 87, 78, 70, 61, 52, 43, 35, 26, 17, 8, 0, 7,
15, 23, 31, 39, 47, 55, 63, 71, 79, 87, 95, 103, 111, 119, 127, 135, 143, 151, 159, 167,
175, 183, 191, 199, 207, 215, 223, 231, 239, 247, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255, 255,
255, 255, 255, 255, 255]
```

```
    fastie[:, 0, 1] = [255, 250, 246, 242, 238, 233, 229, 225, 221, 216, 212, 208, 204,
200, 195, 191, 187, 183, 178, 174, 170, 166, 161, 157, 153, 149, 145, 140, 136, 132,
128, 123, 119, 115, 111, 106, 102, 98, 94, 90, 85, 81, 77, 73, 68, 64, 60, 56, 52, 56, 60,
64, 68, 73, 77, 81, 85, 90, 94, 98, 102, 106, 111, 115, 119, 123, 128, 132, 136, 140,
145, 149, 153, 157, 161, 166, 170, 174, 178, 183, 187, 191, 195, 200, 204, 208, 212,
216, 221, 225, 229, 233, 238, 242, 246, 250, 255, 250, 245, 240, 235, 230, 225, 220,
215, 210, 205, 200, 195, 190, 185, 180, 175, 170, 165, 160, 155, 151, 146, 141, 136,
```

#####


```
def run():
```

```
##### Start MQTT Function
#####
```

```
    print("Connected with result code " + str(rc))
    client.subscribe("/leds/pi")
```

```
def on_message(client, userdata, msg):
    print(msg.topic+" "+str( msg.payload))
    if msg.topic == '/leds/pi':
        if msg.payload == b'TakePhoto':
            curtime = datetime.datetime.now()
            formattedTime = curtime.strftime("%Y%m%d-%H:%M:%S")
            client.publish('/leds/esp8266', str("{0:.3f}".format(ndvi_Mean)))
```

```
cv2.imwrite("/home/pi/Desktop/ProjectNDVI/MQTT_takephoto/NDVI"+formattedTime+".jpg", combined)
```

```
    GPIO.output(LED_PIN, GPIO.HIGH)
    sleep(1) # 1sec
    GPIO.output(LED_PIN, GPIO.LOW)
```

```
# Create MQTT client and connect to localhost, i.e. the Raspberry Pi running
# this script and the MQTT server.
```

```
##### End of MQTT Function #####
```

```
with picamera.PiCamera() as camera:
```

```
    # Set the camera parameters
```

```
    x = 400 #400
```

```

# camera.resolution = (int(1.33 * x), x)
camera.resolution = (544, x)

# Various optional camera settings below:
camera.framerate = 30
camera.awb_mode = 'off'
#red/blue camera ratios from 0 to 8

client = mqtt.Client()
client.on_connect = on_connect
client.on_message = on_message
client.connect('localhost', 1883, 60)
client.loop_start()
# camera.awb_gains = (Red_gain,Blue_gain)

# Need to sleep to give the camera time to get set up properly
time.sleep(1)

with picamera.array.PiRGBArray(camera) as stream:
    while True:
        camera.capture(stream, format='bgr', use_video_port=True)
        image = stream.array

        image1=image
        Red_gain=35
        Blue_gain=4
        Frame_rate=30
        camera.awb_gains = (Red_gain/10,Blue_gain/10)
        camera.framerate = Frame_rate
        # Get the individual colour components of the image
        b, g, r = cv2.split(image)

```

```

#start video capture
ret, image = cap.read()
# Calculate the NDVI
# Bottom of fraction
bottom = (r.astype(float) + b.astype(float))
bottom[bottom == 0] = 0.01 # Make sure we don't divide by zero
ndvi = (r.astype(float) - b) / bottom
ndvi_Mean = ndvi.mean()
print("mean ndvi = {0:.3f}".format(ndvi_Mean))
ndvi = contrast_stretch(ndvi)
ndvi = ndvi.astype(np.uint8)
ndvijet = cv2.applyColorMap(ndvi, cv2.COLORMAP_JET)
ndvi = cv2.cvtColor(ndvi, cv2.COLOR_GRAY2BGR);
# NOTE : im_gray is 3-channel image with identical
ndvifastie = fastieColorMap(ndvi)
# Do the labelling
label(image1, 'RGB')
label(ndvifastie, 'NDVI/fastie')
label(r, 'RED')
label(ndvijet, 'NDVI/Jet')
# Combine ready for display
combined = disp_multiple(image1,ndvifastie,r, ndvijet)
# colorbar fastie

rows,cols,channels = colorbar.shape

roi = colorbar[0:rows, 0:cols ]

# Now create a mask of logo and create its inverse mask also
img2gray = cv2.cvtColor(colorbar,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret, mask = cv2.threshold(img2gray, 10, 255, cv2.THRESH_BINARY)

```

```

mask_inv = cv2.bitwise_not(mask)
# Now black-out the area of logo in ROI
img1_bg = cv2.bitwise_and(roi,roi,mask = mask_inv)

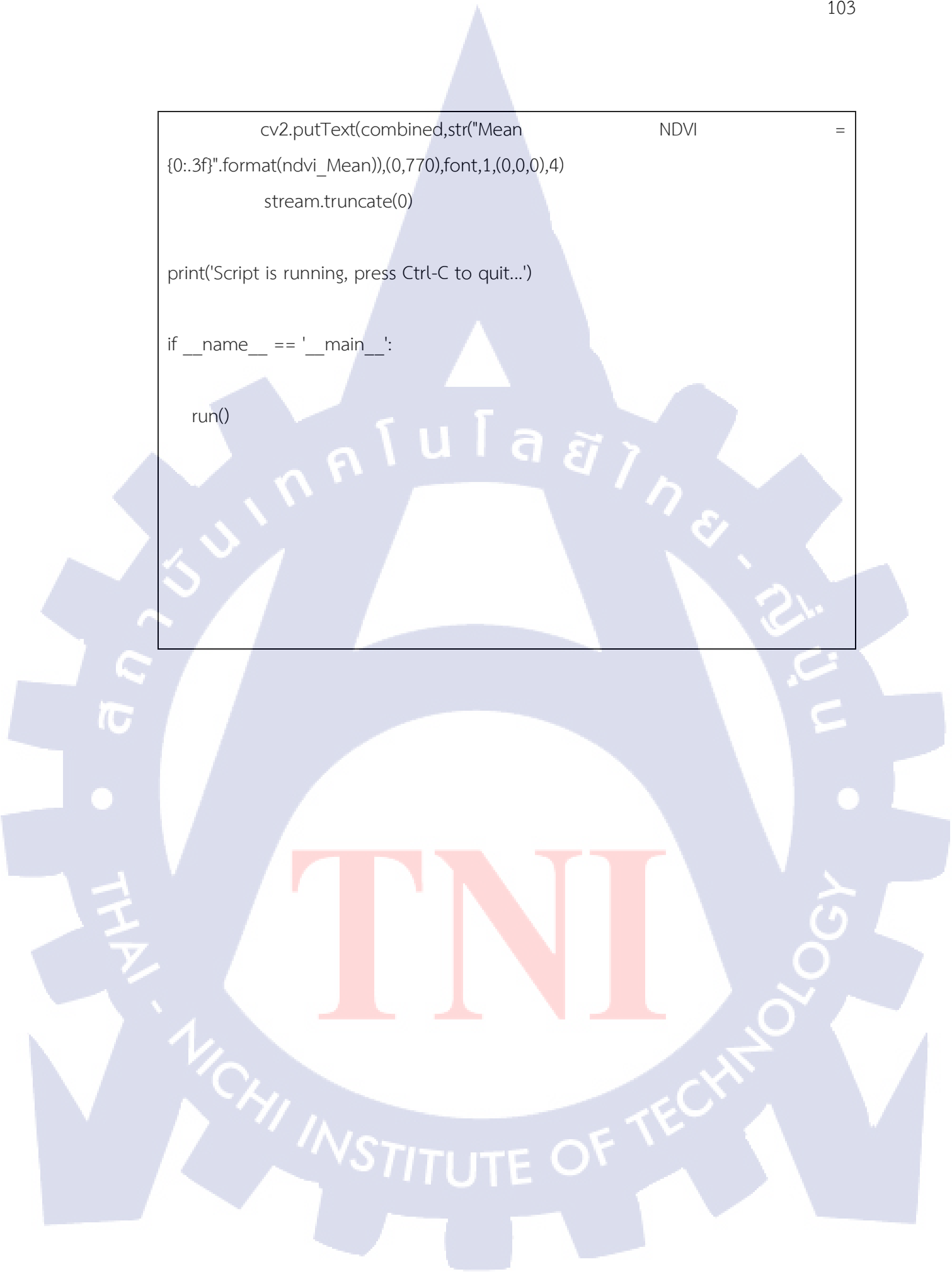
# Take only region of logo from logo image.
img2_fg = cv2.bitwise_and(colorbar,colorbar,mask = mask)

# Put logo in ROI and modify the main image
dst = cv2.add(img1_bg,img2_fg)

combined[775:(775+rows), 25:(25+cols)] = dst
# colorbar jet
rows,cols,channels = colorbarjet.shape
roi = colorbarjet[0:rows, 0:cols ]
# Now create a mask of logo and create its inverse mask also
img2gray = cv2.cvtColor(colorbarjet,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret, mask = cv2.threshold(img2gray, 10, 255, cv2.THRESH_BINARY)
mask_inv = cv2.bitwise_not(mask)
# Now black-out the area of logo in ROI
img1_bg = cv2.bitwise_and(roi,roi,mask = mask_inv)
# Take only region of logo from logo image.
img2_fg = cv2.bitwise_and(colorbarjet,colorbarjet,mask = mask)
# Put logo in ROI and modify the main image
dst = cv2.add(img1_bg,img2_fg)
combined[775:(775+rows), 720:(720+cols)] = dst
cv2.putText(combined,str(Red_gain/10),(750,50),font,2,(0,0,256),4)
cv2.putText(combined,str(Blue_gain/10),(200,50),font,2,(256,0,0),4)

```

```
cv2.putText(combined,str("Mean NDVI =  
{0:.3f}".format(ndvi_Mean)),(0,770),font,1,(0,0,0),4)  
stream.truncate(0)  
  
print('Script is running, press Ctrl-C to quit...')  
  
if __name__ == '__main__':  
  
    run()
```



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TNI

ภาคผนวก ข
การตีพิมพ์ผลงานวิจัย

TNI

ได้เข้าร่วมและตีพิมพ์งานวิจัยในงานประชุมวิชาการ TNIAC 2020



โมเดลการศึกษาปัจจัยและวิเคราะห์ผลที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กรณีศึกษา ดัชนีความต่างพืชพรรณ

จักริน ชัยสุญาณ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

177/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง

เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

oh.jakin_01@tni.ac.th

ณัฐกิตติ จิตรเอื้อตระกูล

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

177/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง

เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

natigat@tni.ac.th

ประจักษ์ เด็ดโฉม

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

177/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง

เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

prajak@tni.ac.th

บทคัดย่อ — ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมเนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นและดินอุดมสมบูรณ์ และมีสภาพภูมิประเทศ ทรัพยากร รวมทั้งสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรกรรมในทุก ๆ ด้าน ในปัจจุบันแม้ว่าจะมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำการเกษตรกรรม ซึ่งมีราคาที่สูงและค่าใช้ในการใช้จ่ายของเกษตรกรมีไม่มากนัก จึงยังใช้แรงงานคนในการดูแล และเก็บเกี่ยวผลผลิต

บทความนี้นำเสนอโมเดลสถาปัตยกรรมการพัฒนาระบบในการเก็บข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกพืชด้วยโรงเรือนขนาดเล็กให้รวดเร็วขึ้นพร้อมทั้งทำนายเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและยังประหยัดเวลาในการเพาะปลูกด้วยโรงเรือนขนาดเล็ก ข้อมูลที่เก็บมาในระบบจะถูกส่งขึ้นไปเก็บอยู่บนฐานข้อมูลและจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าของตัวแปรในแต่ละช่วงที่ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในแต่ละโมเดลการปลูกพืช

คำสำคัญ — ดัชนีความต่างพืชพรรณ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, โรงเรือน, สมาร์ทฟาร์ม

ABSTRACT — Thailand is an agricultural country because of terrain, climate, and resources which are suitable for cultivation. While today technology might be able to help agriculture in many ways but the barrier to accessing technology is their prices. That is the main reason why they are still using manpower

This paper proposed a control and monitoring system architecture with statistical analysis for greenhouse planting in order to reduce production cost and manpower. The data will be storage in database and analyzed the data look for parameters in best range of planting model.

Keywords — NDVI, IoT, Greenhouse, Smart farm.

I. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศทางด้านเกษตรกรรมมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นและดินอุดมสมบูรณ์ มีประเทศ ทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรกรรมในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็น การทำนา การทำสวนผลไม้ การทำพืชไร่ และการทำเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น และด้วยยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลงไป

การทำเกษตรในปัจจุบันนั้นจากเดิมที่เน้นเพื่อการดำรงชีพเป็นหลัก ส่วนที่เกินมาจึงจะนำไปขายเพื่อเป็นรายได้เสริม แปรเปลี่ยนไปสู่การผลิตเชิงการค้าโดยเพิ่มจำนวนผลผลิตให้มากขึ้น และใช้เวลาน้อยลง เกษตรกรบางส่วนได้นำเครื่องจักรและเทคโนโลยีมาใช้ในการทำงานที่ซ้ำซ้อนในการเกษตรให้ลดลงและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำการเกษตรให้จ่ายค่ายิ่งขึ้น แต่กระนั้นเทคโนโลยีที่เกษตรกรใช้อยู่ ณ ตอนนี้นั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการนำเครื่องจักรใช้ในการเกี่ยวเกี่ยวเพื่อลดแรงงานของคนลง แต่ก็เกี่ยวได้เร็วขึ้น หรือใช้เทคโนโลยีในการควบคุม ซึ่งการระบบอัตโนมัติ และแสดงผ่านเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันเท่านั้น มิได้มีการนำข้อมูลหรือปัจจัยเหล่านี้มาศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิต โดยปกติแล้วพืชนั้นจะเจริญเติบโตได้ต้องมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารและพลังงานที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการดำรงอยู่ของพืชในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อพืชในแต่ละชนิด ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหานี้จึงได้เริ่มทำการศึกษาค้นคว้าและวิจัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทางเศรษฐกิจในบทความนี้จะนำเสนอโมเดลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของพืชเพื่อลดเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

บทความนี้นำเสนอโมเดลในการเก็บข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูกพืชด้วยโรงเรือนขนาดเล็กให้เร็วขึ้นและทำนายเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตและลดระยะเวลาในการเพาะปลูกด้วยโรงเรือนขนาดเล็ก ภายในมีระบบควบคุมการให้น้ำและแสงแก่พืชภายในโรงเรือนและเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นภายในดิน ความเข้มแสง และ NDVI ผ่านเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งไว้ภายในโรงเรือนขนาดเล็ก ซึ่งพัฒนาขึ้นด้วย raspberry pi3 B+ สามารถควบคุมและติดตามข้อมูลทางสถิติเหล่านี้ผ่านทางแอปพลิเคชันมือถือ ข้อมูลที่เก็บผ่านเซ็นเซอร์จะถูกส่งขึ้นไปเก็บอยู่บนฐานข้อมูลและจึงนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าของตัวแปรในแต่ละช่วงที่ทำให้พืชนั้นเจริญเติบโตได้ดีที่สุด เพื่อให้ได้มาซึ่งโมเดลสำหรับการปลูกพืช

II. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

II.1 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือที่รู้จักกันในชื่อ Internet of Things (IoT) [1] หมายความว่า การที่สิ่งของ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรสามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันและกันได้ผ่านทางระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

ว่าจะเป็นทั้งระบบแบบมีสาย (LAN) หรือแบบไร้สาย (Wireless) โดยใช้โปรโตคอลเฉพาะในการสื่อสาร ทำให้สามารถควบคุม ตรวจสอบ บริหารจัดการ หรือ สามารถระบุตัวตนของสิ่งนั้นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ฟังก์ชันในการทำงานของอุปกรณ์ IoT อาจจะมีหลายฟังก์ชันหรือฟังก์ชันเดียวก็ได้ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของอุปกรณ์นั้น ๆ ในประเทศไทยอุปกรณ์ IoT ไม่ค่อยเป็นที่แพร่หลายเท่าไรนัก ส่วนใหญ่จะใช้ในทางด้านอุตสาหกรรม, การคมนาคม, และสินค้าบางชนิด ในปัจจุบันทางด้านภาคเกษตรกรรมก็เริ่มนำเทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยในการทำการเกษตรแต่ยังไม่แพร่หลายนัก ดังเกิดได้จากที่เกษตรกรบางคนเริ่มที่จะทำระบบ Smart farm ของตัวเองเพื่อลดต้นทุนทางด้านแรงงานคนลง การวางระบบทำให้การดูแลพืชผลต่าง ๆ ง่ายขึ้นและสามารถควบคุมและตรวจสอบแค่เพียงปลายนิ้วเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบความชื้นหรืออุณหภูมิภายในฟาร์มของตนเอง, การควบคุมการให้น้ำ, การให้แสง, หรือปริมาณแร่ธาตุในกรณีที่เป็นการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเก็บค่าทางสถิติผ่านเซ็นเซอร์หลายอย่างที่ติดตั้งภายใน Smart farm เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ภายในฟาร์มที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือผลผลิต

III.1 ความแตกต่างพืชพรรณ

ดัชนีความต่างพืชพรรณ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Normalized difference vegetation index (NDVI) [2] เป็นการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้นมาใหม่โดยใช้หลักการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่พืชสะท้อนกลับออกมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีความยาวคลื่นและความถี่แตกต่างกันออกไปในแต่ละประเภทได้แก่ คลื่นอัลตราไวโอเลต (200-315nm), คลื่นแสงที่ตามองเห็น (400-700nm), คลื่นอินฟราเรด (700-1300nm), คลื่นไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ โดยจะใช้การสะท้อนของ คลื่นอินฟราเรดใกล้ Near Infrared (NIR) กับ แสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น (Visible Light) ในการคำนวณค่าของดัชนีความต่างพืชพรรณโดยทั่วไปแล้วเมื่อแสงตกกระทบใบไม้โดยมี Chlorophyll a และ Chlorophyll b ที่ทำหน้าที่ดูดซับแสงในช่วงสีแดงและน้ำเงินซึ่งเป็นช่วงที่กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อใช้ในการสร้างอาหารแก่พืช พร้อมกับสะท้อนแสงในช่วงสีเขียวออกมา จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมจึงมองเห็นพืชเป็นสีเขียว ในส่วนของคลื่นอินฟราเรดจะถูก Carotenoid สะท้อนกลับออกมา ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง พืชต่างชนิดต่างสายพันธุ์จะสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสัดส่วนที่แตกต่างกันหรือพืชชนิดเดียวกันแต่มีอายุหรือความสมบูรณ์ต่างกัน การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็จะแตกต่างกันด้วยเช่นกันพืชที่สมบูรณ์จะมีการสะท้อน NIR มากกว่าช่วงสีแดง และพืชในกลุ่มที่ไม่สมบูรณ์จะมีการสะท้อน NIR น้อยกว่าหรือเท่ากับคลื่นช่วงสีแดงจากการสะท้อนที่แตกต่างกันข้างต้นจึงนำมาสู่การคำนวณสัดส่วนความแตกต่างระหว่าง 2 ช่วงคลื่นดังกล่าวโดยใช้สมการดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS} \quad (1)$$

โดยที่

NIR = ปริมาณแสง NIR ที่สะท้อนจากใบของพืช

VIS = ปริมาณแสง visible light ที่เหลือจากการดูดซับโดยใบของพืช

ทำให้สามารถแยกพืชที่มีความสมบูรณ์กับไม่สมบูรณ์ออกจากกันได้ โดยที่ NDVI จะมีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 ยิ่งค่า NDVI เข้าใกล้ 1 แสดงว่าพืชนั้นมีความสมบูรณ์ การวัดปริมาณการสังเคราะห์แสงด้วยค่าดัชนีความต่างพืชพรรณ มีงานวิจัยสรุปออกมาแล้วว่า ค่า NDVI มีความสัมพันธ์อย่างมากต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชโดยดูที่ปริมาณการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) [3].

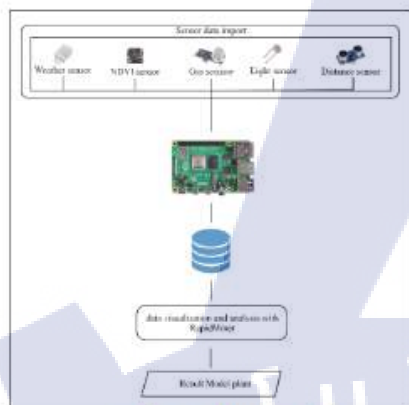
III.2 สถาปัตยกรรม

ในส่วนนี้อธิบายเกี่ยวกับการออกแบบระบบสถาปัตยกรรม, ฟังก์ชันที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการออกแบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดเก็บข้อมูลที่ได้รับมาจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือนขนาดเล็ก หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลได้มากพอแล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ เครื่องมือที่ชื่อว่า RapidMiner Studio [5] ในการวิเคราะห์และทำนายข้อมูล ให้ได้มาซึ่งโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการเพาะปลูก แนวทางในการทดสอบจะทำการปลูกขึ้นด้วยโดยออกแบบให้มีการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนขนาดเล็กที่ใช้ทำการปลูกพร้อมทั้งมีการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ภายในโรงเรือนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ ภายในตัวโรงเรือนขนาดเล็กจะมีทั้งระบบปรับความชื้น, ระบบรดน้ำอัตโนมัติ, และระบบแสงที่ช่วยในการเจริญเติบโตแก่พืช สามารถปรับแต่งระบบรดน้ำอัตโนมัติ, ระบบแสงรวมทั้งสภาพอากาศภายในให้เหมาะสมพืชในแต่ละชนิดได้

III.3 การออกแบบสถาปัตยกรรมระบบภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

ในงานวิจัยฉบับนี้ระบบสถาปัตยกรรมภายในโรงเรือนขนาดเล็กที่เพื่อช่วยควบคุมและเก็บวัดค่าต่าง ๆ ในกระบวนการปลูกพืช

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์นั้นจะประกอบไปด้วย เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ, ความชื้น, NDVI, ปริมาณแก๊ส, ความเข้มแสง และเซ็นเซอร์วัดความสูง เซ็นเซอร์เหล่านี้จะติดตั้งอยู่บนบอร์ด Raspberry pi เพื่อรับค่าเข้ามาทำการประมวลผลและถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล ข้อมูลที่รวบรวมมาจากเซ็นเซอร์จะถูกจัดเก็บอยู่ภายในฐานข้อมูล และนำมาวิเคราะห์เมื่อมีข้อมูลที่มีปริมาณข้อมูลที่มากพอสมควรเพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุดในการเพาะปลูกพืชในแต่ละชนิด



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบภายใน

III.2 ส่วนประกอบสำคัญภายในโรงเรือน

ส่วนประกอบที่จำเป็นของระบบฮาร์ดแวร์ที่นำเสนอไปในรูปที่ 1 นั้น ประกอบไปด้วย บอร์ดที่ใช้ในการควบคุมระบบและรับข้อมูล, เซ็นเซอร์อุณหภูมิและความชื้น, เซ็นเซอร์ NDVI, เซ็นเซอร์แก๊ส, เซ็นเซอร์วัดความสูง, และเซ็นเซอร์แสง ดังรูปที่ 2

- บอร์ดควบคุม Raspberry Pi 3 b+ เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีความสามารถในการใช้งานทั่วไปและมีคุณสมบัติเด่น คือ ติดตั้ง และควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้จากระบบปฏิบัติการ Raspbian
- เซ็นเซอร์ NDVI Pi NoIR Camera V2 คือกล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพในช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอินฟราเรดได้ โดยนำภาพถ่ายดังกล่าวมาทำการคำนวณเชิงคณิตศาสตร์เพื่อหาค่า NDVI ขึ้นมาโดยใช้สมการคณิตศาสตร์
- เซ็นเซอร์แก๊ส MQ-135 เป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดปริมาณแก๊สออกซิเจนหรือโอโซน
- เซ็นเซอร์วัดความสูง Ultrasonic เซ็นเซอร์ที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิกในการสะท้อนกลับเพื่อคำนวณหาระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์กับวัตถุที่อยู่ตรงหน้า เซ็นเซอร์
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น DHT22 เซ็นเซอร์สภาพอากาศมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิและความชื้น มีช่วงในการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส และช่วงในการวัดความชื้นอยู่ที่ 0 ถึง 100 %
- เซ็นเซอร์วัดแสง LDR เป็นตัวต้านทานแปรค่าตามแสง ตัวต้านทานชนิดนี้สามารถเปลี่ยนความนำไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงมาตกกระทบ

III.3 การควบคุมและวิเคราะห์

การออกแบบระบบควบคุมโรงเรือนอัจฉริยะ มีตัวแปรสำคัญอยู่ 3 อย่าง ได้แก่ เวลา สภาพแวดล้อมภายใน ดังนั้นความต่างพืชพรรณ

- เวลา เป็นตัวแปรที่สำคัญตัวแปรหนึ่งเนื่องจากต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการให้แสงกับพืช
- สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน
- ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มข้นภายใน เป็นตัวแปรที่ต้องได้รับการควบคุม เพื่อไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อการเพาะปลูก
- ดังนั้นความต่างพืชพรรณ คือตัวแปรใช้ในการตรวจสอบพืชภายในโรงเรือนที่มีการสังเคราะห์แสงหรือไม่

VI. กระบวนการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ในกระบวนการนี้ข้อมูลที่ถูกจัดเก็บมาจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือนขนาดเล็กจะถูกส่งขึ้นไปจัดเป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์โมเดลการเพาะปลูกพืชชนิดนั้น ๆ เมื่อทำการเก็บข้อมูลไปชั่วขณะระยะเวลาหนึ่งจึงเริ่มทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ค่าที่บันทึกลงฐานข้อมูลได้แก่ วัน, เวลา, อุณหภูมิ, ความชื้น, ปริมาณแก๊ส, ความเข้มแสง, ความสูงของพืช, และ NDVI โดยใช้ค่า NDVI เป็นตัวบ่งชี้ว่าพืชมีการสังเคราะห์แสงหรือไม่ใช้ในการเจริญเติบโต [4] จากการศึกษ พบว่า ปริมาณ CO_2 , O_2 , อุณหภูมิ, ความชื้น, แสง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช [6] [7] [8] การนำค่าดัชนีความต่างพืชพรรณที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้องที่มีความสามารถถ่ายภาพที่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วง NIR มาเข้าสมการเพื่อทำการคำนวณค่า NDVI ที่พืชมี ณ ช่วงเวลานั้น เทียบกับอัตราการตรึง CO_2 หรืออัตราการคาย O_2 ของพืช และสร้างกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของค่าทั้งสอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้พืชมีการสังเคราะห์แสงที่เพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบกันระหว่าง NDVI กับ ปริมาณแสง, NDVI กับ ความชื้น, NDVI กับ ปริมาณ CO_2 หรือ O_2 ภายในโรงเรือนขนาดเล็ก

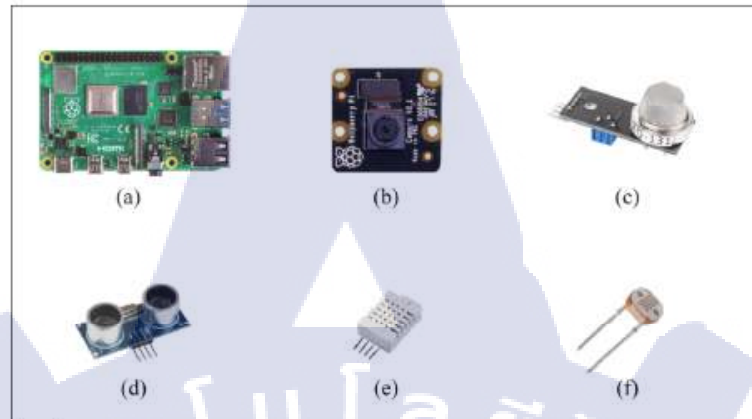
จากสมการ NDVI ที่กล่าวไปข้างต้นนั้น ในขั้นตอนนี้มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภายในเล็กน้อยเนื่องจากมีการใช้ พีวเคอร์ซีฟ [9] เพื่อช่วยในการกรองแสงในย่านที่ไม่ต้องการออกไป ดังนั้นสมการจึงเปลี่ยนเป็น

$$NDVI = \frac{RED - BLUE}{RED + BLUE} \quad (2)$$

โดยที่

RED = ปริมาณแสง NIR ที่สะท้อนจากใบของพืช เก็บจากเซลล์รับแสงสีแดงของอุปกรณ์

BLUE = ปริมาณแสงสีน้ำเงินที่สะท้อนจากใบของพืชผ่านฟิลเตอร์สีน้ำเงิน



รูปที่ 2 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับระบบ ตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช (a) Raspberry pi 3 b+, (b) Pi NoIR Camera V2 (c) MQ-135, (d) Ultrasonic (e) DHT22, (f) LDR

V. สรุป

งานวิจัยชิ้นนี้ได้นำเสนอแนวทางในการทำวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละชนิดโดยใช้ดัชนีความต่างพืชพรรณเพื่อค้นหาซึ่งโมเดลที่มีประสิทธิภาพในการเพาะปลูกพืชในแต่ละชนิด โดยการเก็บข้อมูลจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่ในโรงเรือนขนาดเล็กและจะนำมาทำการวิเคราะห์โมเดลที่มีประสิทธิภาพจากการสร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์จากปัจจัยต่าง ๆ ภายในโรงเรือนที่กล่าวไปข้างต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งโมเดลสำหรับการปลูกพืชที่ตรงระยะเวลาในการปลูกให้ต้นงอก และประหยัดต้นทุน สุดท้ายนี้จะนำงานวิจัยชิ้นนี้ไปต่อยอดเพื่อสร้างระบบและโมเดลที่ใช้จริงในโอกาสต่อไป

กิตติประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์และผู้เชี่ยวชาญที่ให้โอกาสในการนำเสนอแนวคิดในการทำงานวิจัยตามความสนใจของผู้ทำวิจัยในครั้งนี้ ทั้งให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคและ, แนวคิด, และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยชิ้นนี้จนสามารถกำหนดขอบเขตของงานวิจัยได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อทำเป็นชิ้นงานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] JX. Xu, T. Chen, and M. Minami, "Intelligent fault prediction system based on internet of things," *Comput. Math. Appl.*, vol. 64, no. 5, pp. 633–639, 2012.
- [2] วศดา เศรษฐีธนา, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวดฉวี และ ณฤมล อีกรัตน์ชัย, "ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและดัชนีความแตกต่างพืชพรรณของพื้นที่นาข้าวในเขตช่วงการเจริญเติบโต จากข้อมูลดาวเทียม," *Journal of Geoinformation Technology of Burapha University*, vol. 1, no. 2, pp. 14–30, July - December 2016.
- [3] JOHN A. GAMON and other, "RELATIONSHIPS BETWEEN NDVI, CANOPY STRUCTURE, AND PHOTOSYNTHESIS IN THREE CALIFORNIAN VEGETATION TYPES," *Ecological Applications*, vol. 5, no. 1, pp. 28–41, 1995.
- [4] Piedad M. Cristiano and other, "High NDVI and Potential Canopy Photosynthesis of South American Subtropical Forests despite Seasonal Changes in Leaf Area Index and Air Temperature," *forests*, vol. 5, no. 2, pp. 267–308, 2014.
- [5] Nopparoot Kitharoen and other, "RapidMiner Framework for Manufacturing Data Analysis on the Cloud," *The 2013 10th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*, pp. 149–154, 29–31 May 2013.
- [6] Sylvia S. Mader, "กายวิภาคและการเจริญเติบโตของพืช," *Essentials of biology 2*, pp. 2–14, 2012.
- [7] จีรัย เจนพานิชย์, "Photosynthesis," *Biology for high school students*, pp. 67–78, 2009.
- [8] Christian Körner, "When Growth Controls Photosynthesis," *IEEE 4th International Symposium on Plant Growth Modeling*, pp. 5–7, 2012.
- [9] Somchai, การถ่ายภาพการสังเคราะห์แสงพืชด้วยกล้อง Raspberry Pi NoIR, *RASPBERRY PI THAILAND BLOG*, July 16, 2016. Accessed on: Oct. 3, 2017. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi-thailand.blogspot.com/2016/07/blog-post.html>



ภาคผนวก ค

Certificate

TNI



This is to certify that

Jakarin Cheepsajayan

successfully passed the examination for

Applications & Use Cases Professional Certification

The Professional level is the first of two certification levels and is rewarded for solid experience in the topic. Some of the topics tested at this level are:

Introduction to Machine Learning and Data Science, CRISP-DM and Variants, Use Cases for Machine Learning, Visualization and What to do with Models.

This certificate can be verified using the open badge which was issued to the certificate holder.

The open badge can be uploaded and tested via this redirect: www.rapidminer.com/badgecheck



Knut Makowski
(Head of Education)

Peter Lee
(CEO RapidMiner)



This is to certify that

Jakarin Cheepsajayan

successfully passed the examination for

Data Engineering Professional Certification

The Professional level is the first of two certification levels and is rewarded for solid experience in the topic. Some of the topics tested at this level are:

Data Access, Basic Transformations, Working with Multiple Data Sets, Pivot Tables, Routines and Simple Text Processing.

This certificate can be verified using the open badge which was issued to the certificate holder.
The open badge can be uploaded and tested via this redirect: www.rapidminer.com/badgecheck



Knut Makowski
(Head of Education)

Peter Lee
(CEO RapidMiner)



This is to certify that

Jakarin Cheepsajayan

successfully passed the examination for

Machine Learning Professional Certification

The Professional level is the first of two certification levels and is rewarded for solid experience in the topic. Some of the topics tested at this level are:

Classification, Regression, Scoring, Hold-out Validation, Correlations, Feature Importance, Clustering and Association Rules.

This certificate can be verified using the open badge which was issued to the certificate holder.
The open badge can be uploaded and tested via this redirect: www.rapidminer.com/badgecheck



Knut Makowski
(Head of Education)

Peter Lee
(CEO RapidMiner)