

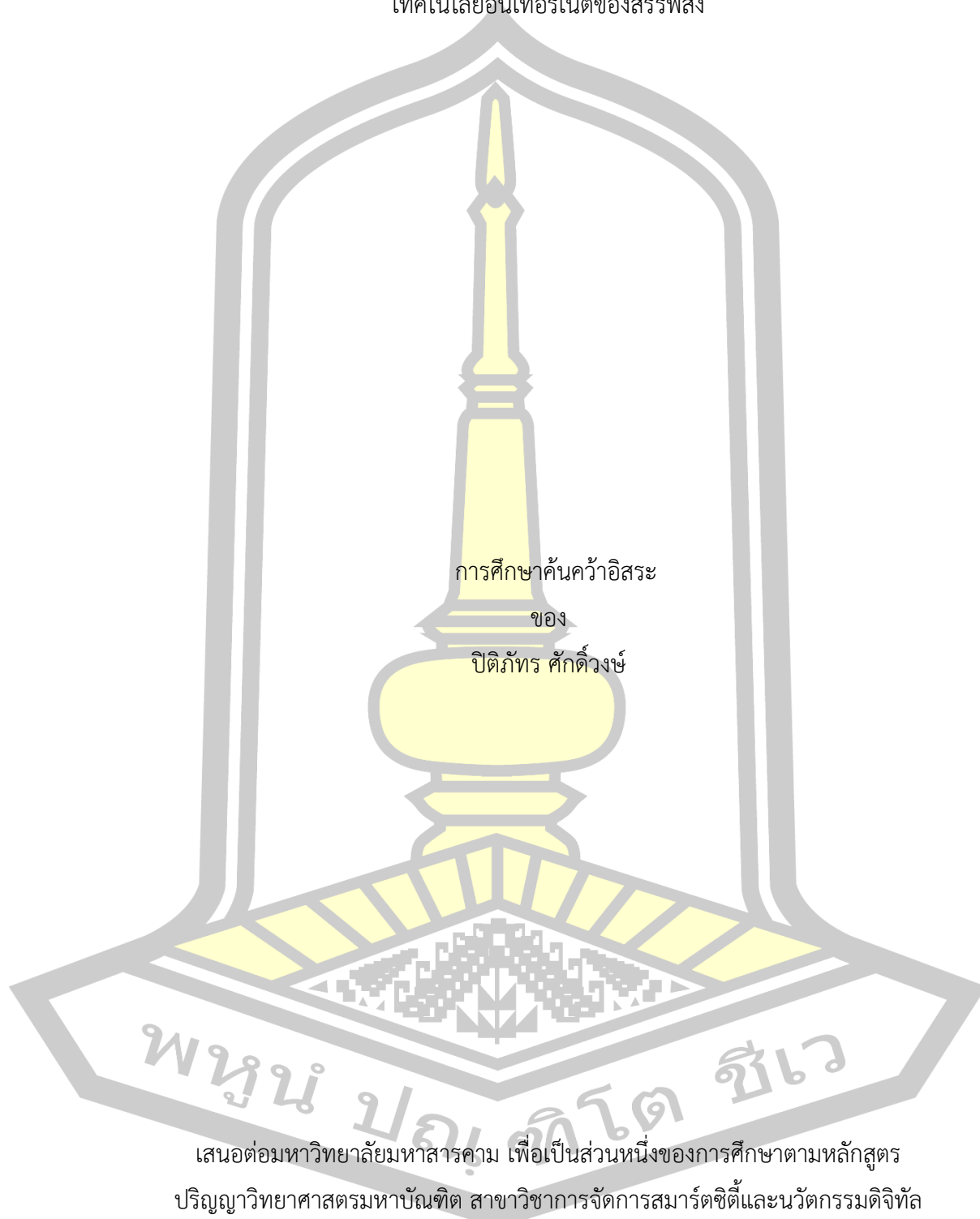
การพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไม่โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วย
เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การศึกษาค้นคว้าอิสระ
ของ
ปิติภัทร ศักดิ์วิงษ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสมาร์ตซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล
มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วย
เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

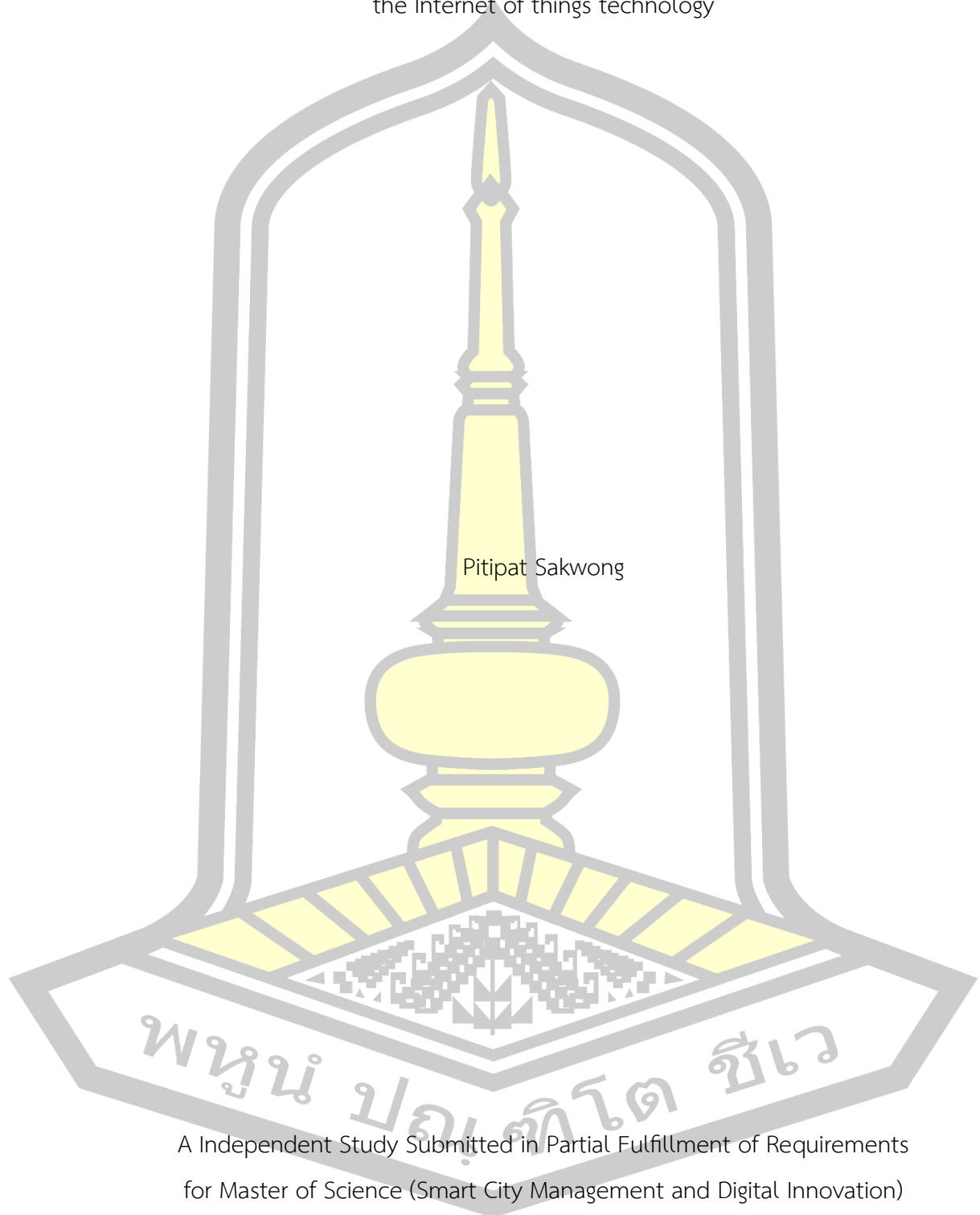


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสมรรถนะดีและนวัตกรรมดิจิทัล

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development and performance analysis of smart microgreen cultivation system using
the Internet of things technology



A Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Smart City Management and Digital Innovation)

June 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ ได้พิจารณาการศึกษาค้นคว้าอิสระของนาย
ปิติภัทร ศักดิ์วงศ์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.จรวัย สาวีถิ จรวัย สาวีถิ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. มณีรัตน์ วงษ์ขัม)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. นิพนธ์พัทธ์ เมืองโคตร)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ศ. ดร. ระพีพันธ์ ปิตาคะโส)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล ของ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(อ. ดร. ชลธิชา ธรรมวิญญู)

คณบดีคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง		
ผู้วิจัย	ปิติกัทร ศักดิ์วงษ์		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณีนรัตน์ วงษ์ขันธ์		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การจัดการสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการงอกและเจริญเติบโตของผักไมโครกรีนจากการเพาะปลูกแบบทั่วไปในระบบปิดที่อาศัยคนเป็นผู้ดูแล ได้แก่ เชื้อราและศัตรูพืช อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความชื้นในดิน ปริมาณแสง คุณภาพ ของน้ำ เป็นต้น ผลการศึกษานำไปสู่การออกแบบพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อม ความชื้นในดินให้เหมาะสมตลอดการเพาะ มีการใช้แสงจากไดโอดเปล่งแสง ย่านความถี่ 430-660 นาโนเมตร ระยะเวลาตั้งแต่เวลา 06.00น. ถึง 18.00น. เพื่อช่วยให้ผักสามารถสังเคราะห์แสงได้ในระบบปิดที่ไม่มีแสง ซึ่งวิธีการนี้ทำให้ผักเจริญเติบโตได้เร็วกว่าต้นอวบและน้ำหนักรวมมากกว่าการเพาะแบบปกติภายในระบบมีการควบคุม 5 ปัจจัยหลัก คือ การควบคุมแสง การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การควบคุมความชื้นในดิน และระบบควบคุมคุณภาพและอุณหภูมิของน้ำ ระบบที่พัฒนาสามารถควบคุมอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 60-90 ความชื้นในดินอยู่ในระดับปานกลาง (Moist) อุณหภูมิน้ำต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส จากการทดลองเพาะผักโขม ผักบุ้ง และทานตะวันด้วยระบบเปรียบเทียบกับปลูกแบบทั่วไปพบว่า ผักที่เพาะด้วยระบบควบคุมปัจจัยได้ให้ผลผลิตดีกว่าการเพาะแบบทั่วไป โดยมีความยาวเฉลี่ยทั้งถาดมากกว่าแบบทั่วไปประมาณ 3.9 เซนติเมตร การเจริญเติบโตของผักที่เพาะปลูกด้วยระบบมีความใกล้เคียงกันทั่วทั้งถาดและลดระยะเวลาการเก็บเกี่ยวได้ 2-3 วัน

คำสำคัญ : ผักไมโครกรีน, อัจฉริยะ, การควบคุมสภาพแวดล้อม

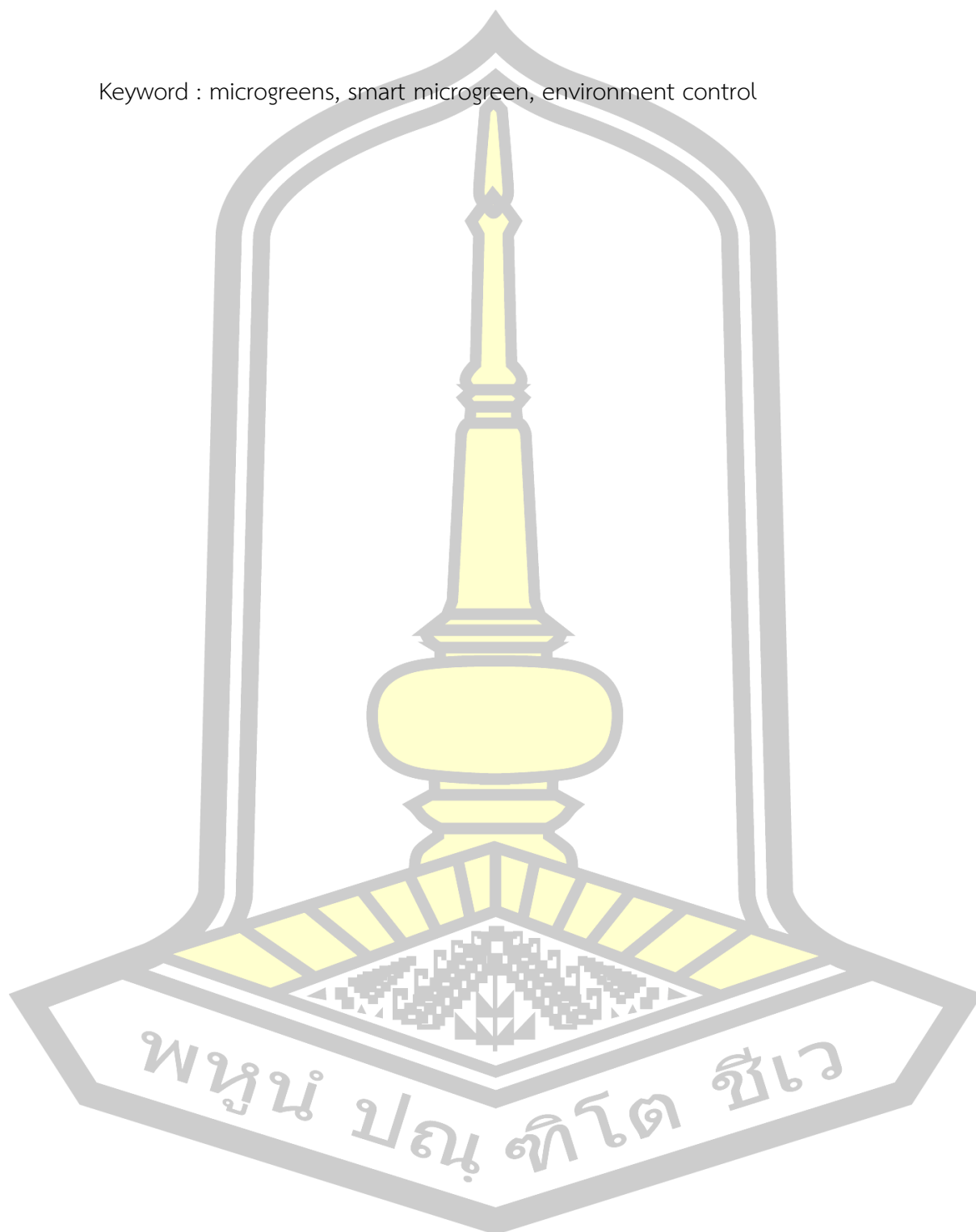
TITLE	Development and performance analysis of smart microgreen cultivation system using the Internet of things technology		
AUTHOR	Pitipat Sakwong		
ADVISORS	Assistant Professor Manirath WongSim , Ph.D.		
DEGREE	Master of Science	MAJOR	Smart City Management and Digital Innovation
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

This research studied factors that affect the germination and growth of microgreens from conventional cultivation in a closed, human-led system, including fungi and pests, temperature, and relative humidity. soil moisture, amount of light, water quality, etc. The results of the study lead to the design, development, and performance analysis of a smart microgreen plant cultivation system using Internet of Things technology. The environment is controlled. Proper soil moisture throughout cultivation Light from light-emitting diodes in the 430-660 nanometer frequency range is used from 6:00 a.m. to 6:00 p.m. to help vegetables photosynthesize in a closed system with no light. This method makes the vegetables grow faster, have plump stems and weigh more than normal cultivation. Within the system there are 5 main factors controlled: light control, temperature control and relative humidity control. soil moisture control and water quality and temperature control systems The developed system can control the environment temperature below 30 degrees Celsius, control the relative humidity to be in the range of 60-90 percent, the soil moisture is moderate (Moist), the water temperature is below 28 degrees Celsius from the experiment of growing spinach and morning glory. and sunflowers using the system compared to general planting. It was found that Vegetables grown using a controlled factor system gave better yields than conventional cultivation. The average length of the entire tray is approximately 3.9 centimeters longer than the conventional type. The growth of vegetables grown with the system is similar

throughout the tray and the harvesting time can be reduced by 2-3 days.

Keyword : microgreens, smart microgreen, environment control



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีข้าพเจ้าจึงขอขอบพระคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณีนีรัตน์ วงษ์ขี้ม ที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาอุทิศเวลาในการให้คำปรึกษา และแนะนำองค์ความรู้ที่มี ประโยชน์ในการทำวิจัย รวมทั้งให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส ประธานกรรมการสอบป้องกัน วิทยานิพนธ์ ตลอดจน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรวัย สาวิถี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์พัทธ์ เมืองโคตร กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์และกรรมการสอบโครงร่าง วิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาและครอบครัว ที่ได้อบรมเลี้ยงดูให้ ความรัก ความอบอุ่นแก่ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า จนกระทั่งทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

ปิติภัทร ศักดิ์วิงษ์



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1	1
บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน	3
1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือในการดำเนินงาน	4
1.4.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)	4
1.4.2 ซอฟต์แวร์ (Software)	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2	6
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ไมโครกรีน (Microgreens)	6
2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสมาร์ทซิตี้ (Smart City)	9
2.3 การจัดการเกษตรแนวคิดเกษตรมืออาชีพ (Smart Farm).....	10
2.3.1 Smart Farmer	12

2.3.2 Existing Smart Farmer.....	12
2.3.3 Developing Smart Farmer	12
2.4 วงจรการพัฒนาารบบ (System Development Life Cycle : SDLC).....	14
2.4.1 การกำหนดความต้องการของระบบ (Requirement Definition).....	15
2.4.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)	16
2.4.3 การออกแบบ (Design).....	16
2.4.4 การพัฒนา (Development).....	17
2.4.5 การทดสอบ (System Testing).....	17
2.4.6 การติดตั้งระบบ (Ssystem Implement)	17
2.4.7 การบำรุงรักษา (Maintenance)	18
2.5 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT).....	18
2.6 อุปกรณ์สำหรับระบบควบคุมการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัตโนมัติด้วยด้วยอินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่ง	20
2.6.1 NodeMCU ESP8266.....	20
2.6.2 เซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor HC SR-04).....	22
2.6.3 รีเลย์ (Relay).....	23
2.6.4 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (DHT Sensor).....	24
2.6.5 LED Grow Light	24
2.6.6 Breadboard.....	26
2.6.7 Soil Moisture Sensor Module	27
2.6.8 สาย Jump.....	28
2.6.9 DS18B20 Temperature Sensor.....	28
2.7 ระบบเครือข่ายและมาตรฐานต่าง ๆ (Wi-Fi)	29
2.8 ระบบบริการข้อความ LINE Notify.....	31

2.9 ซอฟต์แวร์ (Software).....	32
2.9.1 Arduino IDE.....	32
2.9.2 แอปพลิเคชัน Blynk.....	33
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
บทที่ 3	37
วิธีการดำเนินการวิจัย	37
3.1 ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาและระบบการทำงานเดิม	37
3.1.1 แผนภูมิกำงปลาระบบปลุกผักไมโครกรีนแบบเดิม.....	38
3.1.2 ข้อเสนอแนะ.....	38
3.2 การพัฒนาระบบเพาะปลุกพืชไมโครกรีน โดยใช้ (System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ	38
3.3 การออกแบบเครือข่ายงานใหม่	40
3.4 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware).....	41
3.4.1 ระบบเปิด-ปิดไฟ.....	41
3.4.2 ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ.....	44
3.4.3 ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	46
3.4.4 ระบบวัดระดับน้ำ.....	48
3.4.5 ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลุก	50
3.5 การใช้เครื่องมือสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software)	52
3.5.1 การใช้งาน Blynk.....	52
3.5.1 การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE	57
3.6 การออกแบบอุปกรณ์เพาะปลุก.....	60
3.7 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	61
บทที่ 4	63

ผลการวิจัย	63
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดทำระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	63
4.1.1 การค้นหาปัญหา (Problem Recognition)	63
4.1.2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study)	64
4.1.3 การวิเคราะห์ (Analysis)	64
4.1.4 การออกแบบ (Design).....	65
4.1.5 การพัฒนาระบบ (Development)	66
4.1.6 การทดสอบการติดตั้ง (Implementation Testing)	69
4.1.7 บำรุงรักษา (Maintenance).....	70
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ	70
4.2.1 การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ	70
4.2.2 การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ.....	71
4.2.3 การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ.....	71
4.2.4 การทดสอบการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ.....	72
4.2.5 การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก	72
4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ.....	72
บทที่ 5	78
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	78
5.1 สรุปผลและอภิปรายผล	78
5.2 ข้อเสนอแนะ	79
บรรณานุกรม.....	80
ประวัติผู้เขียน	84

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 คุณสมบัติและตัวชี้วัดของเกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer)	13
ตารางที่ 2 สรุปปัญหาและการแก้ไขปัญหาของระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง.....	63
ตารางที่ 3 ลักษณะความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูกที่ใช้ระบบและการเพาะปลูกแบบทั่วไป	64
ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบการเพาะปลูกแบบทั่วไปกับการเพาะปลูกด้วยระบบ	65
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟแบบ AUTO.....	70
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟแบบ MANUAL	71
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำแบบ AUTO	71
ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำแบบ MANUAL	71
ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำแบบ AUTO	71
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดแบบ MANUAL	72
ตารางที่ 11 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ	72
ตารางที่ 12 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก	72
ตารางที่ 13 ตัวอย่างผักที่เพาะปลูกในระบบทั่วไปและผักที่เพาะปลูกในระบบ	74
ตารางที่ 14 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักโขม	75
ตารางที่ 15 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักบุ้ง	76
ตารางที่ 16 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของทานตะวัน	77

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปภาพที่ 1 ไมโครกรีน	7
รูปภาพที่ 2 ต้นอ่อน	8
รูปภาพที่ 3 ไมโครกรีน	8
รูปภาพที่ 4 วงจรการพัฒนาระบบ.....	15
รูปภาพที่ 5 NodeMCU ESP8266	20
รูปภาพที่ 6 (Pin Map) บนบอร์ด NodeMCU	21
รูปภาพที่ 7 เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC SR-04.....	22
รูปภาพที่ 8 รีเลย์ (Relay)	23
รูปภาพที่ 9 DHT Sensor	24
รูปภาพที่ 10 LED Grow Light.....	24
รูปภาพที่ 11 Breadboard	26
รูปภาพที่ 12 Soil Moisture Sensor Module.....	27
รูปภาพที่ 13 สาย Jump	28
รูปภาพที่ 14 DS18B20 Temperature Sensor	28
รูปภาพที่ 15 ระบบแจ้งเตือนผ่านทางไลน์.....	31
รูปภาพที่ 16 Arduino IDE	32
รูปภาพที่ 17 Blynk	33
รูปภาพที่ 18 แผนภูมิการทำงานของระบบปลูกผักไมโครกรีนแบบเดิม.....	37
รูปภาพที่ 19 สถาปัตยกรรมระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีน.....	40
รูปภาพที่ 20 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบเปิด-ปิดไฟ	41
รูปภาพที่ 21 การทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ.....	42

รูปภาพที่ 22 Flow Chart ระบบเปิด-ปิดไฟ	43
รูปภาพที่ 23 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ	44
รูปภาพที่ 24 การทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ	44
รูปภาพที่ 25 Flow Chart ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ	45
รูปภาพที่ 26 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	46
รูปภาพที่ 27 การทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	46
รูปภาพที่ 28 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	47
รูปภาพที่ 29 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดระดับน้ำ	48
รูปภาพที่ 30 การทำงานของระบบวัดระดับน้ำ	48
รูปภาพที่ 31 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	49
รูปภาพที่ 32 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก ...	50
รูปภาพที่ 33 การทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก	50
รูปภาพที่ 34 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก	51
รูปภาพที่ 35 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้า Login	52
รูปภาพที่ 36 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้ารายละเอียดการใช้งาน	53
รูปภาพที่ 37 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือกอุปกรณ์เชื่อมต่อ	53
รูปภาพที่ 38 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือก IDE	54
รูปภาพที่ 39 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือก Library	54
รูปภาพที่ 40 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้า Code Token	55
รูปภาพที่ 41 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk ดาวน์โหลด Code token	55
รูปภาพที่ 42 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์	56
รูปภาพที่ 43 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าออกแบบหน้าจอแสดงผล	56
รูปภาพที่ 44 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าดาวน์โหลดโปรแกรมติดตั้ง	57
รูปภาพที่ 45 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม	57

รูปภาพที่ 46 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม	58
รูปภาพที่ 47 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม	58
รูปภาพที่ 48 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าพัฒนาสำหรับอุปกรณ์	59
รูปภาพที่ 49 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้ง Library	59
รูปภาพที่ 50 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้ง Library	60
รูปภาพที่ 51 การออกแบบแปลงเพาเพิลูก	60
รูปภาพที่ 52 การออกแบบหน้าจอแสดงผล	65
รูปภาพที่ 53 ผลการออกแบบ	66
รูปภาพที่ 54 ส่วนของ User Interface	66
รูปภาพที่ 55 ส่วนของไฟสำหรับการเพาเพิลูก	67
รูปภาพที่ 56 ส่วนของระบบวัดความชื้นในดินและรดน้ำ	67
รูปภาพที่ 57 ส่วนของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ	68
รูปภาพที่ 58 ส่วนของระบบวัดระดับน้ำ	68
รูปภาพที่ 59 ส่วนของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาเพิลูก	69
รูปภาพที่ 60 การเพาเพิลูกแบบทั่วไป	73
รูปภาพที่ 61 การเพาเพิลูกด้วยระบบ	73
รูปภาพที่ 62 ตำแหน่งการสุมหีบผักไมโครกรีน	73
รูปภาพที่ 63 กราฟผลการทดลองการเพาเพิลูกทั่วไปและการเพาเพิลูกด้วยระบบของผักโขม	75
รูปภาพที่ 64 กราฟผลการทดลองการเพาเพิลูกทั่วไปและการเพาเพิลูกด้วยระบบของผักบุ้ง	76
รูปภาพที่ 65 กราฟผลการทดลองการเพาเพิลูกทั่วไปและการเพาเพิลูกด้วยระบบของทานตะวัน ..	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนวัตกรรมเป็นปัจจัยสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะในแง่ของนโยบาย Thailand 4.0 ซึ่งเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) ที่ต้องการความคิดสร้างสรรค์เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจในยุค Thailand 4.0 ซึ่งในกลุ่มเรื่องที่เป็นจุดเด่นมากที่สุดคือ การพัฒนากลุ่มอาหาร กลุ่มเกษตร และกลุ่มเทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรกรในยุค Thailand 4.0 ได้เริ่มใช้เทคโนโลยีเพื่อปรับปรุงกระบวนการเพาะปลูก ซึ่งเรียกว่า "Smart Farmer" โดยมุ่งหวังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการออกแบบพื้นที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถใช้ในเพาะปลูกพืชแบบผสมผสานและร่วมกันได้ นอกจากนี้ยังสามารถผสมผสานเทคโนโลยีเข้ากับวิธีการเพาะปลูกแบบดั้งเดิม โดยการเข้าใจกระบวนการผลิต การบริหารจัดการธรรมชาติ และเทคโนโลยี (วิทยา ปัญญาภาศ, 2560)

โดยการที่ปัจจุบันนั้นคนอาศัยอยู่ในสังคมเมืองเพิ่มขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นคือคนในสังคมเมืองมีความจำเป็นต้องพบกับปัญหาสุขภาพเนื่องจากการบริโภคอาหารผักและผลไม้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับมลพิษในสิ่งแวดล้อม และความไม่สะดวกในการหาอาหารที่ปลอดภัยเพียงพอ ส่งผลให้การบริโภคอาหารผักและผลไม้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ทั้งข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่อยู่อาศัยที่มีจำกัด เช่น ห้องเช่าหรือคอนโดมิเนียม ทำให้ไม่สามารถเพาะปลูกผักได้เอง เนื่องจากการเพาะปลูกผักส่วนใหญ่ต้องใช้พื้นที่และแสงแดดในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งมักจะอยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 12:00 น. ถึง 15:00 น. (จารุกิตติ์ สายสิงห์, 2563) ทำให้ความไม่มั่นคงทางด้านอาหารมีส่วนในปัญหาของการบริโภคอาหาร ที่มาจากความไม่สมดุลระหว่างการต้องการบริโภคและพื้นที่ในการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด

การบริโภคพืชผักนั้นจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งเป็นแหล่งของสารอาหารรอง (Micronutrient) ที่มีบทบาทสำคัญในอาหารแต่ละมื้อ การบริโภคสารอาหารรองช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกระดูกและสมองในเด็ก องค์กรอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ และองค์การอนามัยโลกได้แนะนำให้คนรับประทานผักและผลไม้ในปริมาณ 400 กรัมต่อวัน เพื่อป้องกันโรคขาดสารอาหาร โรคหัวใจ โรคกระเพาะ โรคเบาหวาน และโรคอ้วน แต่ในประเทศที่กำลังพัฒนาในทวีปเอเชียกลับมีการบริโภคผักและผลไม้เพียงแค่ 100 กรัมต่อวันเท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าการบริโภคของชาวยุโรปที่บริโภค 450 กรัมต่อวัน (Production & Security, 2014) ดังนั้น ปัญหาการบริโภคผักในปริมาณที่ต่ำในทวีปเอเชียจึงควรได้รับการแก้ไข โดยการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับสารอาหาร สารชีวภาพ และประโยชน์ของการบริโภคผักดอง (sprout) และไมโครกรีน (microgreen) เพื่อกระตุ้นประชาชน

ให้หันมาเพาะปลูกต้นอ่อนและไมโครกรีนไว้รับประทานเองมากขึ้น ผักไมโครกรีนได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เช่น ร้านอาหารในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการใช้ผักไมโครกรีนเป็นส่วนผสมในสลัดและแซนด์วิช หรือใช้เป็นเครื่องปรุง (Danielle D. Treadwell et al., 2010) ในการวิจัยล่าสุดก็พบว่าผักไมโครกรีนมีคุณค่าทางโภชนาการสูงและรวมถึงสารอาหารที่สำคัญ เช่น แอลฟาโทโคฟีรอล (alpha-tocopherol) เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) และกรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) มากกว่าต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่ (Zhenlei Xiao et al., 2012)

ผักไมโครกรีน (Microgreens) เป็นผลผลิตที่เกิดจากการเพาะเมล็ดผักหรือสมุนไพรเพื่อให้งอกและเจริญเติบโต หลังจากงอกแล้วมีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวประมาณ 7-14 วันหลังเพาะปลูก และมีความคุณค่าทางอาหารสูง โดยเป็นแหล่งของวิตามินและแร่ธาตุสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดเดียวกันที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ ผักไมโครกรีนมีความคุณค่าทางโภชนาการสูงมากกว่าถึง 39 เท่า ซึ่งทำให้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ดีในการบริโภคผักที่ปลอดภัยและเป็นประโยชน์ต่อร่างกายสำหรับคนในสังคมเมืองที่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่และเวลา (วนายุทธ์ แสนเงิน, 2564) การเพาะปลูกต้นอ่อนและไมโครกรีนนี้ใช้ต้นทุนต่ำกว่าการเพาะปลูกผักเต็มวัยและใช้น้ำน้อยกว่าการปลูกแบบทั่วไพบ โดยสามารถควบคุมสภาวะการเพาะปลูกได้ง่าย ไม่มีปัญหาเรื่องศัตรูพืช โรคพืช ดูแลรักษาได้ง่าย ปลอดภัยจากสารเคมี สามารถเพาะปลูกได้ในอาคารบ้านเรือนหรือพื้นที่ที่จำกัด และให้สารอาหารและสารชีวภาพในปริมาณที่มากกว่าผักเต็มวัย ระยะเวลาเก็บเกี่ยวเร็วคือประมาณ 1-2 สัปดาห์ ดังนั้น การเพาะปลูกต้นอ่อนและไมโครกรีนเป็นทางเลือกสำคัญที่จะทำให้มีการบริโภคอาหารที่มีคุณภาพอย่างยั่งยืนและมีความมั่นคงในการบริโภคอาหารทั้งในระดับครัวเรือนและระดับชุมชน เพราะสามารถเพาะปลูกเองได้ อย่างไรก็ตามการเพาะปลูกต้นอ่อนและไมโครกรีนยังต้องการการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้สามารถควบคุมวิธีการเพาะปลูกให้ได้ผลผลิตสูงสุดและได้คุณค่าทางโภชนาการมากที่สุด เพื่อให้ได้ต้นอ่อนไมโครกรีนที่พร้อมบริโภค

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบระบบจากปัญหาดังกล่าว เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับการเพาะปลูกผักไมโครกรีนสามชนิด คือ ผักโขม ผักบุ้งจีน และทานตะวัน เพื่อให้สามารถเพาะปลูกได้ในพื้นที่ที่มีจำกัดสำหรับการเพาะปลูก โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อทำให้สามารถควบคุมระบบได้แบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผักไมโครกรีนที่มีคุณภาพปลอดภัยพิชิตค่างตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยใช้อุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เชื่อมต่อกับระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจวัดความชื้น (Soil Moisture Sensor Module) อุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในถังน้ำเพาะปลูก (Ultrasonic Sensor) และอุปกรณ์ให้แสง (LED grow light) เพื่อลดเวลาในการเพาะปลูกและ

สามารถเพาะปลูกในพื้นที่จำกัดได้ โดยระบบสามารถควบคุมด้วยแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในที่ปกอาศัยที่มีพื้นที่จำกัด

1.2.3 เพื่อเป็นกรอบแนวคิดของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการทำเกษตรสำหรับส่งเสริมเศรษฐกิจอัจฉริยะ

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

1.3.1 ระบบรดน้ำ

- สามารถสั่งเปิด-ปิดการรดน้ำ ได้อัตโนมัติตามค่าความชื้นจาก Soil Moisture Sensor Module ที่กำหนดไว้ได้ หรือ สั่งผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk)
- แจ้งเตือนการทำงานไปยังไลน์แอปพลิเคชัน (Line)

1.3.2 ระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในอุปกรณ์เพาะปลูก

- ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นในอุปกรณ์เพาะปลูกผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk) ในรูปแบบ จอ LED, Gauge, Chart, SuperChart, Level H
- แจ้งเตือนการทำงานไปยังไลน์แอปพลิเคชัน (Line) หากค่ามีความผิดปกติ

1.3.3 ระบบเปิด-ปิดไฟ

- สามารถสั่งเปิด-ปิดไฟ ได้อัตโนมัติตามค่าจากเวลาที่กำหนดไว้ได้ หรือสั่งผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk)
- ตรวจสอบสถานะการทำงานหลอดไฟผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk)

1.3.4 ระบบควบคุมอุณหภูมิในการเพาะปลูก

- สามารถสั่งเปิด-ปิดปั๊มน้ำได้อัตโนมัติตามค่าอุณหภูมิจาก DS18B20 Temperature Sensor ที่กำหนดไว้ได้ หรือ สั่งผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk)
- แจ้งเตือนการทำงานไปยังไลน์แอปพลิเคชัน (Line)

1.3.5 ระบบวัดอุณหภูมิในการเพาะปลูก

- ตรวจวัดอุณหภูมิในอุปกรณ์เพาะปลูกผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk) ในรูปแบบ จอ LED, Gauge, Chart, SuperChart, Level H
- แจ้งเตือนการทำงานไปยังไลน์แอปพลิเคชัน (Line) หากค่ามีความผิดปกติ

1.4 อุปกรณ์และเครื่องมือในการดำเนินงาน

1.4.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

1. Node MCU V2 ESP8266 จำนวน 2 ตัว
2. บอร์ดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Bread Board) จำนวน 4 ชุด
3. เซนเซอร์วัดระยะทาง (Ultrasonic Sensor HCSR-04) จำนวน 1 ตัว
4. เซนเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำ (Temperature sensor DS18B20) จำนวน 1 ตัว
5. เซนเซอร์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ (DHT22 sensor) จำนวน 1 ตัว
6. เซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดิน Soil Moisture Sensor Module จำนวน 2 ตัว
7. รีเลย์ (Relay) จำนวน 1 ตัว
8. หลอดไฟ LED Grow Light จำนวน 1 หลอด
9. เครื่องปั้มน้ำ จำนวน 2 เครื่อง
10. สาย Jumper จำนวน 30 เส้น
11. สายไฟ ขนาด 1.5 m จำนวน 1 เส้น
12. สายยาง ขนาด 6*8 mm จำนวน 1 เส้น
13. ถาดเพาะปลูก จำนวน 1 อัน
14. ชั้นเพาะปลูก จำนวน 1 ชั้น
15. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก จำนวน 1 เครื่อง

1.4.2 ซอฟต์แวร์ (Software)

1. Arduino IDE
2. Line Application (Line Notify)
3. Fritzing

พหุ ประถมศึกษา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ศึกษาการพัฒนากระบวนการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.5.2 ได้ศึกษาหาประสิทธิภาพของกระบวนการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในที่ปกอาศัยที่มีพื้นที่จำกัด

1.5.3 ได้กรอบแนวคิดของกระบวนการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการทำเกษตรสำหรับส่งเสริมเศรษฐกิจอัจฉริยะ

1.5.4 ได้ระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและสามารถใช้งานได้จริง



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ซึ่งอธิบายถึงรายละเอียดและหลักการทำงานต่าง ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ไมโครกรีน (Microgreens)
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสมาร์ทซิตี้ (Smart City)
3. การจัดการเกษตรแนวความคิดเกษตรมืออาชีพ (Smart Farm)
4. วงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC)
5. อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT)
6. อุปกรณ์สำหรับระบบควบคุมการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
7. ระบบเครือข่ายและมาตรฐานต่าง ๆ (Wi-Fi)
8. ระบบบริการข้อความ LINE Notify
9. ซอฟต์แวร์ (Software)
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครกรีน (Microgreens)

ผักไมโครกรีนเป็นผลผลิตที่เกิดจากการนำเมล็ดผักหรือสมุนไพรมาเพาะให้งอกและเจริญเติบโตหลังจากงอกออกมาจากเมล็ดแล้วใบเลี้ยงคลี่เต็มที่ มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 7-14 วัน หลังการเพาะปลูก (กรรณิกา บุญพาธรรม และดนุพล เกษไชยสง, 2560) นิยมรับประทานส่วนที่อยู่เหนือดินขึ้นมามีคุณค่าทางอาหารสูงเป็นแหล่งของวิตามิน เกลือแร่ และแร่ธาตุต่างๆเมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดเดียวกันที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ผักไมโครกรีนจึงถูกนำมาประกอบเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในกลุ่มของคนรักสุขภาพ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูงมีสารพฤกษเคมี ซึ่งเป็นมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ต้านอาการอักเสบ สามารถลดภาวะของโรคต่างๆ ได้แก่ โรคหัวใจขาดเลือด โรคเส้นเลือดในสมองตีบ ลดอัตราการป่วยและอัตราการเสียชีวิตจากโรคมะเร็ง นอกจากนี้ผักไมโครกรีนนี้ยังมีสีสวยงาม เนื้อสัมผัสกรอบอร่อย และมีรสชาติที่เข้มกว่า ผักที่เจริญเติบโตทั่วไปจึงนิยมนำมารับประทานสดมากกว่าการนำไปประกอบอาหารหรือทำให้สุก (Xiao et al., 2012)



รูปภาพที่ 1 ไมโครกรีน

ที่มา : <https://pr.kmutt.ac.th/pr2/research-innovation-news>

พืชไมโครกรีนมีคุณค่าทางอาหารสูงและรสชาติดี แต่มีราคาค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถปลูกพืชไมโครกรีนเพื่อรับประทานเอง และมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการซื้อมาจากห้างสรรพสินค้ามากเพียงแค่มีพื้นที่เล็ก ๆ ที่แสงแดดสามารถส่องถึงใช้ภาชนะขนาดเล็กที่สามารถใส่ดินและน้ำสำหรับการเพาะปลูกที่สำคัญคือต้องมีเมล็ดพืชที่ต้องการปลูกซึ่งคนเมืองที่มีพื้นที่ที่จำกัดก็สามารถปลูกได้ เช่น หน่อเต้าส้ง กระจับปี่ หรือทางหนีไฟก็ได้

โดยการเพาะผักไมโครกรีนแบบทั่วไปจะต้องนำเมล็ดแช่น้ำอย่างน้อย 12 ชั่วโมง จากนั้นนำมาโรยในถาดเพาะที่เตรียมไว้ กลบดินทับบาง ๆ เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะทำให้ต้นอ่อนโตเร็วขึ้นความชื้นมากเกินไป จะทำให้เกิดเชื้อราในดิน และจะส่งผลให้พืชเป็นโรครา ใบเป็นจุดต่าง มีศัตรูพืช (จระเข้ แอมสว้าง และวรรณวิไล อินทนู, 2545) อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเพาะผักไมโครกรีนต้องต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 65 ถึง 90 ระดับ ส่วนความชื้นในดินต้องอยู่ในระดับชื้นเหมาะสม (Moist) และอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกต้องต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส มิเช่นนั้นเมล็ดจะไม่สามารถดูดน้ำได้ ทำให้การเจริญเติบโตช้า หรืออาจจะหยุดชะงัก นอกจากนี้อาจจะขาดแคลเซียม ทำให้เกิดโรคปลายใบไหม้ (Tip burn) ได้ ดังนั้นจำเป็นต้องคอยดูแลปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการงอกของผักให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ได้ผักที่สะอาด มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ลำต้นอวบ และกรอบอร่อย นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินและสีแดงสามารถช่วยให้ผักเจริญเติบโตได้ในกรณีที่ไม่มีแสงอาทิตย์ โดยแสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่น 430-460 นาโนเมตร และแสงสีแดงมีความยาวคลื่น 630-660 นาโนเมตร ในอัตราส่วนแสงสีน้ำเงินต่อแสงสีแดงเป็น 1:3 ซึ่งเป็นย่านความยาวคลื่นที่ช่วยให้พืชในช่วงระยะพักงอกมีการเจริญเติบโตได้เร็วขึ้นได้ (Lin et al., 2013)

ต้นอ่อน (Sprouts) (รูปภาพที่ 2.1) และไมโครกรีน (รูปภาพที่ 2.2) ล้วนเป็นผลผลิตที่ได้จากการ นำเมล็ดมากระตุ้นให้งอกซึ่งไมโครกรีน เป็นต้นกล้าที่เจริญเติบโตต่อหลังจากต้นอ่อน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ปลูกในที่ที่มีแสงสว่าง ส่วนของใบเลี้ยงจึงไม่มีสารอาหารหลงเหลืออยู่และหลุดร่วง ในขณะที่มีการเติบโตของใบแท้จำนวน 2-3 ใบ มักบริโภคส่วนลำต้นเหนือดินขึ้นมา ส่วนต้นอ่อน

เป็นต้นกล้าที่งอกแล้วยังมีส่วนของใบเลี้ยงที่ทำหน้าที่เก็บสะสมสารอาหารอยู่ มักปลูกในที่มืดจึงมักบริโภคทั้งต้น เพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพและเหมาะสมกับคนเมืองที่มีพื้นที่น้อยและไม่ค่อยมีเวลา ไม่ว่าจะเป็นต้นอ่อน หรือไมโครกรีนก็ล้วนแล้วแต่มีคุณค่าทางสารอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามิน C , E , K , เบตาแคโรทีนและสาซิลโฟราเฟน เป็นต้น ในการเลือกซื้อผลผลิตที่ยังสด ก่อนรับประทานควรล้างน้ำให้สะอาดสามารถใช้ประกอบอาหารได้หลากหลาย อีกทั้งยังสามารถนำมาคั้นเป็นน้ำรับประทานอาทิเช่น ต้นอ่อนข้าวสาลีที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ทั้งสิ้น



รูปภาพที่ 2 ต้นอ่อน

ที่มา: <https://veggiepedia.greenery.org/vegetable>



รูปภาพที่ 3 ไมโครกรีน

ที่มา: <https://www.foodgallery.co.th/th/product>

ความนิยมในต่างประเทศธุรกิจการทำฟาร์มผักไมโครกรีนในสหรัฐอเมริกากำลังเป็นที่นิยมและเติบโตอย่างมากตามใจกลางเมืองต่างๆ โดยข้อดี คือ มีผลผลิตออกจำหน่ายตลอดทั้งปีและความสดใหม่ ที่ส่งถึงมือผู้บริโภคอย่างรวดเร็ว Edenworks ตั้งอยู่ในเมือง Brooklyn ในมหานครนิวยอร์กเป็นหนึ่งในพื้นที่ทางการเกษตรแบบในร่มเจ้าแรกๆ ที่ตั้งอยู่ใจกลางเมือง โดยเป็นการเกษตรที่ใช้การควบคุมสภาพแวดล้อมแบบปิด ผังเมล็ดพันธุ์ลงในถาดพิเศษ และแสงอาทิตย์ถูกทดแทนด้วยแสงไฟจากหลอด LED รวมถึงน้ำ และไอน้ำที่หมุนเวียนด้วยระบบอัจฉริยะโดยใช้ระบบแอโรโพนิกส์และไฮโดรโพนิกส์ ข้อดีของระบบนี้ คือ ทำให้ผักโตเร็ว และสะอาดปลอดภัย มีน้ำหนักและขนาดที่ได้

มาตรฐาน รวมถึงพื้นที่การผลิตที่อยู่ใจกลางเมือง ทำให้ผักที่ถูกส่งไปตามร้านอาหารและตลาดในเมือง มีความสดใหม่มากกว่าการรับผักมาจากเมืองเกษตรกรรมทางไกลแถบชานเมือง โดยเจ้าของสวนผัก เล่าว่าการปลูกผักในรูปแบบนี้จะทำให้ผู้บริโภคได้ผักสลัดที่เต็มไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระและ สารอาหารจุลินทรีย์ที่มีสูงกว่าผักที่ปลูกแบบเดิมถึง 40 เท่า และมั่นใจได้ถึงความปลอดภัยในสารฆ่าแมลง เนื่องจากฟาร์มดังกล่าวไม่มีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีเพื่อกำจัดศัตรูพืช อีกทั้งการปลูกผักในลักษณะนี้ยังช่วยประหยัดทรัพยากรโลกอีกด้วย เพราะใช้น้ำน้อยลงถึง 90 เปอร์เซ็นต์จากระบบการปลูกผักแบบเกษตรกรรมทั่วไป โดยสามารถสร้างผลผลิตได้ตลอดปีในระยะเวลาการเติบโตทุก 12-16 วันอีกด้วย ประเทศไทยนิยมเพาะต้นอ่อนหรือไมโครกรีนได้ เช่น บร็อคโคลี่ กะหล่ำปลี ผักบุ้งจีน โหระพา กะเพรา แรดิช กวางตุ้ง คื่นช่าย เขียวน้อย ชูหุด โสน กระถิน แค ผักปลังขาว ผักปลังแดง ผัก โขม แมงลัก ทานตะวัน เป็นต้น

2.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับสมาร์ทซิตี (Smart City)

เมืองอัจฉริยะ หมายความว่า เมืองที่ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย และชาญฉลาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการให้บริการและการบริหารจัดการเมือง ลดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรของเมืองและประชากรเป้าหมาย โดยเน้นการออกแบบที่ดี และการมีส่วนร่วมของภาคธุรกิจและภาคประชาชนในการพัฒนาเมือง ภายใต้แนวคิดการพัฒนา เมืองน่าอยู่ เมืองทันสมัย ให้ประชาชนในเมืองมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขอย่างยั่งยืน (depa Thailand, 2566)

การพัฒนาเมืองอัจฉริยะมีมิติการพัฒนาได้หลายด้าน มีมิติที่สำคัญ 7 ด้านคือ 1. สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment) 2. การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility) 3. การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living) 4. พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People) 5. พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy) 6. เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy) 7. การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance)

ลักษณะของการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ 7 ด้าน

สิ่งแวดล้อมอัจฉริยะ (Smart Environment)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพการบริหารจัดการ และติดตามเป้าหมาย สิ่งแวดล้อมและสภาวะแวดล้อมอย่างเป็นระบบ เช่น การจัดการน้ำ การดูแลสภาพอากาศ การเฝ้าระวังภัยพิบัติตลอดจนเพิ่มการมีส่วนร่วมของประชาชนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ

การเดินทางและขนส่งอัจฉริยะ (Smart Mobility)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นเพิ่มความสะดวก ประสิทธิภาพ และความปลอดภัยในการเดินทางและขนส่ง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

การดำรงชีวิตอัจฉริยะ (Smart Living)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นให้บริการที่อำนวยความสะดวกต่อการดำรงชีวิต เช่น การบริการด้านสุขภาพให้ประชาชนมีสุขภาพและสภาวะที่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่สังคมสูงอายุ การเพิ่มความปลอดภัยของประชาชนด้วยการเฝ้าระวังภัยจากอาชญากรรม ไปจนถึงการส่งเสริมให้เกิดสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการดำรงชีวิตที่เหมาะสม

พลเมืองอัจฉริยะ (Smart People)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นพัฒนาพลเมืองให้มีความรู้และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงเศรษฐกิจและการดำรงชีวิต สร้างสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และการเรียนรู้ในระบบ รวมถึงการส่งเสริมการอยู่ร่วมกันด้วยความหลากหลายทางสังคม

พลังงานอัจฉริยะ (Smart Energy)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเมือง หรือใช้พลังงานทางเลือกอันเป็นพลังงานสะอาด (Renewable Energy) เช่น เชื้อเพลิงชีวมวล ไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน และไฟฟ้าจากพลังงานอื่นๆ เป็นต้น

เศรษฐกิจอัจฉริยะ (Smart Economy)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการดำเนินธุรกิจ สร้างให้เกิดความเชื่อมโยงและความร่วมมือทางธุรกิจ และประยุกต์ใช้นวัตกรรม ในการพัฒนาเพื่อปรับเปลี่ยนธุรกิจ (เช่น เมืองเกษตรอัจฉริยะ เมืองท่องเที่ยวอัจฉริยะ เป็นต้น)

การบริหารภาครัฐอัจฉริยะ (Smart Governance)

เป็นเมืองที่มุ่งเน้นพัฒนาระบบบริการเพื่อให้ประชาชนเข้าถึงบริการภาครัฐสะดวก รวดเร็ว เพิ่มช่องทางการมีส่วนร่วมของประชาชน รวมถึงการเปิดให้ประชาชนเข้าถึงข้อมูลทำให้เกิดความโปร่งใส ตรวจสอบได้

2.3 การจัดการเกษตรแนวคิตเกษตรมืออาชีพ (Smart Farm)

การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรสถานการณ์ปัจจัยการผลิตภาคเกษตร สถานการณ์ปัจจัยภายนอกการผลิตภาคเกษตร และปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ปัญหาการผลิตภาคเกษตรกรรมของไทยที่ขาดความตระหนักและความเข้าใจการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพการเพิ่มผลผลิตที่มุ่งเน้นการเพิ่มปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ยการขาดข้อมูลความต้องการปัจจัยการผลิตของพืช

เช่น น้ำและปุ๋ยเพื่อจัดการปัญหาที่เสี่ยงต่อการผลิตภาคเกษตรจึงมีความสำคัญที่แนวคิดการทำเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) มีหลักสำคัญโดยเริ่มต้นจากข้อมูล เช่น ความชื้น ปริมาณธาตุอาหาร สภาพอากาศในพื้นที่ ในการวิเคราะห์เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่เช่น Image Technology, Remote sensing, UAV เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยจัดทำแผนที่แสดงข้อมูลพื้นที่ปลูกและข้อมูลพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง มีความแม่นยำและรวดเร็ว นำไปสู่การตัดสินใจใส่ปัจจัยการผลิตเปลี่ยนแปลง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560)

การเกษตรแม่นยำเป็นการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่ในยุคสารสนเทศ (Information age) กับ การเติบโตของอุตสาหกรรมเกษตร โดยระบบการจัดการพืชแบบผสมผสาน (Integrated crop management) ที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดในพื้นที่ปลูกขนาดเล็ก การตัดสินใจเพื่อกำหนดการผลิต ต้องพิจารณาถึงประโยชน์ด้านเศรษฐกิจและด้านสิ่งแวดล้อม ใช้ข้อมูลการวิเคราะห์เพื่อการจัดการ จากเทคโนโลยีระบบพื้นฐานประกอบด้วย GPS (Global positioning system) ระบบเซนเซอร์ (Remote sensing) GIS (Geographic information system) การประยุกต์ใช้งานในการทำเกษตร ได้แก่ ระบบติดตามผลผลิตอย่างต่อเนื่อง การวัดสารอาหารและความชื้นในดิน การสุ่มตัวอย่างดินเพื่อ สร้างแผนที่สารอาหาร (map of nutrient) ในดินการจัดการข้อมูลที่ประกอบด้วยผลผลิต แผนที่ ลักษณะดินและปริมาณสารอาหารในดิน การจัดการเกษตร Climate Smart agriculture (CSA) เป็น การพัฒนาการเกษตรโดยมีนโยบายการพัฒนาที่เน้นการใช้เทคนิคการเพาะปลูก 1) เพิ่มผลผลิต 2) ลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและ 3) ลดการปล่อยมลพิษก๊าซเรือนกระจกจาก การประชุม Hague Conference on Agriculture, Food Security and Climate Change ปี 2010 แต่คนไทยนิยามดัดแปลงใหม่ว่า Smart Agriculture และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ ขับเคลื่อนนโยบายให้เกษตรกรเป็นเกษตรกรปราดเปรื่องหรือเกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559)

การขับเคลื่อนนโยบายสมาร์ทฟาร์มเมอร์ (Smart Farmer) โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ให้ความหมายของสมาร์ทฟาร์มเมอร์หรือเกษตรกรปราดเปรื่อง หรือเกษตรกรมืออาชีพ หมายถึง บุคคล ที่มีความภูมิใจในการเป็นเกษตรกรมีความรอบรู้ในระบบการผลิตด้านการเกษตร แต่ละสาขาใช้ข้อมูล ประกอบการตัดสินใจและวิเคราะห์เชื่อมโยงและบริหารจัดการการผลิตและการตลาด โดยคำนึงถึง คุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคสังคมและสิ่งแวดล้อม ได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้คือ 1) Smart Farmer ต้นแบบ 2) Existing Smart Farmer และ 3) Developing Smart Farmer

โดยกำหนดคุณสมบัติของ smart farmer เป็น 2 คุณสมบัติหลักคือ ด้านรายได้มีรายได้ไม่ต่ำกว่า 180,000 บาท/ครัวเรือน/ปี และคุณสมบัติพื้นฐานประกอบด้วย 6 คุณสมบัติ และมีตัวบ่งชี้แต่ละ คุณสมบัติแสดงในตารางที่ 2 Smart Farmer แต่ละประเภท ตามคุณสมบัติมีดังนี้ (กรมส่งเสริม การเกษตร, 2556)

2.3.1 Smart Farmer

ต้นแบบ หมายถึง เกษตรกรที่ผ่านการพิจารณาเป็น Existing Smart Farmer แล้ว และผ่านคุณสมบัติของ Smart Farmer ต้นแบบในแต่ละสาขาจำนวน 10 สาขาหลัก ได้แก่ ข้าว ปาล์ม น้ำมัน ยางพารา ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง อ้อยโรงงานประมง ปศุสัตว์เกษตรผสมผสาน Young Smart Farmer และสาขาอื่น ๆ มีความโดดเด่นในการทำการเกษตรในสาขานั้นของแต่ละพื้นที่ และสามารถเป็นต้นแบบและเป็นบทเรียนให้กับเกษตรกรรายอื่น ๆ ได้

2.3.2 Existing Smart Farmer

หมายถึง เกษตรกรที่เป็น Smart Farmer อยู่แล้ว มีคุณสมบัติหลักและผ่านคุณสมบัติพื้นฐานครบทั้ง 6 ข้อ โดยผ่านตัวบ่งชี้อย่างน้อย 1 ตัวในแต่ละคุณสมบัติ

2.3.3 Developing Smart Farmer

หมายถึง เกษตรกรที่ยังไม่เป็น Smart Farmer เนื่องจากไม่ผ่านคุณสมบัติหลัก และคุณสมบัติพื้นฐานไม่ครบทั้ง 6 ข้อ ซึ่งเป็นเกษตรกรที่ต้องได้รับการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เพิ่มเติมตามความต้องการของเกษตรกรการนำหลักการเกษตรมืออาชีพ เพื่อยกระดับการพัฒนาเกษตรกรรมใน 4 ด้าน สำคัญได้แก่ 1) การลดต้นทุนในกระบวนการผลิต 2) การเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้า 3) การลดความเสี่ยงในภาคเกษตร ซึ่งเกิดจากการระบาดของศัตรูพืชและจากภัยธรรมชาติและ 4) การจัดการและส่งผ่านความรู้ (Knowledge Management and Transfer) โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศจากการวิจัยไปประยุกต์สู่การพัฒนาในทางปฏิบัติและให้ความสำคัญต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของเกษตรกร ในการเพิ่มคุณภาพมาตรฐานการผลิตและมาตรฐานสินค้านั้น ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการผลิตโดยเน้นการประยุกต์ใช้ระบบอัตโนมัติ (Automation/Robotic System) และการพัฒนาองค์ความรู้ทางการผลิตโดยระบบการติดตามและเตือนภัยล่วงหน้า (Monitoring/Warning System) ในด้านการจัดการผลผลิตมีระบบควบคุมผลผลิตให้มีความสม่ำเสมอทั้งปริมาณและคุณภาพ อาทิการวัดความชื้นและอุณหภูมิรวมทั้งการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) (ฤทัยชนก จริงจิตร, 2556) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2559) จึงได้ให้ความสำคัญการพัฒนาเกษตรกรเป็น เกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer) ที่มีความพร้อมทั้งองค์ความรู้ด้านการผลิต การตลาด การนำเทคโนโลยีภูมิปัญญาท้องถิ่นและวิธีการปฏิบัติที่ดีมาใช้ผสมผสานกับองค์ความรู้สมัยใหม่ที่เหมาะสมในการพัฒนาการเกษตร โดยคำนึงถึงคุณภาพมาตรฐานและปริมาณความต้องการตลาดรวมถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติและตัวชี้วัดของเกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer)

คุณสมบัติ	ตัวชี้วัด
1. มีความรู้ในเรื่องที่ทำอยู่	1) สามารถเป็นวิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือให้คำแนะนำ ปรึกษาให้กับผู้อื่นได้
2. มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจ	2) สามารถเป็นเกษตรกรต้นแบบหรือจุดเรียนรู้ 1) สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลทั้งจากเจ้าหน้าที่และผ่านทาง ระบบเทคโนโลยี สารสนเทศ และการสื่อสารอื่น ๆ เช่น Internet Mobile Phone Smart Phone 2) มีการบันทึกข้อมูลและใช้ข้อมูลมาประกอบการวิเคราะห์ วางแผนก่อนเริ่มดำเนินการและบริหารจัดการผลผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด 3) มีการนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ไขปัญหา และพัฒนาอาชีพ ของตนเองได้
3. มีการบริหารจัดการผลผลิตและการตลาด	1) มีความสามารถในการบริหารจัดการปัจจัยการผลิต แรงงาน และทุน ฯลฯ 2) มีความสามารถในการเชื่อมโยงการผลิตและการตลาด เพื่อให้ขายผลผลิตได้ 3) มีการจัดการของเหลือจากการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Zero waste management)
4. มีความตระหนักถึงคุณภาพสินค้าและความปลอดภัยของผู้บริโภค	1) มีความรู้หรือได้รับการอบรมเกี่ยวกับมาตรฐาน GAP GMP เกษตรอินทรีย์หรือมาตรฐานอื่น ๆ 2) มีกระบวนการผลิตที่สอดคล้องกับมาตรฐาน GAP GMP เกษตรอินทรีย์หรือมาตรฐานอื่น ๆ
5. มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม/สังคม	1) มีกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่ทำลาย สิ่งแวดล้อม (Green Economy) 2) มีกิจกรรมช่วยเหลือชุมชนและสังคมอย่างต่อเนื่อง

6. มีความภูมิใจในความเป็นเกษตรกร	1) มีความมุ่งมั่นในการประกอบอาชีพการเกษตร 2) รักและหวงแหนพื้นที่และอาชีพทางการเกษตรไว้ให้รู้ต่อไป
----------------------------------	--

โดยสรุปการจัดการตามแนวคิดเกษตรกรมืออาชีพ (Smart Farmer) เป็นการจัดการการเกษตรแบบครบวงจรการผลิตภาคเกษตรโดยการวางแผนการผลิตด้วยข้อมูลประกอบการตัดสินใจ การจัดการการผลิตการตลาด และการนำองค์ความรู้สมัยใหม่และประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการเกษตร โดยคำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการสร้างความรู้ในอาชีพเกษตรกรที่หวังเห็นสืบทอดอาชีพจะมุ่งมั่นพัฒนาการทำอาชีพเกษตรกร

2.4 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC)

การพัฒนาระบบสารสนเทศ ประกอบด้วยขั้นตอนในการปฏิบัติงานหลายขั้นตอน เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสำเร็จลุล่วงตามระยะเวลาที่กำหนด จึงมีการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานเป็นลำดับที่ชัดเจน ตั้งแต่เริ่มโครงการจนกระทั่งสิ้นสุดโครงการ เรียกว่า วงจรการพัฒนาระบบ (System Development life Cycle: SDLC) เป็นวงจรที่แสดงถึงกิจกรรมที่เป็นลำดับขั้นในการพัฒนาระบบสารสนเทศ ประกอบด้วยกิจกรรม 7 กิจกรรม ดังนี้ (ศรีนวล พงมณี, 2560)

ขั้นตอนที่ 1 ค้นหาและเลือกสรรโครงการ (Project Identification and Selection)

ขั้นตอนที่ 2 จัดตั้งและวางแผนโครงการ (Project Initiating and Planning)

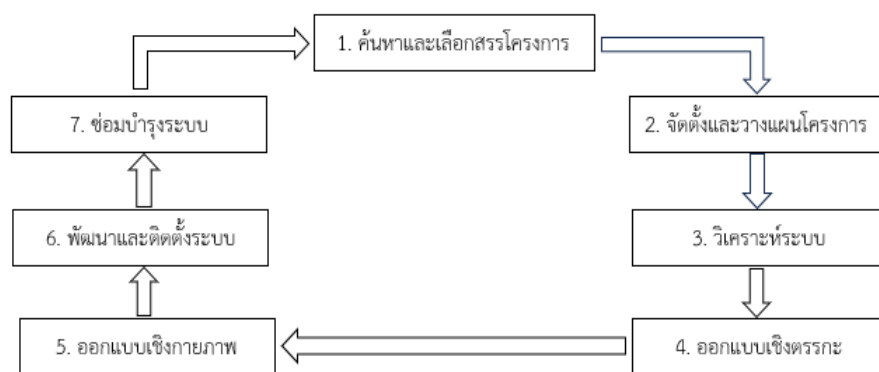
ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์ระบบ (Analysis)

ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design)

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design)

ขั้นตอนที่ 6 พัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implement)

ขั้นตอนที่ 7 ซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance)



รูปภาพที่ 4 วงจรการพัฒนาาระบบ

จากรูปภาพที่ 2.4 วงจรการพัฒนาาระบบ เป็นกิจกรรมในกระบวนการพัฒนาระบบสารสนเทศ ประกอบด้วยขั้นตอน 7 ขั้นตอนโดยจะเริ่มปฏิบัติขั้นตอนที่ 1 จนถึงขั้นตอนที่ 7 จึงจะปฏิบัติขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับกันไปจนถึงขั้นตอนที่ 7 โดยในแต่ละกิจกรรมมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การกำหนดความต้องการของระบบ (Requirement Definition)

ในขั้นตอนนี้ นักวิเคราะห์ระบบจะต้องค้นหาปัญหาและศึกษาทำความเข้าใจปัญหา ข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกิดขึ้น จากการทำงานในระบบงานเดิม โดยนักวิเคราะห์ระบบจะต้องทำความเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ คิด หาทางแนวทางและวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา ศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา รวบรวมความต้องการและสรุปข้อกำหนดต่างๆ ให้ชัดเจน ถูกต้องและเป็นที่ยอมรับทั้งสองฝ่าย พร้อมทั้งกำหนดแผนการดำเนินงานกิจกรรม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย คือ

2.4.1.1 การกำหนดปัญหา (Problem Definition) เป็นขั้นตอนที่นักวิเคราะห์ระบบเข้าไปทำความเข้าใจปัญหา คือการทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ว่าปัญหาที่แท้จริงคืออะไร พร้อมทั้งคิดหาแนวทางหรือสถานการณ์ที่นักวิเคราะห์ระบบเชื่อว่าสามารถปรับปรุงระบบให้ดีขึ้น และนักวิเคราะห์ระบบต้องค้นหาว่าธุรกิจต้องการอะไร เพื่อให้เป้าหมายบรรลุวัตถุประสงค์ในขั้นตอนนี้ นักวิเคราะห์ระบบจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้ระบบ โดยการตรวจสอบเอกสาร การสัมภาษณ์ การออกแบบสอบถาม หรือสังเกตพฤติกรรมและสภาพแวดล้อมของ

2.4.1.2 การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) เป็นขั้นตอนที่นักวิเคราะห์ระบบทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการปรับปรุงระบบ พิจารณาถึงความพร้อมในด้านต่างๆ รวมถึงความเสี่ยงที่อาจส่งผลกระทบต่อความล้มเหลวในการปรับปรุงระบบ โดยทำการศึกษาความเป็นไปได้ในแง่มุมต่างๆ เช่น

1. ความเป็นไปได้ทางเทคนิค คือความเป็นไปได้ของการปรับปรุงระบบหรือพัฒนาระบบใหม่ โดยนาเทคโนโลยีปัจจุบันมาใช้งานหรือการยกระดับเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือตัดสินใจใช้ในทางเทคโนโลยีใหม่ทั้งหมด

2. ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ คือความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ด้วยการคำนึงถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบงาน ความคุ้มค่าของระบบด้วยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบกับค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุน

3. ความเป็นไปได้ด้านการปฏิบัติงาน คือความเป็นไปได้ของระบบใหม่ที่จะให้สารสนเทศที่ถูกต้องตรงความต้องการของผู้ใช้งาน ทักษะ ทักษะกับระบบงานใหม่ที่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างการทำงานใหม่ว่าเป็นที่ยอมรับหรือไม่

4. ความเป็นไปได้ทางด้านเวลาในการดำเนินการ คือความเป็นไปได้ของระยะเวลาในการดำเนินงานในการพัฒนาระบบใหม่

2.4.1.3 การกำหนดความต้องการของระบบ (System Requirements) เป็นขั้นตอนที่นักวิเคราะห์ระบบ ทำการวิเคราะห์การทำงานระบบเดิม เพื่อหาปัญหาที่เกิดขึ้นและรวบรวมรายละเอียดต่างๆ เพื่อจุดประสงค์ในการหาข้อสรุปในด้านของความต้องการระหว่างผู้พัฒนากับผู้ใช้งาน เรียกว่า ข้อกำหนดความต้องการ (Requirement Specification) เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบ โดยนักวิเคราะห์ระบบจะต้องนำข้อกำหนดความต้องการเสนอต่อผู้บริหาร เพื่อพิจารณาและตัดสินใจในการดำเนินการพัฒนาระบบหรือล้มเลิกการพัฒนาระบบ

2.4.2 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

ในขั้นตอนนี้หลังจากที่ผู้บริหารได้ทำการตัดสินใจที่จะพัฒนาระบบงานหรือปรับปรุงระบบงานเดิม นักวิเคราะห์ระบบจะต้องดำเนินการวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน (Current System) เพื่อนามาพัฒนาแนวคิดสำหรับระบบใหม่ (New system) วัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ระบบคือ จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจในความต้องการต่างๆ ที่ได้รวบรวมมาจากขั้นตอนการกำหนดความต้องการ โดยนักวิเคราะห์ระบบจะต้องนำข้อมูลความต้องการมาวิเคราะห์ เพื่อประเมินว่าควรมีอะไรบ้างที่ระบบใหม่ต้องดำเนินการ ด้วยการพัฒนาเป็นแบบจำลองลอจิกัล (Logical Model) ขึ้นมา ซึ่งได้แก่แบบจำลองแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) แบบจำลองกระบวนการ (Process Model) และแบบจำลองข้อมูล (Data Model) เป็นต้น

2.4.3 การออกแบบ (Design)

ในขั้นตอนนี้ นักวิเคราะห์ระบบจะต้องออกแบบระบบสารสนเทศที่จะพัฒนาให้สอดคล้องกับความต้องการที่ได้ระบุไว้ในเอกสารขั้นตอนของการวิเคราะห์ ที่เป็นแบบจำลองเชิงตรรกะมาพัฒนาเป็นแบบจำลองเชิงกายภาพ โดยแบบจำลองเชิงตรรกะที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ มุ่งเน้นว่ามีอะไรที่

ต้องทำในระบบ ในขณะที่แบบจำลองเชิงกายภาพจะนำแบบจำลองเชิงตรรกะมาพัฒนาต่อด้วยการมุ่งเน้นว่าระบบจะ ดำเนินงานอย่างไร เพื่อให้เกิดผลตามความต้องการ โดยการออกแบบระบบจะประกอบด้วย การออกแบบที่เกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และระบบเครือข่าย การออกแบบรายงาน การออกแบบหน้าจอนำเข้าข้อมูล การออกแบบรูปแบบข้อมูลนำเข้าและรูปแบบการรับข้อมูล การออกแบบผังระบบงาน การออกแบบฐานข้อมูล การสร้างต้นแบบและการออกแบบโปรแกรม

2.4.4 การพัฒนา (Development)

เป็นขั้นตอนที่มีการนำเอาระบบที่ได้ออกแบบไว้ จากขั้นตอนออกแบบมาทบทวนเพื่อกำหนดการจัดทำซอฟต์แวร์ การออกแบบซอฟต์แวร์ การเขียนโปรแกรม และการทดสอบโปรแกรม ในกระบวนการนี้ทีมงานโปรแกรมเมอร์จะต้องพัฒนาโปรแกรมตามที่นักวิเคราะห์ระบบได้ออกแบบไว้ การเขียนชุดคำสั่งเพื่อสร้างระบบงานทางคอมพิวเตอร์ โดยโปรแกรมเมอร์สามารถนำเครื่องมือเข้ามาช่วยในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อช่วยให้ระบบงานสามารถพัฒนาได้เร็วขึ้นและมีคุณภาพ และในกระบวนการนี้จะต้องจัดทำเอกสารโปรแกรมควบคู่ไปกับการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและแก้ไข ข้อกำหนดเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมผู้บริหารขององค์กรจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกวิธีการพัฒนาโปรแกรม บางองค์กรอาจมีทีมงานพัฒนาโปรแกรมในองค์กร หรือซื้อซอฟต์แวร์สำเร็จรูปมาใช้ หรือจ้างบริษัทที่รับพัฒนาระบบโดยเฉพาะ

2.4.5 การทดสอบ (System Testing)

เมื่อโปรแกรมได้พัฒนาขึ้นมาแล้ว ยังไม่สามารถนำระบบไปใช้งานได้ทันที จำเป็นต้องดำเนินการทดสอบระบบก่อนที่จะนำระบบไปใช้งานจริง การทดสอบเบื้องต้นด้วยการสร้างข้อมูลจำลองขึ้นมาเพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบงาน หากพบข้อผิดพลาดก็ทำการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง การทดสอบระบบจะมีการตรวจสอบไวยากรณ์ของภาษาที่ใช้ และตรวจสอบว่าระบบทำงานตรงกับความต้องการของผู้ใช้หรือไม่

2.4.6 การติดตั้งระบบ (System Implement)

เมื่อทำการทดสอบระบบจนมั่นใจว่า ระบบที่ได้รับการทดสอบนั้นพร้อมที่จะนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานบนสถานการณ์จริงจึงนำระบบไปติดตั้ง การติดตั้งระบบคือการเปลี่ยนการทำงานจากระบบงานเดิมไปเป็นระบบงานใหม่ แต่การเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งใหม่ย่อมมีผลกระทบต่อผู้งานบางกลุ่ม ที่ยังคงมีความคุ้นเคยกับวิธีการดำเนินงานแบบเก่า รวมทั้งข้อจำกัดในเรื่องของความพร้อมในการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงควรเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการติดตั้งด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 แนวทางดังนี้

2.4.6.1 การติดตั้งแบบทันทีทันใด (Direct Installation) เป็นวิธีการติดตั้งระบบใหม่ทันทีและยกเลิกการใช้งานระบบเก่าทันทีเช่นเดียวกัน

2.4.6.2 การติดตั้งแบบขนาน (Parallel Installation) เป็นวิธีการติดตั้งระบบใหม่ไปพร้อมๆ กับการใช้งานระบบเก่า จนกว่าผู้ใช้งานและผู้บริหารจะมีความพอใจระบบใหม่จึงตัดสินใจหยุดใช้งานระบบเก่า

2.4.6.3 การติดตั้งแบบนำร่อง (Single Location Installation/Pilot Installation) เป็นวิธีการติดตั้งที่มีการใช้งานระบบงานใหม่เพียงหน่วยเดียวขององค์กรก่อน เพื่อเป็นการนำร่องแล้วจึงค่อยปรับเปลี่ยนทั้งหมดเมื่อเห็นว่าระบบใหม่นั้นลงตัวแล้ว

2.4.6.4 การติดตั้งแบบทยอยติดตั้งเป็นระยะ (Phased Installation) เป็นวิธีการที่ติดตั้งระบบใหม่เพียงบางส่วนก่อนระยะหนึ่งควบคู่ไปกับการใช้งานระบบเก่าแล้วจึงค่อยๆ ทยอยใช้ระบบงานใหม่เพิ่มขึ้นทีละส่วนจนกระทั่งครบทุกส่วนของระบบงานใหม่อย่างเต็มรูปแบบ ในการใช้งานระบบใหม่ทดแทนระบบงานเดิม นักวิเคราะห์ระบบจำเป็นต้องมีการแปลงข้อมูลจากระบบงานเดิมมาให้อยู่ในรูปแบบที่ระบบใหม่สามารถนำไปใช้งานได้ และในขั้นตอนนี้ นักวิเคราะห์ระบบจะต้องดำเนินการจัดทำเอกสารคู่มือระบบรวมถึงการฝึกอบรมผู้ใช้งาน

2.4.7 การบำรุงรักษา (Maintenance)

หลังจากที่ระบบงานที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ได้ถูกนำไปใช้งานเป็นที่เรียบร้อยแล้ว หากพบข้อผิดพลาดหรือข้อบกพร่องจากการทำงานของระบบงานใหม่ นักวิเคราะห์ระบบจึงจำเป็นต้องดำเนินการติดตามและแก้ไขให้ถูกต้อง รวมถึงกรณีที่ข้อมูลจัดเก็บมีปริมาณมากขึ้น การขยายระบบเครือข่ายเพื่อรองรับเครื่องลูกข่ายที่มีจำนวนมากขึ้น บางกรณีอาจจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพิ่มเติม หากผู้ใช้มีความต้องการเพิ่มขึ้น ดังนั้นในขั้นตอนของการกำหนดความต้องการนักวิเคราะห์ระบบจึงจำเป็นต้องมีการจัดทำเอกสารข้อตกลงร่วมกันทั้งสองฝ่ายถึงขอบเขตในการพัฒนาระบบงาน และกรณีที่มีการแก้ไขหรือพัฒนาระบบงานเพิ่ม

2.5 อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT)

Internet of Things (IoT) คือ การที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลถึงกันได้ด้วยอินเทอร์เน็ตโดยไม่ต้องป้อนข้อมูล การเชื่อมโยงนี้ช่วยให้เราสามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ไปจนถึงการเชื่อมโยงการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเข้ากับการใช้งานอื่น ๆ จนเกิดเป็นบรรดา Smart ต่าง ๆ ได้แก่ Smart Device, Smart Grid, Smart Home, Smart Network, Smart Intelligent Transportation ทั้งหลายที่เราเคยได้ยินนั่นเองซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเพียงสื่อกลางในการส่งและแสดงข้อมูลเท่านั้น

Internet of Things หมายถึงเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต สามารถสั่งการการ

ทำงานของโปรแกรมหรือสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ปัจจุบันมีการพัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถทำงานบนแนวคิดของ Internet of Things เพิ่มมากขึ้น โดยการนำมาประยุกต์ใช้งานมากขึ้น เช่น การประยุกต์ใช้งานใน Smart Farm คือ การนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้งานกับระบบโรงเรือนหรือในแปลงปลูกให้มีผลผลิตและคุณภาพที่ดีขึ้น Smart Farm IOT สามารถดูแลอุณหภูมิความชื้น การเปิด-ปิดปั้มน้ำ และหลอดไฟได้จากมือถือหรือคอมพิวเตอร์ (สุวิทย์ และปานวิทย์, 2560)

มหศักดิ์ เกตฉำ (2560) ได้กล่าวถึง เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things) หมายถึงการที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงาน อุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น โดยเทคโนโลยีนี้จะเป็นทั้งประโยชน์อย่างมหาศาลและความเสี่ยงไปพร้อม ๆ กัน เพราะหากระบบรักษาความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ดีพอ จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามากระทำการที่ไม่พึงประสงค์ต่ออุปกรณ์ข้อมูลสารสนเทศหรือความเป็นส่วนตัวของบุคคลได้ดังนั้น การพัฒนาไปสู่ Internet of Things จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนามาตรการและเทคนิคในการรักษาความปลอดภัยไอทีควบคู่กันไปด้วย บางแห่งเรียก M2M ย่อมาจาก Machineto Machine คือเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์กับเครื่องมือต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่น ๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยการเชื่อมโยงช่วยให้สื่อสารกันผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจากการคาดการณ์ในปีค.ศ.2020 สิ่งต่าง ๆ จะสามารถเชื่อมต่อกันได้ด้วยระบบ IoTs ซึ่งจะส่งผลให้ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขาสามารถควบคุมสิ่งของต่าง ๆ ทั้งจากในบ้านและสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ทั้งนั้น แบ่งออกเป็นสามกลุ่ม ได้แก่

- 1) เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งรับรู้ข้อมูลในบริบทที่เกี่ยวข้อง เช่น เซนเซอร์
- 2) เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งมีความสามารถในการสื่อสาร เช่น ระบบสมองกลฝังตัวรวมถึงการสื่อสารแบบไร้สายที่ใช้พลังงานต่าง ๆ อาทิ Zigbee, 6LowPAN, Low-power Bluetooth
- 3) เทคโนโลยีที่ช่วยให้สรรพสิ่งประมวลผลข้อมูลในบริบทของตน เช่น เทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์และเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ หรือ Big Data Analytics ในด้านสถานะการพัฒนาเทคโนโลยีในกลุ่มเซนเซอร์ในปัจจุบันมีความแม่นยำสูงและราคาถูกลง ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) มีความเชี่ยวชาญด้านการผลิตเซนเซอร์คุณภาพสำหรับ งานด้านการเกษตร และอุตสาหกรรม ส่วนเทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวก็มีความสามารถสูงขึ้นในราคาที่ถูกลง แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กที่มีความสามารถสูงเทียบเท่าคอมพิวเตอร์ปัจจุบันมี

ราคาตั้งแต่สามร้อยบาท อีกทั้งมีฮาร์ดแวร์แบบโอเพ่นซอร์สมากขึ้น ทำให้ต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ IoT ต่าง ๆ ลดลงมาก นักพัฒนาชาวไทยสามารถนำฮาร์ดแวร์เปิดเหล่านี้ไปดัดแปลงและขายเป็นบอร์ดเฉพาะทาง หรือสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ของตนเองได้อย่างรวดเร็ว ส่วนเทคโนโลยีการประมวลผลแบบคลาวด์และเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ในต่างประเทศผ่านจุดของการวิจัยมาสู่บริการเชิงพาณิชย์แล้วในประเทศไทย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) มีบริการคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE สำหรับให้บริการเชื่อมต่อสื่อสารในรูปแบบ IoT ดังนั้นจึงเป็นโอกาสของผู้พัฒนาชาวไทยและประเทศไทยที่จะเข้ามามีบทบาทไม่ใช่นักตามผู้ใช้นั้นแต่ยังสามารถมีส่วนกำหนดทิศทางการสร้างนวัตกรรมบริการ ผลิตภัณฑ์หรือมาตรฐานใหม่เพื่อก้าวขึ้นไปเป็นผู้นำด้าน IoT ของโลก

2.6 อุปกรณ์สำหรับระบบควบคุมการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัตโนมัติด้วยด้วยอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

2.6.1 NodeMCU ESP8266

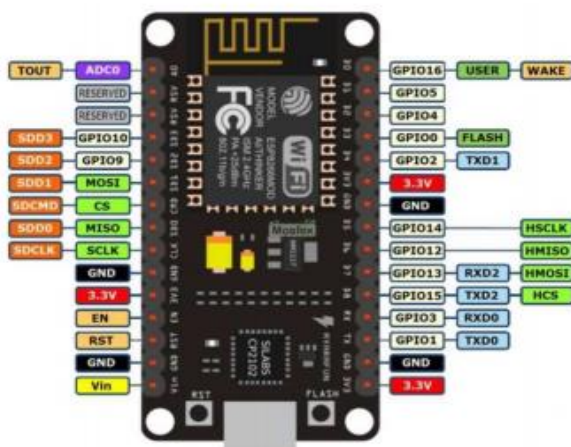


รูปภาพที่ 5 NodeMCU ESP8266

ที่มา : <http://www.iot.codemobiles.com/article/4>

NodeMCU ESP8266 เป็น platform ที่ออกแบบทุกอย่างเป็น Node การทำงานย่อย ๆ และใช้ภาษา Lua ในการเขียนโปรแกรม แต่ด้วย platform ที่สะดวกในการใช้งาน ทางกลุ่มนักพัฒนาของ ESP8266 ก็เลยนำ NodeMCU (ESP8266) มาบรรจุในเป็นบอร์ดหนึ่งของ ARDUINO IDE 21 (ESP8266) จึงได้มีการพัฒนาต่อให้สามารถเขียนในภาษา C++ ขึ้นมาเอง หลังจากทีบอร์ด NodeMCU (ESP8266) นี้ได้มีการพัฒนาบน ARDUINO IDE เรียบร้อยแล้ว หากเป็นผู้ที่นิยมเล่นไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ก่อนจะนิยมเล่นเป็นภาษา C/C++ ซึ่งภาษานี้สามารถไปได้กว้างเล่นได้หลายอย่างกว่า Lua ส่วนใน C/C++ มีกลุ่มพัฒนานำ SDK ของ ESP8266 มาพัฒนาต่อยอดให้เข้ากับ platform ของ Arduino จึงทำให้ ESP8266 ใช้ภาษา C/C++ ได้นั่นเองซึ่ง NodeMCU นั้นเป็นเครื่องมือที่จะทำให้คอมพิวเตอร์สามารถรับสัญญาณจากภายนอกและส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้เครื่องพีซีตั้งโต๊ะ ตัวบอร์ดออกแบบจากไมโครคอมพิวเตอร์ชิปเดียวและมีโปรแกรมพัฒนาสำหรับเขียนโปรแกรมให้บอร์ดทำงาน NodeMCU สามารถประยุกต์ทำเครื่องใช้อัจฉริยะไม่ว่าจะเป็นรับสัญญาณจากสวิทช์ หรือ เซนเซอร์และควบคุมหลอดไฟ, มอเตอร์,

หรืออุปกรณ์อื่น ๆ โปรเจค NodeMCU เป็นได้ทั้งแบบทำงานอิสระ หรือทำงานติดต่อกับโปรแกรมที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปภาพที่ 6 (Pin Map) บอร์ด NodeMCU

ที่มา : <https://dsdi.msu.ac.th/?article=micropython>

ข้อมูลสำคัญเชิงเทคนิคของบอร์ด NodeMCU

- ใช้โมดูล ESP-12E (ESP8266 SoC chip) มีขาเพิ่มมาอีก 6 ขา เมื่อเปรียบเทียบกับ ESP-12
- ใช้ชิป Flash ความจุ 32 Mbits (4MBytes)
- มีขนาดแคบกว่า v1 ดังนั้นเมื่อเสียบขาลงบนเบรตบอร์ดจะมีช่องเหลือด้านข้างทำให้สะดวกในการต่อวงจรบนเบรตบอร์ด
- มีวงจรควบคุมแรงดัน 3.3V (@800mA max.) บนบอร์ด ใช้ไอซีที่จ่ายกระแสได้มากกว่า v1
- ใช้ชิป CP2102 ของ Silabs ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อ USB-to-Serial
- มีขาสำหรับ SPI สำหรับต่อกับการ์ด SD (เพิ่มจากเดิมที่มีขาสำหรับ HSPI)
- มีขา GPIO3/RXD0 และ GPIO1/TXD0 ที่ต่อกับขา TXD และ RXD ของชิป CP2102 ตามลำดับ
- มีขา GPIO13/RXD2 และ GPIO15/TXD2 (ใช้เป็นพอร์ต Serial เพิ่มอีกหนึ่งชุด)
- ใช้คอนเนกเตอร์แบบ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง (VUSB) เท่ากับ +5V
- สามารถจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง +5V จากภายนอกได้ (ต่อเข้าที่ขา VDD5V)
- มีปุ่มกด RST (รีเซ็ตการทำงาน) และ Flash (สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ใหม่)
- มีขา A0 รับอินพุตแรงดันแบบแอนะล็อกสำหรับวงจร ADC (ขนาด 10 บิต) ที่อยู่ภายในชิป ผ่านวงจรแบ่งแรงดันด้วยตัวต้านทาน 100k/220k (ลดแรงดันอินพุตจาก 0..3.3V ลงมาให้อยู่ในช่วง 0V-1V)

2.6.2 เซนเซอร์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Sensor HC SR-04)



รูปภาพที่ 7 เซนเซอร์อัลตราโซนิก HC SR-04

ที่มา : <https://www.tido.tech/index.php/product/hc-sr04/>

อัลตราโซนิกเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ทำงานด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน โดยหลักใช้ในการวัดระยะทางจากการวัดเวลาที่เสียงใช้ในการเดินทางไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมา ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับสัตว์ตามธรรมชาติอย่างเช่น ค้างคาว ที่แม้ตาจะมองไม่เห็นแต่ค้างคาวใช้การฟังเสียงสะท้อนในการเดินทาง และมนุษย์เองก็ได้ความรู้เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น การนำมาใช้กับรถยนต์เพื่อเป็นตัวกำหนดสัญญาณเตือนว่ามีวัตถุอยู่ในระยะใกล้ (เซนเซอร์ถอยหลังสำหรับรถยนต์) รวมถึงมีการนำไปใช้ในเครื่องวัดความหนาของวัตถุ โดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกซึ่งมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตเนื้อสัตว์ เพื่อวัดความหนาของชั้นไขมันในสัตว์ ขณะที่ยังมีชีวิตอยู่และในซากสัตว์เพื่อประเมินคุณภาพซากสัตว์ในโรงฆ่าสัตว์ และประเมินความนุ่มของเนื้อสัตว์(meat tenderness) เป็นต้น

พูน ปณ จิต ชีเว

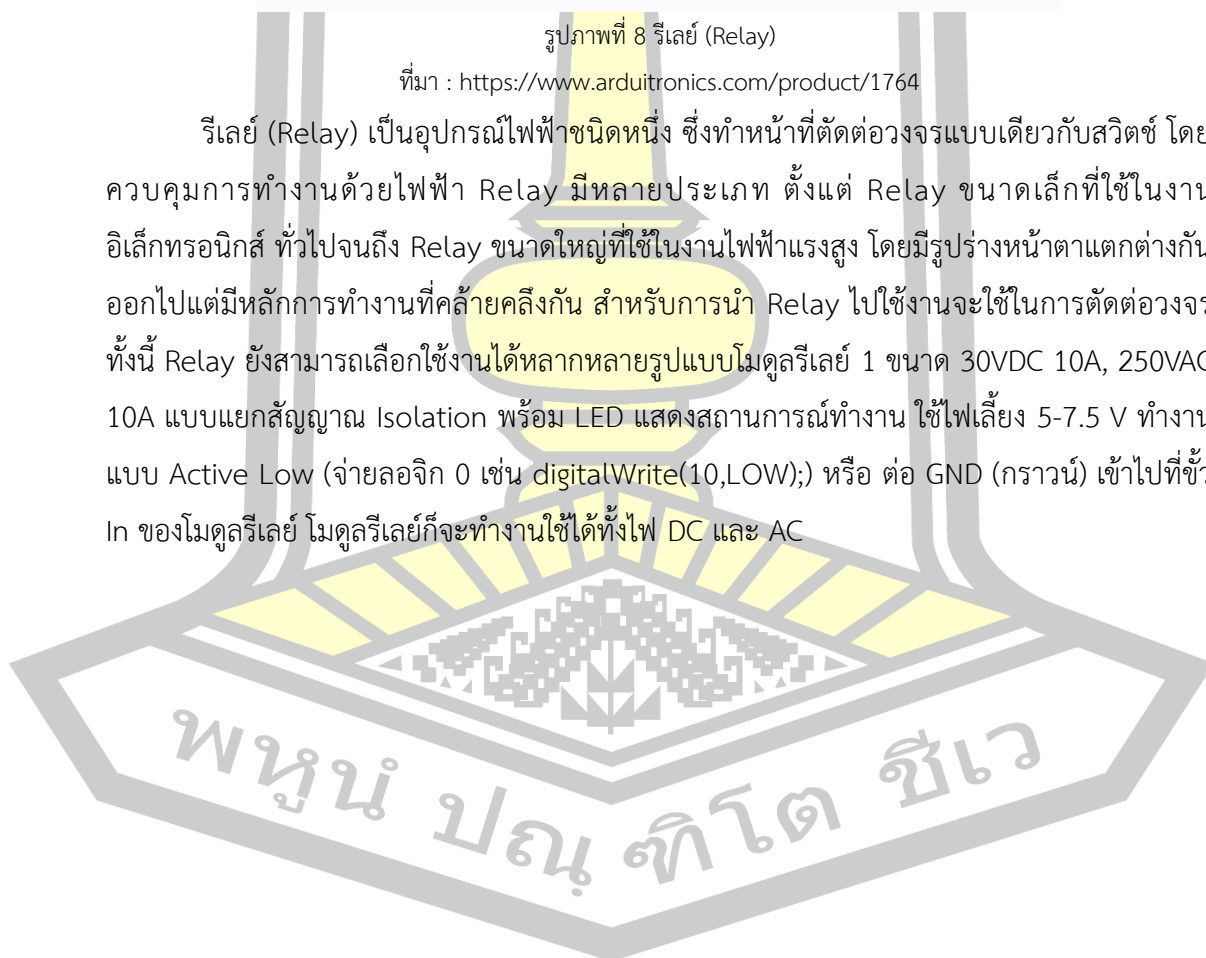
2.6.3 รีเลย์ (Relay)



รูปภาพที่ 8 รีเลย์ (Relay)

ที่มา : <https://www.arduitronics.com/product/1764>

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ทัวไปจนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไปแต่มีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งานจะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบโมดูลรีเลย์ 1 ขนาด 30VDC 10A, 250VAC 10A แบบแยกสัญญาณ Isolation พร้อม LED แสดงสถานะการทำงาน ใช้ไฟเลี้ยง 5-7.5 V ทำงานแบบ Active Low (จ่ายลอจิก 0 เช่น `digitalWrite(10,LOW);`) หรือ ต่อ GND (กราวด์) เข้าไปที่ขั้ว In ของโมดูลรีเลย์ โมดูลรีเลย์ก็จะทำงานใช้ได้ทั้งไฟ DC และ AC



2.6.4 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (DHT Sensor)



รูปภาพที่ 9 DHT Sensor

ที่มา : <https://www.arduino4.com/product/24>

DHT Sensor คือ โมดูลหรือเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และสามารถใช้งานกับ NodeMCU ESP8266 ได้ ซึ่งจะมีอยู่สองแบบ คือแบบที่มาเป็นโมดูลกับแบบที่มีแต่เซ็นเซอร์มาให้อย่างเดียว โดยการรับส่งข้อมูลจาก DHT Sensor นั้นจะใช้สายสัญญาณเส้นเดียวกันและเป็นสัญญาณแบบดิจิตอลเพื่อเชื่อมต่อข้อมูล

2.6.5 LED Grow Light



รูปภาพที่ 10 LED Grow Light

ที่มา : <https://www.homedepot.com/p>

LED Grow Light คือ อุปกรณ์ที่สร้างแสงแดดเทียมในรางปลูกผัก ซึ่งแสงแดดเทียมจะช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงได้ใกล้เคียงกับแสงแดดตามธรรมชาติ อุปกรณ์นี้จะมีหลอด LED จำนวน 50 ชิ้นเป็นชิพแบบ Double Chips หลอดไฟ LED ทั้งหมด ซึ่ง LED แบบ full spectrum โดยมีความยาวแสงดังนี้ แสงสีแดงจำนวน 10 หลอด มีความยาวแสงประมาณ 630 นาโนเมตร ถึง 660 นาโนเมตร แสงสีฟ้าจำนวน 17 หลอด มีความยาวแสง 460 นาโนเมตร แสงสีส้มจำนวน 4 หลอด มีความยาวแสง 610 นาโนเมตร แสงสีขาว มีความยาวแสง 14000K จำนวน 12 หลอด อินฟราเรดความยาวแสง 730

นาโนเมตร 1 หลอดและ แสงยูวี ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร 1 หลอด อุปกรณ์นี้จะใช้พลังงาน 1,000 วัตต์ ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ และใช้กระแสไฟฟ้า 600 มิลลิแอมป์

สำหรับตัวแปรที่สำหรับ LED grow light ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมีดังนี้

1. PAR หรือ Photosynthetically Active Radiation เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณของความยาวแสง (Wavelength) ในช่วง 400-700nm ของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งค่าความยาวแสงในช่วงดังกล่าว เป็นช่วงความยาวแสงที่มีประโยชน์ต่อการสังเคราะห์แสงของพืช

2. PPF หรือ Photosynthetic Photon Flux เป็นการวัดความสามารถในการสร้าง PAR ของแหล่งกำเนิดแสงต่อวินาที ($\mu\text{mol/second}$) โดยเป็นการวัดประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสงเท่านั้น ไม่ได้เป็นค่าที่วัดว่าพืชได้รับได้ตามจำนวนของแหล่งกำเนิดแสงหรือไม่

3. PPFD หรือ Photosynthetic Photon Flux Density เป็นการวัดจำนวนของแสงที่จำเป็น ต่อการสังเคราะห์แสงที่พืชได้รับ ($\mu\text{mol/m}^2 \text{ /s}$) ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่สำคัญในการเลือก LED grow light และการวางระยะห่างของแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมีผลต่อค่า PPFD

4. DLI หรือ Daily Light Integral เป็นค่าของแสงแดดที่พืชได้รับต่อวัน ($\mu\text{mol/m}^2 \text{ /d}$) ค่านี้เป็นค่าที่สามารถบอกได้ว่า พืชต้องการแสงในแต่ละวันประมาณเท่าใด เพื่อให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่

ในงานวิจัยนี้ได้คำนวณระยะห่างและค่า PPFD ของ LED grow light พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ระยะห่าง 60 เซนติเมตรระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและพืช จะมีค่า PPFD เฉลี่ยประมาณ $400 \mu\text{mol/m}^2 \text{ /s}$ ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสม และจะใช้เป็นข้อมูลในการติดตั้งหลอด LED grow light ของงานวิจัยนี้

สำหรับสูตรคำนวณ DLI เป็นดังนี้

$$DLI = \frac{PPFD \times t}{10^6}$$

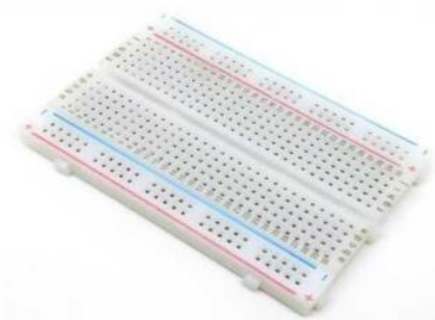
โดยที่ DLI คือ ค่าของแสงแดดที่พืชได้รับต่อวัน ($\mu\text{mol/m}^2 \text{ /d}$)

PPFD คือ จำนวนของแสงที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงที่พืชได้รับ ($\mu\text{mol/m}^2 \text{ /s}$)

t คือ เวลาที่รับแสงต่อวัน (s)

ซึ่งถ้าหากว่าให้แสงเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จะทำให้ได้ค่า DLI เท่ากับ 17.28 (ซึ่งค่า DLI เท่ากับ 17 เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับการปลูกผักไมโครกรีน) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จะให้แสงกับพืชตั้งแต่ 06.00 น. ถึง 18.00 น.

2.6.6 Breadboard



รูปภาพที่ 11 Breadboard

ที่มา : <https://th.cytron.io/p-breadboard-8.5x5.5cm-400-holes>

โปรโตบอร์ด (Protoboard) หรืออาจจะเรียกทับศัพท์ว่า เบรตบอร์ด (Breadboard) โปรโตบอร์ดเป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้นลักษณะของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูมาก ภายใต้อุณหภูมิเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบจะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่างพื้นที่

การเชื่อมต่อกันของโปรโตบอร์ด จะแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

- กลุ่มแนวตั้ง เป็นกลุ่มที่เป็นพื้นที่สำหรับการเชื่อมต่อวงจรวางอุปกรณ์ จะมีช่องเว้นกลางกลุ่มสำหรับเสียบไอซีตัวถังแบบ DIP และบ่งบอกการแบ่งเขตเชื่อมต่อ
- กลุ่มแนวนอน เป็นกลุ่มที่มีการเชื่อมต่อกันในแนวนอน ใช้สำหรับพิกไฟที่มาจากแหล่งจ่ายเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่อไฟจากแหล่งจ่ายเลี้ยงให้วงจรต่อไป และจะมีสัญลักษณ์สกรีนเพื่อบอกขั้วที่ของแหล่งจ่ายที่ควรนำมาพิกไว้โดยสีแดงจะหมายถึงขั้วบวก และสีดำหรือสีน้ำเงินจะหมายถึงขั้วลบ

พูน ปณ จิต ชีเว

2.6.7 Soil Moisture Sensor Module



รูปภาพที่ 12 Soil Moisture Sensor Module

ที่มา : <https://create.arduino.cc/projecthub/MisterBotBreak/how-to-use-a-rain-sensor-bcecd9>

Soil Moisture Sensor Module คือ เป็นโมดูลวัดความชื้นในอากาศและน้ำฝน โดยค่าที่ได้ ออกมาเป็นความต้านทาน (ADC) เมื่ออยู่ในสภาพปกติหรือแม้จะมีความต้านทานสูง ในขณะที่มีความชื้นมากๆ หรือมีปริมาณน้ำฝนในปริมาณมาก ค่าความต้านทานที่ได้จะลดลง ซึ่งสามารถปรับค่าความไวในการตรวจวัดได้อีกด้วย และสามารถให้ Output ได้ทั้ง Analog (ADC) และ Digital

คุณสมบัติ

- ให้สัญญาณเอาต์พุตได้ทั้งแบบดิจิตอล และแบบอนาล็อก
- สามารถปรับความไวในการตรวจจับได้
- มีไฟแสดงสถานะบนแผงวงจรแปลงสัญญาณ 2 ดวง มี 1 ดวงแสดงสถานะแผงวงจรทำงาน อีก 1 ดวงแสดงสถานะการตรวจจับน้ำฝน
- สัญญาณดิจิตอลจากขา D0 สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 100mA สามารถนำไปขับหลอด LED หรืออุปกรณ์ใช้กระแสไฟฟ้าน้อยๆได้โดยตรง
- ใช้งานที่แรงดันไฟฟ้า 5V
- ใช้ไอซีเปรียบเทียบแรงดันเบอร์ LM393 แบบ SMD
- แผ่นตรวจจับน้ำฝนเป็นแผ่นปริน (PCB) ที่ลายทองแดงชุบตะกั่ว
- ง่ายต่อการติดตั้งด้วยรูยึดขนาด M3
- แผงตรวจจับน้ำฝน มีขนาด 5x4cm
- แผงวงจรแปลงสัญญาณ มีขนาด 3.2x1.4cm

พูน ปณ จิต ชีเว

2.6.8 สาย Jump



รูปภาพที่ 13 สาย Jump

ที่มา : <http://www.ar-robotall.com/category/11>

สาย Jump คือสายไฟเส้นขนาดเล็ก ๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเชื่อมต่อ กับ Arduino เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอีกชิ้นหนึ่งในการทำ Prototype ซึ่งใช้งานร่วมกับ Breadboard สาย Jump จริง ๆ แล้วก็ได้มีความแตกต่างกับสายไฟชนิดอื่น ๆ เพียงแต่มันจะถูกตัดให้มีขนาดสั้นๆเพื่อให้ใช้งานบน Breadboard ได้ง่ายนั่นเอง สายไฟที่ใช้เป็นสาย Jump จะเป็นสายไฟประเภท Multicore คือมีสายไฟเส้นเล็กหลาย ๆ เส้นพันเป็นเกลียวรวมกันอยู่ด้านในฉนวน ซึ่งสายประเภทนี้จะมีความแข็งแรงทนต่อการหักงอได้มากกว่าสายประเภท Single core จึงเหมาะกับการนำมาใช้งานทำ Prototype เนื่องจากต้องมีการปรับเปลี่ยนถอดสายเข้าออกจากบอร์ดบ่อย โดยสายนี้จะต้องมีการเข้าหัวก่อนเพื่อรวมสายไฟเส้นเล็ก ๆ ให้เป็นหนึ่งเส้น เพื่อให้สามารถเสียบเข้ากับรูที่อยู่บน Breadboard ได้

2.6.9 DS18B20 Temperature Sensor



รูปภาพที่ 14 DS18B20 Temperature Sensor

ที่มา : <https://blog.thaieasyelec.com/espino32-ch13-how-to-work-with-sensors>

DS18B20 Temperature Sensor คือเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ (-55 °C ถึง 125 °C) สามารถนำเซ็นเซอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานด้าน IoT, Smart Farm, Temperature Monitor,

Whether Station หรืองานด้านอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิได้ คล้ายๆกับ DHT11/DHT22 Temperature and Humidity Sensor ข้อดีของ DS18B20 Temperature Sensor คือมีรูปแบบแพ็คเกจของตัวเซ็นเซอร์หลากหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบไอซี รูปแบบหัวเซ็นเซอร์แบบกันน้ำ ทำให้สามารถใช้วัดอุณหภูมิในของเหลวได้

2.7 ระบบเครือข่ายและมาตรฐานต่าง ๆ (Wi-Fi)

มาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งได้รับการตีพิมพ์ครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2540 โดย IEEE (The Institute of Electronics and Electrical Engineers) และเป็นเทคโนโลยีสำหรับ WLAN ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดคือข้อกำหนด (Specification) สำหรับอุปกรณ์ WLAN ในส่วนของ Physical (PHY) Layer และ Media Access Control (MAC) Layer โดยในส่วนของ PHY Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้อุปกรณ์มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1, 2, 5.5, 11 และ 54 Mbps โดยมีสื่อ 3 ประเภท ให้เลือกใช้ได้แก่ คลื่นวิทยุที่ความถี่สาธารณะ 2.4 GHz 5 GHz และอินฟราเรด (Infarred) (1 และ 2 Mbps เท่านั้น) สำหรับในส่วนของ MAC Layer มาตรฐาน IEEE 802.11 ได้กำหนดให้มีกลไกการทำงานที่เรียกว่า CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับหลักการ CSMA/CD (Collision Detection) ของมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในเครือข่าย LAN แบบใช้สายนำสัญญาณ นอกจากนี้ในมาตรฐาน IEEE 802.11 ยังกำหนดให้มีทางเลือกสำหรับความปลอดภัยให้กับเครือข่ายโดยกลไกการเข้ารหัสข้อมูล เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 WLAN คือ มาตรฐานการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สายที่กำหนดขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) เป็นมาตรฐานกลางที่ได้นำมาปฏิบัติใช้เพื่อที่จะทำการเชื่อมโยงอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเข้าด้วยกันบนระบบ ในทางปกติแล้วการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายไร้สายจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์สองชิ้นนั่นคือ แอ็กเซสพอยต์ เป็นตัวกลางที่ช่วยในการติดต่อระหว่างตัว รับ-ส่ง สัญญาณไวร์เลสของผู้ใช้กับสายนำสัญญาณจากทองแดงที่ได้รับการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายแล้ว เช่น สายแลน ตัวรับ-ส่ง สัญญาณไวร์เลสทำหน้าที่ รับ-ส่ง สัญญาณระหว่างตัวรับส่งแต่ละตัวด้วยกัน หลังจากที่เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายนี้ได้เกิดขึ้นก็ได้เกิดมาตรฐานตามมามากมายโดยที่การจะเลือกซื้อหรือเลือกใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเหล่านั้นเราจำเป็นต้องคำนึงถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ รวมถึงความเข้ากันได้ของเทคโนโลยีที่ต่าง ๆ ด้วย

- มาตรฐาน 802.11a ทำงานบนย่านความถี่ 5 GHz โดยสามารถให้อัตราการส่งถ่ายข้อมูล 54 Mbps และเนื่องด้วยการที่มาตรฐานนี้ใช้การเชื่อมต่อที่ความถี่สูง ๆ ทำให้มาตรฐานนี้มีระยะการรับส่งที่ค่อนข้างใกล้ คือ ประมาณ 35 เมตร ในโครงสร้างปิด เช่น ในตึก ในอาคาร และ 120 เมตรในที่โล่งแจ้งและด้วยความที่ส่งข้อมูลด้วยความถี่สูงนี้ทำให้การส่งข้อมูลนั้นไม่สามารถทะลุทะลวง

โครงสร้างของดึกได้มากนักอุปกรณ์ไร้สายที่รองรับเทคโนโลยี IEEE 802.11a นี้ไม่สามารถเข้ากันได้กับอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11b และ IEEE 802.11g ที่จะอธิบายด้านล่างนี้ได้

- มาตรฐาน 802.11b ทำงานบนย่านความถี่ 2.4 GHz โดยที่สามารถให้อัตราการส่งถ่ายข้อมูล 11 Mbps เนื่องจากการใช้คลื่นความถี่ที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน IEEE 802.11a ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐานนี้จะมีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณไปได้ไกลกว่าคือ ประมาณ 38 เมตรในโครงสร้างปิด และ 140 เมตรในที่โล่งแจ้ง รวมถึงสัญญาณสามารถทะลุทลวงโครงสร้างตึกได้มากกว่าอุปกรณ์ที่รองรับกับ มาตรฐาน IEEE 802.11a

- มาตรฐาน 802.11g เป็นมาตรฐานเครือข่ายไร้สายแลนตัวใหญ่ล่าสุดที่เปิดตัวไปเมื่อปลายปี 2003 มีข้อดีเหนือกว่าตัวอื่น ๆ คือ มีความเร็วในการทำงานสูงถึง 54 เมกะบิต และมีระยะการทำงานไกลสุดเท่ากับมาตรฐาน 802.11b

- มาตรฐาน 802.11n เป็นไร้สายแลนที่มีความเร็วสูงสุดถึง 600 Mbps โดยส่งผ่าน 4 stream ซึ่งจะประกอบไปด้วยเสาอากาศ 4 ชุด ทั้งภาครับและส่งแต่ละ Stream จะมีความเร็วที่ 150 Mbps สามารถใช้งานได้ทั้งย่านความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz หากใช้งานช่องสัญญาณขนาด 40 MHz จะส่งข้อมูลได้สูงกว่าการใช้ช่องสัญญาณขนาดมาตรฐานคือ 20 MHz ไร้สายแลน 802.11n นี้จะเป็นมาตรฐานที่อยู่ในโน้ตบุ๊กใหม่ตั้งแต่ปี 2009 โดยจะสามารถรับส่งข้อมูล 2-3 Stream ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนภาครับส่งและเสา หากเป็นรุ่นที่มี 2 เสาจะมีความเร็วสูงสุดที่ 300 Mbps แต่ถ้าเป็นรุ่น 3 เสาจะมีความเร็วสูงสุดที่ 450 Mbps

- มาตรฐาน 802.11ac เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อไร้สายบนคลื่นความถี่ 2.4GHz เหมือนเดิม แต่เพิ่มสัญญาณ 5GHz เข้ามาอีกคลื่น ทำให้รองรับการใช้งานอุปกรณ์ได้มากขึ้น เพราะเชื่อมต่อได้ทั้งสองคลื่นพร้อมกัน และที่คลื่น 5GHz มีช่องสัญญาณให้ใช้งานมากกว่าเดิม มีโอกาสที่สัญญาณจะรบกวนกันน้อยลงทำให้ความเร็วในการเชื่อมต่อไร้สายสูงสุด 1.3Gbps เรียกได้ว่าความเร็วในการโอนไฟล์ข้อมูลแบบไร้สายได้ความเร็วที่ใกล้เคียงกับการเชื่อมต่อสายแลน สตรีมดูหนังออนไลน์ความละเอียด Full HD หรือ ระดับ 4K ได้ดี

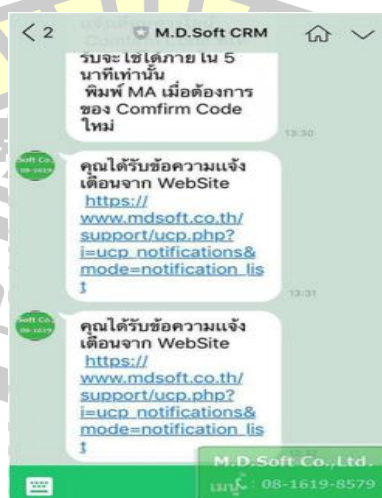
- มาตรฐาน IEEE 802.11ax เป็นมาตรฐานที่มีการกำหนดให้ใช้เทคโนโลยี Orthogonal Frequency-Division Multiple Access (OFDMA) ซึ่งมีความโดดเด่นกว่าเทคโนโลยี OFDM ในการรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก เพราะว่าเทคโนโลยี OFDMA มีการแบ่งช่องสัญญาณออกเป็นช่องย่อยขนาดเล็กลง เพื่อให้มีการจัดสรรความถี่ที่เล็กกว่าเรียกว่า Resource Units (RUs) และสามารถส่งสัญญาณผู้ใช้อย่างพร้อมกันได้ทั้งการอัปโหลดและดาวน์โหลด นอกจากนั้น IEEE 802.11ax ยังรองรับเทคโนโลยี Multi-User MIMO (MU-MIMO) ทำให้อุปกรณ์สามารถรับส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้งานหลายคนพร้อม ๆ กันได้ ใช้หลักการการมอดูเลตข้อมูลที่ 1024-QAM ทำงานได้ทั้งในสัญญาณความถี่ 2.4 GHz และ 5 GHz มีแบนด์วิดท์ที่กว้างขึ้นเป็น 40/80/160 MHz มีอัตราส่งข้อมูลที่มากกว่า 1

Gbps ได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้นและสภาพแวดล้อมที่มีความหนาแน่นสูงขึ้นใช้อัตราการส่งข้อมูลที่สูงขึ้นโดยการปรับปรุง PHY และ MAC เพื่อให้การจัดการทรัพยากรหรือการจราจรของเครือข่ายที่ดีขึ้น จนมาตรฐาน IEEE 802.11ax เป็นที่รู้จักกันในชื่อของ 802.11ax-High Efficiency WLAN (HEW) โดยมีการวางจำหน่ายอุปกรณ์ตามมาตรฐานนี้ตั้งแต่ปี 2018 ก่อนที่จะมีการรับรองอย่างเป็นทางการจาก Wi-Fi Alliance

IEEE 802.11ax ถูกเรียกว่าเป็น Wi-Fi 6 ใช้สัญญาณวิทยุ 2.4 GHz และ 5 GHz มาตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของมาตรฐาน จนกระทั่งปี 2020 ทาง Federal Communications Commission (FCC) ซึ่งเป็นหน่วยงานของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ที่มีหน้าที่ควบคุมในเรื่องการสื่อสารได้เพิ่มคลื่นสัญญาณความถี่ที่ 3 ขึ้นมาในระดับ 6 GHz โดยเรียกมาตรฐานนี้ว่าเป็น Wi-Fi 6E (Enhanced) สามารถรองรับการใช้งานในบริเวณที่มีผู้ใช้บริการอย่างหนาแน่น และรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำนวนมากขึ้นได้

2.8 ระบบบริการข้อความ LINE Notify

การแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมไลน์เรียกว่า LINE Notify ดังแสดงในภาพที่ 2.10 เป็นบริการส่งข้อความอัตโนมัติไปยังผู้ใช้ เพื่อช่วยแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญให้กับผู้ใช้ด้วยการส่งข้อความบนโทรศัพท์มือถือผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งสามารถส่งข้อความได้หลากหลายภาษาแต่จำนวนตัวอักษรต้องไม่เกิน 160 ตัวอักษรผ่านทาง API ของ Line ไปยังผู้รับโดยผ่านทางอินเทอร์เน็ตไม่ต้องกังวลว่าในพื้นที่นั้นจะมีสัญญาณหรือไม่ในขณะที่ปลายทางที่ยังไม่มีสัญญาณระบบ LINE Notify จะเก็บข้อความจนกว่าปลายทางจะมีสัญญาณแล้วจึงส่งข้อความทั้งหมดไปยังผู้ใช้งานพบว่าในปัจจุบันโทรศัพท์มือถือมักเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตตลอด เวลาก่อให้เกิดการพัฒนาให้สามารถส่งข้อความรายละเอียดข้อมูลของการแจ้งเตือนระดับนำผ่านอินเทอร์เน็ตด้วย ระบบ LINE Notify



รูปภาพที่ 15 ระบบแจ้งเตือนผ่านทางไลน์

ที่มา : บริษัท เอ็ม.ดี.ซอฟต์ จำกัด, 2560

2.9 ซอฟต์แวร์ (Software)

2.9.1 Arduino IDE



รูปภาพที่ 16 Arduino IDE

ที่มา : <https://lastminuteengineers.com/esp32-arduino-ide-tutorial/>

Arduino เดิมก่อตั้งมาด้วยผู้ร่วมก่อตั้ง 5 คน ได้แก่ Massimo Banzi, David Cuartielles, David Meilis, Tom Igoe, และ Gianluca Martino โดยเริ่มโครงการมาตั้งแต่ช่วงปี 2005 ความหมายของคำว่า Arduino แปลว่า เพื่อนแท้ (Strong friend หรือ Brave friend) ในภาษาอิตาลี โดยผู้ก่อตั้งมีความตั้งใจให้ราคาของอุปกรณ์นั้นถูกเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่น ๆ เพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย แพลตฟอร์ม Arduino ได้ออกแบบมาเพื่อให้ใช้งานง่ายผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในชิพ โดยรู้เพียงว่าบอร์ด Arduino ที่เลือกมาใช้งานนั้นมีขาที่ใช้ทำอะไรบ้างมีคุณสมบัติต่าง ๆ อะไรบ้างที่สามารถใช้งานได้ด้วยประสบการณ์และจำนวนการใช้งานของผู้ใช้จำนวนมาก Arduino จึงถูกใช้งานด้านต่าง ๆ มากมาย เนื่องจากการเขียนโค้ดโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Arduino มีความง่ายและยืดหยุ่นสามารถใช้งานในระดับสูงได้อีกด้วยเครื่องมือที่ใช้สำหรับเขียนโค้ดควบคุมมีเวอร์ชันที่สามารถรันได้ในทุกระบบปฏิบัติการ ไม่ว่าจะเป็นแมคอินทอชวินโดวส์หรือแม้กระทั่งลินุกซ์ก็ตามทำให้ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง (ประภาส สุวรรณพชร, 2560) แพลตฟอร์ม Arduino ประกอบไปด้วย

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิ้นส่วนหลักประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานหรือที่เรียกว่า “บอร์ด Arduino” โดยบอร์ด Arduino ก็มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงานโดยในแต่ละรุ่นอาจมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขา รับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

2) ซอฟต์แวร์(Software)

- ภาษาที่ใช้เขียนโค้ดควบคุมบอร์ด Arduino เป็นภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมที่มีไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C/C++
- Arduino IDE เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดโปรแกรม การคอมไพล์โปรแกรม (การแปลงไฟล์ภาษาซีให้เป็นภาษาเครื่อง) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

2.9.2 แอปพลิเคชัน Blynk



รูปภาพที่ 17 Blynk

ที่มา : <https://solarduino.com/pzem-017-dc-energy-meter-online-monitoring-with-blynk-app/>

Blynk เป็นแพลตฟอร์มการพัฒนา Application สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT ให้สามารถใช้งานร่วมกันกับอุปกรณ์โมบายโฟน Application ต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android ซึ่งช่วยให้เราสามารถทำให้ผู้ใช้สร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเชื่อมต่อกับ Application ที่พัฒนาขึ้นและสื่อสารสั่งงานรับส่งข้อมูลกันได้ซึ่งก็จะทำให้ผู้ใช้สามารถสั่งงานอุปกรณ์ Output ต่าง ๆ เช่น รีเลย์ผ่านทาง Application บนมือถือไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ตำแหน่งใด ๆ ก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่อกับ Internet ได้และทำนองเดียวกันก็สามารถอ่านค่า Input ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์จากอุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นและติดตั้งใช้งานไว้ที่ใด ๆ ก็ได้ที่เชื่อมต่อกับ Internet ได้มาแสดงผลที่ Application บนมือถือได้โดยง่ายโดยอาศัยเครือข่ายการสื่อสารของ Internet เป็นสื่อกลางหรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นการติดต่อสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านเน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือ

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีระภัทร เจริญปฐ (2559) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยใช้ซิงโครไนซ์สำหรับระบบการชลประทานในไร่นาสำปะหลัง โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อศึกษาและออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ประยุกต์ใช้ระบบสมองกลฝังตัวในการควบคุมระบบ 2) เพื่อดำเนินการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 3) เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมควบคุมการให้น้ำแบบอัตโนมัติที่ใช้ข้อมูลจากเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ที่ติดตั้งในบริเวณพื้นที่เพาะปลูกจริงมาประกอบการตัดสินใจในการจ่ายน้ำ 4) เพื่อสร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติโดยใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ และสามารถตรวจสอบค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจวัด ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 5) เพื่อสร้างชุดต้นแบบระบบควบคุมการให้น้ำสำหรับระบบชลประทานอัตโนมัติ

ผลการวิจัย ชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายและระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ สามารถทำงานได้ อย่างถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้โดยชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายสามารถตรวจวัดค่าสถานะแวดล้อมต่าง ๆ และส่งข้อมูลจากการตรวจวัดเข้าฐานข้อมูลคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อการรายงานผลได้อย่างถูกต้องระบบสามารถควบคุมการให้น้ำได้อย่างถูกต้องสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม Matlab โดยจาก การติดตั้งจริงและเก็บข้อมูลและจากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณค่าเฉลี่ยพบว่าในระยะเวลา 1 เดือน มีระยะเวลาของการให้น้ำประมาณ 8.5 ชั่วโมง คิดเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดประมาณ 44,200 ลิตร ซึ่งประหยัดกว่าการให้น้ำด้วยวิธีการคำนวณการให้น้ำทางสถิติร้อยละ 12.68

ประโยชน์ คำสวัสดิ์ (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ระบบรายงานสถานะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายแบบแอนดรอยด์ต้นทุนต่ำวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อดำเนินการออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับบันทึกข้อมูลการตรวจวัดค่าสภาพแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมของเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายต้นทุนต่ำโดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์แอนดรอยด์ (Android devices) 2) เพื่อดำเนินการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมการส่งข้อมูลในเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย 3) เพื่อสร้างชุดต้นแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ 4) เพื่อพัฒนาโปรแกรมแอนดรอยด์ประยุกต์ (Android applications) ที่สามารถตรวจสอบค่าการตรวจวัดจากเซนเซอร์ต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการทดสอบการรายงานผลการตรวจวัดของเซนเซอร์ที่ติดตั้งในแปลงทดลองการปลูกอ้อยระบบน้ำหยดในพื้นที่ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ผู้วิจัยเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ที่ เรียกว่า Google Cloud Platform (GCP)

ผลจากการวิจัย อุปกรณ์แอนดรอยด์ เข้าสู่ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆของ Google ได้ อย่างรวดเร็วและสามารถจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมากได้ฟรีโดยไม่มีค่าใช้จ่าย การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ แอนดรอยด์และเครือข่ายเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ดังกล่าวทำให้สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์ และทำการส่งข้อมูลได้แบบไร้สายซึ่งเพิ่มความสะดวกและลดความยุ่งยากในการติดตั้งอีกด้วย เครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายที่พัฒนาขึ้นสามารถรายงานผลการตรวจวัดค่าจากเซนเซอร์แบบต่างๆบน อุปกรณ์เคลื่อนที่และบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบค่าการ ตรวจวัดและควบคุมการเปิด-ปิดน้ำได้จากทุกแห่งที่มีอินเทอร์เน็ตใช้งาน

วิศกดิ์ พองเงิน และคณะ (2561) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอที ควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) ศึกษาหาข้อมูล คุณสมบัติและลักษณะสมบัติของเห็ดนางฟ้า 2) ออกแบบและสร้างโรงเรือนและพัฒนาระบบควบคุม อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน 3) ศึกษาการเติบโตและพัฒนาศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตจะ นำเอาเทคโนโลยีไอโอที(IOT) มาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในโรงเพาะเห็ดนางฟ้าโดยนำ ข้อมูลที่ได้ส่งข้อมูลผ่านคลาวด์(Cloud) และแสดงข้อมูลบนมือถือมาช่วยในการควบคุมให้สามารถรับรู้ค่า อุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในโรงเพาะเห็ดนางฟ้า เพื่อเป็นการลดสภาพ ความแปรปรวนของดินฟ้าอากาศและเพื่อเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้น

ผลการวิจัย การออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการ เจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า จากกรณีศึกษาพบว่า ปัญหาของผลผลิตของกลุ่มอาชีพเพาะเห็ดออกดอก ไม่สม่ำเสมอโดยมีหลาย ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดมาจากสภาพอุณหภูมิและความชื้น ของอากาศโรงเพาะเห็ดนั้นยังขึ้นกับฤดูกาลในแต่ละช่วงเวลา ผลจากการออกแบบและพัฒนาเครื่อง ควบคุมอุณหภูมิความชื้นในโรงเพาะเห็ดที่ได้จัดทำขึ้นนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้เป็น อย่างดีทำให้เห็ดนางฟ้ามีผลผลิตออกอย่างสม่ำเสมอ สามารถประหยัดเวลาในการให้น้ำในโรงเพาะ เห็ด โดยอาศัยการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ติดตั้งไว้ ภายในโรงเรือนได้เป็นอย่างดีเห็ดที่เพาะได้มีผลผลิตที่ดีขึ้นมีความสมบูรณ์เจริญเติบโตได้เร็วกว่าปกติ

บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนาจ และคณะ (2562) ได้ศึกษาเรื่อง การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดย ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับมะนาวจังหวัดเพชรบุรี วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อ ออกแบบนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ผลผลิตสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี โดยการศึกษาสภาพปัญหาของการปลูกมะนาวอย่าง แท้จริงรวมกับการศึกษาหลักการแนวคิดและความสามารถของเทคโนโลยี IOT เพื่อนำมาใช้เป็น แนวทางในการพัฒนาตัวแบบสวนมะนาวอัจฉริยะ โดย IOT จะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือต้นแบบเพื่อ ช่วยในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ปลูกมะนาว

ผลการวิจัย การออกแบบและเขียนโปรแกรมฟังก์ชันในการวัดค่าความต้องการมาตรฐานของมะนาว โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแอปพลิเคชันโดยใช้ชื่อว่า Smart farm PBRU โดยหน้าจอหลักจะแสดงถึงระบบการทำงานของระบบการให้แบบด้วยตนเอง (manual) และระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติ(Auto) ซึ่งหน้าจอจะแสดงถึงค่าตัวเลขปัจจุบันที่เครื่อง sensor ตรวจวัดได้แบบ realtime การนำระบบเกษตรอัจฉริยะสมาร์ทฟาร์มไปใช้ในแต่ละพื้นที่นั้น เกษตรกรควรเก็บข้อมูลพื้นฐานในแต่ละพื้นที่แล้วนำไปกำหนดค่าเปิด-ปิดอัตโนมัติอีกครั้ง เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่มะนาวต้องการของในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ปริมาณผลผลิตต่อไร่ของมะนาว

(Ferrández-Pastor et al., 2016) ได้ทำการพัฒนา Ubiquitous Sensor Network (USN) โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อเสนอโปรแกรมประยุกต์ในการทำเกษตรกรรมที่แม่นยำ แพลตฟอร์มที่สร้างขึ้นสามารถรักษาพื้นที่เพราะปลูกได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิ ความสว่าง ความชื้น ความเป็นกรดต่างและค่าการนำไฟฟ้าของ

ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้ทรัพยากรน้ำลดลงถึง 20 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นยังสามารถติดตั้งเซ็นเซอร์ได้หลากหลายชนิดซึ่งสามารถออกแบบให้มีกฎและเงื่อนไขที่แตกต่างกันได้อย่าง เช่น สั่งให้ควบคุมแสงหรือปั้มน้ำ เป็นต้น

(Martinović & Simon, 2014) ได้พัฒนาระบบควบคุมสภาพอากาศในโรงเรือนที่ควบคุมด้วยสถานีตรวจวัดที่เคลื่อนที่ได้ งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความต้องการสำหรับการพัฒนาโมเดลของการจัดการสิ่งแวดล้อม ซึ่งใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการเก็บข้อมูลของตัวแปรสภาพอากาศ ยิ่งไปกว่านั้นยังได้พัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) โดยใช้ Fuzzy Multiple Criteria Decision และวางแผนการจัดการที่เป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับโรงเรือน ซึ่งได้เปรียบเทียบโมเดลที่พัฒนาขึ้นกับระบบปกติ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า การใช้ระบบที่นำเสนอทำให้สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนคงที่และยังใช้พลังงานน้อย นอกจากนี้ระบบที่พัฒนาขึ้นยังมีความแม่นยำและทนทานสูงในการทดลองได้ใช้พืชทดลอง 3 ชนิด คือ มะเขือเทศ พริกชี้ฟ้าและ แตงกวา

ผลการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผลผลิตสำหรับระบบที่นำเสนอได้น้ำหนักเท่ากับ 215 กรัม 140 กรัม และ 80 กรัม ตามลำดับในขณะที่วิธีการแบบปกติได้น้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 185 กรัม 120 กรัม และ 60 กรัม ตามลำดับ ในส่วนของจำนวนผลผลิตของระบบที่นำเสนอมีจำนวนเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 18 ผล 17 ผล และ 15 ผล ตามลำดับ ในขณะที่วิธีการแบบปกติมีจำนวนเฉลี่ยต่อต้นเท่ากับ 11 ผล 12 ผล และ 12 ผล ตามลำดับ ซึ่งระบบที่นำเสนอขึ้นส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพและมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น

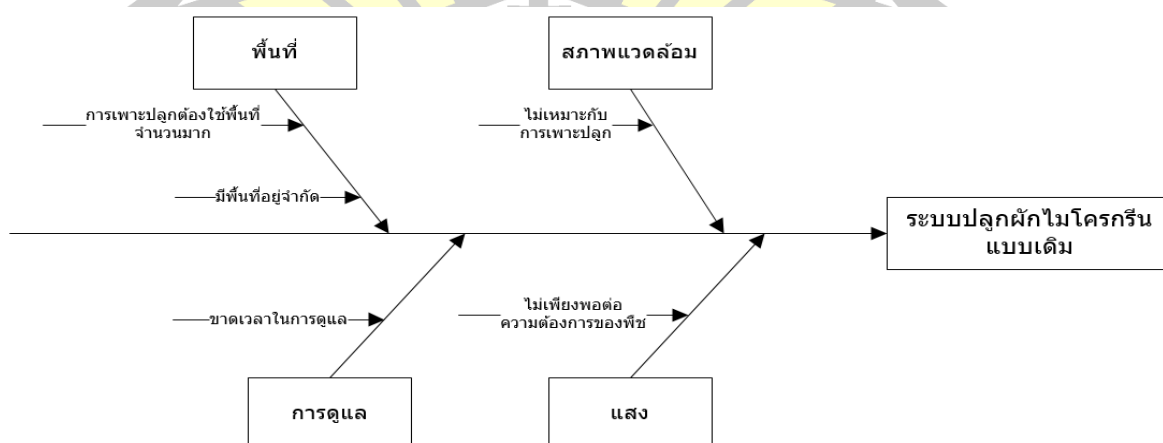
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในส่วนนี้จะแบ่งงานออกเป็นหกส่วนหลัก ๆ ส่วนแรกเป็นการเขียนโปรแกรม เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบตามหลักการทำงานและการประมวลผล โดยการสร้างชุดคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ควบคุมการเปิด-ปิดไฟเพาะปลุกผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ส่วนที่สองเป็นการวัดอุณหภูมิภายในน้ำและสั่งให้เครื่องปั้มน้ำทำงานแบบอัตโนมัติ เพื่อลดอุณหภูมิของน้ำเพาะปลุก ส่วนที่สามเป็นการวัดระดับน้ำ เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำเพาะปลุก ส่วนที่สี่เป็นการวัดค่าความชื้นของดินที่เพาะปลุก เพื่อสั่งให้เครื่องปั้มน้ำทำการรดน้ำแบบอัตโนมัติ ส่วนที่ห้าจะเป็นการวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นในอุปกรณ์เพาะปลุก และส่วนสุดท้ายคือการออกแบบหน้าจอแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมและดูข้อมูลผ่านสมาร์ตโฟนได้ โดยประยุกต์ใช้ทฤษฎี การพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle : SDLC) ในขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมด แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาระบบและวิเคราะห์ปัญหาระบบการทำงานเดิม
2. การพัฒนาระบบเพาะปลุกพืชไมโครกรีน โดยใช้ (System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ
3. การออกแบบเครือข่ายงานใหม่
4. การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware)
5. การใช้เครื่องมือสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software)
6. การออกแบบอุปกรณ์เพาะปลุก
7. วิธีการวัดผลการวิจัย

3.1 ศึกษาระบบและวิเคราะห์ปัญหาระบบการทำงานเดิม



รูปภาพที่ 18 แผนภูมิกำงปลาระบบปลูกผักไมโครกรีนแบบเดิม

3.1.1 แผนภูมิกำงปลาระบบปลุกผักไมโครกรีนแบบเดิม

ระบบปลุกผักไมโครกรีนแบบเดิมไม่มีประสิทธิภาพ สาเหตุของปัญหาหลัก ๆ มีดังนี้

- 3.1.1.1 พื้นที่ในการเพาะปลูกไม่เพียงพอ
- 3.1.1.2 สภาพแวดล้อม ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก
- 3.1.1.3 การดูแล ปัญหาเรื่องของเวลาที่ไม่เพียงพอต่อการดูแล
- 3.1.1.4 แสงไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชในการเพาะปลูก

3.1.2 ข้อเสนอแนะ

- 3.1.2.1 ควรมีอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการเพาะปลูก
- 3.1.2.2 ควรมีระบบเพื่ออำนวยความสะดวกในการบริหารจัดการเพาะปลูก

3.2 การพัฒนาระบบเพาะปลูกพืชไมโครกรีน โดยใช้ (System Development Life Cycle : SDLC) เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังรายละเอียด

นำผลสรุปจากการวิเคราะห์ปัญหากระบวนการทำงานเดิมมาเป็นข้อมูลและแนวทางในการกำหนดขอบข่ายในการพัฒนาระบบเพาะปลูก และดำเนินการพัฒนาระบบเพาะปลูกตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) ดังต่อไปนี้

1) การศึกษาความเป็นไปได้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นกิจกรรมแรกที่สำคัญในการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน ต้องมีการรับรู้ถึงปัญหาค้นหาต้นเหตุของปัญหา รวบรวมปัญหาเดิมของระบบ นำข้อมูลปัญหาค้นหาต้นเหตุของปัญหาเดิมของระบบ นำข้อมูลปัญหาที่ได้มาจำแนกกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญ เพื่อวิธีการแก้ปัญหา โดยงานวิจัยที่จะทำการพัฒนาต้องสามารถแก้ปัญหาการเพาะปลูกผักไมโครกรีนในพื้นที่จำกัดได้มากที่สุด

2) ศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study) ผู้วิจัยได้ค้นหาปัญหาจากที่เกิดขึ้นกับระบบงานเดิม และตัดสินใจจะสร้างและพัฒนาระบบงานนี้ขึ้นมาใหม่นั้น ผู้วิจัยจะทำการศึกษาว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

3) การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบทั่วไปและศึกษาความเป็นได้ของการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ระบบใหม่

4) การออกแบบ (Design) ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบทั่วไปและศึกษาความเป็นได้ของการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ระบบใหม่

5) การพัฒนาระบบ (Development) ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

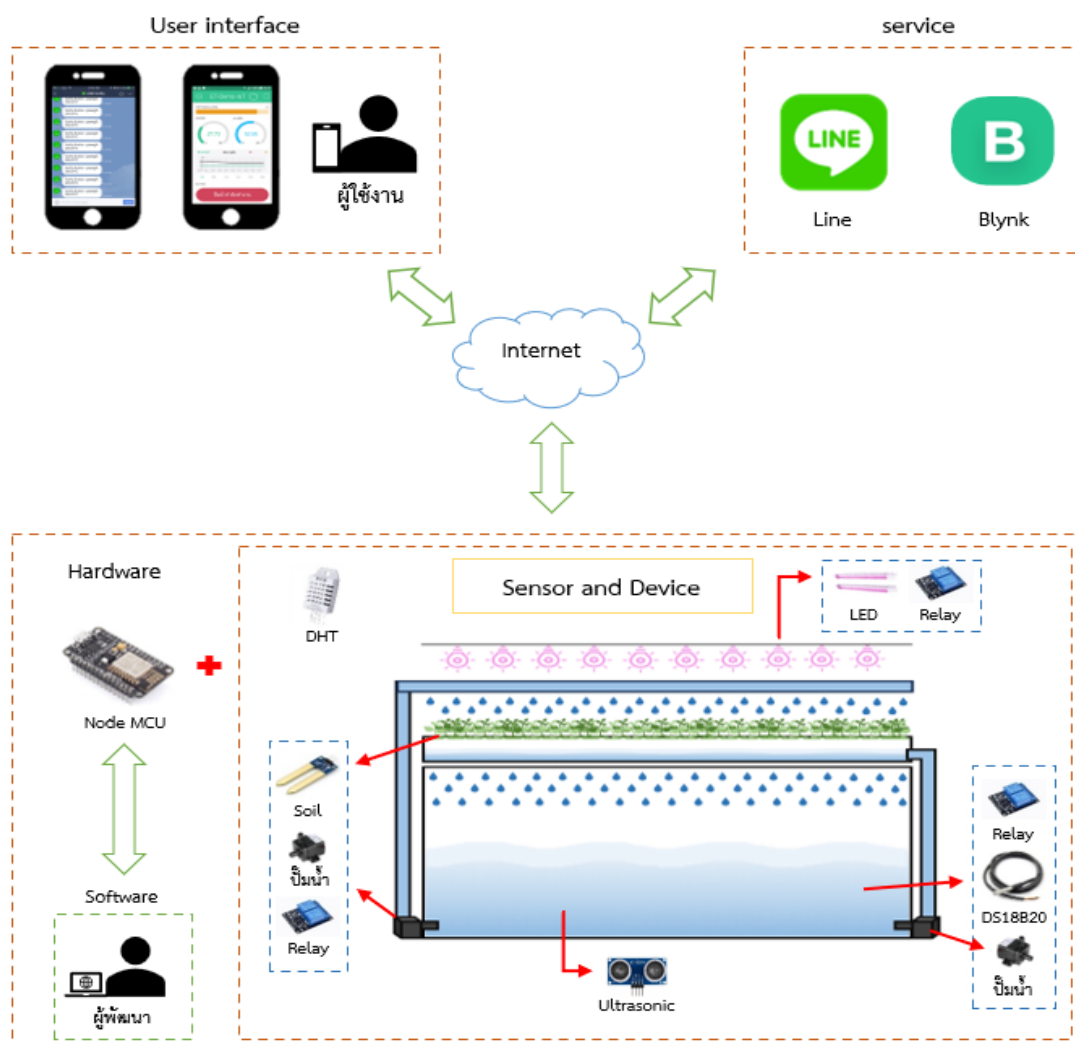
6) การทดสอบการติดตั้ง (Implementation Testing) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของระบบเพาะปลูกให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์และมีประสิทธิภาพตามที่ผู้วิจัยคาดหวัง

7) การบำรุงรักษา (Maintenance) การบำรุงรักษาจะเป็นการแก้ไขระบบเพาะปลูกหลังจากมีการใช้งานซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท

1. Breakdown Maintenance (การบำรุงรักษาโดยการซ่อมแซมส่วนที่เสีย)
2. Planned/Preventive maintenance (การบำรุงรักษาตามแผน)
3. Predictive maintenance (การบำรุงรักษาโดยการคาดคะเน)
4. Proactive maintenance (เป็นแนวคิดใหม่ในวงการบำรุงรักษา โดยการแก้ที่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา)



3.3 การออกแบบเครือข่ายงานใหม่



รูปภาพที่ 19 สถาปัตยกรรมระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีน

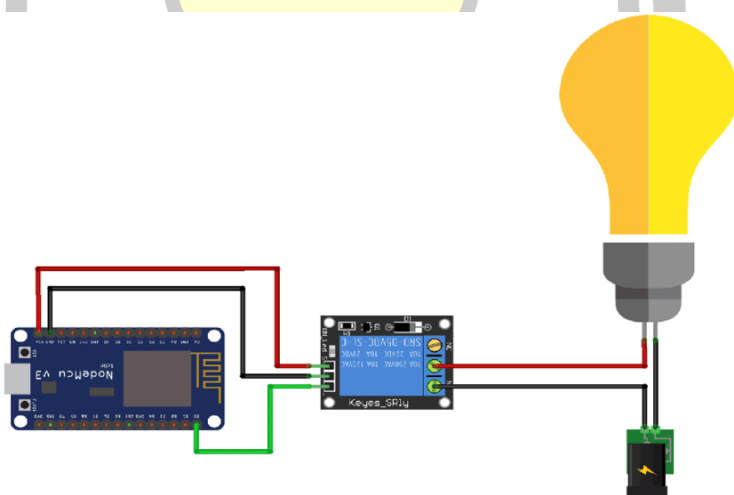
แบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การออกแบบระบบเครือข่ายใหม่ จำแนกออกเป็น 4 ส่วนสำคัญ ดังนี้ ส่วนที่ 1 จะเป็นในส่วนของอุปกรณ์ Hardware โดยแบ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ ออกเป็นดังนี้ 1. อุปกรณ์เซ็นเซอร์ 2. อุปกรณ์ใช้ในการดูแลผักไมโครกรีน 3. Node MCU ESP8266 อุปกรณ์ทั้ง 3 ส่วนนี้จะทำงานร่วมกัน ซึ่งมี Node MCU เป็นตัวกลางในการควบคุมระบบทั้งหมด Node MCU 1 ตัว จะต่อเข้ากับอุปกรณ์เซ็นเซอร์ 2 ตัว เพื่อทำการควบคุมระบบการทำงานของเครื่องเพาะปลูกผักไมโครกรีนจากการรับค่าจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ และเมื่อได้รับค่าจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์มาแล้ว Node MCU ก็จะนำค่าที่ได้จากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไปประมวลผล เพื่อสั่งให้อุปกรณ์เพาะปลูกทำงาน อุปกรณ์ที่รับคำสั่งจาก Node MCU คือ ปั๊มน้ำ ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว โดยปั๊มน้ำตัวที่ 1 จะทำงานตามค่าที่ได้รับจาก Soil Moisture Sensor Module เมื่อค่าความชื้นในดินที่ได้รับอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด ปั๊มน้ำตัวที่ 1 จะทำการนำเอา

น้ำในถังส่งผ่านท่อไปรดน้ำผักในแปลงเพาะปลูก ป้อนน้ำตัวที่ 2 จะทำงานตามค่าที่ได้รับจาก DS18B20 Temperature Sensor เมื่อค่าอุณหภูมิในน้ำที่ได้รับอยู่ในเงื่อนไขที่กำหนดป้อนน้ำตัวที่ 2 จะทำการนำเอาน้ำที่อยู่ในถังเพาะปลูกส่งขึ้นรางน้ำบนถังน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกให้อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับผักในแปลงเพาะปลูก อุปกรณ์ที่รับคำสั่งจาก Node MCU ต่อมาคือ หลอดไฟ LED Grow Light จะทำงานตามเวลาที่ได้ตั้งไว้คือ 06.00น. ถึง 18.00 น. เมื่ออยู่ในเงื่อนไขที่กำหนด หลอดไฟ LED Grow Light จะทำงานเพื่อให้แสงกับผักที่อยู่ในแปลงเพาะปลูก ส่วน Ultrasonic Sensor และ DHT Sensor จะทำงานร่วมกับ ส่วนที่ 2 คือ ส่วนของ Service โดยจะส่งค่าที่ได้จากการวัดผ่าน Internet ไปยังแอปพลิเคชัน Blynk เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์เพาะปลูกได้ และในส่วนของแอปพลิเคชัน Line จะทำการแจ้งเตือนเมื่อระบบเพาะปลูกมีความผิดปกติ โดยแอปพลิเคชัน Blynk และ Line จะทำการส่งข้อมูลผ่าน Internet ไปยังส่วนที่ 3 ที่เป็นส่วนของ User Interface เพื่อสามารถให้ผู้ใช้งานทำงานผ่านระบบสมาร์ทโฟนได้ และทั้งหมด 3 ส่วนนี้จะทำงานได้นั้น ต้องผ่านการออกแบบและพัฒนาทั้ง Hardware และ Software ในส่วนที่ 4 โดยผู้พัฒนาระบบ ซึ่งจะอธิบายกระบวนการทำงานของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในหัวข้อต่อไป

3.4 การออกแบบการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

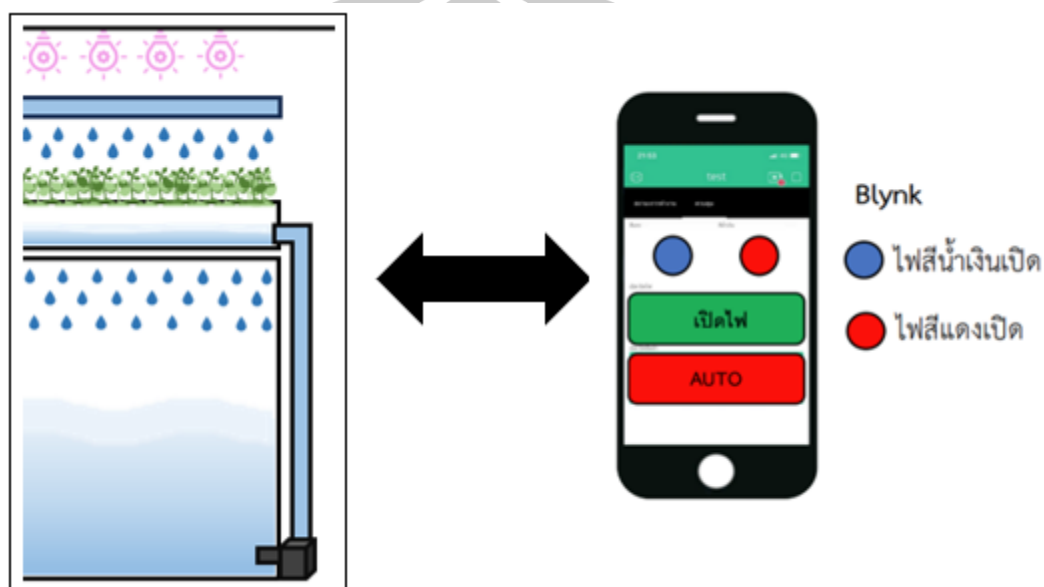
3.4.1 ระบบเปิด-ปิดไฟ



รูปภาพที่ 20 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบเปิด-ปิดไฟ

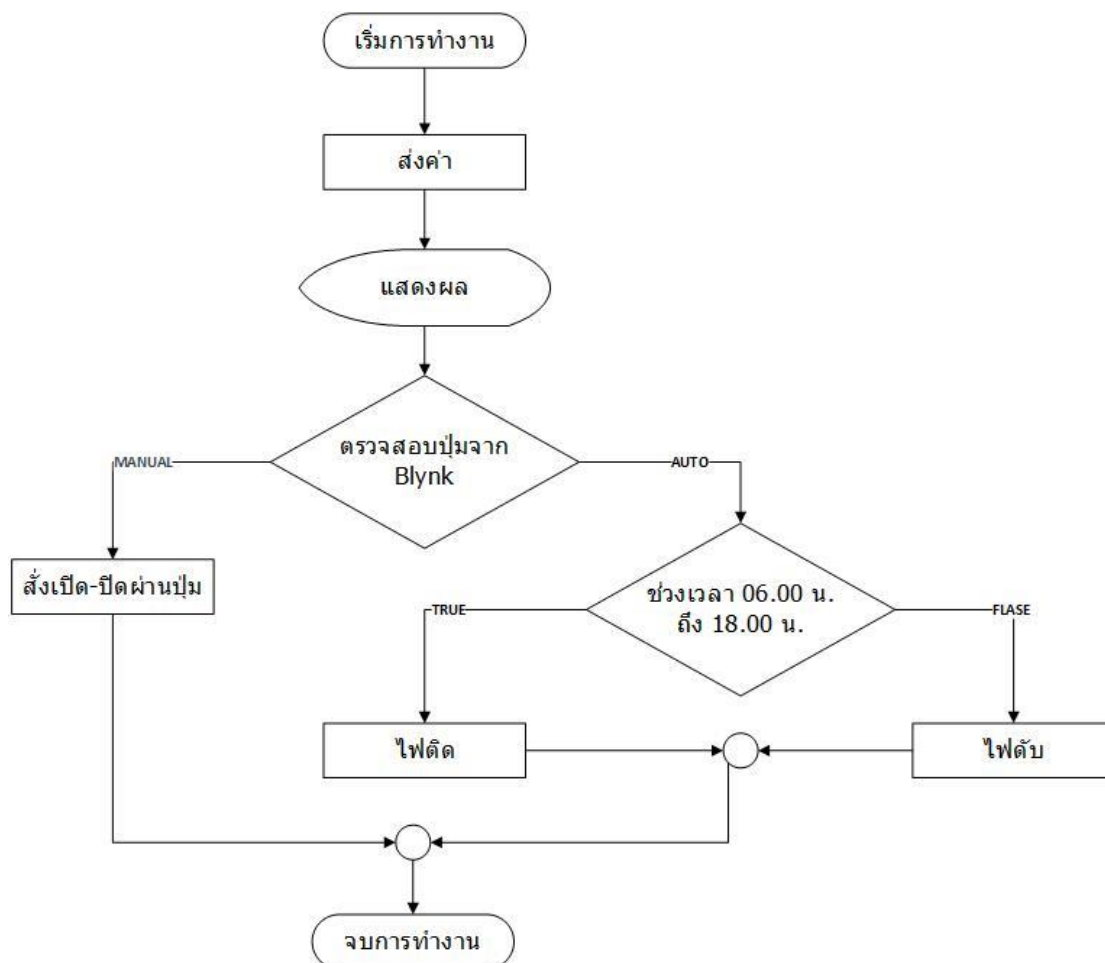
ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย LED Grown Light ที่เป็นตัวสร้างแสงแดดเทียมที่มีลักษณะใกล้เคียงกับแสงอาทิตย์และจะมี NodeMCU ที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดแสงดังกล่าว ซึ่งหากอยู่ในช่วงเวลา 06.00น. ถึง 18.00น. โดยเป็นเวลาที่กำหนดไว้

ผู้ดูแลระบบสามารถสั่งควบคุมการเปิด-ปิดไฟ ผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk) หรือ สั่งให้เปิด-ปิดแบบอัตโนมัติด้วยการวัดค่าข้อมูลแสงจาก LDR และสามารถตรวจสอบเช็คสถานการณ์ทำงานได้



รูปภาพที่ 21 การทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ



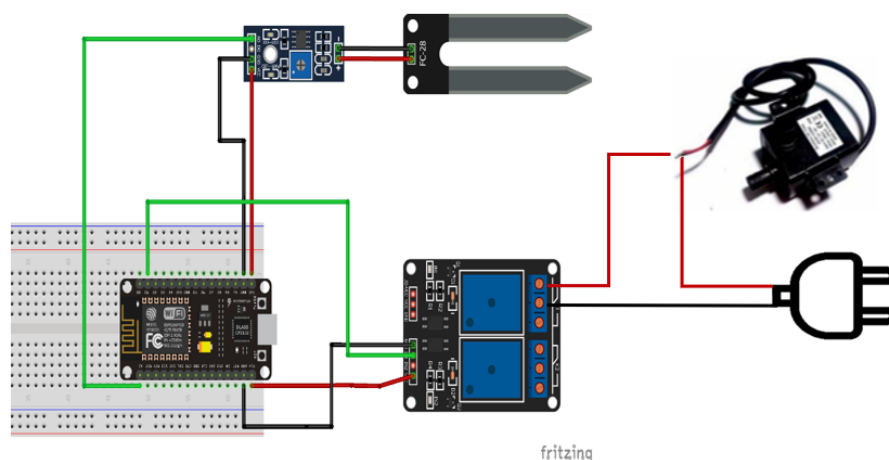


รูปภาพที่ 22 Flow Chart ระบบเปิด-ปิดไฟ

อธิบายการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ

1. เริ่มการทำงาน
2. ส่งค่าข้อมูลแสงที่วัดได้ไปยังเครือข่าย
3. แสดงผลต่อหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชัน Blynk ต่อไป
4. ตรวจสอบการกดปุ่มจาก Blynk
 - 4.1 ปุ่ม MANUAL ไฟสามารถสั่งเปิด-ปิดไฟด้วยปุ่ม
 - 4.2 ปุ่ม AUTO ตรวจสอบช่วงเวลา
 - หากอยู่ในช่วงเวลา 06.00น. ถึง 18.00น. ให้ไฟติดอัตโนมัติ
 - หากไม่ได้อยู่ในช่วงเวลา 06.00น. ถึง 18.00น. ให้ไฟดับอัตโนมัติ
5. จบการทำงาน

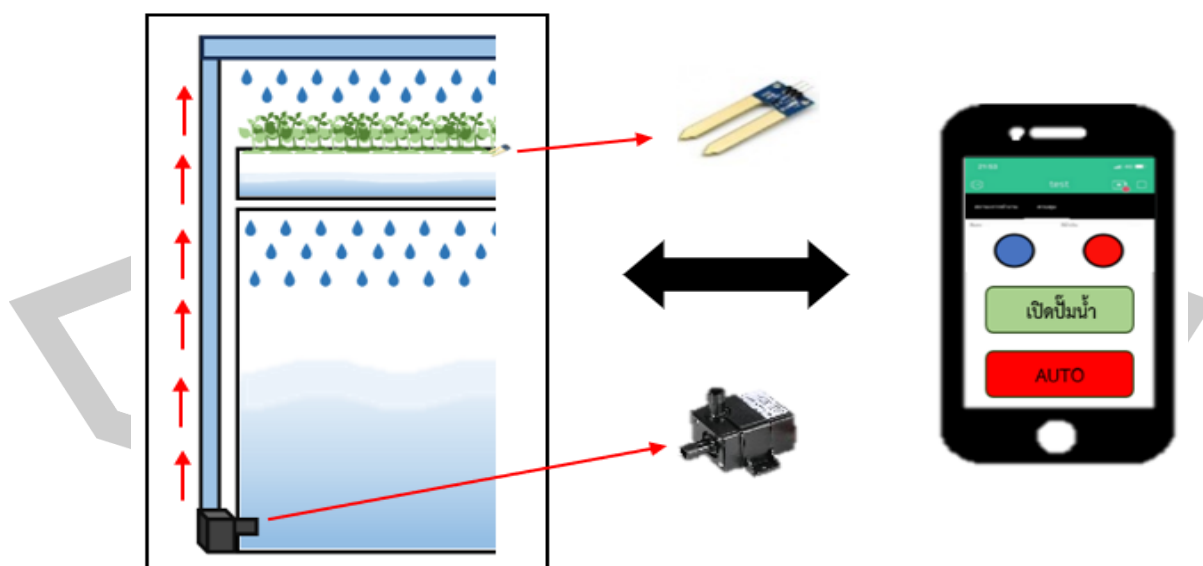
3.4.2 ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ



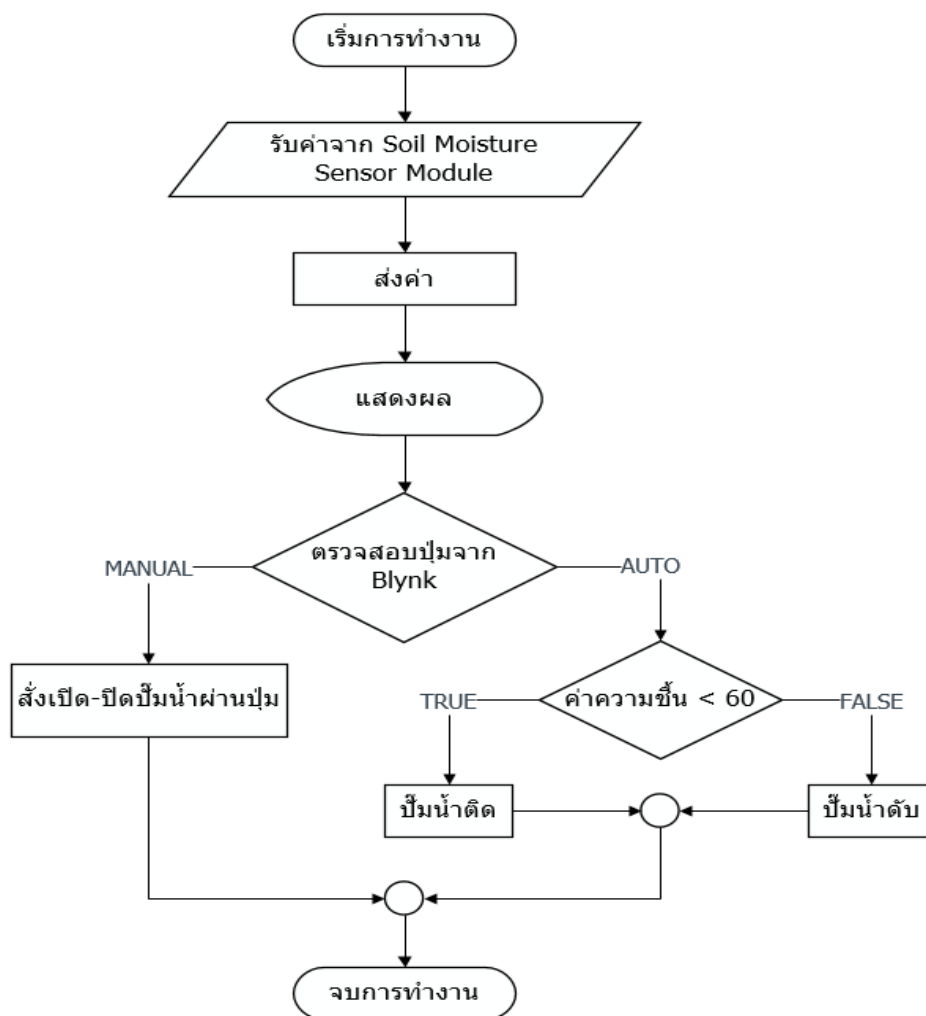
รูปภาพที่ 23 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ

Soil Moisture Sensor Module เป็นเซ็นเซอร์วัดความชื้นในดินสามารถนำเซ็นเซอร์ไปเสียบลงดินในแปลงเพาะปลูกได้ เพื่อวัดความชื้นของดินในการเพาะปลูก และ Node MCU จะส่งคำสั่งไปยัง Relay ตามค่าที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ เพื่อสั่งการทำงานของ Relay ให้ทำการเปิด-ปิดปั้มน้ำที่ต่อกับระบบไฟฟ้าให้ทำงานในการรดน้ำในแปลงเพาะปลูก

ผู้ดูแลระบบสามารถสั่งควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำ ผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk) หรือ สั่งให้เปิด-ปิดแบบอัตโนมัติด้วยการวัดค่าข้อมูลความชื้นในดินจาก Soil Moisture Sensor Module และสามารถตรวจสอบเช็คสถานะการทำงานได้



รูปภาพที่ 24 การทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ

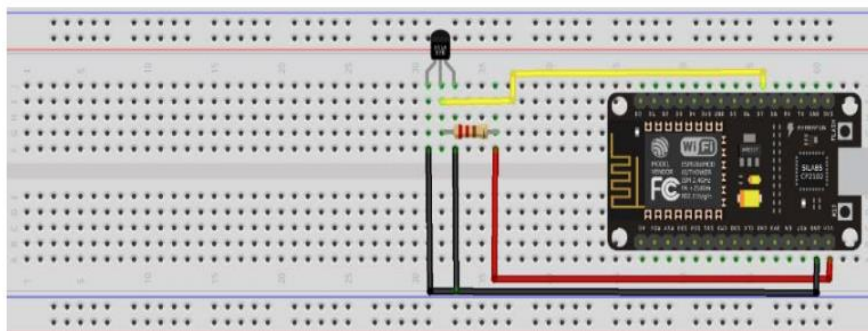


รูปภาพที่ 25 Flow Chart ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ

อธิบายการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ

1. เริ่มการทำงาน
2. รับค่าข้อมูลความชื้นของดินจาก Soil Moisture Sensor Module
3. ส่งค่าข้อมูลความชื้นของดินที่วัดได้ไปยังเครือข่าย
4. แสดงผลต่อหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชัน Blynk ต่อไป
5. ตรวจสอบการกดปุ่มจาก Blynk
 - 5.1 ปุ่ม MANUAL สามารถสั่งเปิด-ปิดปั้มน้ำด้วยปุ่ม
 - 5.2 ปุ่ม AUTO ตรวจสอบค่าข้อมูลความชื้นของดินที่วัดได้
 - หากค่าความชื้นของดินที่วัดได้ น้อยกว่า 60 ให้ปั้มน้ำติดอัตโนมัติ
 - หากค่าความชื้นของดินที่วัดได้ มากกว่า 90 ให้ปั้มน้ำดับอัตโนมัติ
6. จบการทำงาน

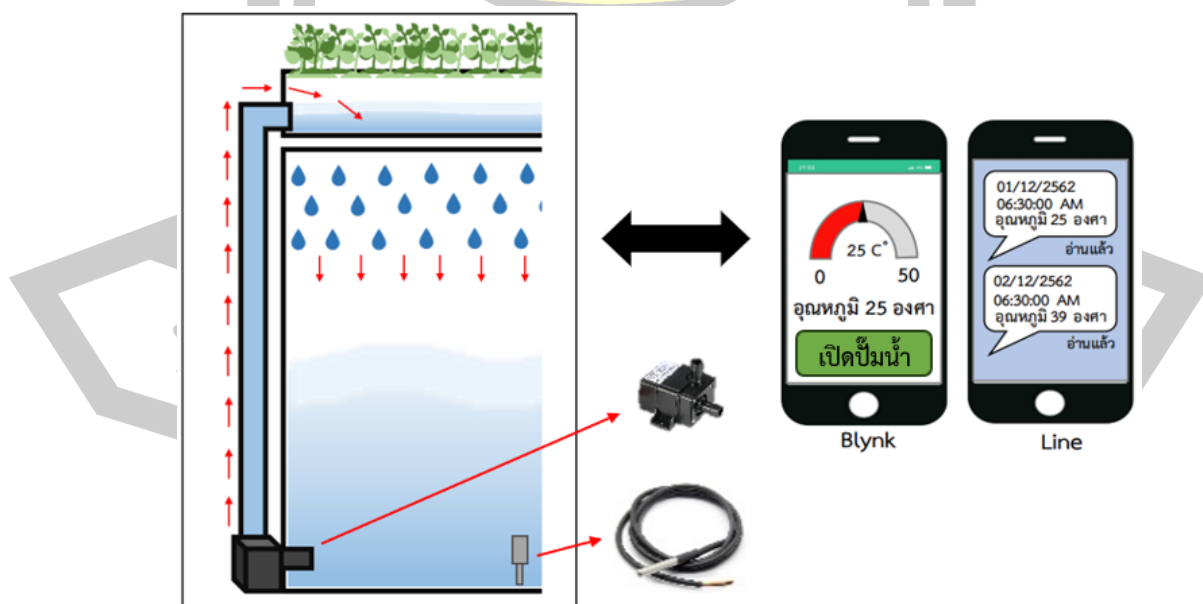
3.4.3 ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ



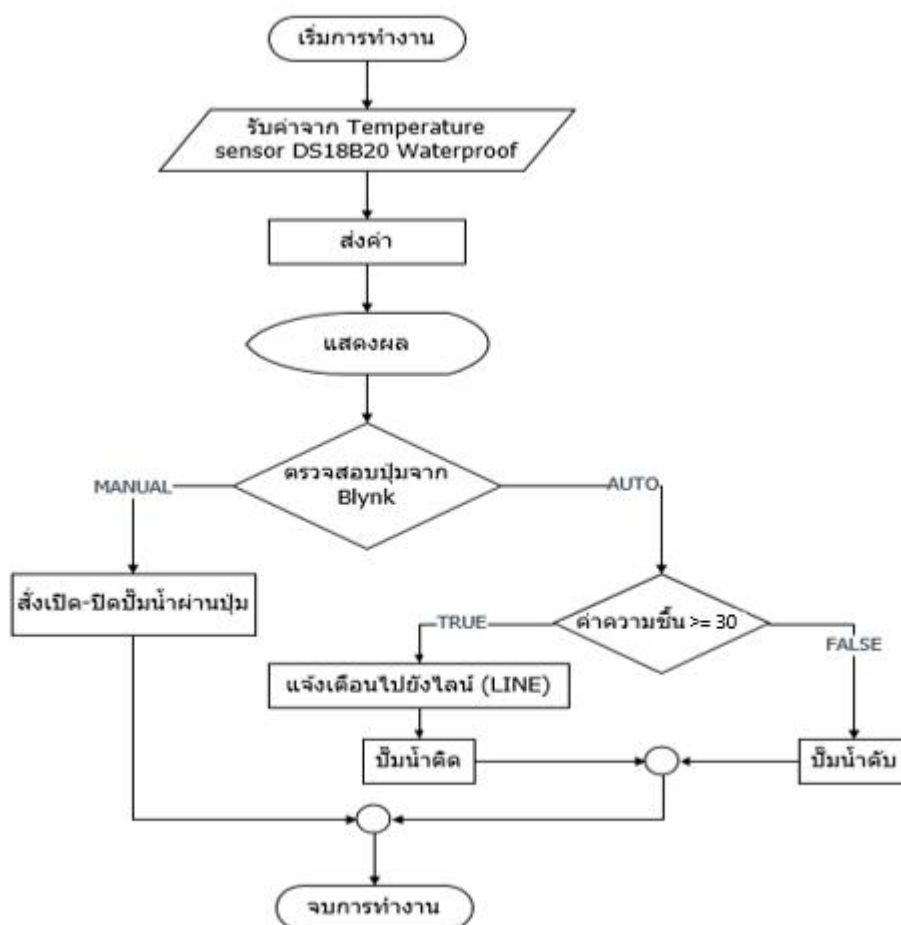
รูปภาพที่ 26 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

Temperature sensor DS18B20 Waterproof เป็นเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่สามารถจุ่ม sensor ลงไปในน้ำได้ วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -55°C ถึง $+125^{\circ}\text{C}$ ใช้ไฟเลี้ยง 3 - 5.5 VDC การสื่อสารเป็นแบบ One Wire (ใช้สายเส้นเดียว ไม่นับไฟเลี้ยง ใช้งานได้ทั้ง Node MCU และ Arduino

เมื่อวัดอุณหภูมิในน้ำแล้วจะส่งค่าตรวจวัดอุณหภูมิไปแสดงบนหน้าจอแสดงผลผ่านแอปพลิเคชัน (Blynk) พร้อมส่งแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชัน เมื่อเกิดความผิดปกติ ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมนั้น คือ ต่ำกว่า 30°C สำหรับน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก ถ้าหากอุณหภูมิมากกว่าเงื่อนไขที่กำหนด Node MCU จะส่งคำสั่งไปยัง Relay ตามค่าที่ได้รับจากเซนเซอร์ เพื่อสั่งให้ปั๊มน้ำทำการส่งน้ำขึ้นไปยังตำแหน่งบนสุดของถังแล้วทำการปล่อยน้ำให้ไหลลงกลับสู่ถังน้ำ เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก



รูปภาพที่ 27 การทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

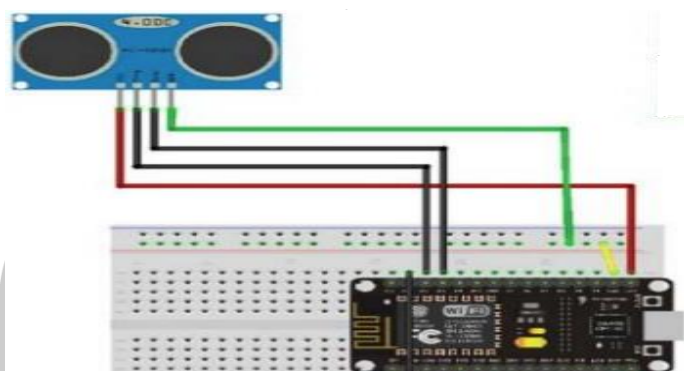


รูปภาพที่ 28 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

อธิบายการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

1. เริ่มการทำงาน
2. รับค่าข้อมูลแสงจาก Temperature sensor DS18B20 Waterproof
3. ส่งค่าข้อมูลความชื้นของดินที่วัดได้ไปยังเครือข่าย
4. แสดงผลต่อหน้าจอแสดงผลแอปพลิเคชัน Blynk ต่อไป
5. ตรวจสอบการกดปุ่มจาก Blynk
 - 5.1 ปุ่ม MANUAL ฟลามาตสั่งเปิด-ปิดปั้มน้ำด้วยปุ่ม
 - 5.2 ปุ่ม AUTO ตรวจสอบค่าข้อมูลความชื้นของดินที่วัดได้
 - หากค่าอุณหภูมิของน้ำที่วัดได้ มากกว่าหรือเท่ากับ 30°C ให้ปั้มน้ำติดอัตโนมัติและให้ส่งแจ้งเตือนไปยังไลน์ (LINE)
 - หากค่าอุณหภูมิของน้ำที่วัดได้ น้อยกว่า 30°C ให้ปั้มน้ำดับอัตโนมัติ
6. จบการทำงาน

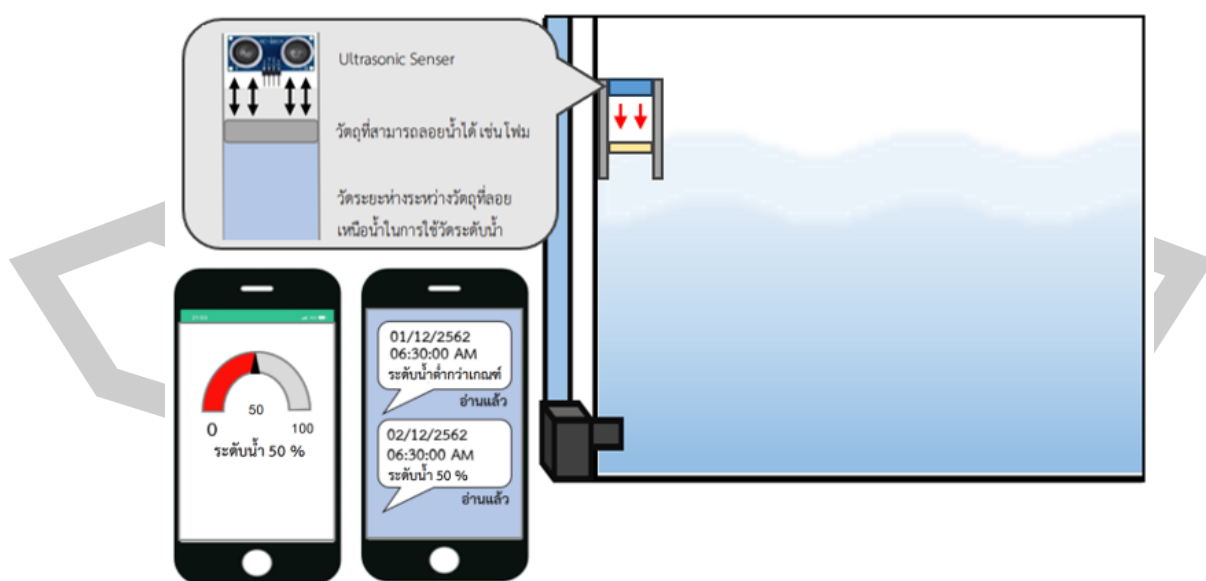
3.4.4 ระบบวัดระดับน้ำ



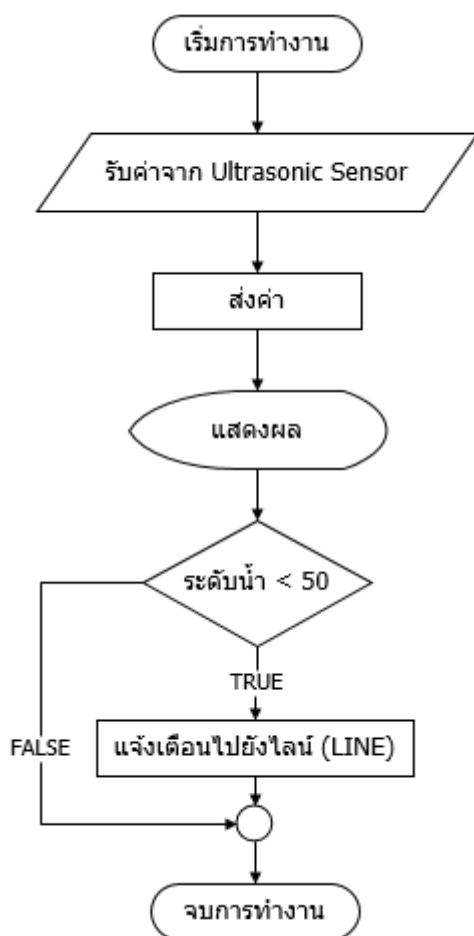
รูปภาพที่ 29 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดระดับน้ำ

Ultrasonic Sensor เป็นอุปกรณ์ทำงานด้วยคลื่นเสียงความถี่สูงที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยิน โดยหลักใช้ในการวัดระยะทางจากการวัดเวลาที่เสียงใช้ในการเดินทางไปกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมา ซึ่งเป็นหลักการเดียวกับสัตว์ตามธรรมชาติอย่างเช่น ค้างคาว และมนุษย์เองก็ได้รับความรู้เหล่านี้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์

โดยนำมาใช้ในการวัดระดับของน้ำโดยการให้ Ultrasonic Sensor ใช้คลื่นเสียงกระทบกับวัตถุที่ลอยเหนือน้ำ เพื่ออ่านค่าระยะห่างของน้ำ หากระยะที่วัดได้นั้นมากกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แสดงว่าน้ำในแปลงเพาะปลูกมีระดับที่ต่ำจะทำการส่งแจ้งเตือนไปยังไลน์แอปพลิเคชัน แต่ถ้าหากระยะที่วัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แสดงว่าน้ำในแปลงเพาะปลูกมีระดับที่พอดีแล้ว และสามารถตรวจสอบดูค่าระดับน้ำได้ผ่านหน้าจอแสดงผลในแอปพลิเคชัน Blynk



รูปภาพที่ 30 การทำงานของระบบวัดระดับน้ำ



รูปภาพที่ 31 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

อธิบายการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ-ปั้มน้ำ

1. เริ่มการทำงาน
2. รับค่าข้อมูลระดับน้ำจาก Ultrasonic Sensor HCSR-04
3. ส่งค่าข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้ไปยังเครือข่าย
4. แสดงผลต่อหน้าจอแสดงผลและ Blynk ต่อไป
5. ตรวจสอบข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้
 - หากระดับน้ำที่วัดได้น้อยกว่า 50% ให้ส่งแจ้งเตือนไปยังไลน์ (LINE)
6. จบการทำงาน

3.4.5 ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

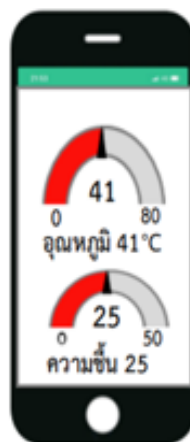


รูปภาพที่ 32 ลักษณะและการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

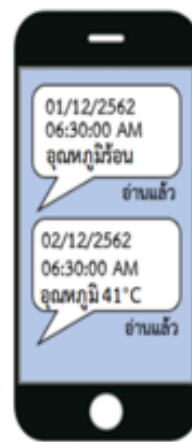
DHT22 คือ โมดูลหรือเซ็นเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่มีราคาถูก ใช้งานง่ายและสามารถใช้งานกับ Node MCU และ Arduino Uno R3 ได้ ซึ่งจะมีอยู่สองแบบ คือ แบบที่มาเป็นโมดูลกับแบบที่มีแต่เซ็นเซอร์มาให้อย่างเดียว โดยการรับส่งข้อมูลจาก DHT22 นั้นจะใช้สายสัญญาณเส้นเดียวกัน



DHT22 Sensor

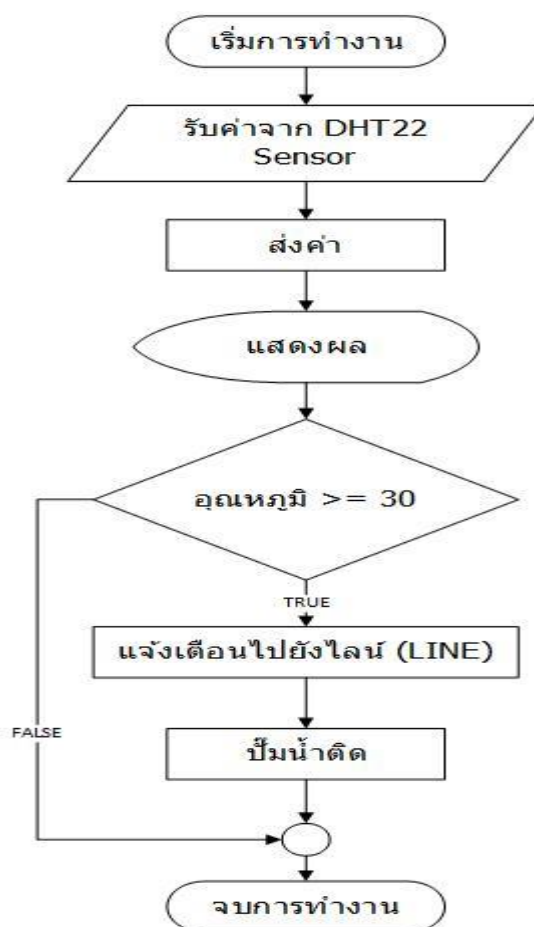


Blynk



Line

รูปภาพที่ 33 การทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก



รูปภาพที่ 34 Flow Chart ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

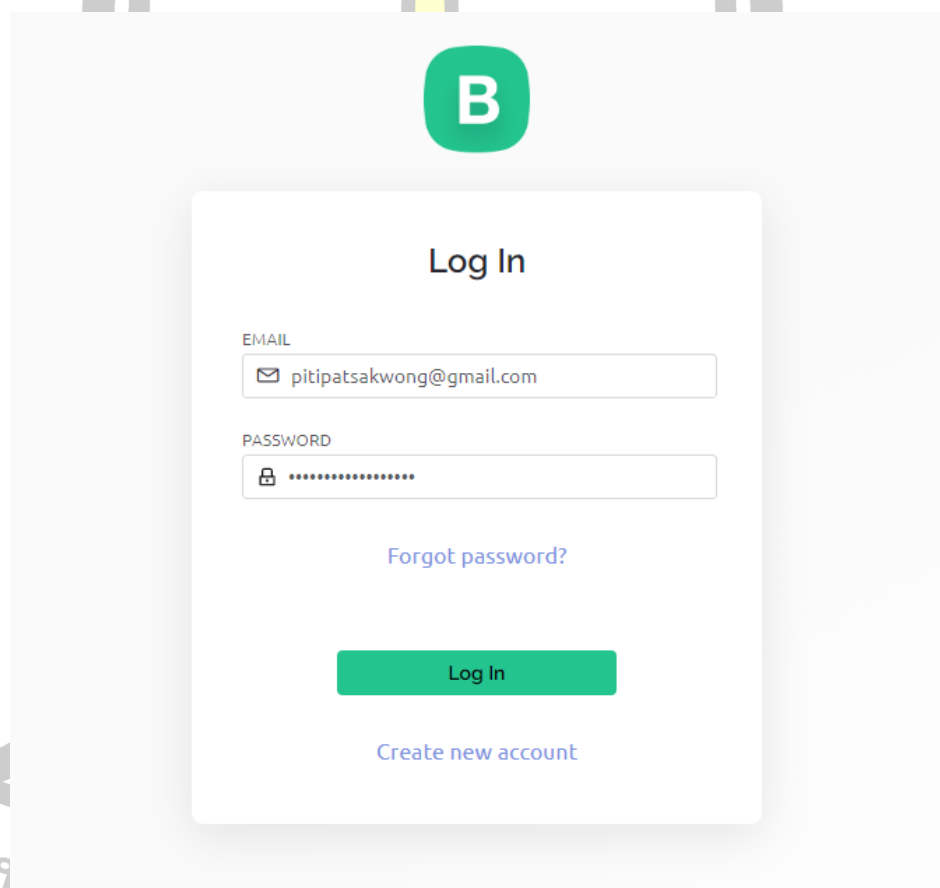
อธิบายการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิและความชื้นในกล่องอุปกรณ์

1. เริ่มการทำงาน
2. รับค่าข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในอุปกรณ์เพาะปลูกจาก DHT 22 sensor
3. ส่งค่าข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในอุปกรณ์เพาะปลูกที่วัดได้ไปยังเครือข่าย
4. แสดงผลหน้าจอแสดงผลและ Blynk ต่อไป
5. ตรวจสอบการข้อมูลอุณหภูมิในกล่องที่วัดได้
 - หากค่าอุณหภูมิในกล่องที่วัดได้มากกว่าหรือเท่ากับ 30°C
 ให้ส่งแจ้งเตือนไปยังไลน์ (LINE) และสั่งให้ปั๊มน้ำทำงานรดน้ำในแปลงผัก
7. จบการทำงาน

3.5 การใช้เครื่องมือสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software)

3.5.1 การใช้งาน Blynk

Blynk เป็นแอปพลิเคชันแพลตฟอร์มที่ทำให้การพัฒนาแอปพลิเคชันและการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบอินเทอร์เน็ตของสิ่งของ (IoT) ที่ออกแบบมาเพื่อช่วยผู้พัฒนาและผู้ใช้ทั่วไปในการสร้างและควบคุมอุปกรณ์ IoT ในการติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์และแสดงข้อมูลในแอปพลิเคชันมือถือของพวกเขา ด้วย Blynk, สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่สามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น Arduino, Raspberry Pi ESP8266 ESP32 และอุปกรณ์ IoT อื่นๆ ได้ และสามารถใช้งานได้ทั้งระบบ IOS และ Android โดยวิธีการเริ่มต้นใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk มี 6 ขั้นตอนดังนี้



รูปภาพที่ 35 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้า Login

ขั้นตอนที่ 1 ไปที่ Browser พิมพ์ลิ้งค์ค้นหา blynk.cloud พอเข้ามาแล้วจะมีหน้าต่างสำหรับการ Login ให้เข้าสู่ระบบ Blynk ถ้ายังไม่ได้สมัครเลือก Create new account เพื่อสร้างบัญชีในการใช้งานแอปพลิเคชัน Blynk

Blynk Tour

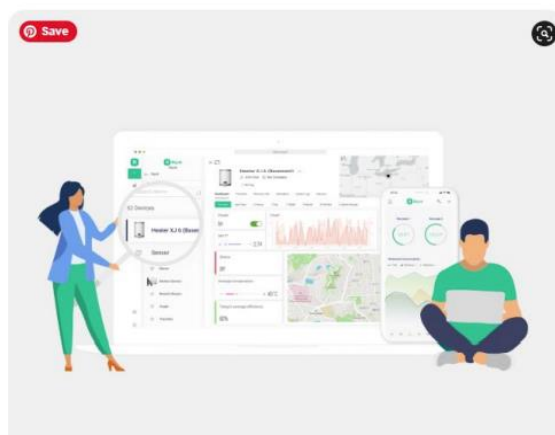
1 Welcome — 2 Platform — 3 Modes — 4 Devices — 5 Template — 6 Template components — 7 Features — 8 Business

Hi Blynker!

You've just joined the community of more than 500,000+ developers building amazing IoT products and projects.

With Blynk you can connect your devices to the Internet and create mobile and web dashboards to control your devices from anywhere in the world.

Let's save your learning time with a few quick steps.



Skip

Let's go!

รูปภาพที่ 36 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้ารายละเอียดการใช้งาน
ขั้นตอนที่ 2 ระบบจะเปิดหน้าต่าง Blynk Tour เพื่อแนะนำการใช้งานให้กับผู้ใช้งานที่เริ่มต้นใหม่สำหรับรายละเอียดการใช้งานในเรื่องต่างๆ โดยสามารถที่จะกดปุ่ม Let's go เพื่อดูรายละเอียดต่อไปได้ หรือจะกดปุ่ม Skip เพื่อข้ามขั้นตอนการอ่านรายละเอียด

Quickstart

1 Hardware — 2 IDE — 3 Blynk Library — 4 Code — 5 Device activation

Which hardware are you using?

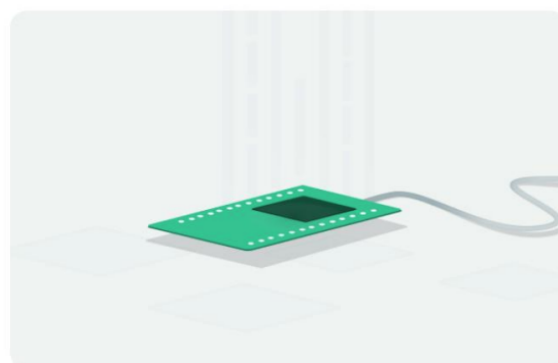
We will help you prepare the code for your board

ESP8266

What is your device connectivity type

Blynk supports various connection types (BLE is not supported yet).

WiFi



Cancel

Next →

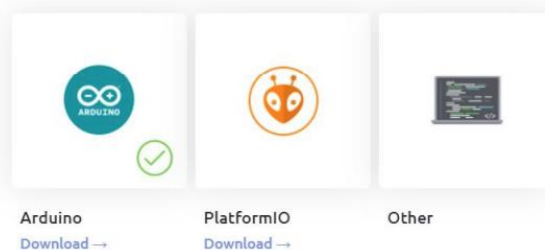
รูปภาพที่ 37 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือกอุปกรณ์เชื่อมต่อ

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อปิดหน้าต่าง Blynk Tour ก็จะมีหน้าต่าง Quickstart เพื่อให้กำหนดรูปแบบอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่จะใช้ในการเชื่อมต่อสำหรับการพัฒนา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Node MCU โดยให้เลือกไปที่ ESP8266 และให้เลือกการเชื่อมต่อเป็นแบบ Wi-Fi จากนั้นให้กดปุ่ม Next

Quickstart

✓ Hardware — 2 IDE — 3 Blynk Library — 4 Code — 5 Device activation

Which IDE do you use?



← Back

Cancel

Next →

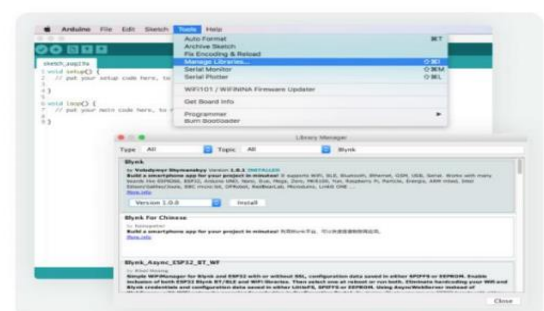
รูปภาพที่ 38 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือก IDE

Quickstart

✓ Hardware — ✓ IDE — 3 Blynk Library — 4 Code — 5 Device activation

Install Blynk Library for Arduino

1. Go to Arduino -Tools - Manage Libraries...
2. Search for Blynk there.
3. Choose the latest version and press Install.



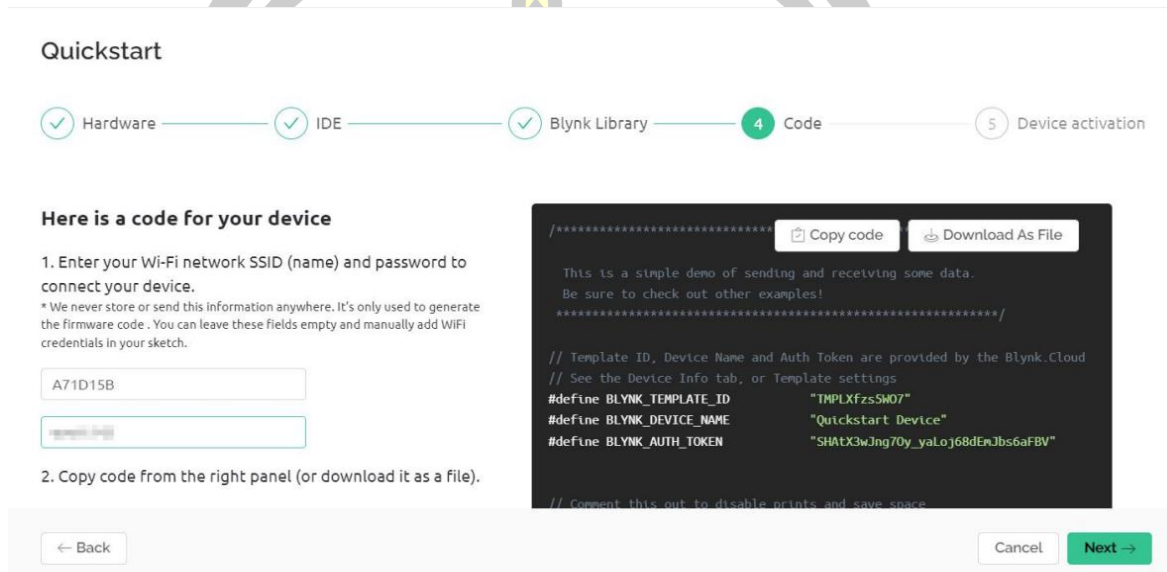
← Back

Cancel

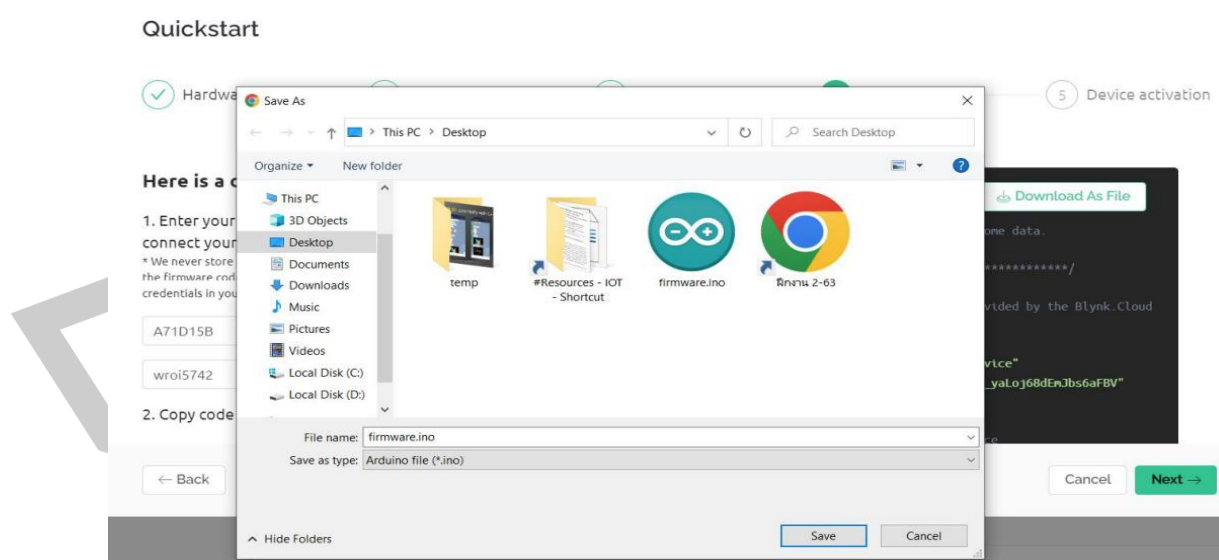
Next →

รูปภาพที่ 39 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าเลือก Library

ขั้นตอนที่ 4 จะเป็นขั้นตอนในการเลือก IDE ในรูป 3.21 ที่ใช้ในการเขียนโค้ดให้เลือกเป็น Arduino และกดปุ่ม Next ก็จะเป็นหน้าต่างในรูป 3.22 ให้เลือกดาวน์โหลด Library เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ให้กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยจะอธิบายการลง Library ในหัวข้อการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หัวข้อต่อไป

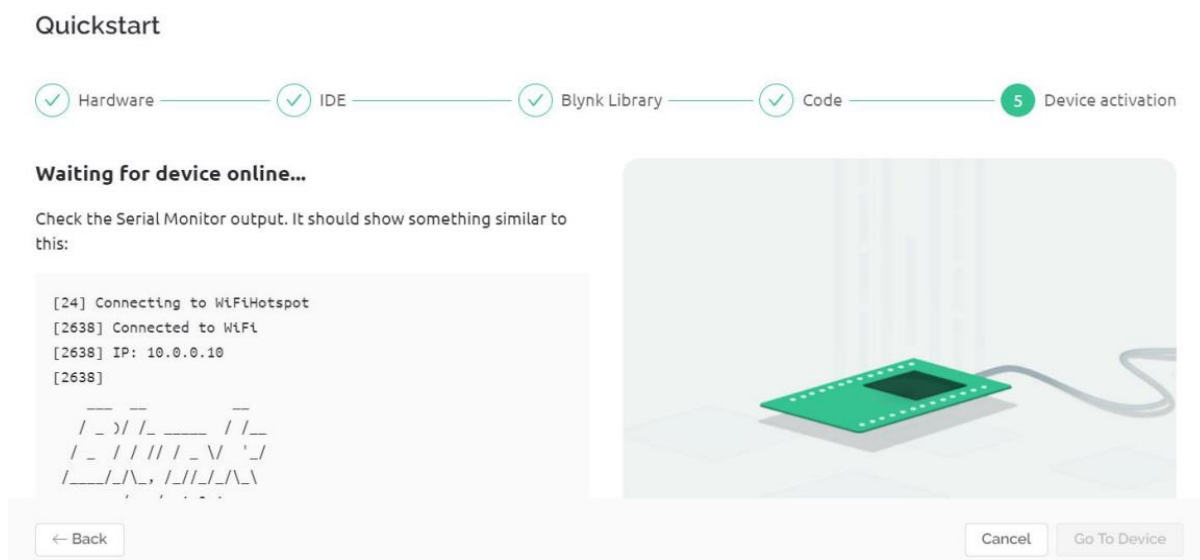


รูปภาพที่ 40 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้า Code Token

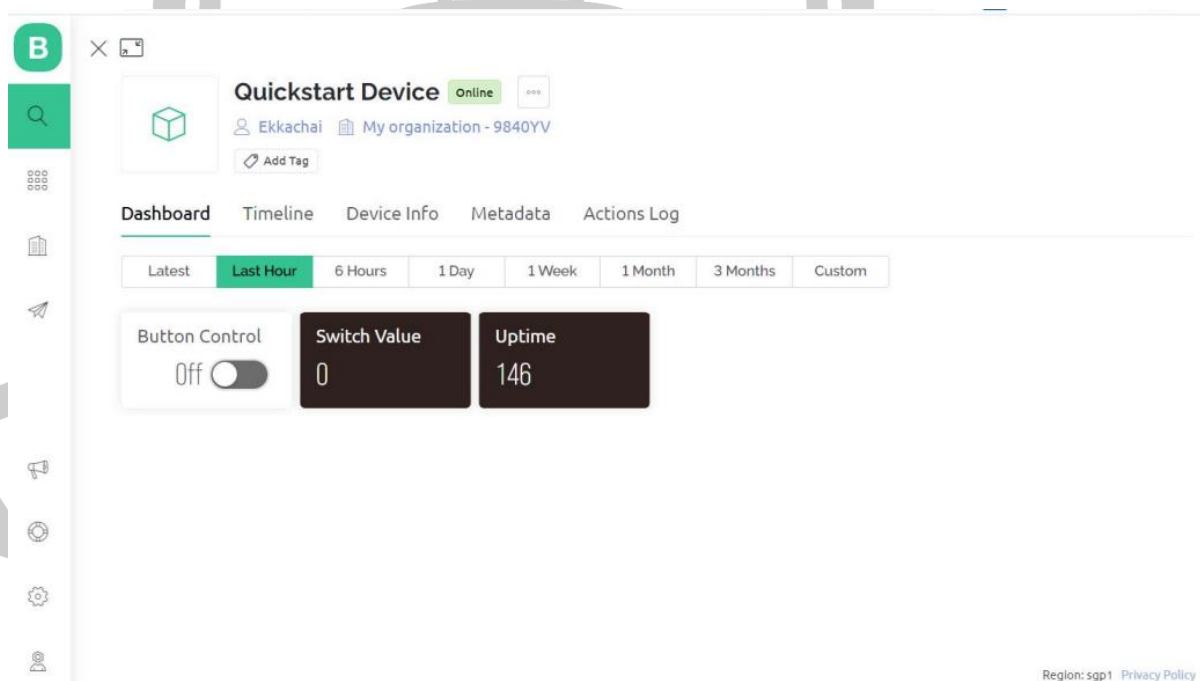


รูปภาพที่ 41 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk ดาวน์โหลด Code token

ขั้นตอนที่ 5 ระบบจะแสดงหน้าต่างของ Code Token และแสดงวิธีใช้ Code ตัวอย่าง เพื่อให้ผู้ใช้งานไปอัปโหลดลงในอุปกรณ์เพื่อพัฒนา และให้กดดาวน์โหลดหรือคัดลอก Code Token ไว้ใช้สำหรับพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



รูปภาพที่ 42 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์

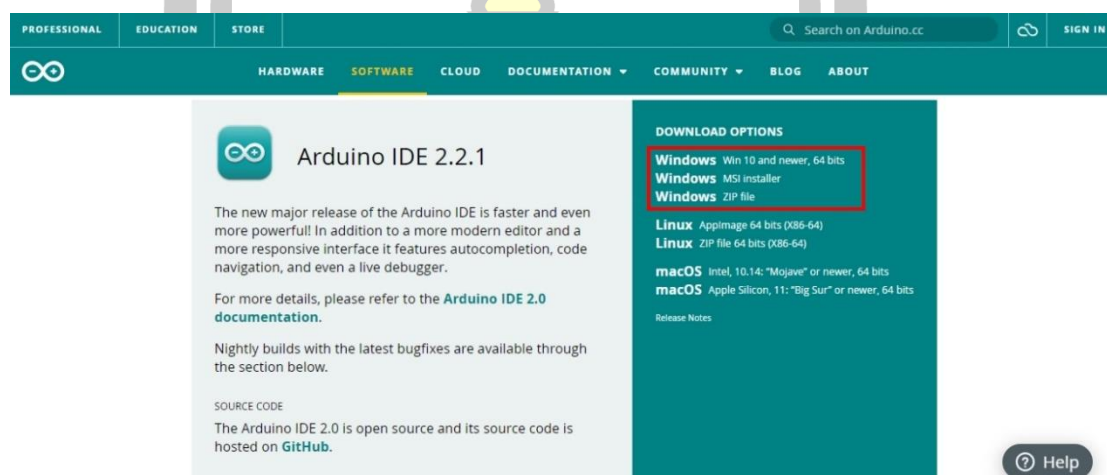


รูปภาพที่ 43 ขั้นตอนการเชื่อมต่อแอปพลิเคชัน Blynk หน้าออกแบบหน้าจอแสดงผล

ขั้นตอนที่ 6 จะเป็นขั้นตอนสุดท้าย โดยระบบจะแสดงหน้าต่างให้ทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์กับระบบของแอปพลิเคชัน Blynk ในรูปภาพที่ 3.25 จาก Code Token ที่ได้ทำการดาวน์โหลดไปในขั้นตอนที่แล้ว และต่อมาในรูปภาพที่ 3.26 จะเป็นขั้นตอนการออกแบบหน้าจอแสดงผลของอุปกรณ์ตามที่คุณพัฒนาต้องการ

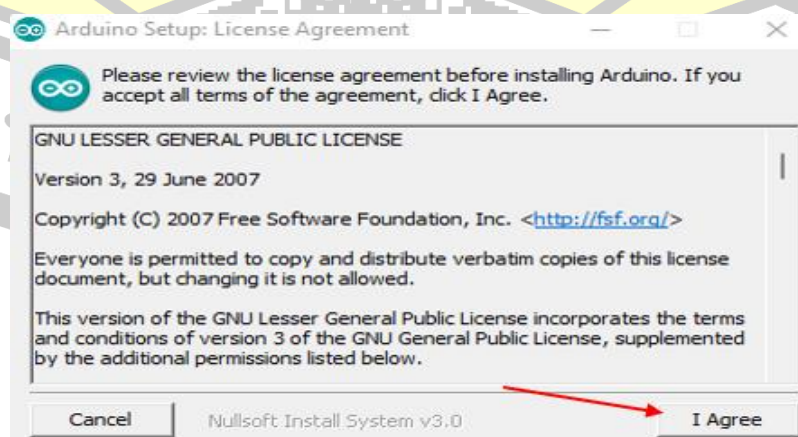
3.5.1 การใช้งานโปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรม Arduino IDE คือ โปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุม และสามารถทำการแปลงไฟล์ดังกล่าวเพื่อนำไปอัปโหลดลงยังบอร์ดต่างๆ เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ได้ตามเงื่อนไขคำสั่งที่ได้เขียนสำหรับการพัฒนา โดยวิธีการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Arduino IDE มี 3 ขั้นตอนดังนี้

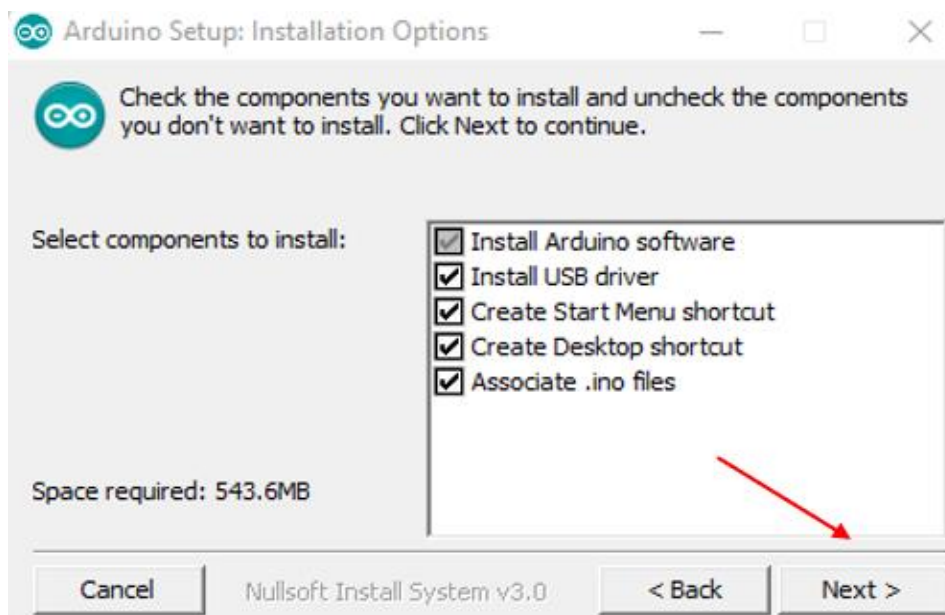


รูปภาพที่ 44 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าดาวน์โหลดโปรแกรมติดตั้ง

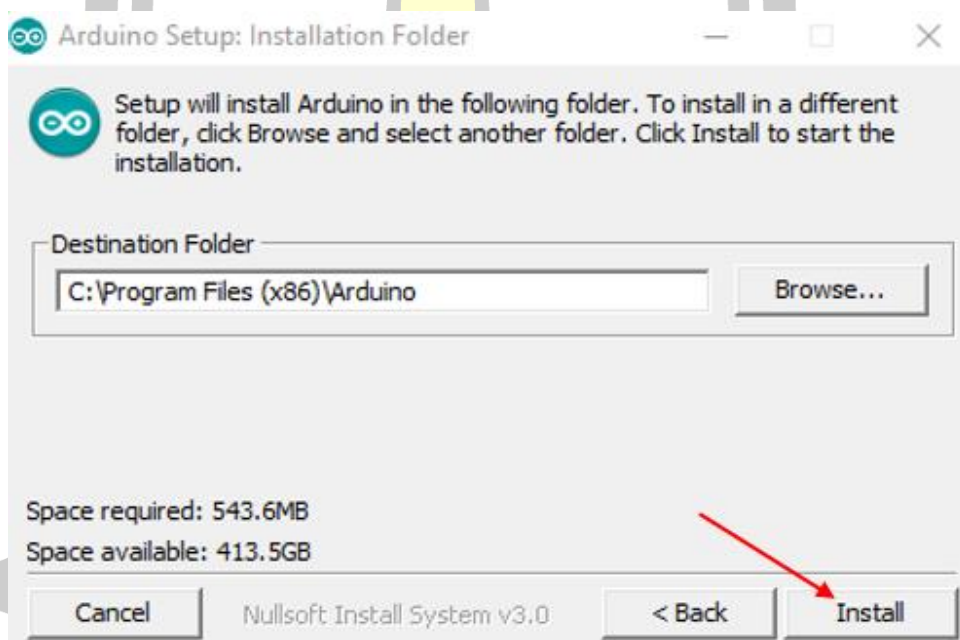
ขั้นตอนที่ 1 ทำการดาวน์โหลดโปรแกรม Arduino IDE 1.6.12 ผ่านทางเว็บไซต์ <https://www.arduino.cc/en/main/OldSoftwareReleases> เพื่อทำการนำโปรแกรมมาติดตั้งในเครื่องของผู้ใช้



รูปภาพที่ 45 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม

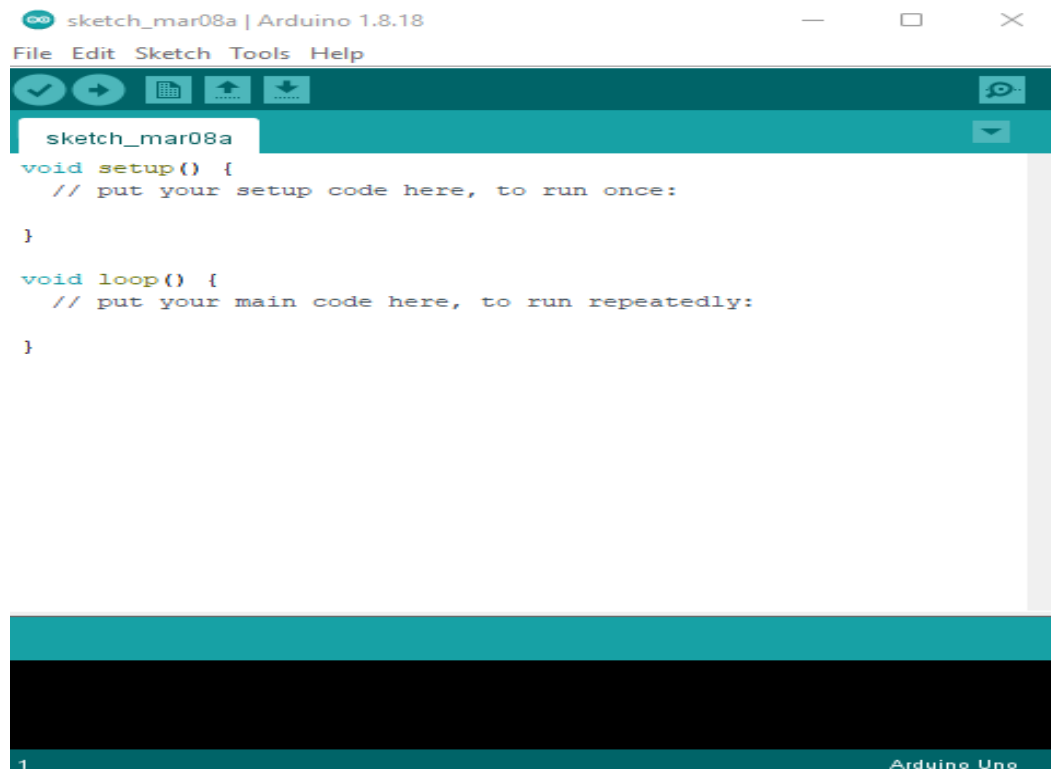


รูปภาพที่ 46 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม

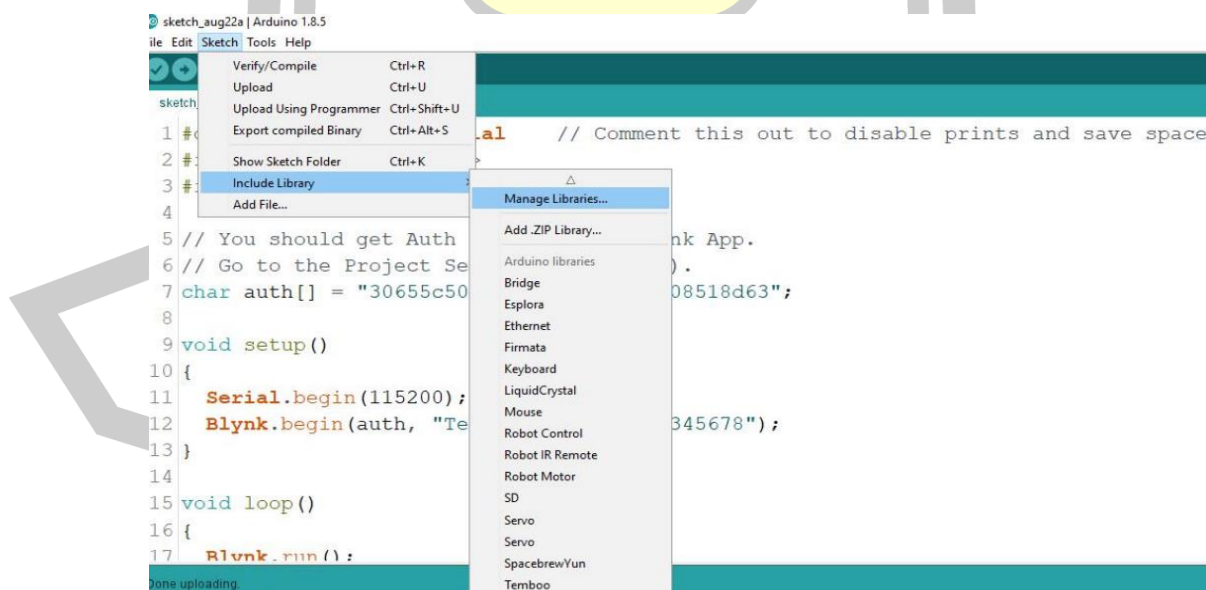


รูปภาพที่ 47 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้งโปรแกรม

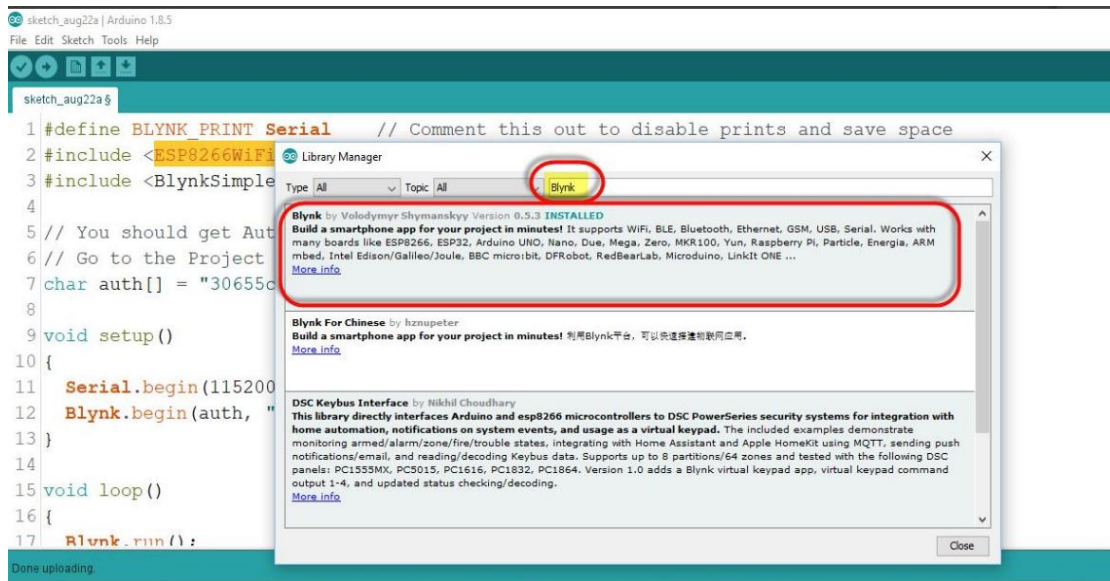
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อกดเปิดไฟล์ติดตั้งแล้วระบบจะแสดงหน้าจอตามรูปภาพที่ 3.28 ให้ทำการกดปุ่ม I Agree เพื่อยอมรับข้อกัหนดของโปรแกรม และต่อมาระบบจะแสดงหน้าจอตามรูปภาพที่ 3.29 เพื่อให้เลือกว่าผู้จะใช้จะลงระบบอะไรบ้างแล้วทำการกดปุ่ม Next เพื่อไปตามรูปภาพที่ 3.30 ระบบจะแสดงหน้าต่างให้ผู้เลือกพื้นที่ต้องการติดตั้งโปรแกรมจากนั้นกดปุ่ม Install เพื่อทำการติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE



รูปภาพที่ 48 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าพัฒนาสำหรับอุปกรณ์
เมื่อโหลดติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้ว ระบบก็จะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาระบบตามต้องการ
ได้



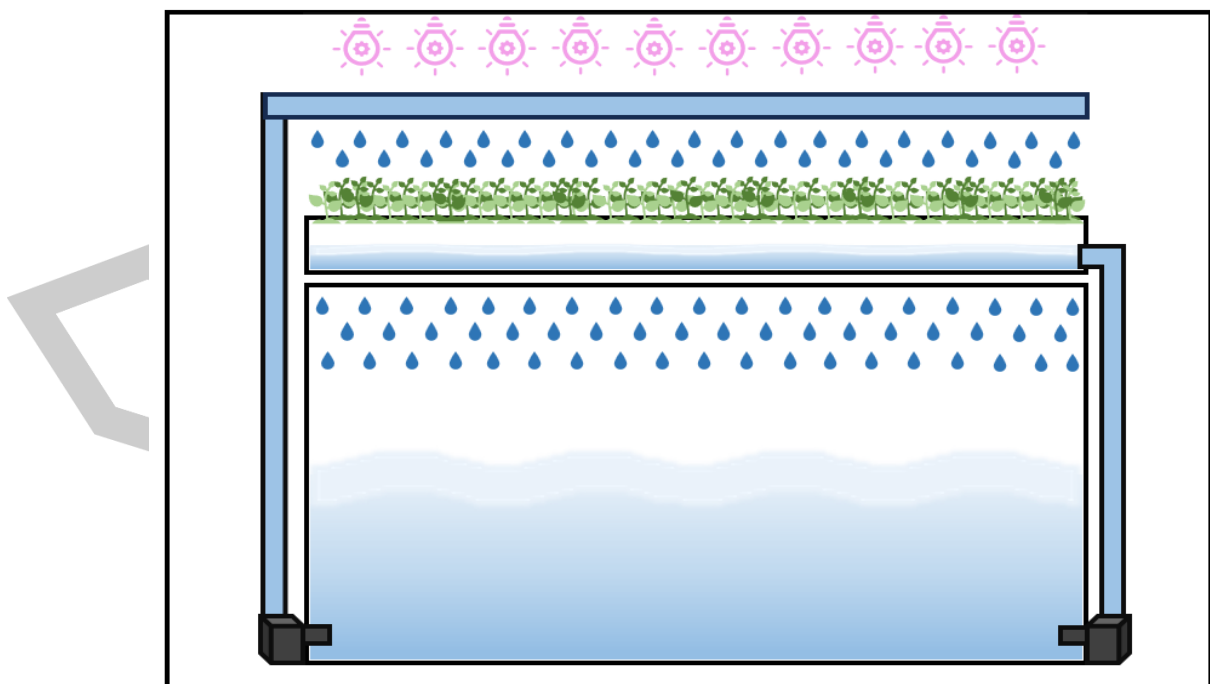
รูปภาพที่ 49 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้ง Library



รูปภาพที่ 50 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Arduino IDE หน้าติดตั้ง Library

ขั้นตอนที่ 3 เป็นขั้นตอนสุดท้าย ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนติดตั้ง Library เพื่อให้สามารถพัฒนาอุปกรณ์เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชัน Blynk ได้ โดยเลือกไปที่ Sketch Include Library Manage Libraries ตามรูปภาพที่ 3.32 และระบบจะแสดงหน้าต่างให้เลือกค้นหา Library ขึ้นมาตามรูปภาพที่ 3.33 จากนั้นให้ผู้ใช้พิมพ์ค้นหา Library ของ Blynk แล้วทำการติดตั้ง เท่านี้ก็สามารถพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ได้แล้ว

3.6 การออกแบบอุปกรณ์เพาะปลูก



รูปภาพที่ 51 การออกแบบแปลงเพาะปลูก

3.7 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยเรื่องการพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การจัดทำระบบการพัฒนาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

การหาปัญหาในการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนทั่วไปในระบบปิด ขอบเขตประเภทขององค์ความรู้ในการจัดทำระบบเพาะปลูกพืชไมโครกรีน โดยนำขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) มาช่วยในการพัฒนาระบบ จากงานวิจัยเอกสาร และศึกษาวิธีการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ผักโขม ผักบุ้งจีน และทานตะวัน

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

1. การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ

ผู้วิจัยจะทดสอบการเปิดและปิดการให้แสงแดดเทียมในระบบเพาะปลูกตามเงื่อนไข ซึ่งจะให้แสงแดดตั้งแต่วันที่ 06.00น. ถึง 18.00น. โดย NodeMCU จะเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตและจะตรวจสอบการทำงานของหลอดไฟ

2. การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั๊มน้ำ

ผู้วิจัยจะทดสอบการเปิดและปิดปั๊มน้ำสำหรับการรดน้ำในแปลงเพาะปลูกตามเงื่อนไขที่ได้รับค่าความชื้นในดินจากอุปกรณ์ Soil Moisture Sensor Module โดยในอุปกรณ์เพาะปลูกจะต้องรักษาความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 60 ถึง 90 ในส่วนนี้จะมี NodeMCU เป็นตัวรับค่าจากเซ็นเซอร์เพื่อควบคุมการทำงาน

3. การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

ผู้วิจัยจะทดสอบการวัดอุณหภูมิในน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก เพื่อควบคุมอุณหภูมิในน้ำสำหรับการเพาะปลูกผักไมโครกรีนให้ต่ำกว่า 30 °C ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์ DS18B20 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิในน้ำเพาะปลูก ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU เพื่อควบคุมการทำงาน

4. การทดสอบการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ

ผู้วิจัยจะทดสอบการวัดระดับน้ำในถังสำหรับการใช้ในการเพาะปลูก เพื่อส่งค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ Ultrasonic Sensor ไปยัง NodeMCU ซึ่งจะรับค่าที่ได้จากอุปกรณ์ไปโชว์ยังหน้าจอแสดงผลในแอปพลิเคชัน Blynk

5. การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

ผู้วิจัยจะทดสอบการวัดอุณหภูมิของอุปกรณ์เพาะปลูก เพื่อควบคุมอุณหภูมิในการเพาะปลูกให้ต่ำกว่า 30 °C ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์ DHT 22 sensor ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยัง NodeMCU เพื่อความคุมการทำงาน

ขั้นตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ

ผู้วิจัยจะทำการทดสอบการเพาะปลูกผักไมโครกรีน โดยทำการเพาะปลูกเปรียบเทียบกันระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยในการทดสอบทั้งสองวิธีจะใช้เมล็ดผักไมโครกรีน 3 ชนิด ได้แก่ ผักโขม ผักบุ้งจีน และทานตะวัน ปริมาณ 250 กรัม 250 กรัม และ 180 กรัม ตามลำดับก่อนเพาะปลูกผู้วิจัยจะแช่เมล็ดนาน 12 ชั่วโมง เพื่อให้รากงอกจากเมล็ด จากนั้นนำเมล็ดผักที่แช่ไว้มาเพาะลงในถาดเพาะปลูกที่เตรียมไว้และกลบดินตามหลังรดน้ำเล็กน้อยพอให้ดินชื้น จากนั้นนำเมล็ดผักชุดแรก (ทั้ง 3 ชนิด) ไปเพาะปลูกด้วยวิธีทั่วไป และชุดที่ 2 ไปเพาะปลูกด้วยระบบ และเมื่อได้ผลผลิตแล้วจะทำการหยิบสุ่มผักไมโครกรีนจากการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ ในแต่ละถาดจำนวนชุดละ 2 ถาด จาก 6 ตำแหน่งในถาดเพาะปลูก เพื่อหาค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะมี 7 ช่วง แต่ละช่วงจะมีระยะเวลา 2 วัน และนำมาวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของผักทั้งถาด



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการวิจัยระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีทั้งหมด 3 ข้อดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดทำระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ
3. ผลการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดทำระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบด้วยวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ดังนี้

4.1.1 การค้นหาปัญหา (Problem Recognition)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นกิจกรรมแรกที่สำคัญในการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน ต้องมีการรับรู้ถึงปัญหา ค้นหาต้นเหตุของปัญหา รวบรวมปัญหาเดิมของระบบ นำข้อมูลปัญหาที่ได้มาจำแนกจัดกลุ่มและจัดลำดับความสำคัญ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา โดยระบบที่จะทำการพัฒนาต้องสามารถแก้ปัญหาที่มีและให้ประโยชน์กับการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนในระบบปิดมากที่สุด จากการรวบรวมศึกษาถึงปัญหาของการเพาะปลูกพืชไมโครกรีน ถึงผลกระทบในขั้นตอนการเพาะปลูก สามารถสรุปข้อมูลได้ดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปปัญหาและการแก้ไขปัญหของระบบการเพาะปลูกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

ปัญหา	การแก้ไขปัญหา
1. ปัญหาแสงไม่เพียงพอต่อความต้องการในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช	1. นำหลอดไฟสำหรับให้แสงในการเพาะปลูกแก่พืชที่เพาะปลูก เพื่อให้พืชสามารถทำกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
2. การเพาะปลูกมีข้อจำกัด ด้านระยะเวลาในการดูแล	2. ลดข้อจำกัดของการดูแลการเพาะปลูก ด้วยการส่งผ่านระบบสมาร์ทโฟน และจัดทำระบบในการดูแลให้

3. ปัญหาของสภาพแวดล้อมในการเพาะปลูกที่ไม่เหมาะสมและไม่สามารถควบคุมได้	3. นำระบบเข้ามาช่วยในการจัดการกับปัญหาด้วยการใช้เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิความชื้น ในแปลงเพาะปลูก น้ำในการเพาะปลูก และดินในการเพาะปลูก
4. ปัญหาด้านผลผลิตที่ไม่สม่ำเสมอ	4. นำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง สำหรับพืชที่ใช้ในการเพาะปลูกนำมาปรับใช้กับระบบให้สามารถได้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

4.1.2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study)

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการค้นหาปัญหาจากการเพาะปลูกพืชไม่โครกรีนแบบทั่วไปเรียบร้อยแล้ว จึงได้ดำเนินการศึกษาความเหมาะสม เพื่อกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นกับการเพาะปลูกแบบทั่วไปได้และตัดสินใจจะสร้างและพัฒนาระบบเพาะปลูกนี้ขึ้นมาใหม่นั้น ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเพาะปลูกทั่วไปและทำการศึกษามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาหรือไม่ จากลักษณะความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูกที่นำเอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาใช้ในการเพาะปลูกและการเพาะปลูกทั่วไป

ตารางที่ 3 ลักษณะความแตกต่างระหว่างการเพาะปลูกที่ใช้ระบบและการเพาะปลูกแบบทั่วไป

ลำดับ	ปัจจัยการเพาะปลูก	การเพาะปลูกด้วยระบบ	การเพาะปลูกแบบทั่วไป
1	สภาพแวดล้อม	ควบคุมได้	ควบคุมไม่ได้
2	แสง	มี	ไม่มี
3	ความชื้นในดิน	วัดได้	วัดไม่ได้
4	อุณหภูมิน้ำเพาะปลูก	วัดได้	วัดไม่ได้
5	อุณหภูมิแปลงเพาะปลูก	วัดได้	วัดไม่ได้

จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าระบบการเพาะปลูกพืชไม่โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมีความแตกต่างจากระบบการเพาะปลูกแบบทั่วไปตามตาราง

4.1.3 การวิเคราะห์ (Analysis)

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลวิธีการเพาะปลูกพืชไม่โครกรีนแบบทั่วไปและศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาระบบการเพาะปลูกพืชไม่โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ระบบใหม่ ดังนี้

ตารางที่ 4 ตารางเปรียบเทียบการเพาะปลูกแบบทั่วไปกับการเพาะปลูกด้วยระบบ

ลำดับ	รายละเอียด	การเพาะปลูกแบบทั่วไป	การเพาะปลูกด้วยระบบ
1	การดูแล	ผู้ปลูก	ระบบ
2	ผลผลิต	ตามการดูแล	สม่ำเสมอ
3	การให้แสง	แสงไม่เพียงพอ	มีหลอดไฟให้แสง
4	สภาพแวดล้อม	ไม่เหมาะสม	เหมาะสม

จากตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบการเพาะปลูกแบบทั่วไปกับการเพาะปลูกด้วยระบบพบว่า การเพาะปลูกด้วยระบบสามารถควบคุมการเพาะปลูกให้เหมาะสมได้ผลผลิตที่สม่ำเสมอ และใช้ขั้นตอนในการดูแลการเพาะปลูกน้อยกว่าการเพาะปลูกแบบทั่วไป

4.1.4 การออกแบบ (Design)

ออกแบบหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Graphic User Interface) มีกระบวนการการออกแบบโดยผู้วิจัย ในเบื้องต้นมีการออกแบบหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ดังนี้

1. ควบคุมแสงไฟในการเพาะปลูก
2. ควบคุมการรดน้ำสำหรับเพาะปลูก
3. แสดงค่าอุณหภูมิน้ำเพาะปลูก
4. แสดงค่าปริมาณน้ำเพาะปลูก
5. แสดงค่าอุณหภูมิเพาะปลูก



รูปภาพที่ 52 การออกแบบหน้าจอแสดงผล



mobile

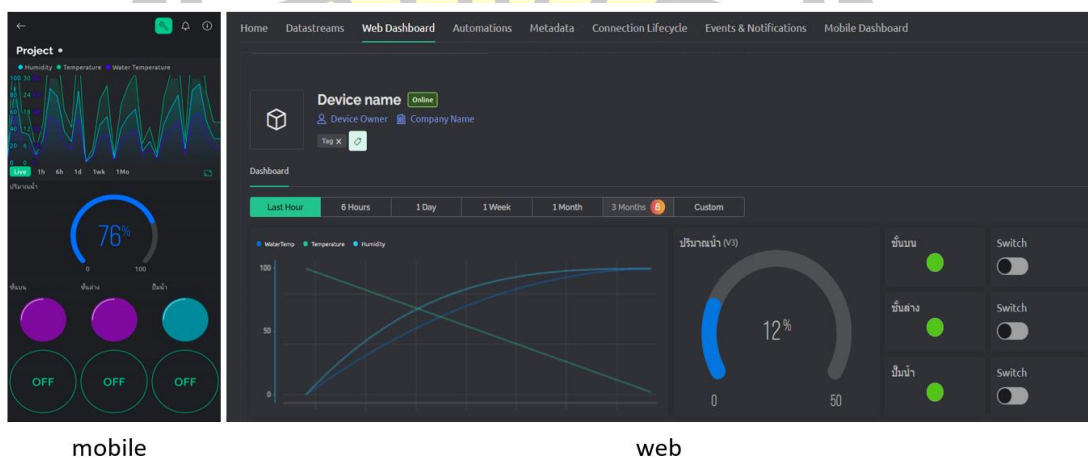
web

รูปภาพที่ 53 ผลการออกแบบ

4.1.5 การพัฒนาระบบ (Development)

ระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ได้นำ Arduino IDE คือโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมคำสั่งควบคุมอุปกรณ์เซ็นเซอร์ และ Blynk ที่เป็นแพลตฟอร์มเครื่องมือสำหรับใช้ในการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาใช้ในการพัฒนาระบบเพาะปลูกพืชไม้โครกรีน โดยพิจารณาจากความสามารถที่หลากหลายและยังสามารถใช้งานได้ทั้งระบบเว็บและสมาร์ทโฟน ซึ่งตอบโจทย์ในการพัฒนาและใช้งานง่ายมากกว่าแพลตฟอร์มระบบอื่นรองรับอุปกรณ์ได้หลากหลายไม่ต้องพัฒนาระบบเครื่องแม่ข่าย (Server) เองทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการพัฒนา ระบบมีการกำหนดขอบเขตการใช้งาน 2 ส่วนหลัก คือ

1. User Interface ในส่วนนี้จะป็นหน้าจอแสดงผลและควบคุมอุปกรณ์ในการเพาะปลูก โดยผู้ใช้งานสามารถดูสถานะต่างๆ และควบคุมอุปกรณ์เพาะปลูกได้ผ่านระบบเว็บและสมาร์ทโฟน



mobile

web

รูปภาพที่ 54 ส่วนของ User Interface

2. อุปกรณ์เพาะปลูก ในส่วนนี้จะเป็นส่วนการทำงานของอุปกรณ์เพาะปลูก ซึ่งระบบจะทำงานด้วย Node MCU ที่ได้มีการเขียนคำสั่งติดต่อกับเซ็นเซอร์ไว้สำหรับการเพาะปลูกผักไมโครกรีนตามเงื่อนไขที่กำหนด



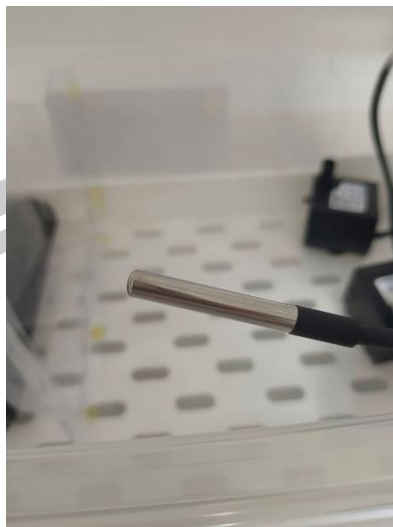
รูปภาพที่ 55 ส่วนของไฟสำหรับการเพาะปลูก

จากรูปภาพที่ 54 เป็นส่วนของหลอดไฟสำหรับการเพาะปลูก ซึ่งระบบจะทำการเปิดไฟตั้งแต่เวลา 06.00น. ถึง 18.00น. ตามคำสั่งที่ได้เขียนไว้ให้ทำงานตามเงื่อนไขและผู้ใช้งานสามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟได้ด้วยตนเอง



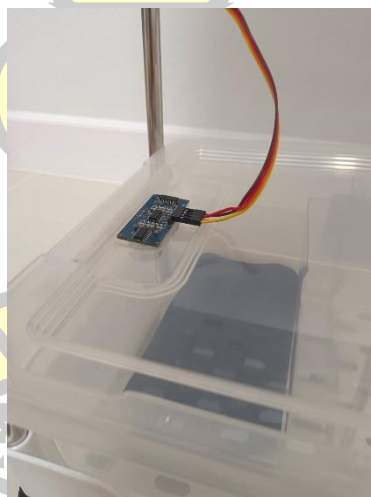
รูปภาพที่ 56 ส่วนของระบบวัดความชื้นในดินและรดน้ำ

จากรูปภาพที่ 55 เป็นส่วนของระบบวัดความชื้นในดินที่จะทำการวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายในดินเพาะปลูกและเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ในดินอยู่ในช่วงร้อยละ 60 ถึง 90 ตามเงื่อนไขที่กำหนดระบบจะทำการสั่งปั๊มน้ำให้รดน้ำเพื่อรักษาความชื้นสัมพัทธ์ภายในดินให้เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก



รูปภาพที่ 57 ส่วนของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

จากรูปภาพที่ 56 เป็นส่วนของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำที่จะทำการวัดค่าอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกและเมื่อค่าอุณหภูมิในน้ำต่ำกว่า 30°C ตามเงื่อนไขที่กำหนดระบบจะทำการส่งป้อนน้ำให้ทำงานเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกและทำการแจ้งเตือนไปยัง Line



รูปภาพที่ 58 ส่วนของระบบวัดระดับน้ำ

จากรูปภาพที่ 57 เป็นส่วนของระบบวัดระดับน้ำที่จะวัดระดับน้ำที่ใช้สำหรับเพาะปลูกและนำค่าข้อมูลไปโชว์ยังหน้าจอแสดงผลของผู้ใช้งาน และทำการแจ้งเตือนไปยัง Line เมื่อระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าเงื่อนไขกำหนดให้ผู้ใช้งานได้ทราบ



รูปภาพที่ 59 ส่วนของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

จากรูปภาพที่ 58 เป็นส่วนของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูกที่จะใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของอุปกรณ์เพาะปลูกและเมื่อค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์เพาะปลูกต่ำกว่า 30°C ตามเงื่อนไขที่กำหนด ระบบจะทำการสั่งปั๊มน้ำให้ทำงานรดน้ำ เพื่อลดอุณหภูมิสำหรับแปลงเพาะปลูกและทำการแจ้งเตือนไปยัง Line ให้ผู้ใช้งานได้ทราบ

4.1.6 การทดสอบการติดตั้ง (Implementation Testing)

การทดสอบระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของระบบที่จะทำการวิจัยให้มีความถูกต้อง สมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพตามความต้องการของผู้วิจัยคาดหวังไว้ มีรายละเอียดการทดสอบดังต่อไปนี้

1. การทดสอบซอฟต์แวร์ Software Testing

- มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่จะยอมรับระบบ (Acceptance Criteria)
- การตรวจสอบข้อผิดพลาด ทำหลังจากที่เขียนโปรแกรมคำสั่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของซอฟต์แวร์ให้สัมพันธ์กับคุณภาพ

2. ระดับการทดสอบระบบ สามารถแบ่งระดับการทดสอบได้ดังนี้

2.1 การทดสอบโมดูลหรือทดสอบหน่วย (Module Testing หรือ Unit testing)

2.2 การทดสอบภาพรวม (Integration Testing)

2.3 การทดสอบฟังก์ชัน (Functional testing)

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance Testing)

2.5 การทดสอบการยอมรับ (Acceptance Testing)

2.6 การทดสอบการติดตั้ง (Installation Testing)

3. การทดสอบหลังจากที่ผู้พัฒนาระบบได้เขียนคำสั่งโปรแกรมตามที่ได้รับมอบหมายเสร็จสิ้นประกอบด้วย

3.1 การทบทวนโปรแกรม (Program Review) เป็นกระบวนการทบทวนคำสั่งโปรแกรมและระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3.2 การพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรม (Proving Programs Correct) เป็นการทดสอบข้อเท็จจริงทางโครงสร้างของโปรแกรม พิจารณาตรรกะการทำงานตามคำสั่งของโปรแกรม

3.3 การทดสอบโปรแกรม (Testing Programs) เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในมุมมองที่แตกต่าง กลยุทธ์ของการทดสอบในลักษณะนี้เรียกว่ากล่องขาว (White box)

4.1.7 บำรุงรักษา (Maintenance)

1. Breakdown Maintenance (การบำรุงรักษาโดยการซ่อมแซมส่วนที่เสีย)
2. Planned/Preventive Maintenance (การบำรุงรักษาตามแผน)
3. Predictive Maintenance (การบำรุงรักษาโดยการคาดคะเน)
4. Proactive Maintenance (เป็นแนวคิดใหม่ในวงการบำรุงรักษา โดยการแก้ที่สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา)

การบำรุงรักษาจะเป็นการแก้ไขระบบเพาะปลุกหลังจากมีการใช้งานแล้ว ซึ่งงานวิจัยนี้มีการวางแผนการดำเนินงานในการทำระบบการเพาะปลุกพืชไมโครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งให้สามารถใช้งานได้ ในช่วงระยะเวลาทำการวิจัยจากนั้นจะนำปัญหาที่ได้ในการใช้งานจริงมาทำการปรับปรุงระบบต่อไป

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ

4.2.1 การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟ

1. การทำงานแบบ AUTO ผู้วิจัยจะทดสอบการเปิดและปิดการให้แสงแดดเทียมในระบบเพาะปลุกตามเงื่อนไข ซึ่งจะให้แสงแดดตั้งแต่เวลา 06.00น. ถึง 18.00น. และตรวจสอบการทำงานของหลอดไฟ

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟแบบ AUTO

ครั้งที่	เวลา	สถานะ	เวลา	สถานะ
1	06:00:00 น.	ทำงาน	18:00:00 น.	หยุดทำงาน
2	19:00:00 น.	หยุดทำงาน	06:00:00 น.	ทำงาน

2. การทำงานแบบ MANUAL สั่งเปิด-ปิดไฟด้วยผู้ใช้ระบบเองโดยการกดปุ่มเปิด-ปิดไฟ
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดไฟแบบ MANUAL

ครั้งที่	ปุ่มเปิด-ปิดไฟ	สถานะ
1	เปิด	ทำงาน
2	ปิด	หยุดทำงาน

4.2.2 การทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ

1. การทำงานแบบ AUTO ผู้วิจัยจะทดสอบการเปิดและปิดปั้มน้ำสำหรับการรดน้ำในแปลงเพาะปลูกตามเงื่อนไขที่ได้รับค่าความชื้นในดินจากอุปกรณ์ Soil Moisture Sensor Module โดยในอุปกรณ์เพาะปลูกจะต้องรักษาความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 60 ถึง 90 และตรวจสอบการทำงานของปั้มน้ำ

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำแบบ AUTO

ครั้งที่	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%)	สถานะ
1	65	ทำงาน
2	79	ทำงาน
3	91	หยุดทำงาน

2. การทำงานแบบ MANUAL สั่งเปิด-ปิดปั้มน้ำด้วยผู้ใช้ระบบเองโดยการกดปุ่มเปิด-ปิด
ตารางที่ 8 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำแบบ MANUAL

ครั้งที่	ปุ่มเปิด-ปิดไฟ	สถานะ
1	เปิด	ทำงาน
2	ปิด	หยุดทำงาน

4.2.3 การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ

1. การทำงานแบบ AUTO ผู้วิจัยจะทดสอบการวัดอุณหภูมิในน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อควบคุมอุณหภูมิในน้ำสำหรับการเพาะปลูกผักไม้โครกรีนให้ต่ำกว่า 30 °C และตรวจสอบการทำงานของ
ตารางที่ 9 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิในน้ำแบบ AUTO

ครั้งที่	ค่าอุณหภูมิ (°C)	สถานะ	แจ้งเตือน LINE
1	31	ทำงาน	แจ้งเตือน
2	28	หยุดทำงาน	ไม่แจ้งเตือน
3	33	ทำงาน	แจ้งเตือน

2. การทำงานแบบ MANUAL สั่งเปิด-ปิดด้วยผู้ไ้ระบบเองโดยการกดปุ่มเปิด-ปิด
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบการทำงานของระบบเปิด-ปิดแบบ MANUAL

ครั้งที่	ปุ่มเปิด-ปิดไฟ	สถานะ
1	เปิด	ทำงาน
2	ปิด	หยุดทำงาน

4.2.4 การทดสอบการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ

1. ผู้วิจัยจะทดสอบการทำงานของการทำงานของระดับน้ำในถังสำหรับใช้ในการเพาะปลูก เพื่อส่งค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ Ultrasonic Sensor แจ้งเตือนระดับน้ำในการเพาะปลูกและตรวจสอบการทำงาน
ตารางที่ 11 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดระดับน้ำ

ครั้งที่	ระดับน้ำ (%)	แจ้งเตือน LINE
1	45	แจ้งเตือน
2	65	ไม่แจ้งเตือน

4.2.5 การทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

1. ผู้วิจัยจะทดสอบการวัดอุณหภูมิของอุปกรณ์เพาะปลูก เพื่อควบคุมอุณหภูมิในการเพาะปลูกให้ต่ำกว่า 30 °C และตรวจสอบการทำงาน
ตารางที่ 12 ผลการทดสอบการทำงานของระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก

ครั้งที่	ค่าอุณหภูมิ (°C)	สถานะ	แจ้งเตือน LINE
1	34	ทำงาน	แจ้งเตือน
2	28	หยุดทำงาน	ไม่แจ้งเตือน
3	36	ทำงาน	แจ้งเตือน

4.3 การเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ

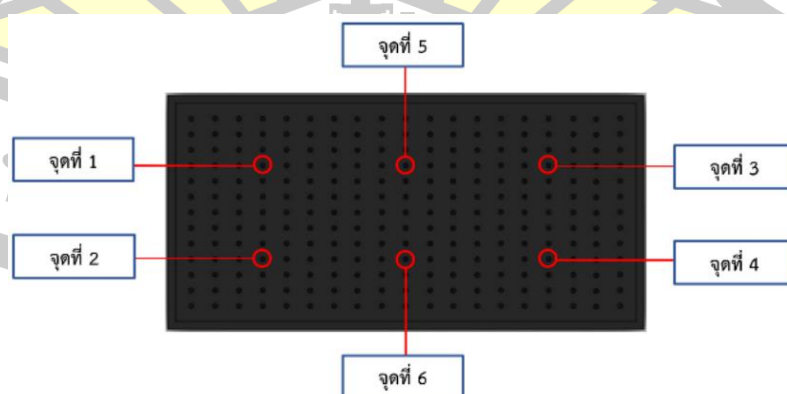
ในขั้นตอนนี้เป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการเพาะปลูกผักตัวอย่างของการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ โดยจะวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตความสูงของลำต้นของผลผลิต จากค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างการสุ่มวัดจำนวน 6 จุดในแต่ละภาตทุกวันตลอดการเพาะปลูก



รูปภาพที่ 60 การเพาะปลูกแบบทั่วไป



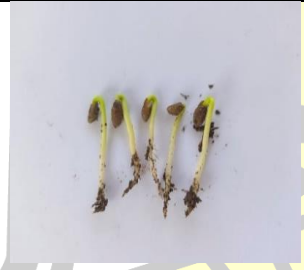
รูปภาพที่ 61 การเพาะปลูกด้วยระบบ



รูปภาพที่ 62 ตำแหน่งการสุมหยิบผักไมโครกรีน

จากการเพาะปลูกแบบทั่วไปการสุ่มหยิบตัวอย่างผักในถาด นำมาวัดขนาดเปรียบเทียบ 6 จุด ตลอดระยะเวลาในการเพาะปลูก ลักษณะการเจริญเติบโตของผักทั้ง 3 ชนิดพบว่าผักแต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตในแต่ละวันไม่เท่ากัน และในแต่ละตำแหน่งของถาดเพาะปลูกมีการเจริญเติบโตแต่ไม่เท่ากัน โดยความยาวเฉลี่ยของวันที่ 14 ผักโคมมีความยาว 5.6 เซนติเมตร ผักบุ้งมีความยาว 7.8 เซนติเมตร และทานตะวันมีความยาว 6.2 เซนติเมตร และจากการเพาะปลูกด้วยระบบพบว่าผักแต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตในแต่ละวันมีลักษณะที่แตกต่างกัน เมื่อสุ่มหยิบนำมาวัดความยาวจะมีการเจริญเติบโต แต่ละตำแหน่งทั้งถาดใกล้เคียงกัน และความยาวโดยเฉลี่ยของทั้ง 14 วัน ผักโคมมีความยาว 10.6 เซนติเมตร ผักบุ้งมีความยาว 11.3 เซนติเมตร และทานตะวันมีความยาว 10.1 เซนติเมตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตดีกว่าเพาะแบบทั่วไป ทั้งการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และใบ ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักโคมยาวกว่าถึง 5.0 เซนติเมตร ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักบุ้งยาวกว่าถึง 3.5 เซนติเมตร และความยาวลำต้นเฉลี่ยของทานตะวันยาวกว่าถึง 3.9 เซนติเมตร

ตารางที่ 13 ตัวอย่างผักที่เพาะปลูกในระบบทั่วไปและผักที่เพาะปลูกในระบบ

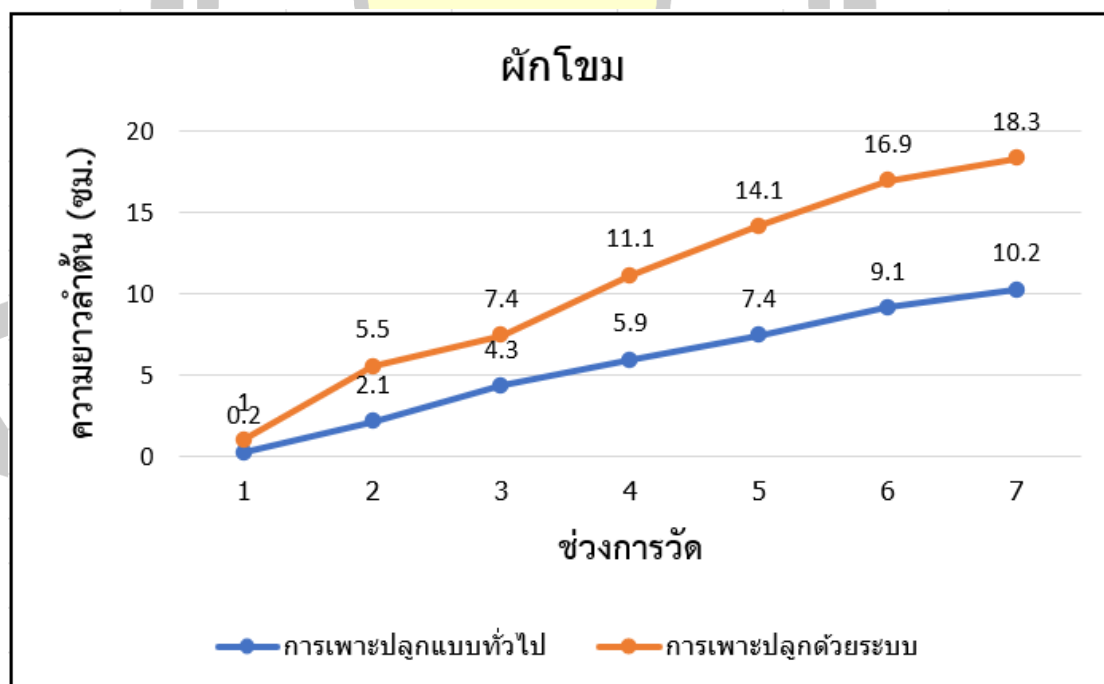
รูปแบบ เพาะปลูก	ชนิดของผักไม้โครกรีน		
	ผักบุ้ง	ทานตะวัน	ผักโคม
ทั่วไป			
ระบบ			

การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักทั้ง 3 ชนิด จกการทดลองการเพาะปลูกผักไม้โครกรีนทั้งแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่าการเพาะปลูกด้วยระบบมีการเจริญเติบโตดีกว่าการเพาะปลูกแบบทั่วไป ทั้งการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และใบ ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักโคมยาวกว่าถึง 5.0 เซนติเมตร ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักบุ้งยาวกว่าถึง 3.5 เซนติเมตร

และความยาวลำต้นเฉลี่ยของทานตะวันยาวกว่าถึง 3.9 เซนติเมตร และการเจริญเติบโตของผักที่เพาะปลูกด้วยระบบมีความใกล้เคียงกันทั่วทั้งภาค

ตารางที่ 14 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักโขม

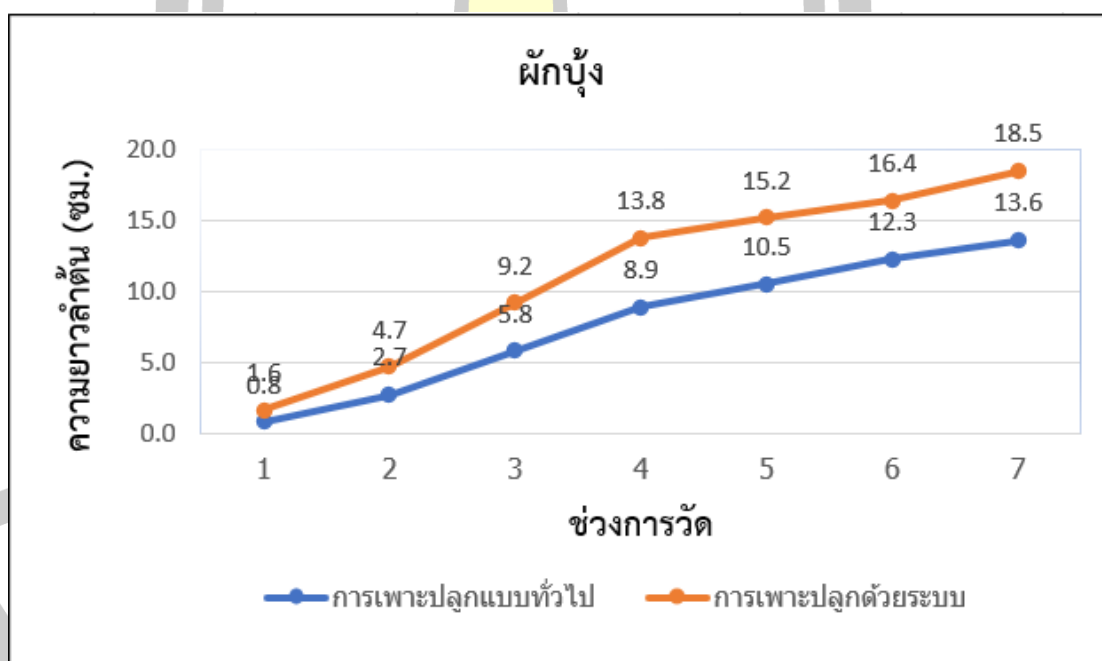
ผักโขม		
ช่วงการวัด	ทั่วไป (cm.)	ระบบ (cm.)
1	0.2	1
2	2.1	5.5
3	4.3	7.4
4	5.9	11.1
5	7.4	14.1
6	9.1	16.9
7	10.2	18.3
ค่าเฉลี่ย	5.6	10.6



รูปภาพที่ 63 กราฟผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักโขม

ตารางที่ 15 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักบุ้ง

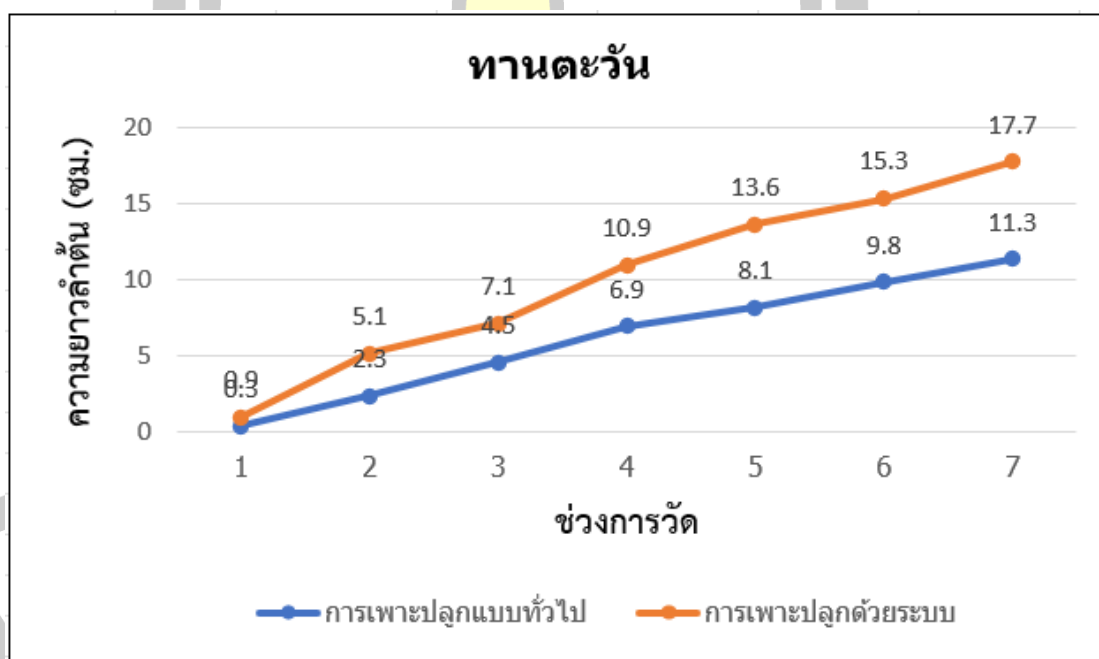
ผักบุ้ง		
ช่วงการวัด	ทั่วไป (cm.)	ระบบ (cm.)
1	0.8	1.6
2	2.7	4.7
3	5.8	9.2
4	8.9	13.8
5	10.5	15.2
6	12.3	16.4
7	13.6	18.5
ค่าเฉลี่ย	7.8	11.3



รูปภาพที่ 64 กราฟผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของผักบุ้ง

ตารางที่ 16 ผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของทานตะวัน

ทานตะวัน		
ช่วงการวัด	ทั่วไป (cm.)	ระบบ (cm.)
1	0.3	0.9
2	2.3	5.1
3	4.5	7.1
4	6.9	10.9
5	8.1	13.6
6	9.8	15.3
7	11.3	17.7
ค่าเฉลี่ย	6.2	10.1



รูปภาพที่ 65 กราฟผลการทดลองการเพาะปลูกทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบของทานตะวัน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อเพาะปลูกผักไม้โครกรีนในพื้นที่จำกัด โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการเพาะปลูกพืชไม้โครกรีนแบบอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ในการเพาะปลูกผักไม้โครกรีนในพื้นที่จำกัด ด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีการเพาะปลูกผักไม้โครกรีนและมีระบบเซนเซอร์เป็นตัวช่วยในการเพาะปลูก ซึ่งระบบมีการทำงานแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ 1.ระบบเปิด-ปิดไฟเพาะปลูก 2.ระบบเปิด-ปิดปั้มน้ำ 3.ระบบวัดอุณหภูมิในน้ำ 4.ระบบวัดระดับน้ำ 5.ระบบวัดอุณหภูมิอุปกรณ์เพาะปลูก เพื่อนำมาเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างการเพาะปลูกแบบทั่วไปและการเพาะปลูกด้วยระบบ โดยระยะเวลาในการทดสอบทั้งหมด 14 วัน แบ่งออกเป็น 7 ช่วง แต่ละช่วงจะมีระยะเวลา 2 วัน แล้วนำผักไม้โครกรีนที่ได้จากการเพาะปลูกทั้ง 2 ระบบมาหาค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตของผักทั้งหมดในถาดเพาะปลูก พบว่า การเพาะปลูกด้วยระบบมีการเจริญเติบโตดีกว่าการเพาะปลูกแบบทั่วไป ทั้งการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และใบ ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักโขมยาวกว่าถึง 5.0 เซนติเมตร ความยาวลำต้นเฉลี่ยของผักบุ้งยาวกว่าถึง 3.5 เซนติเมตร และความยาวลำต้นเฉลี่ยของทานตะวันยาวกว่าถึง 3.9 เซนติเมตร และการเจริญเติบโตของผักที่เพาะปลูกด้วยระบบมีความใกล้เคียงกันทั่วทั้งถาด

ในการออกแบบทั้ง 5 ระบบผู้วิจัยได้เลือกเซนเซอร์และอุปกรณ์ในการพัฒนาที่มีราคาถูกและหาซื้อได้ง่ายมาใช้ในการทดลอง พบว่าเซนเซอร์และอุปกรณ์ที่ใช้มีต้นทุนในการพัฒนาที่ลดลงและสามารถใช้งานในการเพาะปลูกผักไม้โครกรีนได้จริง แต่มีข้อเสีย คือ เซนเซอร์ที่ใช้มีความแม่นยำน้อยกว่าเซนเซอร์ที่มีราคาแพง และอุปกรณ์ที่ใช้นั้นยากในขั้นตอนการพัฒนา

จากการอภิปรายการทดลองสรุปได้ว่า ระบบสามารถควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา คือ ควบคุมอุณหภูมิภายในต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส ระดับความชื้นสัมพัทธ์ในดินอยู่ในช่วงร้อยละ 60 ถึง 90 ซึ่งเป็นความชื้นในดินที่เหมาะสม ควบคุมอุณหภูมิน้ำให้ต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส สามารถใช้ระดับน้ำในการเพาะปลูกได้ และควบคุมการให้แสงด้วยหลอดไฟเพาะปลูกผัก

ในช่วงเวลา 06.00 ถึง 18.00 น. จากการทดสอบผักมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเพาะปลูกแบบทั่วไป ทั้งการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และใบของผักทั้ง 3 ชนิด สามารถลดระยะเก็บเกี่ยวได้ 2-3 วัน เมื่อเทียบกับวิธีเพาะปลูกทั่วไป

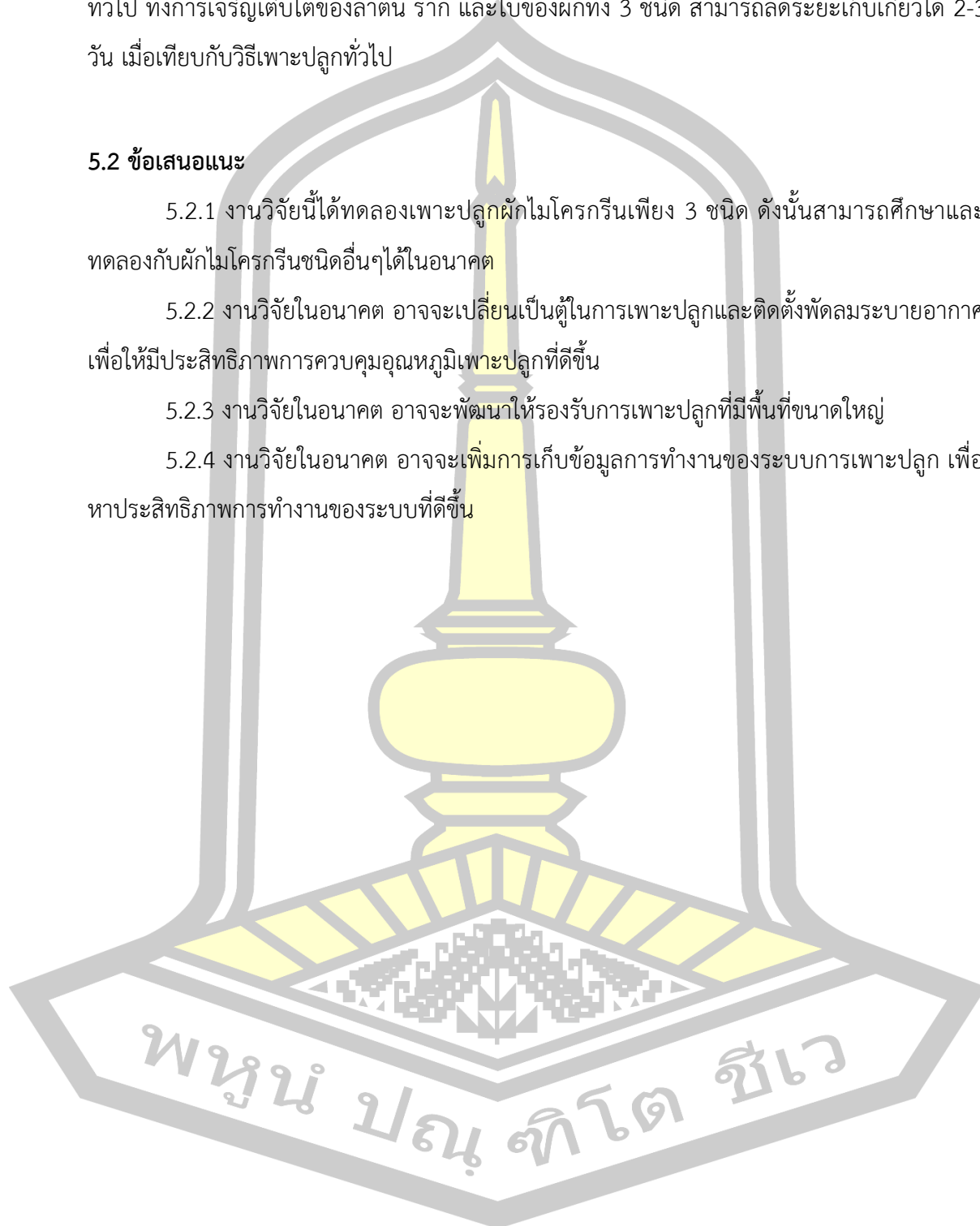
5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ได้ทดลองเพาะปลูกผักไม้โครกรีนเพียง 3 ชนิด ดังนั้นสามารถศึกษาและทดลองกับผักไม้โครกรีนชนิดอื่นๆได้ในอนาคต

5.2.2 งานวิจัยในอนาคต อาจจะเปลี่ยนเป็นตู้ในการเพาะปลูกและติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อให้มีประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิเพาะปลูกที่ดีขึ้น

5.2.3 งานวิจัยในอนาคต อาจจะพัฒนาให้รองรับการเพาะปลูกที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่

5.2.4 งานวิจัยในอนาคต อาจจะเพิ่มการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบการเพาะปลูก เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบที่ดีขึ้น



บรรณานุกรม

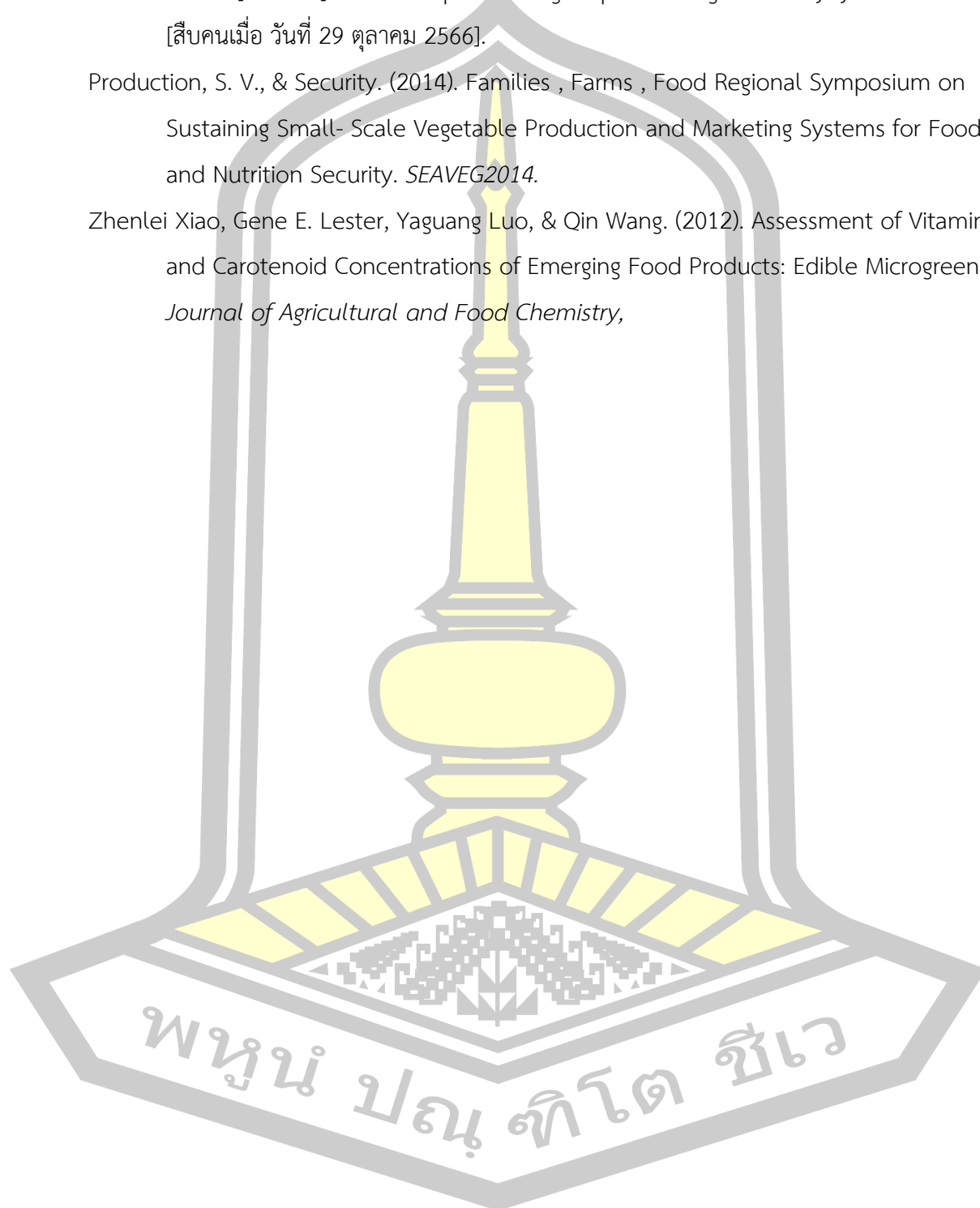
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2556). คู่มือ การ ขับเคลื่อน นโยบาย Smart Farmer และ Smart Officer. กรมการเกษตร และศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร สาขาพืชสวน. (2560). การประเมินผลผลิตและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผักไมโครกรีน 13 ชนิด. แก่นเกษตร 45 (ฉบับพิเศษ), 368-373.
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2559). แผนพัฒนาการเกษตรในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12.
- จารุกิตติ์ สายสิงห์. (2563). การพัฒนาระบบสนับสนุนและบริหารจัดการผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร. วารสารเกษตรพระวรุณ, 299-310.
- จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. (2545). การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วย เทคนิคอย่างง่ายเพื่อใช้ควบคุมโรคเน่าระดับดินของถั่วฝักยาวที่เกิดจากเชื้อรา sclerotium rolfsii. การประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 40, 4-7.
- ธีระภัทร เจริญปฐ. (2559). การออกแบบและพัฒนาเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย, [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/7428/2/Fulltext.pdf> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 กันยายน 2566].
- บัณฑิตพงษ์ ศรีอานวย และคณะ. (2562). การออกแบบระบบสมาร์ตฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี, การประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาลัย นครราชสีมา ครั้งที่ 6 ประจำปี พ.ศ.2562.
- ประภาส สุวรรณพชร. (2560). เอกสารประกอบการอบรมเรียนรู้และลองเล่น Arduino เบื้องต้น, วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ.
- ประโยชน์ คำสวัสดิ์. (2561). ระบบรายงานสถานะแวดล้อมในแปลงเกษตรกรรมด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ ไร้สายแบบแอนดรอยด์ต้นทุนต่ำ. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/7428/2/Fulltext> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 13 กันยายน 2566].
- สุวิทย์ และปานวิทย์. (2560). สำรวจ Smart Farming แบบเกษตรกรรมครบวงจรของKUBOTA ฉลาดขึ้นด้วย IOT, . <https://techsauce.co/corp-innov/smart-farming-iot-kubota>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 13 กันยายน 2566].
- มหศักดิ์ เกตฉ่ำ. (2560). Internet of Things (IOT). [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://203.155.220.230/bmainfo/dataDDS/document/internet-of-things>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 13 กันยายน 2566].

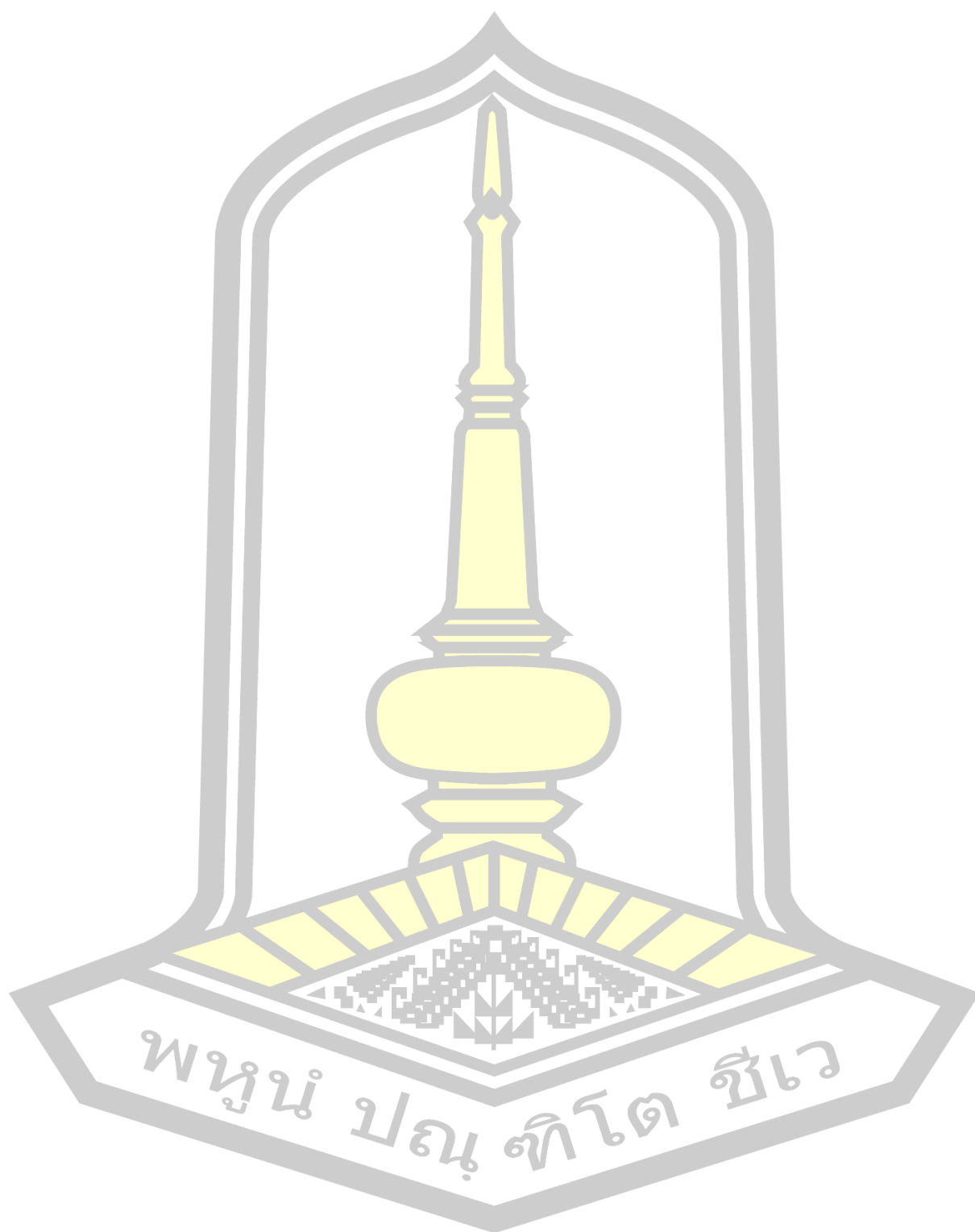
- ฤทัยชนก จริงจิตร. (2556). เจาะลึก Smart Farmer แค่แนวคิดใหม่ หรือจะพลิกโฉมการเกษตร.
- วนายุทธ์ แสนเงิน. (2564). การออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะ, .
- วิทยา ปัญญาภาศ. (2560). การสร้างและหาประสิทธิภาพระบบควบคุมสภาพแวดล้อมของการปลูกผักไฮโดรโปนิคส์แบบอัตโนมัติด้วย Internet of Things, . 2-3.
- วิศศักดิ์ พองเงิน และคณะ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรียนเพาะเห็ดนางฟ้า, . วารสารการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม.
- ศรินวล พองมณี. (2560). การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อจัดการวิถิชุมชนกรณีศึกษา ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย, . การประชุมหาตใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). รายงานกับการเปลี่ยนแปลงของภาคการเกษตรไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก:
https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/
 [สืบค้นเมื่อ วันที่ 10 ตุลาคม 2566].
- Danielle D. Treadwell, Robert Hochmuth, Linda Landrum, & Wanda Laughlin. (2010). Microgreens: A New Specialty Crop. University of Florida IFAS Extension.
University of Florida IFAS Extension., 1-3.
- depa Thailand. (2566). Thailand - Smart City Plan. [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://www.depa.or.th/th/smart-city-plan/smart-city-office office>
 [สืบค้นเมื่อ วันที่ 19 ตุลาคม 2566].
- Ferrández-Pastor, F. J., García-Chamizo, J. M., Nieto-Hidalgo, M., Mora-Pascual, J., & Mora-Martínez, J. (2016). Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture. *Sensors*, 16(7), 1141.
 [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/7/1141>
 [สืบค้นเมื่อ วันที่ 25 ตุลาคม 2566].
- Lin, K.-H., Huang, M.-Y., Huang, W.-D., Hsu, M.-H., Yang, Z.-W., & Yang, C.-M. (2013). The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*, 150, 86-91. [ออนไลน์]. ได้จาก:
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.002>
 [สืบค้นเมื่อ วันที่ 25 ตุลาคม 2566].
- Martinović, G., & Simon, J. (2014). Greenhouse microclimatic environment controlled by

a mobile measuring station. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 70-71, 61-70. [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.njas.2014.05.007> [สืบค้นเมื่อ วันที่ 29 ตุลาคม 2566].

Production, S. V., & Security. (2014). Families , Farms , Food Regional Symposium on Sustaining Small- Scale Vegetable Production and Marketing Systems for Food and Nutrition Security. *SEAVEG2014*.

Zhenlei Xiao, Gene E. Lester, Yaguang Luo, & Qin Wang. (2012). Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens, . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ปิติกัทร ศักดิ์วังษ์
วันเกิด	12 สิงหาคม 2541
สถานที่เกิด	61 หมู่ 8 บ.โนนสนาม ต.เมืองไพร อ.เสลภูมิ จ.ร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	442 หมู่ที่ 7 บ้านหนองทุ่งมน ตำบล รอบเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด ร้อยเอ็ด 45000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นักศึกษา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	232 หมู่ที่ 19 ตำบล รอบเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด ร้อยเอ็ด 45000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2564 ปริญญาตรี บริหารธุรกิจบัณฑิต (บธ.บ) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2567 ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาการจัดการ สมาร์ทซิตี้และนวัตกรรมดิจิทัล คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ภิโต ชีเว