



รายงานการวิจัย

การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วย
ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรพสิ่ง

พณณา ตั้งวรรณวิทย์

สาขาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2565

รายงานการวิจัย

การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วย
ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

พณณา ตั้งวรรณวิทย์

สาขาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนโดย งบประมาณแผ่นดิน

ประเภทโครงการวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ประจำปีงบประมาณ 2565

ชื่องานวิจัย	การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง
ผู้วิจัย	พณณา ตั้งวรรณวิทย์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคำนวณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีที่เสร็จ	2565

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสมัยใหม่ ได้เข้ามาใช้งานหลากหลายโดยเฉพาะงานด้านการเกษตร มาประยุกต์ใช้ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้เข้าใจและทำงานที่มีความชาญฉลาดเหมือนมนุษย์ได้ดี หรือบางครั้งดีกว่าที่มนุษย์ทั่วไปจะสามารถทำได้ ทำให้งานด้านการเกษตรที่ซับซ้อนมีการจัดการกับข้อมูลต่างๆ อย่างมากมายเป็นงานอัตโนมัติช่วยให้มนุษย์ทำงานได้ดีขึ้น เร็วขึ้น สะดวกขึ้น การนำเครื่องมือมาใช้งานร่วมกับ AI นั่นคือ Internet of Thing (IoT) เป็นการเชื่อมต่อที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ กับอินเทอร์เน็ตให้เป็น Smart Device รับค่าข้อมูลต่างๆ ด้วย sensor ที่อยู่บนอุปกรณ์ ดังนั้น IoT จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการรวบรวมข้อมูลลงฐานข้อมูลที่มีเป็นจำนวนมากเกิดเป็น Big Data เพื่อป้อนข้อมูลเหล่านี้ให้เกิดการเรียนรู้ได้ตลอดเวลา

งานวิจัยครั้งนี้ทำการทดลองกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ ประเทศไทย โดยติดตั้งอุปกรณ์ IoT จำนวน 20 ชุด ซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ Soil Moisture Sensor, and Temperature and Humidity Sensor (DHT11) สำหรับการจัดเก็บข้อมูลลงใน Big Data บนระบบ Cloud Computing และนำข้อมูลจาก Sensor ซึ่งข้อมูลอาจจะมีการ Lost Data ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เทคนิค Deep Learning สำหรับการทำ Imputation ข้อมูลเพื่อประมาณค่าข้อมูลที่สูญหาย และนำข้อมูลผ่านการ Cleansing มาจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อได้ Optimization Clustering สำหรับสภาพการปลูกเพื่อประมาณความต้องการน้ำสำหรับการปลูกโดยใช้เทคนิค K-mean พบว่าได้ 3 Class และนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการพยากรณ์เพื่อหาความแม่นยำ โดยการเปรียบเทียบอัลกอริทึม ได้แก่ Decision Tree, Neural Network, Naïve Bayes and Deep Learning พบว่า Deep Learning Algorithm ได้ค่าแม่นยำที่สุด คือ 99.60% โดยมี RMSE = 0.0039 เมื่อได้อัลกอริทึมจึงนำไปเขียน

ฟังก์ชันเพื่อควบคุมอุปกรณ์การรดน้ำอัตโนมัติเพื่อให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในอุณหภูมิ และความชื้นที่เหมาะสม เมื่อทำการวัดประสิทธิภาพจากปริมาณน้ำที่เพาะปลูกพบว่า เมื่อใช้ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถประหยัดน้ำได้ร้อยละ 13.89

การยอมรับเทคโนโลยี ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์อยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการรับรู้ถึงความง่ายอยู่ในระดับมาก สำหรับผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า การรับรู้ถึงประโยชน์ และการรับรู้ถึงความง่ายต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

Research Title : The Development of Foundational Economic with Enhancement of the Community from Big Data and Internet of Things

Name : Panana Tangwannawit

: Phetchabun Rajabhat University

Year : 2022

ABSTRACT

This research focused on testing with maize, economical crop grown in Phetchabun province, Thailand, by installing a total of 20 sets of IoT devices which consist of soil moisture sensors and temperature and humidity sensors (DHT11). Data science tools such as rapidminer studio was used for data cleansing, data imputation, clustering, and prediction. Next, these data would undergo data cleansing in order to group them to obtain optimization clustering to identify the optimum condition and amount of water required to grow the maize through k-mean technique. From the analysis, the optimization result showed 3 classes and these data were further analyzed through prediction to identify precision. By comparing several algorithms including artificial neural network (ANN), decision tree, naïve bayes, and deep learning, it was found that deep learning algorithm can provide the most accurate result at 99.6% with RMSE = 0.0039. The algorithm obtained was used to write function to control the automated watering system to make sure that the temperature and humidity for growing maize is at appropriate condition. By using the improved watering system, it improved the efficacy of watering system which saves more water by 13.89%.

Keywords: Internet of Things, Big data, Maize

กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ และบุคลากร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิที่สละเวลาให้คำแนะนำ คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ เกษตรกรที่เข้ารับการสัมภาษณ์ ที่ให้ความกรุณาตรวจสอบ และเสนอแนะในการพัฒนารูปแบบและการให้ข้อมูลในการทำวิจัยแก่คณะผู้วิจัย

ท้ายสุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่ง ทุนการวิจัยที่ได้รับจากทุนอุดหนุนการวิจัยของจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2565 ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

พณณา ตั้งวรรณวิทย์

1 สิงหาคม 2565

สารบัญ

บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานการวิจัย	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 สมองกลอัจฉริยะ (Embedded)	6
2.2 เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Technology)	13
2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT)	16
2.4 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	19
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี	25
2.6 อัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย	27
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	30
3.1 การศึกษาระบบและรวบรวมข้อมูล	30
3.2 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ	30
3.3 การพัฒนาระบบ	33
3.4 การทดสอบ	36

บทที่ 4 ผลการวิจัย	37
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ	37
4.2 ผลการพัฒนาต้นแบบอัลกอริทึม	49
4.3 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์แบบเรียลไทม์	52
4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT	56
4.5 ผลการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชน	57
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	60
5.1 สรุปผลการวิจัย	60
5.2 อภิปรายผล	63
5.3 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65
ภาคผนวก	70

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 เกษตรยุคใหม่สู่เกษตรอัจฉริยะ	1
รูปที่ 2 การนำเทคโนโลยีร่วมกับการเกษตร	2
รูปที่ 3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์	7
รูปที่ 4 หน้าที่ส่วนต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ (หน้าที่คอนโทรลเลอร์, 2020)	10
รูปที่ 5 Connect the World	18
รูปที่ 6 โมเดลจำลองการยอมรับเทคโนโลยี	26
รูปที่ 7 ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT)	27
รูปที่ 8 แนวคิดโดยรวมของระบบงาน	31
รูปที่ 9 แสดงผังการทำงานของระบบ	31
รูปที่ 10 การทำงานของระบบ	32
รูปที่ 11 วงจรการทำงานของการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่	33
รูปที่ 12 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board)	33
รูปที่ 13 บอร์ดรีเลย์ (Relay Board)	34
รูปที่ 14 WiFi	34
รูปที่ 15 โปรแกรม Arduino	34
รูปที่ 16 การใช้งานโปรโตคอลของระบบ IoT	35
รูปที่ 17 การพัฒนาระบบโดยใช้โปรโตคอล MQTT	35
รูปที่ 18 การออกแบบและพัฒนาส่วนควบคุมอัตโนมัติของระบบให้น้ำ	38
รูปที่ 19 การเชื่อมต่อ MQTT Server บน Raspberry Pi	39
รูปที่ 20 การเช็ค IP ของ Raspberry Pi	39
รูปที่ 21 ทำการติดตั้ง MQTT Server บน Raspberry Pi	40
รูปที่ 22 ผลลัพธ์ที่ได้จากการเชื่อมต่อระบบ	40
รูปที่ 23 ทดสอบการใช้งาน MQTT บน Node-RED	41
รูปที่ 24 ตั้งค่าการเข้ารหัสบน MQTT Server	42

รูปที่ 25	ทดสอบการใช้งาน MQTT บน Node-RED	43
รูปที่ 26	ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ	43
รูปที่ 27	ตัวอย่างโครงสร้างฐานข้อมูล Influx	44
รูปที่ 28	การเช็ค IP ของ Raspberry Pi	44
รูปที่ 29	ตัวอย่างการเรียกใช้ฐานข้อมูลที่ทำาการเชื่อมต่อ	45
รูปที่ 30	ทดสอบการใช้งาน Grafana	45
รูปที่ 31	โครงสร้างการทำงานของ Grafana	46
รูปที่ 32	ทดสอบการเพิ่ม Data Source	46
รูปที่ 33	ทดสอบสร้าง Dashboard	46
รูปที่ 34	ทดสอบการสร้าง Dashboard	47
รูปที่ 35	ทดสอบการติดตั้ง	47
รูปที่ 36	ทดสอบการใช้ Line Notify ผ่าน API เพื่อแจ้งเตือนการรดน้ำ	48
รูปที่ 37	การทำ Dashboard และการเชื่อมโยงฐานข้อมูลในรูปแบบ Time-series	48
รูปที่ 38	ผลการควบคุมในรูปแบบ Dashboard	54
รูปที่ 39	พื้นที่แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	54
รูปที่ 40	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะทดลอง	55
รูปที่ 41	การทดลองแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	55
รูปที่ 42	ตัวอย่างพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์แบบเรียลไทม์	62

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มคุณภาพการเพาะปลูก	50
ตารางที่ 2 ผลทดสอบการเปรียบเทียบอัลกอริทึมของการวิเคราะห์ข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิ	51
ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละช่วงอายุ	53
ตารางที่ 4 การใช้น้ำของพืชอ้างอิงของพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์	53
ตารางที่ 5 ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน	56
ตารางที่ 6 ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน	57
ตารางที่ 7 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชน	57

บทนำ

ผู้วิจัยได้สำรวจปัญหาพื้นที่การปลูกพืชเศรษฐกิจ และได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่เกษตรกรโดยได้นำแนวคิดเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ในยุคเกษตรกร 4.0 มาช่วยในการพัฒนาแบบจำลองการทำเกษตรกรรมในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่บางพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์มีการปลูกพืชที่เป็นเศรษฐกิจหลัก เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าว มะขามหวาน เป็นต้น

2014

2020

มูลค่าการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูป (ล้านบาท)

กรณีปกติ	กรณีเกษตรกรอยู่ไม่
2,772,567	2,772,567

มูลค่าการผลิตสินค้าเกษตรแปรรูป
เพิ่มขึ้น 10% ในปี 2020

การเปลี่ยนแปลงมูลค่าการผลิต (ล้านบาท)

730,525	1,120,501
---------	-----------

อัตราการขยายตัว (%)

+26.3	+40.4
-------	-------

ที่มา : ศูนย์ศึกษาการค้าระหว่างประเทศ
มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

The diagram consists of three rounded rectangular boxes arranged horizontally, connected by double-headed arrows. The first box is blue and titled 'สภาพแวดล้อม' (Environment), listing 'สภาพอากาศ/น้ำ/ดิน' (Weather/Water/Soil), 'ภัยธรรมชาติ' (Natural Disasters), and 'โรคระบาดและแมลงศัตรูพืช' (Epidemics and Pests), with an icon of a thermometer and a globe. The second box is green and titled 'แรงงาน' (Labor), listing 'ภาวะผู้สูงอายุของเกษตรกร' (Aging of Farmers) and 'แรงงานข้ามชาติ' (Migrant Labor), with an icon of a farmer. The third box is orange and titled 'ความต้องการของผู้บริโภค' (Consumer Demand), listing 'สินค้าออร์แกนิก' (Organic Products), 'ผักไฮโดรโปนิคส์' (Hydroponic Vegetables), and 'การตรวจสอบย้อนกลับ' (Traceability), with an icon of wheat.

สภาพแวดล้อม

- สภาพอากาศ/น้ำ/ดิน
- ภัยธรรมชาติ
- โรคระบาดและแมลงศัตรูพืช

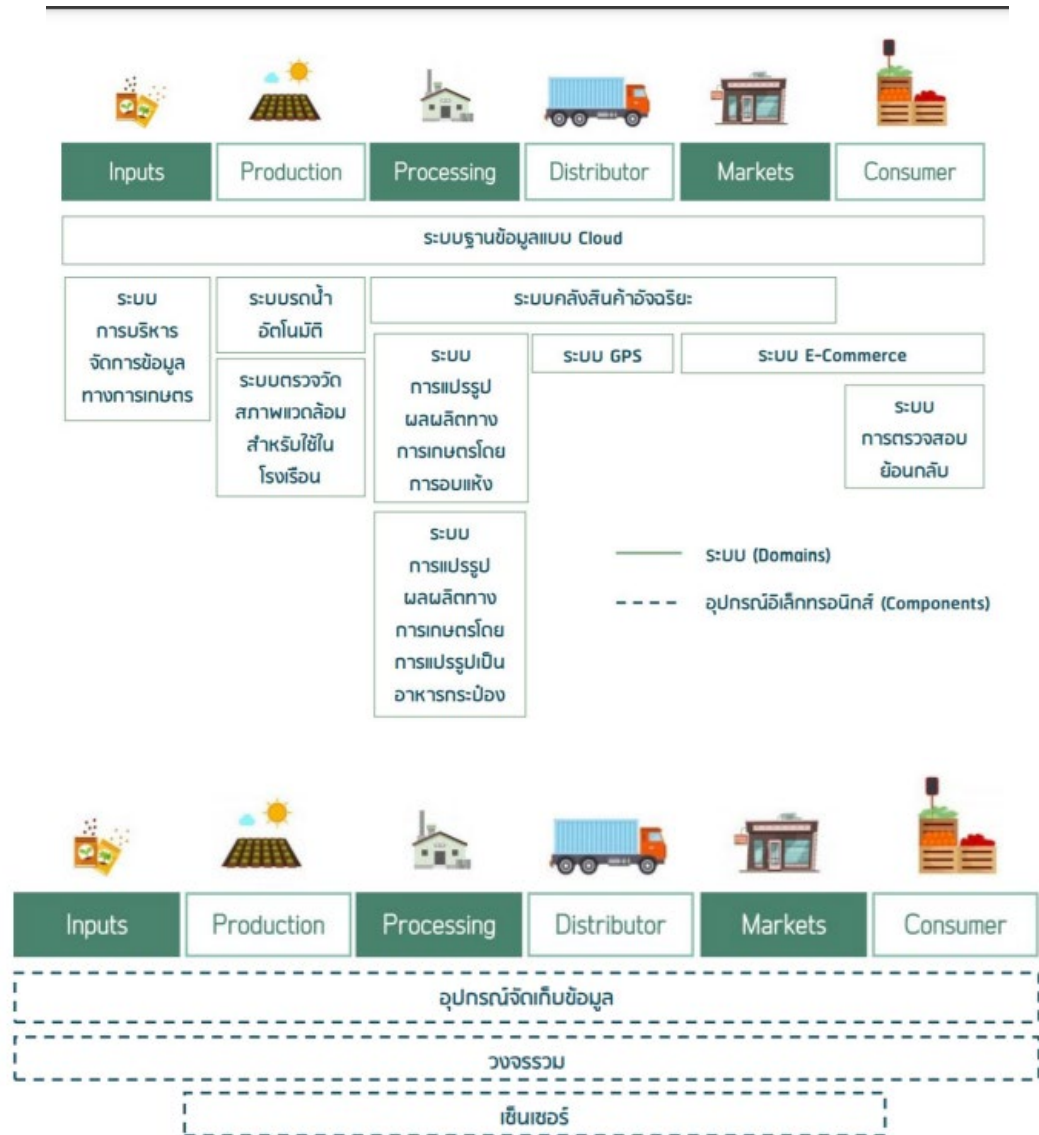
แรงงาน

- ภาวะผู้สูงอายุของเกษตรกร
- แรงงานข้ามชาติ

ความต้องการของผู้บริโภค

- สินค้าออร์แกนิก
- ผักไฮโดรโปนิคส์
- การตรวจสอบย้อนกลับ

รูปที่ 1 เกษตรยุคใหม่สู่เกษตรอัจฉริยะ
ที่มา (คอร์เปอเรชั่น, 2020)



รูปที่ 2 การนำเทคโนโลยีร่วมกับการเกษตร

การใช้เทคโนโลยีร่วมกับการเกษตร ด้านเกษตรดิจิทัล ใช้ประโยชน์จากการเก็บข้อมูลด้านการเกษตรต่าง ๆ เข้าใจถึงปัญหาและความต้องการที่แตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ และจำนวนเกษตรกรปัจจุบันกลับลดน้อยลงเข้าไปทุกที การนำเทคโนโลยีมาใช้ด้านเกษตรทำให้เกษตรกรประหยัดเวลา ประหยัดแรงงาน แต่ยังสามารถสร้างผลผลิตได้เท่าเดิม (หรือมากขึ้นกว่าเดิม) อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตควบคุมปัจจัยการเติบโตของพืช ทำให้เกษตรกรไม่ต้องกังวลเรื่องความเสียหายของผลิตผล รวมทั้งมีแพลตฟอร์มการขายผลผลิตการเกษตรออนไลน์ ช่วยให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงผู้บริโภคโดยไม่ต้องผ่านพ่อค้าคนกลาง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อใช้ข้อมูลขนาดใหญ่เป็นตัวอย่างต้นแบบอัลกอริทึม

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์ ในการปลูกพืชเศรษฐกิจอย่างน้อย 1 ชนิดของจังหวัดเพชรบูรณ์

2.3 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT ของเกษตรกร จังหวัดเพชรบูรณ์

2.4 เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชนในการยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 สมมติฐานที่ 1 ออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์

1.3.2 สมมติฐานที่ 2 ทดสอบโมเดลการตัดสินใจยอมรับเทคโนโลยี Big Data และ IoT ใน จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ

1.3.1 โมเดลการวัด (Measurement model) เป็นการตรวจสอบเครื่องมือก่อนการ ทดสอบสมมติฐาน โดยการประเมินความตรง (Validity) และความน่าเชื่อถือ (Reliability)

1.3.2 ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบความเหมาะสมของโมเดล ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่า คลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ได้ดังต่อไปนี้

1.4.1 ด้านข้อมูลที่ใช้ในแปลงปลูก

1.4.1.1 ข้อมูลทดลองในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 2 ไร่

1.4.1.2 ข้อมูลจากเซนเซอร์ ข้อมูลที่ได้มีดังต่อไปนี้

1.4.1.2.1 อุณหภูมิ (° C)

1.4.1.2.2 ความชื้น

1.4.1.2.3 ความชื้นในดิน (Soil Moisture)

1.4.1.2.4 ปริมาณน้ำฝน (mm)

1.4.2 ขอบเขตด้านเทคนิคที่ใช้อัลกอริทึม

1.4.2.1 ตัวแบบ Artificial Neural Network

1.4.2.2 ตัวแบบ Decision tree

1.4.2.3 ตัวแบบ Naïve Bayesian

1.4.2.4 ตัวแบบ Deep Learning

1.4.3 ขอบเขตประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง มีทั้งหมด 4 เกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1.4.3.1 ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

1.4.3.2 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE)

1.4.3.3 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE)

1.4.3.4 ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (MAPE)

1.4.4 ขอบเขตเครื่องมือการทำวิจัย

1.4.4.1 โปรแกรม Rapid Miner Studio ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

1.4.4.2 โปรแกรม IBM SPSS Statistics 26 ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง

1.4.4.3 โปรแกรม Microsoft excel ใช้ในการเตรียมข้อมูล

1.4.5 ขอบเขตระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2564 ถึงเดือนกันยายน 2565

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 สมองกลอัจฉริยะ (Embedded) หมายถึง ระบบที่ช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับอุปกรณ์ โดยการฝังชิป (chip) หรือไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) ที่ออกแบบมาเฉพาะเข้าไปในอุปกรณ์เพื่อช่วยในการประมวลผลในการทำงาน (He, Yan, & Xu, 2014)

1.5.2 การเชื่อมโยงสรรพสิ่ง (Internet of Thing : IoT) เป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถสั่งการและควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ (Shaikh, Zeadally, & Exposito, 2017) โดยเฉพาะเซนเซอร์เป็นชุดอุปกรณ์ ระบบ หรือวงจร ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ การเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์ และแสดงผลในลักษณะสัญญาณ เช่น humidity sensors, temperature sensors, immersion sensors, vibration sensors, current leakage sensors, intelligent video sensors, and so on (Ali, Duhi, Nabeel, & Mnati, 2019) ผ่านทาง smart

phone หรือ computer จนกลายมาเป็นระบบอัจฉริยะ เช่น Smart agriculture, Smart device, Smart grid, Smart home, Smart city, Smart transportation เป็นต้น

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 ได้พืชเศรษฐกิจอย่างน้อย 1 ชนิดของจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ใช้การทดลองระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์อุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์ ในการเพาะปลูก

1.6.2 ได้ปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT ของเกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์

1.6.3 ได้เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชนในการยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

บทที่ 2

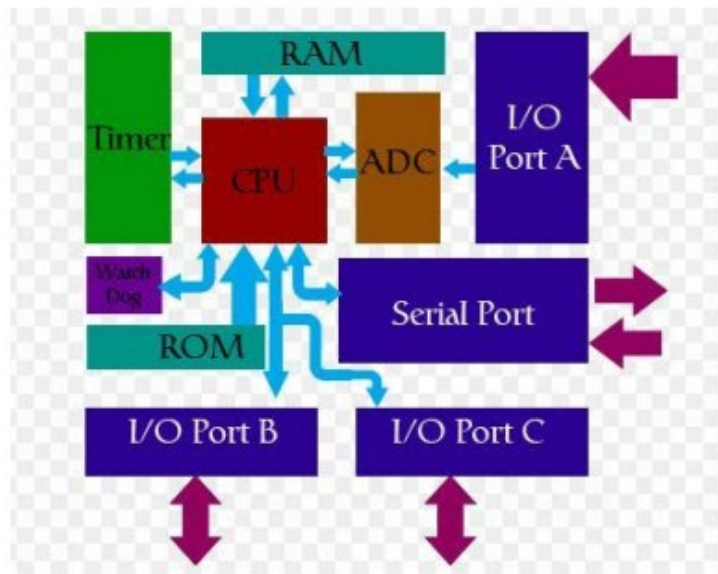
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ได้มีการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

- 2.1 สมองกลอัจฉริยะ (Embedded)
- 2.2 เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Technology)
- 2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT)
- 2.4 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- 2.5 แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM)
- 2.6 อัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สมองกลอัจฉริยะ (Embedded)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (อังกฤษ: Microcontroller มักย่อว่า μC , μC หรือ MCU) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่ คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวม เอาซีพียูหน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน (Ali & Ali, 2019) โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ถ้าแปลความหมายแบบตรงตัวก็คือ ระบบคอนโทรลขนาดเล็กเรียกอีกอย่างหนึ่งคือเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่งเพื่อควบคุมขา Input / Output เพื่อสั่งงานให้ไป ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ได้อีกด้วย ซึ่งก็นับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน Digital และ Analog ยกตัวอย่างเช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตร พนักงาน และอื่นๆ ยิ่งระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบ Network ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วย ดังนั้นการสั่งงานจึงไม่ใช่แค่หน้าแผงวงจร แต่อาจจะเป็นการสั่งงานอยู่คนละ ซีกโลกผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตก็ได้



รูปที่ 3 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา (Chatterjee, Kar, & Gupta, 2018)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลต่างๆ ที่ได้รับความนิยมและมีพัฒนาการมาจนถึงปัจจุบัน (Chen, et al., Internet of Things based Smart Grids Supported by Intelligent Edge Computing, June 2019) มีดังนี้

2.1.1 Z-80 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้กัน เริ่มตั้งแต่ตัวแรกที่เป็นลักษณะของ CPU ไม่ถึงขั้นเรียกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็คือ ตระกูล Z80 เป็นลักษณะของ CPU เล็กๆ ที่ต้องอาศัย IO ต่างๆ เพิ่มเติมเข้ามา มาก จึงทำให้บอร์ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จัดได้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียนรู้ที่ดีของยุคสมัยนั้น ทำให้ได้เรียนรู้ ชุดคำสั่งที่เป็น Op Code

2.1.2 MCS-51 บริษัทที่สร้างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นบริษัทแรกคือบริษัท Intel ตระกูล MCS-51 เป็นตระกูลที่พัฒนาต่อจาก Z80 ทำให้การศึกษาเรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ง่ายขึ้นกว่าเดิม ไม่ว่า จะเป็นการเขียนโปรแกรมในลักษณะของ Assembly Code แล้วโหลดลงบอร์ดเพื่อใช้งาน ตลอดจน สถาปัตยกรรมในการออกแบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้จะช่วยลดอุปกรณ์รอบข้างลงไปได้มาก เหมาะที่จะ นำไปใช้งานจริง

2.1.3 PIC บริษัท Microchip Technology เป็นผู้สร้างและผลิต PIC (He, Yan, & Xu, 2014) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคต่อมาที่ ได้รับความนิยมสูงอีกตระกูลหนึ่ง ตั้งแต่อดีตจนถึง

ปัจจุบัน คำว่า PIC ย่อมาจากคำว่า (Peripheral Interface Controller) ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มีการพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นในทุกด้าน ทำให้ได้รับความนิยมกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคเก่า เพราะในเรื่องของอุปกรณ์ต่อพ่วงที่มีน้อย ประกอบกับมีหน่วยความจำ EEPROM ในตัว จึงทำให้ง่ายต่อการบันทึกและจัดเก็บข้อมูล และ PORT ต่างๆ ได้มีการ latch ในตัว IC อยู่ แล้ว จึงสามารถต่อออกมาใช้งานภายนอกได้โดยตรง มีกระแสและแรงดันที่เพียงพอ และอีกความสามารถหนึ่ง คือสามารถโปรแกรมตัว Boot Loader เข้าไปในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ จึงทำให้ง่ายในการโหลดโปรแกรมเข้าไปจากคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง Serial Port และกดปุ่ม Reset เพียงอย่างเดียว ไม่ต้องการ เครื่องโปรแกรม IC เพิ่มเติม อย่างที่ต้องมีกับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นเก่าอย่าง MCS-51

2.1.4 AVR AVR เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นต่อมาที่มีการพัฒนาต่อมาจาก MCS-51 โดยบริษัท ATMEL อัน เนื่องมาจากว่า MCS-51 ยุคหลังนี้ไม่ค่อยมีคนใช้งานจริง และมีใช้งานแต่เฉพาะในสถาบันการศึกษา เป็น เช่นนี้ก็เพราะว่าการออกแบบวงจรที่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้องอาศัยการต่ออุปกรณ์ร่วมเยอะนั่นเอง ดังนั้น AVR จึงเข้ามาเป็นที่นิยมในการทำงานด้านนี้ โดยคุณสมบัติหลักที่น่าสนใจก็คือ สามารถ Interface ผ่าน USB ได้โดยตรง ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ยุคเก่าทำได้โดยต่อผ่านพอร์ต RS-232 แต่เนื่องด้วย คอมพิวเตอร์ยุคใหม่ พอร์ต RS-232 เริ่มหายาก ดังนั้น AVR จึงได้รับความนิยม

2.1.5 Arduino Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจาก Controller ตระกูล ARM ของ ATMEL ข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดคือเรื่องของ Open Source ที่สามารถนำไป พัฒนาต่อเป็นอุปกรณ์ต่างๆได้และความสามารถในการเพิ่ม Boot Loader เข้าไปที่ตัว ARM จึงทำให้การ Upload Code เข้าตัวบอร์ดสามารถทำได้ง่ายขึ้น และยังมี การพัฒนา Software ที่ใช้ในการควบคุมตัวบอร์ด ของ Arduino มีลักษณะเป็นภาษา C++ ที่โปรแกรมเมอร์มีความคุ้นเคยในการใช้งาน ตัวบอร์ดสามารถนำ โมดูลมาต่อเพิ่ม ซึ่งทาง Arduino เรียกว่าเป็น shield เพื่อเพิ่มความสามารถเพิ่มขึ้น (Chen, et al., Internet of Things based Smart Grids Supported by Intelligent Edge Computing, June 2019)

2.1.6 Raspberry Pi

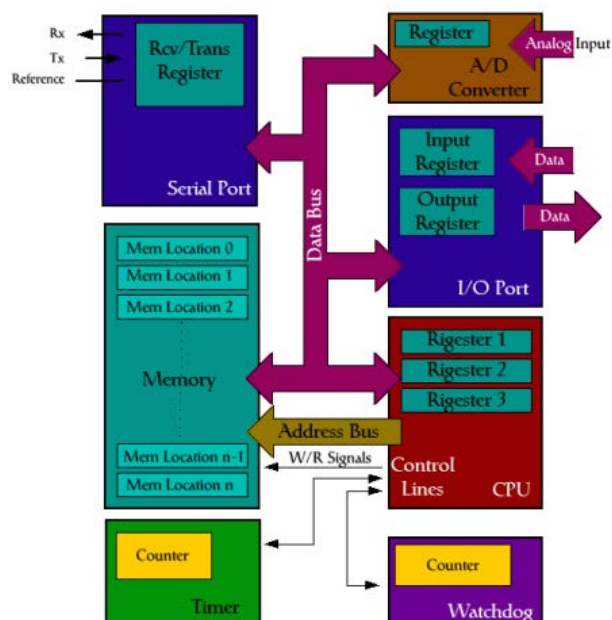
Raspberry Pi เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ Board ยุคนี้เหมือนกัน ใช้ Controller ตระกูล ARM เช่นกัน ที่น่าสนใจสำหรับบอร์ด Raspberry Pi ก็คือการจำลองตัวมันเองให้เป็นระบบ

คอมพิวเตอร์เครื่อง เล็กๆเครื่องหนึ่ง ที่สามารถรันระบบ Linux ได้ในตัว นั่นก็หมายถึงการตั้งระบบต่างๆเพื่อมาใช้งานใน board ทำให้มีความสะดวกมากเพราะมี OS Linux ทำงานให้แทนอยู่แล้ว อย่างเช่นการติดต่อกับระบบ Network การติดต่อกับระบบจอภาพ การติดต่อระบบเสียง ตลอดจนการติดต่อกับระบบการเก็บข้อมูลผ่าน SD Card ซึ่งสามารถทำได้ครบและครอบคลุม ด้วยระบบปฏิบัติการ Linux ที่รันอยู่บนตัวบอร์ด Raspberry Pi (Chatterjee, Kar, & Gupta, 2018)

ทั้งหมดนี้ก็คือวิวัฒนาการของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จากอดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้รับความนิยม แต่ยังมีอีกหลายรุ่นที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งานและมิได้กล่าวถึงในที่นี้ มีเฉพาะที่นิยมและรู้จักกันเป็นวงกว้างในปัจจุบันมานำเสนอ

	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Z-80 (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ตัวอย่างการใช้งาน Z-80 บนบอร์ดทดลองจริง (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ตัวอย่างการต่อใช้งาน MCS-51 บนบอร์ดทดลอง (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)

	ตัวอย่างการต่อใช้งาน MCS-51 บนบอร์ดทดลอง (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ตัวอย่างการต่อใช้งาน AVR (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)
	ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino (ที่มา www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html)



รูปที่ 4 หน้าี่ส่วนต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์
(ที่มา www.Rendhy8.blogspot.com/2013/12/tugas-mikroprosesor.html)

2.2 หน้าที่ส่วนต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ (Shaikh, Zeadally, & Exposito, 2017) ดังต่อไปนี้

2.2.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)

2.2.2 หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือหน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บ โปรแกรมหลัก (Program Memory) เช่น Flash Memory ลักษณะการทำงานของหน่วยความจำนี้ เป็น หน่วยความจำที่อ่าน-เขียนได้ด้วยไฟฟ้า เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือ หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็น เหมือนกับกระดานทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ในการทำงานข้อมูลจะหายไปคล้ายกับหน่วยความจำ (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่สำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ หน่วยความจำข้อมูลมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มี ไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Memory) ซึ่งสามารถเก็บ ข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยงก็ตาม ในอดีตเป็นหน่วยความจำโปรแกรมแบบ EPROM หน่วยความจำที่ลบด้วยแสง

2.2.3 ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือ ว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก พอร์ตอินพุตรับสัญญาณเพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปแสดงผลที่พอร์ตเอาต์พุต เช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น (Shannon, 1948)

2.2.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณจำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย แบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.2.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับกำหนัดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะ การทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตาม ไปด้วย การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ภาษาซี ถือว่าเป็นภาษาระดับกลาง (Charu, 2018)

2.3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Arduino เป็นภาษาอิตาลีโดยเป็นชื่อโครงการพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ในรูปแบบ Open Source คือวิธีการในการออกแบบพัฒนา และแจกจ่ายสำหรับต้นฉบับของสินค้าหรือความรู้ โดยเฉพาะซอฟต์แวร์ โดยโอเพนซอร์ซถูกพิจารณาว่าเป็นทั้งรูปแบบหนึ่งในการออกแบบ และแผนการในการ ต าเนินการ โอเพนซอร์ซเปิดโอกาสให้บุคคลอื่นนำเอาระบบนั้นไปพัฒนาได้ต่อไป การพัฒนามาจากโครงการ Open Source เดิมของ AVR ที่ชื่อ Wiring โดยโครงการ Wiring ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR เบอร์ ATmega128 ซึ่งมีข้อจำกัดหลายด้าน เช่นเป็นชิปที่มีตัวถังแบบ SMD ทำให้นำมาใช้งานยากเพราะตัวไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดเล็กเกินไป ทำให้ไม่สะดวกในการต่อใช้งานจริง มีขาอินพุตและเอาต์พุตจำนวนมากเกินไป ตัวบอร์ดมีขนาดใหญ่เกินไป ไม่เหมาะสมสำหรับผู้เริ่มต้นเรียนรู้ด้านไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้วย เหตุผลข้างต้นจึงทำให้ไม่ได้รับความนิยม ระยะต่อมาทีมงาน Arduino จึงได้นำโครงการ Wiring มาพัฒนา ใหม่โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็ก คือ ATmega8 และ ATmega168 ทำให้ได้รับความนิยม จนถึงปัจจุบันนี้ตัวอย่างรายละเอียดรุ่นต่างๆมีดังนี้

2.3.1 Arduino Uno R3 คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ผลิตออกมา มีขนาด ประมาณ 68.6x53.4 mm. เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับ การเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมา เฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซี เป็นแบบ SMD เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง และส่วนใหญ่โปรเจค และ Library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสียผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย Arduino Uno R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP

ข้อมูลจำเพาะ (Chatterjee, Kar, & Gupta, 2018)

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328

ใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V

รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ) 7 – 12 V

รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด) 6 – 20 V

พอร์ต Digital I/O 14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)

พอร์ต Analog Input 6 พอร์ต

กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต 40 mA

กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V 50 mA

พื้นที่โปรแกรมภายใน 32 KB พื้นที่โปรแกรม , 500B ใช้โดย Boot Loader

พื้นที่แรม 2 KB พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM) 1 KB

ความถี่คริสตัล 16 MHz ขนาด 68.6 x 53.4 mm น้ำหนัก 25 กรัม

2.2 เทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Technology)

ข้อมูลขนาดใหญ่เป็นคำที่อธิบายถึงการจัดเก็บและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ และ / หรือ ชุดข้อมูลที่ซับซ้อนจำเป็นต้องใช้ชุดของเทคนิคมาช่วยในการจัดการ ดังนั้น ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง ประเด็นหลักที่เกี่ยวข้อง 5 ประเด็น ได้แก่ คุณลักษณะของข้อมูลขนาดใหญ่ แนวคิดการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ แนวคิดการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ เทคโนโลยีจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Andi , Sri , & M, 2021)

2.2.1 คุณลักษณะของข้อมูลขนาดใหญ่

ข้อมูลขนาดใหญ่ คือ ชุดของข้อมูลที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปริมาณข้อมูลมีขนาดใหญ่ และมีรูปแบบที่หลากหลาย ทั้งข้อมูลที่มีโครงสร้าง ไม่มีโครงสร้างและกึ่งโครงสร้าง นักวิทยาศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านข้อมูลส่วนใหญ่นิยามคุณลักษณะของข้อมูลขนาดใหญ่ 5 ประการ หรือ 5Vs ดังนี้ (Arif, Nazri, Uddin, Baseer, & Ansam , 2019)

ก. ปริมาณ (Volume) ขนาดของข้อมูลดิจิทัลจำนวนมากและมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง แหล่งข้อมูลที่สร้างปริมาณข้อมูลขนาดใหญ่เหล่านี้ ได้แก่ ธุรกิจออนไลน์ เช่น จุดขาย (point-of-sale) และการธนาคาร เซนเซอร์ เช่น GPS sensors, RFIDs, smart meters และ telematics สื่อสังคมออนไลน์ เช่น Facebook และ Twitter เป็นต้น ขนาดของข้อมูลขนาดใหญ่ถูกรายงานในหน่วยของเทราไบต์ (terabytes) และเพตาไบต์ (petabytes) (1 เทราไบต์ เทียบเท่ากับ แผ่นซีดี 1,500 แผ่น หรือแผ่นดีวีดี 220 แผ่น หรือสามารถเก็บรูปถ่ายของ Facebook ได้ประมาณ 16 ล้านภาพ) (Oludare, et al., 2018) ปริมาณข้อมูลที่สูงจำเป็นต้องมีการจัดเก็บและการประมวลผลที่แตกต่างไปจากวิธีการแบบเดิม รวมทั้งกระบวนการจัดเตรียมข้อมูล และกระบวนการบริหารจัดการข้อมูลด้วย (Chen, et al., June 2019)

ข. ความเร็ว (Velocity) ในสภาพแวดล้อมข้อมูลขนาดใหญ่ ข้อมูลถูกสร้างขึ้นด้วยความเร็วที่รวดเร็วและข้อมูลขนาดใหญ่สามารถรวบรวมได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้น จึงควรได้รับการประมวลผลอย่างรวดเร็วเพื่อดึงข้อมูลเชิงลึกและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ในการรับมือกับการ

ไหลเข้าของข้อมูลที่รวดเร็วขึ้นนั้นต้องการการออกแบบโซลูชันการประมวลผลข้อมูลที่ยืดหยุ่นสูงและพร้อมใช้งาน และความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลที่สอดคล้องกัน (Gartner, n.d.)

ค. ความหลากหลาย (Variety) หมายถึง รูปแบบและประเภทที่หลากหลายของข้อมูลที่เป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากวิธีการข้อมูลขนาดใหญ่ ความหลากหลายของข้อมูล เช่น ข้อมูลที่มีโครงสร้างในรูปแบบของการเงิน การทำธุรกรรม ข้อมูลกึ่งโครงสร้างในรูปแบบของอีเมลล์ และข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างในรูปแบบของภาพ วิดีโอ ความหลากหลายของข้อมูลนำมาซึ่งความท้าทายสำหรับองค์กรในแง่ของการรวบรวม การเปลี่ยนแปลง การประมวลผลและการจัดเก็บ

ง. ความจริง (Veracity) หมายถึง คุณภาพหรือความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลที่เข้าสู่สถานะของข้อมูลขนาดใหญ่จะต้องได้รับการประเมินคุณภาพในกระบวนการก่อนการประมวลผล ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องจะได้รับการแก้ไขและกำจัดข้อมูลรบกวนออก (He, Yan, & Xu, 2014)

จ. มูลค่า (Value) หมายถึง ประโยชน์ของข้อมูลที่มีต่อองค์กร มูลค่ามีความสัมพันธ์กับความจริง ยิ่งข้อมูลมีความเที่ยงตรงสูงเท่าไรยิ่งมีมูลค่าต่อธุรกิจมากขึ้น นอกจากนี้มูลค่ายังขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากผลการวิเคราะห์มีอายุการเก็บรักษา (shelf-life)

2.2.2 แนวคิดการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ (Storage Big Data)

กลยุทธ์และเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าและมีวิธีการจัดเก็บข้อมูลที่สามารถขยายขนาดได้มาก กลยุทธ์พื้นฐานที่อยู่เบื้องหลังเทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ เช่น คลัสเตอร์ (Clusters), ระบบกระจายไฟล์ (File systems and distributed files systems), NoSQL, sharding, replication, CAP theorem, ACID, BASE เป็นต้น

ก. คลัสเตอร์ คือ กลุ่มของเซิร์ฟเวอร์หรือโหนด ซึ่งแต่ละโหนดในคลัสเตอร์มีคุณสมบัติด้านฮาร์ดแวร์ที่เหมือนกัน มีทรัพยากรเฉพาะของตัวเอง เช่น หน่วยความจำ หน่วยประมวลผล และฮาร์ดไดรฟ์ เชื่อมต่อกันผ่านเครือข่ายเพื่อทำงานเป็นหน่วยเดียวกัน การทำงานของคลัสเตอร์สามารถรันงานโดยแบ่งงานออกเป็นงานเล็ก ๆ และกระจายไปยังโหนดต่าง ๆ ภายในคลัสเตอร์เดียวกัน

ข. ระบบการกระจายไฟล์ คือ วิธีการจัดเก็บและจัดการกับข้อมูลที่เก็บอยู่บนอุปกรณ์ เช่น แฟลชไดรฟ์ ดีวีดี และฮาร์ดไดรฟ์ ระบบการกระจายไฟล์เป็นระบบไฟล์ที่สามารถเก็บไฟล์ขนาดใหญ่กระจายไปทั่วโหนดของคลัสเตอร์ ในมุมมองของผู้ใช้ไฟล์ดูเหมือนจะอยู่ในเครื่อง แต่ตามลักษณะกายภาพไฟล์ถูกกระจายไปทั่วทั้งคลัสเตอร์ และอนุญาตให้ผู้ใช้เข้าถึงไฟล์ได้จากหลาย ๆ ที่ เช่น Google File System (GFS) และ Hadoop Distributed File System (HDFS)

ค. NoSQL (Not-only SQL) ไม่ใช่แค่ฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์แต่ NoSQL สามารถปรับขนาดได้สูง ทนทานต่อการเสียหาย และถูกออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อเก็บข้อมูลทั้งโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง ฐานข้อมูล NoSQL มักจะมีอินเทอร์เฟซการค้นหาที่ยึดตาม API สามารถเรียกใช้ได้จากภายในแอปพลิเคชัน นอกจากนี้ NoSQL ยังรองรับการค้นหาภาษาอื่นด้วย เช่น ภาษา XQuery สำหรับไฟล์ XML (V, Kathan , & D, 2019)

2.2.3 แนวคิดการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ (Processing Big Data) (Nikhil, 2017) ในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่จะแตกต่างไปจากการประมวลผลข้อมูลแบบรวมศูนย์ (centralized processing) ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) แบบดั้งเดิม ข้อมูลขนาดใหญ่มักถูกประมวลผลแบบขนาน (parallel data processing) ในแบบกระจาย (Distributed Data Processing) ที่ตำแหน่งที่ข้อมูลถูกจัดเก็บ นอกจากนี้ข้อมูลขนาดใหญ่มักยังมีคุณสมบัติด้านความเร็ว ทำให้แนวคิดในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่มียุทธศาสตร์ด้วยกัน เช่น parallel data processing, distributed data processing, Hadoop, processing workloads และ cluster (Hebron, 2016)

ก. การประมวลผลแบบขนาน เป็นการทำงานของงานย่อยหลาย ๆ งาน พร้อมกันที่ประกอบกันเป็นงานที่ใหญ่กว่า โดยมีเป้าหมายเพื่อลดเวลาดำเนินการโดยแบ่งงานที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นงานเล็ก ๆ หลายงานและทำงานพร้อมกันภายในเครื่องเดียวกัน

ข. การประมวลผลแบบกระจาย มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมากกับการประมวลผลข้อมูลแบบขนาน ใช้หลักการเดียวกัน คือ "การแบ่งแยกและการเอาชนะ" (divide-and-conquer) การประมวลผลแบบกระจายงานจะถูกแบ่งออกเป็นงานย่อย ๆ กระจายไปยังเครื่องต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อเครือข่ายเข้าด้วยกันเป็นคลัสเตอร์

ค. ฮาดูป (Hadoop) เป็นซอฟต์แวร์เปิด (open-source) ที่มีความสามารถหลากหลายทั้งการจัดเก็บและประมวลผล ฮาดูปสามารถใช้ทำ ETL (Extract-Transform-Load) หรือเป็นเครื่องมือวิเคราะห์สำหรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ทั้งแบบมีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง ในกระบวนการวิเคราะห์ ฮาดูปใช้การประมวลผลที่เรียกว่า MapReduce (Bayram & Norliza , 2021)

ง. การประมวลผลภาระงาน (Processing Workloads) ในข้อมูลขนาดใหญ่ การประมวลผลถูกกำหนดเป็นจำนวนและลักษณะข้อมูลที่ประมวลผลภายในระยะเวลาหนึ่ง ภาระงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เชิงกลุ่ม (batch) และรายการ (transactional)

การประมวลผลแบบเชิงกลุ่มหรือที่เรียกว่าการประมวลผลแบบออฟไลน์ เป็นวิธีการประมวลผลที่เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นชุด หรือตามช่วงเวลาแล้วจึงทำการประมวลผลพร้อมกัน ซึ่งมักจะทำให้เกิดความล่าช้าและส่งผลกระทบต่อสนองล่าช้าสูง (high-latency) (J, S, & M, 2018)

การประมวลผลรายการหรือที่เรียกว่าการประมวลผลแบบออนไลน์ การประมวลผลแบบนี้ ข้อมูลจะถูกประมวลผลแบบโต้ตอบทันทีโดยไม่ล่าช้า ส่งผลให้การตอบสนองของหน่วงต่ำ (low-latency) ลักษณะภาระงานจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลปริมาณเล็กน้อยด้วยการอ่านหรือเขียนแบบสุ่ม

จ. คลัสเตอร์ (Clusters) เป็นกลไกที่สนับสนุนการปรับขนาดพื้นที่จัดเก็บในแนวนอน (Horizontal scalable) ดังนั้น ทำให้คลัสเตอร์มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ที่ชุดข้อมูลขนาดใหญ่สามารถแบ่งออกเป็นชุดข้อมูลขนาดเล็กได้ แล้วประมวลผลแบบขนานในลักษณะกระจาย ซึ่งการใช้คลัสเตอร์ในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ นั้นสามารถประมวลผลได้ทั้งในแบบเชิงกลุ่ม (Batch) หรือแบบเรียลไทม์ (Kriangsak., 2020)

2.2.4 เทคโนโลยีจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Storage Technology)

อุปกรณ์สำหรับจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่มี 2 แบบ ได้แก่ 1) อุปกรณ์เก็บข้อมูลบนดิสก์ (On-Disk Storage Devices) ได้แก่ Distributed File system, RDBMS Database, NoSQL Database, NewSQL Database และ 2) อุปกรณ์เก็บในหน่วยความจำ (In-Memory) ได้แก่ In-Memory Data Grids และ In-Memory Database (K, 2019)

2.2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics Techniques)

เทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบดั้งเดิมกับวิธีการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ โดยวิธีการทางสถิติใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงสำรวจ หลังจากนั้นวิธีการคำนวณทางคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ดึงข้อมูลเชิงลึกมาใช้ประโยชน์ เทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่มีหลายเทคนิค เช่น การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ เหมืองข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่อง การวิเคราะห์เชิงความหมาย เป็นต้น

2.3 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT)

ssanetwork (ม.ป.ป.) ได้อธิบายความหมายของ Internet of Things หรือ “อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง” หมายถึง การที่สิ่งต่างๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งทุกอย่างเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิด อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า รถยนต์ โทรศัพท์มือถือ เครื่องมือสื่อสาร เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือทางการแพทย์ เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ในชีวิตประจำวันต่างๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นต้น (Shaikh, Zeadally, & Exposito, 2017) หากวันนั้นมาถึงอย่างเต็มรูปแบบ จะเป็นทั้งประโยชน์อย่างมหาศาล และความเสี่ยงไปพร้อมๆ กัน เพราะหากระบบรักษาความปลอดภัยของอุปกรณ์และเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ดีพอ จะทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามากระทำการที่

ไม่เพียงประสงค์ต่ออุปกรณ์ข้อมูลสารสนเทศหรือความเป็นส่วนตัวของบุคคลได้ ดังนั้น การพัฒนาไปสู่ Internet of Things จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนามาตรการและเทคนิคในการรักษาความปลอดภัย ไอทีที่ควบคู่กันไปด้วย

Kriangsak (2558) ได้อธิบายความหมายของ Internet of Things (IoT) เป็นคำที่ทุกคนในปัจจุบันนี้เคยได้ยินมาบ้าง หากจะแปลกันแบบง่ายๆคือ เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมโยงสิ่งของต่างๆ เข้าด้วยกัน จากคำว่า things ที่เติม s หมายถึงสิ่งของสารพัดสิ่งอย่าง เพราะมันคือการที่สิ่งของเครื่องใช้ทั้งในชีวิตประจำวัน อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ในที่ทำงาน ในโรงงานอุตสาหกรรม ล้วนเชื่อมโยงเข้าหากันได้ผ่านโครงข่ายอินเทอร์เน็ต

Strategic-man (2557) ได้อธิบายความหมายของ Internet of Things (IoT) คือ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมอุปกรณ์และ เครื่องมือต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ รถยนต์ ตู้เย็น โทรทัศน์ และอื่นๆ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือต่างๆ จะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันได้โดยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต ในอนาคต ผู้บริโภคทั่วไปจะเริ่มคุ้นเคยกับเทคโนโลยีที่ทำให้พวกเขา สามารถควบคุมสิ่งของต่างๆ ทั้งจากในบ้าน และสำนักงานหรือจากที่ไหนก็ได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน การเปิดปิดไฟ ไปจนถึงการสั่งให้เครื่องทำกาแฟ เริ่มต้มกาแฟ แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีเทคโนโลยีอื่นๆ ที่จำเป็นจะต้องถูกพัฒนา ก่อนที่ IoT เช่น ระบบตรวจจับต่างๆ (Sensors) รูปแบบการ เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และระบบที่ฝังตัวอยู่ในคอมพิวเตอร์ และจะมีการทำวิจัยและ พัฒนาเพื่อทำให้ สามารถนำมาใช้ได้จริงมากขึ้น

มาร์ค Blognone (2557) ได้อธิบายความหมายของ Internet of Things (หรือบางที่เรียก Internet of Everything) หากแปลตรงตัวแปลว่า “อินเทอร์เน็ตสำหรับสิ่งของ” (บางแห่งเรียก M2M ย่อมาจาก machine to machine) เป็นแนวคิดที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์อัจฉริยะเหล่านี้ให้คุยกันตัวเอง โดยไม่ต้องผ่านคน โดยมีเป้าหมายคือช่วยกันทำงานเพื่อให้คนสะดวกสบายขึ้น โดยที่คนไม่ต้องเข้าไปยุ่งหรือสั่งการเลย (Verma, Thampi, & Madhuri , 2020)

อีเอ็มซี คอร์เปอเรชั่น (2557) ได้อธิบายความหมายของ Internet of Things ประกอบด้วย อุปกรณ์ในชีวิตประจำวันหลายพันล้านชิ้นที่มีเครื่องวัดและเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ สร้างรายงานและรับข้อมูล เช่น เซ็นเซอร์ในรองเท้าที่เก็บข้อมูลความเร็วในการวิ่งหรือเชื่อมโยงรูปแบบการจราจร IDC ระบุว่าจำนวนอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตมีถึง 2 แสนล้านในปัจจุบัน โดยที่ 7% (หรือ 14,000 ล้าน) (V, Kathan , & D, 2019) มีการเชื่อมต่อและสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต ข้อมูลจากอุปกรณ์เหล่านี้นับเป็นจำนวน 2% ของข้อมูลในโลกปัจจุบัน นอกจากนี้ IDC ยังคาดการณ์ว่าภายในปี

2020 ปริมาณอุปกรณ์เชื่อมต่อเหล่านี้จะเพิ่มเป็น 3 หมื่นล้านเครื่องซึ่งนับเป็น 10% ของข้อมูลในโลก (Arif, Nazri, Uddin, Baseer, & Ansam , 2019)



รูปที่ 5 Connect the World

ที่มา <http://www.techquark.com/2014/10/what-is-internet-of-things-iot.html>

ผลการจากวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปความหมายของ Internet of Things ได้ว่าการที่สิ่งต่างๆ เชื่อมโยงกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ (Tangwannawit & Tangwannawit, 2022) เข้าไว้ด้วยกัน โดยเครื่องมือเหล่านี้จะสามารถเชื่อมโยงและสื่อสารกันผ่านโครงข่ายระบบอินเทอร์เน็ต สามารถเชื่อมต่อการทำงานได้เอง โดยใช้เทคโนโลยีควบคุมสิ่งของต่างๆ (Tanwannawit & Saengkrajang, 2019) จากที่ไหนก็ได้ ซึ่งถือได้ว่าในยุคปัจจุบันนี้เข้าสู่ยุคอัจฉริยะในการสั่งการให้อุปกรณ์ต่างๆ มีหน้าที่ฟังคำสั่งมนุษย์นั่นเอง (Tangwannawit, 2018) (Tangwannawit & Saengkrajang, 2021) (Tsehay , R, & N, 2021)

2.4 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Office of Agricultural Economics, 2020) เข้ามาในประเทศไทยตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 โดยหม่อมเจ้าสิทธิพร กฤดากร ได้นำข้าวโพดพันธุ์ที่ใช้เลี้ยงสัตว์มาปลูกและทดลองใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งในขณะนั้นเป็นยังไม่ค่อยเป็นที่รู้จัก กระทั่ง หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 การใช้ข้าวโพดเริ่มแพร่หลายขึ้นเนื่องจากหลวงสุวรรณวาจกกสิกิจได้นำการเลี้ยงไก่ แบบการค้ามาเริ่มสาธิต และกระตุ้นให้ประชาชนปฏิบัติตามผู้เลี้ยงไก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงเป็นที่รู้จักมากขึ้น แต่ เนื่องจากข้าวโพดในขณะนั้นมีราคาสูงและหายาก การใช้ข้าวโพดจึงใช้เป็นเพียงส่วนประกอบของอาหารหลัก ซึ่งมีรำและปลายข้าวเป็นส่วนใหญ่ แต่ในปัจจุบันผู้เลี้ยงสัตว์รู้จักข้าวโพดกันทั่วไป และในปัจจุบันประเทศไทย ได้ปลูกข้าวโพดในปีหนึ่งๆ เป็น จำนวนมาก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ส่วนใหญ่จะนำมาใช้เป็น วัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ที่มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตามภาวะการเติบโตของภาคปศุสัตว์ โดยเฉพาะไก่เนื้อและสุกรซึ่งมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนประกอบในการผลิตอาหารสัตว์ถึง 4.3 ล้านตันต่อปี ผลผลิตอีกส่วนหนึ่งจะนำไปใช้ในด้านอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดป่น น้ำมันพืช และเครื่องสำอาง เป็นต้น โดยมีปริมาณความต้องการใช้จำนวน 7.41 ล้านตัน ขณะที่ประมาณการ ผลผลิตในประเทศมีเพียง 4.62 ล้านตัน จึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ รวมทั้งนำเข้าวัตถุดิบอื่นทดแทน เช่น ข้าวสาลี และกากข้าวโพดที่เหลือจากการผลิตเอทานอล (DDGS – Dried Distillers Grains with Solubles) เป็นต้น (Villiers, 2020)

จากข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 10,280,688 ไร่ โดยภาคที่มีเนื้อที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุดคือภาคเหนือ เนื้อที่ 8,344,122 ไร่ รองลงมาคือภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ เนื้อที่ 1,388,350 ไร่ และภาคกลาง เนื้อที่ 546,093 ไร่ ตามลำดับ (รูปที่ 2) และข้อมูล การปลูกรายจังหวัดในปี พ.ศ. 2558/2559 พบว่าปริมาณการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือที่มีเนื้อที่ เพาะปลูกมากที่สุดคือจังหวัดน่าน 767,669 ไร่ ภาคกลางที่จังหวัดเพชรบูรณ์ 514,426 ไร่ ภาค ตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดเลย 461,921 ไร่ ภาคตะวันออกที่จังหวัดสระแก้ว 50,260 ไร่ ภาคตะวันตกที่ จังหวัดกาญจนบุรี 34,584 ไร่ และภาคใต้ที่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 393 ไร่ โดยจังหวัดที่มีเนื้อที่เพาะปลูก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่า 300,000 ไร่ ได้แก่ จังหวัดน่าน จังหวัดตาก จังหวัดเลย จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครราชสีมา (Meteorological Department, 2019)

ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีเพาะปลูก 2559/64 มีผลผลิตทั้งสิ้น 4,058,186 ตัน เพิ่มขึ้นจากปีเพาะปลูก 2558/2563 จำนวน 30,128 ตัน เนื่องจากมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ทั้งข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ รุ่น 1 และรุ่น 2 ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่ทั้ง 2 รุ่นเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าภาพรวมเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยง สัตว์ลดลงจากเมื่อต้นปีพ.ศ. 2560 ฝนมาล่าช้าทำให้เกษตรกรเลื่อนการปลูก และบางพื้นที่ปรับเปลี่ยนไปปลูก มันสำปะหลังโรงงานและอ้อยโรงงานแทน

การตลาด

1) ความต้องการใช้ในประเทศ ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย ปีพ.ศ. 2559 มี 5.85 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 5.72 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2558 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.27 เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ยังคงขยายตัว เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2560 คาดว่าความต้องการใช้มีปริมาณ 8.10 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจาก 7.82 ล้านตัน ในปี พ.ศ. 2559 หรือคิดเป็นร้อยละ 3.58 ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ ทำให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบ อาหารสัตว์เพิ่มขึ้น

2) การนำเข้า การนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย ปี พ.ศ. 2564 มีปริมาณ 124.46 แสนตัน มูลค่า 678.19 ล้านบาท ลดลงจาก 166.61 แสนตัน มูลค่า 873.99 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2563 เนื่องจากมีการใช้วัตถุดิบชนิดอื่นทดแทนในการผลิตอาหารสัตว์ ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง สำหรับปี พ.ศ. 2560 คาดว่า การนำเข้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 สำหรับในช่วง 9 เดือนของปี พ.ศ. 2560 (มกราคม – กันยายน) ปริมาณการนำเข้ามี 0.10 ล้านตัน ลดลงจากช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมาร้อยละ 16.67 เนื่องจาก ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากโครงการส่งเสริมการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังนาปี 2559/64 ออกสู่ตลาดในช่วง เดือนมีนาคม-เมษายน พ.ศ. 2560 การนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านจึงลดลง ประกอบกับมีการนำเข้าผลผลิต อื่นเพื่อทดแทน เช่น ข้าวสาลี และ DDGS (กากข้าวโพดที่เหลือจากขบวนการผลิตเอทานอล) มาใช้เป็นวัตถุดิบ ทดแทนในสูตรการผลิตอาหารสัตว์บางส่วน นอกจากนั้น ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกือบครึ่งหนึ่งปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีเอกสารสิทธิและ/หรือบุกรุกพื้นที่ป่า ซึ่งผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำ ทำให้ผู้ผลิตอาหาร สัตว์หลายรายไม่รับซื้อ เนื่องจากจะเป็นปัญหาในการส่งออกปศุสัตว์ เพราะประเทศผู้ซื้อกำหนดเรื่องการรักษา สิ่งแวดล้อมซึ่งถูกนำมาเป็นข้อแม้ในการซื้อด้วย กระทรวงพาณิชย์จึงได้เสนอแนวทางบริหารจัดการการนำเข้า วัตถุดิบทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้มาตรการกำหนดอัตราส่วน

การนำเข้าข้าวสาลี 1 ส่วน ต่อการรับซื้อ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 3 ส่วน เพื่อรักษาเสถียรภาพราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3) การส่งออก การส่งออกของไทย ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณ 0.58 ล้านตัน มูลค่า 4,839.25 ล้านบาท เพิ่มขึ้น จาก 0.08 ล้านตัน มูลค่า 716.74 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2558 โดยปริมาณเพิ่มขึ้น 7.21 เท่า และมูลค่าเพิ่มขึ้น 6.75 เท่า เนื่องจากการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปตลาดอาเซียน เช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และเวียดนาม ซึ่งเป็นประเทศคู่ค้าของไทยเพิ่มขึ้น โดยปี พ.ศ. 2560 คาดว่าการส่งออกมีแนวโน้มลดลงจากปี พ.ศ. 2559 สำหรับในช่วง 9 เดือนของปี พ.ศ. 2560 (มกราคม – กันยายน) ปริมาณการส่งออกมี 0.29 ล้านตัน ลดลงจาก ช่วงเดียวกันของปีที่ผ่านมา ร้อยละ 27.50 เนื่องจากความต้องการใช้ภายในประเทศเพิ่มขึ้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ส่งออกไปยังตลาดอาเซียน ซึ่งเป็นประเทศคู่ค้าของไทย ได้แก่ ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย จึงลดลง (สำนักงาน เศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

4) ราคาข้าวโพดภายในประเทศ ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกษตรกรขายได้ความชื้นไม่เกิน 14.5% เฉลี่ยเดือนมกราคม-กันยายน พ.ศ. 2560 อยู่ที่กิโลกรัมละ 6.10 บาท ปี พ.ศ. 2560 เฉลี่ย กิโลกรัมละ 6.13 บาท ลดลงจากช่วงเดียวกันของปี ที่ผ่านมา ร้อยละ 16.78 เนื่องจากการนำเข้าวัตถุดิบทดแทนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาใช้อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และมีการลักลอบนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างผิดกฎหมายจากประเทศเพื่อนบ้าน ประกอบกับราคาข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ในตลาดโลกปรับตัวลดลง ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อราคาข้าวโพดเลี้ยงได้แก่

(1) ผลผลิตกระจุกตัวในช่วงฤดูฝนและมีความชื้นสูง เกษตรกรไม่มีการปรับปรุงคุณภาพ หลังการเก็บเกี่ยว

(2) มีการนำเข้าวัตถุดิบทดแทน เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ เช่น ข้าวสาลี และ DDGS

(3) มีการลักลอบนำเข้าผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากประเทศเพื่อนบ้าน ที่ออกในช่วง เดียวกันกับไทย

(4) ภาคเอกชนผู้ผลิตอาหารสัตว์รายใหญ่ มีนโยบายไม่รับซื้อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ ปลุกในพื้นที่ป่า ทำให้ผลผลิตที่ปลูกในพื้นที่ป่าถูกกดราคา ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย ห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ขั้นต้นน้ำคือผู้ผลิต (ผู้ปลูก) ข้าวโพด ไปจนถึงขั้น

ปลายน้ำคือ ผู้บริโภค ได้แก่ โรงงานแปรรูป ฟาร์มปศุสัตว์ โรงงานอาหารสัตว์ มีผู้ที่เกี่ยวข้องและกิจกรรมดังนี้

ขั้นต้นน้ำ

ที่ดิน ที่ดินที่เกษตรกรใช้ปลูกข้าวโพดมีทั้งที่ดินที่เป็นของตนเอง เช่า และบุกรุกป่า จากข้อมูลปี พ.ศ. 2560 พบว่า มีการประมาณการพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั่วประเทศ 7.03 ล้านไร่ โดยปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสม 3.30 ล้านไร่ พื้นที่ไม่เหมาะสม 0.70 ล้านไร่ และพื้นที่ป่า 3.67 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 52 ของ พื้นที่ปลูกทั้งหมด

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบันมีแหล่งที่มาจากการผลิตภายในประเทศ การพัฒนาพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตร และงานวิจัยของสถาบันการศึกษา นิยมใช้ ได้แก่ ซีพี 888 แปซิฟิก 999 แปซิฟิก 983 ดีคาร์บ ดีเค 9901 ดีคาร์บ ดีเค 9955 ไฟโอเนียร์ 3013 เทพวินัส 49 นครสวรรค์ 3 และสุวรรณ 3851 เป็นต้น โดยซื้อจากร้านค้าชุมชน สหกรณ์ และบริษัทเอกชน

ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืช เกษตรกรก่อนนิยมใช้ปุ๋ยและสารเคมีที่เป็นสารเคมี เนื่องจากให้ผลเร็ว และ ข้าวโพดเป็นพืชอายุสั้นเพียง 100-120 วัน และส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่สูงและลาดชัน ทำให้เกษตรกรไม่นิยมใช้ ปุ๋ยหรือสารอินทรีย์

เงินทุน

เงินลงทุนที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน (ถ้ามี) ค่าพลังงาน ค่าจ้างแรงงานในการเตรียมดิน พ่นยา การไถ-หว่านเมล็ดข้าวโพด ใส่ปุ๋ย และเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยค่าจ้างแรงงานเป็น สัดส่วนเงินลงทุนที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.97 ของเงินลงทุนทั้งหมด โดยเงินลงทุนในปัจจัยการผลิตของ เกษตรกรมี 2 ประเภท คือ เกษตรกรลงทุนเอง หรือกู้เงินมาลงทุน ซึ่งแหล่งเงินกู้ ได้แก่ นายทุน สหกรณ์ หรือ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ธกส.)

เกษตรกร

เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มี 2 ประเภท

กลุ่มที่ 1 เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ในกลุ่มนี้เป็นเกษตรกรพันธสัญญา (Contract Farming) ใน ระบบเป็นส่วนใหญ่ มีบริษัทแปซิฟิกเมล็ดพันธุ์จำกัด บริษัทเจริญโภคภัณฑ์ (ซีพี) ฯลฯ เข้าส่งเสริมและ สนับสนุน แบ่งได้ 3 แบบด้วยกันคือ

(1) แบบประกันรายได้ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต้องมีปัจจัยการผลิต ส่วนทางบริษัทเป็นผู้รับผิดชอบด้านเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยากำจัดโรคและวัชพืช รวมทั้งให้คำแนะนำ ด้านวิชาการ ในขั้นตอนการเพาะปลูก

(2) แบบประกันราคา เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดต้องลงทุนเองหมด ทางบริษัทรับซื้อข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ตามราคาและความชื้นที่ตกลงกันไว้ แต่หากเกิดความเสียหายในกระบวนการ เพาะปลูก หรือในฤดูกาลเพาะปลูก ไม่ว่าจะเป็นโรคระบาดหรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ เกษตรกรเป็นผู้แบกรับภาระต้นทุนที่เกิดขึ้นเอง และ

(3) แบบรับซื้อตามราคาตลาด เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมและมีแรงงาน พ่อค้าคนกลาง หรือนายทุนท้องถิ่นเป็นผู้จัดหาเมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง เมื่อผลผลิตออกมาก็จะรับซื้อตาม ราคาตลาด หรือเกษตรกรสามารถนำไปขายให้กับพ่อค้าคนอื่นแล้วนำทุนมาคืน

กลุ่มที่ 2 เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นเกษตรกรทั้งแบบลงทุนเอง และแบบ พันธสัญญาออกระบบ กล่าวคือ เป็นกลุ่มเกษตรกรที่ไม่ได้ทำสัญญากับบริษัทชัดเจนเหมือนกับกลุ่มแรก แต่อยู่ในห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำโดยมีกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องหลายระดับ นับตั้งแต่เกษตรกร ผู้รับจ้างไม่ นายหน้า ผู้รับจ้างขนผลผลิต ผู้รับซื้อรายย่อยในท้องถิ่นหรือพ่อค้าคนกลาง ผู้รับ ซื้อรายใหญ่ที่มีไซโล/เตาอบ และสุดท้ายก็คือโรงงานผลิตอาหารสัตว์

ชั้นกลางน้ำ

ผู้ที่เกี่ยวข้องได้แก่ผู้จัดเก็บรวบรวมผลผลิตจากเกษตรกรเพื่อนำไปส่งต่อให้แก่ผู้บริโภคในปลายน้ำของ ห่วงโซ่อุปทาน ซึ่งสามารถแยกรูปแบบการจัดเก็บรวบรวมผลผลิต (Royal Irrigation Department, 2019) ได้ดังนี้

1) เกษตรกรที่เป็นลูกไร่ขายผลผลิตให้กับพ่อค้าที่ให้สินเชื่อ โดยพ่อค้าจะเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการเผยแพร่ข่าวสารด้านการตลาดและราคา นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับเกษตรกร ขั้นตอนการรับ ซื้อ พ่อค้าจะเป็นผู้ให้สินเชื่อโดยตรงทางด้านปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช ตลอดจน ค่าแรงงานเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวแก่เกษตรกร ตั้งแต่เริ่มแรกเพาะปลูก หรือเรียกว่า “ลูกไร่” เป็นต้น และเมื่อ ถึงฤดูการเก็บเกี่ยว เกษตรกรต้องนำผลผลิตมาจำหน่ายให้กับพ่อค้าที่ให้สินเชื่อโดยตรง ซึ่งพ่อค้าจะหักในส่วนที่เป็นต้นทุนทั้งหมดพร้อมดอกเบี้ย ส่วนที่เหลือเกษตรกรได้รับไป ราคาที่เกษตรกรขายได้จะต่ำกว่าราคา ห้างตลาดทั่วไป

2) หัวสี หมายถึง พ่อค้าท้องถิ่นที่มีเครื่องสี จะนำเครื่องสีไปรับซื้อผลผลิตโดยไปบริการถึงไร่ แล้ว หักค่าสีและค่าขนส่งตามระยะทางเฉลี่ยค่าขนส่งจากไร่ถึงโกดังหรือไซโลของผู้รับซื้อ หากระยะทางไกล การคมนาคมไม่สะดวก โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกที่อยู่บนภูเขาสูง ซึ่งจะต้องใช้รถแทรกเตอร์ขนส่งลงมาในพื้นที่ราบ (พื้นที่การคมนาคมสะดวก) หลังจากนั้นใช้รถบรรทุกขนส่งไปโกดังหรือไซโลของพ่อค้า ราคาที่เกษตรกรขายได้ จะหักค่าสีและค่าขนส่ง

3) เกษตรกรจะนำผลผลิตไปขายเองที่ร้านรับซื้อพืชไร่ พวกลานตาก (ลานท่าพืชไร่) โรงสี/โรงอบ พืชไร่ ตลาดกลาง หรือสหกรณ์การเกษตรที่ตนเองเป็นสมาชิกอยู่ โดยผู้ที่มีเครื่องสีในพื้นที่จะรับจ้างสีข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร หลังจากนั้นเกษตรกรจะนำตัวอย่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปให้แหล่งรับซื้อดังกล่าวพิจารณา ตกลงราคา หากเกษตรกรพอใจในราคาจะขนส่งผลผลิตไปยังโกดังหรือสถานที่เก็บข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของผู้รับซื้อ ที่ได้ตกลงราคากันไว้ ซึ่งเกษตรกรจะต้องเสียค่าขนส่งเอง ราคาที่เกษตรกรขายได้จะสูงกว่า กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

4) เกษตรกรขายผลผลิตให้กับพ่อค้าคนกลาง หรือพ่อค้าท้องถิ่นที่อยู่ในแหล่งผลิต โดยจะเก็บไว้ใน ระยะสั้น เมื่อรวบรวมได้ปริมาณมากพอสมควรแล้ว คนกลุ่มนี้จะส่งต่อไปยังผู้รวบรวมท้องถิ่นรายใหญ่ต่อไป 5) เกษตรกรขายผลผลิตให้โดยตรงกับโรงงานแปรรูปหรือฟาร์มปศุสัตว์ มีทั้งรูปแบบส่งเองคนเดียว (มีผลผลิตเยอะ) หรือมีการรวมตัวกันในรูปสหกรณ์เพื่อรวบรวมส่งให้โรงงาน สหกรณ์การเกษตรที่มีบทบาทใน กรณีนี้ เช่น สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. (สกต.) โดยในขั้นตอนของการรวบรวมนี้ พ่อค้าหรือ สหกรณ์จะทำการสีแยกเมล็ดแล้วนำไปตากหรืออบให้แห้งก่อนจำหน่าย หรือขายต่อไปกับผู้รวบรวมระดับ จังหวัด หรือสหกรณ์การเกษตรในพื้นที่ที่ไม่มีลานตากหรือโรงอบจะจัดเก็บรวบรวมจากเกษตรกรอย่างเดียว และส่งต่อไปผู้รับซื้อคนกลางในพื้นที่ หรือในจังหวัดต่อไป

ชั้นปลายน้ำ

ผู้ที่เกี่ยวข้องในปลายน้ำได้แก่ โรงงานแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมอาหารสัตว์อุตสาหกรรมแปรรูปข้าวโพด เลี้ยงสัตว์ ฟาร์มปศุสัตว์ อุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องกับข้าวโพด (เช่น แป้งข้าวโพด น้ำตาลเดกซ์โตรส ซีรัฟข้าวโพด และน้ำมันข้าวโพด เป็นต้น) และผู้ส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งตลาดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยจะเป็นการผลิต ที่สนองความต้องการบริโภคภายในประเทศ โดยในระดับโรงงานผลิตอาหารสัตว์นั้น มีความต้องการใช้ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์สูงมากกว่าอุตสาหกรรมอื่นๆ จึงจัดเป็นผู้ซื้อราย

ใหญ่ที่มีอำนาจต่อรองในตลาดสูง ทำให้การเปลี่ยน ปริมาณผลผลิตมีผลกระทบต่อราคาข้าวโพดที่เกษตรกรขายได้ ซึ่งโรงงานไม่นิยมที่จะทำโครงการในลักษณะ สัญญาสั่งซื้อ จึงเป็นลักษณะผูกขาด การซื้อโดยผู้จำหน่ายรายเดิมๆ แต่จะนิยมกระจายรับซื้อจากผู้ขายหลายๆ ราย เพื่อลดอำนาจต่อรองของผู้ขายลง โดยยังให้บริการกลุ่มเกษตรกร หรือสหกรณ์เป็นกรณีพิเศษ เช่น ให้สิทธิ รับบริการลงสินค้าก่อนกลุ่มพ่อค้าผู้รวบรวม เป็นต้น นอกจากนี้ จากห่วงโซ่อุปทานข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยยังพบว่า โครงสร้างตลาดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ของประเทศไทยจัดอยู่ในลักษณะที่ผู้ซื้อมีอำนาจในการกำหนดราคา ซึ่งสามารถแบ่งพิจารณาเป็น 2 ช่วง คือ

- 1) ช่วงระหว่างกลางน้ำและปลายน้ำโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูป เป็นผู้กำหนดราคา (Price Setter) ส่วนพ่อค้า คนกลางที่นำข้าวโพดมาขายต่อให้กับโรงงานต้องยอมรับราคาร้าน (Price Setter)
- 2) ช่วงระหว่างต้นน้ำและ กลางน้ำพ่อค้าคนกลางเป็นผู้กำหนดราคา (Price Setter) ในขณะที่เกษตรกรต้องยอมรับราคาดังกล่าว (Price Taker) ทั้งนี้ ระดับราคาข้าวโพดที่รับซื้อ ผู้กำหนดจะพิจารณาคุณภาพข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่า ในทางปฏิบัติเกษตรกรมีปัญหาในด้านการผลิตข้าวโพดที่ได้มาตรฐาน (ความชื้นไม่เกิน 14.5%) ทำให้ราคาที่เกษตรกรที่ได้รับไม่ได้เป็นไปตามราคาอ้างอิง ส่งผลต่อรายได้ของ เกษตรกร ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรไม่มีอำนาจต่อรองในการขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งๆ ที่ความ ต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศมีสัดส่วนที่สูงมาก

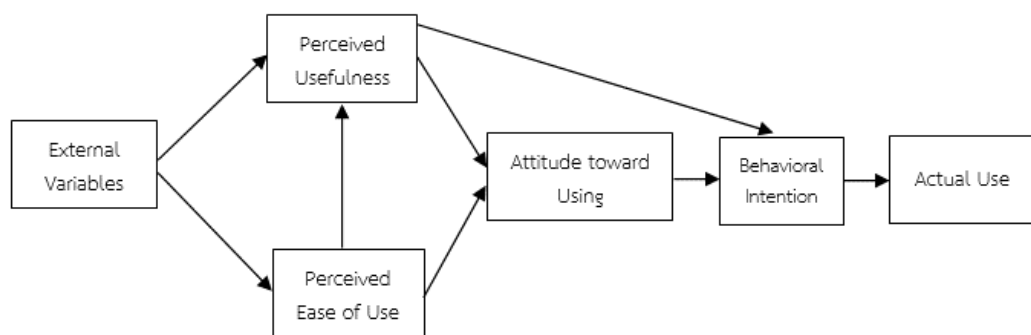
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) ถูกพัฒนามาจากทฤษฎีการกระทำด้วยเหตุผล (Theory of Reasoned Action) ของ Ajzen และ Fishbein เป็นแบบจำลองที่อธิบายเกี่ยวกับการยอมรับการใช้เทคโนโลยีของผู้ใช้งาน โดยเสนอว่าเมื่อผู้ใช้งานได้รับการนำเสนอข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเกี่ยวกับการใช้งานและระยะเวลาของการใช้งาน หรือการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้

2.5.1 การรับรู้ถึงประโยชน์ที่ได้รับ (Perceived Usefulness) ถูกจำกัดความโดย Fred Davis ว่าระดับความเชื่อของบุคคลต่อการใช้นวัตกรรมนั้น ๆ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของตนได้ (Nikhil, 2017)

2.5.2 การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) Davis ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่าระดับความเชื่อว่าการใช้นั้นไม่ต้องการความพยายามในการใช้งาน คือ การใช้งานง่าย

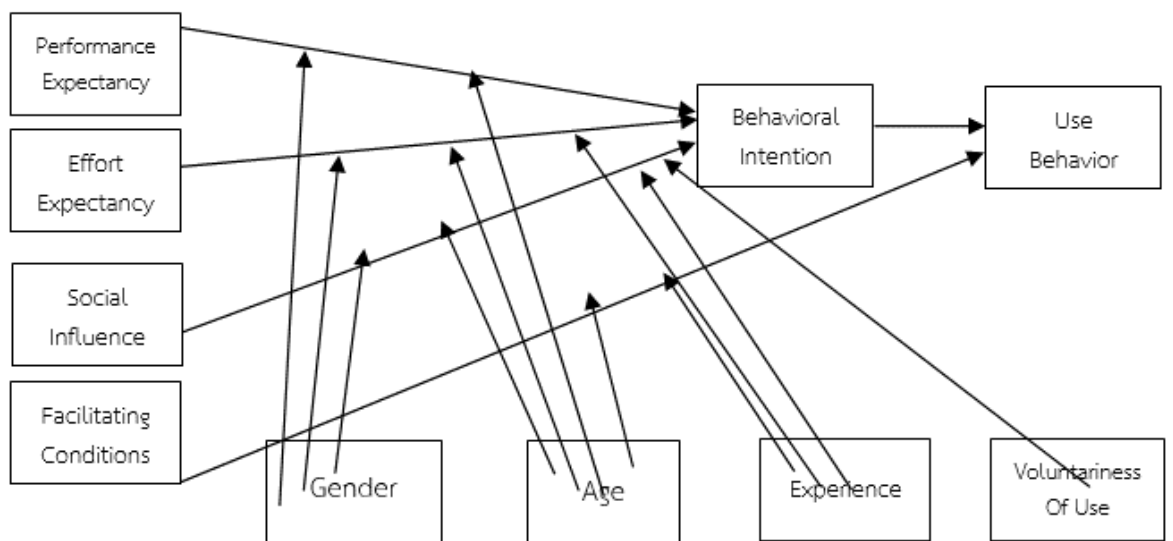
เนื่องจากการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้ความง่ายในการใช้งานมีความสัมพันธ์กับผู้เรียนต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเรียนออนไลน์ มีความเชื่อมโยงกับความตั้งใจที่จะใช้ ที่สามารถอธิบายความตั้งใจของผู้เรียนกับความสัมพันธ์ของปัจจัย (Nikhil, 2017)



รูปที่ 6 โมเดลจำลองการยอมรับเทคโนโลยี

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีรวมของการยอมรับการใช้เทคโนโลยี (UTAUT)

แบบจำลอง UTAUT ได้มาจากการตรวจสอบแบบจำลองต่าง ๆ ที่หลากหลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้มุมมองแบบครบวงจรในการยอมรับของผู้ใช้ หลักการของทฤษฎี UTAUT ศึกษาทัศนคติของผู้เรียน โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการยอมรับเทคโนโลยีการเรียนออนไลน์ของผู้เรียน ประกอบด้วยปัจจัยหลัก 5 ประการ ได้แก่ 1) ความรู้ทางเทคนิคการเรียนออนไลน์ 2) ความคาดหวังการเรียนออนไลน์ 3) การรับรู้ทางสังคมและอารมณ์การเรียนออนไลน์ 4) การรู้สารสนเทศการเรียนออนไลน์ 5) ทัศนคติต่อการเรียนออนไลน์ ซึ่งมีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีการเรียนออนไลน์ของผู้เรียน (Nur Aqilah , et al., 2021)



รูปที่ 7 ทฤษฎีการยอมรับและการใช้เทคโนโลยี (UTAUT)

แนวคิดการประเมินผล

การประเมิน (evaluation) ที่มีผู้นิยามออกเป็น 2 ลักษณะที่สำคัญ คือ ลักษณะที่ 1 การประเมินในความหมายที่เป็นการดำเนินการที่ประกอบด้วย การวัด (measurement) และการใช้ดุลยพินิจ (judgement) การประเมินในลักษณะนี้หมายถึง กระบวนการใช้ดุลยพินิจและ/หรือค่านิยม และข้อจำกัดต่าง ๆ ในการพิจารณาตัดสินคุณค่าของสิ่งใดสิ่งหนึ่งโดยการเปรียบเทียบผลที่วัดได้กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ลักษณะที่ 2 การประเมิน หมายถึง กระบวนการที่ก่อให้เกิดสารสนเทศ(เชิงคุณค่า) เพื่อช่วยให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจเลือกทางเลือกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นผู้ประเมินจึงต้องศึกษาความต้องการของผู้บริหารและบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์จากผลการประเมินอย่างครบถ้วน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการประเมิน (Nurul , Norulhusna , & Norliza , 2021)

2.6 อัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำอัลกอริทึมมาเปรียบเทียบเพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ดังนี้

2.6.1 Artificial Neural Network คือ การเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกับระบบสมองมนุษย์ ขั้นตอนการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการพยากรณ์ จะต้องอาศัยข้อมูลป้อนเข้าเพื่อสร้างแบบจำลองในการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมจะพยายามละจำนวนของการทำนายที่ผิดพลาดให้ต่ำที่สุด (Oludare, et al., 2018)

2.6.2 Decision tree คือ การเรียนรู้ทางตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการนำข้อมูลมาสร้างตัวแบบการพยากรณ์ในรูปแบบของโครงสร้างต้นไม้ ซึ่งมีการเรียนรู้ข้อมูลแบบมีผู้สอน (supervised learning) (Noraini & Nurul , 2020) สามารถสร้างตัวแบบการจัดกลุ่ม (clustering) ได้จากกลุ่มตัวอย่างของข้อมูลฝึกหัด (training data set) ได้โดยอัตโนมัติและสามารถพยากรณ์กลุ่มของรายการที่ยังไม่เคยนำมาจัดกลุ่มได้อีกด้วย (Tsehay , R, & N, 2021)

2.6.3 Naïve Bayesian คือ การเรียนรู้ที่อาศัยหลักการความน่าจะเป็น (probability) ตามทฤษฎีของเบย์ (Bayes theorem) ซึ่งมีอัลกอริทึมที่ไม่ซับซ้อน เป็นขั้นตอนวิธีในการจำแนกข้อมูล โดยการเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการจำแนกข้อมูลใหม่ (Shannon, 1948) เป็นการจำแนกข้อมูลโดยใช้ความน่าจะเป็นและคำนวณการแจกแจงความน่าจะเป็นตามสมมติฐานที่ตั้งให้กับข้อมูล จากการคำนวณตัวอย่างใหม่ที่ได้จะถูกนำมาปรับเปลี่ยนการแจกแจง ซึ่งมีผลต่อการเพิ่มหรือลดความน่าจะเป็นของข้อมูล ข้อมูลใหม่ที่เกิดขึ้นและตัวแบบที่ตั้งไว้ให้กับข้อมูลจะถูกปรับเปลี่ยนไปตามข้อมูลใหม่ โดยผนวกกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่

2.6.4 Deep Learning คือ การเรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neurons) (Aliyu , Musa, & Usman, 2020) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกัน หลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการตรวจจับรูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Classify the Data) (Charu, 2018)

หลังจากนั้นจะทำการทดสอบ (testing data) เพื่อประเมินความถูกต้องของตัวแบบ (model evaluation) ในการนำมาใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมที่ได้ ในงานวิจัยนี้ ใช้การประเมินการทำงานของอัลกอริทึมจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE) ได้ดังสมการ (Oludare, et al., 2018) ดังนี้

$$RMSE = \sqrt{\frac{(a_1 - y_1)^2 + \dots + (a_n - y_n)^2}{n}}$$

ตัวแปร a คือ ค่าข้อมูลที่แท้จริง

ตัวแปร y คือ ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์

ตัวแปร n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันจะมุ่งเน้นในเรื่องของการออกแบบ การวางตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับ ต่างๆ หรือ มุ่งเน้นเฉพาะเจาะจงไปที่อุปกรณ์แต่ละชนิด เช่น

2.7.1 ด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) ในงานวิจัยของ (Afis & Andi , 2021) (Shaikh, Zeadally, & Exposito, 2017) (Rania & Mohamed , 2020) (Nurul , Norulhusna , & Norliza , 2021) (He, Yan, & Xu, 2014) ได้นำเสนอเกี่ยวกับการใช้ IoT ในการบริหารจัดการฟาร์ม เพื่อช่วยประหยัดเวลา และใช้อุปกรณ์บริหารจัดการ ในงานวิจัยของ (Chen, et al., June 2019) (He, Yan, & Xu, 2014) (Chen, et al., 2019) (Rania & Mohamed , 2020) เป็นการนำสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ (Embedded) มาช่วยในการควบคุม ในการใช้งาน Smart farm

2.7.2 ด้านซอฟต์แวร์ (Software) ในงานวิจัย (Arif, Nazri, Uddin, Baseer, & Ansam , 2019; Arif, Nazri, Uddin, Baseer, & Ansam , 2019) (Tsehay , R, & N, 2021) (Shaikh, Zeadally, & Exposito, 2017) ได้นำเสนอการนำ เป็นการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆให้มีประสิทธิภาพ (Tangwannawit & Saengkrajang, 2021)

2.7.3 ด้านฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ในงานวิจัย (Tangwannawit, Artificial Intelligence Theory and Applications, 2018) (Tangwannawit & Saengkrajang, 2021) (Tanwannawit & Saengkrajang, 2019) (Chatterjee, Kar, & Gupta, 2018) ใช้ตัวแบบในการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ได้มีการดำเนินการออกแบบและพัฒนา ออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของอุปกรณ์ Hardware ได้แก่ การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ และส่วนที่สองเป็นส่วนของงานด้าน Software ได้แก่ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ การแสดงข้อมูล และได้มีการแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 การศึกษาระบบและรวบรวมข้อมูล
- 3.2 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ
- 3.3 การพัฒนาระบบ
- 3.4 การทดสอบ

3.1 การศึกษาระบบและรวบรวมข้อมูล

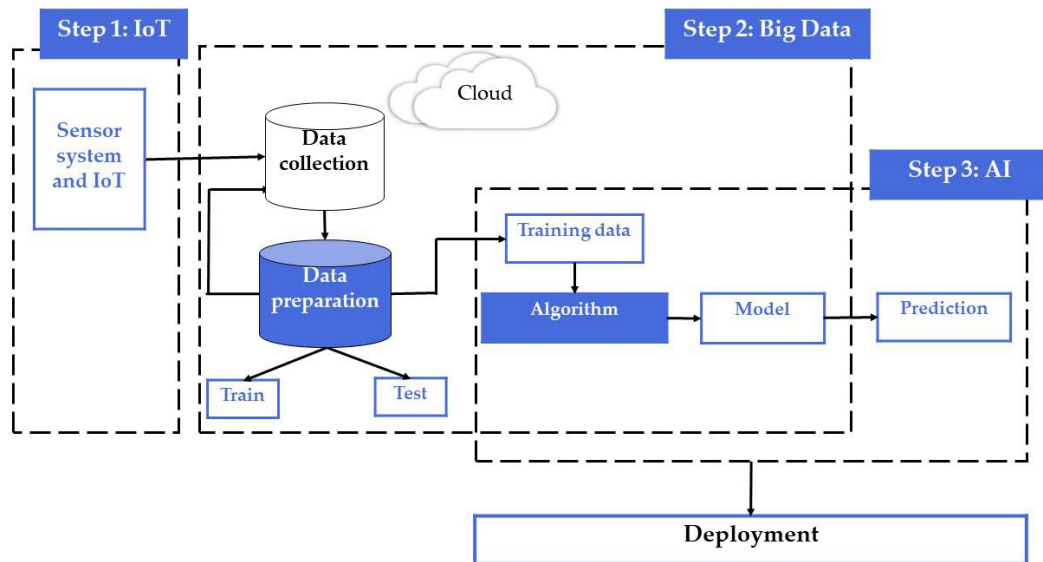
การศึกษาและรวบรวมข้อมูลการพัฒนาการพัฒนาศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง จะมุ่งเน้นศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งจะพบว่าเทคโนโลยีในปัจจุบันได้มีการนำสมองกลฝังตัวอัจฉริยะมาใช้บ้างแล้ว เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องปรับอากาศ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดนี้มาช่วยในการพัฒนาโดยสามารถนำมาเป็นองค์ความรู้ใหม่ๆ และนำมาช่วยงานทางด้านเกษตรกรรมจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) โดยใช้ตัวควบคุมจากส่วนกลางด้วยสมองกลฝังตัวอัจฉริยะ เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อัตโนมัติและนำผลที่ได้มาดำเนินการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

3.2 การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ

การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ IoT ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางด้านต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาปัญหาพิเศษได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยแบ่งการออกแบบออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.2.1 การวิเคราะห์ภาพรวมของระบบ

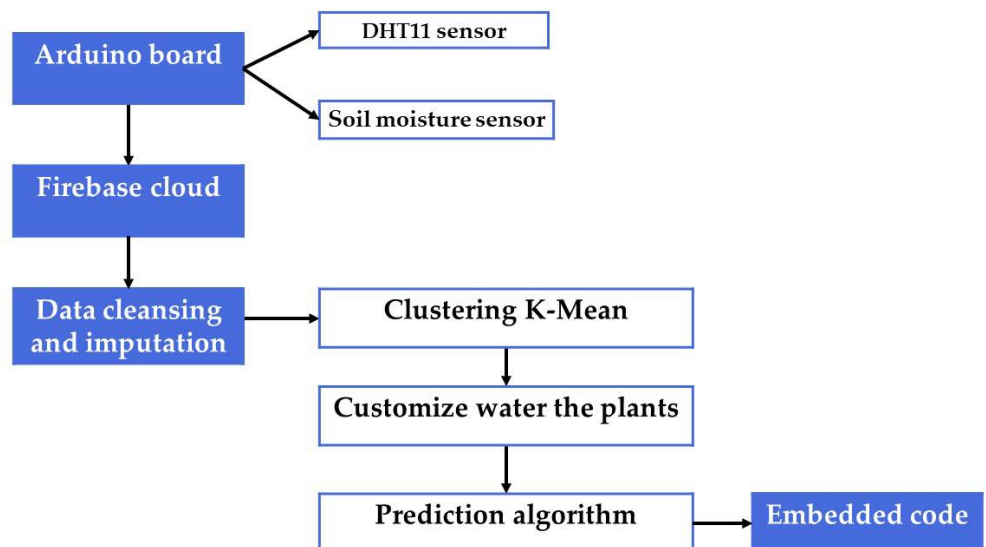
3.2.1.1 แนวคิดโดยรวมของระบบ โดยในเบื้องต้นจะทำการออกแบบภาพรวมการทำงานของระบบ ซึ่งจะกำหนดลำดับการทำงาน



รูปที่ 8 แนวคิดโดยรวมของระบบงาน

ที่มา (Tangwannawit และ Tangwannawit, 2022)

3.2.1.2 ผังระบบงาน (System Flowchart) ของระบบ



รูปที่ 9 แสดงผังการทำงานของระบบ

ที่มา (Tangwannawit และ Tangwannawit, 2022)

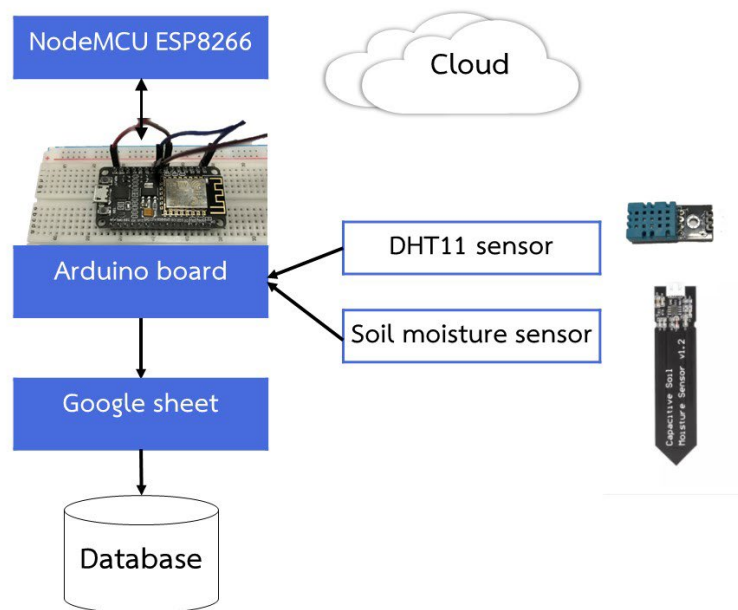
3.2.2 วิเคราะห์เลือกอุปกรณ์ที่สำคัญในการออกแบบ มีดังนี้

3.2.2.1 ดำเนินการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับแปลงพื้นที่เพาะปลูกบริเวณที่กำหนดไว้

3.2.2.2 กำหนดและเลือกตัวควบคุมจากส่วนกลางโดยใช้อุปกรณ์สมองกลฝังตัว(Embedded) ที่มีชื่อว่า Arduino โดยการเขียนโปรแกรมสั่งการต่างๆไว้บนตัวอุปกรณ์

3.2.2.3 ออกแบบแอปพลิเคชัน (Application) ในการควบคุมการสั่งการทำงานเปิด-ปิดอุปกรณ์ผ่านระบบปฏิบัติการ

การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง สามารถแสดงการทำงานออกมา ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้

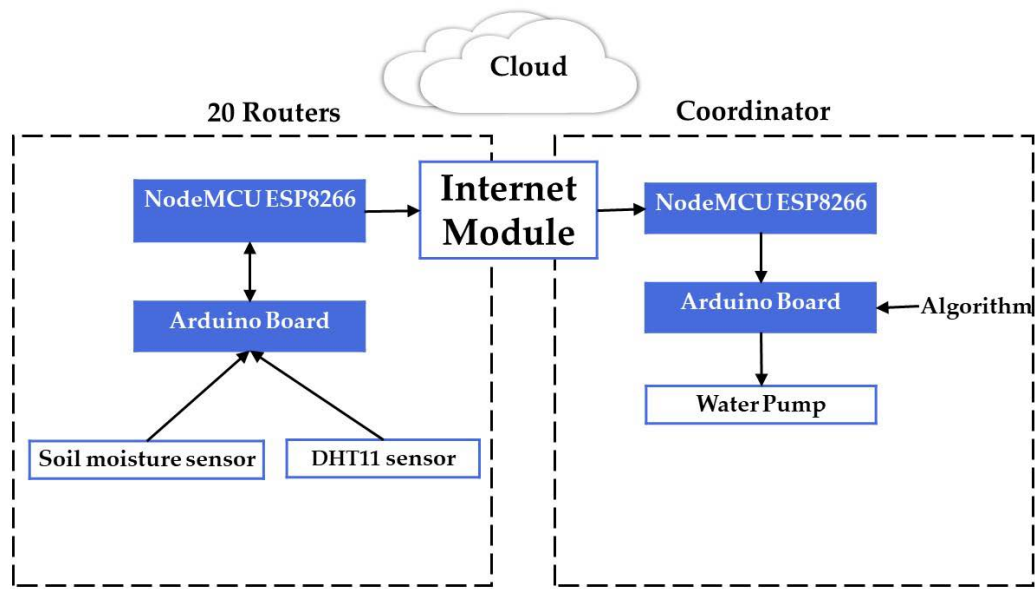


รูปที่ 10 การทำงานของระบบ

ที่มา (Tangwannawit และ Tangwannawit, 2022)

3.3 การพัฒนาระบบ

3.3.1 การพัฒนาระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง
หลังจากการออกแบบระบบและกำหนดอุปกรณ์ที่ใช้ ผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนาระบบ โดยนำอุปกรณ์
มาพัฒนาระบบ ซึ่งมีการทำงาน ดังนี้



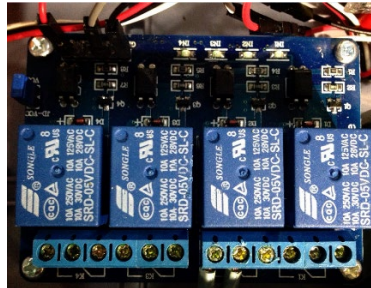
รูปที่ 11 วงจรการทำงานของการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูล
ขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง
ที่มา (Tangwannawit และ Tangwannawit, 2022)

3.3.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์ของการพัฒนาระบบต่อกับบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์
(Microcontroller Board) ทั้งหมด 3 จุด และตัวกลางที่ส่งคำสั่งควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ระบบ
ข) บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller Board) นำมาใช้เป็นตัว
ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์



รูปที่ 12 บอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Microcontroller Board)

ข) บอร์ดรีเลย์ (Relay Board) นำมาใช้เป็นตัวจัดการเพื่อสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดทำงานตามคำสั่งของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์



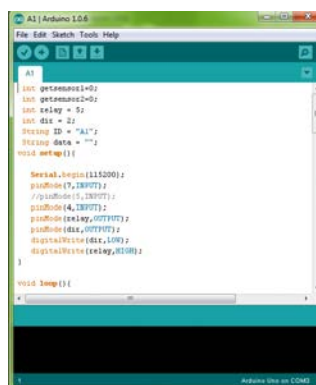
รูปที่ 13 บอร์ดรีเลย์ (Relay Board)

ค) WiFi นำมาใช้เป็นตัวเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board)



รูปที่ 14 WiFi

3.3.1.2 การฝังคำสั่งการทำงานลงบนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board) ผู้วิจัยใช้ โปรแกรม Arduino เพื่อทำหน้าที่ฝังคำสั่งการทำงานลง บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller Board))

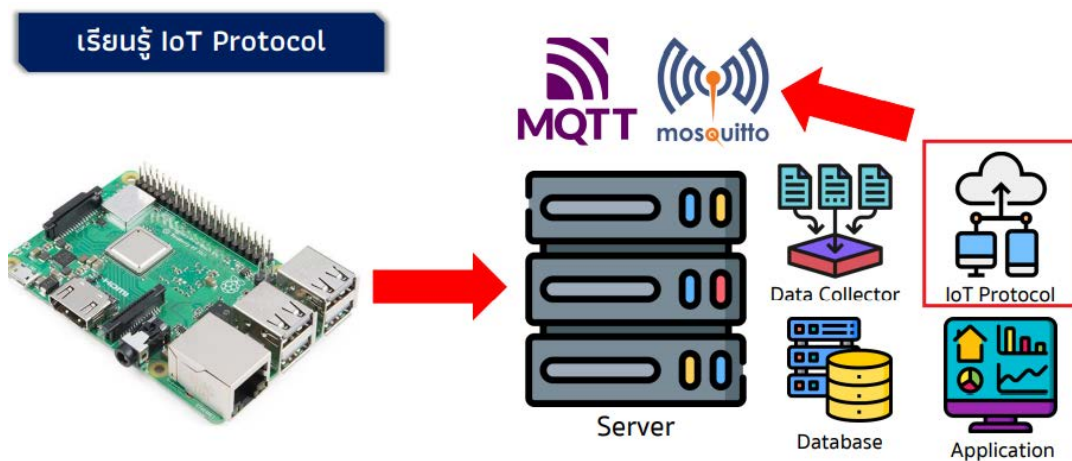


รูปที่ 15 โปรแกรม Arduino

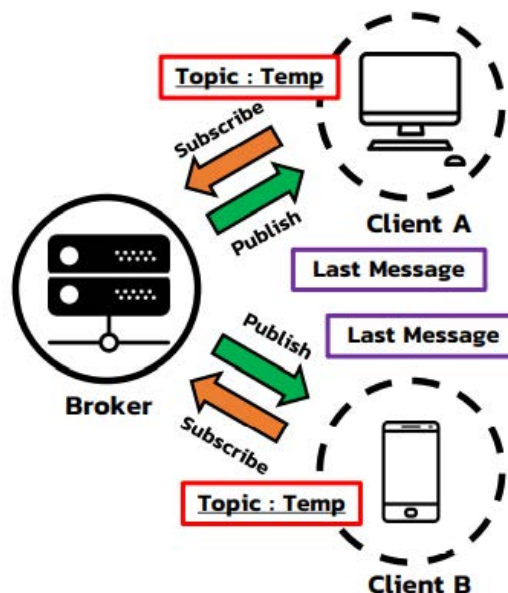
ผู้วิจัยได้ทำการจำลองอุปกรณ์ เพื่อเป็นต้นแบบในการนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้กับสถานที่อื่นๆ ต่อไป

3.3.2 การเชื่อมต่อ IoT Protocol

IoT Protocol คือ ข้อกำหนดหรือข้อตกลงในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ หรือภาษาสื่อสารที่ใช้เป็นภาษากลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ด้วยกัน การที่อุปกรณ์ที่ถูกเชื่อมโยงกันไว้ในระบบจะสามารถติดต่อสื่อสารกันได้นั้น จำเป็นต้องมีการสื่อสารที่เรียกว่า โปรโตคอล เช่น โปรโตคอล HTTP, โปรโตคอล MQTT, โปรโตคอล CoAP, โปรโตคอล XMPP



รูปที่ 16 การใช้โปรโตคอลของระบบ IoT



รูปที่ 17 การพัฒนาระบบโดยใช้โปรโตคอล MQTT

การพัฒนาระบบโดยใช้โปรโตคอล MQTT เป็นโปรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อการเชื่อมต่อแบบ M2M หรืออุปกรณ์กับอุปกรณ์ ซึ่งเป็นการสนับสนุน IoT ใช้หลักการรับส่งข้อมูลแบบ Publish/Subscribe คล้ายกับหลักการที่ใช้ใน Web service ที่ต้องใช้ Web server เป็นตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้งาน แต่ MQTT ใช้ตัวกลางที่เรียกว่า Broker ทำหน้าที่จัดการลำดับการรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ คือ

- Client C นั้น Publish ข้อมูลบน Topic ที่มีชื่อว่า Temp และมี Client A ที่ Subscribe Topic Temp ไว้

- ข้อมูลจาก Client C คือ อุณหภูมิที่มีค่าเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส ดังนั้น Client A จะได้รับข้อมูลด้วย

- หลังจาก Client B ทำการ Subscribe Topic Temp ด้วย ดังนั้น ข้อมูลอุณหภูมิที่ถูกเก็บไว้จะถูกส่งไปยัง Client B ทันทีหลังจากทำการ Subscribe

- แต่เมื่อ Client C นั้นขาดการเชื่อมต่อทำให้ไม่มีข้อมูล Publish ไปยัง Broker สิ่งที่ Client A และ B จะได้แสดงผลคือ ข้อความสุดท้ายที่ Client C ส่งไว้

3.4 การทดสอบ

การทดสอบ ผู้จัดทำได้ดำเนินการทดสอบการทำงานของการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง โดยแบ่งการทดสอบ ดังนี้

3.4.1 ทดสอบในส่วนของตัวควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์

3.4.2 ทดสอบในส่วนของการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ ผ่านแอปพลิเคชัน(Application)

3.4.3 ทดสอบในส่วนของการแสดงผลโดยการใช้งาน ผ่านแอปพลิเคชัน (Application) บนระบบปฏิบัติการ ว่าสามารถแสดงค่าถูกต้องหรือไม่

3.4.4 ทดสอบในส่วนการทำงานของทั้งระบบ ว่าสามารถทำได้ตามขอบเขตการพัฒนาระบบหรือไม่ เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงให้เป็นไปตามขอบเขตที่กำหนดไว้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำเทคโนโลยีเพื่อทุกสรรพสิ่ง (Internet of Thing) มาพัฒนาร่วมกับเกษตรกรรมสมัยใหม่โดยได้ผลการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ

4.2 ผลการพัฒนาตัวอย่างต้นแบบอัลกอริทึม

4.3 ออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT ของเกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์

4.5 ผลการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชนในการยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ

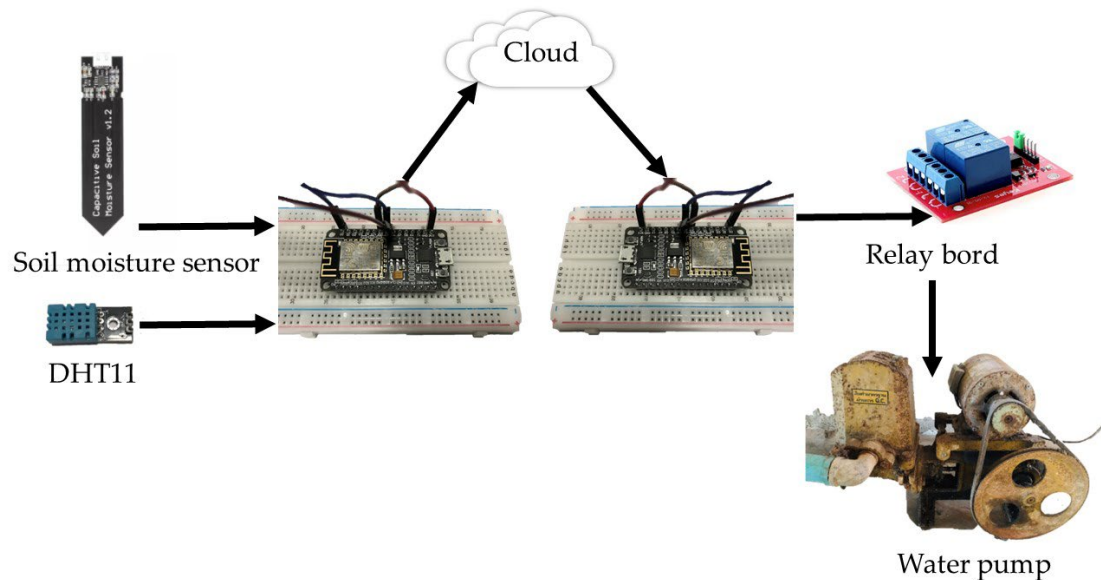
4.1 การทำงานของระบบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสภาพปัญหาจึงได้นำเทคโนโลยี IoT มาใช้เก็บข้อมูลในภาคเกษตรมาวิเคราะห์และแสดงผลผ่าน Dashboard ข้อมูลขนาดใหญ่ที่ได้มาพัฒนา Platform และเชื่อมโยงเข้าสู่แอปพลิเคชันด้านการเพาะปลูกแก่เกษตรกร เพื่อนำไปใช้ให้เกิดศักยภาพสูงสุด โดยสามารถเพิ่มคุณภาพผลผลิต ลดต้นทุนการเพาะปลูก และเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร โดยการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับ อุณหภูมิ แสงแดด แรงลม ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในอากาศ นำมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล จากอุปกรณ์ IoT Sensor device จำนวนมากในการควบคุมดูแลพื้นที่ปลูก เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์มาทำการจัดเก็บและประมวลผลจาก Big data Center บน cloud หลังจากนั้นจะนำข้อมูลบน cloud มาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการพยากรณ์การให้น้ำด้วยวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ โดยขั้นตอนการหาอัลกอริทึมได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง (IoT)

ขั้นที่ 2 การใช้ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data)

ขั้นที่ 3 การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)



รูปที่ 18 การออกแบบและพัฒนาส่วนควบคุมอัตโนมัติของระบบให้น้ำ
ที่มา (Tangwannawit และ Tangwannawit, 2022)

การออกแบบและพัฒนาส่วนควบคุมอัตโนมัติของระบบให้น้ำ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1.1 Router Node Design

โหนดเราท์เตอร์ประกอบไปด้วยบอร์ด Arduino IDE ซึ่งเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์สองชนิด คือ soil moisture sensor เพื่อใช้วัดความชื้นในดิน โดยติดตั้งไว้บริเวณรากของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความลึก 15 เซนติเมตร Humidity and temperature sensor สำหรับวัดอุณหภูมิ ซึ่งทั้ง 2 sensors บ่งบอกความต้องการน้ำของต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเชื่อมต่อกับโมดูลสื่อสารแบบไร้สาย NODEMCU ESP8266 เพื่อส่งค่าเซ็นเซอร์ที่อ่านได้จากบอร์ด Arduino ไปยังโหนดโคออร์ดิเนเตอร์

4.1.2 Co-ordinator Node

โหนดโคออร์ดิเนเตอร์ประกอบไปด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สองชนิด ได้แก่ Arduino IDE และ Node MCU โดยมีโมดูล NODEMCU ESP8266 เป็นโมดูลสื่อสารเพื่อรับค่าเซ็นเซอร์จากโหนดเราท์เตอร์สำหรับเป็นอินพุตของตัวควบคุมอัลกอริทึม เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดปั้มน้ำ โดยทำการส่งสัญญาณไปควบคุมรีเลย์บอร์ดโคออดิเนเตอร์ซึ่งต่ออยู่กับปั้มน้ำเพื่อสูบน้ำเข้าสู่ระบบ

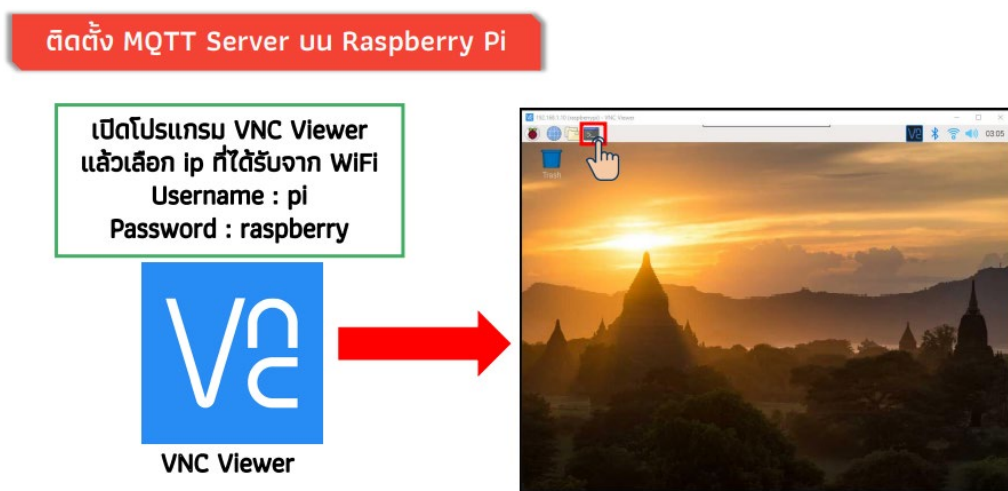
น้ำหยดที่ติดตั้งในแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้อมูลเซ็นเซอร์ที่ได้รับมาจากโหนดเร้าเตอร์รวมถึงสถานะของปั๊มและโซลินอยด์วาล์วทั้งหมดจะถูกส่งขึ้นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลและสามารถตรวจสอบสถานะได้แบบเวลาจริง

4.1.3 Node-coordinator Controller

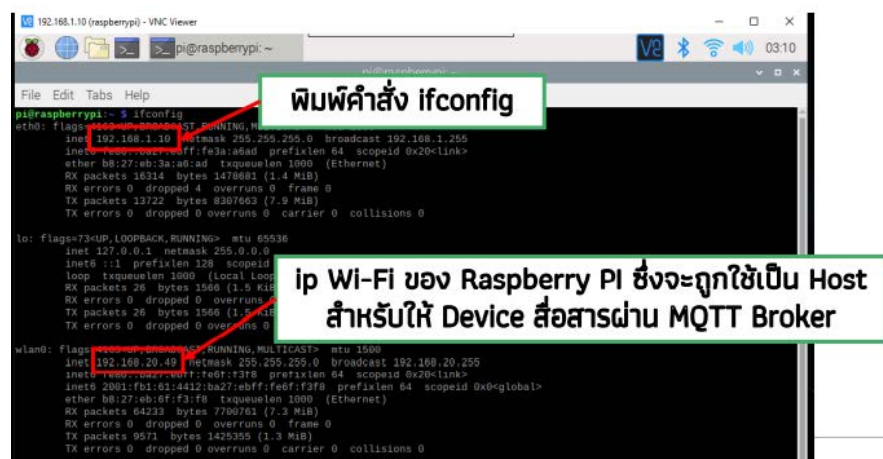
โดยตัวควบคุมด้วยอัลกอริทึมจากขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของอัลกอริทึม โดยมีการออกแบบการรับข้อมูลจากค่าอุณหภูมิ และค่าความชื้นในดิน และเอาต์พุตจำนวน 1 เอาต์พุต คือระยะเวลาในการเปิดน้ำเข้าสู่แปลงทดลอง โดยนำอัลกอริทึมที่ได้มาทำเป็นคำสั่งเปิด-ปิด น้ำและส่งไปควบคุมรีเลย์ที่ต่อกับปั๊มน้ำ

4.2 การทำงานของระบบส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.2.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์



รูปที่ 19 การเชื่อมต่อ MQTT Server บน Raspberry Pi



รูปที่ 20 การเช็ค IP ของ Raspberry Pi

192.168.1.10 (raspberrypi) - VNC Viewer

File Edit Tabs Help

pi@raspberrypi:~\$ mosquitto -h

mosquitto version 2.0.10

mosquitto is an MQTT v5.0/v3.1.1/v3.1 broker.

Usage: mosquitto [-c config_file] [-d] [-h] [-p port]

-c : specify the broker config file.
 -d : put the broker into the background after starting.
 -h : display this help.
 -p : start the broker listening on the specified port.
 Not recommended in conjunction with the -c option.
 -v : verbose mode enable all logging types. This overrides
 any logging options given in the config file.

See https://mosquitto.org/ for more information.

พิมพ์คำสั่ง mosquitto -h

หากติดตั้ง mosquitto แล้วจะแสดงดังรูป

รูปที่ 21 ทำการติดตั้ง MQTT Server บน Raspberry Pi

ทำการติดตั้ง MQTT Server บน Raspberry Pi กำหนดค่า Repository ของ Mosquitto โดยใช้คำสั่งดังนี้

sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-repo.gpg.key

sudo apt-key add mosquitto-repo.gpg.key cd /etc/apt/sources.list.d/

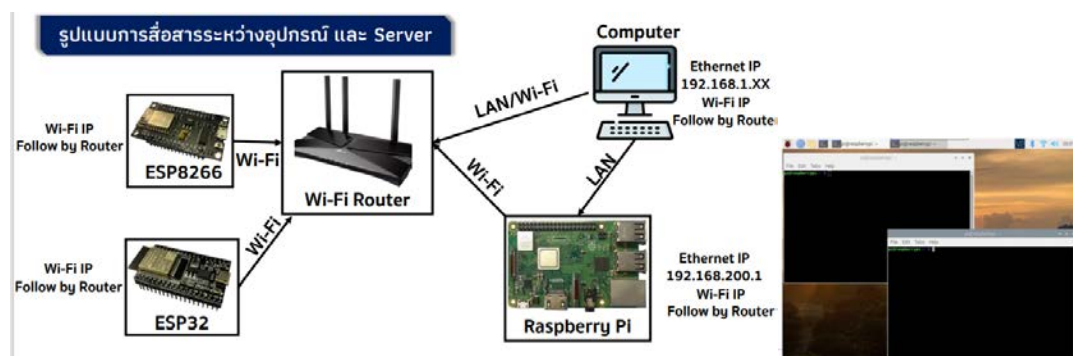
sudo wget http://repo.mosquitto.org/debian/mosquitto-stretch.list

ทำการ Update ระบบ ใช้คำสั่ง sudo apt update

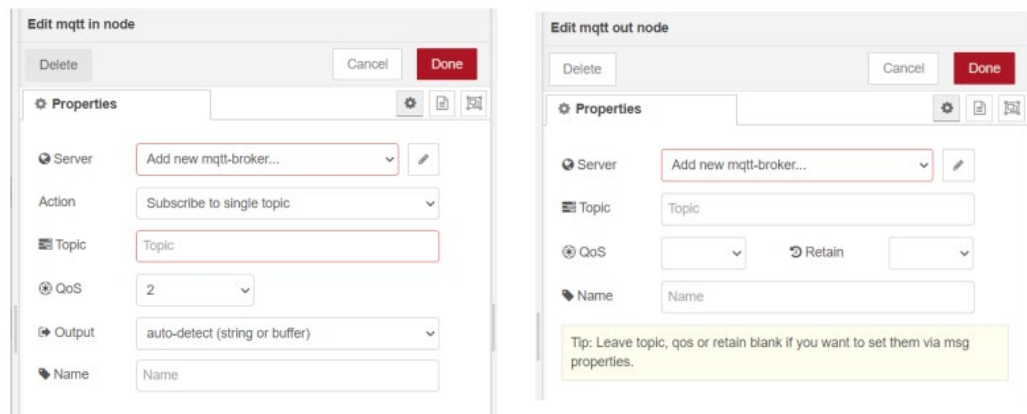
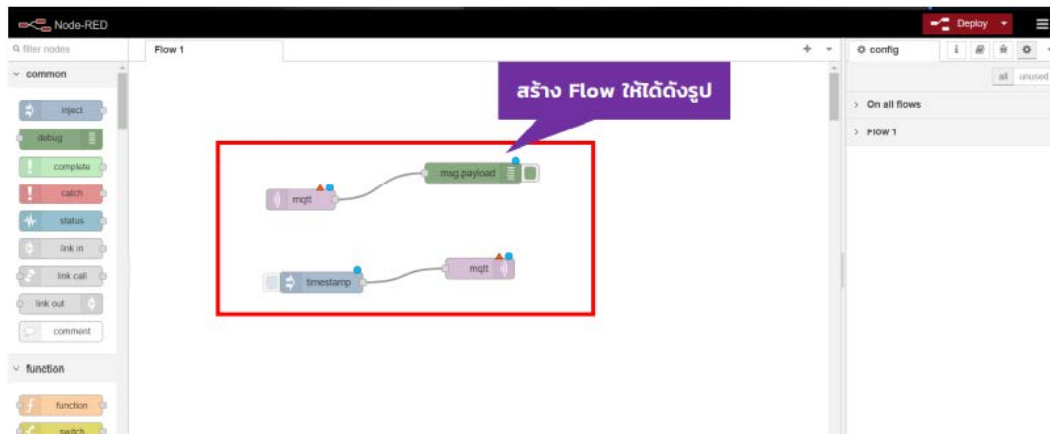
ตรวจสอบ Mosquitto Package ใช้คำสั่ง sudo apt-cache search mosquitto

ติดตั้ง Mosquitto Server ใช้คำสั่ง sudo apt-get install mosquitto -y

ติดตั้ง Mosquitto Client ใช้คำสั่ง sudo apt-get install mosquitto-clients -y



รูปที่ 22 ผลลัพธ์ที่ได้จากการเชื่อมต่อระบบ



รูปที่ 23 ทดสอบการใช้งาน MQTT บน Node-RED

จากการทดสอบการใช้งาน MQTT บน Node-RED กล่อง mqtt สำหรับสื่อสาร Protocol mqtt มีทั้งหมด 2 กล่อง คือ 1. mqtt in ใช้สำหรับรับข้อความเข้ามา 2. mqtt out ใช้สำหรับส่งข้อความออกไป

mqtt in ใช้สำหรับรับข้อความเข้ามา

Server: กำหนด server mqtt ที่ต้องการเชื่อมต่อ Topic:

กำหนด Topic ที่ใช้สื่อสาร

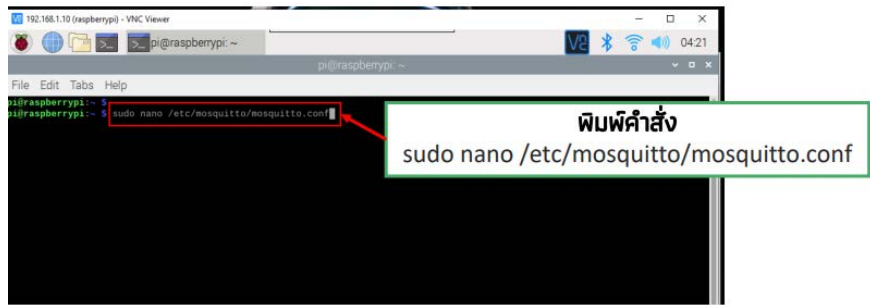
Name: การตั้งชื่อกล่องหรือ node

mqtt out ใช้สำหรับส่งข้อความออกไป

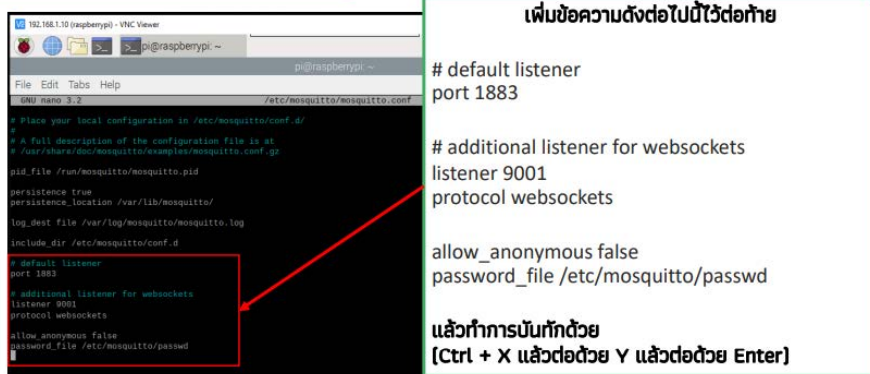
Server: กำหนด server mqtt ที่ต้องการเชื่อมต่อ

Topic: กำหนด Topic ที่ใช้สื่อสาร

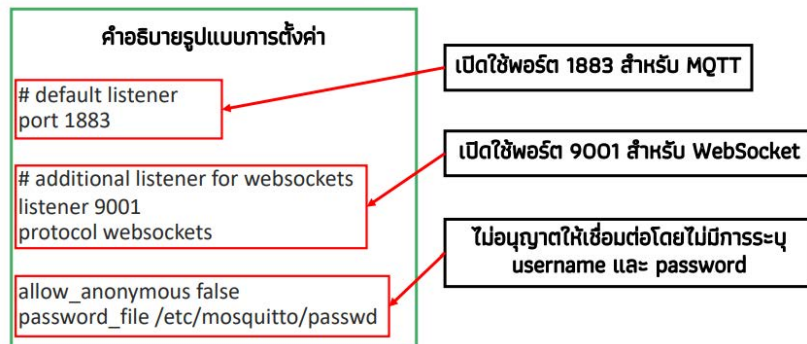
Name: การตั้งชื่อกล่องหรือ node



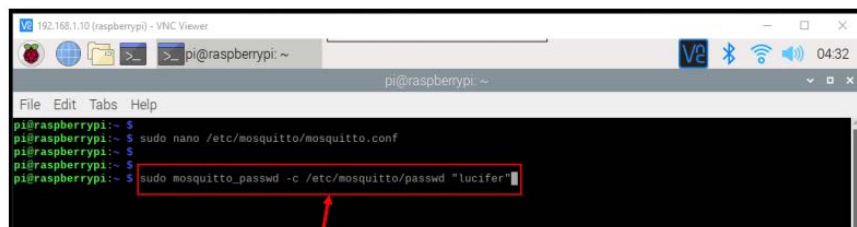
(a)



(b)



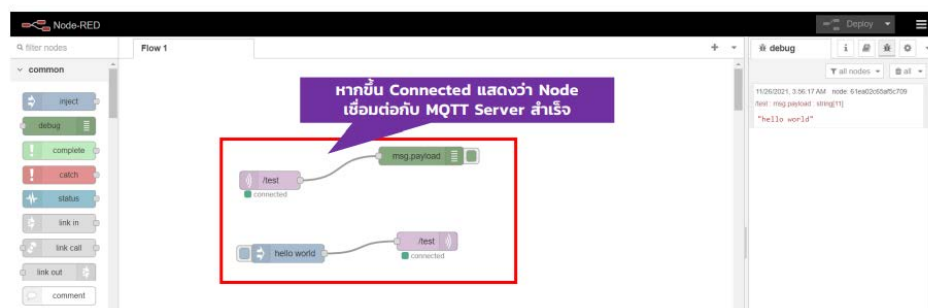
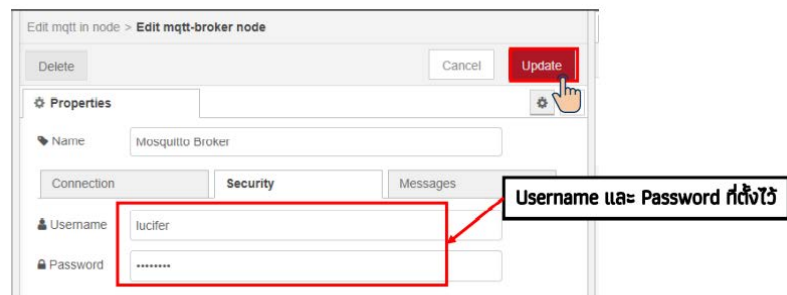
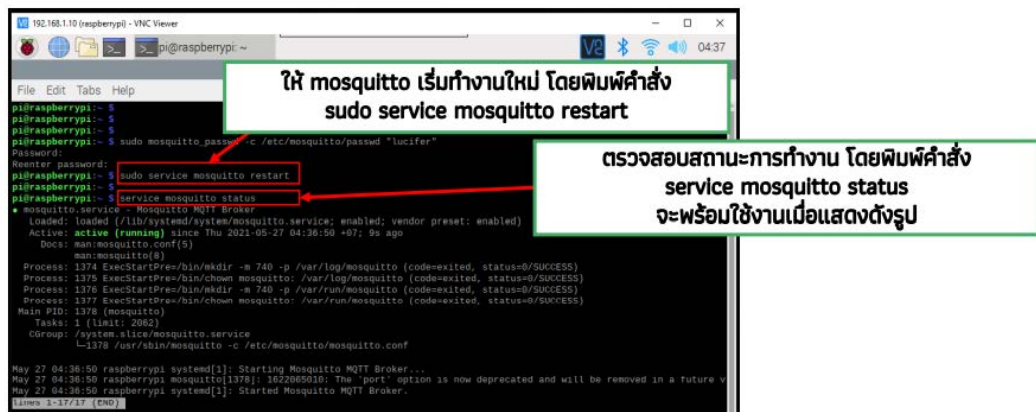
(c)



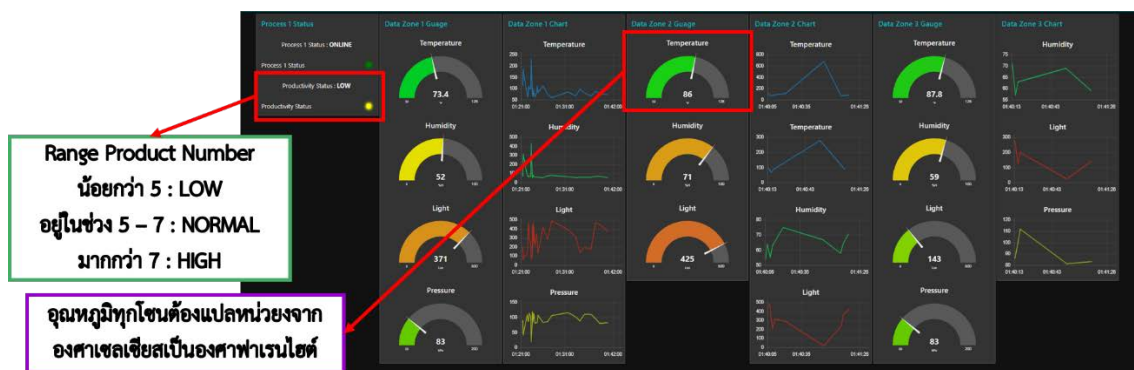
ทำการตั้งค่า username และ password โดยพิมพ์คำสั่ง
sudo mosquitto_passwd -c /etc/mosquitto/passwd "lucifer"

Username ที่ต้องการตั้ง

(d)



รูปที่ 25 ทดสอบการใช้งาน MQTT บน Node-RED

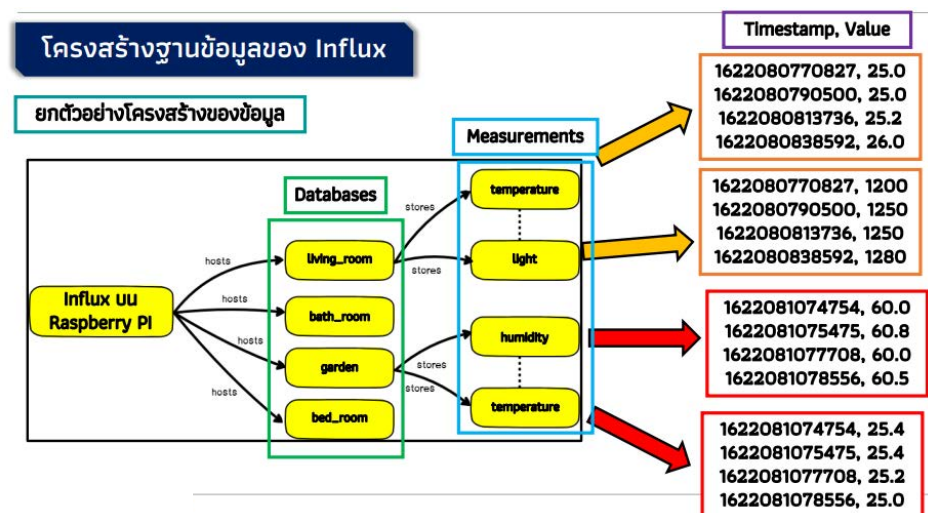


รูปที่ 26 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

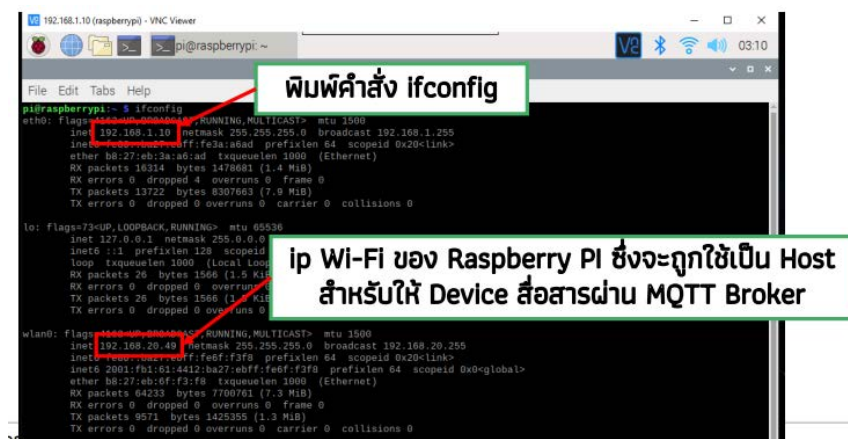
4.2.2 ทดลองการเชื่อมต่อฐานข้อมูลขนาดใหญ่

โดยทั่วไปแล้วข้อมูลในงานด้าน IoT ที่ได้ถูกรวบรวมจะถู Timestamp และจัดการด้วยวิธีแบบหลายในช่วงเวลา ซึ่ง Time series database (TSDB) เปรียบได้เสมือนระบบจัดการข้อมูลในช่วงของเวลา โดยจะมีการเก็บข้อมูลสถานะของเวลาหนึ่งที่มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องที่ทำจากแหล่งเดียวกันในช่วงเวลานั้น ซึ่งจะทำให้ได้เห็นการเปลี่ยนแปลงโดยที่วัตถุนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

การนำ InfluxDB มาใช้ในการเก็บข้อมูลของ Time Series Database เป็น Open-source เหมาะสำหรับการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพสูงและการเรียกค้นข้อมูลชุดข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งจะใช้เป็นที่เก็บข้อมูลสำหรับกรณีการใช้งานใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีการ Timestamp เป็นจำนวนมาก



รูปที่ 27 ตัวอย่างโครงสร้างฐานข้อมูล Influx



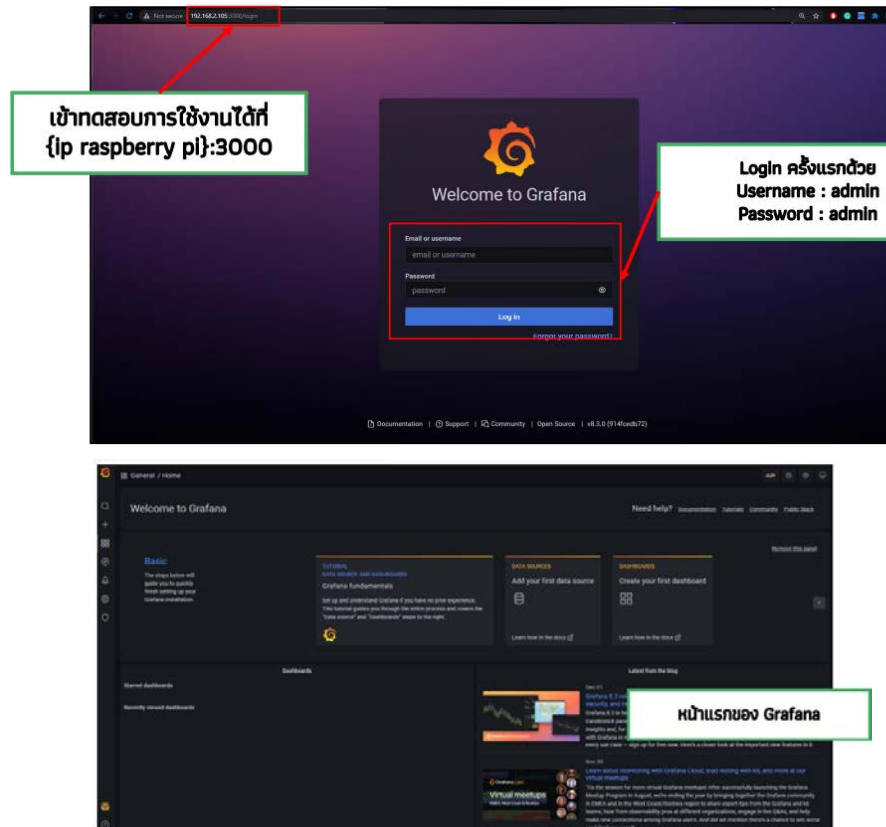
รูปที่ 28 การเช็ค IP ของ Raspberry Pi



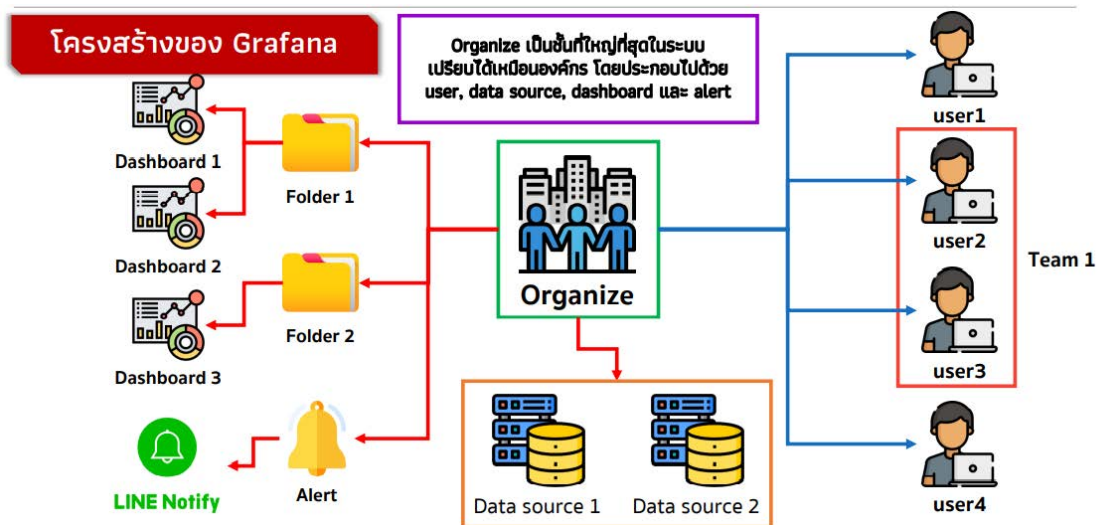
รูปที่ 29 ตัวอย่างการเรียกใช้ฐานข้อมูลที่ทำารเชื่อมต่อ

4.2.3 ทดลองการนำเสนอภาพข้อมูลและการแจ้งเตือน (Dashboard & Notification)

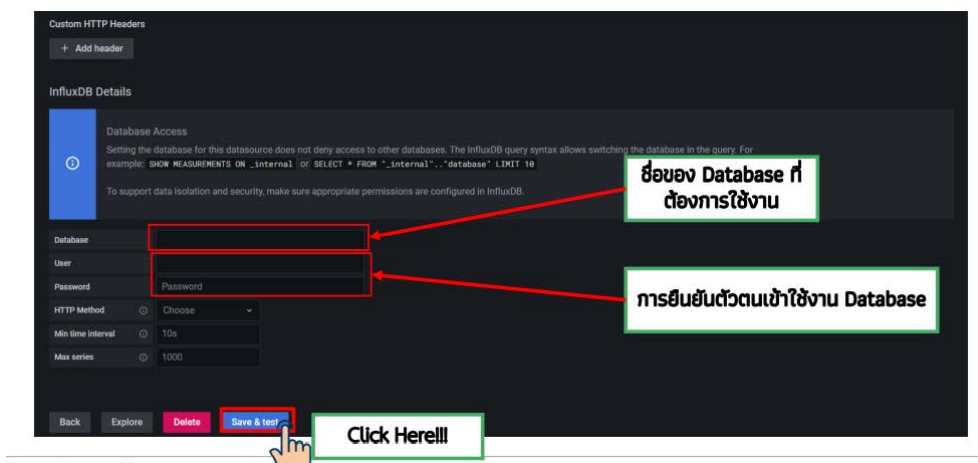
หลังจากที่ผู้ใช้ทำการติดตั้ง Grafana บน Raspberry Pi ให้ทำการทดสอบการใช้งาน



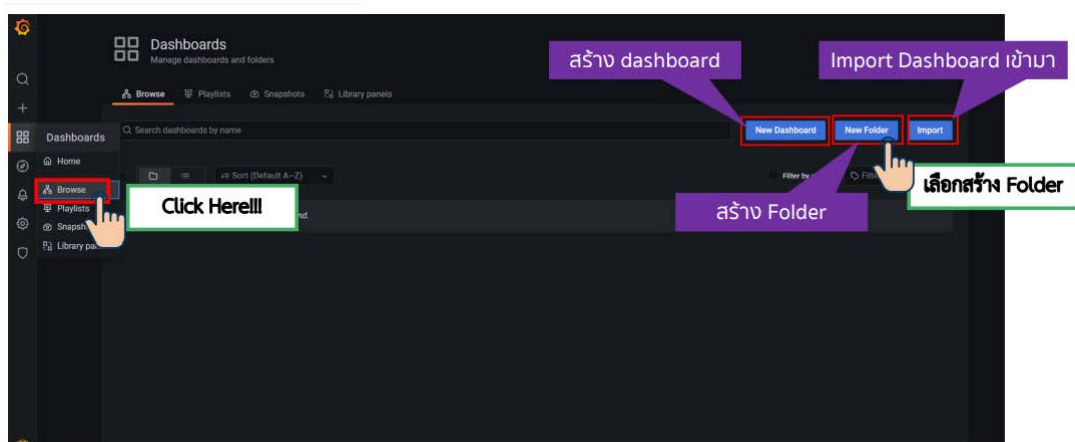
รูปที่ 30 ทดสอบการใช้งาน Grafana



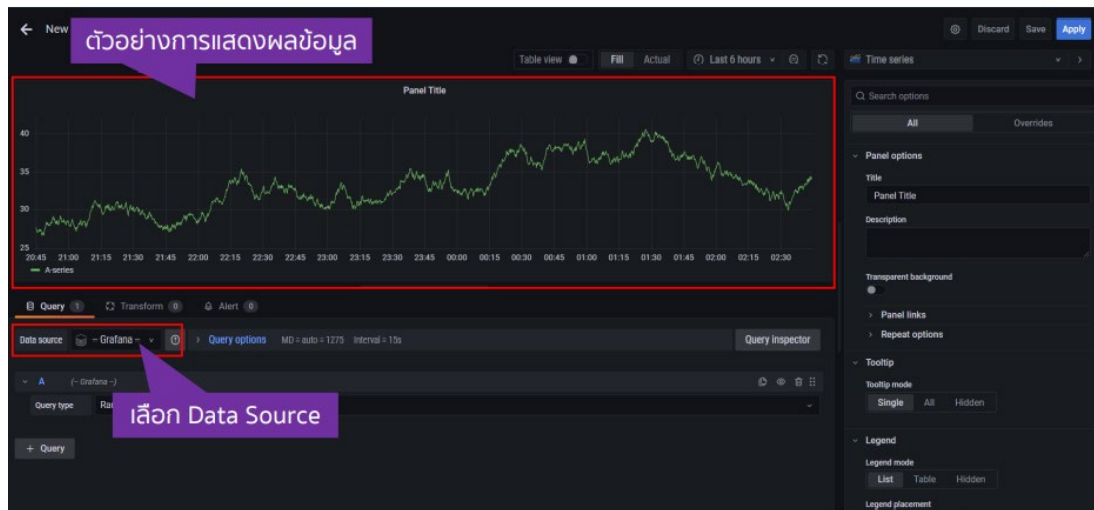
รูปที่ 31 โครงสร้างการทำงานของ Grafana



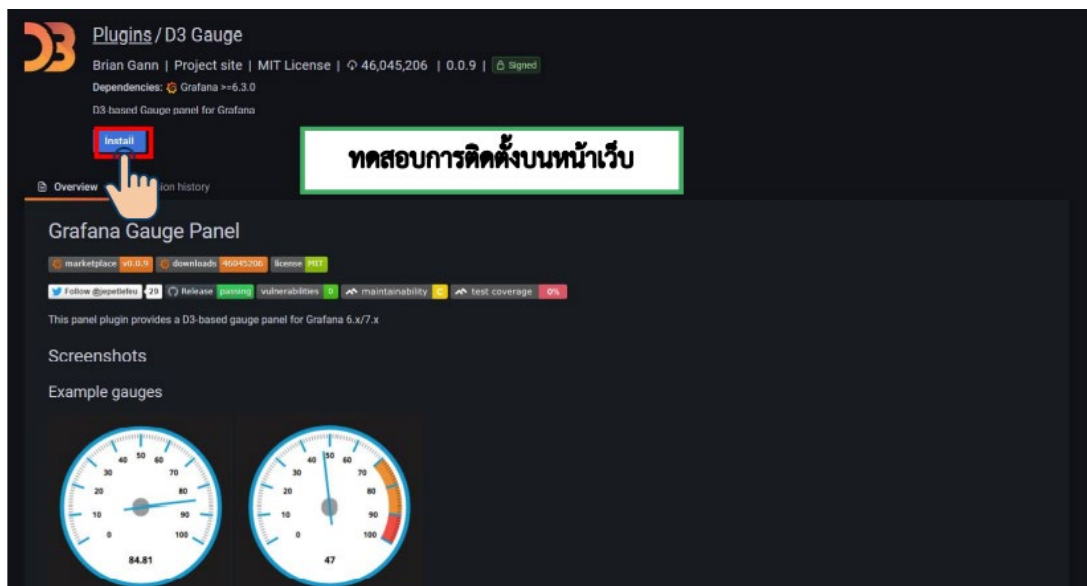
รูปที่ 32 ทดสอบการเพิ่ม Data Source



รูปที่ 33 ทดสอบสร้าง Dashboard



รูปที่ 34 ทดสอบการสร้าง Dashboard



รูปที่ 35 ทดสอบการติดตั้ง

รูปที่ 37 การทำ Dashboard แสดงผลข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ และการเชื่อมโยงฐานข้อมูลในรูปแบบ Time-series

4.2 ผลการพัฒนาต้นแบบอัลกอริทึม

4.2.1 Step 1 : IoT

จากการศึกษาค้นคว้าผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับ router node ซึ่งประกอบด้วย Arduino Uno R3 , soil moisture sensor และ temperature and humidity sensor (DHT11), NODEMCU ESP8266 module และ Battery Pack รวมเป็น 1 ชุด โดยงานวิจัยนี้ใช้จำนวน 20 ชุด ในพื้นที่ 1,200 square meters และอุปกรณ์สำหรับ coordinator node ประกอบด้วย Arduino Uno R3, NODEMCU ESP8266, และ water pump จำนวน 1 ชุด

ในส่วนของการรับค่าจากอุปกรณ์ Sensor แต่ละชนิด ซึ่งเป็นข้อมูลทั้งในรูปแบบอนาล็อก และดิจิทัล ใช้ภาษา Python ในการพัฒนา โดยการเก็บข้อมูลจาก sensor ผ่าน Arduino Board สำหรับการอ่านและนำไปส่งต่อไปยังระบบบนคลาวด์ผ่าน API Web Service ระบบบนคลาวด์จะรับค่า นำไปบันทึกลงในฐานข้อมูล firebase โดยจะบันทึก แยกเก็บข้อมูลตามแต่ละสถานีตรวจวัดความชื้น และอุณหภูมิ จาก soil moisture sensor และ DHT11 โดยส่งผ่านโมดูลสื่อสารไร้สาย NODEMCU ESP8266 ในการทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นดิน อุณหภูมิ โดย NODEMCU ESP8266 จะเชื่อมต่อกับ WiFi ส่งข้อมูลเข้าสู่ firebase โดยมีเงื่อนไขการจับเก็บข้อมูล 8 ช่วงเวลา ซึ่งเป็นค่าที่ถูกกำหนดไว้ในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมของ Arduino IDE

4.2.2 Step 2 : Big data

เมื่อได้รับข้อมูล sensor จาก step 1 จะทำการออกแบบ Application Programming Interface (API) สำหรับรับข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์ และบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล โดยเก็บไว้ใน cloud computing หลังจากนั้นจะทำการพัฒนาระบบบนคลาวด์เริ่มต้นโดยการสร้างฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิ ตามแต่ละสถานี หลังจากนั้นจะทำการดึงข้อมูลจาก cloud มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การให้น้ำต่อไป

4.2.3 Step 3 : AI

sensors จะทำการ data capture ทุกๆ วัน จำนวน 30 วัน ๆ ละ 8 เวลา คือ เวลา 01.00 PM, 04.00 PM, 07.00 PM, 10.00 PM, 13.00 AM, 16.00 AM, 19.00 AM และ 22.00 AM (1 วันจะมีจำนวนข้อมูล 20 ชุด X 8 เวลา X 30 วัน = 4,800 records) โดยข้อมูลจาก sensor อาจมีการสูญหาย ซึ่งงานวิจัยนี้จะใช้ขั้นตอนการ cleaning and Imputation โดยใช้ Deep learning

algorithm และกำหนดวิธีการด้วยเทคนิค Rectified Linear Unit (ReLU) สำหรับข้อมูล temperature และ humidity

หลังจากนั้นทำการจัดกลุ่มคุณภาพการเพาะปลูก โดยใช้ attribute time, station, temperature, humidity and soil moisture เป็นตัวแปรในการทดสอบ ใช้เทคนิค K-Mean Clustering เพื่อหากลุ่มที่เหมาะสม พบว่ากลุ่มที่เหมาะสมคือ 3 กลุ่ม โดยดูจุด elbow point และวัดค่าที่เหมาะสมที่สุดจาก Average within centroid distance ที่ค่า 34.643 และ Davies Bouldin ที่ค่า 0.959 แสดงดังตารางที่ 1 เมื่อทราบทั้ง 3 แล้วสามารถสร้าง class ได้ คือ การให้น้ำในปริมาณมาก ปานกลาง และไม่ให้น้ำ

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มคุณภาพการเพาะปลูก

K cluster	Davies Bouldin	Average within centroid
2.0	1.138	54.710
3.0	0.959	34.643
4.0	1.023	29.628
5.0	1.093	25.188

ขั้นตอนถัดไปนำ class ที่ได้ทั้ง 3 class ไปทดลองการให้น้ำที่เหมาะสม โดยนำ sensor ที่ประกอบด้วย soil moisture sensor และ DHT11 sensor ทำการวัดค่า temperature and soil moisture พบว่า ใน class ที่ต้องการปริมาณน้ำมาก ต้องให้เป็นระยะเวลา 15 นาที และ ปริมาณน้ำปานกลาง ต้องให้น้ำเป็นระยะเวลา 10 นาที ความชื้นในดินจะถึงเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลใช้การคัดเลือกข้อมูลเพื่อใช้ Training data และ Test data ด้วยวิธี cross validation ทำการเปรียบเทียบในแต่ละโมเดลโดยการทำ Optimize parameter หาค่าเหมาะสมที่สุดในแต่ละโมเดล

ตารางที่ 2 ผลทดสอบการเปรียบเทียบอัลกอริทึมของการวิเคราะห์ข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิ

Algorithm	Accuracy	RMSE
Nerul Network	99.37%	0.0166
Decision Tree	99.35%	0.0053
Naïve Bayesian	97.46%	0.0338
Deep Learning	99.60%	0.0039

จากตารางที่ 2 ผลการทำ optimize ของ Neural Network พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 7 folds และ training cycle จำนวน 18 cycles โดยมีค่าความถูกต้องที่ 99.37% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0166

ผลการทำ optimize ของ Decision Tree พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 7 folds และ gain ratio เป็น criterion มีค่าความถูกต้องที่ 99.35% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0053

ผลการทำ optimize ของ Naïve Bayes พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 11 folds มีค่าความถูกต้องที่ 97.46% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0338

ผลการทำ optimize ของ Deep Learning พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 9 folds มีค่าความถูกต้องที่ 99.60% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0039

จากการทำ optimize จึงนำมาหาโมเดลที่ดีที่สุดโดยดูจากการหาค่าความถูกต้อง (accuracy) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error, RMSE) พบว่าอัลกอริทึม Deep learning มีค่าความถูกต้องแม่นยำที่สุดที่ 99.60% โดยมี root mean square error เท่ากับ 0.0039

4.3 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์แบบเรียลไทม์

ในการออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ ปลุกพืชเศรษฐกิจอย่างน้อย 1 ชนิดของจังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้วิจัยได้ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นแปลงทดลองในการใช้งานระบบ

4.3.1 การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยการควบคุมอัลกอริทึมอัตโนมัติ

4.3.1.1 คำนวณจำนวนหัวน้ำหยดในแปลงทดลองขนาดยาว 60 เมตร × กว้าง 20 เมตร ดังนี้

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 แถวความยาว 60 เมตร ระยะห่างของหัวน้ำหยดเท่ากับ 30

เซนติเมตร

ดังนั้นจำนวนหัวน้ำหยดต่อ 1 แถวจะเท่ากับ $6,000 / 30 = 200$ หัวน้ำหยด

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมด 25 แถวซึ่งจะมีหัวน้ำหยดเท่ากับ $200 \times 25 = 5,000$ หัวน้ำหยด

4.3.1.2 คำนวณอัตราการใช้น้ำต่อชั่วโมง ดังนี้

มีหัวน้ำหยดเท่ากับ 5,000 หัวน้ำหยด

อัตราการจ่ายน้ำต่อ 1 หัวน้ำหยดเท่ากับ 2.5 ลิตรต่อชั่วโมง

ดังนั้นอัตราการใช้น้ำเท่ากับ $5,000 \times 2.5 = 12,500$ ลิตรต่อชั่วโมง

4.3.1.3 จากการเก็บข้อมูลจำนวน 30 วัน พบว่ามีระยะเวลาการให้น้ำทั้งหมด 420 นาที ได้ 6 ชั่วโมง 30 นาที

ดังนั้นอัตราการใช้น้ำเท่ากับ $12,500 \times 6.5 = 81,250$ ลิตรต่อเดือน

4. 3.2 การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยวิธีการทางสถิติ

วิธีการให้น้ำแก่พืชโดยวิธีการทางสถิติจะใช้วิธีการคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด โดยมีรายละเอียดดังนี้

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration) หมายถึงปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ซึ่งประกอบไปด้วย การคายน้ำ และการระเหย

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน พืชชนิดเดียวกันอาจมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับอายุของพืชชนิดนั้นๆ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลของกรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละช่วงอายุ

อายุ เดือน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kc	0.63	0.72	0.86	1.13	1.35	1.52	1.61	1.63	1.58	1.50	1.38	1.15	0.90	0.67

ที่มา (Ministry for the Environment, 2018)

การหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ET_p สามารถทำการคำนวณได้โดยอาศัยข้อมูลสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยของกรมอุตุนิยมวิทยากระทรวงคมนาคมซึ่งค่า ET_p ของพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ที่คำนวณไว้แล้ว

ตารางที่ 4 การใช้น้ำของพืชอ้างอิงของพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์

เดือน	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ET_p	3.33	4.05	4.96	5.18	4.16	3.69	3.58	3.43	3.22	3.69	3.73	3.41

ที่มา (Ministry for the Environment, 2018)

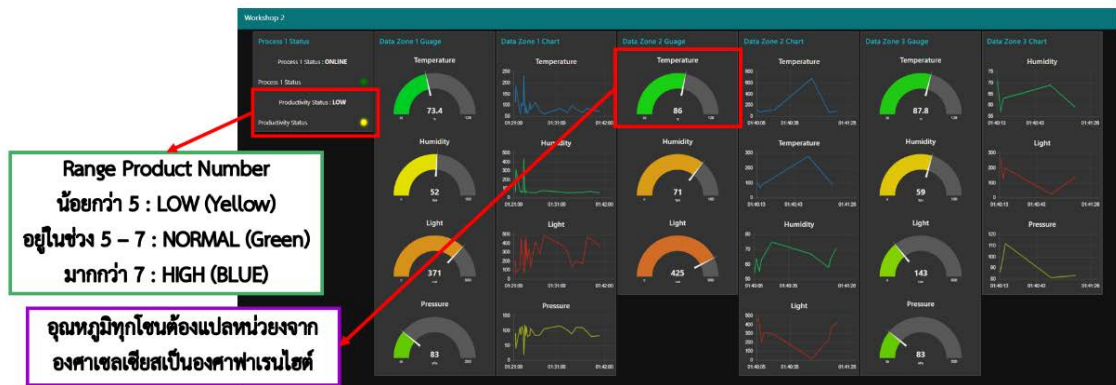
การคำนวณปริมาณความต้องการน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงระยะเวลาการทดลองช่วงเวลาในการทดลองให้น้ำแก่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2564 และในขณะทดลองต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุประมาณ 1 เดือน ดังนั้น จากตารางที่ 4 จะได้ K_c เท่ากับ 0.63 , ET_p เท่ากับ 4.16 มม. ต่อวันและจากสมการที่ (2) และนำมาทดลองอีกครั้งในปี พ.ศ.2565

$$ET = K_c \times ET_p = 0.63 \times 4.16 = 2.6208 \text{ มม. ต่อวัน}$$

ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังใน 1 เดือนจะเท่ากับ $2.6208 \text{ มม.} \times 30 = 78.624 \text{ มม.}$

ต้องใช้ปริมาณน้ำทั้งหมดต่อ 1200 ตารางเมตร เท่ากับ $1200 \text{ ม.}^2 \times (78.624 \text{ มม.} / 1000 \text{ มม.})$ เท่ากับ 94.3488 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน หรือประมาณ 94,349 ลิตรต่อเดือนซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำของระบบอัตโนมัติด้วยตัวควบคุมอัลกอริทึมพบว่าระบบที่ออกแบบขึ้นใช้น้ำในการเพาะปลูกน้อยกว่าการให้น้ำแบบทั่วไปประมาณ 13,099 ลิตร ซึ่งสามารถประหยัดได้ถึง 13.89 % ในพื้นที่เพาะปลูกขนาด 1200 ตารางเมตร

ผลการควบคุมในรูปแบบ Dashboard



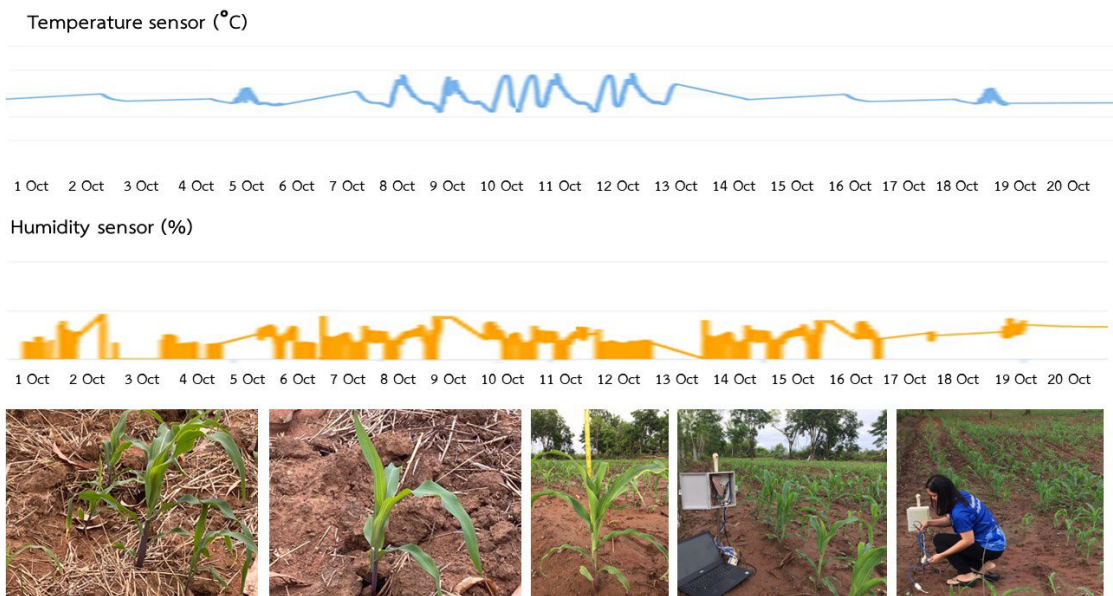
รูปที่ 38 ผลการควบคุมในรูปแบบ Dashboard



รูปที่ 39 พื้นที่แปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



รูปที่ 40 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระยะทดลอง



รูปที่ 41 การทดลองแปลงปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.4 ผลการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT

หลังจากที่ได้ระบบ IoT การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในครั้งนี้ คือ แบบสอบถาม โดยคำถามทั้งหมดในแบบสอบถามชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน (Perceived Usefulness) และส่วนที่ 2 การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use) วัดระดับความคิดเห็นเป็นมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scales) 5 ระดับ ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) การเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ศึกษาและจัดทำแบบสอบถามทางออนไลน์ โดยจัดทำในรูปแบบ Google Form ระหว่างการสาธิตระบบ IoT การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยทำการจัดเก็บจากเกษตรกรรุ่นใหม่ จำนวน 30 คน

ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี พบว่า การยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน ระดับการยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน ระดับการยอมรับอยู่ในระดับมาก

ตารางที่ 5 ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน

การรับรู้ถึงประโยชน์การใช้งาน	Mean	S.D.	ระดับการยอมรับ
1. การเลือกใช้ระบบ IoT จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการทำการเกษตร	4.53	0.61	มากที่สุด
2. การใช้ระบบ IoT จะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในด้านการปลูกพืช เนื่องจากแสดงผลอุณหภูมิและความชื้น สะดวกรวดเร็วในการจัดเก็บ สามารถทำการประมวลผลได้ทันทีทันใด	4.53	0.62	มากที่สุด
3. การใช้ระบบ IoT จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบอุณหภูมิและความชื้นได้แม่นยำ รวดเร็วมากยิ่งขึ้น	4.55	0.61	มากที่สุด
4. การใช้ระบบ IoT ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ช่วยให้เกษตรกรรุ่นใหม่ได้รับความสะดวก สามารถเข้าถึงข้อมูลสะดวกรวดเร็ว และไม่มีข้อจำกัดด้านสถานที่ในการเข้าถึงข้อมูล	4.56	0.53	มากที่สุด
รวม	4.54	0.36	มากที่สุด

ตารางที่ 6 ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน

การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน	Mean	S.D.	ระดับการยอมรับ
1.การใช้ระบบ IoT มีรูปแบบการใช้งานที่ง่าย และไม่ยุ่งยากในการเรียนรู้เป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้ระบบ	4.41	0.52	มาก
2.การใช้ระบบ IoT เป็นทางเลือกในการทำภารกิจที่ ออกแบบระบบให้ง่ายต่อการใช้งาน	4.12	0.34	มาก
3.การใช้ระบบ IoT รูปแบบการใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้งานทดแทนแรงงานคนจากรูปแบบเดิม	4.71	0.46	มากที่สุด
4.การใช้ระบบ IoT มีรูปแบบการใช้งานระบบที่ไม่ยุ่งยากเพียงมีระบบอินเทอร์เน็ตก็สามารถใช้งาน และเซ็นเซอร์จัดเก็บข้อมูลได้ทันที	4.15	0.37	มาก
รวม	4.35	0.42	มาก

ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยพิจารณาค่า Sig. เปรียบเทียบกับค่า α ที่ 0.05

4.5 ผลการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชน

ตารางที่ 7 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชน

ประเด็นคำถาม	คะแนนเฉลี่ย	ผลการประเมิน
1. ด้านกระบวนการให้ความรู้		
1.1 การประชาสัมพันธ์การให้องค์ความรู้ด้าน IoT	4.13	พอใจมาก
1.2 ความสะดวกในการเข้ารับการอบรม	3.96	พอใจมาก
1.3 การอธิบายขั้นตอนการให้ความรู้ของวิทยากรชัดเจน เข้าใจง่าย	4.16	พอใจมาก
1.4 กระบวนการให้ความรู้ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดทักษะได้รวดเร็ว	4.19	พอใจมาก

ประเด็นคำถาม	คะแนนเฉลี่ย	ผลการประเมิน
1.5 วิธีการฝึกการใช้งาน IoT และแก้ไขข้อผิดพลาดของผู้เข้ารับการอบรม	3.93	พอใจมาก
1.6 ระยะเวลาที่ใช้ในการให้ความรู้ (3วัน)	4.13	พอใจมาก
รวม	4.08	
2. ด้านการให้บริการ		
2.1 การให้บริการและอรรถยาศัยของเจ้าหน้าที่	3.91	พอใจมาก
2.2 การให้บริการอุปกรณ์ IoT แก่ผู้เข้าอบรม	3.75	พอใจมาก
2.3 การให้บริการพาหนะที่พักแก่ผู้เข้าอบรม	3.68	พอใจมาก
2.4 สถานที่สำหรับอบรม	3.44	พอใจปานกลาง
2.5 สถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้เข้ารับการอบรม	3.49	พอใจปานกลาง
รวม	3.65	
3. ด้านสถานที่/โสตทัศนูปกรณ์		
3.1 ความเหมาะสมของสถานที่อบรม	4.07	พอใจมาก
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบรม	3.96	พอใจมาก
3.3 ความเหมาะสมของการอุปกรณ์ IoT	3.81	พอใจมาก
3.4 ประสิทธิภาพของระบบ IoT ประกอบการให้องค์ความรู้	3.82	พอใจมาก
รวม	3.91	
4. ด้านองค์ความรู้ที่ได้รับ		
4.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมที่จัดให้แก่ผู้เข้ารับการอบรม	3.79	พอใจมาก
4.2 ความเหมาะสมของวันเวลาการเรียนรู้ IoT	3.72	พอใจมาก
4.3 องค์ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้	3.32	พอใจปานกลาง
รวม	3.61	

ประเด็นคำถาม	คะแนนเฉลี่ย	ผลการประเมิน
5. ความพึงพอใจโดยภาพรวมในการให้ความรู้	4.04	พอใจมาก
คะแนนเฉลี่ยภาพรวมทุกประเด็น	3.85	พอใจมาก

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนเฉลี่ยภาพรวมทุกด้านเท่ากับ 3.85 ผลประเมินอยู่ในระดับพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการให้ความรู้สูงสุดเท่ากับ 4.08 รองลงมาได้แก่ด้านสถานที่/โสตทัศนูปกรณ์เท่ากับ 3.91 และด้านการให้บริการเท่ากับ 3.65 ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ด้านองค์ความรู้ที่ได้รับเท่ากับ 3.61

ประเด็นที่ผู้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้มีความพึงพอใจมากที่สุดคือ กระบวนการให้ความรู้ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดทักษะได้รวดเร็วคิดเป็นร้อยละ 4.19 รองลงมาได้แก่การอธิบายขั้นตอนการให้ความรู้ของวิทยากรชัดเจนเข้าใจง่ายคิดเป็นร้อยละ 4.16 และการประชาสัมพันธ์การให้องค์ความรู้ด้าน IoT และระยะเวลาในการให้ความรู้ (3 วัน) มีคะแนนเฉลี่ย 4.13

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

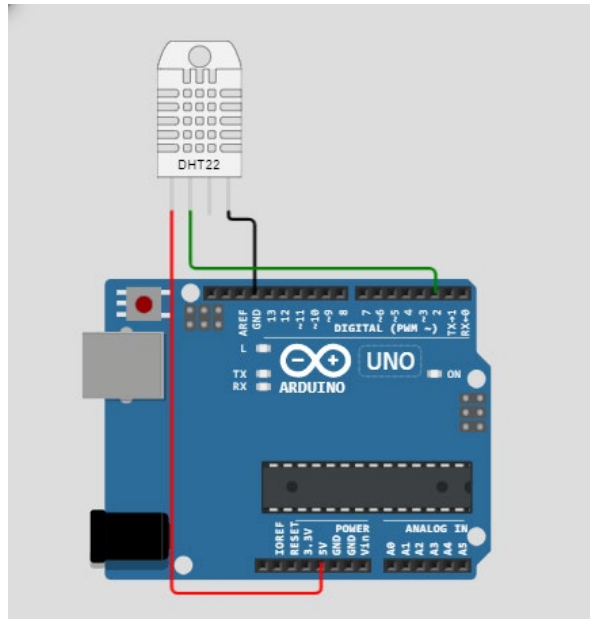
งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากเพื่อยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง สามารถสรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ตัวอย่างต้นแบบอัลกอริทึมที่ใช้ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยจำนวน 4 อัลกอริทึม คือ อัลกอริทึม Nerul Network อัลกอริทึม Decision Tree อัลกอริทึม Naïve Bayesian และอัลกอริทึม Deep Learning พบว่า อัลกอริทึม Deep learning มีค่าความถูกต้องแม่นยำที่สุดที่ 99.60% โดยมี root mean square error เท่ากับ 0.0039 จากการทำ optimize จึงนำมาหาโมเดลที่ดีที่สุดโดยดูจากการหาค่าความถูกต้อง (accuracy) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error, RMSE)

โดยเรียงจากค่าความถูกต้อง พบว่า อัลกอริทึม Deep Learning พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 9 folds มีค่าความถูกต้องที่ 99.60% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0039 อัลกอริทึม Neural Network พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 7 folds และ training cycle จำนวน 18 cycles โดยมีค่าความถูกต้องที่ 99.37% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0166 อัลกอริทึม Decision Tree พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 7 folds และ gain ratio เป็น criterion มีค่าความถูกต้องที่ 99.35% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0053 และอัลกอริทึม Naïve Bayes พบว่าค่าที่เหมาะสมที่จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมอื่น คือ ค่า number of fold ที่ 11 folds มีค่าความถูกต้องที่ 97.46% โดยมี EMSE เท่ากับ 0.0338

5.1.2 ออกแบบและพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์ ในการปลูกพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



```
#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));

  dht.begin();
}

void loop() {
  delay(2000);

  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
```

```

if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return;
}

float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);

Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("% Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.print(F("°C "));
Serial.print(f);
Serial.print(F("°F Heat index: "));
Serial.print(hic);
Serial.print(F("°C "));
Serial.print(hif);
Serial.println(F("°F"));
}

```

รูปที่ 42 ตัวอย่างพัฒนาระบบ IoT ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับ Soil moisture sensor, Temperature and humidity sensor (DHT11) แบบเรียลไทม์

5.1.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลการยอมรับ (TAM) เทคโนโลยีระบบ IoT ของเกษตรกรจังหวัดเพชรบูรณ์ ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี พบว่า การยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน ระดับการยอมรับอยู่ในระดับมากที่สุด และด้านการรับรู้ถึงความสะดวกในการใช้งาน ระดับการยอมรับอยู่ในระดับมาก ผลการทดสอบสมมติฐาน พบว่า เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย โดยพิจารณาค่า Sig. เปรียบเทียบกับค่า α ที่ 0.05

5.1.4 ความพึงพอใจจากการเผยแพร่องค์ความรู้ในชุมชนในการยกระดับเกษตรกรรมด้วยฐานข้อมูลขนาดใหญ่ผ่านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง คะแนนเฉลี่ยภาพรวมทุกด้านเท่ากับ 3.85 ผลประเมินอยู่ในระดับพอใจมาก

คะแนนเฉลี่ยด้านกระบวนการให้ความรู้สูงสุดเท่ากับ 4.08 รองลงมาได้แก่ด้านสถานที่/โสตทัศนูปกรณ์เท่ากับ 3.91 และด้านการให้บริการเท่ากับ 3.65 ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ ด้านองค์ความรู้ที่ได้รับเท่ากับ 3.61

ประเด็นที่ผู้รับการถ่ายทอดองค์ความรู้มีความพึงพอใจมากที่สุดคือ กระบวนการให้ความรู้ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดทักษะได้รวดเร็วคิดเป็นร้อยละ 4.19 รองลงมาได้แก่การอธิบายขั้นตอนการให้ความรู้ของวิทยากรชัดเจนเข้าใจง่ายคิดเป็นร้อยละ 4.16 และการประชาสัมพันธ์การให้องค์ความรู้ด้าน IoT และระยะเวลาในการให้ความรู้ (3 วัน) มีคะแนนเฉลี่ย 4.13

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า การจัดเก็บข้อมูลด้วย อุปกรณ์ sensor เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ผ่านการส่งสัญญาณ WiFi โดย NODEMCU ไปยัง server ที่อยู่บน cloud สามารถจัดเก็บข้อมูลได้มีประสิทธิภาพ จะมีข้อมูลสูญหายซึ่งอาจมาจากการเชื่อมต่อที่ผิดพลาดระหว่าง อุปกรณ์ กับสัญญาณอินเทอร์เน็ต หลังจากนั้นนำข้อมูลที่จัดเก็บบน cloud มาวิเคราะห์หาอัลกอริทึมที่เหมาะสมโดย 1) การ cleansing and imputation data ซึ่งจากการวิจัยนี้ใช้ deep learning ในการหาค่าสูญหายซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rania , El-Sayed Salah; Mohamed , El-Sayed Nour (2020) Classification of vehicles' types using histogram oriented gradients: comparative study and modification จากนั้นนำข้อมูลมาทำการ clustering เพื่อจัดกลุ่มโดยใช้เทคนิค k-mean จากข้อมูล temperature, soil moisture ได้ค่า optimize 3 class เมื่อได้กลุ่มที่เหมาะสมจึงนำมาหาค่า prediction โดยการเปรียบเทียบค่าที่ดีที่สุด และค่า EMSE พบว่า deep learning algorithm ได้ค่าดีที่สุดสอดคล้องกับงานวิจัย Nurul , Mashudi Amirah; Norulhusna , Ahmad; Norliza , Noor Mohd (2021) เรื่อง Classification of adult autistic spectrum disorder using machine learning approach เมื่อได้ algorithm จึงนำมาเขียนลงในบอร์ด Arduino ของ coordinator router เพื่อควบคุมการให้น้ำซึ่งจะนำข้อมูล sensor จากอุปกรณ์ router มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้ปริมาณน้ำตาม class ที่พยากรณ์ได้ ผลจากการทดลองการให้น้ำ 30 วันสามารถประหยัดน้ำได้ 13.89 %

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยีระบบ IoT Plug & Play เลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรรุ่นใหม่ สามารถตอบสมมติฐานคือ สมมติฐานที่ 1 ด้านการรับรู้ถึงประโยชน์มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยี จากผลการวิจัยพบว่า ค่าสถิติ t-test มีค่า Sig เท่ากับ 0.000

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ 1 และมีค่าเบต้าเป็นบวก จึงสามารถตีความได้ว่าด้านการรับรู้ถึงประโยชน์มีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยีระบบ IoT ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมมติฐานที่ 2 การรับรู้ถึงความง่ายมีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยี จากการวิจัยพบว่า ค่าสถิติ t-test มีค่า Sig เท่ากับ 0.001 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานที่ 2 และมีค่าเบต้าเป็นบวก จึงสามารถตีความได้ว่าด้านการรับรู้ถึงความง่ายมีอิทธิพลต่อการยอมรับการใช้เทคโนโลยีระบบ IoT ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ระบบ IoT สำหรับการปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำไปใช้กับภาคการเกษตรขนาดใหญ่ สามารถควบคุมดูแลการผลิต การเลี้ยงต่อภัยแล้ง คาดการณ์ปริมาณน้ำ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gondchawar and Kawitkar (2016) Channe et al. (2015) ได้ศึกษาแบบจำลองการเกษตรแบบอัจฉริยะ โดยใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง จากการเกษตรอัจฉริยะร่วมกับฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ พบว่า IoT มุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากการเกษตรอัจฉริยะ และการทำงานที่สามารถช่วยในการจัดเก็บข้อมูล โดยใช้การควบคุมระยะไกล เช่น กำจัดวัชพืช, การให้น้ำ และการตรวจจับความชื้น ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรให้ดีขึ้น ผลการยอมรับการใช้เทคโนโลยี ด้านการรับรู้ประโยชน์ในการใช้งาน และด้านการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน เป็นไปตามความสัมพันธ์ทฤษฎี TAM สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liu et al. (2010), Lin (2011), Sheng Jue and Wiewie (2008) ที่อธิบายว่าการรับรู้ว่าง่ายต่อการใช้อิทธิพลต่อการรับรู้ว่ามีประโยชน์ และมีอิทธิพลต่อเจตคติต่อการใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในงานครั้งต่อไป ผู้วิจัยจะทำการเพิ่ม sensor เพื่อจัดเก็บข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ เช่น sensor แสง, sensor วัดค่าแร่ธาตุในดิน เป็นต้น มีการนำต้นแบบวิธีการไปทดลองกับพืชประเภทอื่น ๆ และนำระบบโดรนที่มีการจัดเก็บภาพวิดีโอ เพื่อนำมาวิเคราะห์การเจริญเติบโต หรือศัตรูพืช ได้

บรรณานุกรม

- Afis , J., & Andi , S. (2021). A performance evaluation of convolutional neural network architecture for classification of rice leaf disease. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(4), 1069~1078.
- Ali, H. A., Duhi, A. H., Nabeel, A. L., & Mnati, M. J. (2019). Smart monitoring system for pressure regulator based on IOT. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 9(5), 3450-3456.
- Ali, M. H., & Ali, N. K. (2019). IoT based security system and intelligent home automation multi monitoring and control systems. *International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, 8(3), 205-210.
- Aliyu , A. M., Musa, M. M., & Usman, S. U. (2020). Machine learning for plant disease detection: an investigative comparison between support vector machine and deep learning. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 9(4), 670~683.
- Andi , R., Sri , M., & M, R. (2021). Applying fuzzy proportional integral derivative on Internet of things for figs greenhouse. *IEEE Transactions on industrial Informatics*, 10(3), 536~544.
- Arif, U., Nazri, N. M., Uddin, J., Baseer, S., & Ansam , H. R. (2019). Artificial bee colony algorithm used for load balancing in cloud computing: review. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 8(2), 156~167.
- Bayram , A., & Norliza , N. M. (2021). A compact deep learning model for Khmer handwritten text recognition. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(3), 584~591.

- Blognone,. (2020). *Internet of Things เมื่อสิ่งของทุกชนิด “ต่อเน็ตและคุยกันเอง”*. Retrieved from <http://www.thairath.co.th/content/393132>:
<http://www.thairath.co.th/content/393132>
- Charu, A. C. (2018). *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook 1st*. United States of America: Springer.
- Chatterjee, S., Kar, A. K., & Gupta, M. (2018). Success of IoT in Smart Cities of India: An empirical analysis. *Government Information Quarterly*, 35(3), 349-361.
- Chen, S., Wen, H., Wu, J., Lei, W., Hou, W., Liu, W., . . . Jiang, Y. (2019). Internet of Things based Smart Grids Supported by Intelligent Edge Computing. *IEEE Access*, 7, 74089-74102.
- Gartner. (n.d.). *RapidMiner Reviews*. Retrieved 2 28, 2021, from <https://www.gartner.com/reviews/market/data-sciencemachine-learning-platforms/vendor/rapidminer/reviews>
- He, W., Yan, G., & Xu, L. D. (2014). Developing Vehicular Data Cloud Services in the IoT Environment. *IEEE Transactions on industrial Informatics*, 10(2), 1587-1595.
- Hebron, P. (2016). *Machine Learning for Designers*. United States of America: O'Reilly Media, Inc.
- J, A., S, R., & M, R. (2018). A study of classification algorithms using Rapidminer. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119(12), 15977-15988.
- K, L. (2019). Shrinkage of real power loss by enriched brain storm optimization algorithm. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 8(1), 1-6.
- Kriangsak. (2020). *Internet Of Things (IoT)*. Retrieved from <http://www.9kriangsak.com/internet-of-things>.
- Meteorological Department. (2019). *Water usage of the plants*. Thailand: Meteorological Department, Ministry of Digital Economy and Society.

- Mimistry for the Environment. (2018). *The Study Report Project on Suatainable Consumption and Production of Maize Supply Chain in Thailand*. Thailand: Mimistry for the Environment, Nature Conservation.
- Nikhil, B. (2017). *Fundamentails of Deep Learning Designing Next-Generation Machine Intelligence Algorithms*. U.S.A: O'reilly.
- Noraini , S., & Nurul , R. A. (2020). Machine learning-based technique for big data sentiments extraction. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 9(3), 473~479.
- Nur Aqilah , K., Rohayanti , H., Noor , Z. H., Shahreen , K., Farid Zamani , C., & Tole , S. (2021). A systematic literature review of machine learning methods in predicting court decisions. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(4), 1091~1102.
- Nurul , M. A., Norulhusna , A., & Norliza , N. M. (2021). Classification of adult autistic spectrum disorder using machine learning approach. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(3), 743~751.
- Office of Agricultural Economics. (2020). *Agricultural Economics of Mize*. Thailand: Office of Agricultural Economics,Ministry of Agriculture and Cooperatives.
- Oludare, I. A., Aman, J., Abiodun, O. E., Omolara, V. D., Nachaat , M. A., & Mohamed, M. (2018). State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 1-21.
- Panana Tangwannawit, และ Sakchai Tangwannawit. (2022). An optimization clustering and classification based on artificial intelligence approach for internet of things in agriculture. *International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, vol. 11, no.1, doi: 10.11591/ijai.v11.i1.pp201-209.
- Rania , E.-S. S., & Mohamed , E.-S. N. (2020). Classification of vehicles' types using histogram oriented gradients: comparative study and modification. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 9(4), 700-712.

- Royal Irrigation Department. (2019). *Reference Crop Evapotranspiration by Penman Monteith*. Thailand: Department of Agriculture.
- Shaikh, F. K., Zeadally, S., & Exposito, E. (2017). Enabling Technologies for Green Internet of Things. *IEEE SYSTEMS JOURNAL*, 11(2), 983-994.
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 623-656.
- ssanetwork. (2020). *IoT (Internet of Things)*. Retrieved from <http://www.ssanetwork.com/iot-internet-of-things/>.
- Strategic-man. (2021). เทคโนโลยีที่ 3: Internet of Things. Retrieved from <http://www.strategic-man.com/articles/detail/19#.ViIPBX7hDIW>:
<http://www.strategic-man.com/articles/detail/19#.ViIPBX7hDIW>
- Tangwannawit, P. (2018). *Artificial Intelligence Theory and Applications*. Thailand: Petchabun.
- Tangwannawit, P., & Saengkrajang, K. (2021). An Internet of Things (IoT) Ecosystem for Planting of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*.
- Tangwannawit, P., & Saengkrajang, K. (2021). Technology acceptance model to evaluate the adoption of the internet of things for planting maize. *Life Sciences and Environment Journal*, 22(2), 262-273.
- Tanwannawit, P., & Saengkrajang, K. (2019). Development of Smart Internet of Things (IoT) for Local Vegetables. *The 15th National Conference and International Conference on Applied Computer Technology and Information Systems*, (pp. 230-241). Thailand.
- Tsehay , A. A., R, T. L., & N, K. K. (2021). Breast cancer prediction model with decision tree and adaptive boosting. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 10(1), 184-190.

- V, P. S., Kathan , G., & D, V. P. (2019). Machine learning: the new language for applications. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 8(4), 411~421.
- Verma, S., Thampi, G., & Madhuri , R. (2020). ANN based method for improving gold price forecasting accuracy through modified gradient descent methods. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*, 9(1), 46-57.
- Villiers, M. d. (2020). “*Why does a Smart Nation matter?Singapore, a tech innovation hub, is tackling tomorrow’s big challenges today*”. Retrieved from <http://www.smartnation-forbes.com/#sthash.qwosEKLg.dpuf>
- Z-80, (2021). Retrieved from www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html: www.Chokelive.com/blog/2013/07/Micro-Controller-Application.html
- คอร์เปอเรชั่น, อ. (2020). *ม็อดิจิตอล ยูนิเวิร์สถูกรุกรานโดยเซ็นเซอร์*. Retrieved from <http://www.ecommerce-magazine.com/issue/00000/May-2014>: <http://www.ecommerce-magazine.com/issue/00000/May-2014>
- หน้าที่คอนโทรลเลอร์. (2020). www.Rendhyy8.blogspot.com/2013/12/tugas-mikroprosesor.html. Retrieved from www.Rendhyy8.blogspot.com/2013/12/tugas-mikroprosesor.html

ภาคผนวก

- ผลงานตีพิมพ์ในระดับนานาชาติฐาน Scopus ระดับนานาชาติ