รายงานโครงงานนิสิตชั้นปีที่ 4

เรื่อง

# การออกแบบระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

โดย

นางสาวญาณินี จึงจรัสทรัพย์

รหัสนิสิต 583 34148 23

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงงานทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงงานทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด
The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

| | |
|---|---|
| หัวข้อโครงงาน | การออกแบบระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว |
| ผู้จัดทำโครงงาน | นางสาวญาณินี จึงจรัสทรัพย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา |
| ภาควิชา | ฟิสิกส์ |
| ปีการศึกษา | 2561 |

.....

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2561 คณะกรรมการได้ตรวจและรองรับรายงานฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ ทรงพงษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ หลิมกำเนิด)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา)

| | |
|---|---|
| หัวข้อโครงงาน | การออกแบบระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว |
| ผู้จัดทำโครงงาน | นางสาวญาณินี จึงจรัสทรัพย์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา |
| ภาควิชา | ฟิสิกส์ |
| ปีการศึกษา | 2561 |

.....

## บทคัดย่อ

ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมต่อระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย (Wireless LAN หรือ Wi-Fi) ได้ มาเชื่อมต่อกับ ตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิใน ตัวรับรู้ความชื้นในดิน และตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (จีพีเอส) เป็นตัวรับข้อมูลจากข้อมูลความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและอุณหภูมิที่วัดได้นั้นส่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์ประมวลผลโดยเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้จากนั้นจึงสั่งการให้ปั๊มน้ำและวาล์วให้เปิดหรือปิด พร้อมทั้งส่งผลของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิที่วัดได้ ความชื้นในดิน พิกัดบนพื้นโลกของชุดการวัดนั้น และแสดงสถานะการทำงานของปั๊มน้ำและวาล์วผ่านทางหน้าเว็บไซต์ NETPIE ทำให้สามารถทราบค่าข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ และควบคุมปริมาณน้ำให้เหมาะสมตรงกับตำแหน่งที่พืชต้องการได้

| | |
|---|---|
| Title | Design of precision irrigation system using embedded system |
| Name | Yaninee Jungjarassub |
| Adviser | Assoc.Prof.Dr.Tonphong Kaewkongka |
| Major | Physics |
| Academic year | 2561 |

.....

## Abstract

Internet of things (IoT) means internet technology that connects devices and tools together. Those tools can be linked and communicated through the Internet, which is based on the embedded system. At present, this technology has been applied to high precision farming, which help farmers to control the quality and quantity of agricultural products, while also helping to use the resources with maximum benefit as well. In this project, using the ESP8266 microcontroller which has features that can connect to a wireless computer network (Wireless LAN or Wi-Fi) can be connected to Relative humidity and temperature sensor. In temperature measurement within the sensor, there is resistors that have inverse resistance to temperature, when the temperature is higher the resistance will be lower. The current can flow more, which made the measured temperature to rise. And the principle used to measure relative humidity is that within the sensor, there will be material that changes the impedance value when receiving steam or ionized. The amount of flow can therefore be different. As a result, the relative humidity is different. The soil moisture detector, which has a working principle, is when the stab the sensor into the soil. Will decrease the resistance between both probes of the sensor causing electricity to flow more. Resulting in more measured humidity. And GPS module is the data receiver. From soil moisture data, relative humidity in the air and the temperature are sent to the microcontroller to be processed by comparison with the set conditions. Then the water pump and valve can be controlled to open or close. With the data of relative humidity, temperature, soil moisture, the coordinates on the earth of that measurement set and showing the working status of the pump and valve via the NETPIE website page. With the presented data, one can identify physical value, device processing status and control the amount of water for decision irrigation system.

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน รองศาสตราจารย์ ดร.ต้นพงศ์ แก้วคงคา ที่ช่วยดูแลให้คำปรึกษา ความรู้และคำแนะนำสำหรับแนวทางในการดำเนินงานที่ดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์ ทรงพงษ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ หลิมกำเนิด ที่ได้กรุณาสละเวลามาเป็นกรรมการตรวจสอบรวมทั้งให้คำแนะนำ พร้อมทั้งให้ความสนใจในการตรวจสอบและแก้ไขโครงงาน

ขอขอบพระคุณ อ.ดร. สมฤทธิ์ วงศ์มณีโรจน์ ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องอุปกรณ์ต่างๆ

ขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ให้คำแนะนำ ฝึกให้คิดเป็นแก้ปัญหาเป็น

ขอบคุณนายสุรกฤษ ผลโคกสูง เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ และนายเฉลิมวุฒิ ชำนาญฉา พนักงานประจำห้องปฏิบัติการอิเล็คทรอนิกส์ที่สละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือในการทำโครงงาน ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอบคุณนายอัครพงษ์ จึงจรัสทรัพย์ บิดาของผู้รับผิดชอบโครงงานที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการทำโครงงานนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ รุ่นน้อง ภาควิชาฟิสิกส์ที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมาตลอด

นางสาวญาณินี จึงจรัสทรัพย์

นิสิตผู้รับผิดชอบโครงงาน

# สารบัญ


บทคัดย่อ ..... i

Abstract ..... ii

กิตติกรรมประกาศ ..... iii

บทที่ 1 ..... 1

บทนำ ..... 1

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและอุปกรณ์ที่ใช้ ..... 3

1. ความชื้น (Humidity) ..... 4

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ..... 4

3. ความชื้นในดิน (Soil moisture) ..... 4

4. อุณหภูมิ (Temperature) ..... 5

5. ค่าศักย์ของน้ำ (Water Potential) ..... 6

6. ESP8266 ..... 6

7. ตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ DHT 11 ..... 8

8. ตัวรับรู้ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ..... 10

9. โมดูล Ublox NEO-6M ..... 11

10. NETPIE ..... 12

11. รีเลย์ (Relay) ..... 14

12. ปั๊มน้ำ ..... 15

13. โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด ..... 15

บทที่ 3 การออกแบบการทำงานและขั้นตอนการทำงาน ..... 17

บทที่ 4 ผลการทดลอง ..... 24

ตอนที่ 1 การทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว ..... 24

ตอนที่ 1.1 การทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ ..... 24

ตอนที่ 1.2 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นในดิน ..... 27

ตอนที่ 1.3 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ตำแหน่งบนพื้นโลก ..... 28

ตอนที่ 1.4 ทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวทั้งระบบ ..... 29
ตอนที่ 2 ทดสอบการอ่านค่าข้อมูลจากตัวรับรู้สัญญาณในระยะไกลผ่านทางหน้าเว็บไซต์ NETPIE . 30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ ..... 33
บรรณานุกรม ..... 35
ภาคผนวก ..... 37

# บทที่ 1

# บทนำ

## ปัญหาและความสำคัญ

ผลิตผลทางการเกษตรถือว่าเป็นที่ต้องการมากทั้งคนและสัตว์ ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นเมืองเกษตรกรรมที่ส่งออกสินค้าทางการเกษตรจำนวนมากในแต่ละปี ซึ่งการที่จะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรนั้นให้มีคุณภาพที่ดี และปริมาณสูงนั้น ขึ้นอยู่กับปุ๋ย (อาหารของพืช) และน้ำที่พืชจะได้รับ หากพืชได้รับปุ๋ยและน้ำมากเกินไปจะทำให้สูญเสียทรัพยากรไปโดยไม่เกิดประโยชน์ และหากพืชได้รับปุ๋ยและน้ำน้อยเกินไปก็จะส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณน้อยกว่าที่ควร หากเราสามารถควบคุมปริมาณปุ๋ยและน้ำให้เหมาะสมกับที่พืชต้องการได้นอกจากจะเป็นการควบคุมต้นทุนการผลิตได้แล้ว ยังสามารถควบคุมผลผลิตได้อีกด้วย

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีต่างๆมากมาย ทั้งคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ไอที สื่อสาร เซ็นเซอร์ เทคโนโลยีชีวภาพ รวมทั้งนาโนเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำการเกษตร ทำให้การทำเกษตรธรรมดากลายเป็น การทำเกษตรแม่นยำ (Precision agriculture) ได้ [1] ซึ่งการทำเกษตรแม่นยำนั้นนอกจากจะช่วยให้เกษตรกรใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้แล้วนั้น ยังช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมผลผลิตได้ตามที่ต้องการอีกด้วย และอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่สามารถนำมาช่วยในการทำเกษตรแม่นยำนั้นก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยแสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัวเอง ทำให้มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน [2]

สำหรับในโครงงานนี้จะสนใจในส่วนของการควบคุมการให้น้ำพืชโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ในการประมวลผลและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ ตัวรับรู้ความชื้นในดิน และตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส) เป็นตัวรับข้อมูล จากข้อมูลความชื้นและอุณหภูมิที่วัดได้นั้น จากนั้นจึงส่งให้ไมโครคอนโทรเลอร์ประมวลผลและควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ พร้อมทั้งมีการระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าขณะนั้นด้วย ซึ่งในการอ่านค่าข้อมูลและสั่งการนั้นหากต้องคอยดูอยู่ที่เครื่องมือตลอดเวลา อาจก่อให้เกิดความไม่สะดวกได้ ในโครงงานนี้จึงได้เชื่อมต่อระบบควบคุมการรดน้ำพืชอัตโนมัติกับอินเทอร์เน็ต ทำให้การอ่านค่าข้อมูลและควบคุมอุปกรณ์สามารถทำได้แม้อยู่ไกลจากเครื่องมือ

**วัตถุประสงค์**

1. สร้างระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว
2. สามารถอ่านค่าข้อมูลจากตัวรับรู้สัญญาณได้ในระยะไกล

**ระเบียบวิธีวิจัย**

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์

1.1 ศึกษาไมโครคอนโทรเลอร์

1.2 ศึกษาวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถแสดงผลและควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตได้

1.3 ศึกษาการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ ตัวรับรู้ความชื้นในดินและตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส)

1.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานตามวงจรที่ออกแบบไว้

2. ออกแบบวงจรของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว
3. ออกแบบการวางระบบให้น้ำ
4. เขียนโปรแกรมที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานในวงจรที่ออกแบบไว้
5. สร้างส่วนแสดงผลข้อมูลบน NETPIE
6. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว
7. ทดสอบระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวและวิเคราะห์ผลที่ได้

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

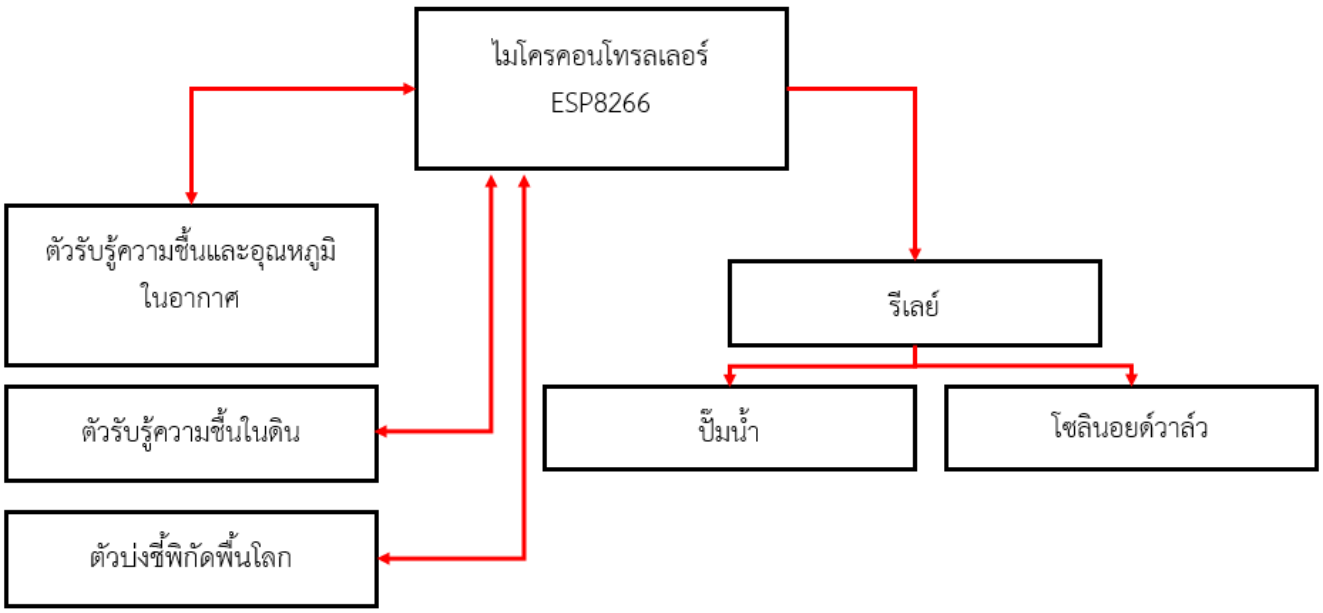
1. ได้ระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว
2. สามารถอ่านค่าข้อมูลจากตัวรับรู้สัญญาณได้ในระยะไกล

# บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและอุปกรณ์ที่ใช้

อุปกรณ์ที่จะนำมาใช้ในระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวได้แก่

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ใช้ในการประมวลผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอกอื่นๆ
- ตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ (DHT11) ใช้ในการวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของอากาศ ณ บริเวณนั้น
- ตัวรับรู้ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ใช้ในการวัดความชื้นของดิน ณ บริเวณนั้น
- ตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (Module GPS)
- โมดูลรีเลย์ (Module relay) ใช้เป็นสวิตซ์เพื่อสั่งเปิด-ปิดปั๊มน้ำและวาล์ว
- ปั๊มน้ำ (Water Pump) ใช้ในการให้น้ำพืช
- โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)
- NETPIE แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ค่าตำแหน่งที่วัดได้




**รูปที่ 2.1** บล็อกไดอะแกรมสำหรับระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

**1. ความชื้น (Humidity)**[1]

ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศบริเวณใดบริเวณหนึ่ง โดยความชื้นของอากาศมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันและอุณหภูมิ

**2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)**[2]

“อัตราส่วนของ ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ต่อ ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน” หรือ “อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริง ต่อ ความดันไอน้ำอิ่มตัว” ค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงในรูปของร้อยละ (%) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่อยู่ในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่ทำให้อากาศอิ่มตัว}} \times 100\% = \frac{\text{ความดันไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ}}{\text{ความดันไอน้ำของอากาศอิ่มตัว}} \times 100\%$$

ปริมาณของไอน้ำในอากาศขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศ อากาศร้อนสามารถเก็บไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นหากอุณหภูมิของอากาศลดลงจนถึงจุดๆ หนึ่งที่ทำให้เกิด "อากาศอิ่มตัว” (Saturated air) อากาศจะไม่สามารถเก็บกักไอน้ำไว้ได้มากกว่านี้ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% และหากอุณหภูมิยังคงลดต่ำลงอีก ไอน้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นนี้เรียกว่า “จุดน้ำค้าง” (Dew point) จุดน้ำค้างของอากาศชื้นย่อมมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดน้ำค้างของอากาศแห้ง

**3. ความชื้นในดิน (Soil moisture)** [3]

**3.1 ความหมาย**

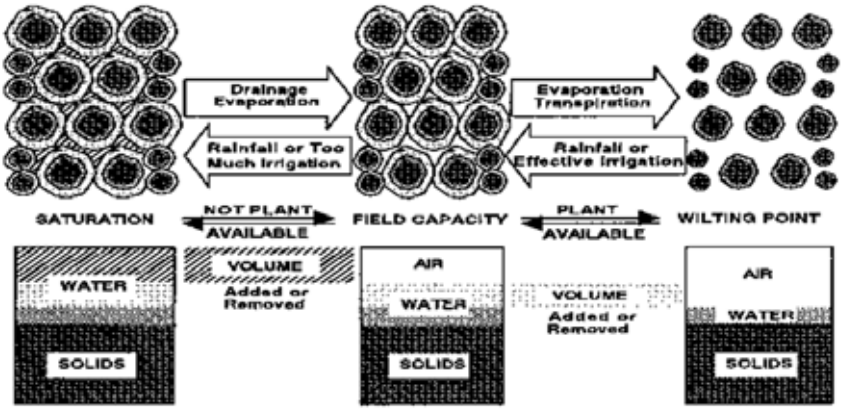
ความชื้นในดิน (soil moisture) คือ ปริมาณน้ำที่ถูกอนุภาคของดินดูดไว้ ทำให้น้ำที่แทรกซึมลงในดินยังคงค้างอยู่ตามช่องของเนื้อดิน (capillary water) หรือเคลือบเป็นฟิล์มรอบอนุภาคดิน (hygroscopic water) ตามรูปที่ 2.2 ถ้าในส่วนของช่องว่างในเนื้อดินมีน้ำอยู่เต็มไม่มีแก๊สอยู่เลยเรียกว่าดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated soil) แต่ถ้าในช่องว่างของดินมีทั้งน้ำและแก๊สอยู่ด้วยเรียกว่า ดินที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated soil) และจะพิจารณาระดับน้ำในดินที่ไม่เกินความลึกของรากพืชดังนั้น

$$\text{ความชื้นในดิน} = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน}}{\text{มวลของดินแห้ง}} = \frac{\text{ปริมาณน้ำฝน} - \text{ปริมาณน้ำที่ระเหย}}{\text{มวลของดินแห้ง}}$$

**รูปที่ 2.2** แสดงรูปแบบของน้ำที่ถูกอนุภาคของดินยึดไว้

### 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Relationship between plantavailable water and water distribution in the soil)

หลังจากฝนตกดินจะมีระดับความชื้นเท่ากับจุดอิ่มตัว (saturation) เป็นระดับที่เนื้อดินเต็มไปด้วยน้ำ ที่ระดับนี้เนื้อดินจะไม่ยึดเกาะน้ำ จึงเป็นการง่ายที่จะนำน้ำออกจากอนุภาคดิน โดยการระเหยจากหน้าดิน และซึมลึกไปในดินชั้นล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก พืชจึงใช้ประโยชน์จากน้ำในดินประเภทนี้ได้น้อยมาก และน้ำที่ระดับนี้จะซึมลึกไปชั่วระยะเวลาหนึ่งก็จะหยุดซึมลึก ขณะนั้นระดับความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ เรียกว่าความจุภาคสนาม (field capacity) ที่ระดับนี้พืชสามารถนำน้ำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย โดยน้ำจะไหลไปมาช้าๆ ในดินเปรียบเสมือนน้ำที่อยู่นิ่ง ซึ่งจะถูกรากพืชดูดไปใช้และคายน้ำออกทางใบ (transpiration) นอกจากนี้ยังระเหยออกจากผิวหน้าดินได้โดยตรง (evaporation) หลังจากนั้นระดับความชื้นจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) ซึ่งรากพืชจะดูดน้ำจากดินไม่ได้อีก พืชจะแสดงอาการเหี่ยวถาวรโดยไม่ฟื้นหากไม่ได้เติมน้ำโดยระบบชลประทานหรือมีฝนตกลงมา ดังนั้นความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืช (Available water) จะอยู่ในช่วงระหว่างความชื้นระดับความจุสนามและจุดแห้งเหี่ยวถาวร ความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเนื้อดินเป็นหลัก พบว่าความชื้นในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชของดินเหนียวที่เป็นดินเนื้อละเอียดจะมีช่วงกว้างกว่าดินร่วนและดินทราย ถ้าเนื้อดินเป็นดินทรายการให้น้ำต้องบ่อยครั้งมากกว่าดินร่วนและดินเหนียว




**รูปที่ 2.3** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายความชื้นในดินและน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

### 4. อุณหภูมิ (Temperature) [15]

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร

**5. ค่าศักย์ของน้ำ (Water Potential)**[4]

ค่าศักย์ของน้ำคือพลังงานที่สามารถทำงานได้ของน้ำ หมายถึง Gibbs free energy ต่อโมเลกุลของน้ำ ใช้สัญลักษณ์ $\Psi$ (psi) น้ำจะไหลจากที่ที่มีค่าพลังงานต่อโมลสูงไปยังที่ที่มีค่าพลังงานต่อโมลต่ำ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวนี้ พลังงานของระบบจะลดลงเพราะมีการปล่อยพลังงานให้สภาพแวดล้อม และเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเอง พลังงานที่ปล่อยออกมานี้มีความสามารถในการทำงานได้ เช่น เมื่อน้ำถูกดูดเข้าสู่ต้นพืชโดยทางตรงกันข้ามกับแรงดึงดูดของโลก ในบางกรณีจะไม่มีงานเกิดขึ้น แต่พลังงานในระบบจะถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมในรูปของความร้อน หรือเอนโทรปีด้วย ถ้าหากมีความแตกต่างของพลังงานที่สามารถทำงานได้ของน้ำมาก การไหลของน้ำจะมีมากจนกระทั่งเกิดการสมดุลน้ำจึงจะหยุดไหล โดยค่าศักย์ของน้ำสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิดังนี้

$$\Psi = \frac{RT}{M_w} \ln(h_r)$$ [5]

เมื่อ $\Psi$ คือ ค่าศักย์ของน้ำ (J/g)

R คือ ค่าคงที่ของแก๊สเท่ากับ 8.3145 J $K^{-1}$ $mol^{-1}$

T คือ อุณหภูมิ (K)

$M_w$ คือ มวลโมเลกุลของน้ำเท่ากับ 18.02 g/mol

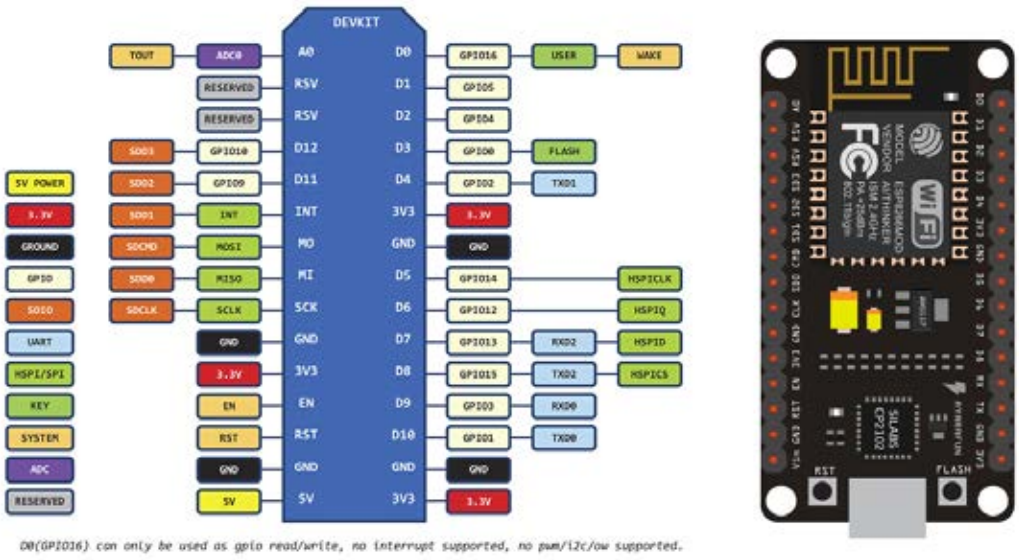
$h_r$ คือ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (%)

**6. ESP8266** [6]

ESP8266 คือ ชิปไอซีที่มีเฟิร์มแวร์ที่ทำงานในลักษณะเป็น Serial-to-WiFi ช่วยให้อุปกรณ์สามารถต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตผ่านระบบ Wi-Fi ได้ อีกทั้งสามารถรันโปรแกรมลงไปได้โดยตรง ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เนื่องจากในตัวไอซี ESP8266 นี้ ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (Flash Memory) ในตัว จึงมีการเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI กับไอซีภายนอก (External Flash Memory) ทำให้มีพื้นที่มากถึง 4 MB ในการเขียนและเก็บโปรแกรมใช้งาน

ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3 V - 3.6 V ดังนั้นการนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันมาช่วย เพื่อไม่ให้โมดูลพังเสียหาย กระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200 mA ความถี่คริสตอล 40 MHz

ขาของ NodeMCU แบ่งได้ดังนี้




**รูปที่ 2.4** การเชื่อมต่อของขาของ NodeMCU

http://aj-bee.blogspot.com/2015/09/nodemcu-v2-esp8266-part-1.html

• Vin เป็นขาสำหรับจ่ายไปเข้าเพื่อให้โมดูลทำงานได้ ซึ่งแรงดันที่ใช้งานได้คือ 3.3 V – 3.6 V

• GND เป็นขา ground หรือขาที่ต่อสายดิน

• Reset และ CH_PD (หรือ EN) เป็นขาที่ต่อเข้ากับไฟขั้วบวก (Pull-up) เพื่อให้โมดูลสามารถทำงานได้ ทั้ง 2 ขานี้สามารถนำมาใช้รีเซ็ตโมดูลได้เหมือนกัน แต่แตกต่างตรงที่ขา Reset สามารถปล่อยลอยไว้ได้ แต่ขา CH_PD (หรือ EN) จำเป็นต้องต่อเข้ากับไฟขั้วบวก (Pull-up) เพราะเมื่อขานี้ไม่ต่อเข้ากับไฟขั้วบวก โมดูลจะไม่ทำงานทันที

• GPIO เป็นขาดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต ทำงานที่แรงดัน 3.3V

• GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เท่านั้น เพื่อให้โมดูลทำงานได้

• GPIO0 เป็นขาสำหรับการเลือกโหมดทำงาน หากนำขานี้ลง GND จะเข้าโหมดโปรแกรม หากปล่อยลอยไว้ หรือนำเข้ากับไฟขั้วบวก จะเข้าโหมดการทำงานปกติ

• ADC เป็นขาอนาล็อกอินพุต รับแรงดันได้สูงสุดที่ 1V ขนาด 10 บิต การนำไปใช้งานกับแรงดันที่สูงกว่าต้องใช้วงจรแบ่งแรงดันเข้าช่วย

## 7. ตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ DHT 11[1]

### 7.1 หลักการทำงาน

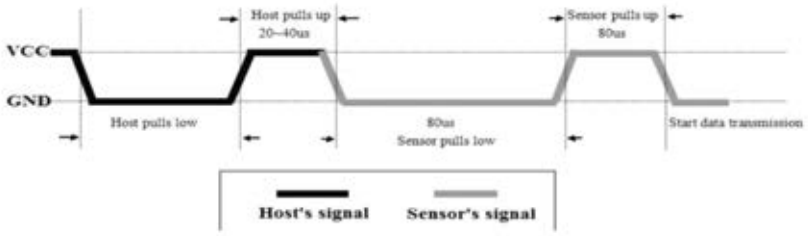
ตัวรับรู้ความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ DHT 11 ใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ โดยประกอบด้วยการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่

- Resistive Humidity Sensing Component: ตัวรับรู้ความชื้นที่จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น การทำงานของตัวรับรู้ คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองของตัวรับรู้อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาที ความชื้นที่สามารถวัดได้อยู่ในช่วง 20 – 80 % มีความคาดเคลื่อน ±5%
- NTC Temperature Sensor Thermistor: เป็นตัวรับรู้ที่ความต้านทานลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงความต้านทานสูงมาก ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 0 °C NTC มีความต้านทาน 10 kΩ แต่ที่อุณหภูมิ 100 °C NTC จะมีความต้านทานลดลงเหลือเพียง 200Ω เท่านั้น ด้วยความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จึงเหมาะกับงานที่ต้องการวัดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ชัดเจน แต่เทอร์มิสเตอร์มีคุณสมบัติไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานจึงจำกัดอยู่ในช่วงแคบ ๆ เป็นช่วง ๆ ไปเช่น ช่วง 50-150 °C หรือ 150-250 °C เป็นต้น อุณหภูมิที่สามารถวัดได้อยู่ในช่วง 0 – 50 °C มีความคาดเคลื่อน ±2%

**รูปที่ 2.5** DHT11 และโครงสร้างภายในของ DHT11

https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4

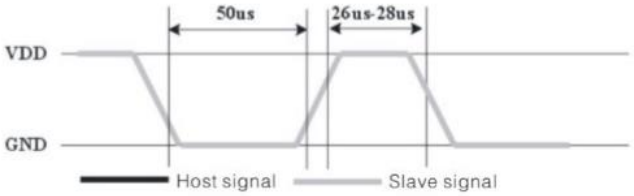
## 7.2 รูปแบบการส่งข้อมูล




**รูปที่ 2.6** แสดงรูปแบบการส่งข้อมูล DHT11 (1)

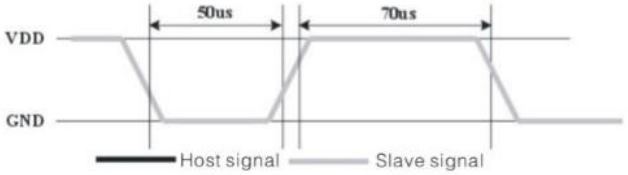
https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4/

เริ่มจาก MCU จะส่งสัญญาณ pull down voltage ไปยัง DHT11 โดย DHT11 จะใช้เวลาส่ง pull down voltage อย่างต่ำ 18 ms และ MCU จะ pull up voltage เพื่อรอการตอบสนองจาก DHT ประมาณ 20-40 μs หลังจากนั้น DHT จะส่งสัญญาณ pull down voltage เวลา 80 μs เป็นการตอบสนองไปยัง MCU แล้ว DHT ก็จะ pull up voltage เพื่อเตรียมส่งข้อมูล โดยในการส่งข้อมูลแต่ละบิต DHT จะมีการ pull down voltage 50 μs




**รูปที่ 2.7** แสดงรูปแบบการส่งข้อมูล DHT11 (2)

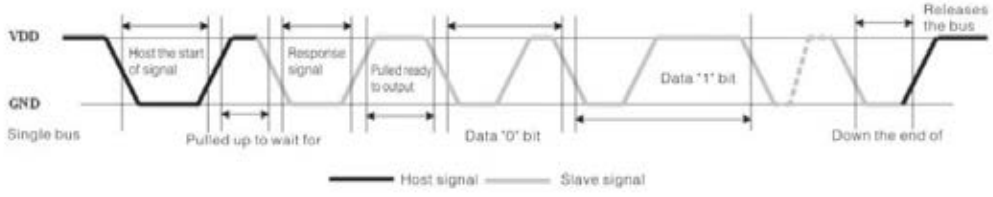
https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4/




**รูปที่ 2.8** แสดงรูปแบบการส่งข้อมูล DHT11 (3)

https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4/

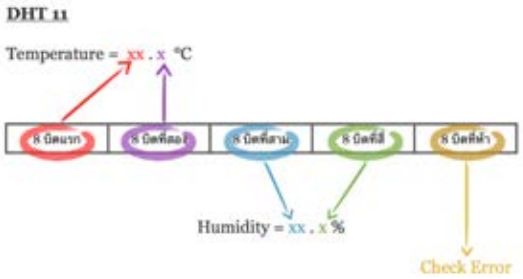
หลังจาก DHT มีการ pull down voltage 50 μs เพื่อเป็นการบอก MCU ว่าจะส่งข้อมูล 1 บิต โดยการส่งบิตค่า “0” DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 26-28 μs และ ส่งบิตค่า “1” DHT จะทำการส่งสัญญาณ pull up voltage 70 μs




**รูปที่ 2.9** แสดงรูปแบบการส่งข้อมูล DHT11 (4)

https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4

โดยการส่งข้อมูลของ DHT11 คือ จะส่งทั้งหมด 40 บิต โดยจะแบ่งเป็น 5 ส่วน ส่วนละ 8 บิต ซึ่ง 8บิตแรกจะเป็นค่าหน้าทศนิยมของอุณหภูมิ 8 บิตที่สองเป็นค่าหลังทศนิยมของอุณหภูมิ 8 บิตที่สาม จะเป็นค่าหน้าทศนิยมของความชื้น 8 บิตที่สี่เป็นค่าหลังทศนิยมของความชื้น และ 8 บิตสุดท้ายคือเป็นค่าที่ตรวจสอบว่าข้อมูล error หรือไม่

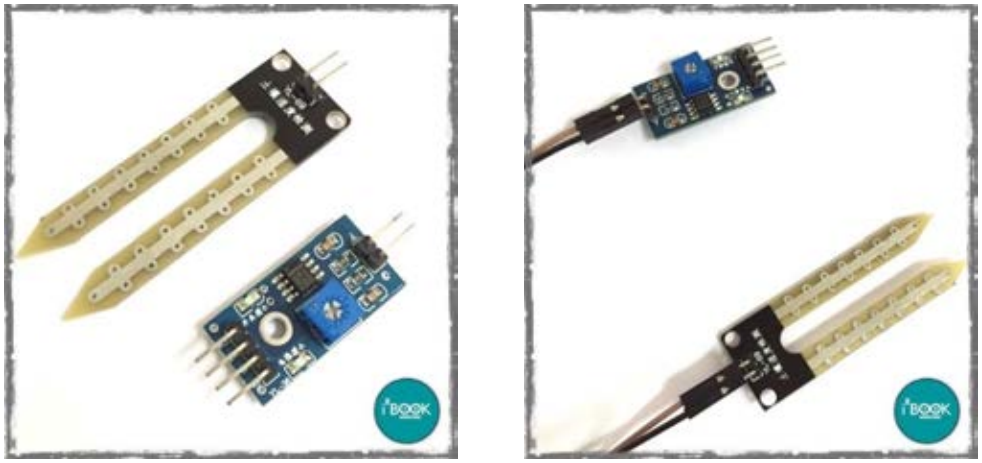



**รูปที่ 2.10** แสดงข้อมูลที่ถูกส่งของ DHT11

https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4

## 8. ตัวรับรู้ความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) [7]

ตัวรับรู้ความชื้นในดินนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นวงจร Digital/Analog ส่วนที่สองจะเป็นแผ่นวัด (probe) โดยมีขา 6 ขา แต่ในการเชื่อมต่อแต่ละครั้งจะใช้เพียง 5 ขา เพราะขา A0 (สำหรับอ่านค่าแบบอนาล็อก) กับ D0 (สำหรับอ่านค่าแบบดิจิตอล) ไม่ได้ใช้พร้อมกัน



**รูปที่ 2.11** ส่วนประกอบและการเชื่อมต่อของตัวรับรู้ความชื้นในวัสดุ

https://dp.lnwfile.com/605wlz.jpg https://dp.lnwfile.com/o51mcc.jpg

สำหรับค่าที่ได้จากตัวรับรู้ความชื้นในดิน ในขณะที่แผ่นวัดไม่ได้ปักดิน เปรียบได้กับดินแห้งความต้านทานสูงมาก (ในทางอุดมคติคือความต้านทานเป็นอนันต์แต่ความเป็นจริงเป็นไปไม่ได้) จะได้ค่า analog 1023 แสดงค่าความชื้นเป็น 0% ในทางตรงกันข้ามถ้าดินเปียกมากจนความต้านทานน้อย ค่า analog น้อยมากใกล้ๆ 0 คือไร้ความต้านทานจะได้ค่า 100% คือชื้นมากสุด (สำหรับความเป็นจริง ดินเปียกก็มีความต้านทาน โดยมีค่าความชื้นไม่เกิน 70% แม้จะนำแผ่นวัดจุ่มน้ำตรงๆ ไม่ผ่านดิน เพราะน้ำก็มีความต้านทานเช่นกัน ยิ่งน้ำบริสุทธิ์ความต้านทานจะสูงมาก) โดยหลักการทำงานคือ การวัดความต้านทานในตัวกลางระหว่างแผ่นวัด

**9. โมดูล Ublox NEO-6M[8]**

ระบบนำร่องเป็นระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก โดยใช้เวลาเป็นตัวกำหนด หลักการที่สำคัญคือ ดาวเทียมจะปล่อยค่าเวลาออกมาเป็นช่วง ๆ อุปกรณ์จะรับสัญญาณเข้ามา แล้วคำนวณระยะห่างระหว่างอุปกรณ์กับดาวเทียมโดยเปรียบเทียบเวลาปัจจุบันกับเวลาที่รับมาว่าแตกต่างกันเท่าไร จากนั้นจึงคำนวณเป็นระยะทางโดยเทียบกับค่าเวลาในการเดินทางของแสง (สัญญาณเดินทางได้เร็วเท่าแสง) เมื่อดาวเทียม 4 ดวงที่ทราบค่าตำแหน่ง ทำให้สามารถตีวงเพื่อหาตำแหน่งจากระยะทางได้ แล้วจึงนำจุดที่ซ้อนทับกันมาระบุเป็นตำแหน่งของเครื่องรับ ระบบนำร่องที่คนส่วนใหญ่รู้จักกัน คือ ระบบ GPS

สำหรับโมดูล Ublox NEO-6M จะสามารถรับสัญญาณ GPS ได้อย่างเดียว สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ UART โดยโมดูลนี้ใช้ NMEA เป็นมาตรฐานการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

NMEA สามารถระบุข้อมูลออกมาได้หลายแบบด้วยกัน ซึ่งเมื่อมีการเริ่มส่งข้อมูลมา จะเริ่มต้นการส่งด้วยเครื่องหมาย $ แล้วจบด้วยเครื่องหมาย * หลังจากนั้นจึงเป็นการตรวจสอบค่าความผิดพลาดด้วยตัวเลข Check sum ข้อมูลที่ถูกส่งมาจะนำหน้าด้วย GPRMC โดยมีรูปแบบดังนี้

$GPRMC,[ชั่วโมง][นาที][วินาที], [A หมายถึงจับสัญญาณได้แล้ว ส่วน V หมายถึงยังจับสัญญาณไม่ได้], [องศา][ลิปดา].[ฟิลิปดา],[N หมายถึงเหนือ S หมายถึงใต้],[องศา][ลิปดา].[ฟิลิปดา],[E หมายถึงตะวันออก W หมายถึงตะวันตก],[ความเร็วบนพื้น],[Course Made Good],[วัน][เดือน][ปี],[Magnetic variation],[E หมายถึงตะวันออก W หมายถึงตะวันตก]*[Check sum]

ตัวอย่าง $GPRMC,225446,A,4916.45,N,12311.12,W,000.5,054.7,191116,020.3,E*68
จากข้อมูลด้านบน สามารถแยกออกมาได้ดังนี้

- 225446 - เป็นเวลาตามมาตรฐาน UTC ได้ 22:54:46
- A - หากได้ตัว A หมายถึงสามารถจับสัญญาณได้แล้ว แต่หากได้ V จะหมายถึงยังจับสัญญาณไม่ได้
- 4916.45 - แยกออกมาได้เป็น 49 องศา 16.45 ลิปดา
- N - หากได้ตัว N หมายถึงองศาเหนือ ได้ค่าละติจูดเป็นบวก หากได้ S หมายถึงองศาใต้ ได้ค่าละติจูดเป็นลบ
- 12311.12 - แยกออกมาได้ 123 องศา 11.12 ลิปดา
- W - หากได้ตัว E หมายถึงตะวันออก ได้ค่าลองจิจูดเป็นบวก หากได้ W หมายถึงตะวันตก ได้ค่าลองจิจูดเป็นลบ
- 000.5 - ความเร็วที่พื้นโลก มีหน่วยเป็นน็อต (ไมล์ทะเลต่อชั่วโมง)
- 054.7 – ทิศทางการเคลื่อนที่ของโมดูล (CMS) [9]
- 191116 - แยกออกมาได้ วันที่ 19 เดือน 11 ปี 2016

- 020.3 - มุมที่ต่างกัน ระหว่างทิศเหนือจริง (TRUE NORTH:TN) กับทิศเหนือแม่เหล็ก (MAGNETIC NORTH:MN) [10]
- E – ทิศตะวันออก

สำหรับโครงงานนี้จะใช้เฉพาะค่าละติจูดและลองจิจูดเท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่ได้มาอยู่ในรูปแบบองศา ลิปดา (DMS) จึงต้องทำการแปลงเป็นรูปแบบเลขทศนิยม (DD) เพื่อสะดวกต่อการนำไปปักหมุดบนแผนที่ ดังนี้

องศาเลขทศนิยม = องศา + (ลิปดา / 60)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถหาค่าละติจูด และลองจิจูดได้ดังนี้

ละติจูด = 49 + (16.45 / 60) = 49.274166

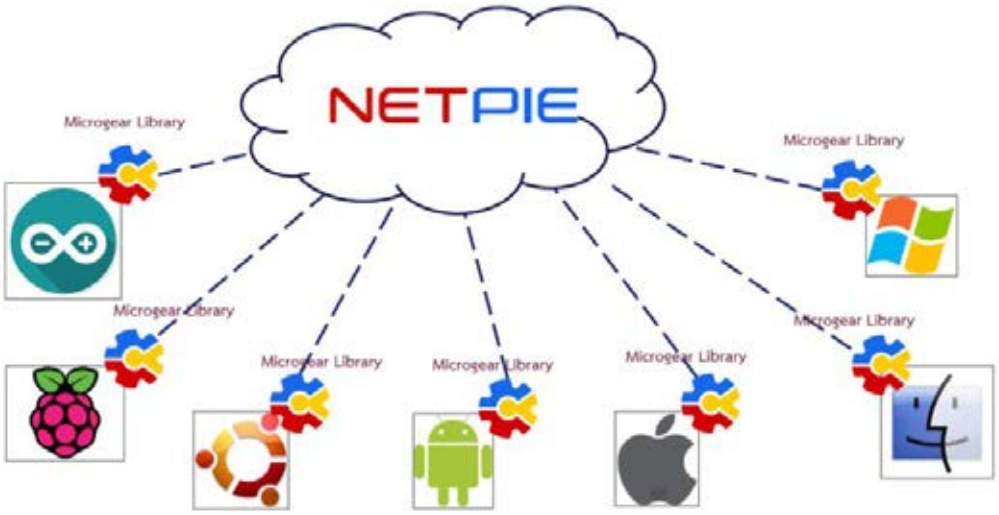
สำหรับลองจิจูดคิดในองศาตะวันตก ค่าที่ได้จากการคำนวณจะเป็นลบ ให้นำเครื่องหมายลบต่อไปข้างหน้าได้เลย หรือคูณ -1 เข้าไป

ลองจิจูด = (123 + (11.12 / 60)) * -1 = -123.185333

**10. NETPIE** [11]

**10.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ NETPIE**

NETPIE เป็น IoT (Internet of Things) Cloud Platform ที่พัฒนาขึ้นโดยทีมงานวิจัยและเปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานโดยมี Web Portal ที่ให้สามารถลงทะเบียนและจัดการตัวตนและสิทธิ์ของแอปพลิเคชั่น และอุปกรณ์ได้ที่เว็บไซต์ https://netpie.io ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 เป็นต้นมา NETPIE เป็น Middleware ที่มีหัวใจหลัก (นอกเหนือจากส่วนอื่นๆ) เป็น Distributed MQTT Brokers ซึ่งเป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่างๆ (Things) มาติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ Publish/Subscribe NETPIE มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบ ทำให้สามารถขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ(Auto-scale) สามารถดูแลและซ่อมแซมตัวเองได้อัตโนมัติเมื่อส่วนหนึ่ง ส่วนใดในระบบมีปัญหา (Self-healing, Self-recovery) โดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลระบบ การบริหารจัดการระบบ เป็นแบบ Plug-and-Play ไม่ต้อง Configure หรือปรับแต่ง ในฝั่งอุปกรณ์ NETPIE มี Client Library หรือที่ เรียกว่า Microgear ซึ่งทำหน้าที่สร้างและดูแลช่องทางสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE รวมไปถึงรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูล Microgear เป็น Open Source และสามารถดาวน์โหลดได้จาก https://github.com/netpieio โดย ณ ปัจจุบันมี Microgear สำหรับ OS และ Embedded Board หลักๆ ที่เป็นที่นิยมในหมู่นักพัฒนาเกือบทุกชนิด โมเดลการสื่อสารของ NETPIE แสดงไว้ในรูปที่ 2.13




**รูปที่ 2.12** วิธีการสื่อสารของสิ่งต่างๆ ผ่าน NETPIE

### 10.2 ประโยชน์ของ NETPIE

1. ช่วยลดการใช้ทรัพยากรของการเชื่อมต่อ NETPIE ช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องกังวลว่า อุปกรณ์นั้นจะอยู่ที่ใด เพียงแค่นำ Microgear Library ไปติดตั้งในอุปกรณ์ NETPIE จะรับหน้าที่ดูแลเชื่อมต่อให้ทั้งหมด ไม่ว่าอุปกรณ์นั้น จะอยู่ในเครือข่ายชนิดใด ลักษณะใด หรือแม้กระทั่งเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ใด ผู้ใช้สามารถตัดปัญหาในการเข้าถึงอุปกรณ์จากระยะไกล (Remote Access) ด้วยวิธีการแบบเดิมๆ เช่น การใช้ Fixed Public IP Address หรือการตั้ง Port Forwarding ในเราท์เตอร์และการต้องไปลงทะเบียนกับผู้ให้บริการ Dynamic DNS ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความยุ่งยาก ลดความยืดหยุ่นของระบบ ไม่เพียงเท่านั้น NETPIE ยังช่วยให้การเริ่มต้นใช้งานเป็นไปโดยง่าย โดยออกแบบให้อุปกรณ์ถูกค้นพบและเข้าสู่บริการโดยอัตโนมัติ(Automatic Discovery, Plug-and-Play)

2. ช่วยลดภาระด้านความปลอดภัยของข้อมูล NETPIE ถูกออกแบบให้มีระดับและสิทธิ์ในการเข้าถึงในระดับ Fine Grain กล่าวคือผู้ใช้สามารถออกแบบได้เองทั้งหมดว่าสิ่งใดมีสิทธิ์คุยกับสิ่งใด สิ่งใดมีสิทธิ์หรือไม่ เพียงใดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล และสิทธิ์เหล่านี้จะมีอายุการใช้งานนานเท่าใด หรือจะถูกเพิกถอนภายใต้เงื่อนไขใด

3. ยืดหยุ่นต่อการขยายระบบ NETPIE มีสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบของระบบ ทำให้เกิด ความยืดหยุ่น และคล่องตัวสูงในการขยายตัว นอกจากนี้โมดูล ต่างๆ ยังถูก ออกแบบให้ทำงานแยกจากกัน เพื่อให้เกิดสภาวะ Loose Coupling และสื่อสารกันด้วยวิธี Asynchronous Messaging ช่วยให้ แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือได้สูง นำไปใช้ซ้ำและพัฒนาต่อได้ง่าย ดังนั้น ผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกังวลกับการขยายตัวเพื่อรับโหลดที่เพิ่มขึ้นในระบบอีกต่อไป

**11. รีเลย์ (Relay)** [12]

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัส คล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งรีเลย์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ

รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลักก็คือ

1. ส่วนของขดลวด (coil) ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกัน ทำงานโดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำนี้ เมื่อขดลวดได้รับแรงดัน (ค่าแรงดันที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

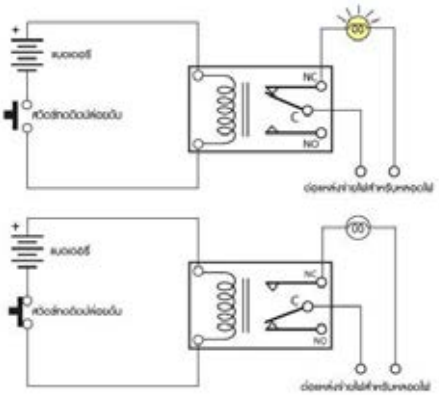
2. ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายกระแสไฟให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลา

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิด

จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



**รูปที่ 2.13** การทำงานของรีเลย์

http://www.psptech.co.th/รีเลย์คืออะไร-15696.page

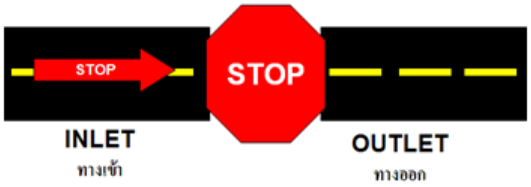
**12. ปั๊มน้ำ**

ในโครงงานนี้ใช้ปั๊มน้ำที่ใช้แรงดัน 12 VDC กระแส 3A ความดัน 6.5 บาร์ อัตราการไหลของน้ำ 4 ลิตร/นาที

**รูปที่ 2.14** ปั๊มน้ำ
ร้านโซล่าเซลล์บ้านหม้อ

**13. โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด** [13] [14]

โซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าแม่เหล็กที่ใช้ควบคุมปริมาตรการไหลของแก๊สหรือของเหลวที่ไหลผ่านท่อ ที่มีทางเข้า 1 ทาง และทางออก 1 ทาง โดยการเปิดหรือปิดรูเปิด (orifices) ของตัววาล์ว ซึ่งในขณะที่ไม่มีการจ่ายไฟวาล์วจะปิดทำให้แก๊สหรือของเหลวไม่สามารถไหลผ่านได้

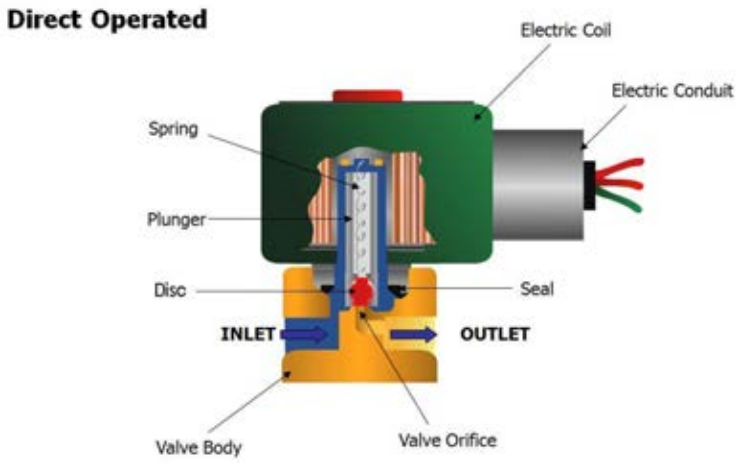



**รูปที่ 2.15** แสดงลักษณะของโซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด
http://www.tic.co.th/file_manager/tmb/Tip/tips105.8.png

**หลักการทำงาน**

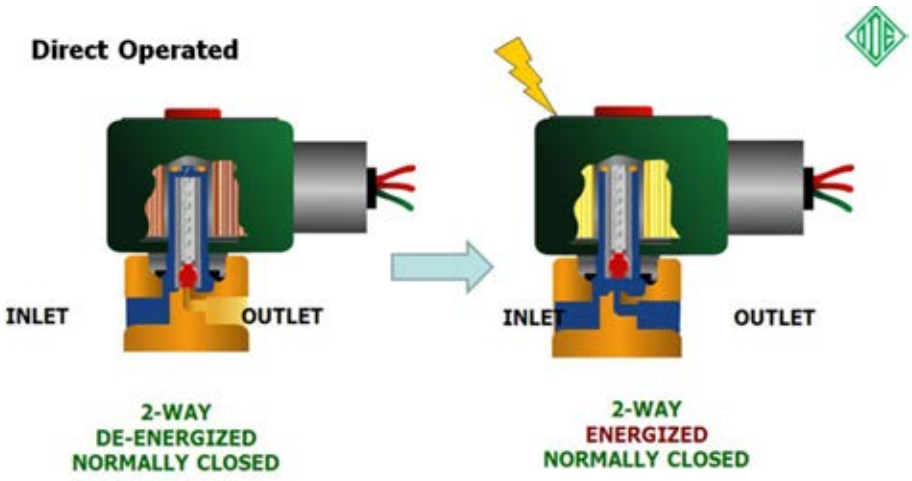
สำหรับหลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง แบบปกติปิด เป็นการทำงานร่วมกันของ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนโซลินอยด์ที่มีสมบัติไฟฟ้าแม่เหล็ก โดยในส่วนนี้มีขดลวดอยู่ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวด จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นจากนั้นจะเกิดการเหนี่ยวนำให้ลูกสูบ (plunger) ยกตัวขึ้นทำให้สปริงถูกดึงขึ้น ทำให้แผ่นกลม (disc) ที่อยู่ในส่วนของวาล์วถูกดึงขึ้น ทำให้แก๊สหรือของเหลวสามารถไหลผ่านรูเปิด (orifices) ของตัววาล์วได้ หากไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวด ลูกสูบ (plunger) และสปริงจะ

ลงกลับมายังตำแหน่งเดิม ทำให้แผ่นกลม (disc) ที่อยู่ในส่วนของวาล์วถูกดันลง ทำให้แก๊สหรือของเหลวไม่สามารถไหลผ่านรูเปิด (orifices) ของตัววาล์วได้




**รูปที่ 2.16** แสดงส่วนประกอบของโซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง

https://www.factomart.com/media/wysiwyg/Solenoid/solenoid_2.png




**รูปที่ 2.17** แสดงการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว 2 ทาง

https://www.factomart.com/media/wysiwyg/Solenoid/solenoid_3.png

# บทที่ 3

## การออกแบบการทำงานและขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

    1.1 ศึกษาไมโครคอนโทรเลอร์

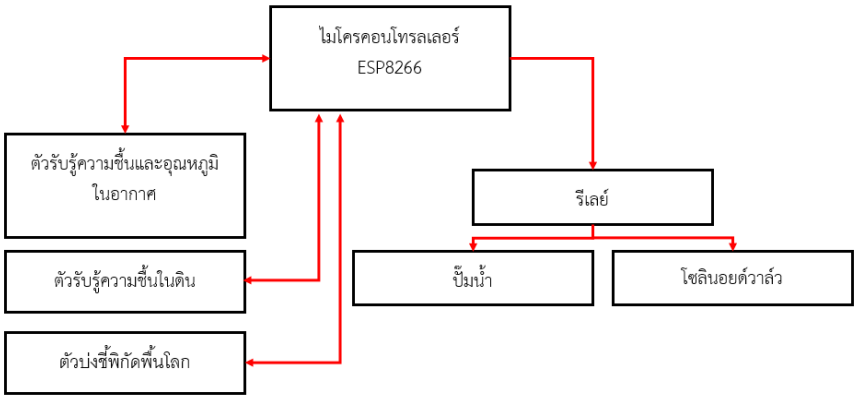
    1.2 ศึกษาวิธีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ ให้สามารถแสดงผลและควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตได้

    1.3 ศึกษาการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ ตัวรับรู้ความชื้นในดินและตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส)

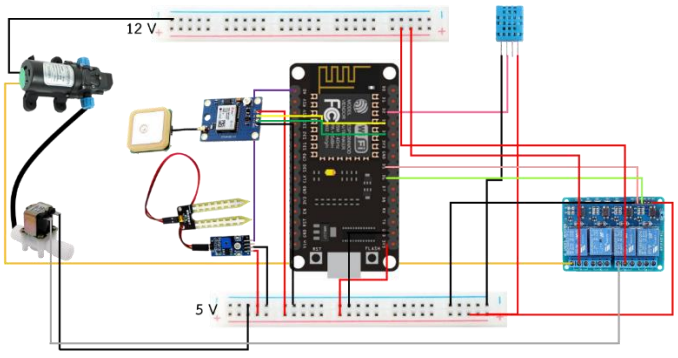
    1.4 ศึกษาการเขียนโปรแกรมที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานตามวงจรที่ออกแบบไว้

2. ออกแบบวงจรของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

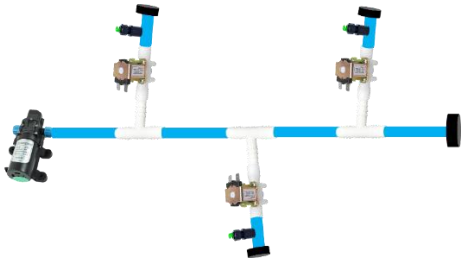
3. ออกแบบการวางระบบให้น้ำดังรูปที่ 3.3




**รูปที่ 3.1** ส่วนควบคุมของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว




**รูปที่ 3.2** ภาพแสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว



**รูปที่ 3.3** แบบการวางระบบน้ำ

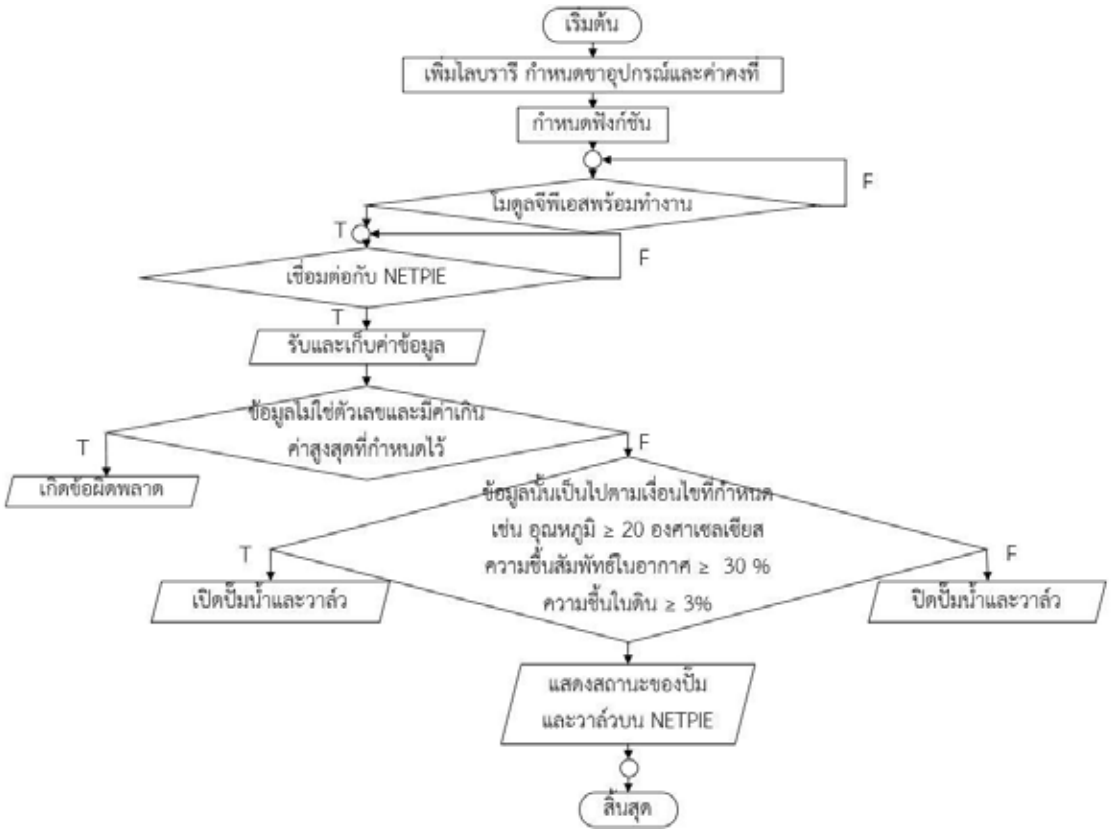
4. เขียนโปรแกรมที่ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงานในวงจรที่ออกแบบไว้ แสดงได้ดังรูปที่ 3.4

4.1 เพิ่มไลบรารี สำหรับ DHT, ESP8266, NETPIE และ โมดูล GPS พร้อมทั้งกำหนดค่าคงที่ต่างๆ ชื่อและรหัสผ่านเครือข่าย WiFi ที่ใช้ และกำหนดขาที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์

4.2 กำหนดฟังก์ชัน ที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม ได้แก่ ฟังก์ชันตรวจสอบการปรากฏของข้อความ และฟังก์ชันตรวจพบการเชื่อมต่ออุปกรณ์กับ NETPIE

4.3 เขียนโปรแกรมให้โมดูลจีพีเอสทำงาน หากโมดูลจีพีเอสสามารถทำงานได้ ให้ทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับ NETPIE หากโมดูลจีพีเอสไม่สามารถทำงานได้จะต้องทำการเชื่อมต่ออีกครั้ง เมื่อสามารถเชื่อมต่อกับ NETPIE ได้ ให้ตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้น ตัวรับรู้ความชื้นในวัสดุและตัวรับรู้ตำแหน่งบนพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส) ทำการรับและส่งข้อมูลไปยังไมโคคอนโทรลเลอร์จากนั้นทำการเก็บค่าใส่ในตัวแปรหนึ่ง เพื่อส่งไปยัง NETPIE หากไม่สามารถเชื่อมต่อกับ NETPIE ได้จะต้องทำการเชื่อมต่ออีกครั้ง

4.4 นำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบว่ารูปแบบของข้อมูลนั้นถูกต้องหรือไม่ (ข้อมูลที่ถูกต้อง คือ ข้อมูลที่เป็นตัวเลข และสำหรับกรณีข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นในดิน ต้องมีค่าไม่เกิน 100) หากข้อมูลนั้นถูกต้องให้นำไปเปรียบเทียบกับเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ถ้าข้อมูลที่ได้ตรงตามเงื่อนไขจะสั่งให้โซลินอยด์วาล์วเปิดและปั๊มน้ำทำงาน หากไม่ตรงโซลินอยด์วาล์วจะปิดและปั๊มน้ำไม่ทำงาน




**รูปที่ 3.4** ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรม

5. สร้างส่วนแสดงผลข้อมูลบน NETPIE

5.1 เข้าไปที่ www.netpie.io.th ทำการสมัครสมาชิก จากนั้นเข้าสู่ระบบ เลือก Resource-> Applications เมื่อเข้าสู่หน้า Applications ให้คลิกที่เครื่องหมาย + แล้วทำการสร้าง Applications (ในที่นี้ Applications ที่สร้างชื่อ ControlDevices)

5.2 คลิกไปที่ Applications ที่สร้างขึ้น (ControlDevices) -> เครื่องหมาย + -> Session Key -> ใส่ชื่อ จากนั้นกด save

5.3 คลิกไปที่ Resources -> Freeboard -> ControlDevices

5.4 คลิกไปที่ Import จากนั้นเลือกโปรแกรมที่เขียนไว้ในโปรแกรม Arduino IDE (จากตอนที่ 4) เพื่อทำการอัพโหลดโปรแกรมเข้า NETPIE

5.5 คลิกไปที่ ADD (ที่อยู่ด้านล่างคำว่า Data sources) -> Select type -> NETPIE Microgear ->ตั้งชื่อ Data sources ใส่ APPID, Key และ Secret (จากหน้า Applications) -> Save

5.6 คลิกไปที่ ADD Plane จะมีหน้าต่างเด้งขึ้นมาด้านล่าง คลิกที่เครื่องหมาย + ตรงขอบหน้าต่าง -> Select type ->

สำหรับข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความชื้นในดินให้เลือก

- Gauge (แสดงผลแบบหน้าปัด) -> ตั้งชื่อ Title, Value (ค่าที่ต้องการแสดง), Units (หน่วยของสิ่งที่แสดง), ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด -> Save
- หมายเหตุ สำหรับค่า Value ของ Gauge ใส่โค้ดดังนี้

HUMIDITY -> datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/dht"].split(",")[0]

TEMPERATURE -> datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/dht"].split(",")[1]

MOISTURE I ->datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/dht"].split(",")[2]

สำหรับข้อมูล ละติจูด ลองจิจูด สถานะของปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์วให้เลือก

- Text (แสดงผลแบบตัวอักษร) -> ตั้งชื่อ Title และ Value (ค่าที่ต้องการแสดง) -> Save
- หมายเหตุ สำหรับค่า Value ของ Text ใส่โค้ดดังนี้

Status of Pump ->

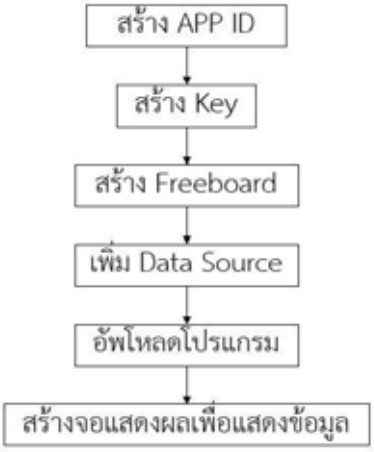
datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/gearname/ESPID_02/Pump/state"]

Status of Valve I ->

datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/gearname/ESPID_02/Valve/stateV"]

LATTITUDE -> datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/gearname/ESPID_02/GPS/lat"]

LONGITUDE -> datasources["SwitchControl"]["/ControlDevices/gearname/ESPID_02/GPS/lng"]




**รูปที่ 3.5** ผังงานการสร้างส่วนแสดงผลข้อมูลบน NETPIE

6. ประกอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

6.1 ต่อวงจรของชุดการวัดแต่ละชุดดังภาพที่ 3.2

6.2 รวมชุดการวัดทั้ง 3 ชุดเข้าด้วยกัน

6.3 จัดและเก็บสายไฟให้เป็นระเบียบ

7. ทดสอบระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

7.1 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ

7.1.1 ทำชุดทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ โดยเริ่มทำกระเปาะเปียกกระเปาะแห้งเพื่อใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยกระเปาะแห้งใช้เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดา ส่วนกระเปาะเปียกใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่พันปลายด้วยทิชชูที่จุ่มอยู่ในน้ำ จากนั้นนำตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศมาวางที่บริเวณเดียวกัน ดังรูปที่ 3.6

7.1.2 นำค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งมาเทียบกับรูปที่ 3.9 เพื่อหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ เช่น เมื่ออ่านค่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้งได้ 25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกระเปาะเปียกได้ 20 องศาเซลเซียส ให้นำค่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง – อุณหภูมิของกระเปาะเปียก จากนั้นนำค่าอุณหภูมิของกระเปาะแห้งและค่าผลต่างของอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ 2 อันไปเทียบกับรูปที่ 3.9 พบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้เท่ากับ 64%

7.1.3 นำค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้จากตัวรับรู้มาเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง โดยความคลาดเคลื่อนหาได้จาก

$$\text{ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์} = \left|\frac{\text{ค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์} - \text{ค่าที่ได้จากตัวรับรู้}}{\text{ค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์}}\right| \times 100\%$$

เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ได้เท่ากับ 64% และความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากตัวรับรู้เท่ากับ 62% สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนได้เท่ากับ

$$\left|\frac{64 - 62}{64}\right| \times 100\% = 3.125\%$$

7.1.4 นำตัวรับรู้ไปวัดในบริเวณที่มีการให้น้ำและเป่าลม (โดยใช้เครื่องเป่าลม) เพื่อทดสอบว่าแต่ละปัจจัยส่งผลต่อความชื้นสัมพัทธ์ที่ตัวรับรู้วัดได้อย่างไร

7.2 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นในดิน

7.2.1 นำดินไปอบให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่งเพื่อหามวลของดินแห้ง นำดินไปใส่กระถาง

7.2.2 นำตัวรับรู้ความชื้นในดินปักลงไปในดินแห้ง อ่านค่าความชื้นที่วัดได้พร้อมบันทึกผล

7.2.3 เติมน้ำที่ปริมาณต่างๆกัน อ่านค่าความชื้นที่วัดได้พร้อมบันทึกผล

7.2.4 คำนวณค่าความชื้นในดินจากสมการ

$$\text{ความชื้นในดิน} = \frac{\text{มวลของน้ำในดิน}}{\text{มวลของดินแห้ง}} \times 100\%$$

7.2.5 เปรียบเทียบค่าความชื้นในดินที่อ่านได้จากตัวรับรู้กับที่ได้จากการคำนวณในขั้นที่ 7.2.4 โดยหาความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์จาก

ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

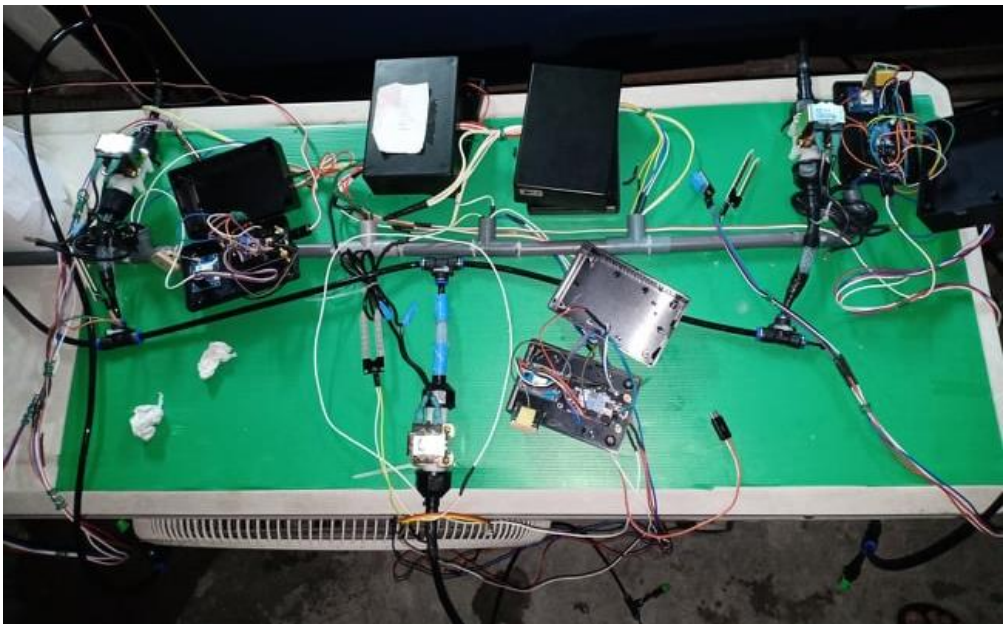
$$= \left|\frac{\text{ความชื้นที่ได้จากการคำนวณ} - \text{ความชื้นที่ได้จากตัวรับรู้}}{\text{ความชื้นที่ได้จากการคำนวณ}}\right| \times 100\%$$

7.3 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ตำแหน่งบนพื้นโลก โดยบันทึกค่าตำแหน่งที่วัดได้แล้วนำค่าตำแหน่งนั้นไปตรวจสอบว่าตรงกับตำแหน่งที่แท้จริงของตัวรับรู้หรือไม่

7.4 ทดสอบการทำงานและการอ่านค่าข้อมูลของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวในระยะไกลผ่านทางหน้าเว็บไซต์ NETPIE

**รูปที่ 3.6** ชุดทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ

**รูปที่ 3.7** ชุดทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นในดิน



**รูปที่ 3.8** การทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

| Dry Bulb (°C) | Number of degrees difference between the wet- and dry-bulb readings (°C) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10 | 88% | 77 | 66 | 56 | 45 | 35 | 26 | 16 | 7 | -- |
| 11 | 89 | 78 | 67 | 57 | 47 | 38 | 28 | 19 | 11 | 2 |
| 12 | 89 | 79 | 68 | 59 | 49 | 40 | 31 | 22 | 14 | 5 |
| 13 | 89 | 79 | 69 | 60 | 51 | 42 | 33 | 25 | 16 | 9 |
| 14 | 90 | 80 | 70 | 61 | 52 | 43 | 35 | 27 | 19 | 11 |
| 15 | 90 | 80 | 71 | 62 | 54 | 45 | 37 | 29 | 22 | 14 |
| 16 | 90 | 81 | 72 | 63 | 55 | 47 | 39 | 31 | 24 | 17 |
| 17 | 91 | 82 | 73 | 64 | 56 | 48 | 41 | 33 | 26 | 19 |
| 18 | 91 | 82 | 73 | 65 | 57 | 50 | 42 | 35 | 28 | 21 |
| 19 | 91 | 82 | 74 | 66 | 58 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 20 | 91 | 83 | 75 | 67 | 59 | 52 | 45 | 38 | 32 | 26 |
| 21 | 91 | 83 | 75 | 68 | 60 | 53 | 47 | 40 | 34 | 27 |
| 22 | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 54 | 48 | 41 | 35 | 29 |
| 23 | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 24 | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 | 32 |
| 25 | 92 | 85 | 77 | 71 | 64 | 57 | 51 | 45 | 40 | 34 |
| 26 | 92 | 85 | 78 | 71 | 65 | 58 | 52 | 46 | 41 | 35 |
| 27 | 93 | 85 | 78 | 72 | 65 | 59 | 53 | 47 | 42 | 37 |
| 28 | 93 | 86 | 79 | 72 | 66 | 60 | 54 | 49 | 43 | 38 |
| 29 | 93 | 86 | 79 | 73 | 67 | 61 | 55 | 50 | 44 | 39 |
| 30 | 93 | 86 | 80 | 73 | 67 | 61 | 56 | 50 | 45 | 40 |
| 31 | 93 | 86 | 80 | 74 | 68 | 62 | 57 | 51 | 46 | 41 |
| 32 | 93 | 87 | 80 | 74 | 68 | 63 | 57 | 52 | 47 | 42 |
| 33 | 93 | 87 | 81 | 75 | 69 | 63 | 58 | 53 | 48 | 43 |
| 34 | 93 | 87 | 81 | 75 | 69 | 64 | 59 | 54 | 49 | 44 |

**รูปที่ 3.9** ตารางการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์สำหรับเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

การทำเกษตรแบบแม่นยำช่วยให้เกษตรกรใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถควบคุมผลผลิตได้ตามที่ต้องการได้ ในโครงงานนี้ใช้ชุดการวัดที่ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 เชื่อมต่อกับตัวรับรู้สัญญาณที่แปลงปริมาณทางฟิสิกส์ให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งตัวรับรู้สัญญาณนั้นได้แก่ ตัวรับรู้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ตัวรับรู้ความชื้นในดินและตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส) สำหรับโครงงานนี้ได้ทำระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวเพื่อทำการจำลองการทำเกษตรแม่นยำ จึงใช้ชุดการวัดทั้งหมด 3 ชุด เพื่อทำการวัดข้อมูลที่บริเวณต่างๆกันเนื่องจากพื้นที่ที่ต่างกันอาจมีสภาพแวดล้อมที่ต่างกันส่งผลให้มีความต้องการน้ำในปริมาณที่ต่างกัน

**ตอนที่ 1** การทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

สำหรับการทดลองตอนที่ 1 เป็นการทดสอบการทำงานของตัวรับรู้สัญญาณแต่ละประเภทและการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวทั้งระบบ โดยแต่ละตอนมีจุดประสงค์ดังนี้

ตอนที่ 1.1 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศเพื่อเปรียบเทียบว่าตัวรับรู้แต่ละตัวมีความคลาดเคลื่อนเท่าใด และทดสอบว่าการที่มีลมผ่านหรือมีการรดน้ำจะส่งผลต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์อย่างไร

ตอนที่ 1.2 ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นในดิน เพื่อดูว่าเมื่อมีการปักตัวรับรู้ลงในดินค่าที่วัดได้จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ตอนที่ 1.3 ทดสอบการทำงานของตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก เพื่อทดสอบว่าตำแหน่งที่ได้จากตัวรับรู้มีความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งที่แท้จริงหรือไม่

ตอนที่ 1.4 ทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวทั้งระบบ เพื่อทดสอบว่า เมื่อนำส่วนต่างๆมาประกอบกันเป็นระบบ ระบบนั้นสามารถรับค่าข้อมูลและควบคุมการเปิดปิดของวาล์วและปั๊มน้ำได้หรือไม่

**ตอนที่ 1.1** การทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ

เมื่อนำตัวรับรู้ไปวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิ และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียกเพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อน พบว่าได้ผลดังนี้

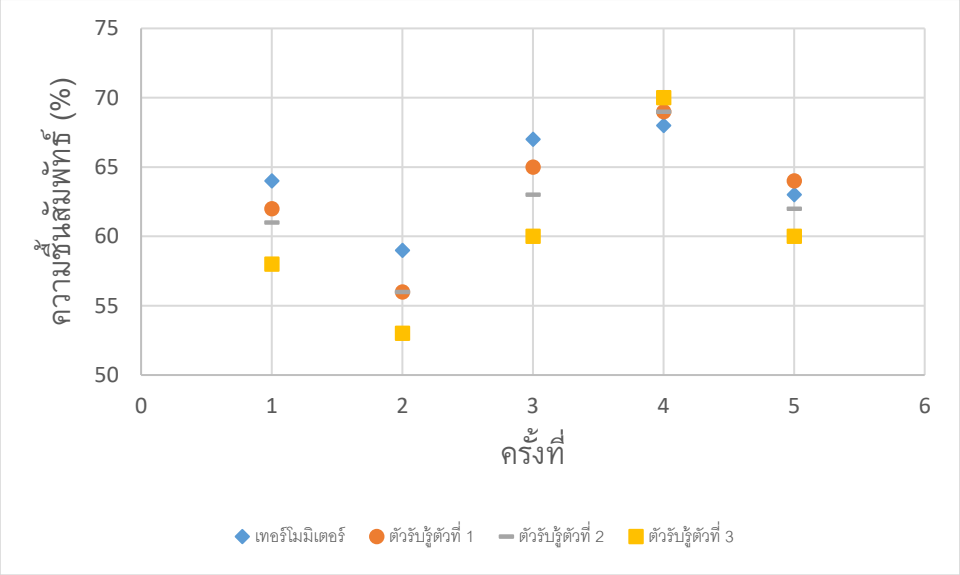
**ตารางที่ 4.1** แสดงผลการวัดความชื้นสัมพัทธ์ของตัวรับรู้และเทอร์โมมิเตอร์

| เทอร์โมมิเตอร์ | | | DHT หมายเลข 1 | | DHT หมายเลข 2 | | DHT หมายเลข 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แบบแห้ง | แบบเปียก | ความชื้นสัมพัทธ์ | ความชื้นสัมพัทธ์ | ความคลาดเคลื่อน (%) | ความชื้นสัมพัทธ์ | ความคลาดเคลื่อน (%) | ความชื้นสัมพัทธ์ | ความคลาดเคลื่อน (%) |
| 25 | 20 | 64 | 62 | 3.125 | 61 | 4.6875 | 58 | 9.375 |
| 27 | 21 | 59 | 56 | 5.084745763 | 56 | 5.084745763 | 53 | 10.16949153 |
| 30 | 25 | 67 | 65 | 2.985074627 | 63 | 5.970149254 | 60 | 10.44776119 |
| 31 | 26 | 68 | 69 | 1.470588235 | 69 | 1.470588235 | 70 | 2.941176471 |
| 24 | 19 | 63 | 64 | 1.587301587 | 62 | 1.587301587 | 60 | 4.761904762 |
| ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย | | | ตัวที่ 1 | 2.85 | ตัวที่ 2 | 3.76 | ตัวที่ 3 | 7.54 |

**ตารางที่ 4.2** แสดงผลการวัดอุณหภูมิของตัวรับรู้และเทอร์โมมิเตอร์

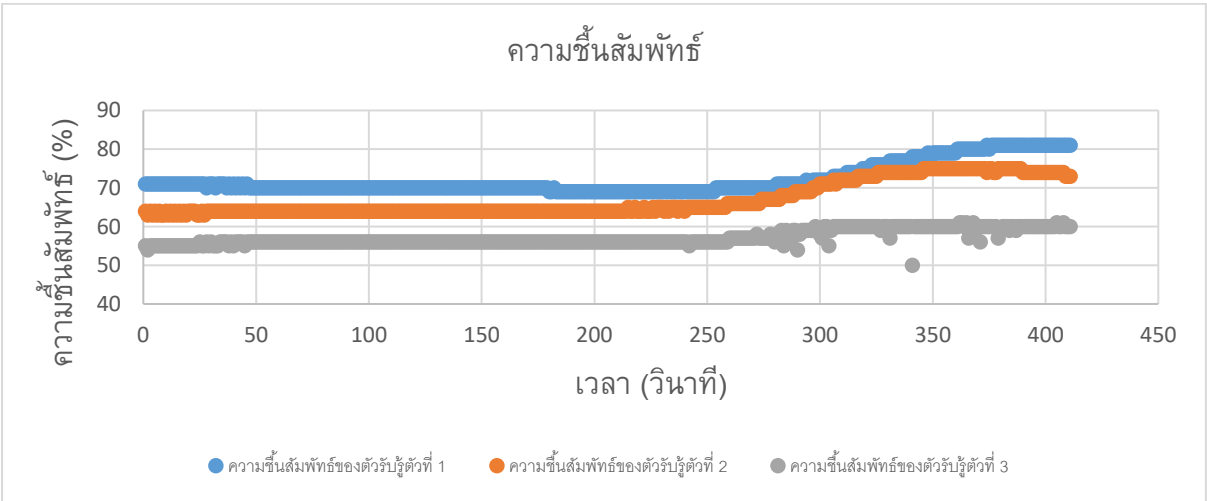
| เทอร์โมมิเตอร์ | | | DHT หมายเลข 1 | | DHT หมายเลข 2 | | DHT หมายเลข 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| แบบแห้ง | แบบเปียก | ความชื้นสัมพัทธ์ | อุณหภูมิ | ความคลาดเคลื่อน (%) | อุณหภูมิ | ความคลาดเคลื่อน (%) | อุณหภูมิ | ความคลาดเคลื่อน (%) |
| 25 | 20 | 64 | 25 | 3.125 | 26 | 4.6875 | 26 | 9.375 |
| 27 | 21 | 59 | 27 | 5.084745763 | 27 | 5.084745763 | 27 | 10.16949153 |
| 30 | 25 | 67 | 30 | 2.985074627 | 31 | 5.970149254 | 31 | 10.44776119 |
| 31 | 26 | 68 | 31 | 1.470588235 | 31 | 1.470588235 | 32 | 2.941176471 |
| 24 | 19 | 63 | 25 | 1.587301587 | 25 | 1.587301587 | 25 | 4.761904762 |

จากตารางที่ 4.1 และ 4.2 เมื่อนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นที่ได้จากตัวรับรู้และค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์ได้ดังนี้

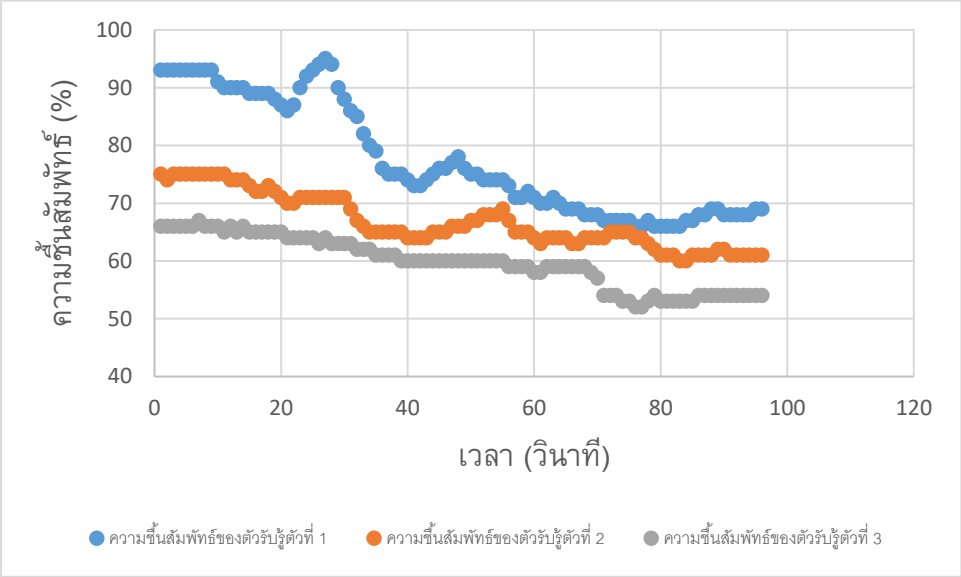



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์ของตัวรับรู้ 3 ตัว เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์

จากรูปที่ 4.1 พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากตัวรับรู้แต่ละตัวที่จุดเดียวกันมีค่าที่ต่างกัน และยังมีค่าที่ต่างจากค่าที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง โดยเมื่อนำข้อมูลการวัดทั้ง 5 ครั้ง ของตัวรับรู้แต่ละตัวมาหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (เทียบกับความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์แบบกระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง) พบว่าตัวรับรู้ตัวที่ 1 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 2.85 % ตัวที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 3.76 % และตัวที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ 7.54 % เมื่อหาความคลาเคลื่อนเฉลี่ยของตัวรับรู้ทั้ง 3 ตัวได้ค่าเท่ากับ 4.72 % หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ จากรูปที่ 4.2 พบว่าเมื่อมีการพ่นน้ำ แนวโน้มของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ บริเวณนั้น มีค่าเพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4.3 พบว่าเมื่อมีการเป่าลมแนวโน้มความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ บริเวณนั้นมีค่าลดลง และเมื่อไม่ได้เป่าลมแนวโน้มของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ บริเวณนั้น มีค่าเพิ่มขึ้น



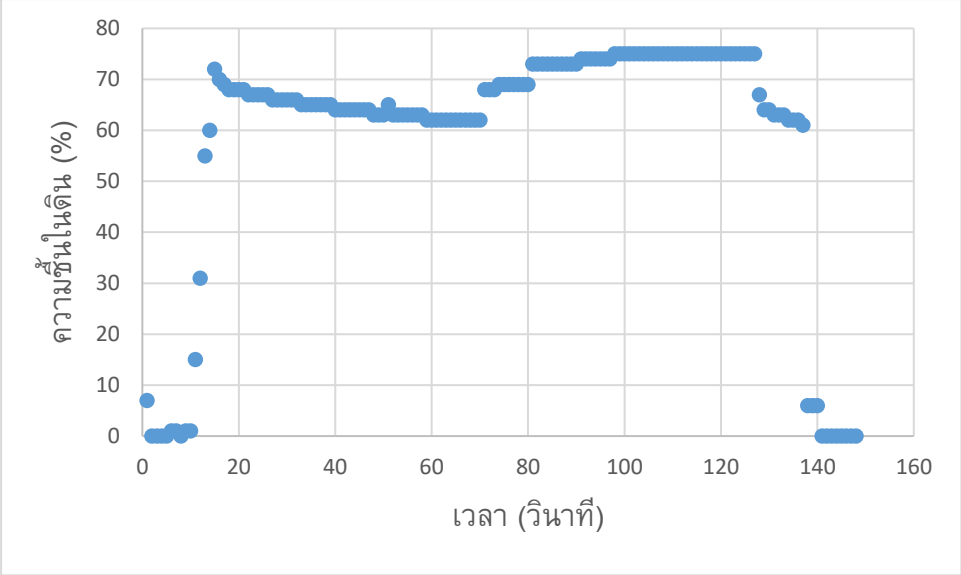
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์จากตัวรับรู้ขณะมีการพ่นน้ำ




รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความชื้นสัมพัทธ์จากตัวรับรู้ขณะมีการเป่าลม

**ตอนที่ 1.2** ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ความชื้นในดิน

เมื่อมีการบันทึกค่าความชื้นที่วัดได้ขณะที่ตัวรับรู้อยู่ในอากาศและตัวรับรู้ปักลงในดิน จากรูปที่ 4.4 ในช่วงเวลา 0-10 วินาที เป็นช่วงเวลาที่ยังไม่ได้ปักเซ็นเซอร์ลงไปในดินค่าความชื้นในดินที่วัดได้จึงมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 11-20 วินาที เป็นช่วงที่กำลังปักเซ็นเซอร์ลงไปในดิน ค่าความชื้นในดินจึงมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในช่วงเวลา 21-70 วินาที เป็นช่วงที่ปักช่วงเซ็นเซอร์ปักอยู่ในดิน ช่วงเวลา 71-80 วินาที เป็นช่วงที่มีการรดน้ำครั้งแรก ในช่วงเวลา 81-127 วินาที เป็นช่วงที่มีการรดน้ำครั้งที่ 2 ค่าความชื้นในดินจะมีค่าเพิ่มขึ้น ในช่วงเวลา 128-137 วินาที เป็นช่วงที่กำลังดึงเซ็นเซอร์ออกจากดิน ความชื้นในดินมีค่าลดลง




รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความชื้นในดินจากเซนเซอร์

**ตอนที่ 1.3** ทดสอบการทำงานของตัวรับรู้ตำแหน่งบนพื้นโลก

เมื่อนำค่าพิกัดที่ได้จากการรับค่าของโมดูลจีพีเอสพบว่าโมดูลจีพีเอสสามารถรับค่าพิกัดได้แต่จะมีความคลาดเคลื่อนดังนี้ สำหรับพิกัดแรกค่าที่อ่านได้ คือ ที่ละติจูด 13.735503 ลองจิจูด 100.530495 ตำแหน่งนั้นคือบริเวณด้านหลังอาคารของภาควิชาพฤกษศาสตร์ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7 แต่ตำแหน่งของโมดูลจีพีเอส ณ ขณะนั้นอยู่ที่บริเวณระเบียงชั้น 6 อาคารมหามกุฎดังรูปที่ 4.8 สำหรับพิกัดที่ 2 ค่าที่อ่านได้ คือ ที่ละติจูด 13.736625 ลองจิจูด 100.531059 ตำแหน่งนั้นคือบริเวณด้านหลังอาคารฟิสิกส์ 1 ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11 แต่ตำแหน่งของโมดูลจีพีเอส ณ ขณะนั้นอยู่ที่บริเวณลานข้างห้องพักนิสิต อาคารฟิสิกส์ 1 ดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.5 ภาพแสดงค่าพิกัดที่อ่านได้

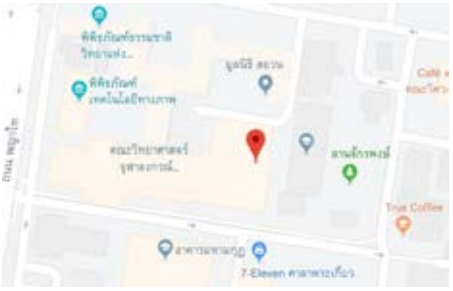
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงสถานที่ ณ พิกัดที่อ่านได้

รูปที่ 4.7 ภาพแสดงตำแหน่งตามค่าพิกัดที่อ่านได้

รูปที่ 4.8 ภาพแสดงตำแหน่งตามจริง

รูปที่ 4.9 ภาพแสดงค่าพิกัดที่อ่านได้

รูปที่ 4.10 ภาพแสดงสถานที่ ณ พิกัดที่อ่านได้



รูปที่ 4.11 ภาพแสดงตำแหน่งตามค่าพิกัดที่อ่านได้

รูปที่ 4.12 ภาพแสดงตำแหน่งตามจริง

**ตอนที่ 1.4** ทดสอบการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวทั้งระบบ

เมื่อทำการประกอบอุปกรณ์รวมเข้าด้วยกันให้เป็นระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวดังรูปที่ 4.13 พบว่าระบบนี้สามารถวัดค่าพิกัดของอุปกรณ์การวัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นในดิน พร้อมทั้งสามารถสั่งให้วาล์วและปั๊มทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ คือ เมื่ออุณหภูมิมากกว่าเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่ามากกว่า 30 % ความชื้นในดินมีค่ามากกว่า 3 % วาล์วจะเปิดและปั๊มน้ำจะทำงาน หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขวาล์วจะปิดและปั๊มน้ำจะไม่ทำงาน โดยผลการทดลองแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ตารางแสดงผลการทำงานของระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

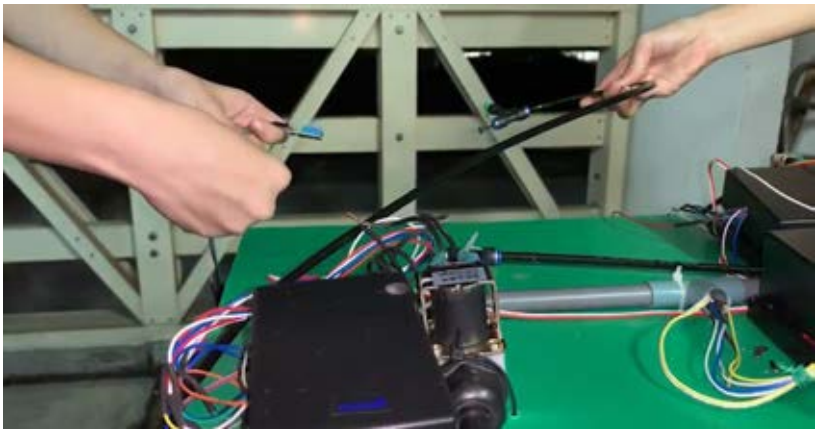
| ครั้ง / ชุดการวัด | ครั้งที่ 1 | | ครั้งที่ 2 | | ครั้งที่ 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ทำงานตามเงื่อนไข | ไม่ทำงานตามเงื่อนไข | ทำงานตามเงื่อนไข | ไม่ทำงานตามเงื่อนไข | ทำงานตามเงื่อนไข | ไม่ทำงานตามเงื่อนไข |
| ชุดที่ 1 | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| ชุดที่ 2 | ✓ | | ✓ | | ✓ | |
| ชุดที่ 3 | ✓ | | ✓ | | ✓ | |

รูปที่ 4.13 ภาพแสดงระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว

**ตอนที่ 2** ทดสอบการอ่านค่าข้อมูลจากตัวรับรู้สัญญาณในระยะไกลผ่านทางหน้าเว็บไซต์ NETPIE

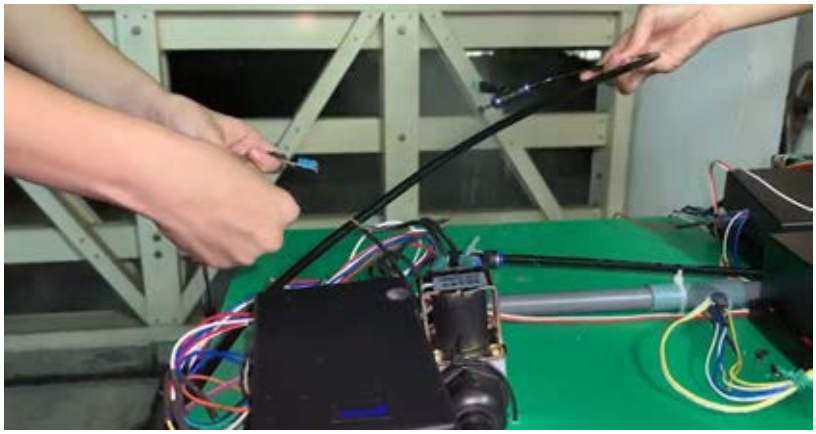
สำหรับการทดลองตอนที่ 2 มีจุดประสงค์คือ เพื่อทดสอบว่าระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัวสามารถรับค่าข้อมูลและแสดงผลผ่านทางหน้าเว็บไซต์ NETPIE ได้หรือไม่

ระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว ในโครงงานนี้มี ESP8266 เป็นตัวควบคุมหลัก จะต้องมีการเชื่อมต่อกับเครือข่าย WiFi โดยต่อกับสัญญาณ Hot spot ของโทรศัพท์มือถือ จากนั้นเชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แล้วทำการส่งข้อมูลพิกัดของอุปกรณ์การวัด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นในดิน ไปเก็บไว้ยัง NETPIE ซึ่งเป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ได้รับมาจาก ESP8266 กับอุปกรณ์อื่นๆบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (คอมพิวเตอร์ หรือ โทรศัพท์มือถือที่ใช้เพื่อเข้าไปดูข้อมูล) โดยข้อมูลเหล่านั้นจะถูกแสดงผ่านสิ่งที่เรียกว่า แดชบอร์ด (dashboard) คือ หน้าปัดแสดงผล ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น แบบมาตรวัด แบบตัวอักษร แบบจุดข้อมูล เป็นต้น ซึ่งช่วยให้ข้อมูลดูง่ายขึ้น ทำให้สามารถแสดงข้อมูลและสถานะการทำงานของปั๊มน้ำและวาล์วผ่านทางเว็บไซต์ NETPIE ได้



รูปที่ 4.6 ภาพแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำพืช (ขณะค่าที่วัดได้ไม่ตรงเงื่อนไข)

รูปที่ 4.7 ภาพการแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำพืชผ่านหน้าเว็บไซต์ NETPIE (ขณะค่าที่วัดได้ไม่ตรงเงื่อนไข)



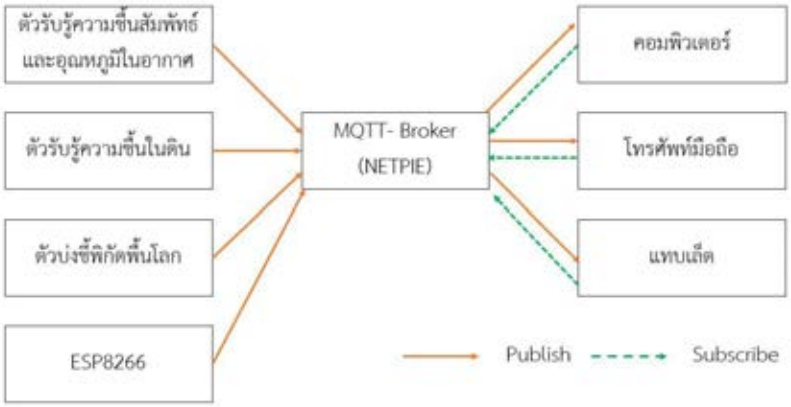
รูปที่ 4.8 ภาพแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำพืช (ขณะค่าที่วัดได้ตรงเงื่อนไข)

รูปที่ 4.9 ภาพการแสดงผลการทำงานของระบบควบคุมการให้น้ำพืชผ่านหน้าเว็บไซต์ NETPIE (ขณะค่าที่วัดได้ตรงเงื่อนไข)

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้จากตัวรับรู้ทั้งสามมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 4.72% อาจมีสาเหตุมาจากวัสดุที่ใช้ในการวัดความชื้นภายในตัวรับรู้นั้นเปียก อาจมีไอน้ำหรือไอออนที่แตกตัวเกาะอยู่หรืออาจมีสิ่งกำบังแผ่นวัสดุที่ใช้ในการวัดความชื้นนั้นส่งผลให้ค่าอิมพีแดนซ์ทางไฟฟ้าของวัสดุนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่างไปจากที่ควรจะเป็น ค่าความชื้นสัมพัทธ์จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการพ่นน้ำและลดลงเมื่อมีลมผ่านตัวรับรู้ สำหรับเซนเซอร์วัดความชื้นในดินจะมีค่าความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อถูกปักลงไปในวัสดุที่มีความชื้นเนื่องจากค่าความต้านทานระหว่างขาทั้งสองมีค่าลดลง และมีค่าเป็น 0 เมื่ออยู่ในอากาศเนื่องจากความต้านทานระหว่างขาทั้ง 2 มีค่าสูงมาก สำหรับค่าพิกัดตำแหน่งที่ได้จากโมดูลจีพีเอสมีความคลาดเคลื่อนอยู่ และมักมีปัญหาในตอนที่รับสัญญาณครั้งแรก ถ้าหากต้องรับสัญญาณในที่อับหรือมีสิ่งกำบังมากๆ จะทำให้ใช้เวลาในการรับสัญญาณค่อนข้างมากหรืออาจรับสัญญาณและอ่านค่าไม่ได้เลย จึงทำให้ครั้งแรกในการรับสัญญาณต้องให้โมดูลจีพีเอสอยู่ในที่โล่ง สำหรับการออกแบบวงจรของระบบนี้ต้องทราบถึงลักษณะของสัญญาณที่จะได้จากตัวรับรู้แต่ละตัวเพื่อความถูกต้องในการเชื่อมต่อตัวรับรู้นั้นกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของระบบน้ำต้องคำนึงถึงการเลือกปั๊มให้เหมาะสมกับจำนวนและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมน้ำ ในโครงงานนี้มีอุปกรณ์การควบคุมน้ำ 2 ส่วนซึ่งได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว และ หัวพ่นหมอก ในตอนแรกเลือกปั๊มที่มีแรงดันต่ำกว่าแรงดันที่โซลินอยด์วาล์วและที่หัวพ่นหมอกต้องการจึงทำให้น้ำที่ไหลออกมาเป็นหยดๆ ไม่เป็นฝอยดังที่ต้องการ ตอนหลังจึงเปลี่ยนเป็นปั๊มที่แรงดันสูงขึ้น พบว่าน้ำที่พ่นออกมามีลักษณะเป็นฝอยตามที่ต้องการ เนื่องจากปั๊มที่ใช้ควรใช้กับหัวพ่นอย่างน้อย 5-6 หัว แต่ในโครงงานนี้ใช้เพียง 3 หัวทำให้มีแรงดันสูงมากเกินไปจนบางครั้งดันท่อที่ต่ออยู่หลุดออก เมื่อนำอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบเป็นระบบการให้น้ำพืชแบบแม่นยำด้วยระบบสมองกลฝังตัว พบว่าชุดการวัดทั้ง 3 ชุดสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำ โดยการเปิดปิดปั๊มน้ำและวาล์วจะถูกควบคุมผ่านรีเลย์ หากข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความชื้นในดิน ตรงตามเงื่อนไขจะให้ ESP8266 ปล่อยสัญญาณ 1 (สัญญาณแบบดิจิตอล) ไปยังรีเลย์ส่งผลให้วาล์วเปิดและปั๊มน้ำทำงาน หากไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะให้ ESP8266 ปล่อยสัญญาณ 0 (สัญญาณแบบดิจิตอล) ไปยังรีเลย์ส่งผลให้วาล์วปิดและปั๊มน้ำไม่ทำงาน ระบบนี้มีโปรโตคอลแบบ MQTT ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกคือไคลเอน (client) คืออุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อ ได้แก่ ESP8266 ตัวรับรู้ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในอากาศ ตัวรับรู้ความชื้นในดิน และตัวบ่งชี้พิกัดพื้นโลก (โมดูลจีพีเอส) และส่วนที่สองคือ โบรกเกอร์ (Broker) ซึ่งเป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่างไคลเอนและรักษาความปลอดภัยของเครือข่าย ได้แก่ ระบบ NETPIE โดยมีหลักการทำงานคือ โบรกเกอร์จะเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างไคลเอนแต่ละตัว เช่น เมื่อเปิดหน้า dashboard ของเว็บไซต์ NETPIE บนคอมพิวเตอร์ หรือโทรศัพท์มือถือที่ทำการเชื่อมต่อกับ

อินเทอร์เน็ต dashboard จะทำการขอข้อมูล (subscribe) ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน และพิกัดของชุดการวัด ไปยัง NETPIE จากนั้น NETPIE จะทำการขอข้อมูล (subscribe) ไปยัง ESP8266 อีกครั้ง ESP8266 จึงทำการส่งค่าข้อมูล (publish) กลับไปยัง NETPIE แล้วจึงส่งข้อมูล (publish) กลับไปยัง dashboard ดังรูปที่ 5.1 ทำให้สามารถแสดงข้อมูลระบบนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลจากตัวรับรู้สัญญาณและสถานะการทำงานของปั๊มน้ำและวาล์วในระยะไกลได้




รูปที่ 5.1 โปรโตคอลแบบ MQTT ของระบบควบคุมการให้น้ำพืชแบบเม่นยำด้วยระบบสมองกลแบบฝังตัว

# บรรณานุกรม

[1] Microprocessor and Embedded Systems Laboratory. DHT 11/22 Relative Humidity and Temperature Sensor. (ออนไลน์). 2558. แหล่งที่มา: https://embed58.learninginventions.org/หัวข้อนำเสนอ/g1-4/

[2] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์. ความชื้นสัมพัทธ์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.lesa.biz/earth/atmosphere/humidity.
(วันที่ค้นข้อมูล : 12 มีนาคม 2562).

[3] อนุรัตน์ ศฤงคารภาษิต. ความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช.

[4] สุทิน คล้ายมนต์. ความสัมพันธ์ของน้ำและพืช. (ออนไลน์). 2012. แหล่งที่มา : https://soclaimon.wordpress.com/2012/02/14

[5] Gaylon Campbell. Estimating Relative Humidity in Soil: How to Stop Doing it Wrong. (ออนไลน์). 2016. แหล่งที่มา : http://www.environmentalbiophysics.org/what-is-the-relative-humidity-in-soil

[6] Pythogon. ตอนที่ 1 : What is Micropython & ESP 8266. (ออนไลน์). 2017. แหล่งที่มา: https://medium.com/blogs-194/what-is-micropython-esp-8266-f1a54c6fbadd

[7] สุธรรม แสงทรง. [Arduino] Basic Task#11 การใช้งาน Moisture Sensor. (ออนไลน์). 2560. แหล่งที่มา: http://darkzone025804.blogspot.com/2017/02/arduino-basic-task11-moisture-sensor.html

[8] การใช้งานโมดูล GPS Ublox NEO-6M. (ออนไลน์). 2017. แหล่งที่มา: https://www.ioxhop.com/article/54/%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%83%E0%B8%8A%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A1%E0%B8%94%E0%B8%B9%E0%B8%A5-gps-ublox-neo-6m

[9] What does 'Course Made Good' in NMEA string mean?. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: https://gis.stackexchange.com/questions/127173/what-does-course-made-good-in-nmea-string-mean

[10] สถาบันการบินมหาวิทยาลัยรังสิต. VARIATION. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: https://www.rsu.ac.th/pilot/know_04.html

[11] พนิตา พงษ์ไพบูลย์ และคณะ. คู่มือการใช้งาน NETPIE An Official Guide to NETPIE. (เอกสาร). 2017. แหล่งที่มา: https://netpie.io/tutorials

[12] PSP TECH CO., LTD. รีเลย์ (Relay) คืออะไร?. (ออนไลน์). 2557.

แหล่งที่มา: http://www.psptech.co.th/รีเลย์คืออะไร-15696.page

[13] หลักทำงานของโซลินอยด์วาล์ว. (ออนไลน์). 2559. แหล่งที่มา :
https://www.factomart.com/th/factomartblog/principle-of-solenoid-valve/.

[14] กัลยาณี ตั้งวราลักษณ์. มาทำความรู้จักกับ SOLENOID VALVE กันเถอะ. (ออนไลน์).
แหล่งที่มา :
http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=110.

[15]
https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%93%E0%B8%AB%E0%B8%A0%E0%B8%B9%E0%B8%A1%E0%B8%B4

# ภาคผนวก

```
#include <Dht11.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <MicroGear.h>
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define APPID   "ControlDevices"
#define KEY     "olyIkObFzErVro9"
#define SECRET  "7SZ82K3KIbwILxsDxTb9Py4Er"
#define ALIAS   "NodeMCU1"
#define NEIGHBOR "SwitchControl"
const char* ssid     = "NAME WIFI";
const char* password = "PASSWORD";
const char* state = "HIGH" ;
const char* stateV = "HIGH";
int INTERVAL = 1000;
int T_INCREMENT = 200;
int T_RECONNECT = 5000;
int BAUD_RATE = 115200;
int GPSBaud = 9600;
int MAX_TEMP = 100;
int MAX_HUMID = 100;
int MAX_MOIS = 100;
int timer = 0;
int  RXPin = D4, TXPin = D3, DHTPIN = D2, SENSOR_PIN = A0, ACWATERPUMP = D5,
conPin = D6, Valve = D7;
bool statusPump, laststatusPump;
float latitude, longitude; // create variable for latitude and longitude object
String lat_str , lng_str, STATECON = "0";

Dht11 _dht11(DHTPIN); //Initialize DHT sensor
TinyGPSPlus gps;
```

```
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);
char str[128];
WiFiClient client;
MicroGear microgear(client);

void onMsghandler(char *topic, uint8_t* msg, unsigned int msglen)
 {
   Serial.print("Incoming message ⟶ ");
   msg[msglen] = '\0';
   Serial.println((char *)msg);
 }

void onConnected(char *attribute, uint8_t* msg, unsigned int msglen)
 {
   Serial.println("Connected to NETPIE...");
   microgear.setAlias(ALIAS);
 }

void setup()

{
   ss.begin(GPSBaud);
   pinMode(ACWATERPUMP,OUTPUT);
   pinMode(Valve,OUTPUT);
   microgear.on(MESSAGE,onMsghandler);
   microgear.on(CONNECTED,onConnected);
   Serial.begin(BAUD_RATE);
   Serial.println("Starting...");
   unsigned long timeoutconnect = millis();


   if (WiFi.begin(ssid, password))
   {
     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
```

```
      {
        delay(500);
        Serial.print(".");
        if (millis() - timeoutconnect > 8000)
           {
              break;
           }
      }
    }
   Serial.println("WiFi connected");
   Serial.println("IP address: ");
   Serial.println(WiFi.localIP());
   microgear.init(KEY,SECRET,ALIAS);
   microgear.connect(APPID);
}

void loop() {
    if (ss.available() > 0)
    if (gps.encode(ss.read())){
    if (gps.location.isValid()){
  if (microgear.connected())
  {
    Serial.println(".");
    microgear.loop();
    _dht11.read();
    float humid = _dht11.getHumidity();
    float temp = _dht11.getTemperature();

    int h = humid;
    int t = temp;
    int mois;
    mois = analogRead(SENSOR_PIN);
    mois = map(mois,0,1023,100,0);
```

```
int m = mois;
latitude = gps.location.lat();
lat_str = String(latitude , 6);
longitude = gps.location.lng();
lng_str = String(longitude , 6);
sprintf(str,"%d,%d,%d",h,t,m);
if (timer >= INTERVAL)
{
  Serial.print("\nHumidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" C\t");
  Serial.print("Moisture: ");
  Serial.print(m);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("\t");
  Serial.print("Latitude = ");
  Serial.print(lat_str);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(" Longitude = ");
  Serial.println(lng_str);
  Serial.print(" \n");
  microgear.publish("/dht",str);

  microgear.chat("ESPID_02/GPS/lat", lat_str);
  microgear.chat("ESPID_02/GPS/lng", lng_str);
  String data = "{\"humid\":";
  data += h ;
  data += ", \"temp\":";
  data += t ;
  data += ", \"mois\":";
```

```
      data += m;
      data += ", \"lat\":";
      data += lat_str ;
      data += ", \"lng\":";
      data += lng_str ;
      data += "}";
      if (isnan(humid) || isnan(temp) || isnan(mois) || humid >= MAX_HUMID || temp>=
MAX_TEMP || mois>= MAX_MOIS) {
        Serial.println("Failed to read from sensor!");
      }
      else {
        if(temp >= 20 && humid > 30 && mois >= 3  )
        {
              digitalWrite(ACWATERPUMP,HIGH);
              state =  "HIGH";
              digitalWrite(Valve,HIGH);
              stateV =  "HIGH";
       }
        else
        {
              digitalWrite(ACWATERPUMP,LOW);
              state =  "LOW";
              digitalWrite(Valve,LOW);
              stateV =  "LOW";
        }
        microgear.chat("ESPID_02/Pump/state", state);
        microgear.chat("ESPID_02/Valve/stateV", stateV);
        Serial.print("State:");
        Serial.print(state);
        Serial.print(" \n");
        Serial.print("Sending -->");
        Serial.println((char*) data.c_str());
```

```
      }
      timer = 0;
    }
      else timer += T_INCREMENT;
      }
   else
   {
      Serial.println("connection lost, reconnect...");
      if (timer >= T_RECONNECT)
      {
        microgear.connect(APPID);
        timer = 0;
      }
      else timer += T_INCREMENT;
    }
    delay(200);
       }
  }
}
```