**สารบัญ**

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

กิตติกรรมประกาศ ง

สารบัญตาราง ช

สารบัญภาพ ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงานพิเศษ 2

1.3 ขอบเขตของการจัดทำโครงงานพิเศษ ภาคการศึกษา 1/2559 2

1.4 ขอบเขตของการจัดทำโครงงานพิเศษ ภาคการศึกษา 2/2559 3

1.5 วิธีดำเนินการจัดทำโครงงานพิเศษ 3

1.6 แผนกิจกรรมและตารางเวลาในการจัดทำโครงงานพิเศษ ภาคการศึกษา 1/2559 5

1.7 แผนกิจกรรมและตารางเวลาในการจัดทำโครงงานพิเศษ ภาคการศึกษา 2/2559 5

1.8 เครื่องมือในการจัดทำโครงงานพิเศษ 6

1.9 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน 8

2.2 Arduino UNO R3 26

2.3 Node MCU ESP8266 27

2.4 Raspberry Pi 3 28

2.5 หลอดไฟ LED Grow Light 28

2.6 DHT 22 30

2.7 Relay 30

2.8 Analog pH Meter 31

2.9 Analog EC Meter 32

2.10 Sonic AP2500 32

**สารบัญ (ต่อ)**

หน้า

2.11 พัดลมระบายความร้อน 33

2.12 Power Supply 33

2.13 Webcam 34

2.14 ระบบปฎิบัติการ Raspbian 34

2.15 ROI (Return on Investmen) 34

2.16 ทบทวนวรรณกรรม 36

บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงาน 37

3.1 การศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 38

3.2 การศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่จะนำมาทำการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

3.3 โครงสร้างโดยรวมของระบบ 45

3.4 แผนภาพ Flowchart 46

3.5 แนวคิดการออกแบบตู้ปลูกผักไร้ดินอัจฉริยะ 49

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 57

4.1 ส่วนของการต่ออุปกรณ์ 57

4.2 ตารางการคิด ROI 66

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 67

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 67

5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบและแนวทางในการแก้ปัญหา 67

5.3 ข้อเสนอแนะ 68

บรรณานุกรม 69

ภาคผนวก ก 70

ภากผนวก ข 78

ภากผนวก ค 82

**สารบัญตาราง**

ตารางที่ หน้า

1-1 แสดงแผนกิจกรรม และตารางเวลาในการจัดทำภาคการศึกษาที่ 1/2559 5

1-2 แสดงแผนกิจกรรม และตารางเวลาในการจัดทำภาคการศึกษาที่ 2/2559 5

2-1 แสดงอายุการเก็บเกี่ยวของผักชนิดต่าง ๆ 11

2-2 แสดงค่า EC และ pH ของพืชแต่ละชนิด 11

4-1 แสดงตารางการคิดค่า ROI 66

**สารบัญภาพ**

ภาพที่ หน้า

2-1 แสดงภาพตัวอย่างการปลูกพืชไร้ดินภายในโรงเรือน 13

2-2 แสดงปริมาณของธาตุอาหารแต่ละชนิด ในค่า pH ของสารละลาย 17

2-3 แสดงภาพตัวอย่างการปลูกพืชแบบกลับหัว 23

2-4 แสดงภาพโรงเรือนปลูกผักไร้ดินของบริษัท Secon High-Plant จำกัด ในประเทศญี่ปุ่น 24

2-5 แสดงภาพโรงเรือนปลูกผักไร้ดินของฟาร์มปศุสัตว์แห่งหนึ่งในประเทศออสเตรเลีย 25

2-6 แสดงภาพอาคารโรงโบล์วลิ่งเก่าที่ดัดแปลงให้เป็นฟาร์มปลูกผัก 26

2-7 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Arduino UNO R3 26

2-8 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Node MCU ESP8266 27

2-9 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Raspberry Pi 3 28

2-10 แสดงภาพความยาวคลื่นแสง 29

2-11 แสดงภาพตัวอย่างหลอดไฟ LED Grow Light 30

2-12 แสดงภาพตัวอย่าง DHT22 30

2-13 แสดงภาพตัวอย่าง Relay 31

2-14 แสดงภาพตัวอย่าง Analog pH Meter 31

2-15 แสดงภาพตัวอย่าง Analog EC Meter 32

2-16 แสดงภาพตัวอย่างปั๊มน้ำ Sonic AP2500 32

2-17 แสดงภาพพัดลมระบายความร้อน 33

2-18 แสดงภาพตัวอย่าง Power Supply 33

2-19 แสดงภาพตัวอย่างกล้องเว็บแคม 34

2-20 แสดงภาพตัวอย่างหน้าการแสดงผล Raspbian 35

2-21 แสดงภาพสมการการคำนวณหาค่า ROI 35

3-1 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Arduino UNO R3 38

3-2 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Node MCU ESP8266 38

3-3 แสดงภาพตัวอย่างบอร์ด Raspberry Pi 3 39

3-4 แสดงภาพขา GPIO ของ Raspberry Pi 3 39

3-5 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Analog pH Meter กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 40

3-6 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Analog EC Meter กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 41

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

ภาพที่ หน้า

3-7 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง DHT22 กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 42

3-8 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Relay 4 Channel กับ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 43

3-9 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino UNO R3 กับ Node MCU ESP8266 44

3-10 แสดงโครงสร้างโดยรวมของระบบ 45

3-11 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ 46

3-12 แสดงการทำงานของเซนเซอร์ของระบบ 47

3-13 แสดงการทำงานของ Relay ควบคุมการทำงานของหลอดไฟ LED Grow Light 48

3-14 แสดงการทำงานของการสั่งถ่ายภาพ 49

3-15 แสดงภาพของการออกแบบตู้ปลูกผักไร้ดินอัจฉริยะ 50

3-16 แสดงภาพของตู้ปลูกผักไร้ดินอัจฉริยะ 51

3-17 แสดงภาพของโครงสร้างตู้ปลูกผักไร้ดินอัจฉริยะระหว่างทำการประกอบ 52

3-18 แสดงภาพของชั้นปลูกผักของตู้ปลูกผักไร้ดินอัจฉริยะ 53

3-19 แสดงภาพของกล่องที่ใช้ในการปลูกผักไร้ดิน 53

3-20 แสดงภาพของการปลูกพืชไร้ดินโดยใช้วัสดุเป็นท่อ PVC 54

3-21 แสดงภาพของฝากล่องที่ได้ทำการเจาะรูแล้ว 55

3-22 แสดงภาพตำแหน่งการติดตั้งกล้องเว็บแคม 56

3-23 แสดงภาพตำแหน่งการติดตั้งกล้องเว็บแคม 56

4-1 แสดงภาพการต่อวงจร Analog pH Meter และ Analog EC Meter 57

4-2 แสดงภาพการต่อวงจร Relay 16 Channel 58

4-3 แสดงภาพการเชื่อมต่อ Power supply กับ Relay 59

4-4 แสดงภาพการเชื่อมต่อวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Node MCU ESP8266 59

4-5 แสดงภาพการเชื่อมต่อวงจรของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 60

4-6 แสดงภาพการเชื่อมต่อวงจรของบอร์ด Raspberry Pi 3 60

4-7 แสดงโครงสร้างตู้ปลูกผักและการติดตั้งอุปกรณ์ 61

4-8 แสดงภาพตู้ปลูกผักไร้ดินที่ได้ทำการปิดด้านข้าง ด้านบน ด้านหลัง และด้านหน้า 62

4-9 แสดงภาพการเก็บข้อมูลที่ Google Sheets 63

4-10 แสดงหน้าเว็บที่ใช้ในการควบคุมปั๊มน้ำ และแสดงข้อมูลล่าสุดของ Google Sheets 63

**สารบัญภาพ (ต่อ)**

ภาพที่ หน้า

4-11 แสดงภาพหน้าเว็บที่ใช้ในการแสดงค่าข้อมูลค่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

ภายในตู้ เช่นค่า pH, EC, อุณหภูมิ และความชื้น 64

4-12 แสดงภาพหน้าเว็บที่ใช้ในการดูว่าผักต้นไหนที่สามารถรับประทานได้แล้ว 64

4-13 แสดงภาพส่วนของการรีเซตวันที่นับถอยหลังของปุ่มรูปลูกผัก 65

4-14 แสดงภาพส่วนของหน้าเว็บที่ใช้ในการถ่ายภาพ และแสดงภาพที่ถ่าย 65

4-15 แสดงภาพสมการการคำนวณหาค่า ROI 66