การบริหารจัดการขยะแบบฉลาด : ถังขยะอัจฉริยะ
THE SMART WASTE MANAGEMENT : AN INTELLIGENT BIN

นางสาวชุติกาญจน์ จันทรสกา รหัส 57361081

นายศรรักษ์ คำป้อม รหัส 57361555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2560

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การบริหารจัดการขยะแบบฉลาด : ถังขยะอัจฉริยะ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวชุติกาญจน์	จันทรสกา	รหัส 57361081
	นายศรรักษ์	คำป้อม	รหัส 57361555
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารุกร		
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2560		

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารุกร)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(อาจารย์เกตุชนา บุญฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การบริหารจัดการขยะแบบฉลาด : ถังขยะอัจฉริยะ		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวชุติกาญจน์	จันทรสกา	รหัส 57361081
	นายศรรักษ์	คำป้อม	รหัส 57361555
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารุกร		
ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน	ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2560		

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ พร้อมโปรแกรมรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ เนื่องจากโดยทั่วไปการเก็บขยะตามแหล่งทิ้งขยะต่างๆ มักจะเก็บขยะตามรอบ หรือระยะทางที่ได้กำหนดไว้อยู่แล้ว และโดยส่วนใหญ่พบว่าขยะที่เก็บทิ้งในแต่ละจุดนั้น มีปริมาณขยะไม่เต็มทุกถัง บางถังมีปริมาณขยะมากจนล้น บางถังมีปริมาณขยะน้อย หรือ ไม่มีขยะเลย ทำให้เกิดปัญหาหลายด้าน เช่น ด้านสิ่งแวดล้อม อาจทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เกิดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลืองจากยานพาหนะที่ใช้เก็บขยะ เสียเวลาในการเก็บขยะ การจราจรที่ติดขัด และค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานเก็บขยะ เป็นต้น ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงได้ออกแบบ และสร้างถังขยะอัจฉริยะ พร้อมโปรแกรมรวบรวมข้อมูล ขึ้นมา เพื่อเป็นประโยชน์ต่อพนักงานเก็บขยะ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อไป โดยเพื่อใช้ในการจัดหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการเก็บขยะ ช่วยลดระยะทาง หรือ ระยะเวลาในการเก็บขยะในแต่ละรอบ และลดปัญหาปริมาณขยะล้น เป็นต้น

ในการดำเนินโครงงานจะทำการศึกษารวบรวมทฤษฎีแล้วทำการออกแบบส่วนต่างๆของถังขยะอัจฉริยะ ต่อมาได้ทำการจัดหารายละเอียดราคาของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง แล้วจึงทำการสร้างถังขยะอัจฉริยะ ซึ่งถังขยะอัจฉริยะประกอบด้วย 4 ระบบหลัก คือ ระบบโครงสร้าง ระบบวงจร ระบบโปรแกรมรายงานผล และระบบความปลอดภัย

การทำเป็นโครงงานครั้งนี้ จะได้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ พร้อมโปรแกรมรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ

Project title	The Smart Waste Management : An Intelligent Bin
Author	Ms. Chutikan Jantarasaka ID 57361081
	Mr. Sonrak Khampom ID 57361555
Project advisor	Assist.Prof.Dr. Panu Buranajarukorn
Co- Project advisor	Dr. Phisut Apichayakul
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic year	2017

.....

Abstract

The purposes of this project is designing and creating an intelligent bin with the program to gets data on level volume waste and location of trash. Because garbage collection have a waste disposal schedule and cycle time. And found amount of garbage is not full of every bin. Some trash have waste overload, little or no waste at all. Cause many problems such as the environment and make to bad smell, fuel consumption, garbage collection spend too much time, traffic jam and employment of refuse collector. Therefore we design and create an intelligent bin for benefit the refuse collector or related organization. In order to provide the best route, decrease lost time garbage collection and the amount of waste over.

In this project, we have studied and compiled the theory in order to design intelligent bin. Then we provided a material or equipment for creating. Intelligent Bin consists of 4 systems, structure system, circuitry system, reporting program system and security system.

In this project, will get an intelligent bin with the program to gets data on level volume waste and location of trash.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น เพราะได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ บูรณจารุกร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และ ดร. พิสุทธิ์ อภิชยกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดต่างๆ ของการดำเนินโครงงาน และช่วยแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องของการดำเนินโครงงานด้วยดีมาตลอด จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และถูกต้อง

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้ดำเนินโครงงานเสมอ จนสำเร็จการศึกษา รวมถึงพี่ๆ เพื่อนๆ ที่คอยแนะนำ และช่วยเหลือให้แก่ผู้ดำเนินโครงงานด้วยดีมาตลอด

ผู้ดำเนินโครงงาน
นางสาวชุติกาญจน์ จันทรสกา
นายศรรักษ์ คำป้อม
พฤษภาคม 2561

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อ ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output) 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 1
1.5 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 3
2.1 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ (Ultrasonic Sensors) 3
2.1.1 หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ 3
2.1.2 การจัดวางตำแหน่งของเซนเซอร์ 4
2.2 การสื่อสารในระบบจีเอสเอ็ม (GSM) 6
2.3 จีพีอาร์เอส (GPRS) 6
2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.5 อาดูโน่ (Arduno) 9
2.6 หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น 10
2.6.1 การวิเคราะห์ปัญหา 10
2.6.2 การออกแบบโปรแกรม 11
2.6.3 การเขียนโปรแกรม 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.4 การทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม 11
2.6.5 การจัดทำเอกสารประกอบโปรแกรม 12
2.6.6 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ 12
2.6.7 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมรายงานผล 14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.7.1 ภูเก็ตก้าวแรกสู่ไทยแลนด์ 4.0 15
2.7.2 ระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 17
3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล 18
3.1.1 วิเคราะห์ปัญหา 18
3.1.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 18
3.2 การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ 18
3.2.1 พิจารณาเลือกวัสดุ และอุปกรณ์ 18
3.2.2 จัดซื้อ จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ 18
3.3 การออกแบบถังขยะอัจฉริยะ 18
3.3.1 การออกแบบโครงสร้าง 19
3.3.2 การออกแบบวงจร 19
3.3.3 การออกแบบโปรแกรมรายงานผล 19
3.3.4 การออกแบบระบบความปลอดภัย 19
3.4 การสร้างถังขยะอัจฉริยะ 19
3.5 การทดสอบระบบต่างๆของถังขยะอัจฉริยะ 20
3.6 การปรับปรุง และแก้ไขระบบต่างๆของถังขยะอัจฉริยะ 20
3.7 การจัดทำคู่มือในการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ 20
3.8 การสรุปผลการดำเนินโครงงาน 20
3.9 การจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์ 20

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 21
4.1 ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูล 21
4.2 การออกแบบ 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.1 การออกแบบโครงสร้าง 22
4.2.2 การออกแบบวงจร 23
4.2.3 การออกแบบโปรแกรมรายงานผล 25
4.2.4 การออกแบบระบบความปลอดภัย 26
4.3 ผลการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ 27
4.4 ผลการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ 27
4.4.1 การสร้างระบบโครงสร้าง 28
4.4.2 การสร้างระบบวงจร 29
4.4.3 การสร้างระบบโปรแกรมรายงานผล 29
4.4.4 การสร้างระบบความปลอดภัย 33
4.5 ผลการทดสอบการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ 36
4.5.1 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ 36
4.5.2 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ 38
4.6 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานถังขยะอัจฉริยะรวมถึงโปรแกรมการรายงานผล 40

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 41
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 41
5.2 ข้อเสนอแนะ 41
5.3 อุปสรรคจากการดำเนินโครงงาน 42

เอกสารอ้างอิง 43

ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งานถังขยะอัจฉริยะและโปรแกรมรายงานผล 44
ภาคผนวก ข โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างถังขยะอัจฉริยะ 48
ภาคผนวก ค การคำนวณเพื่อกำหนดระดับของปริมาณขยะในถังขยะ 65

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 67

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 2
4.1 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ในวงจร 23
4.2 ค่าใช้จ่ายที่ใช้สร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ 27
4.3 ผลการทดสอบหาระยะการตรวจสอบปริมาณขยะในอาคาร และกลางแจ้ง..... 37
4.4 ผลการทดลองหาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะกับขยะ (Bin1)..... 39
4.5 ผลการทดลองหาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะกับขยะ (Bin2)..... 39

สารบัญรูป

รูป หน้า

2.1 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ 3
2.2 ไดอะแกรมภายในอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ 4
2.3 การเว้นระยะห่างของเซนเซอร์ 5
2.4 การจัดวางแนวระนาบของสิ่งของ 5
2.5 การตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน 5
2.6 จีพีอาร์เอส 7
2.7 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ 7
2.8 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 9
2.9 บอร์ดอาดูโน่ต่อกับ LED 9
2.10 บอร์ดอาดูโน่ต่อกับ XBee Shield 10
2.11 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload 13
2.12 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด 13
2.13 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และการกดอัปโหลด 13
2.14 สัญลักษณ์โปรแกรม Visual Studio Code 14
2.15 โปรแกรม Visual Studio Code 14
2.16 แบบฟอร์มการเก็บขยะอัจฉริยะ 16
2.17 องค์ประกอบ และฟังก์ชันการทำงานของระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ 16
3.1 แผนผังการดำเนินโครงงาน 17
3.2 ระยะของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะจนถึงก้นถัง 20
4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะในความดูแลขององค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์ 21
4.2 การเลือกแบบระบบโครงสร้าง 22
4.3 แบบระบบโครงสร้าง 23
4.4 แบบระบบวงจร 24
4.5 Wiring Diagram ของระบบวงจรในการวัดปริมาณขยะ และส่งข้อมูล 24
4.6 ขนาดของถังขยะอัจฉริยะ 25
4.7 แผนผังการออกแบบระบบโปรแกรมรายงานผล 26
4.8 ฝากล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป 28
4.9 ด้านข้างกล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป 28
4.10 วงจรในการวัดปริมาณขยะและส่งข้อมูล 29
4.11 ระบบวงจรในกล่องโครงสร้าง 29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

4.12 แผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนเก็บสถิติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของถังขยะอัจฉริยะ 30

4.13 แผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนแสดงผลสถานะของถังขยะอัจฉริยะ 31

4.14 เว็บไซต์รวบรวมผลข้อมูล 32

4.15 ข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ 32

4.16 โครงสร้างวงจรแบบฝาปิด (ด้านบน) 33

4.17 โครงสร้างวงจรแบบฝาปิด (ด้านข้าง) 33

4.18 โครงสร้างที่มีการพ่นสีด้านใน 34

4.19 อุปกรณ์วัดปริมาณขยะใต้ฝาถังขยะ 34

4.20 วงจรที่มีฟองน้ำดูดซับแรงกระแทก 35

4.21 โครงสร้างที่หุ้มซิลิโคนแล้ว 35

4.22 อุปกรณ์วัดปริมาณขยะที่หุ้มซิลิโคนแล้ว 35

4.23 ชุดทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ 36

4.24 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์ (ในอาคาร) 36

4.25 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์ (กลางแจ้ง) 37

4.26 ระยะอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะจนถึงก้นถัง 38

ก.1 เว็บไซต์แสดงผลข้อมูล 45

ก.2 การเพิ่มชื่อถังขยะ 45

ก.3 การเพิ่มตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ 46

ก.4 การกดตกลงหลังใส่ชื่อ และตำแหน่งถังขยะแล้ว 46

ก.5 การกด Log เพื่อดูข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้ 47

ก.6 ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้ 47

ค.1 ขนาด และสัดส่วนถังขยะ 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เมืองชาญฉลาด (Smart City) คือ การเชื่อมโยงระบบโครงสร้างพื้นฐานของชุมชนให้เข้ากับระบบเทคโนโลยีสาระสนเทศ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเมืองให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความมั่นคง โดยมีหลักในการดำเนินงานร่วมกับการพัฒนาอย่างล้ำสมัยของเทคโนโลยี ที่เรียกว่าเป็นการเชื่อมโยงอุปกรณ์ หรือสิ่งต่างๆรอบตัวเราให้เข้ากับโครงข่ายระบบการสื่อสารทางอินเตอร์เน็ต เน้นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้อยู่อาศัย เกิดสภาพน่าอยู่มากขึ้น และมีคุณภาพในการดำรงชีวิตสูงขึ้น แต่ทั้งนี้เมืองในปัจจุบันยังคงมีปัญหามากมายที่ต้องการการแก้ไข เช่น การบริหารชุมชน การจัดการเมือง และการวางแผนในด้านต่างๆ เป็นต้น ปัญหาการจัดเก็บขยะก็เป็นส่วนหนึ่ง พนักงานเก็บขยะมีการเก็บขยะตามจุดต่างๆ ตามเส้นทางที่กำหนด ซึ่งประเด็นหลัก คือ ถังขยะที่เก็บนั้นยังมีปริมาณขยะไม่มากพอที่สมควรจะเก็บทิ้ง ปัญหาจุดนี้ทำให้เกิดการสิ้นเปลือง และผลเสียต่างๆ เช่น เชื้อเพลิงในการขนถ่ายขยะ แรงงาน ระยะเวลาในการขนถ่าย และค่าบำรุงรักษายานพาหนะ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะ

1.2.2 สร้างโปรแกรมเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะ พร้อมโปรแกรมรวบรวมข้อมูลด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ได้ข้อมูลด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ จากการรายงานผลของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะผ่านโปรแกรมรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการเส้นทางการเก็บขยะต่อไป

1.5 ขอบเขตของโครงงาน

1.5.1 อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ตรวจสอบปริมาณด้วยอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ สื่อสารผ่านระบบ GPRS

1.5.2 โปรแกรมเพื่อรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2561

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินโครงการ

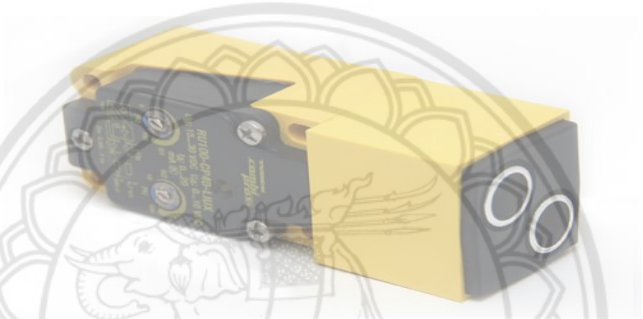
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	การดำเนินการ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.8.1	ศึกษาส่วนประกอบและเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง	→									
1.8.2	การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์		→								
1.8.3	การออกแบบถังขยะอัจฉริยะ			→							
1.8.4	การสร้างถังขยะอัจฉริยะ				→						
1.8.5	การทดสอบถังขยะอัจฉริยะ						→	→			
1.8.6	การปรับปรุง และแก้ไข								→		
1.8.7	จัดทำคู่มือในการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ									→	
1.8.8	สรุปผลดำเนินโครงงาน										→
1.8.9	การจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์										→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ (Ultrasanic Sensors)

อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระยะห่าง เริ่มจากหัววัดของเซนเซอร์ถึงสิ่งของต่างๆได้อย่างแม่นยำ และข้อดีของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ คือ แม้แต่ในสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ฝุ่นผง และความสกปรก สามารถตรวจวัดระยะห่างของวัตถุได้ดี แม้ว่าวัตถุนั้นจะมีความโปร่งใส โปร่งแสง มีความแวววาวได้อย่างแม่นยำ และยังเหมาะสำหรับการตรวจจับของเหลว และวัตถุที่เป็นเม็ดได้เป็นอย่างดี อุปกรณ์อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์
ที่มา : http://www.supremelines.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)

2.1.1 หลักการทำงานของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์

อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่ใช้คลื่นเสียงในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ โดยส่วนประกอบของตัวเซนเซอร์มีลักษณะดังรูปที่ 2.2

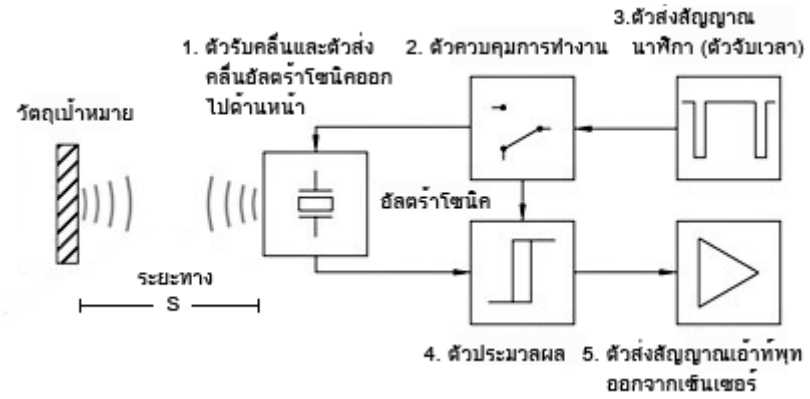
2.1.1.1 ตัวส่งคลื่นอัลตร้าโซนิค และตัวรับคลื่นอัลตร้าโซนิค

2.1.1.2 ตัวควบคุมการทำงาน

2.1.1.3 ตัวส่งสัญญาณนาฬิกา

2.1.1.4 ตัวประมวลผล

2.1.1.5 ตัวส่งสัญญาณขาออก



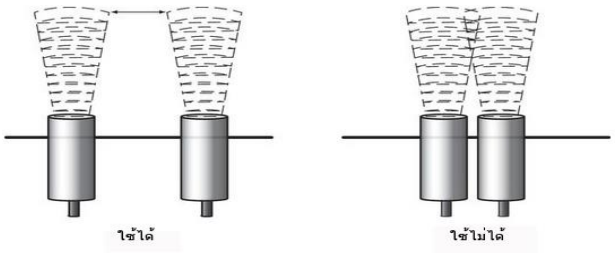
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของอัลตร้าโซนิคเซนเซอร์

ที่มา : http://www.supremelines.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)

หลักการทำงาน คือ ตัวส่งสัญญาณจะส่งสัญญาณนาฬิกาไปที่ตัวคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการแปลงสัญญาณ แล้วส่งไปต่อที่ตัวอัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ ซึ่งแบ่งเป็นสองส่วน คือ ตัวส่ง และตัวรับ ตัวส่งจะสร้างคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิค จากสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งคลื่นเสียงความถี่สูงออกไปเป็นแนวตรง และเมื่อคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิคไปกระทบกับวัตถุใดๆ ตามหลักการของคลื่นเสียง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน คลื่นเสียงจะถูกสะท้อนกลับมาที่ตัวรับคลื่นเสียงอัลตร้าโซนิค เมื่อตัวรับได้รับคลื่นเสียงที่ถูกสะท้อนกลับมาแล้ว ตัวรับจะแปลงคลื่นเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วส่งต่อให้ตัวประมวลผล ตัวประมวลผลจะทำการคำนวณค่าระยะห่างจากระยะทางที่คลื่นเสียงเดินทางไป และเดินทางกลับอย่างแม่นยำ โดยส่งค่าที่คำนวณได้ไปให้ตัวส่งสัญญาณขาออก เพื่อส่งสัญญาณขาออกไปให้อุปกรณ์อื่นต่อไป

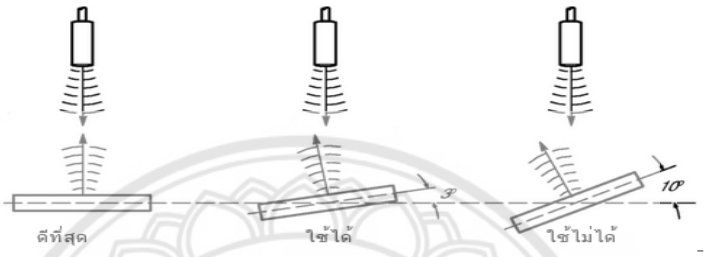
2.1.2 การจัดวางตำแหน่งของเซนเซอร์

การเว้นระยะห่างของตัวเซนเซอร์ อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์เป็นเซนเซอร์ที่ใช้การส่งคลื่นเสียงในการทำงาน ทำให้ต้องมีการเว้นระยะห่างของตัวเซนเซอร์ ดังรูปที่ 2.3 จะเห็นว่าเราควรเว้นระยะห่างของเซนเซอร์ เพื่อไม่ให้คลื่นเสียงที่ส่งออกไปมีการรบกวนกัน เพื่อประสิทธิภาพ และความแม่นยำในการตรวจจับของตัวเซนเซอร์ การวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับ ควรจัดวางสิ่งของที่จะทำการตรวจจับให้มีระนาบที่จะสามารถสะท้อนคลื่นเสียงที่ส่งไป กลับมาได้ ตามคุณสมบัติของคลื่นเสียงที่ว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 การเว้นระยะห่างของเซนเซอร์

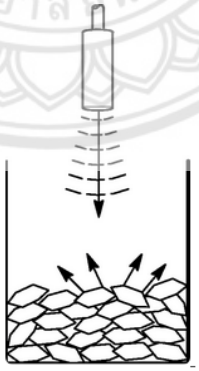
ที่มา : http://www.supremelines.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)



รูปที่ 2.4 การจัดวางแนวระนาบของสิ่งของ

ที่มา : http://www.supremelines.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)

วัตถุที่จะทำการสะท้อนนั้น ควรจะมีลักษณะเป็นแนวราบ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการตรวจจับดีที่สุด ถ้าวัตถุที่ทำการตรวจจับเป็นชิ้นเล็กๆ หรือมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน จะทำให้ความสามารถในการตรวจจับ และความแม่นยำลดลง โดยมีลักษณะดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การตรวจจับวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

ที่มา : http://www.supremelines.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)

2.2 การสื่อสารในระบบจีเอสเอ็ม (GSM)

จีเอสเอ็ม (GSM : Global System for Mobile Communications) เป็นรูปแบบการส่งสัญญาณไร้สายแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นมาตรฐานของเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก ปัจจุบันมีผู้ใช้มากกว่าร้อยละ 90 ของมือถือทั่วโลก

จีเอสเอ็ม ใช้เทคโนโลยีดิจิตอลสำหรับช่องสัญญาณควบคุม และสัญญาณเสียงแบบ TDMA ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือก่อนหน้านั้น จึงถือว่าเป็นโทรศัพท์มือถือในยุคที่สอง (2G)

การพัฒนาอย่างแพร่หลายของจีเอสเอ็ม เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกสบายมากขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ควบคุมระบบเน็ตเวิร์ค ให้มีตัวเลือกในการใช้งานมากขึ้น เนื่องจากมีผู้จัดทำอย่างแพร่หลายจีเอสเอ็ม เริ่มต้นด้วยทางเลือกใหม่ ซึ่งมีราคาที่ถูกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการติดต่อสื่อสาร คือ การบริการข้อความผ่านทางโทรศัพท์มือถือแบบสั้น (SMS) ซึ่งโทรศัพท์มือถือทั่วไปสามารถรองรับได้อย่างดี

2.3 จีพีอาร์เอส (GPRS)

จีพีอาร์เอส (GPRS : General Packet Radio Service) เป็นบริการส่งข้อมูลสำหรับโทรศัพท์มือถือแบบ GSM โดยจีพีอาร์เอสมักถูกเรียกว่าเป็นโทรศัพท์มือถือยุค 2.5G โดยเป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นบนเครือข่ายเดิมเพื่อให้การส่งข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว และสะดวกยิ่งขึ้น โดยจีพีอาร์เอสมีประโยชน์ดังนี้

2.3.1 เป็นเทคโนโลยีที่สร้างขึ้นมา เพื่อการใช้ระบบอินเตอร์เน็ตเคลื่อนที่ (Mobile Internet) ด้วยความสะดวกยิ่งขึ้น ทำให้สามารถทำธุรกรรมต่างๆ ได้อย่างสะดวก และง่ายดายผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.3.2 เป็นการส่งข้อมูลแบบใหม่ในรูปแบบของมัลติมีเดีย ซึ่งจะประกอบไปด้วยรูปภาพที่เป็นกราฟิก เสียง และวิดีโอ

2.3.3 เทคโนโลยีจีพีอาร์เอสจะทำให้การคิดอัตราค่าบริการในการใช้อินเตอร์เน็ต ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการรับ และส่งข้อมูล ไม่ใช่ช่วงเวลาในการเชื่อมต่อ ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ จ่ายเพียงแค่อัตราค่าบริการในการดาวน์โหลด และอัพโหลดเท่านั้น

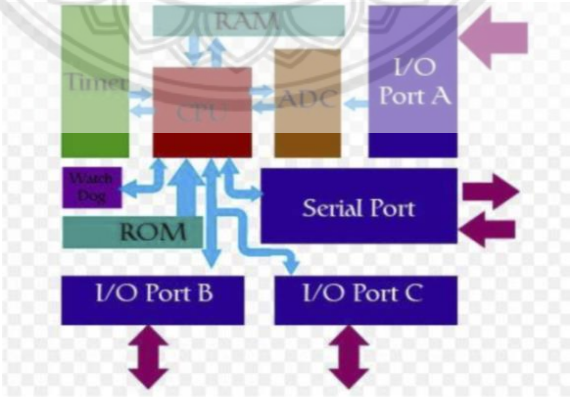
2.3.4 เทคโนโลยีจีพีอาร์เอสจะช่วยให้เชื่อมต่อ และรับข้อมูลจ่าง ๆ ผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยระยะเวลาที่รวดเร็วกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบจีเอสเอ็ม (GSM) ทั่วไป ทำให้การเข้าสู่เว็บไซต์ หรือการรับส่งอีเมล์ (e-mail) เป็นไปอย่างสะดวก และง่ายดาย ตัวอย่างจีพีอาร์เอสแสดงดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 จีพีอาร์เอส
ที่มา : http://guru.sanook.com (สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ต.ค. 2560)

2.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โดยผ่านการออกแบบวงจรให้เหมาะกับงานต่างๆ และยังสามารถโปรแกรมคำสั่ง เพื่อควบคุมข้อมูลขาเข้า และข้อมูลขาออก เพื่อสั่งงานให้ไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆได้อีกด้วย ซึ่งนับว่าเป็นระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย ทั้งทางด้าน ดิจิตอล (Digital) และอนาล็อก (Analog) เช่น ระบบสัญญาณตอบรับอัตโนมัติ, ระบบบัตรคิว, ระบบตอกบัตรพนักงาน และอื่นๆ ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ในยุคปัจจุบันนั้นสามารถทำการเชื่อมต่อกับระบบโครงข่าย (Network) ของคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้อีกด้วยโครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา : www.Chokelive.com (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ต.ค. 2560)

โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ และแสดงดังรูปที่ 2.8

2.4.1 หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงาน โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำการประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล ซีพียูจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับประมวลผล และการคำนวณ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง, วงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา, วงจรควบคุมการทำงาน, วงจรตั้งเวลา (Timer) รวมทั้งหน่วยคำนวณทางลอจิกและคณิตศาสตร์ (ALU) เป็นต้น

2.4.2 หน่วยความจำ(Memory Unit) การเขียนโปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซีนั้น ต้องคำนึงถึงขนาดของหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย หากเขียนให้โปรแกรมที่มีขนาดความจุมากกว่าขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะไม่สามารถบรรจุโปรแกรมลงได้ครบสมบูรณ์ ทั้งนี้ต้องระมัดระวังในการใช้หน่วยความจำแบบอื่นในไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถแบ่งหน่วยความจำได้ 3 แบบคือ

2.4.2.1 หน่วยความจำแบบแฟลช (Flash Program Memory) โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์หลายๆยี่ห้อถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติในการโปรแกรม และการลบโปรแกรมได้มากกว่า 100,000 ครั้ง และการทำงานมีความเร็วสูงเหมาะใช้ในการพัฒนางานที่มีขนาดใหญ่ หน่วยความจำนี้มีขนาด 1KB - 32KB

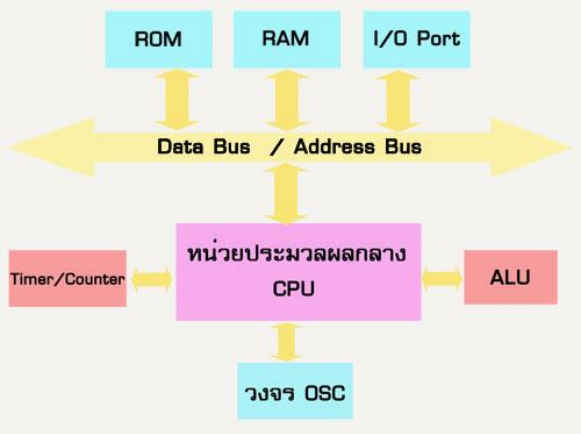
2.4.2.2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory : RAM) เป็นหน่วยความจำชั่วคราว ใช้เก็บข้อมูลขณะประมวลผล เมื่อหยุดจ่ายไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไป มีความจุตั้งแต่ 64-1536 Bytes

2.4.2.3 หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียน และลบโปรแกรมได้ด้วยกระแสไฟฟ้า ในหน่วยความจำรอม (Rom) มีความจุขนาดถึง 256 Bytes

2.4.3 พอร์ตอินพุตและเอาท์พุต (I/O Port) ไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกตัวต้องมีขาต่อใช้งาน และสามารถเป็นได้ทั้งขาสัญญาณออก และขาสัญญาณเข้า จึงจะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือนำไปใช้งานอื่นได้ เช่น จอแสดงผล, ปุ่มกด หรือเซ็นเซอร์ เป็นต้น ในการใช้งานจะแบ่งพอร์ตออกเป็นพอร์ตละกี่บิตก็แล้วแต่ ส่วนใหญ่ตามมาตรฐานพอร์ตหนึ่งจะมี 8 บิต (ขาต่อใช้งาน 8 ขา)

2.4.4 ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือ เส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus), บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

2.4.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Oscillator) นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้น ส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

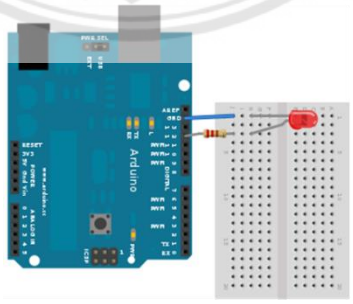


รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่มา : https://allowtech.blogspot.com/2011/12/pic.html (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ต.ค. 2560)

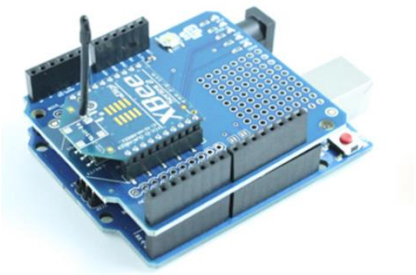
2.5 อาดูโน่ (Arduino)

อาดูโน่ คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ดแบบสำเร็จรูปในยุคปัจจุบัน ซึ่งถูกสร้างมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนา คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน ฮาร์ดแวร์ และซอฟแวร์ ตัวบอร์ดอาดูโน่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา เพียงแค่เรามีบอร์ดอาดูโน่กับคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่อง ก็พร้อมใช้งานได้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือ โปรแกรมต่อได้อีกด้วย

การต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆเข้ากับบอร์ดอาดูโน่ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาเข้า หรือ ขาออกของบอร์ด ดังตัวอย่างรูปที่ 2.9 หรือ เพื่อความสะดวก สามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ มาเสียบกับบอร์ด อาร์ดูโน่แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลยดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.9 บอร์ดอาดูโน่ต่อกับ LED
ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ต.ค. 2560)



รูปที่ 2.10 บอร์ดอาดูโน่ต่อกับบอร์ด XBee Shield
ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ต.ค. 2560)

2.6 หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การเขียนโปรแกรมจะต้องเข้าใจหลักเกณฑ์ของภาษาโปรแกรม และระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ ว่ามีโครงสร้างและวิธีการใช้คำสั่งอย่างไร ซึ่งในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีหลักเกณฑ์การเขียนโปรแกรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.6.1 การวิเคราะห์ปัญหา

การวิเคราะห์ปัญหามีขั้นตอนดังนี้ คือ

2.6.1.1 การหาวัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรม ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องหาวัตถุประสงค์จากงานที่จะเขียนโปรแกรมว่า ต้องการเขียนโปรแกรม เพื่อแก้ปัญหาอะไรบ้างซึ่งจะทำให้เขียนโปรแกรมได้ตรงกับความต้องการ หรือ วัตถุประสงค์ของงานนั้น ๆ

2.6.1.2 การหารูปแบบผลลัพธ์ที่ต้องการ เมื่อผู้เขียนโปรแกรมหาวัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรมได้แล้ว ขั้นตอนต่อมา คือ การกำหนด รูปแบบผลลัพธ์ที่ต้องการจากโปรแกรม ซึ่งรูปแบบผลลัพธ์อาจอยู่ในลักษณะของข้อความ ตัวเลข ตาราง แผนภูมิ หรือ อาจใช้ผสมกันระหว่างตัวเลขกับข้อความ ข้อความกับตัวเลข และตารางก็ได้ ขึ้นอยู่กับผู้เขียนโปรแกรมเป็นผู้กำหนดเอง แต่โดยส่วนมากนิยม แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรมให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายมากกว่ารูปแบบที่ซับซ้อน

2.6.1.3 การหาข้อมูลนำเข้าที่ต้องใส่เข้าไปในโปรแกรม ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องหาข้อมูลนำเข้าจากผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม โดยคำนึงถึงขั้นตอนวิธีการคำนวณ และข้อมูลที่จำเป็นต้องใส่เข้าไปเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น ผลลัพธ์ที่ต้องการ คือ พื้นที่สามเหลี่ยมมุมฉากข้อมูลนำเข้าที่ต้องใส่เข้าไปในโปรแกรม คือ 1. สูตรคำนวณพื้นที่สามเหลี่ยมมุมฉาก 2. ความยาวของฐาน และความสูงของรูปสามเหลี่ยม

2.6.1.4 การหาตัวแปรที่จำเป็นต้องใช้ในโปรแกรม ตัวแปร หมายถึง ชื่อที่ผู้เขียนโปรแกรมสามารถตั้งขึ้นเองตามหลักการตั้งชื่อตัวแปรของภาษาคอมพิวเตอร์ที่นำมาเขียนโปรแกรม เพื่อใช้ในการอ้างอิงการเก็บข้อมูล และเรียกใช้ข้อมูลภายในตัวแปร ดังนั้นผู้เขียนโปรแกรมจะต้องตั้ง

ชื่อตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทั้งหมดภายในโปรแกรม รวมถึงตัวแปรบางตัวที่ใช้ในการนับจำนวนรอบของการทำงานในโปรแกรมอีกด้วย

2.6.2 การออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมมีเครื่องมือที่ใช้ดังนี้

2.6.2.1 อัลกอริทึม (Algorithms) เป็นขั้นตอนที่ใช้อธิบายลำดับการทำงานของโปรแกรม โดยเป็นประโยคภาษาอังกฤษที่มีความคล้ายกับชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์

2.6.2.2 ผังงาน (Flowchart) คือ รูปภาพ หรือ สัญลักษณ์ ที่ใช้เขียนแทนขั้นตอน คำอธิบาย ข้อความ หรือ คำพูด ที่ใช้ในอัลกอริทึม (Algorithm) เพราะการนำเสนอขั้นตอนของงานให้เข้าใจตรงกัน ระหว่างผู้เกี่ยวข้อง ด้วยคำพูด หรือ ข้อความทำได้ยากกว่า ผังงานแบ่งได้ 2 ประเภท

ก. ผังงานระบบ (System Flowchart) คือ ผังงานที่แสดงขั้นตอนการทำงานในระบบอย่างกว้าง ๆ แต่ไม่เจาะลงในระบบงานย่อย

ข. ผังงานโปรแกรม (Program Flowchart) คือ ผังงานที่แสดงถึงขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม ตั้งแต่รับข้อมูล คำนวณ จนถึงแสดงผลลัพธ์

2.6.2.3 ซูโดโค้ด (Pseudo Code) เป็นคำอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมโดยใช้ถ้อยคำผสมระหว่างภาษาอังกฤษ และภาษาการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง หรืออาจใช้ภาษาไทยก็ได้แต่ควรเขียนเป็นภาษาอังกฤษ โดยให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถพัฒนาขั้นตอนต่างๆ ให้กับโปรแกรมได้ง่ายขึ้น แต่ส่วนใหญ่แล้วคำที่ใช้มักเป็นคำเฉพาะ (Reseved Word) ที่มีอยู่ในภาษาการเขียนโปรแกรมและมักจะเขียนด้วยตัวอักษรตัวใหญ่ ซูโดโค้ดที่ดีจะต้องมีความชัดเจน สั้น และได้ใจความ ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้จะถูกเขียนอยู่ในรูปแบบของตัวแปร

2.6.3 การเขียนโปรแกรม

การนำอัลกอริทึมมาเขียนเป็นชุดคำสั่งด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเลือกใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงตามความเหมาะสม เช่น Pascal, C, C++ เป็นต้น

2.6.4 การทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

การทดสอบโปรแกรม (Debugging) คือ การนำโปรแกรมมาแปลโดยตัวแปรภาษาคอมพิวเตอร์ (อาจเป็นตัวแปรชนิด คอมไพเลอร์ หรือ อินเตอร์พรีเตอร์ก็ได้)

2.6.4.1 คอมไพเลอร์ (Complier) จะทำการแปลทั้งโปรแกรม หากโปรแกรมมีข้อผิดพลาด ต้องแก้ไขให้ถูกต้องก่อน แล้วแปลใหม่จนไม่พบข้อผิดพลาด โปรแกรมจึงจะสามารถใช้งานได้ เช่น C, C++, Pascal

2.6.4.2 อินเตอร์พรีเตอร์ (Interpreter) จะแปลชุดคำสั่งที่ละคำสั่งในแต่ละบรรทัด โดยโปรแกรมยังสามารถทำงานต่อไปได้ ถึงจะมีข้อผิดพลาดในโปรแกรม ตราบ ใดที่ตัวแปรภาษายังไม่ผ่านการแปลในบรรทัดที่เขียนชุดคำสั่งผิด เช่น Java, Perl, Python

การทดสอบโปรแกรมเป็นการทดสอบด้วยการแปลรหัสชุดคำสั่ง เป็นการตรวจสอบข้อผิดพลาดของ ชุดคำสั่ง (Syntax Error) เช่น กรณีพิมพ์คำสั่งผิด พิมพ์คำสั่ง printf ผิดเป็น print ซึ่งตัวแปลภาษาไม่รู้จัก ก็จะแสดงข้อผิดพลาดออกมา แต่ถ้าผลลัพธ์ของโปรแกรมผิดพลาดจากการใช้สูตรคำนวณที่ผิด (Logic Error) เช่น การตั้งสูตรผิด ซึ่งไม่เป็นข้อผิดพลาดจากชุดคำสั่ง ตัวแปรภาษา ก็จะไม่รู้เลยว่า สูตรที่เขียนขึ้นมา ผิดหรือถูก ดังนั้นในการทดสอบโปรแกรม ต้องทดสอบทั้งรูปแบบของชุดคำสั่ง และผลลัพธ์ ที่รันว่าถูกต้องหรือไม่ และจำเป็นต้องทดสอบหลายๆ ครั้ง ด้วยการป้อนข้อมูล ทดสอบในหลายๆกรณี

2.6.5 การจัดทำเอกสารประกอบโปรแกรม

การจัดทำเอกสารประกอบโปรแกรมอาจจัดทำขึ้นตั้งแต่ขั้นตอนการกำหนดปัญหาจนถึงขั้นตอนสุดท้าย คือ การทดสอบโปรแกรม โดยเอกสารเหล่านี้จะนำมาใช้สำหรับอ้างอิงถึงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น วิธีการแก้ไขข้อผิดพลาด รวมถึงการนำไปใช้ เพื่อปรับปรุงโปรแกรมในอนาคต ซึ่งเอกสารสำหรับผู้ใช้โปรแกรม (User Documentation) จะเน้นการอธิบาย การใช้งานโปรแกรมเป็นหลัก ส่วนเอกสารสำหรับผู้เขียนโปรแกรม (Technical Documentation) จะอธิบายชื่อของโปรแกรมย่อย และการทำงานของแต่ละโปรแกรมย่อย

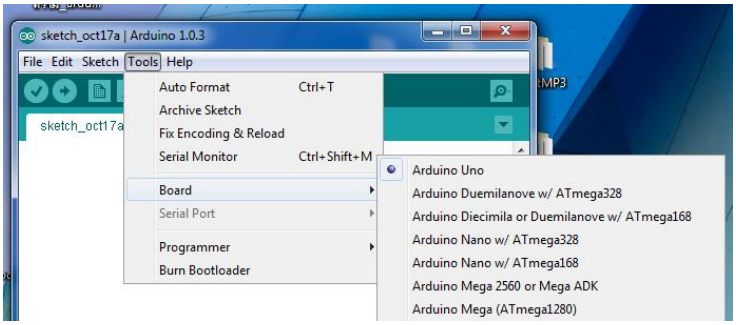
2.6.6 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะสามารถทำงานได้ โดยผ่านการใช้งานของโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งมีรายละเอียดการใช้งานเบื้องต้น ดังนี้

2.6.6.1 เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software ดังรูปที่ 2.11

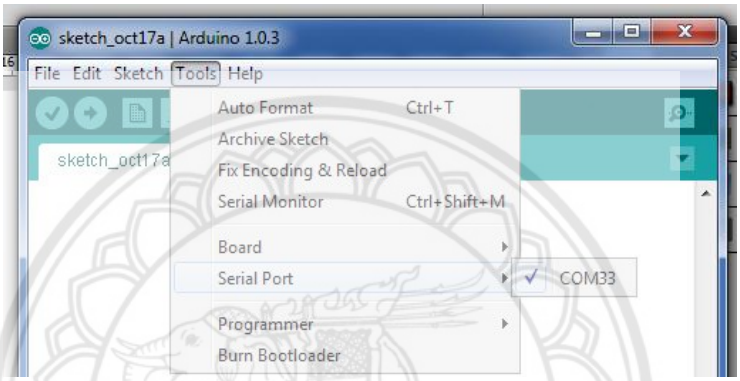
2.6.6.2 หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้ และหมายเลข Com port ดังรูปที่ 2.12

2.6.6.3 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที ดังรูปที่ 2.13



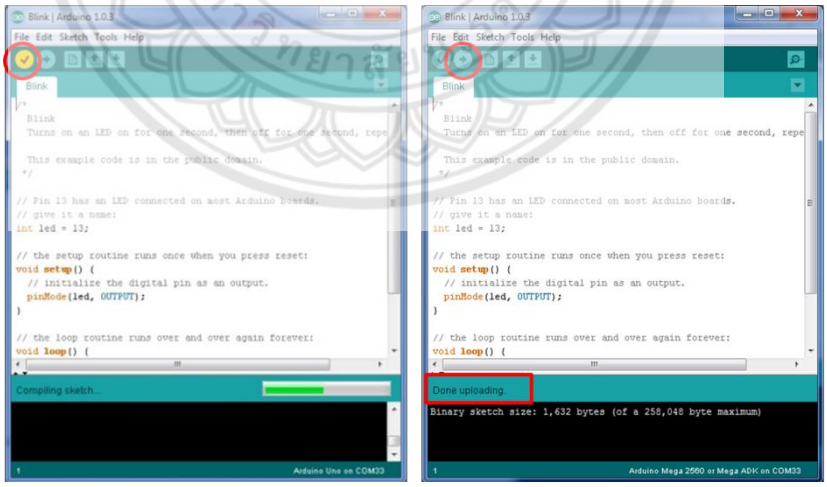
รูปที่ 2.11 การเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ค. 61)



รูปที่ 2.12 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ค. 61)



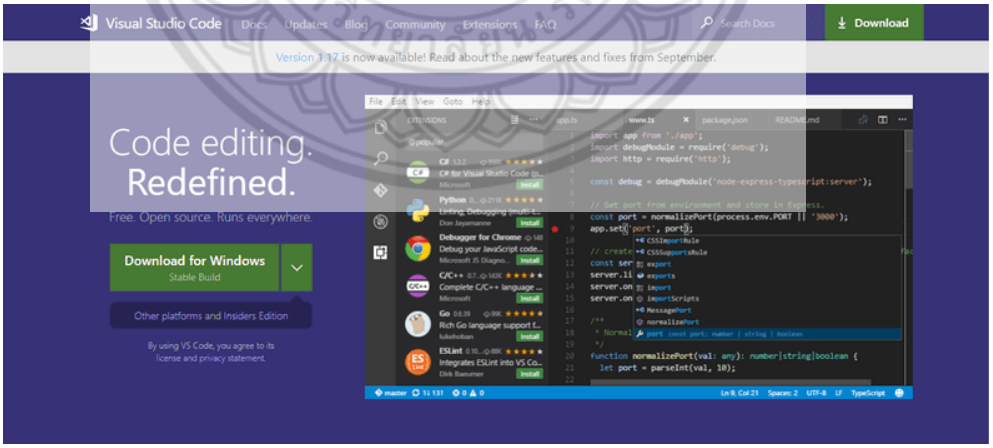
รูปที่ 2.13 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และการกดอัปโหลด

ที่มา : https://www.thaieasyelec.com/ (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ค. 61)

2.6.7 โปรแกรมที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรมรายงานผล

โปรแกรมรายงานผลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะสามารถทำงานได้ โดยผ่านการใช้งานของโปรแกรม Visual Studio Code ซึ่งเป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไข และปรับแต่งโค้ด จากค่ายไมโครซอฟท์ มีการพัฒนาออกมาในรูปแบบของ OpenSource จึงสามารถนำมาใช้งานได้แบบฟรี ๆ ที่ต้องการความเป็นมืออาชีพ โดยเหมาะสำหรับนักพัฒนาโปรแกรมที่ต้องการใช้งานข้ามแพลตฟอร์ม รองรับการใช้งานทั้งบน Windows, macOS และ Linux สนับสนุนทั้งภาษา JavaScript, TypeScript และ Node.js สามารถเชื่อมต่อกับ Git ได้ นำมาใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน มีเครื่องมือส่วนขยายต่าง ๆ ให้เลือกใช้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็น 1. การเปิดใช้งานภาษาอื่น ๆ เช่น ภาษา C++, C#, Java, Python, PHP หรือ Go 2. Themes 3. Debugger และ 4. Commands เป็นต้น

รูปที่ 2.14 สัญลักษณ์โปรแกรม Visual Studio Code
ที่มา : Professional Visual Basic 2015
(สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ค. 61)



รูปที่ 2.15 โปรแกรม Visual Studio Code
ที่มา : Professional Visual Basic 2015
(สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พ.ค. 61)

2.7 งานวิจัยที่คล้ายคลึง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานถังขยะอัจฉริยะ มีส่วนคล้ายคลึงกับเนื้อหาของโครงงาน ซึ่งในที่นี้จะยกตัวอย่างงานวิจัยต่างๆ ดังนี้

2.7.1 ภูเก็ต ก้าวแรกสู่ไทยแลนด์ 4.0

ภูเก็ตเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ไม่มากนัก มีประชากรน้อยแต่มีนักท่องเที่ยวมากถึงสามเท่าของประชากรในพื้นที่ จึงเหมาะสมที่จะดึงชาวต่างชาติที่มีความชำนาญด้านเทคโนโลยีเข้ามาผลักดันให้ภูเก็ตเป็นศูนย์กลางการธุรกิจดิจิตอล ในการดำเนินโครงงานนี้ ความสมบูรณ์จะเกิดขึ้นได้ 3 ส่วน คือ

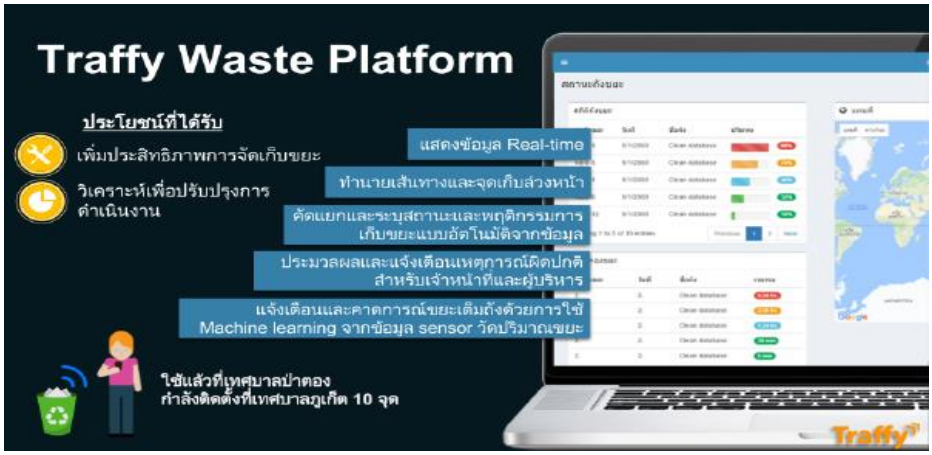
2.7.1.1 ด้านเศรษฐกิจส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมที่ 2 ขึ้นโดยมุ่งเน้นไปทางด้านเทคโนโลยี และส่งเสริมให้อุตสาหกรรมท่องเที่ยวหันมาใช้เทคโนโลยี โดยเปิดให้นักธุรกิจเข้ามาดำเนินธุรกิจ โดยยกเว้นภาษี 8 ปี และได้รับสิทธิพิเศษจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนอีก 5 ปี ซึ่งทำให้ภูเก็ตเป็นศูนย์กลางการวิจัย และพัฒนาตลอดจนศูนย์นวัตกรรม และทำให้เกิดการพัฒนาสินค้าออกจำหน่ายทั้งใน และต่างประเทศ ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.7.1.2 ด้านสังคมความเป็นอยู่ มีการนำระบบซีซีทีวีเข้ามาช่วยตรวจสอบและติดตามผู้กระทำผิด เพื่อส่งการแจ้งเตือนไปที่เจ้าหน้าที่ต่อไป และการปรับใช้เทคโนโลยีนี้ ยังช่วยให้เมืองภูเก็ตสามารถสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับคนต่างด้าวที่เข้ามาในพื้นที่แบบออนไลน์ เพื่อให้เป็นไปตามกฎหมาย ขณะที่ระบบรักษาความปลอดภัยทางน้ำจังหวัดภูเก็ต ร่วมกับกรมเจ้าท่าในการนำเทคโนโลยีเข้ามาจัดการ ซึ่งเป็นระบบติดตามเรือ เพื่อติดตาม และรักษาความปลอดภัยทางน้ำให้กับนักท่องเที่ยว อีกทั้งยังวางโครงการใช้สายรัดข้อมือ ให้กับนักท่องเที่ยว โดยจะช่วยให้ทราบสถานะของนักท่องเที่ยว ตลอดจนระยะห่างจากเรือระหว่างการทำกิจกรรม เช่น การดำน้ำ เป็นต้น

2.7.1.3 โครงการนำเอาเซ็นเซอร์ผสมผสานกับเทคโนโลยี ทำให้ตรวจสอบสภาพอากาศ สภาพน้ำทะเล และความผิดปกติต่างๆ ซึ่งจะส่งข้อมูลไปที่ส่วนกลางเพื่อให้สามารถแก้ไขสถานการณ์ได้อย่างทันท่วงที

2.7.2 ระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ

ระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ เป็นระบบการจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะเพื่อเพิ่มความสามารถในการจัดเก็บขยะ และลดค่าใช้จ่ายของการจัดเก็บขยะ โครงการบริการตั้งแต่จุดทิ้งขยะจากเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดปริมาณขยะ และแอพพลิเคชั่นรายงานสถานะขยะ ถังขยะอัจฉริยะที่ติดตั้งระบบติดตาม ระบบแสดงภาพรวมพร้อมทำนาย และวางแผนจัดเส้นทางการเก็บขยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 2.16 แบบฟอร์มการเก็บขยะอัจฉริยะ

ที่มา : https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/traffywaste.html

(สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เม.ย. 61)

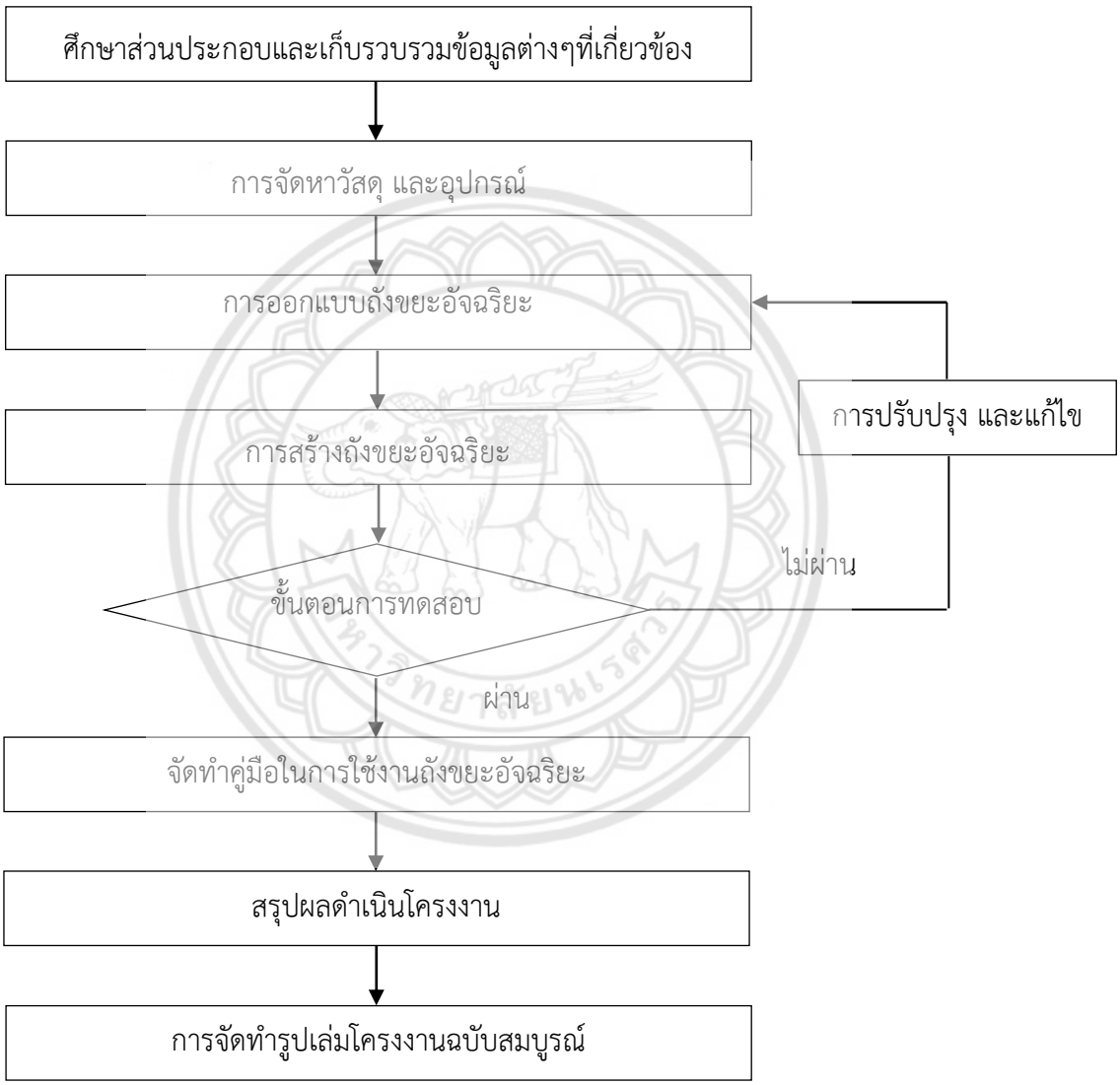
รูปที่ 2.17 องค์ประกอบ และฟังก์ชันการทำงานของระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ

ที่มา : https://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/traffywaste.html

(สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เม.ย. 61)

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

วิธีการดำเนินโครงงานเป็นการวางแผนการทำโครงงานถังขยะอัจฉริยะ โดยออกแบบอุปกรณ์วัดปริมาณขยะ และระบบการแสดงผลข้อมูล รวมถึงการสร้างถังขยะอัจฉริยะ และอุปกรณ์ติดตั้งจนสำเร็จโดยแสดงแผนผังการดำเนินโครงงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาส่วนประกอบและเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง

การศึกษา และการเก็บรวบรวมข้อมูล จะเริ่มจากการวิเคราะห์ถึงประเด็นปัญหา เพื่อมองหาสาเหตุของปัญหานั้นๆ เมื่อพบปัญหาแล้ว จึงทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

3.1.1 วิเคราะห์ปัญหา

สังเกตพบว่าในแต่ละวันถังขยะมีปริมาณขยะไม่เต็มทุกถัง เส้นทางของรถเก็บขยะมีความยาว และซับซ้อนเกินความจำเป็น นำมาซึ่งความสิ้นเปลืองในด้านต่างๆ เช่น ด้านเชื้อเพลิง แรงงาน ระยะเวลาในการขนถ่าย และค่าบำรุงรักษายานพาหนะ เป็นต้น

3.1.2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เมื่อทำการวิเคราะห์ปัญหาแล้ว จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลในการออกแบบส่วนต่างๆ ของถังขยะอัจฉริยะให้สามารถตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะได้ โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบปริมาณขยะ ว่าสามารถใช้อุปกรณ์ตัวใด ที่เหมาะสมต่อการตรวจสอบปริมาณขยะในถังขยะได้ โดยทำการศึกษาตัวอุปกรณ์ตลอดจนการส่งข้อมูลที่ตรวจวัดได้ และการนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล เพื่อนำข้อมูลที่ได้เพื่อให้พนักงานพิจารณาเส้นทางการเก็บขยะต่อไป

3.2 การจัดหาวัสดุ และอุปกรณ์

3.2.1 พิจารณาเลือกวัสดุ และอุปกรณ์

ทำการพิจารณาเรื่องวัสดุ และอุปกรณ์ เพื่อจะนำมาสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะและระบบการแสดงผลข้อมูลตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยพิจารณาถึงสมบัติของวัสดุแต่ละประเภท คือ คุณภาพตามการใช้งาน ความเหมาะสม และราคา

3.2.2 จัดซื้อ จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์

ทำการจัดซื้อ จัดหาวัสดุ และอุปกรณ์ ตลอดจนการเปรียบเทียบราคา เพื่อหาแหล่งที่จะซื้อวัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆ

3.3 การออกแบบถังขยะอัจฉริยะ

การเก็บขยะในรูปแบบเดิมพนักงานเก็บขยะ จะเก็บขยะทุกๆตำแหน่ง ไม่ว่าจะมีปริมาณขยะในถังขยะเท่าไรก็ตาม จึงออกแบบให้ถังขยะมีอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ และส่งข้อมูลให้พนักงานเก็บขยะนำไปใช้ในการจัดการการเก็บขยะได้

3.3.1 การออกแบบโครงสร้าง

ทำการออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ เนื่องจากถังขยะที่ใช้เป็นถังขยะสำเร็จรูปทั่วไป และการออกแบบจะออกแบบให้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะสามารถติดตั้งได้เข้ากับถังขยะขนาดมาตรฐานทั่วไป

3.3.1.1 กำหนดขนาดของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ ให้มีขนาดที่เล็กกะทัดรัดไม่ขัดขวางการทิ้งขยะ

3.3.1.2 ร่างแบบโครงสร้าง และกำหนดตำแหน่งการวางอุปกรณ์ตามขนาดที่กำหนด

3.3.2 การออกแบบวงจร

ออกแบบวงจร โดยออกแบบให้การวางไมโครคอนโทรลเลอร์ แบตเตอรี่ และเซ็นเซอร์ให้อยู่ในโครงสร้างที่มีขนาดกะทัดรัด เพื่อไม่ให้ขัดขวาง หรือเป็นอุปสรรคต่อการทิ้ง และการเก็บขยะ ซึ่งการออกแบบขึ้นอยู่กับขนาดของโครงสร้าง

3.3.2.1 ออกแบบรูปร่างของวงจร

3.3.2.2 ร่างแบบของวงจรอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

3.3.2.3 วาดแบบวงจรตามโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้

3.3.3 การออกแบบโปรแกรมรายงานผล

การออกแบบโปรแกรมรายงานผล เมื่อได้รับข้อมูลจากการตรวจสอบปริมาณขยะแล้ว จะรายงานผลอย่างไร เพื่อให้พนักงานเก็บขยะนำไปใช้ในการจัดการการเก็บขยะได้ง่ายและรวดเร็ว

3.3.3.1 การออกแบบโปรแกรมรายงานผลทางคอมพิวเตอร์

3.3.3.2 การออกแบบรูปแบบการรายงานผลเป็นรูปแบบของตาราง และแผนผังแสดงพิกัดของถังขยะ

3.3.4 การออกแบบระบบความปลอดภัย

การออกแบบระบบความปลอดภัยของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะที่จะนำไปติดตั้งที่ตัวถังขยะประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

3.3.4.1 การออกแบบป้องกันน้ำฝน และน้ำจากสภาพแวดล้อม

3.3.4.2 การออกแบบป้องกันแสงแดด

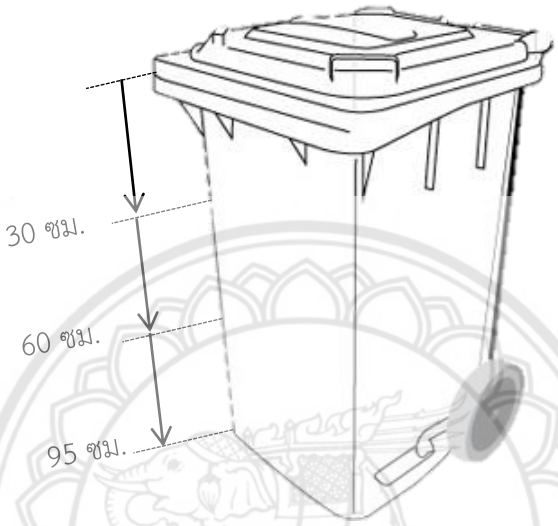
3.3.4.3 การออกแบบให้มีการทนต่อแรงกระแทก

3.4 การสร้างถังขยะอัจฉริยะ

เมื่อได้ทำการออกแบบ และจัดหาวัสดุ อุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จึงทำการสร้างถังขยะอัจฉริยะรวมถึงอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ และระบบการแสดงผลข้อมูลตามที่ได้ทำการออกแบบไว้

3.5 การทดสอบระบบของถังขยะอัจฉริยะ

ทำการทดสอบโดยติดตั้งถังขยะอัจฉริยะไว้ ณ ที่ต่างๆกัน และทำการจำลองการทิ้งขยะในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยวัดจากการส่งสัญญาณของเซนเซอร์ที่อยู่ด้านบน (ติดกับฝาถัง) จนถึงก้นถัง ได้การแสดงผล 3 ระดับ ดังนี้ 🟢 Blank : ระยะตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป, 🟡 Half : 30 เซนติเมตร $<$ ระยะ $\leq$ 60 เซนติเมตร และ 🔴 Full : ระยะ $\leq$ 30 เซนติเมตร โดยแสดงดังรูปที่ 3.2 และทำการทดสอบข้อมูลที่ได้ผ่านระบบรายงานผลตามโปรแกรมที่ออกแบบไว้



รูปที่ 3.2 ระยะของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะจนถึงก้นถัง

3.6 การปรับปรุงและแก้ไขระบบของถังขยะอัจฉริยะ

ทำการตรวจสอบจุดที่ส่งผลให้เกิดปัญหาในการทำงาน และทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องดังกล่าว เพื่อให้ถังขยะอัจฉริยะสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

3.7 จัดทำคู่มือในการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ

จัดทำคู่มือแนะนำการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานถังขยะอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อความปลอดภัยสูงสุดของผู้ใช้งาน

3.8 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากการทดสอบระบบต่างๆ ในการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ และสรุปผลการดำเนินงาน

3.9 การจัดทำรูปเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

จากการที่ผู้จัดทำโครงงานได้ดำเนินโครงงานตามแผนการดำเนินโครงงาน ดังหัวข้อที่ 3.1 – 3.8 ได้ผลการดำเนินโครงงาน ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษา และรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนการออกแบบ และสร้างระบบต่างๆ ของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ เช่น ระบบโครงสร้างระบบการทำงานของเซนเซอร์ ขั้นตอน และวิธีการเขียนโปรแกรม ระบบการแสดงผล รวมถึงรายละเอียด ด้านราคาของวัสดุที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ ดังหัวข้อที่ 3.1

โดยผู้จัดทำโครงงานได้ไปทำการสอบถามทางองค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์ ถึงเส้นทางการเก็บขยะ และรอบของการเก็บขยะ ซึ่งทำให้ทราบถึงตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ เวลาในการเก็บขยะ และจำนวนรถในการเก็บขยะทั้งสัปดาห์ โดยตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะเป็นดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะในความดูแลขององค์การบริหารส่วนตำบลท่าโพธิ์

ซึ่งจากการศึกษา และรวบรวมข้อมูล ทำให้วิเคราะห์ได้ว่า ถังขยะในแต่ละจุดที่ได้ทำการเก็บนั้นมีปริมาณไม่เท่ากัน บางถังมีขยะมากจนล้น บางถังมีขยะน้อย หรือ จนไม่มีขยะเลย ทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม อาจทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เกิดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่สิ้นเปลืองจาก

ยานพาหนะที่ใช้เก็บขยะ เสียเวลาในการเก็บขยะ การจราจรที่ติดขัด และค่าใช้จ่ายในการจ้างพนักงานเก็บขยะ เป็นต้น ดังนั้นทางผู้จัดทำโครงงานจึงได้ออกแบบ และสร้างถังขยะอัจฉริยะ พร้อมโปรแกรมรวบรวมข้อมูล เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ในการบริหารจัดการการเก็บขยะต่อไป

4.2 การออกแบบ

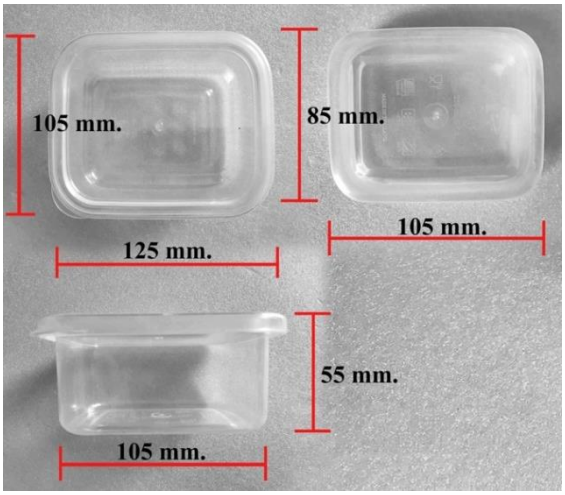
ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ โดยแบ่งการออกแบบเป็น 4 ระบบ ดังนี้

4.2.1 การออกแบบโครงสร้าง

การออกแบบโครงสร้าง ได้ออกแบบให้โครงสร้างมีความแข็งแรง ทนทาน เพื่อทนทานต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ และปลอดภัยต่อระบบวงจรภายใน เช่น ป้องกันน้ำ ฝุ่น หรือสิ่งต่างๆที่มีผลต่อการทำงานของวงจร โดยผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบระบบโครงสร้างก่อน ซึ่งระบบโครงสร้างนี้จะต้องครอบคลุมระบบวงจรทั้งอุปกรณ์ โดยจะเลือกใช้พลาสติก ABS ในการทำเป็นกล่องโครงสร้าง เพราะวัสดุชนิดนี้ให้ความทนทาน และราคาไม่สูงมาก ดังนั้นจะได้ขนาดของโครงสร้างฝากล่องกว้าง 105 มิลลิเมตร ยาว 125 มิลลิเมตร และโครงสร้างกล่องกว้าง 85 มิลลิเมตร ยาว 105 มิลลิเมตร ความสูงของโครงสร้างกล่องอยู่ที่ 55 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 4.3

โดยที่เลือกใช้โครงสร้าง และขนาดแบบนี้ เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการเลือกโครงสร้างมา 2 ขนาด ดังรูปที่ 4.2 โดยอุปกรณ์ทั้งหมดของวงจรนั้น สามารถใส่ในโครงสร้างที่มีขนาดเล็กกว่าได้ เพื่อกะทัดรัด ไม่ขัดขวางการเก็บขยะของเจ้าหน้าที่ เราจึงทำการเลือกโครงสร้างที่มีขนาดเล็กที่สุดมาใช้ในการสร้างโครงสร้างอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

รูปที่ 4.2 การเลือกแบบระบบโครงสร้าง



รูปที่ 4.3 แบบระบบโครงสร้าง

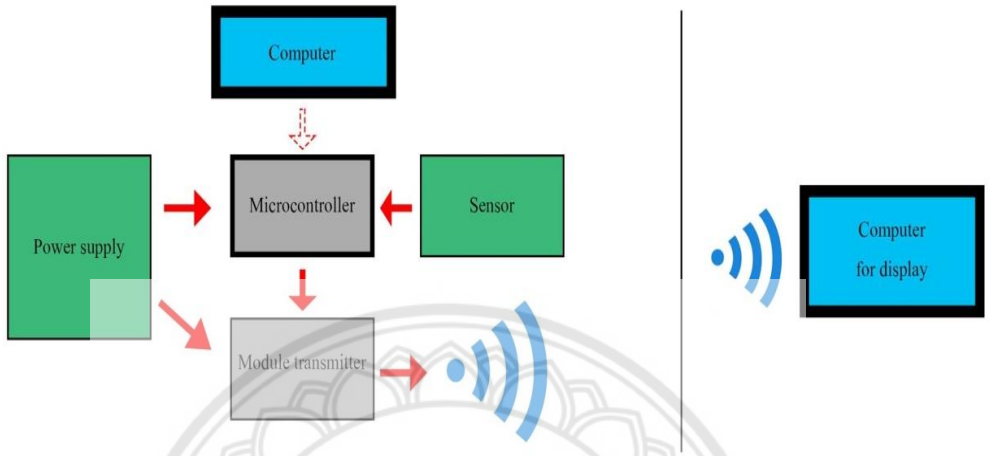
4.2.2 การออกแบบระบบวงจร

การออกแบบวงจรเพื่อการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ โดยออกแบบให้การวางไมโครคอนโทรลเลอร์ แบตเตอรี่ และเซ็นเซอร์ให้อยู่ในโครงสร้างที่มีขนาดกะทัดรัด เพื่อไม่ให้ขัดขวางหรือเป็นอุปสรรคต่อการทิ้ง และการเก็บขยะซึ่งหน้าที่การทำงานต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.1 และการออกแบบระบบวงจร แสดงดังรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5

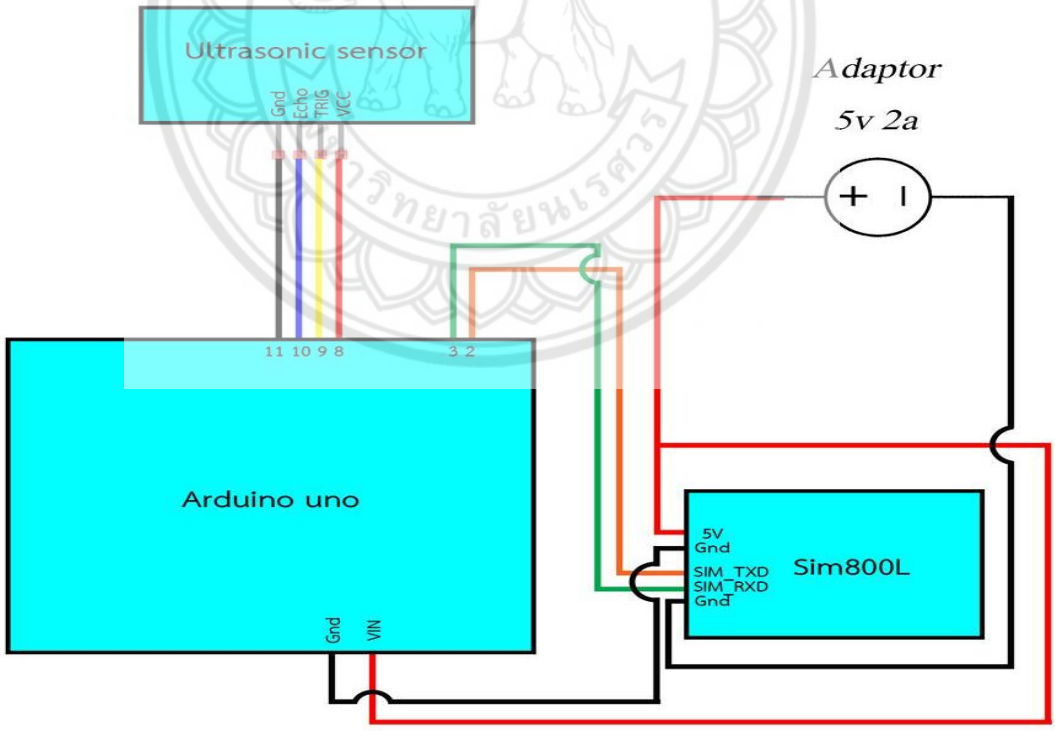
ตารางที่ 4.1 หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ในวงจร

อุปกรณ์	หน้าที่การทำงาน
คอมพิวเตอร์	ใช้เขียนโค้ดคำสั่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อสั่งงานให้ระบบวงจรทั้งหมดสามารถทำงานได้ โดยประกอบด้วย เซนเซอร์อัลตร้าโซนิก และโมดูลทรานสมิตเตอร์
ไมโครคอนโทรลเลอร์	รับโค้ดคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ และข้อมูลที่เซนเซอร์อัลตร้าโซนิกตรวจวัดได้ และสั่งงานให้โมดูลทรานสมิตเตอร์ทำงาน
โมดูลทรานสมิตเตอร์ (โมดูล gsm)	รับคำสั่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งข้อมูลไปที่เซิร์ฟเวอร์ เพื่อประมวลผลผ่านเว็บไซต์
แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า	ส่งกระแสไฟตรง ขนาด 5V 2A ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และโมดูลทรานสมิตเตอร์
Computer for display	ประมวลผลข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ ที่ได้มาจากการส่งข้อมูลโมดูลทรานสมิตเตอร์ ออกมาในรูปแบบของเว็บไซต์
เซนเซอร์อัลตร้าโซนิก	วัดปริมาณขยะด้วยคลื่นเสียง และส่งค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับการออกแบบวงจรการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ จะใช้เซนเซอร์อัลตร้าโซนิก 1 ตัว ติดไว้ด้านล่างของกล่องโครงสร้าง เพื่อให้รับต่อการติดตั้งใต้ฝาถังขยะ และมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นหัวแปลงปลั๊กไฟ (adapter) ส่งกระแสไฟฟ้าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับ โมดูลทรานสมิตเตอร์



รูปที่ 4.4 แบบระบบวงจร

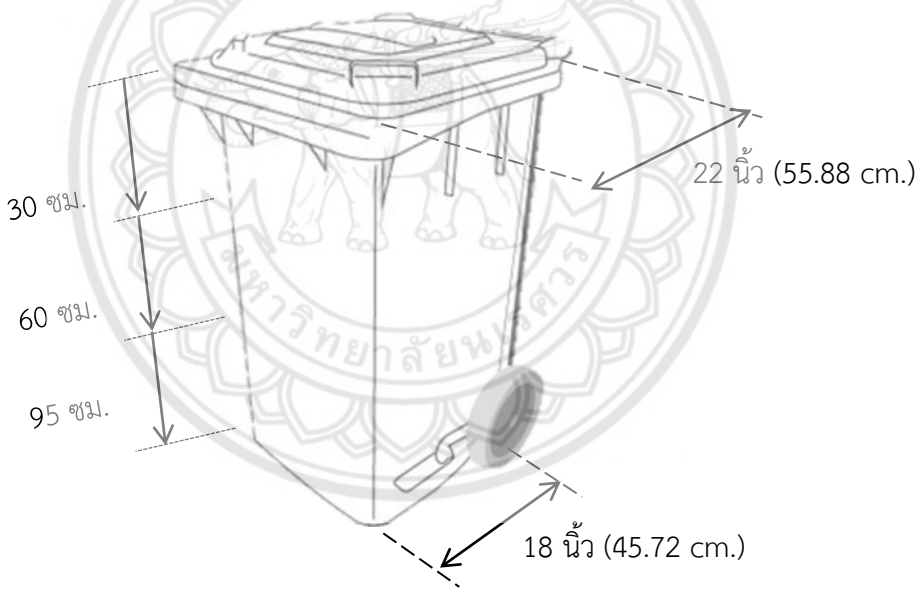


รูปที่ 4.5 Wiring Diagram ของระบบวงจรในการวัดปริมาณขยะ และส่งข้อมูล

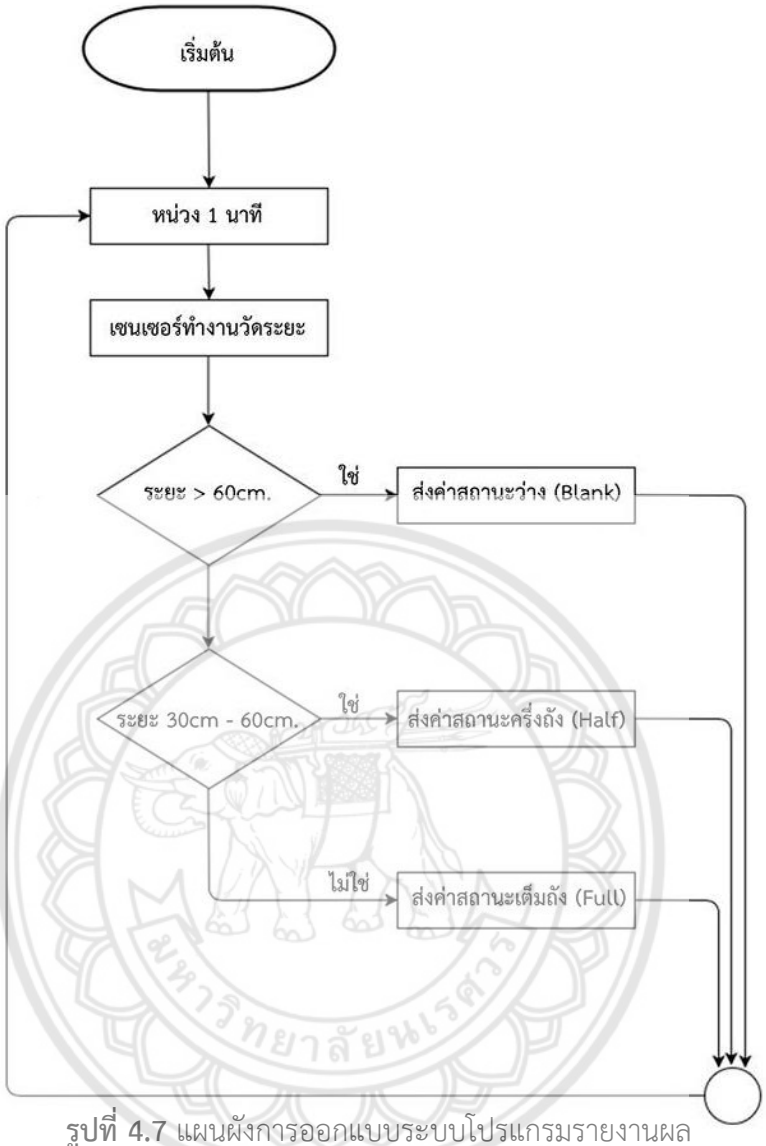
4.2.3 การออกแบบระบบโปรแกรมรายงานผล

การออกแบบระบบโปรแกรมรายงานผล เพื่อแสดงผลของการใช้งานอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ โดยเมื่อได้รับข้อมูลจากการวัดระดับปริมาณขยะจากถังขยะอัจฉริยะแล้ว ระบบโปรแกรมจะรายงานผลให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลทั้งในด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งถังขยะอัจฉริยะได้ง่าย และรวดเร็ว โดยแสดงแผนผังการออกแบบระบบโปรแกรมรายงานผลดังรูปที่ 4.7

โดยถังขยะที่ใช้มีขนาดดังรูปที่ 4.6 ซึ่งคำนวณแสดงอยู่ในภาคผนวก ค โดยได้ปริมาตรถังเท่ากับ 238,291.67 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจะทำการแบ่งปริมาตรเป็น 3 ส่วน เพื่อกำหนดระดับปริมาณของถังขยะ 3 ระดับ จะได้ปริมาตรในแต่ละระดับ เท่ากับ 79,430.56 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้ระดับของปริมาณขยะ โดยวัดจากการส่งสัญญาณของเซนเซอร์ที่อยู่ด้านบน (ติดกับฝาถัง) จนถึงก้นถัง ได้การแสดงผล 3 ระดับ ดังนี้ Blank : ระยะตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป, Half : 30 เซนติเมตร < ระยะ ≤ 60 เซนติเมตร และ Full : ระยะ ≤ 30 เซนติเมตร



รูปที่ 4.6 ขนาดของถังขยะอัจฉริยะ



รูปที่ 4.7 แผนผังการออกแบบระบบโปรแกรมรายงานผล

ซึ่งสาเหตุที่ทำการหน่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ 1 นาที เนื่องจากช่วงเวลาในการตรวจสอบปริมาณขยะสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม ของพฤติกรรมการทิ้งขยะ หรือ ความต้องการของเจ้าหน้าที่ โดยในการดำเนินโครงงานครั้งนี้ ทางผู้จัดทำต้องการทดสอบอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ ในทุกๆ 1 นาที เพื่อความสะดวก และความรวดเร็วในการทดสอบ

4.2.4 การออกแบบระบบความปลอดภัย

การออกแบบระบบความปลอดภัยของอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ จะทำการออกแบบก่อนที่จะมีการสร้างเรื่องระบบความปลอดภัย โดยจะบอกรายละเอียดไว้ในข้อที่ 4.4.4 ซึ่งการออกแบบระบบความปลอดภัย ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

4.2.4.1 การออกแบบระบบป้องกันน้ำฝน และน้ำจากสภาพแวดล้อม จะออกแบบให้อุปกรณ์มีการป้องกันทั่วทั้งวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมาทำให้ตัวอุปกรณ์วัดปริมาณขยะเกิดความเสียหายได้

4.2.4.2 การออกแบบป้องกันแสงแดด จะออกแบบโดยจะทำการพ่นสีตัวกล่องโครงสร้าง ซึ่งจะทำการพ่นด้านในกล่อง และการติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณขยะ ไว้ใต้ฝาถังขยะ เพื่อป้องกันแสงที่อาจจะมีผลต่อการทำงานของเซนเซอร์ในอุปกรณ์วัดปริมาณขยะได้

4.2.4.3 การออกแบบให้มีการทนต่อแรงกระแทก จะออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรง เหนียว และทนทาน นำมาบรรจุอุปกรณ์วัดปริมาณขยะ เพื่อป้องกันไม่ให้ขยะมาทำให้ตัวอุปกรณ์วัดปริมาณขยะเกิดความเสียหายได้ และในวงจรจะหาวัสดุที่มาดูดซับแรงกระแทก เพื่อป้องกันความเสียหายของวงจร

4.3 ผลการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์

จากการวิเคราะห์ การออกแบบของอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ ในหัวข้อที่ 4.2 ทำให้ทราบรายการวัสดุที่ต้องใช้ในการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ ดังนั้นจึงได้ทำการสำรวจ และจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการสร้างตามร้านค้าวัสดุออนไลน์ และร้านจำหน่ายวัสดุทั่วไป เมื่อได้วัสดุแล้ว จึงนำมาสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ ซึ่งมีรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่ใช้สร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าใช้จ่ายที่ใช้สร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ

ลำดับที่	รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
1	ระบบโครงสร้าง	50
2	ระบบวงจร	2,200
3	ระบบความปลอดภัย	50
4	ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	100
รวม		2,400

4.4 ผลการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ

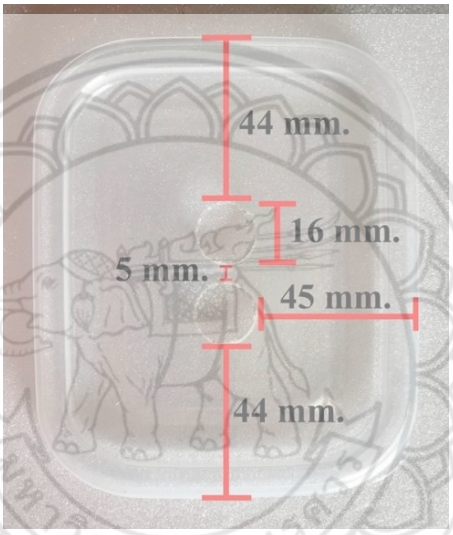
เมื่อได้วัสดุที่ต้องการใช้ในการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะแล้ว จึงทำการสร้างในส่วนต่างๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ดังนี้

4.4.1 การสร้างระบบโครงสร้าง

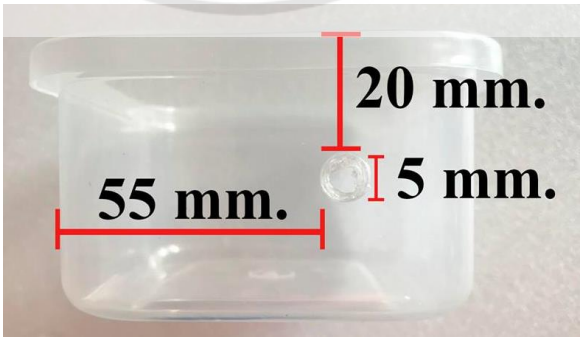
การสร้างระบบโครงสร้างนั้น จะนำเอาวัสดุที่ได้จากการจัดซื้อ ตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 4.2.1 มาสร้างโดยวิธีการตัดกล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป แสดงดังรูปที่ 4.3 มีวิธีการสร้างดังนี้

4.4.1.1 ตัดฝากล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเจาะรูที่ฝา 2 รู วงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16 มิลลิเมตร ห่างจากด้านกว้างของฝากล่อง 44 มิลลิเมตร และห่างจากด้านยาวของฝากล่อง 45 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.8

4.4.1.2 ตัดกล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยเจาะรูที่ด้านข้างของกล่อง ห่างจากด้านกว้างของกล่อง 20 มิลลิเมตร และห่างจากด้านยาวของกล่อง 55 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.9



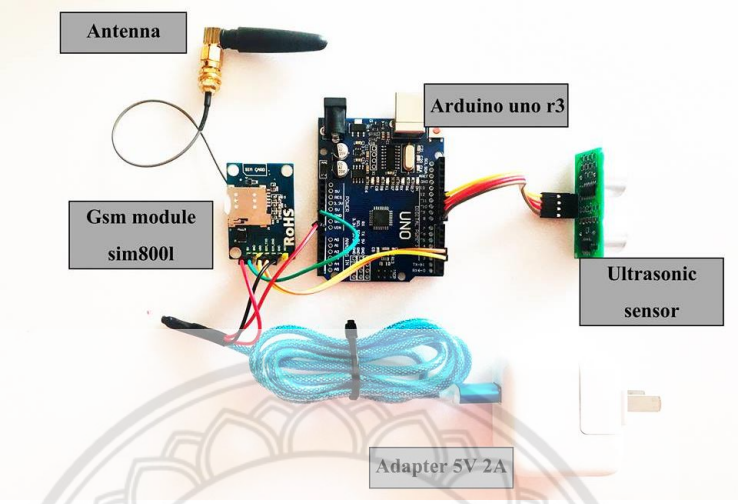
รูปที่ 4.8 ฝากล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป



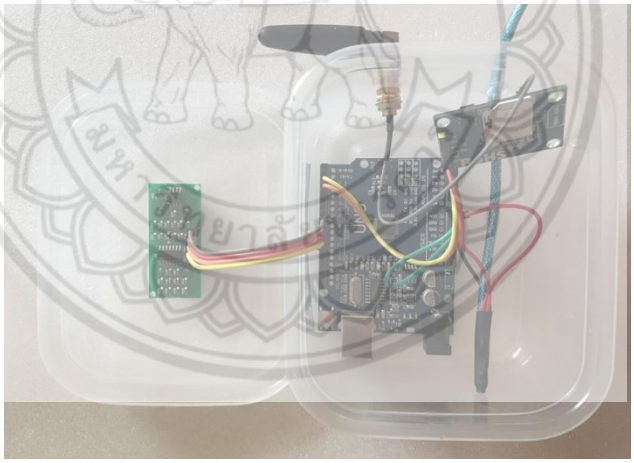
รูปที่ 4.9 ด้านข้างกล่องพลาสติก ABS สำเร็จรูป

4.4.2 การสร้างระบบวงจร

สำหรับการสร้างแบบวงจร จะนำเอาอุปกรณ์ที่ได้จากการจัดซื้อ ตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ 4.2.2 แสดงดังรูปที่ 4.10 และประกอบวงจรลงกล่องโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 4.11



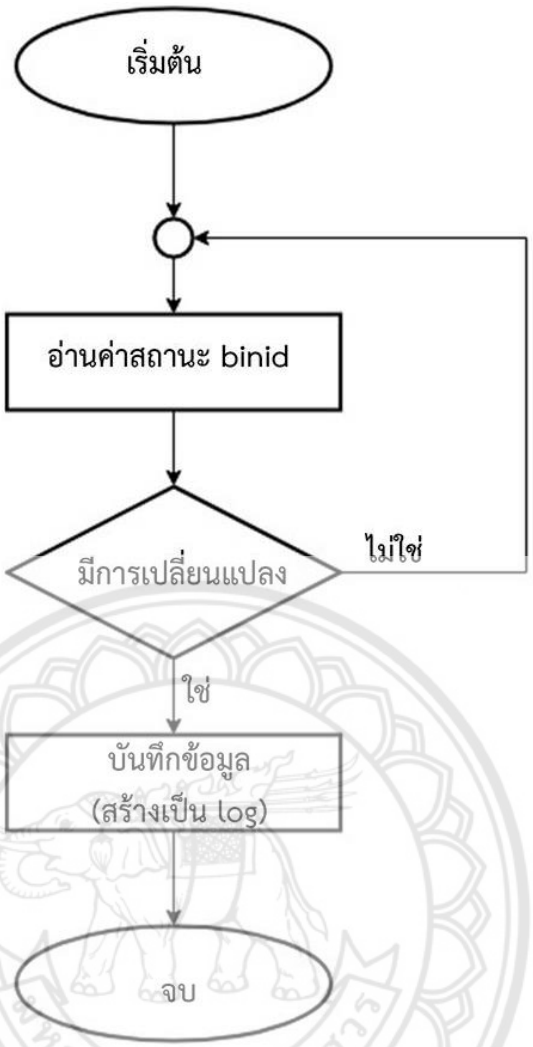
รูปที่ 4.10 วงจรในการวัดปริมาณขยะและส่งข้อมูล



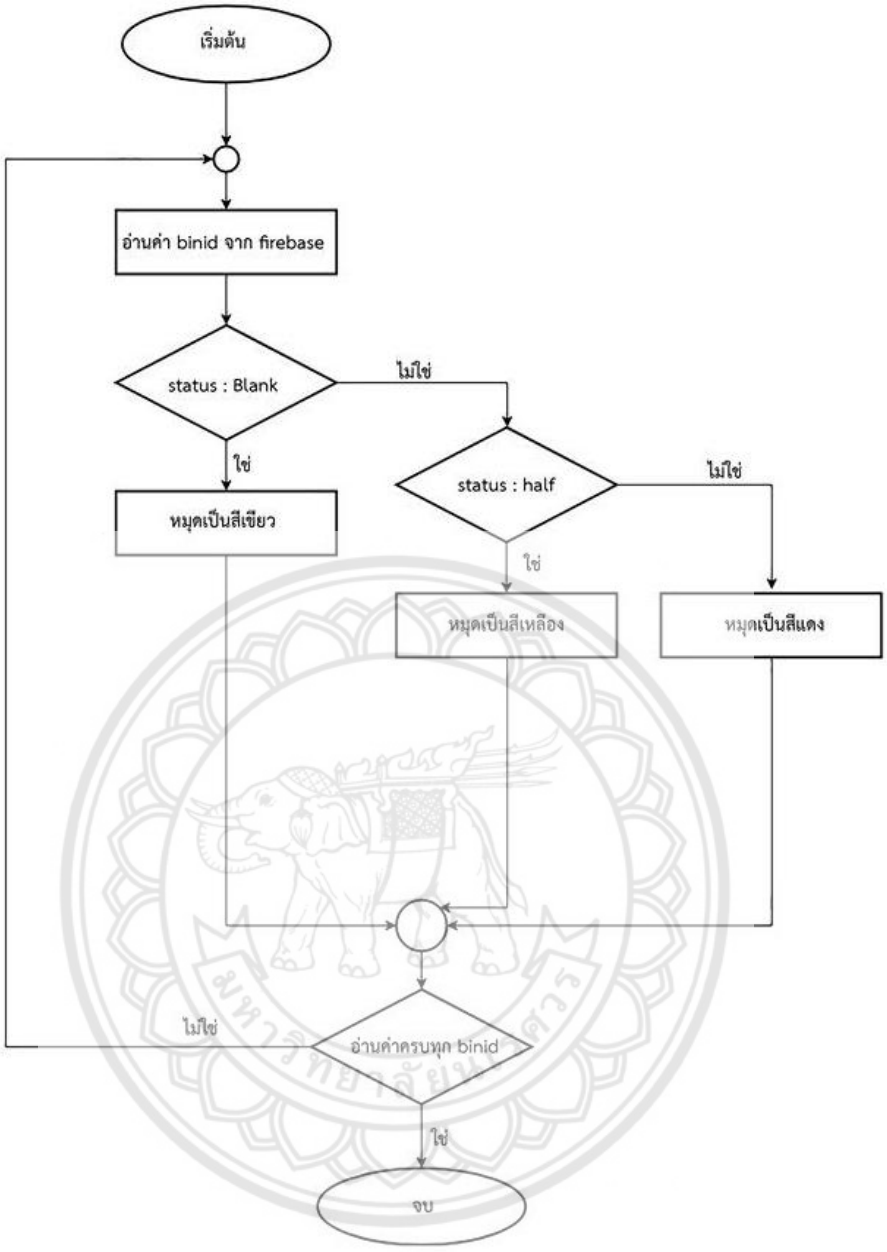
รูปที่ 4.11 ระบบวงจรในกล่องโครงสร้าง

4.4.3 การสร้างระบบโปรแกรมรายงานผล

การสร้างระบบโปรแกรมรายงานผล เพื่อแสดงผล และรวบรวมข้อมูลของการใช้งานอุปกรณ์วัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะ โดยจะให้แสดงผลทั้งในด้านปริมาณขยะ และตำแหน่งที่ตั้งถังขยะอัจฉริยะผ่านหน้าเว็บไซต์ โดยแสดงแผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนเก็บสถิติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของถังขยะอัจฉริยะ ดังรูปที่ 4.12 และแผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนแสดงผลสถานะของถังขยะอัจฉริยะ ดังรูปที่ 4.13

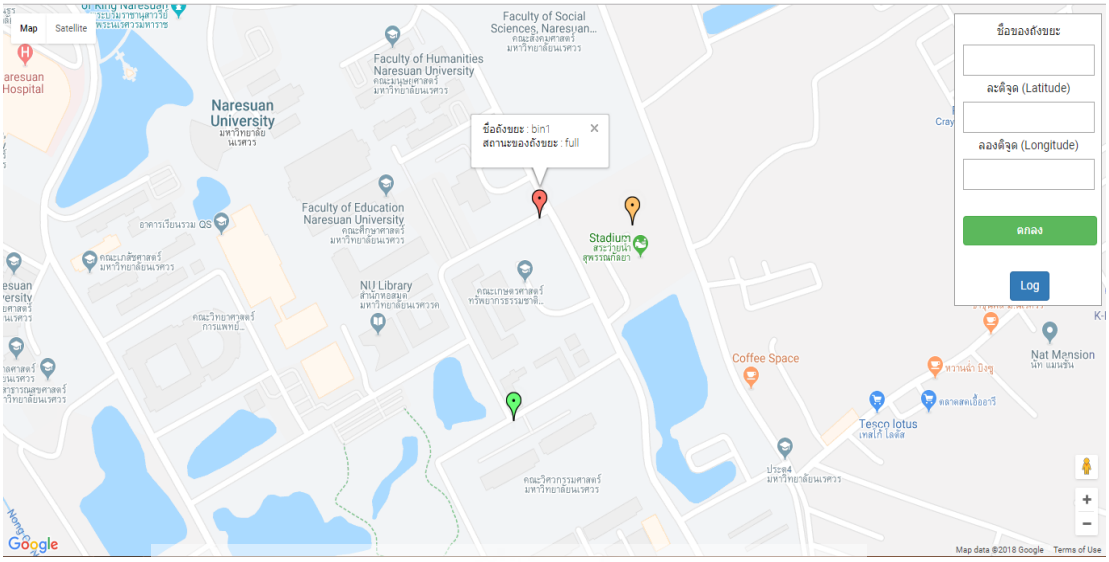


รูปที่ 4.12 แผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนเก็บสถิติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของถังขยะอัจฉริยะ



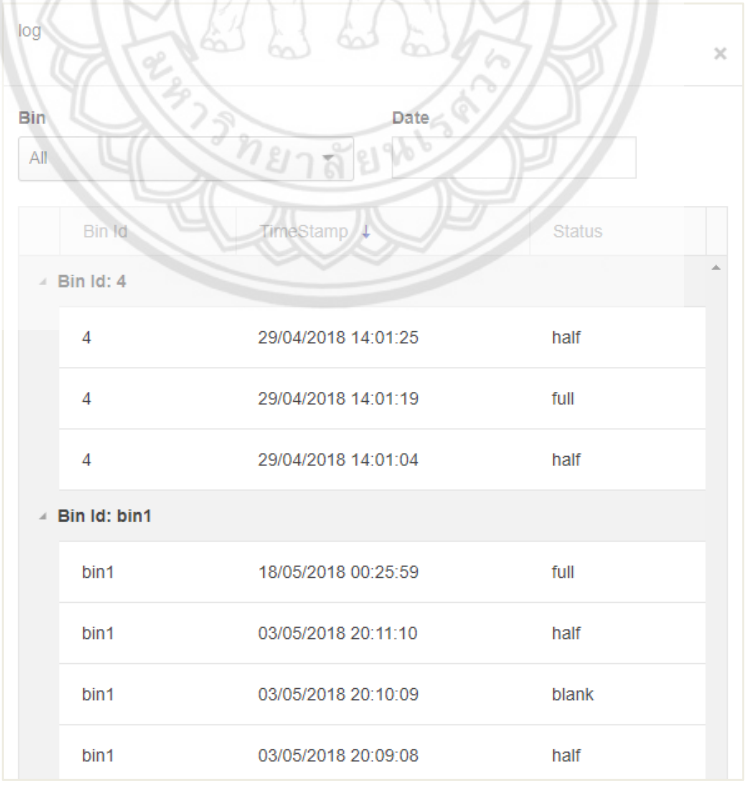
รูปที่ 4.13 แผนผังโครงสร้างโปรแกรมส่วนแสดงผลสถานะของถังขยะอัจฉริยะ

ส่วนแสดงผลการทำงานของถังขยะอัจฉริยะจะปรากฏในรูปของเว็บไซต์ โดยแสดงในรูปที่ 6.14 และมีส่วนเก็บข้อมูลในด้านของปริมาตร และตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ ดังแสดงในรูปที่ 6.15 ซึ่งจะแสดงคู่มือการใช้ไว้ในภาคผนวก ก



รูปที่ 4.14 เว็บไซต์รวบรวมผลข้อมูล

ซึ่งข้อมูลที่ปรากฏบนหน้าเว็บไซต์ จะแสดงในส่วนของชื่อถังขยะ สถานะปริมาณขยะในถังขยะ และตำแหน่งที่ตั้งตามหมุดที่ได้ทำการปักไว้ โดยวิธีการใช้งานโปรแกรมรายงานผลข้อมูลจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ก



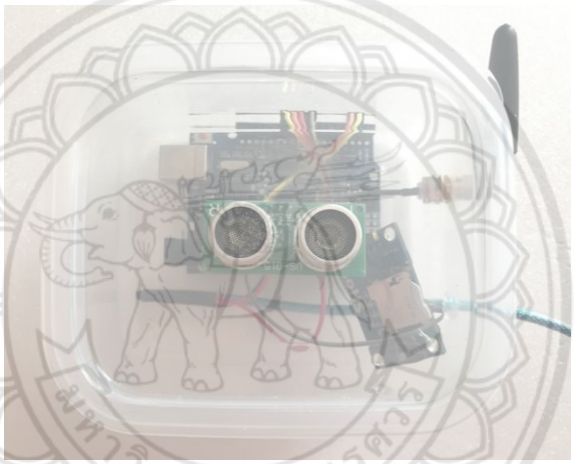
รูปที่ 4.15 ข้อมูลที่เก็บได้จากอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

ซึ่งข้อมูลที่ได้จากซึ่งข้อมูลที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ จะได้ข้อมูลในขณะที่สถานะปริมาณขยะในถังขยะมีการเปลี่ยนแปลง โดยจะแสดงในส่วนของ วันที่ เวลา และสถานะปริมาณขยะ

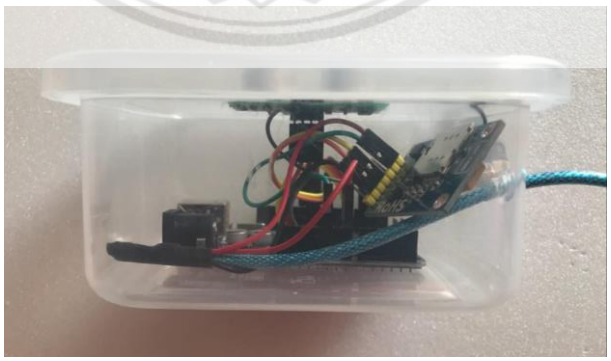
4.4.4 การสร้างระบบความปลอดภัย

การสร้างระบบความปลอดภัย ผู้จัดทำโครงงานได้การสร้างระบบความปลอดภัย โดยมีรายละเอียดของการสร้างระบบความปลอดภัย ดังนี้

4.4.4.1 การสร้างระบบป้องกันน้ำฝน และน้ำจากสภาพแวดล้อม จะสร้างให้อุปกรณ์อยู่ในกล่องพลาสติกรูปแบบฝาปิด มีการป้องกันทั่วทั้งวงจร เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมาทำให้ตัวอุปกรณ์วัดปริมาณขยะเกิดความเสียหายได้ โดยจะแสดงดังรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 โครงสร้างวงจรแบบฝาปิด (ด้านบน)



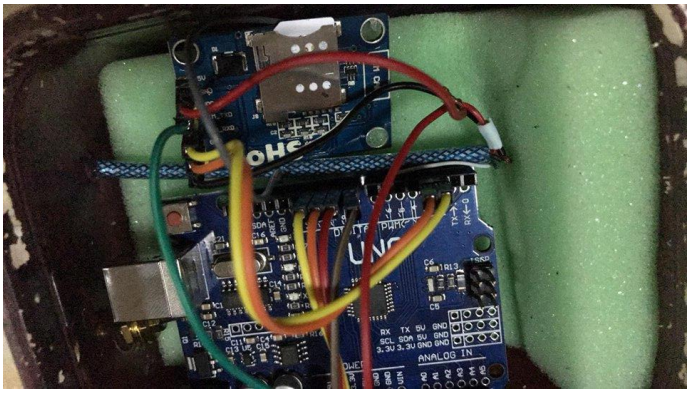
รูปที่ 4.17 โครงสร้างวงจรแบบฝาปิด (ด้านข้าง)

4.4.4.2 การสร้างโครงสร้างให้มีการป้องกันแสงแดด จะสร้างโดยการพ่นสีด้านในของตัวโครงสร้าง แสดงดังรูปที่ 4.18 เพื่อป้องกันการขีดข่วนจากเศษขยะ และติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณขยะไว้ใต้ฝาถังขยะ แสดงดังรูปที่ 4.19 เพื่อป้องกันแสงที่อาจจะมีผลต่อการทำงานของเซนเซอร์ในอุปกรณ์วัดปริมาณขยะได้

รูปที่ 4.18 โครงสร้างที่มีการพ่นสีด้านใน

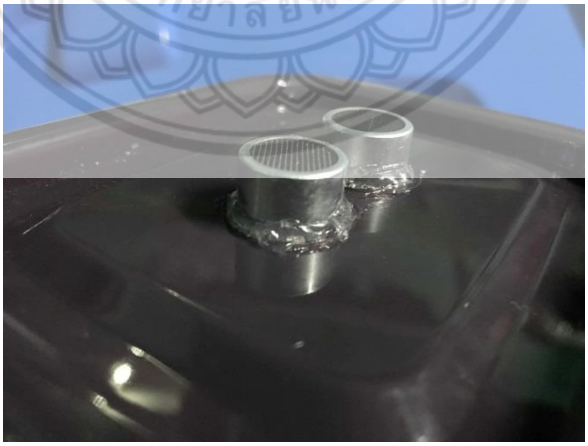
รูปที่ 4.19 อุปกรณ์วัดปริมาณขยะใต้ฝาถังขยะ

4.4.4.3 การสร้างให้อุปกรณ์วัดปริมาณขยะมีการทนต่อแรงกระแทก จะสร้างโดยเลือกใช้วัสดุที่แข็งแรง เหนียว และทนทาน นำมาบรรจุอุปกรณ์วัดปริมาณขยะ และจะใส่ฟองน้ำเข้าไปในกล่องโครงสร้างเพื่อดูดซับแรงกระแทก แสดงดังรูปที่ 4.20 และนำซิลิโคนมาหุ้มส่วนที่อยู่ด้านนอกกล่อง แสดงดังรูปที่ 4.21 และรูปที่ 4.22 เพื่อป้องกันไม่ให้ขยะมาทำให้ตัวอุปกรณ์วัดปริมาณขยะเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 4.20 วงจรที่มีฟองน้ำดูดซับแรงกระแทก

รูปที่ 4.21 โครงสร้างที่หุ้มซิลิโคนแล้ว



รูปที่ 4.22 อุปกรณ์วัดปริมาณขยะที่หุ้มซิลิโคนแล้ว

4.5 ผลการทดสอบการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ

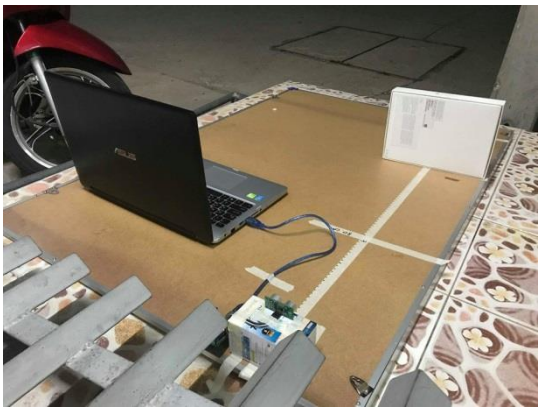
เมื่อผู้จัดทำโครงงาน ได้ทำการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบในส่วนต่างๆของการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ ดังนี้

4.5.1 การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์

การทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะ โดยเซนเซอร์ที่ใช้คือ อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์ที่ตอบสนองต่อคลื่นเสียง ซึ่งมีชุดทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 4.23 เราจึงทำการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่มีเสียง (กลางแจ้ง) และไม่มีเสียง(ในอาคาร) แสดงดังรูปที่ 4.24 และรูปที่ 4.25 เทียบกับระยะของเซนเซอร์กับวัตถุที่ทำการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.3

รูปที่ 4.23 ชุดทดสอบการทำงานของเซนเซอร์

รูปที่ 4.24 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์ (ในอาคาร)



รูปที่ 4.25 การทดลองการทำงานของเซนเซอร์ (กลางแจ้ง)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาระยะการตรวจสอบปริมาณขยะในอาคาร และกลางแจ้ง

ระยะ (เซนติเมตร)	30		70		90	
	ในอาคาร	กลางแจ้ง	ในอาคาร	กลางแจ้ง	ในอาคาร	กลางแจ้ง
ค่าที่วัดได้ (เซนติเมตร)	29.10	29.91	67.85	67.40	95.01	94.60
	30.07	29.18	67.80	67.54	95.80	91.50
	29.67	28.86	68.10	67.82	94.75	92.71
	29.62	25.96	68.05	67.86	93.42	91.42
	29.54	29.10	67.50	67.79	94.75	90.21
	29.68	29.20	67.91	67.83	94.50	84.95
	29.72	29.40	68.10	68.11	94.31	91.55
	29.65	29.40	67.76	67.39	94.05	90.05
	29.60	22.90	67.95	66.27	91.21	88.50
	29.56	28.60	67.87	67.24	94.80	87.29
	29.68	27.60	67.76	67.36	92.81	91.50
	29.60	28.50	67.90	67.36	93.30	83.57
	29.70	28.80	67.90	67.30	93.52	88.20
	29.65	26.50	68.80	67.20	93.50	91.30
	29.60	27.50	67.40	66.91	93.60	90.21
	29.62	27.50	67.51	67.25	94.10	92.35
	29.69	29.30	67.21	67.29	92.31	85.05
	29.60	29.19	67.85	65.35	93.01	90.80
	29.61	29.19	67.32	67.43	91.92	89.25
	29.65	27.90	67.81	67.32	91.10	91.20
เฉลี่ย	29.63	28.22	67.82	67.30	93.59	89.81

จากผลการทดสอบหาระยะการตรวจสอบปริมาณขยะ ในอาคาร และกลางแจ้งพบว่าการทำงานของเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณขยะมีระยะที่ใกล้เคียง และอยู่ในช่วงที่ทำการวัด คือ มีร้อยละความคลาดเคลื่อน ดังนี้

4.5.1.1 ระยะ 30 เซนติเมตร ในอาคาร : $\left|\frac{29.63-30}{30}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 1.23 , กลางแจ้ง : $\left|\frac{28.22-30}{30}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 5.93

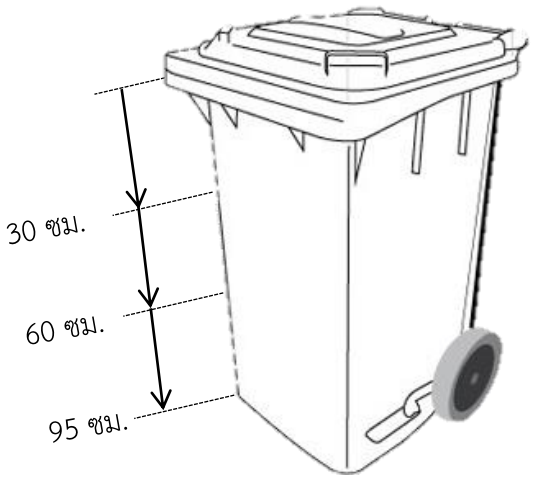
4.5.1.2 ระยะ 70 เซนติเมตร ในอาคาร : $\left|\frac{67.82-70}{70}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 3.11 , กลางแจ้ง : $\left|\frac{67.30-70}{70}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 3.85

4.5.1.3 ระยะ 90 เซนติเมตร ในอาคาร : $\left|\frac{93.59-90}{90}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 3.98 , กลางแจ้ง : $\left|\frac{89.81-90}{90}\right| \times 100 =$ ร้อยละ 0.21

จากผลการทดสอบหาระยะการตรวจสอบปริมาณขยะพบว่า เสียงจากสภาพแวดล้อมมีผลต่อการทำงานของเซนเซอร์ในอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะเล็กน้อย ซึ่งจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน การทดสอบในอาคารมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการทดสอบกลางแจ้ง ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดนั้นอาจมาจากความไม่มาตรฐานของชุดทดสอบก็เป็นได้ แต่ความเที่ยงตรงของเซนเซอร์ยังอยู่ในช่วงที่รับได้ สามารถทำการตรวจสอบปริมาณขยะได้ปกติ

4.5.2 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ

โดยจะทำการทดสอบการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะกับขยะที่ได้ทำการใส่ไปในถังขยะอัจฉริยะ ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 โดยวัดจากการส่งสัญญาณของเซนเซอร์ที่อยู่ด้านบน (ติดกับฝาถัง) จนถึงก้นถัง ได้การแสดงผล 3 ระดับ ดังนี้ Blank : ระยะตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป, Half : 30 เซนติเมตร < ระยะ ≤ 60 เซนติเมตร และ Full : ระยะ ≤ 30 เซนติเมตร



รูปที่ 4.26 ระยะของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะจนถึงก้นถัง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะกับขยะ (Bin1)

Bin 1	Blank		Half		Full	
	ระยะ (ซม.)	สถานะ	ระยะ (ซม.)	สถานะ	ระยะ (ซม.)	สถานะ
1	90		60		20	
2	100		65		20	
3	75		60		20	
4	75		60		25	
5	75		60		15	
6	100		45		20	
7	90		40		20	
8	100		40		25	
9	80		65		20	
10	80		60		10	

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองหาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะกับขยะ (Bin2)

Bin 2	Blank		Half		Full	
	ระยะ (ซม.)	สถานะ	ระยะ (ซม.)	สถานะ	ระยะ (ซม.)	สถานะ
1	100		65		20	
2	100		55		30	
3	100		65		20	
4	100		60		15	
5	100		60		15	
6	100		40		20	
7	75		40		20	
8	100		55		35	
9	80		40		20	
10	80		60		15	

จากผลการทดลองหาการตอบสนองของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ โดยระยะจากอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะจนถึงจุดสูงสุดของขยะ โดยพบว่าอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ (Bin1) มีการตอบสนองถูกต้อง คือ $\frac{28}{30}$ x 100 = ร้อยละ 93.33 และ (Bin2) มีการตอบสนองถูกต้อง คือ $\frac{28}{30}$ x 100 = ร้อยละ 93.33

4.6 ผลการจัดทำคู่มือการใช้งานถังขยะอัจฉริยะรวมถึงโปรแกรมการรายงานผล

การจัดทำคู่มือแนะนำการใช้งานของถังขยะอัจฉริยะรวมถึงโปรแกรมการรายงานผล เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน แสดงดังภาคผนวก ก และภาคผนวก ข

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผู้จัดทำโครงงานได้ออกแบบ และสร้างถังขยะอัจฉริยะ ซึ่งได้สรุปผลการดำเนินโครงงาน ข้อเสนอแนะ และอุปสรรคทั้งหมดของการดำเนินงาน ไว้ดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากผลการดำเนินโครงงานจะได้ถังขยะอัจฉริยะ ประกอบไปด้วย 4 ระบบ คือ ระบบโครงสร้าง ระบบวงจร ระบบโปรแกรมรายงานผล และระบบความปลอดภัย โดยอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาตรขยะในถังขยะอัจฉริยะ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกับโปรแกรมประมวลผลต้นแบบ ประกอบไปด้วย 2 ระบบ ได้แก่ ระบบตรวจวัดปริมาณขยะในถังขยะ และระบบการส่งข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งสามารถวัดปริมาณขยะได้ 3 ระดับ ได้แก่ Blank Half และFull อุปกรณ์วัดปริมาณขยะสามารถทำงานได้กับวัตถุทุกชนิดที่เสียงสามารถสะท้อนกลับได้ เนื่องมาจากการเลือกใช้เซนเซอร์แบบอัลตร้าโซนิค ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ใช้หลักการสะท้อนของเสียงในการหาค่าระยะห่าง และเนื่องจากการใช้คลื่นเสียงในการวัดระยะ ค่าสถานะที่ได้ในแต่ละช่วงจึงมีค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ค่าความคลาดเคลื่อนนี้เนื่องจากเสียงจะสะท้อนกลับได้อย่างสมบูรณ์ที่วัตถุผิวเรียบ และทำระนาบตั้งฉากกับเซนเซอร์ โดยอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาตรขยะนี้สามารถทำงานได้ในระยะที่มีสัญญาณอินเตอร์เน็ตจากเครือข่ายผู้ให้บริการ ในส่วนของการแสดงผลข้อมูลของปริมาณขยะทั้ง 3 ระดับ และตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ สามารถแสดงผลได้ ผ่านเว็บไซต์http://student.nu.ac.th/smartbin/?bin= ซึ่งเป็นการดำเนินการมาจากการใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในหัวข้อ 2.6.7 ในการสร้างสรรค์ขึ้น และข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บไว้ซึ่งแสดงข้อมูลในส่วนของ วันที่ เวลา และสถานะปริมาณขยะ ซึ่งสามารถใช้งานง่าย และมีคู่มือการใช้งานโปรแกรมรายงานผลข้อมูลแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

ในการดำเนินโครงงานครั้งนี้จะได้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะที่อยู่ในถังขยะอัจฉริยะ และโปรแกรมรายงานผลเท่านั้น ซึ่งโปรแกรมรายงานผลจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลในด้านปริมาณขยะในถังขยะ และตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้บริหารจัดการเส้นทางการเก็บขยะของหน่วยงาน หรือเจ้าหน้าที่ต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานโครงงาน ทางผู้ดำเนินโครงงานมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับโครงงานถังขยะอัจฉริยะ ดังนี้

5.2.1 ชุดอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะต้องการกระแสไฟฟ้า 5 โวลต์ 2 แอมป์ ซึ่งเป็นกระแสไฟที่ต่อเนื่อง หากไฟฟ้าที่อุปกรณ์ได้รับไม่เพียงพอ โมดูลจีเอสเอ็มจะไม่สามารถทำงานได้ หรืออาจทำได้

แต่ยังไม่เกิดความสมบูรณ์ เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์จึงต้องใช้แหล่งไฟบ้านแปลงเป็น 5 โวลต์ 2 แอมป์ ผ่านอแดปเตอร์

5.2.2 ในการใช้อุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะควรปิดฝาถังขยะอัจฉริยะทุกครั้ง เนื่องจากเซนเซอร์อัลตร้าโซนิค ซึ่งวัดปริมาณขยะในแนวตั้งฉากกับเซ็นเซอร์

5.3 อุปสรรคจากการดำเนินโครงงาน

จากการดำเนินงานโครงงาน ทางผู้ดำเนินโครงงานได้พบอุปสรรคต่างๆ เกี่ยวกับโครงงานถังขยะอัจฉริยะ ดังนี้

5.3.1 โมดูลจีเอสเอ็มใช้กับ SIM เครือข่ายดีแทคไม่ได้ เนื่องจาก SIM ไม่สามารถเปิดข้อมูลได้ ถ้าเปิดจะต้องแจ้งผู้ให้บริการ ซึ่งจะใช้เวลานาน ทางผู้ดำเนินโครงงานจึงแก้ปัญหาโดยใช้ SIM ของเครือข่ายเอไอเอสแทน เนื่องจากการศึกษาข้อมูลมา SIM ของเครือข่ายเอไอเอสเปิดข้อมูลไว้อยู่แล้วจึงสามารถนำมาใช้งานได้

5.3.2 โมดูลจีเอสเอ็มไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้าจากบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไม่เพียงพอ ทำให้โมดูลจีเอสเอ็มใช้งานไม่ได้ จึงแก้ปัญหาโดยการต่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มจากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแยก เพื่อให้กระแสไฟฟ้าที่นิ่ง และเสถียร

เอกสารอ้างอิง

กรวิชญ์ ตั้งธรรม. (2557). **หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น**. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2560, จาก http://korawichdome.blogspot.com/?m=1

ทันพงษ์ ภู่รักษ์. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 ตุลาคม 2560, จาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. **อาดูโน่.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 ตุลาคม 2560, จาก http://www.thaieasyelec.com/

บริษัท วีนัส ซัพพลาย จำกัด. **โปรแกรมที่ใช้ในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจสอบปริมาณขยะ**. สืบค้นเมื่อ วันที่ 20 พฤษภาคม 2561, จาก http://www.thaieasyelec.com/

บริษัท สุพรีมไลนส์ จำกัด. **อัลตร้าโซนิคเซนเซอร์.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 26 ตุลาคม 2560, จาก http://www.supremelines.co.th

รนี ด้วนขาว. (2552). **จีพีอาร์เอส.** สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2560, จาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=10645&Key=itnews

โรงเรียนโพธิสัมพันธ์พิทยาคาร. **หลักการเขียนโปรแกรมเบื้องต้น**. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2560, http://km.pho.ac.th/files/1310081010282668_13102213130228.pdf

ศุภชัย สมพานิช. (2559). **Professional visual basic 2015.** กรุงเทพฯ : ไอดีซี พรีเมียร์

ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ. (2560). **ระบบจัดการการเก็บขยะอัจฉริยะ**. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 เมษายน 2561, จากhttps://www.nectec.or.th/innovation/innovation-software/traffywaste.html

GSM Market Data Summary. **การสื่อสารในระบบจีเอสเอ็ม.** สืบค้นเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2560, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/จีเอสเอ็มremelines.co.th

Jump startinnovation. (2556). **โครงสร้างโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 30 ตุลาคม 2560, จาก http://jumpstartinnovation.blogspot.com/2013/07/blog-post.html

SIPA. (2559). **ภูเก็ตก้าวแรกสู่ไทยแลนด์4.0.** สืบค้นเมื่อ วันที่ 28 เมษายน 2561, จาก https://www.blognone.com/node/86108

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานถังขยะอัจฉริยะและโปรแกรมรายงานผล

ก.คู่มือการใช้งานถังขยะอัจฉริยะ

ก.1 ข้อปฏิบัติต่อการใช้งาน

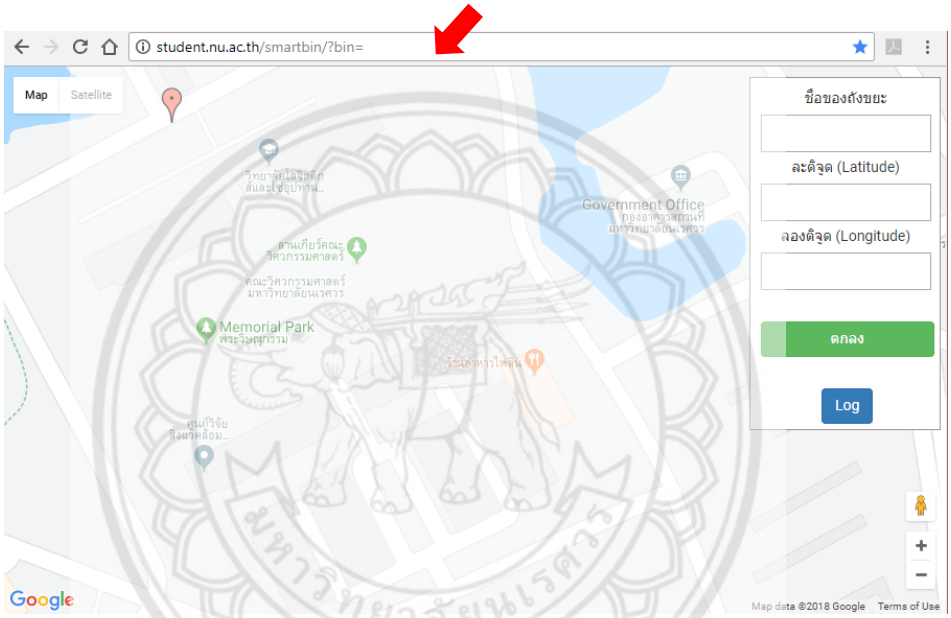
ก.1.1 เมื่อทิ้งขยะเรียบร้อยแล้วควรปิดฝาถังทุกครั้ง

ก.1.2 ไม่ควรเคลื่อนย้ายถังจากตำแหน่งเดิม

ก.1.3 เมื่อต้องเทขยะทิ้งออกจากถังควรดึงปลั๊กออกก่อน และเมื่อทิ้งขยะเรียบร้อยแล้วเสียบปลั๊กไว้เหมือนเดิม

ก.2 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมรายงานผล

ก.2.1 เข้าไปที่เว็บไซต์ http://student.nu.ac.th/smartbin/?bin=

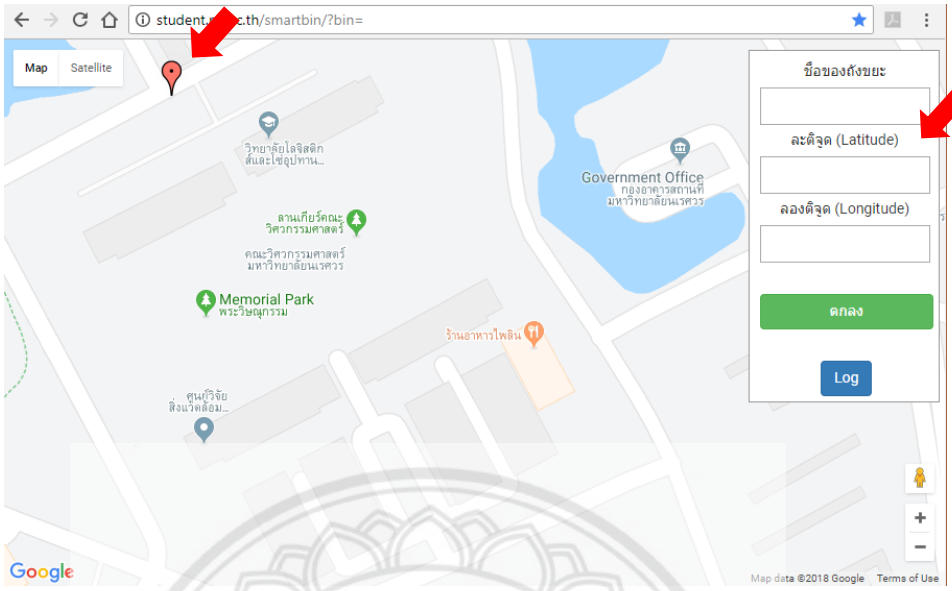


รูปที่ ก.1 เว็บไซต์แสดงผลข้อมูล

ก.2.2 เพิ่มชื่อถังขยะที่ต้องการวางถังขยะ

รูปที่ ก.2 การเพิ่มชื่อถังขยะ

ก.2.3 ปักหมุด หรือ ใส่ตำแหน่ง โดยใส่เป็นเลขละติจูด และลองติจูด ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ



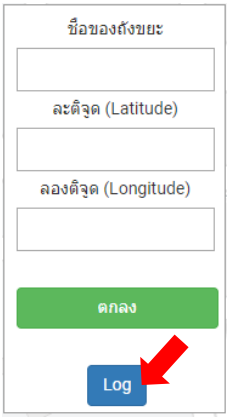
รูปที่ ก.3 การเพิ่มตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ

ก.2.4 เมื่อทำการปักหมุด หรือ ใส่ตำแหน่งแล้ว ให้กดตกลง

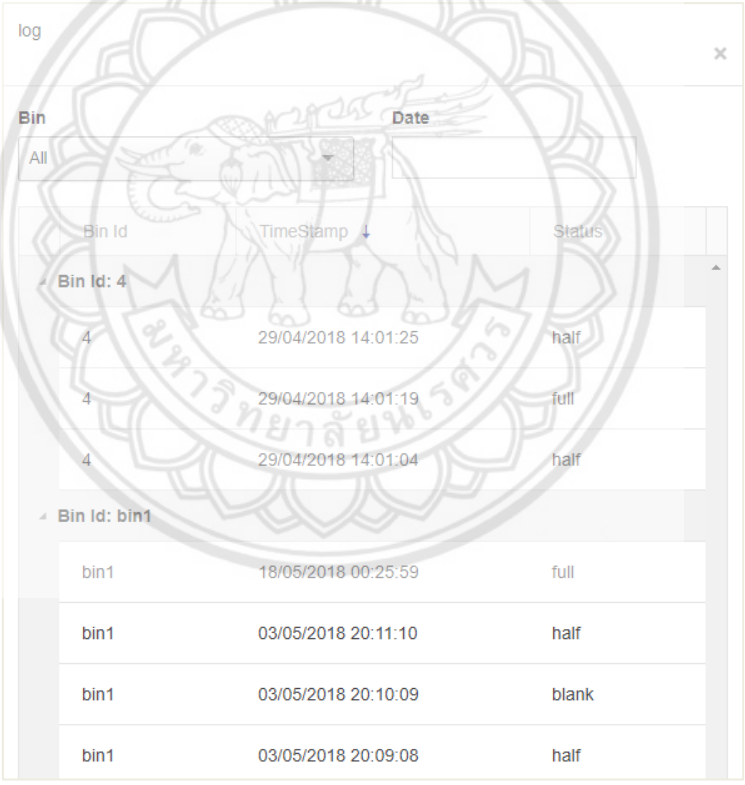
รูปที่ ก.4 การกดตกลงหลังใส่ชื่อ และตำแหน่งถังขยะแล้ว

ก.2.5 เมื่ออุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณขยะในถังขยะอัจฉริยะทำงาน จะส่งข้อมูลมาอัพเดตให้หมุดโดยมีการเปลี่ยนสี ไปตามสถานะปริมาณขยะ ดังนี้ 🟢 Blank : ระยะตั้งแต่ 60 เซนติเมตรขึ้นไป, 🟡 Half : 30 เซนติเมตร < ระยะ ≤ 60 เซนติเมตร และ 🔴 Full : ระยะ ≤ 30 เซนติเมตร

ก.2.6 เมื่อต้องการดูข้อมูลปริมาณขยะ และตำแหน่งถังขยะที่ได้ทำการเก็บไว้ ให้กด Log และจะแสดงข้อมูลในรูปแบบดังต่อไปนี้



รูปที่ ก.5 การกด Log เพื่อดูข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้



รูปที่ ก.6 ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บไว้

ภาคผนวก ข

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างถังขยะอัจฉริยะ

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างถังขยะอัจฉริยะ

```
#include "SIM900.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "inetGSM.h"
#include "ultrasonic.h"

InetGSM inet;

uint32_t now = 0;
uint32_t lastSent = 0;
float distance = 0.0;

void setup()
{
  attachUltrasonic(8, 9, 10, 11);

  Serial.begin(9600);                              //Serial connection.

  if (!gsm.begin(2400)) {
    Serial.println("ERROR : START GSM");
    return;
  }
  if (!inet.attachGPRS("internet.wind", "", "")) {
```

```
    Serial.println("ERROR : ATTACH GPRS");
    return;
  }

  Serial.println("GSM : OK");
  delay(1000);
};

void loop()
{
  now = millis();

  //Read for new byte on serial hardware,
  //and write them on NewSoftSerial.
  serialhwread();
  //Read for new byte on NewSoftSerial.
  serialswread();
  if (now - lastSent > 60000) {

    lastSent = now;

    distance = pingUltrasonic(9,10);
```

```
    Serial.print("\ndistance : ");
    Serial.println(distance);

    getGsmReady();

    if (distance > 70) {
      inet.httpGET("45.76.163.179", 80, "/receiver?binid=bin1&bin=blank", msg, 50);
    } else if ( distance > 40 && distance <= 70 ) {
      inet.httpGET("45.76.163.179", 80, "/receiver?binid=bin1&bin=half", msg, 50);
    } else {
      inet.httpGET("45.76.163.179", 80, "/receiver?binid=bin1&bin=full ", msg, 50);
    }
  }
};
char inSerial[50];
int i = 0;
char msg[50];
void serialhwread() {
  i = 0;
  if (Serial.available() > 0) {
    while (Serial.available() > 0) {
      inSerial[i] = (Serial.read());
      delay(10);
```

```
  i++;
}

inSerial[i] = '\0';
if (!strcmp(inSerial, "/END")) {
  Serial.println("_");
  inSerial[0] = 0x1a;
  inSerial[1] = '\0';
  gsm.SimpleWriteln(inSerial);
}
//Send a saved AT command using serial port.
if (!strcmp(inSerial, "TEST")) {
  Serial.println("SIGNAL QUALITY");
  gsm.SimpleWriteln("AT+CSQ");
}
//Read last message saved.
if (!strcmp(inSerial, "MSG")) {
  Serial.println(msg);
} else {
  Serial.println(inSerial);
  gsm.SimpleWriteln(inSerial);
}
inSerial[0] = '\0';
```

```
  }
}

void serialswread() {
  gsm.SimpleRead();
}

void getGsmReady() {
  //Read IP address.
    gsm.SimpleWriteln("AT+CIFSR");
    delay(5000);
    //Read until serial buffer is empty.
    gsm.WhileSimpleRead();

    //TCP Client GET, send a GET request to the server and
    //save the reply.
}

float pingUltrasonic(int echo , int trig) {
  unsigned long duration;
  float dist;
  float smooth = 0;
  int count = 0;
```

```
    for (int i = 0; i < 25; i++) {
      digitalWrite( echo , HIGH );
      delayMicroseconds(10);
      digitalWrite( echo , LOW );
      duration = pulseIn( trig , HIGH );

      dist = (duration * 0.034) / 2.0;

      if (dist > 0.3 && dist < 300) {
        smooth += dist;
        Serial.println(dist);
        count++;
      }

      delay(100);
    }
    if (count > 0) {
      smooth = smooth / count;
    }
    return smooth;
}
```

มหาวิทยาลัยนเรศวร

```
void attachUltrasonic( int vcc , int echo , int trig , int gnd ) {
  pinMode( 8 , OUTPUT );
  pinMode( 9 , OUTPUT );
  pinMode( 10 , INPUT );
  pinMode( 11 , OUTPUT );

  digitalWrite( 8 , HIGH );
  digitalWrite( 11 , LOW );
}
```

โปรแกรมที่ใช้ในการแสดงผลและรวบรวมข้อมูล

```
<!DOCTYPE html>

<html>


<head>

  <meta http-equiv="content-type" content="text/html; charset=UTF-8" />

  <title>Google Maps Multiple Markers</title>


  <!-- <link rel="stylesheet" href="datepicker/daterangepicker.css">

  <link rel="stylesheet" href="datepicker/bootstrap-datepicker.min.css">

  <script src="datepicker/bootstrap-datepicker.min.js"></script>

  <script src="datepicker/daterangepicker.js"></script> -->

  <link href="asset/select2fix.css" rel="stylesheet" />

  <link rel="stylesheet" href="asset/selectize.default.css">

  <link rel="stylesheet" href="asset/css/bootstrap-datepicker.min.css" />

  <link rel="stylesheet"
href="https://kendo.cdn.telerik.com/2018.1.221/styles/kendo.common-
material.min.css" />

  <link rel="stylesheet"
href="https://kendo.cdn.telerik.com/2018.1.221/styles/kendo.material.min.css" />

  <link rel="stylesheet"
href="https://kendo.cdn.telerik.com/2018.1.221/styles/kendo.material.mobile.min.css"
/>


  <script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
```

```
  <script src="https://kendo.cdn.telerik.com/2018.1.221/js/angular.min.js"></script>
  <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/angularjs/1.5.0/angular-sanitize.js"></script>
  <script src="asset/select.min.js"></script>
  <script src="https://kendo.cdn.telerik.com/2018.1.221/js/kendo.all.min.js"></script>
  <script src="asset/js/bootstrap-datepicker.min.js"></script>
  <script src="asset/moment.js"></script>
  <script src="http://maps.google.com/maps/api/js?sensor=false" type="text/javascript"></script>
  <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/angularjs/1.6.9/angular.min.js"></script>
  <script src="app.module.js"></script>
  <link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/css/bootstrap.min.css">

  <script src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/js/bootstrap.min.js"></script>
  <script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/4.12.1/firebase.js"></script>

  <script>
    // Initialize Firebase
    var config = {
      apiKey: "AIzaSyANIj6VtHQP-djV4RbjEhsL2FDDqBZkej8",
      authDomain: "smartbin-c5427.firebaseapp.com",
      databaseURL: "https://smartbin-c5427.firebaseio.com",
```

```
    projectId: "smartbin-c5427",
    storageBucket: "",
    messagingSenderId: "332877541995"
  };
  firebase.initializeApp(config);


</script>

<script
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyDcJ6HxOjZpYd0rA2Frbz9Bal_JEz1szJM"></script>
<style>
  #map {
    height: 100%;
  }

  #floating-panel {
    position: absolute;
    top: 10px;
    right: 5px;
    z-index: 5;
    background-color: #fff;
    padding: 5px;
    border: 1px solid #999;
```

```
      text-align: center;
      font-family: 'Roboto', 'sans-serif';
      line-height: 30px;
      padding-left: 10px;
    }

    html,
    body {
      height: 100%;
      margin: 0;
      padding: 0;
    }
  </style>
</head>

<body ng-app="appModule" ng-controller="ctrl  as vm">

  <div id="floating-panel">
    ชื่อของถังขยะ
    <br>
    <input type="text" id="binID" ng-model="vm.bin">
    <br> ละติจูด (Latitude)
    <br>
    <input type="text" id="i_Latitude" ng-model="vm.model.lat">
```

```
    <br> ลองติจูด (Longitude)

    <br>

    <input type="text" id="i_Longitude" ng-model="vm.model.lng">

    <br>

    <br>

    <button type="button" class="btn btn-success btn-block" ng-click=
"vm.addFirebase()">ตกลง</button>

    <br>

    <button type="button" class="btn btn-primary" data-toggle="modal" data-
target="#exampleModalCenter">

      Log

    </button>

  </div>

  <!-- Modal -->

  <div class="modal fade" id="exampleModalCenter" tabindex="-1" role="dialog" aria-
labelledby="exampleModalCenterTitle" aria-hidden="true">

    <div class="modal-dialog modal-dialog-centered" role="document">

      <div class="modal-content">

        <div class="modal-header">

          <h5 class="modal-title" id="exampleModalLongTitle">log </h5>

          <button type="button" class="close" data-dismiss="modal" aria-label="Close">

            <span aria-hidden="true">&times;</span>

          </button>

        </div>
```

```
<div class="modal-body">
  <div class="row">
    <form>
      <div class="form-row">
        <div class="form-group col-md-6">
          <label for="bin">Bin</label>
          <ui-select ng-model='vm.binId' theme='selectize' on-
select='vm.onSelectCallback($item, $model)'>
            <ui-select-match placeholder='Select
Bin'>{{$select.selected.value.name}}</ui-select-match>
            <ui-select-choices repeat='item.value.id as (key, item) in vm.bins | filter:
$select.search'>
              <div ng-bind-html='item.value.name | highlight:
$select.search'></div>

            </ui-select-choices>
          </ui-select>
        </div>
        <div class="form-group col-md-6">
          <label for="date">Date</label>
          <date ng-model="vm.date"></date>
        </div>
      </div>
    </form>
```

```
          </div>
          <div>
            <kendo-grid options="vm.gridOption"></kendo-grid>
          </div>
        </div>
        <div class="modal-footer">
          <button type="button" class="btn btn-secondary" data-
dismiss="modal">Close</button>
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="map"></div>


</body>


</html>
```

โปรแกรมที่ใช้ในการทดสอบหาระยะการตรวจสอบปริมาณขยะในอาคาร และกลางแจ้ง

```
unsigned long duration;
float dist;
float smooth = 200.0;


void setup() {
  pinMode( 8 , OUTPUT );
  pinMode( 9 , OUTPUT );
  pinMode( 10 , INPUT );
  pinMode( 11 , OUTPUT );


  digitalWrite( 8 , HIGH );
  digitalWrite( 11 , LOW );
  Serial.begin(9600);
}


void loop() {
  digitalWrite( 9 , HIGH );
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite( 9 , LOW );
  duration = pulseIn( 10 , HIGH );


  dist = (duration * 0.034) / 2.0;
```

```
  //Serial.println(dist);


  smooth -= (smooth / 100.0);
  smooth += (dist / 100.0);


  Serial.println(smooth);


}
```

ภาคผนวก ค

การคำนวณเพื่อกำหนดระดับของปริมาณขยะในถังขยะ

ค. การคำนวณเพื่อกำหนดระดับของปริมาณขยะในถังขยะ

เนื่องจากถังขยะมีรูปทรงพีระมิดยอดตัดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส จะคำนวณหาปริมาตรได้ดังนี้

ปริมาตร = 1/3 (a^2+ab+ b^2) h

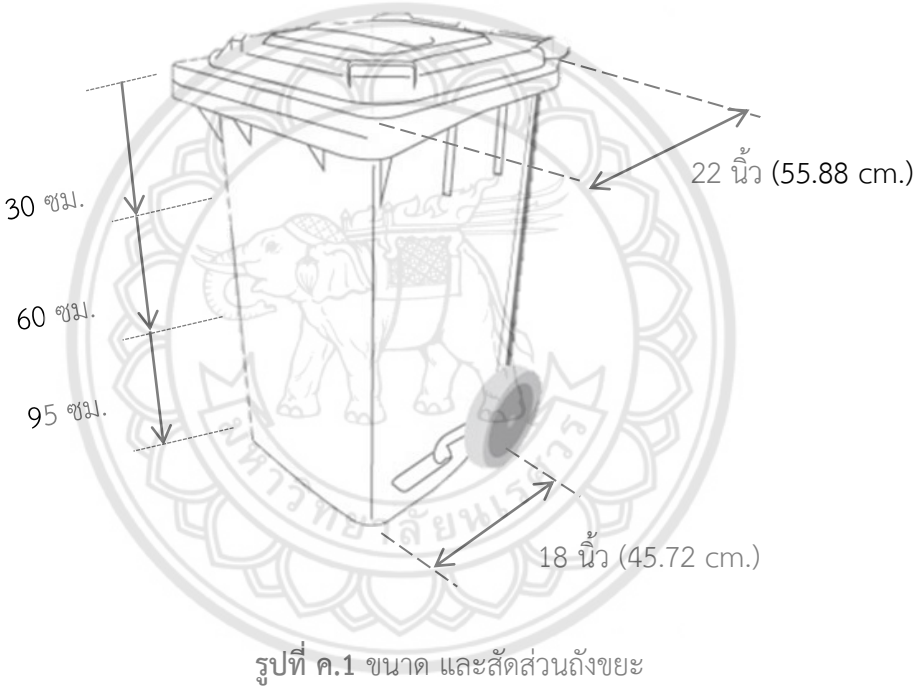
a = 45.72 เซนติเมตร

b = 55.88 เซนติเมตร

h = 95 เซนติเมตร

จะได้ปริมาตรถัง = $1/3\{ 45.72^2 + (45.72 \times 55.88) + 55.88^2\} 95$

= 238,291.67 ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ ค.1 ขนาด และสัดส่วนถังขยะ

โดยแบ่งขนาดถังทั้งหมดเป็น 3 ส่วน เพื่อแบ่งระดับปริมาณขยะออกเป็น 3 ระดับ โดยจะได้ปริมาตร 1 ส่วนเท่ากับ 79,430.56 ลูกบาศก์เซนติเมตร และทำการคำนวณหาได้ระยะจากเซนเซอร์ถึงก้นถัง ทั้ง 3 ระดับดังนี้ 30 ,60 และ 95 เซนติเมตร