



นักศึกษา ☒ ปกติ ☐ สมทบ

การสอบป้องกันโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อโครงการ

รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

Autonomous Trash Collecting Robot Following User

ผู้จัดทำ

นายชุตีพงศ์ แก้วตั้ง รหัสนักศึกษา 163404130039 โทร. 0925297634
นายพงศกร สมพรหม รหัสนักศึกษา 163404130051 โทร. 0925148528

ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ความเห็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ได้ตรวจโครงงานและรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว เห็นควร ☐ อนุมัติให้สอบได้ ☐ ปรับปรุงเนื้อหาหรือรูปแบบใหม่	ได้ตรวจโครงงานและรายงานฉบับสมบูรณ์แล้ว เห็นควร ☒ อนุมัติให้สอบได้ ☐ ปรับปรุงเนื้อหาหรือรูปแบบใหม่
ลงชื่อ..... (.....)	ลงชื่อ..... (..... นศ. นัทธ รัตตารมณ.....)

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย



รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
Autonomous Trash Collecting Robot Following User

ชุตีพงศ์ แก้วตั้ง

Chutipong Kaewtang

พงศกร สมพรหม

Pongsakorn Somprom

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA

2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รถไล่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
Autonomous Trash Collecting Robot Following User

ชุตีพงศ์ แก้วตั้ง
Chutipong Kaewtang
พงศกร สมพรหม
Pongsakorn Somprom

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

A PROJECT REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SRIVIJAYA

2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ปริญญานิพนธ์ : รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
ชื่อ : นายชุตีพงศ์ แก้วตั้ง
: นายพงศกร สมพรหม
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา
อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาญณรงค์ พงศ์รักธรรม)
หัวหน้าหลักสูตรสาขาวิชา

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สายน ละอองโชค)
หัวหน้าสาขา

ประธานที่ปรึกษา

กรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตวรนณะ)

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมคิด สุทธิศักดิ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ธรรมนงค์ ทวีชื่น)

.....กรรมการ
(อาจารย์อัมพร บุญราม)

หัวข้อปริญญานิพนธ์ : รถไร้ขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
 นักศึกษา : นายชุตติพงศ์ แก้วตั้ง
 : นายพงศกร สมพรหม
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สถิตวรรธนะ
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคิดค้นและพัฒนาการออกแบบรถไร้ขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานที่สามารถควบคุมและแสดงผลผ่านเว็บแอปที่ใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนหรือแท็บเล็ตได้ ในการศึกษาออกแบบและคิดค้นรถไร้ขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานผู้ศึกษาได้ประยุกต์ใช้บอร์ด Esp32 ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลแบบไร้สายมาประยุกต์ใช้ ซึ่งบอร์ด Esp32 ทำหน้าที่เป็นตัวสื่อสารระหว่างเว็บแอปกับบอร์ดควบคุมผ่านสัญญาณวิทยุและใช้ Esp32-Cam เป็นตัวตรวจจับสีที่กำหนดเพื่อใช้ในการกำหนดการเคลื่อนที่ของตัวรถ ในการควบคุมรถไร้ขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานจะมีสองโหมดการใช้งานให้เลือกทั้งแบบอัตโนมัติและแบบแมนนวลซึ่งสามารถควบคุมได้ผ่านเว็บแอปในขณะที่ใช้งาน ในส่วนการใช้งานแบบอัตโนมัติผู้ใช้งานสามารถเลือกสีที่จะให้ตัวรถทำงานโดยการเลือกสีที่กำหนดผ่านเว็บแอปโดยมีสีที่จะเลือกใช้งานที่ทางผู้จัดทำกำหนดไว้จะมี 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงินและสีม่วง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกสีที่จะใช้ให้เหมาะสมในสภาพแวดล้อมที่นำไปใช้งาน ทั้งนี้หน้าเว็บแอปควบคุมจะมีการแสดงผลค่าต่าง ๆ ทั้งค่าน้ำหนักที่ตัวรถบรรทุกขณะใช้งานซึ่งสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกได้ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม ค่าระดับแรงดันแบตเตอรี่ แสดงระยะทางที่ตัวรถเคลื่อนที่ทั้งหมด และในส่วนการใช้งานตัวรถสามารถทำงานได้ไม่น้อยกว่า 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบรถเก็บขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานพบว่า ตัวรถมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงและการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันต่าง ๆ

คำสำคัญ รถเก็บขยยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน, เว็บแอป, ทำงานแบบอัตโนมัติ, วิทยุ, การประยุกต์ใช้

Project Report Title : Aotonomous Trash Collecting Robot Following User
Student(s) : Mr. Chutipong Kaewtang
: Mr. Pongsakorn Somprom
Advisor : Asst.Prof. Pitak Sathiwantana
Academic Years : 2024

Abstract

This thesis aims to design and develop a mobile trash cart that can autonomously follow the user and be controlled and monitored through a web application accessible via smartphones or tablets. In designing and developing the mobile trash cart, the ESP32 board is utilized for wireless data transmission, serving as a communication bridge between the web application and the control board via Wi-Fi. The ESP32-CAM module is used to detect specified colors, which determine the movement of the cart the mobile trash cart features two operating modes: automatic and manual, both of which can be controlled through the web application during operation. In automatic mode, users can select a specific color via the web application to activate the cart's tracking behavior The system is configured to recognize three preset colors: red, blue, and purple. Users can choose a suitable color based on the environmental conditions of the application area the web application also displays various data metrics, including the weight being carried by the cart supporting loads of no less than 50 kilogramsthe battery voltage level, and the total distance traveled by the cart. The cart is capable of operating for no less than 30 minutes per charge the results from testing the user-following mobile trash cart show that the cart performs efficiently and is suitable for practical use, as well as for various everyday applications.

Keywords: Aotonomous Trash Collecting Robot Following User, web application, autonomous operation, Wi-Fi, application integration

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์ และการสนับสนุนอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์พิทักษ์ สติวรธรรมะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาข้อชี้แนะอันมีคุณค่าและก่อให้เกิดประโยชน์ในการดำเนินโครงการ ตลอดจนแนะแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการอย่างดียิ่ง อีกทั้งความเมตตาในการช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ตลอดโครงการนี้ ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ด้วยความซาบซึ้งใจและเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้คำปรึกษาในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจที่ดีเสมอมา จนทำให้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ข้อมูล และให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ

ผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรในหลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความรู้ และคำปรึกษาแนะนำด้านการออกแบบโครงการชุดนี้ ให้ปริญญานิพนธ์มีความเรียบร้อยสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้องคณาจารย์ทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ จนกระทั่งคณะผู้จัดทำมีโอกาสทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จจึงขอขอบคุณทุกท่านทุกฝ่ายและขอประกาศเป็นคุณงามความดี มา ณ ที่นี้ด้วย

ชุตินพงศ์ แก้วตั้ง

พงศกร สมพรหม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ง
Abstract	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1	1
บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการ	3
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2	5
ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3	13
ขั้นตอนการดำเนินงาน	13
3.1 ขั้นตอนการทำงานของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	14
3.2 ออกแบบรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	15
3.3 วงจรควบคุมการทำงานของโครงการ	17
3.4 หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	19
3.5 เว็บไซต์	31
3.6 หลักการทำงานของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	32
3.7 การสร้างและประกอบรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4	40
ผลการทดลองและวิจารณ์	40
4.1 วิธีการทดสอบ	40
4.2 ผลการทดสอบ	40
4.3 สรุปผลการทดลอง	54
บทที่ 5	55
สรุปผลและข้อเสนอแนะ	55
5.1 สรุปผลที่ได้จากการทำโครงการ	55
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ	55
5.3 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ	56
5.4 แนวทางในการพัฒนาโครงการ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก	58
งบประมาณ	58
งบประมาณของรถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	59
ภาคผนวก ข	61
คู่มือแนะนำการใช้งาน	61
คู่มือการใช้งานรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	62
ภาคผนวก ค	67
โปรแกรมการทำงาน	67
โปรแกรมการทำงาน	68
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์	88
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 1	89
ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 2	90

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ขนาดสายไฟมาตรฐาน	27
4.1 ทดสอบการควบคุมรถไส้ขยเคื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบแมนนวล	41
4.2 ระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้	42
4.3 ทดสอบการตรวจจับสีเสื่อของรถไส้ขยเคื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบอัตโนมัติ	46
4.4 ทดสอบความแม่นยำของน้ำหนักที่ตัวรถสามารถวัดค่าได้	48
4.5 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่	50
4.6 ทดสอบกระแสขณะไม่มีโหลด	53
ก.1 งบประมาณการสร้างรถเก็บขยเคื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	59

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ขดลวดอาร์เมเจอร์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก	8
2.2	วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์	9
2.3	วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก	9
2.4	วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	10
2.5	วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์	11
2.6	โหนด Soft Access Point (AP)	12
3.1	หลักการทำงานของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	14
3.2	แบบจำลองรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	15
3.3	แบบจำลองด้านข้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	15
3.4	แบบจำลองด้านหน้ารถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	16
3.5	วงจรรวมของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	17
3.6	วงจรไฟฟ้า	18
3.7	ESP32	19
3.8	Relay 5V	20
3.9	ESP32-CAM	21
3.10	HX711	21
3.11	Load cell	22
3.12	มอเตอร์เกียร์ 24V (Gear Motor)	23
3.13	DC Step Down	23
3.14	Ultrasonic ranging module HC-SR04	24
3.15	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion Battery)	24
3.16	สายไฟ THW(F)	16
3.17	เหล็กกล่องชุบกัลวาไนซ์ (Hot-Dig Galvanized Steel)	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.18	เสื่อเซฟแถบสะท้อนแสง	28
3.19	Passive buzzer	28
3.20	Counting Sensor Module (เซ็นเซอร์กัมปู)	29
3.21	ตัวเก็บประจุ (Capacitor)	29
3.22	ตัวต้านทาน (Resistor)	30
3.23	หน้าเว็บแอป	31
3.24	วัดขนาดเหล็กกล่อง1นิ้ว*1นิ้ว ขนาด 50 cm จำนวน 12 ท่อน	32
3.25	ทำการตัดเหล็กโครงสร้างที่ได้วัดขนาดไว้	33
3.26	นำเหล็กที่ตัดไว้มาเชื่อมจะได้โครงสร้างตัวถังของตัวรถ	33
3.27	โครงสร้างของชุดขับเคลื่อนโดยใช้ตีนตะขาบ	34
3.28	กลิ้งชุดโรลเลอร์และชุดเฟืองขับเคลื่อน	34
3.29	โซ่สร้างซึ่งใช้เป็นสายพานขับเคลื่อนชุดล้อ	35
3.30	ชุดขับเคลื่อนที่ลองนำมาประกอบกัน	35
3.31	หาตำแหน่งวางมอเตอร์ซึ่งใช้เป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อน	35
3.32	ชุดใบแทรกที่ได้จากการผ่าเหล็กกล่องขนาด 3 หุน	36
3.33	ชุดใบแทรกที่นำมาเชื่อมติดกับโครงสร้างจะได้ความกว้าง 10.5 ซม. ยาว 72 ซม.	36
3.34	ประกอบชุดขับเคลื่อนกับชุดโครงสร้างเข้าด้วยกันเพื่อทดลองการทำงานของชุดล้อ	37
3.35	เชื่อมเก็บรายละเอียด	37
3.36	ประกอบชิ้นส่วนและเดินรางสายไฟ	38
3.37	ประกอบตู้เข้ากับตัวรถและสายไฟ	38
3.38	การเก็บสายไฟ	39
3.39	รถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน	39
4.1	การทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบแมนนวล	41
4.2	การทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติ	42
4.3	ระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้	43
4.4	การเคลื่อนที่ไปด้านซ้ายแบบอัตโนมัติ	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.5	การเคลื่อนที่ไปด้านขวาแบบอัตราโนมิติ	44
4.6	การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าแบบอัตราโนมิติ	45
4.7	สื่อที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตราโนมิติ	45
4.8	การตรวจจับสีเสื้อแดง	46
4.9	การตรวจจับสีเสื้อม่วง	47
4.10	การตรวจจับสีเสื้อน้ำเงิน	47
4.11	การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1	48
4.12	การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2	49
4.13	การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 3	49
4.14	ตารางที่ผ่านการตรวจสอบของสำนักงานชั่งตวงวัด	50
4.15	การทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 1	51
4.16	การทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 2	51
4.17	การทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 3	52
4.18	เปรียบเทียบมัลติมิเตอร์ที่ใช้กับมัลติมิเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือ	52
4.19	ทดสอบกระแสขณะไม่มีโหลด	53
4.20	ทดสอบกระแสขณะมีโหลด	54
ข.1	ตำแหน่งสวิทช์และหน้าจอแสดงผล	63
ข.2	ชื่อไวไฟของตัวรถ	64
ข.3	IP Address ของเว็บแอปควบคุมตัวรถ	65
ข.4	แนะนำหน้าเว็บและการใช้งาน	66

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงงานรวมถึงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตการทำงาน ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงงานและแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อโครงงาน

เนื่องด้วยการดำเนินชีวิตต่างๆของมนุษย์ในปัจจุบัน ทางเราได้เล็งเห็นว่าการจัดการขยะที่เพิ่มขึ้นในแต่ละวันทั้งจากธรรมชาติและจากที่มนุษย์สร้างขึ้นยังจำเป็นต้องพึ่งมนุษย์ในการจัดการ ทางเราจึงได้คิดค้นและพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกซึ่งจะนำมาเป็นตัวช่วยทุ่นแรงสำหรับการทำงานในการจัดการขยะต่างๆ ในปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทและความสำคัญเป็นอย่างมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในหลากหลายด้าน ซึ่งหุ่นยนต์เป็นนวัตกรรมหนึ่งที่น่าสนใจและยังมีการใช้งานแพร่หลายเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น การใช้งานในด้านอุตสาหกรรม ทางการแพทย์ ทางสุขภาพ และอีกหลายด้าน ทั้งยังมีการนำมาอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันด้านต่างๆ เช่น การช่วยทดแทนแรงงานมนุษย์ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากการทำงาน ลดเวลาในการทำงาน ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้า และพัฒนารถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน ทางผู้จัดทำได้แนวคิดมาจากการเล็งเห็นการเก็บขยะหรือการทำความสะอาดในพื้นที่ต่างๆ นั้นจะมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวรถสามารถใช้ทำงานในสภาพพื้นที่ต่างๆที่หลากหลายได้ สามารถบรรทุกทุกน้ำหนักที่เยอะได้ จึงเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่จะช่วยในการอำนวยความสะดวกต่อการทำงานๆของมนุษย์และยังช่วยบรรเทาความเมื่อยล้าจากการทำงาน ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย

ดังนั้นผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าในการเก็บขยะ หรือการทำความสะอาดในพื้นที่ต่างๆ ผู้ปฏิบัติงานยังต้องมีการถือถุงขยะหรือมีการลากถังขยะตามไปด้วยซึ่งเมื่อขยะสะสมเรื่อยๆ จะมีน้ำหนักที่เยอะและระยะทางที่ต้องนำกลับไปทิ้งมีระยะไกล ผู้จัดทำจึงได้เล็งเห็นปัญหาเหล่านี้ ซึ่งจะทำให้เกิดความเหนื่อยล้าเพิ่มขึ้นต่อผู้ปฏิบัติงาน และอาจเป็นปัญหาต่อการทำงาน ซึ่งรถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานที่ผู้จัดทำได้จัดทำขึ้นนี้ ผู้จัดทำหวังว่าจะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ ทั้งยังช่วยในการลดการใช้แรงงานของมนุษย์ ลดเวลาในการทำงาน ช่วยลดอุบัติเหตุต่างๆ ที่เกิดจากการทำงาน และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อศึกษาความรู้ด้านการออกแบบระบบรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
- 1.2.2 เพื่อสร้างเครื่องมือที่ช่วยทุ่นแรงในการทำงาน
- 1.2.3 เพื่อได้สร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้งานได้จริง
- 1.2.4 เพื่อลดระยะเวลาการทำงาน
- 1.2.5 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
- 1.3.2 ได้มีเครื่องมือในการทุ่นแรงในการทำงาน
- 1.3.3 ได้รถสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถใช้งานได้จริง
- 1.3.4 ได้เครื่องมือลดเวลาในการทำงาน
- 1.3.5 ได้รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานที่เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 ออกแบบและสร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานจำนวน 1 คัน และรองรับน้ำหนักบรรทุกไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม
- 1.4.2 มีแอปพลิเคชันควบคุมบังคับการเคลื่อนที่ได้
- 1.4.3 สามารถแสดงผลค่าระดับแรงดันแบตเตอรี่,แสดงระยะทาง และน้ำหนักบรรทุกได้
- 1.4.4 รถใส่ขยะเคลื่อนที่ที่สามารถเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานได้อัตโนมัติ
- 1.4.5 สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง

1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการโครงการ

- 1.5.1 ค้นคว้าและศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยจากฐานข้อมูลด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.5.2 ทำการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการทำโครงการ
- 1.5.3 ศึกษาการทำงานและทดลองหัดเขียนโปรแกรม Arduino IDE
- 1.5.4 ทำการออกแบบรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานโดยโปรแกรม Solid works
- 1.5.5 ดำเนินการสร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
- 1.5.6 ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
- 1.5.7 จัดทำบทความและนำเสนองานประชุมวิชาการ
- 1.5.8 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์
- 1.5.9 สอบป้องกันปริญญานิพนธ์
- 1.5.10 จัดแสดงผลงานโครงการ

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

2.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 นภัสดล สิงหะตา.2566 หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติโดยการใช้กล้องระบุตำแหน่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ บทความนี้นำเสนอการระบุตำแหน่ง ซึ่งเป็นวิธีที่เชื่อถือได้ในการระบุตำแหน่งปัจจุบันของหุ่นยนต์โดยใช้การประมวลผลภาพ ซึ่งสามารถปรับปรุงการหลีกเลี่ยงการชนของสิ่งกีดขวางได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแสงและวัดระยะ (LiDAR) สำหรับหุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ หุ่นยนต์พิจารณาห้าประการ ประการแรก เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการเลี้ยวเมื่อหุ่นยนต์ต้องการเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ได้มีการออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยให้หุ่นยนต์สามารถเปลี่ยนทิศทางโดยไม่ต้องดิ่งเลี้ยวการเคลื่อนที่ ประการที่สอง มีการใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับแสงและวัดระยะในการตรวจจับวัตถุที่อยู่ด้านหน้าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ เพื่อให้หุ่นยนต์มีความสามารถในการหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางได้ ประการที่สาม เสนอให้มีการวางแผนเส้นทางโดยใช้อัลกอริทึมในการเดินทางหลบหลีกสิ่งกีดขวางจากท่าเริ่มต้นไปยังปลายทางในสภาพแวดล้อมที่ไม่รู้จักได้ ประการที่สี่เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ระบบสามารถประมวลผลแบบทันที โดยใช้การสื่อสารแบบไร้สายมีความยืดหยุ่นหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระมากกว่าใช้สาย สุดท้ายการปรับปรุงที่เป็นไปได้คือการเพิ่มกล้องมากกว่าหนึ่งตัว ซึ่งจะสามารถครอบคลุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้กว้างมากขึ้น

2.1.2 วรุฒิ ตั้งนรกุล,สุธีร์ ก่อบุญขวัญ,สิทธิพงษ์ จินหมั่น,จิรพล บุญยัง,มณฑป ไชยบัณฑิติน ทิต.2565 **หุ่นยนต์ขนส่งอาหารยาและเวชภัณฑ์ควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน**. แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี,แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง ในยุคที่มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารและคมนาคมอย่างรวดเร็ว อีกมุมหนึ่งที่ถือเป็นการเข้าสู่ยุคอนาคตอย่างแท้จริง นั่นก็คือ หุ่นยนต์ หรือ Robot ซึ่งหุ่นยนต์เป็นนวัตกรรมที่ขับเคลื่อนให้การใช้ชีวิตของผู้คนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น จากการเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานบ้าน หุ่นยนต์ที่ช่วยขนย้ายสิ่งของไปจนถึงหุ่นยนต์ที่ใช้ในที่ทำงาน ด้วยข้อดีของหุ่นยนต์ที่สามารถเปลี่ยนความเสียเปรียบต่าง ๆ ให้กลายเป็นข้อได้เปรียบได้อย่างน่าทึ่ง ไม่ว่าจะเป็นการทำงานได้เร็วกว่า ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง มีข้อผิดพลาดน้อยหรือไม่มีเลย ประหยัดเวลา ลดต้นทุนด้านแรงงาน และทำงานที่เสี่ยงอันตรายได้ โดยผู้ใช้สามารถควบคุมตัวหุ่นยนต์โดยการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน ส่วนการสื่อสารใช้ระบบสัญญาณ WIFI

2.1.3 นายณัฐพงศ์ เทพทองดี,นายณัฐจักร หงส์วัฒนานนท์.2556 การตรวจจับสีและรูปร่างของวัตถุโดยใช้กล้อง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร การประมวลผลภาพสีนั้นสามารถนำเทคนิคและวิธีการประมวลผลภาพระดับความเข้มเทาที่ได้กล่าวมาแล้วนำมาใช้ในการประมวลผลภาพสีได้ เช่น การประมวลผลภาพแบบจุด การปรับเพิ่มหรือลดความสว่าง การขยายฮิสโทแกรมภาพ เป็นต้น แต่เนื่องจากภาพสีในแบบจำลองสี RGB ประกอบไปด้วยข้อมูลภาพของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือ ข้อมูลภาพของแม่สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ดังนั้นในการประมวลผลภาพสีนั้น จะทำการประมวลผลทีละแบนด์ของข้อมูลภาพของแต่ละแม่สีหลัก กล่าวคือ ขั้นตอนของการประมวลผลภาพในแต่ละแม่สีหลักนั้นจะมีขั้นตอนการประมวลผลภาพแยกออกจากกัน จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ของภาพที่ประมวลผลได้ในแต่ละข้อมูลภาพของแม่สีหลักมารวมกันแสดงผลเป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพสี ในบางกรณี ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพสีในบางครั้งอาจมีผลทำให้ภาพผลลัพธ์มีความไม่สมบูรณ์หรือมีความผิดเพี้ยนของสีในภาพผลลัพธ์ได้ ดังนั้นเพื่อแก้ไขความผิดเพี้ยนของสีที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการทำการประมวลผลภาพทีละข้อมูลภาพหรือแบนด์ย่อยของแต่ละแม่สีหลักแยกจากกัน ก็สามารถที่จะทำการเปลี่ยนแปลงภาพสีในรูปแบบจำลอง RGB ให้แสดงผลอยู่ในรูปของแบบจำลองสีแบบอื่นๆ

2.1.4 อธิธิชัย อินฺหฺเพท,จิตรภา คนฉลาด,ศรัณยู บุตรโคตร.2565 การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย สาขาวิชาเทคโนโลยีมีลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยเทคนิคการเข้าถึงผ่านช่องสัญญาณ 2.4 GHz และ 5 GHz การเข้าถึงด้วยโพรโทคอล IPv4 และ IPv6 โดยจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรมถ่ายโอนข้อมูล (File Transfer) ที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล TCP และโปรแกรมประชุมทางไกล (Video Conference) ที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลด้วยโพรโทคอล UDP เพื่อสะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของเครือข่ายไร้สาย ด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน และช่วยให้ทราบถึงข้อมูลความแตกต่างในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใช้งานเครือข่ายไร้สาย

2.1.5 นายสิริวิชญ์ กันต์ทราย,นายอัฐพล เหลี่ยมปาน.2567 รถพ่นสารเคมีสำหรับพืชสวนยืนต้นควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย แบตเตอรี่ชุดล้อ (38AH 24V) คำนวณ โดยการวัดกระแสไฟฟ้าขณะทดลองโดยขณะรถพ่นสารเคมีสำหรับพืชสวนขึ้นต้นทำงาน Full Load จะใช้กระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 13.21A นำค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้หาค่า W (วัตต์) ดังสมการ $W = A \times V$ เลือกใช้แบตเตอรี่ 24V จะได้ $= 13.21 \times 24 = 317.04 \text{ W}$ และนำค่า W ที่คำนวณได้มาหา WH (วัตต์-ชั่วโมง) เนื่องจากต้องการใช้รถพ่นสารเคมีสำหรับพืชสวนขึ้นต้นทำงานให้ทำงานได้ 2 ชั่วโมงตามขอบเขต นำชั่วโมงที่ต้องการใช้มาหา WH ดังสมการ $WH = W \times H$ จะได้ $WH = 317.04 \times 2 \text{ (ชั่วโมง)} = 634.08 \text{ WH}$

$$Ah = \frac{P_{total}}{V_{Batt} \times 0.8}$$

เมื่อ Ah คือ ความจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)

P_{total} คือ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์-ชั่วโมง)

V_{Batt} คือ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายพลังงานกระแสตรง (โวลต์)

0.8 คือ ประสิทธิภาพการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณหาขนาดสายไฟหาได้จากสมการ

$$A = \frac{2 \times L \times I}{K \times Vd}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดสายไฟ (mm^2)

L คือ ความยาวสายไฟ (เมตร ไป-กลับ คือ $\times 2$)

I คือ กระแสโหลด (A)

K คือ ค่าคงที่ของสายทองแดง ≈ 56 (ถ้าใช้ค่า SI)

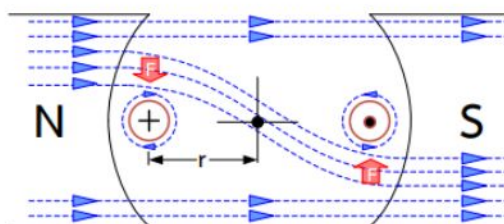
Vd คือ แรงดันตกคร่อมที่ยอมให้เกิด ($0.03 \times$ พิกัดแรงดันแบตเตอรี่)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) คือ เครื่องกลไฟฟ้าทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดูดและผลักของสนามแม่เหล็ก

หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับมอเตอร์ กระแสไฟฟ้าจะไหลเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างสนามแม่เหล็กชั่วคราวขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลผ่านแปรงถ่าน และคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์เมเจอร์กระตุ้นให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำอาร์เมเจอร์ และเส้นแรงแม่เหล็กที่อาร์เมเจอรนี้จะทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักขึ้นบนตัวนำอาร์เมเจอร์ ส่งผลให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้ ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นหาได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิง (Fleming left hand rule) แรงที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสที่ไหลผ่านในตัวนำนั้น ๆ



รูปที่ 2.1 ขดลวดอาร์เมเจอร์ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลและวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก

(ที่มา : http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf)

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การเริ่มเดินมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อลดกระแสไฟฟ้าในอาร์เมเจอร์ และทำให้เกิดแรงบิดเริ่มหมุน ซึ่งในขณะเริ่มเดินมอเตอร์จะพบว่ากระแสไฟฟ้าจำนวนมากไหลผ่านอาร์เมเจอร์ เนื่องจากค่าความเร็วเป็นศูนย์ทำให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (Back emf.) หรือแรงดันไฟฟ้าต้านกลับเป็นศูนย์ เพราะค่าความต้านทานของอาร์เมเจอร์มีค่าต่ำมากประมาณ 0.05-0.5 โอห์ม ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอาร์เมเจอร์เป็นจำนวนมาก จึงทำให้กระแสไฟฟ้าเริ่มเดินของมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่าค่ากระแสเต็มพิกัดถึง 15 เท่า ซึ่งมีความพอที่จะทำให้แปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ชำรุด ขดลวดอาร์เมเจอร์ไหม้ มอเตอร์ไฟฟ้าเกิดความเสียหาย แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ตกส่งผลกระทบกับโหลดที่อยู่ใกล้เคียง

การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

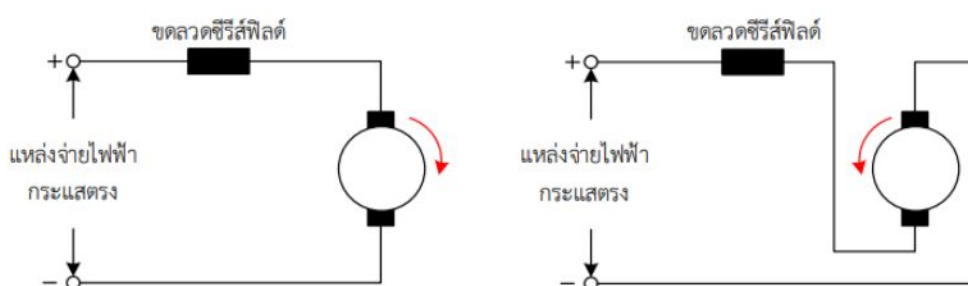
การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

2. เปลี่ยนทิศทางการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

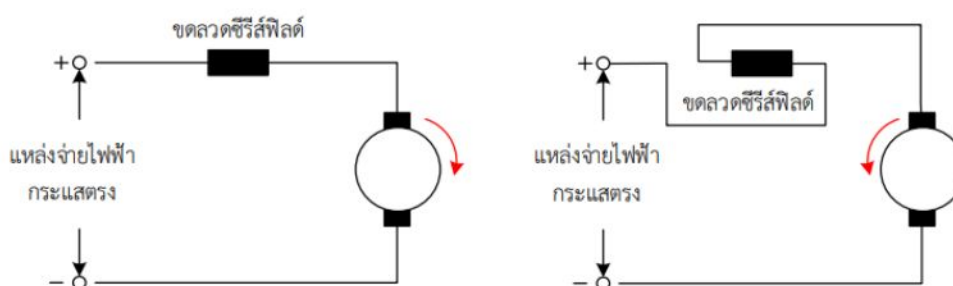
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นไม่สามารถกลับทิศทางการหมุนได้โดยการสลับขั้วสายของมอเตอร์ไฟฟ้า เพราะจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านทั้งอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กเปลี่ยนทิศทางไปพร้อมกัน เป็นผลให้มอเตอร์หมุนในทิศทางเดิม

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ทำได้โดยใช้การเปลี่ยนทิศทางการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และการเปลี่ยนทิศทางการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.2 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์

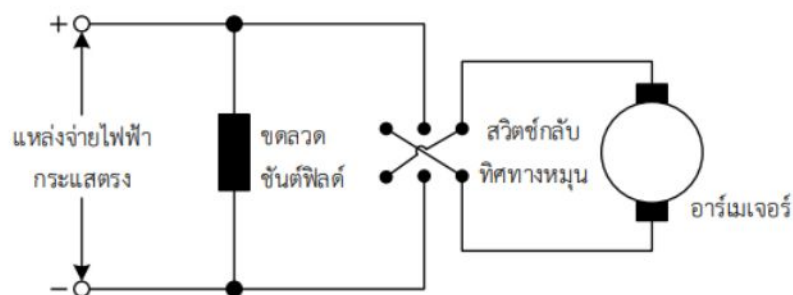
(ที่มา : http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf)



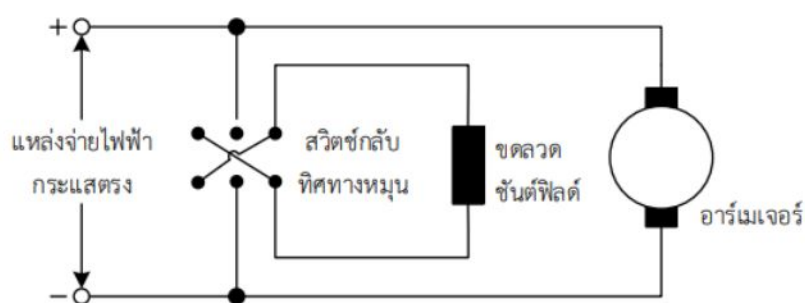
รูปที่ 2.3 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมโดยเปลี่ยนทิศทางการกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

(ที่มา : http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf)

การกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยการใช้การเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ และการเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก ทั้ง 2 วิธี จะใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง (DPDT Switch)



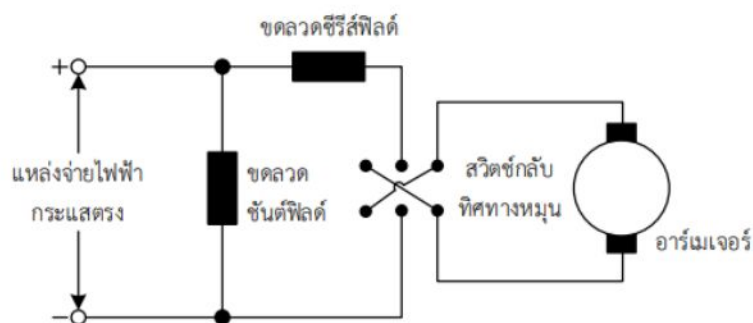
(ก) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง



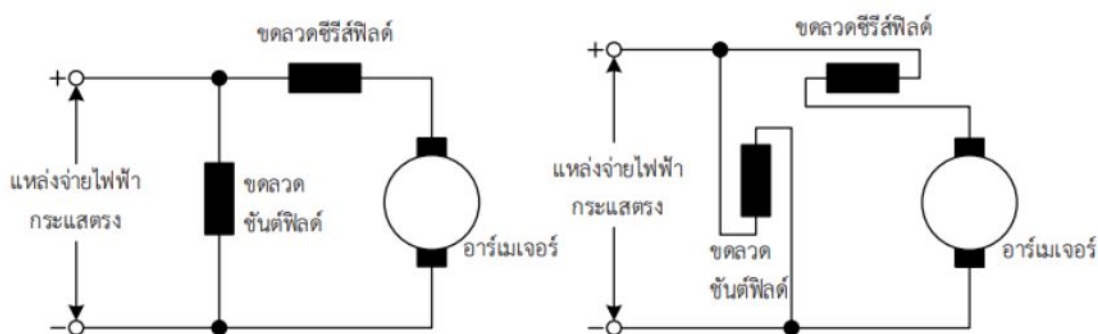
(ข) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กโดยใช้สวิตช์สองขั้วสับสองทาง

รูปที่ 2.4 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
(ที่มา : http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf)

การกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์ ต้องใช้วิธีเปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าอาร์เมเจอร์อย่างเดียว หรือเปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน



(ก) เปลี่ยนทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านผ่านอาร์เมเจอร์โดยใช้สวิทช์สองขาสับสองทาง



(ข) เปลี่ยนทิศทางกระแสทั้งขดลวดอนุกรมและขดลวดขนาน

รูปที่ 2.5 วงจรการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์

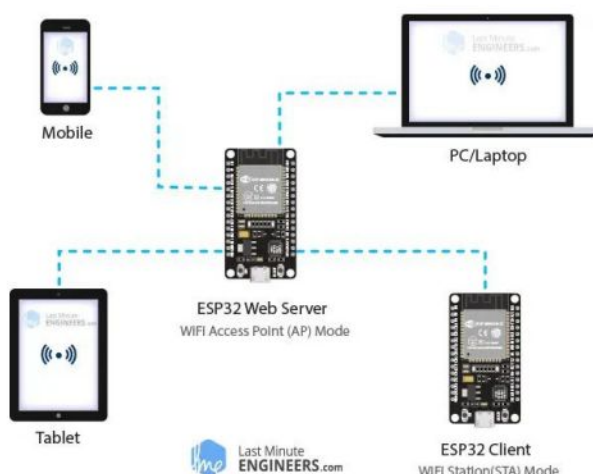
(ที่มา : http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf)

ความหมายของบายพาสตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุแบบบายพาสหรือที่เรียกว่าตัวเก็บประจุแบบแยกส่วนเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟที่ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนและความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เชื่อมต่อขนานกับรางแหล่งจ่ายไฟและกราวด์ ทำหน้าที่เป็นเส้นทางสำรองที่ข้ามสัญญาณความถี่สูงไปยังกราวด์ ช่วยลดสัญญาณรบกวนในวงจร ตัวเก็บประจุบายพาสมักใช้ในวงจรแอนะล็อกและดิจิทัลเพื่อลดสัญญาณรบกวนในแหล่งจ่ายไฟ DC

โหมด Soft Access Point (AP)

ในโหมด Access Point (AP) นั้น ESP32 จะตั้งค่าเครือข่าย WiFi ของตัวเองขึ้นมาและทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางเหมือนกับเราเตอร์ WiFi อย่างไรก็ตาม ต่างจากเราเตอร์ WiFi ตรงที่ ESP32 ไม่มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบมีสาย ดังนั้นโหมดการทำงานนี้จึงเรียกว่า Soft Access Point (soft-AP) และยังสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ (stations) ได้ไม่เกินห้าเครื่องในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 2.6 โหมด Soft Access Point (AP)

(ที่มา : <https://lastminuteengineers.com/creating-esp32-web-server-arduino-ide/>)

บทที่ 3

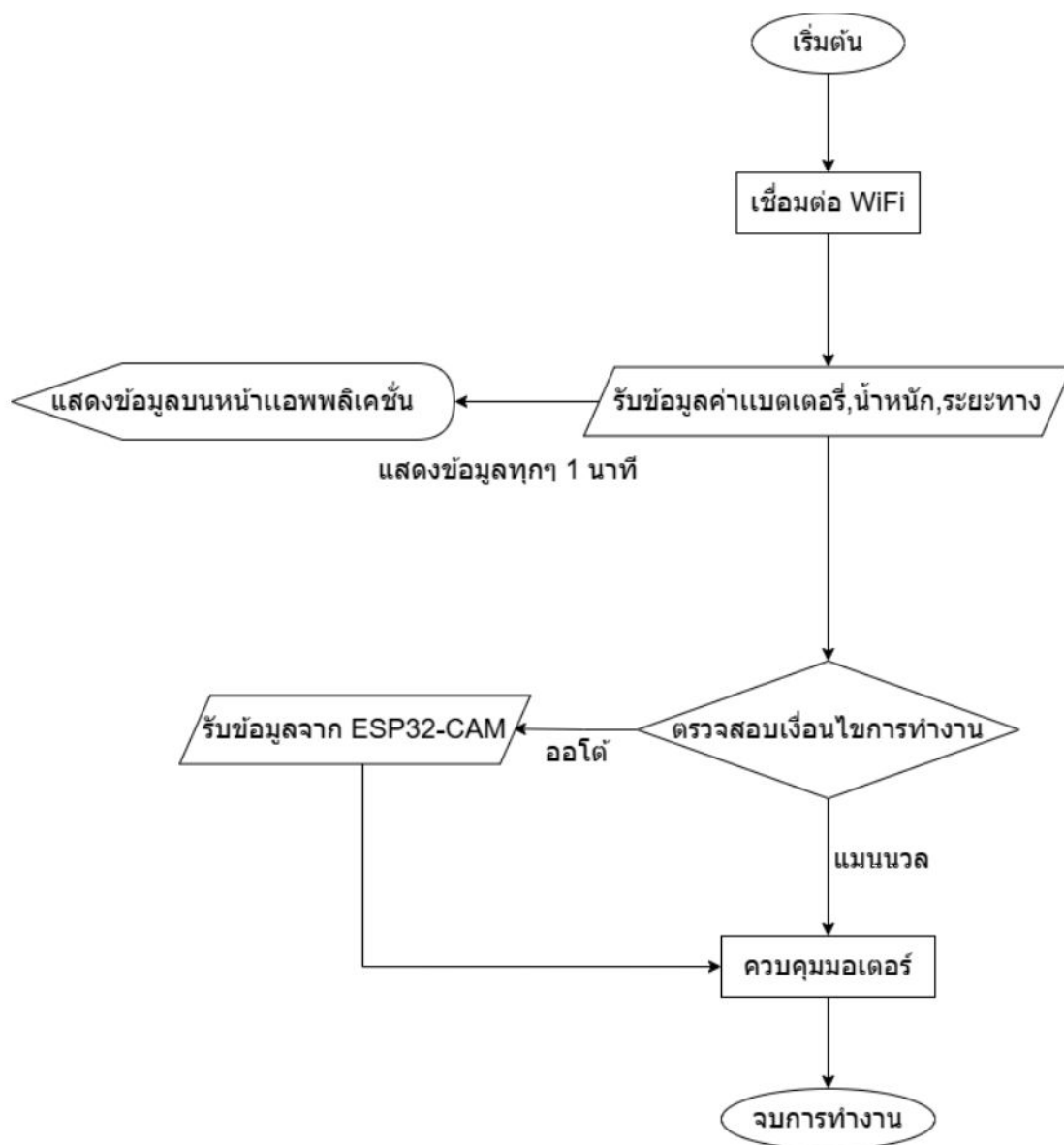
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึง การออกแบบรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน โดยใช้โปรแกรม Solid works หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน การสร้างและประกอบโครงงาน วงจรการทำงานของโครงงาน ขั้นตอนการทำงานของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน วิธีการทดลอง รวมไปถึงการสร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานเพื่อให้เป็นไปตามขอบเขตของโครงงานดังต่อไปนี้

สามารถอธิบายขั้นตอนการดำเนินโครงงานได้ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 ค้นคว้าและศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยจากฐานข้อมูลด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้อง
- ขั้นตอนที่ 2 ทำการสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการทำโครงงานต่อไป
- ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการทำงานและทดลองการเขียนโปรแกรม Arduino IDE
- ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบและดีไซน์รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน โดยโปรแกรม Solid works
- ขั้นตอนที่ 5 จัดทำรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน
- ขั้นตอนที่ 6 ทดลองและบันทึกผลการทดลอง
- ขั้นตอนที่ 7 จัดทำบทความและนำเสนองานประชุมวิชาการ
- ขั้นตอนที่ 8 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์
- ขั้นตอนที่ 9 สอบป้องกันปริญญานิพนธ์

3.1 ขั้นตอนการทำงานของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

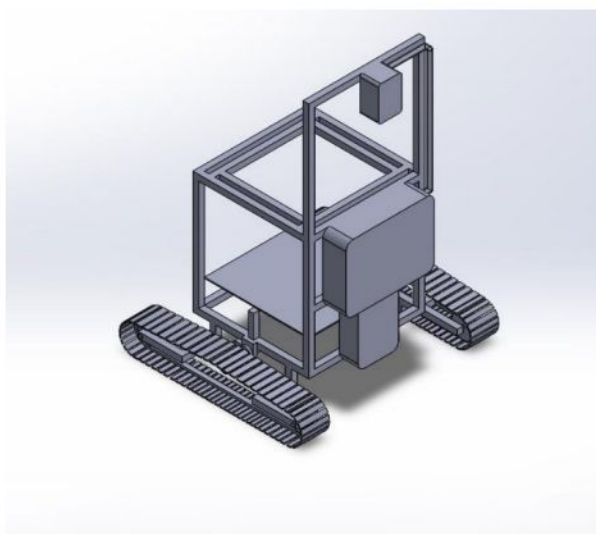


รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

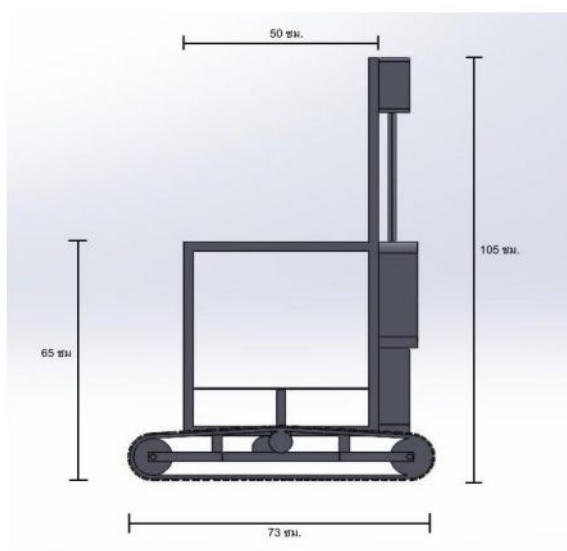
3.2 ออกแบบรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างชิ้นงาน

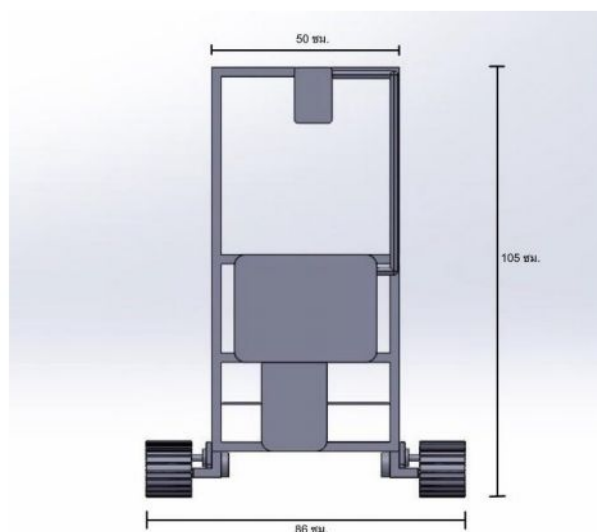
การออกแบบโครงสร้างรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน จะใช้โปรแกรม Solid works ในการออกแบบเพื่อที่จะนำไปเป็นแบบในการประยุกต์และจัดทำอุปกรณ์ใช้งานจริง ซึ่งผู้จัดทำได้ออกแบบมาเพื่อวางถังขยะขนาด 60 ลิตร



รูปที่ 3.2 แบบจำลองรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน



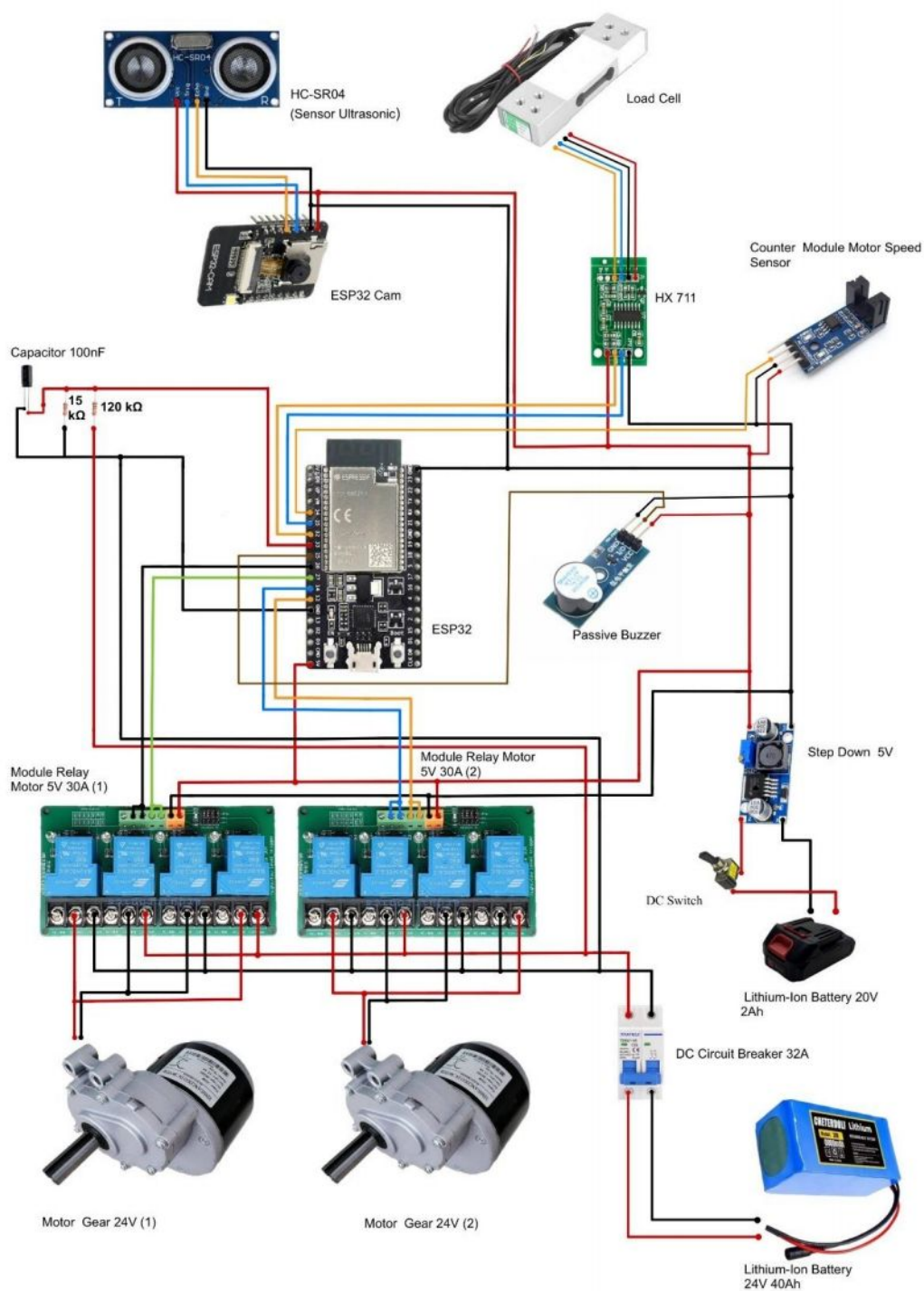
รูปที่ 3.3 แบบจำลองด้านข้างรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.4 แบบจำลองด้านหน้ารถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

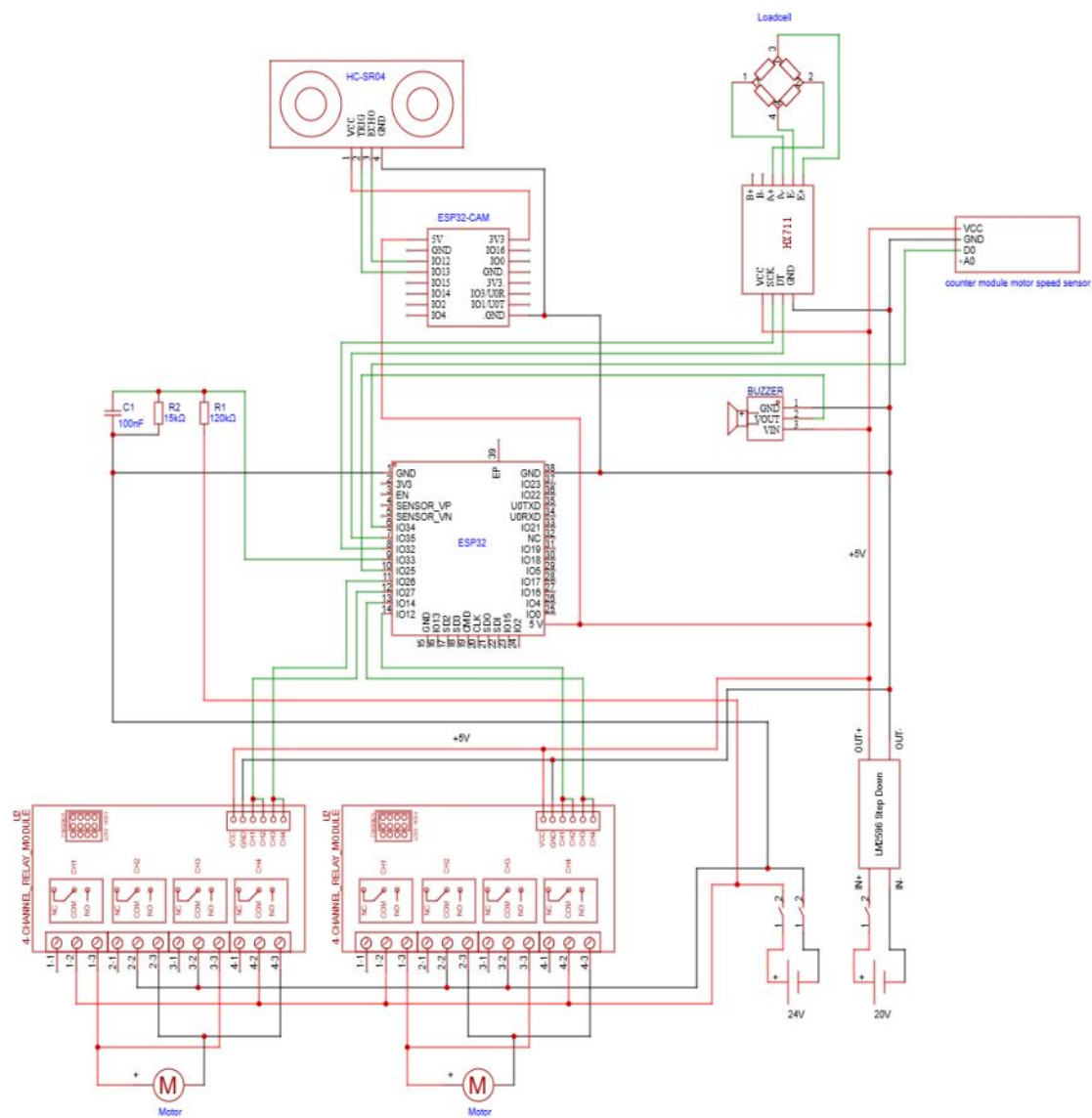
3.3 วงจรควบคุมการทำงานของโครงงาน

ไดอะแกรมวงจรต่อใช้งานของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.5 วงจรรวมของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

การออกแบบวงจรไฟฟ้าของรถไล่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.6 วงจรไฟฟ้า

3.4 หลักการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการสร้างรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

3.4.1 ESP32

ESP32 เป็นไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth

4.2 BLE ผลิตโดยบริษัท Espressif ขาใช้งานต่าง ๆ ของ ESP32 รองรับการเชื่อมต่อต่าง ๆ ดังนี้

- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ I²C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ I²S จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card



รูปที่ 3.7 ESP32

(ที่มา : <https://www.artronshop.co.th/article/51/esp32->)

3.4.2 Relay 5V

โมดูลรีเลย์ ควบคุมเปิด-ปิดจ่ายไฟให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พร้อม LED แสดงสถานะการทำงาน ใช้ไฟเลี้ยง 5V โดยสามารถเลือกโหมดทำงานแบบ Active High / Active LOW โดยการสลับจัมเปอร์ ใช้ได้ทั้งไฟ DC และ AC ทนกระแสได้สูงสุด 30A



รูปที่ 3.8 Relay 5V

(ที่มา : <https://www.analogread.com/product/1915/4-channel-relay-5v-high-and-low-trigger-240v-30a-module>)

3.4.3 ESP32-CAM

ESP32-CAM เป็นบอร์ดพัฒนา (development board) ที่มีโมดูล ESP32-S ซึ่งรวม MCU ที่มี WiFi และ Bluetooth ไว้ในตัว พร้อมติดตั้งกล้อง OV2640 และรองรับการ์ด microSD ในขนาดเล็ก ทำให้เหมาะสำหรับงาน IoT, การสตรีมภาพ, กล้องวงจรปิดขนาดเล็ก และระบบ AI Vision

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ : ESP32-S (Dual-core Tensilica LX6, 240MHz)
- กล้อง : OV2640 (รองรับ JPEG, BMP, Grayscale) ความละเอียดสูงสุด 1600x1200 (UXGA)
- แฟลชในตัว : 4MB (32Mbit)
- PSRAM : 4MB
- WiFi : 802.11 b/g/n/e/i
- Bluetooth : Bluetooth 4.2 (BR/EDR + BLE)
- สล็อต TF Card : รองรับการ์ด microSD สูงสุด 4GB
- อินเทอร์เฟซ : UART, SPI, I2C, PWM
- พอร์ต I/O : 9 พอร์ต

- แหล่งจ่ายไฟ : 5V (สามารถจ่ายผ่านขา 5V หรือโมดูล USB-to-Serial)

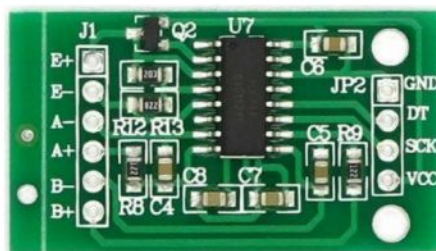


รูปที่ 3.9 ESP32-CAM

(ที่มา : <https://th.hwlibre.com/>)

3.4.4 HX711

โมดูลขยายสัญญาณ HX711 คือโมดูลขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์สำหรับส่งให้ Arduino เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล 24-bit เป็นบอร์ดภาคขยายสัญญาณจากโหลดเซลล์ มีช่องอินพุตสำหรับต่อกับโหลดเซลล์ได้โดยตรง ใช้ไฟเลี้ยง 2.6-5.5 โวลต์



รูปที่ 3.10 HX711

(ที่มา : <https://eresearch.rbru.ac.th/pdf-uploads/thesis-1807-file06-2020-09-29-11-12-28.pdf>)

3.4.5 Load cell

โหลดเซลล์ คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนจากแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อตัวโหลดเซลล์เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำสัญญาณทางไฟฟ้านี้ไปจ่ายเข้าโมดูลขยายสัญญาณให้ Arduino เพื่อแสดงค่าเป็นน้ำหนักหรือแรงที่กระทำ

โหลดเซลล์ทำมาจาก Strain Gauge ที่จัดเรียงวงจรในรูปแบบวงจรวีทสโตน บริดจ์ (Wheatstone Bridge) ซึ่งสามารถแปลงค่าแรงกด หรือแรงดึง ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้



รูปที่ 3.11 Load cell

(ที่มา : <https://www.tic.co.th/th/news/detail/499/2>)

3.4.6 มอเตอร์เกียร์ 24V (Gear Motor)

คือ อุปกรณ์ระบบส่งกำลังที่ประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและชุดเกียร์ทดรอบ ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สายพานลำเลียง สินค้า เครื่องบรรจุภัณฑ์ ประตูอัตโนมัติ เครื่องจักรกลการเกษตร ระบบรางเลื่อน

หลักการทำงานของมอเตอร์เกียร์ อาศัยมอเตอร์ไฟฟ้าแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เพลาของมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนส่งแรงบิดไปยังชุดเกียร์ทดรอบ ชุดเกียร์ทดรอบลดรอบการหมุนและเพิ่มแรงบิดของเพลาเอาต์พุต

แรงดันไฟฟ้า : 24 V

กำลังไฟฟ้า : 250 W

ความเร็วรอบ : 120 RPM

แรงบิดสูงสุด : 0.80 N.M



รูปที่ 3.12 มอเตอร์เกียร์ 24V (Gear Motor)
(ที่มา : <https://highcontrol.co.th/>)

3.4.7 DC Step Down

วงจรลดแรงดันแบบ Step-Down หรือเรียกอีกแบบว่า Buck Converter (บัคคอนเวอร์เตอร์) ใช้ลดแรงดันจากแรงดันสูงให้ต่ำลง ใช้หลักการสวิตชิง-ตัวเหนี่ยวนำ(L) จึงทำให้มีความร้อนและความสูญเสียกำลังไฟน้อย ไม่เหมือนกับการลดแรงดันโดยใช้ IC ตระกูล 78xx / 317 ทัวไปที่ใช้หลักการลดทอนทำให้เกิดความร้อนสูง วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์เมื่อลดแรงดันลงแล้วจะได้กระแส Output เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3.13 DC Step Down
(ที่มา : <https://www.arduitronics.com/product/570/dc-to-dc-step-down-lm2596-lm2596s-module-3a>)

3.4.8 Ultrasonic ranging module HC-SR04

โมดูลอัลตราโซนิกนี้เป็นอุปกรณ์ใช้วัดระยะทางโดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับตำแหน่งที่ต้องการวัด วัดได้ตั้งแต่ 2 cm ถึง 400 cm โดยส่งสัญญาณอัลตราโซนิกความถี่ 40 kHz ไปที่วัตถุที่ต้องการวัดและรับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา พร้อมทั้งจับเวลาเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะทาง



รูปที่ 3.14 Ultrasonic ranging module HC-SR04

(ที่มา : <https://www.arduitronics.com/product/20/ultrasonic-sensor-module-hc-sr04-5v>)

3.4.9 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery)

คือแบตเตอรี่แบบชาร์จได้ที่อาศัยการเคลื่อนย้ายของไอออนลิเทียมระหว่างขั้วแคโทด (ขั้วบวก) และแอโนด (ขั้วลบ) เพื่อกักเก็บและจ่ายพลังงาน ด้วยจุดเด่นของลิเทียมที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยและมีขนาดเล็ก เมื่อนำมาใช้ในแบตเตอรี่จึงทำให้มีความหนาแน่นของพลังงานสูงสามารถกักเก็บพลังงานได้มากกว่าแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ เมื่อเทียบกับน้ำหนักและปริมาตรเท่ากัน



รูปที่ 3.15 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-Ion Battery)

(ที่มา : <https://www.gmsolar.com/lithium-battery-comprehensive-guide/>)

แบตเตอรี่ชุดล้อ (40AH 24V) คำนวณ โดยการวัดกระแสไฟฟ้าขณะทดลองโดยขณะรถใส่
 ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานทำงาน Full Load จะใช้กระแสไฟฟ้าอยู่ที่ 31.64A นำค่ากระแสไฟฟ้าที่
 วัดได้หาค่า W (วัตต์) ดังสมการ $W = A \times V$ เลือกใช้แบตเตอรี่ 24V จะได้ $= 31.64 \times 24 =$
 759.36 W และนำค่า W ที่คำนวณได้มาหา WH (วัตต์-ชั่วโมง) เนื่องจากการใช้รถใส่ขยะ
 เคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานทำงานให้ทำงานได้ 0.5 ชั่วโมงตามขอบเขต นำชั่วโมงที่ต้องการใช้มาหา WH ดัง
 สมการ $WH = W \times H$ จะได้ $WH = 759.36 \times 0.5 \text{ (ชั่วโมง)} = 379.68 \text{ WH}$

$$Ah = \frac{P_{total}}{V_{Batt} \times 0.8}$$

เมื่อ Ah คือ ความจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)

P_{total} คือ พลังงานไฟฟ้า (วัตต์-ชั่วโมง)

V_{Batt} คือ แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่ายพลังงานกระแสตรง (โวลต์)

0.8 คือ ประสิทธิภาพการจ่ายกระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า

การหาขนาดความจุแบตเตอรี่ของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานโดยการนำค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแทน
 ค่าลงในสมการจะได้

$$Ah = \frac{379.68Wh}{24 \times 0.8}$$

$$Ah = 19.78 \text{ Ah}$$

3.4.10 สายไฟ THW(F)

คือ สายไฟฟ้าที่มีตัวนำไฟฟ้าเป็นทองแดง มีลักษณะเป็น เส้นฝอยขนาดเล็ก สายคอนโทรล จึงเป็นสายไฟที่มีความอ่อนตัวสูง ช่วยให้การจัดสายให้เป็นระเบียบได้โดยง่าย ส่วนใหญ่จึงมักจะนิยมนำมาใช้เป็นสายไฟสำหรับเชื่อมต่อในตู้คอนโทรลที่มีพื้นที่อย่างจำกัด หรือ ตู้สวิตช์บอร์ด หรือนำมาใช้เชื่อมต่อในงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 3.16 สายไฟ THW(F)

(ที่มา : <https://www.enscigroup.com/bangkok-cable-vs-f-thw-f-2/>)

การคำนวณหาขนาดสายไฟหาได้จากสมการ

$$A = \frac{2 \times L \times I}{K \times Vd}$$

เมื่อ A คือ พื้นที่หน้าตัดสายไฟ (mm^2)

L คือ ความยาวสายไฟ (เมตร ไป-กลับ คือ $\times 2$)

I คือ กระแสไหล (A)

K คือ ค่าคงที่ของสายทองแดง ≈ 56 (ถ้าใช้ค่า SI)

Vd คือ แรงดันตกคร่อมที่ยอมให้เกิด ($0.03 \times$ พิกัดแรงดันแบบเตอรี)

คำนวณหาขนาดสายไฟที่เหมาะสมที่จุดมอเตอร์ขับเคลื่อนโดยนำค่ากระแสที่วัดได้ 15.82 และค่าแรงดันแบบเตอรีที่เลือกใช้ 24V มาแทนลงในสมการ

$$A = \frac{2 \times 1.6 \times 15.82}{56 \times 0.72} = \frac{50.62}{42.48} \approx 1.19 \text{ mm}^2$$

ดังนั้น ที่จุดมอเตอร์ขับเคลื่อนเลือกใช้สาย THW(F) ขนาดมาตรฐาน = 2.5 mm²

ขนาดสาย (mm ²)	กระแสที่ใช้งานได้โดยประมาณ
1.5 mm ²	12 A
2.5 mm ²	20 A
4.0 mm ²	25-30 A
6.0 mm ²	32-40 A
10 mm ²	55 A
16 mm ²	70 A
25 mm ²	90 A
35 mm ²	115 A

ตารางที่ 3.1 ขนาดสายไฟมาตรฐาน

สามารถพิจารณาขนาดสายไฟที่เหมาะสมจากการนำค่ากระแสที่วัดได้และคำนวณมาอ้างอิงกับข้อมูลในตารางโดยที่จุดมอเตอร์ขับเคลื่อนหน้าหลังใช้สายไฟขนาด 2.5 mm² เนื่องจากวัดกระแสได้ 15.62A

3.4.11 เหล็กชุบกัลวาไนซ์ (Hot-Dip Galvanized Steel)

คือ เหล็กที่นำไปผ่านกระบวนการชุบกัลวาไนซ์ โดยนำเหล็กรูปพรรณไปชุบกัลวาไนซ์หรือชุบสังกะสี ซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อทำให้เหล็กป้องกันสนิมได้ดีขึ้น



รูปที่ 3.17 เหล็กกล่องชุบกัลวาไนซ์ (Hot-Dip Galvanized Steel)

(ที่มา : <https://www.knbwatsadu.com>)

3.4.12 เสื้อเซฟตี้แถบสะท้อนแสง

คือ เสื้อที่ใช้ในการปฏิบัติงานหรือใช้ในการทดสอบการจับสีของตัวรถใส่ขณะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานในขณะทำงาน เลือกใช้ 3 สี คือ สีแดง สีนํ้าเงินและสีม่วง



รูปที่ 3.18 เสื้อเซฟตี้แถบสะท้อนแสง

(ที่มา : <https://www.lazada.co.th/products/-i5251245570-s22305315806.html?>)

3.4.13 Passive buzzer

คือ buzzer ที่สามารถควบคุมโทนเสียง ด้วยการส่งสัญญาณค่าต่างๆเพื่อสร้างโทนเสียงที่แตกต่างกันในการแจ้งเตือนแบบเตอริต้า

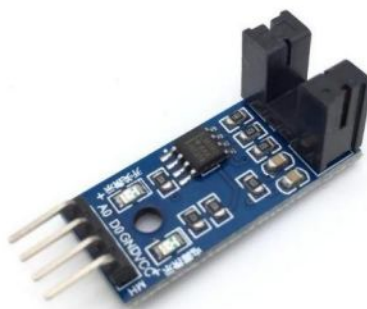


รูปที่ 3.19 Passive buzzer

(ที่มา : <https://www.arduitronics.com/product/1527/passive-buzzer-dc-5v-buzzer>)

3.4.14 counter module motor speed sensor (เซนเซอร์ก้ามปู)

เป็นโมดูลที่ใช้สำหรับวัดความเร็วการหมุนของมอเตอร์มี Output เป็นแบบ Digital Output ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5V. นิยมนำไปใช้เป็น เซนเซอร์นับรอบ นับเหรียญ ตรวจจับวัตถุผ่าน วัดความเร็วการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 3.20 Counting Sensor Module (เซนเซอร์ก้ามปู)

(ที่มา : <https://shorturl.asia/ayvqF>)

3.4.15 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนและความผันผวนของแรงดันไฟฟ้าในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เชื่อมต่อขนานกับแหล่งจ่ายไฟและกราวด์



รูปที่ 3.21 ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

(ที่มา : <https://shorturl.asia/X1YhG>)

3.4.16 ตัวต้านทาน (Resistor)

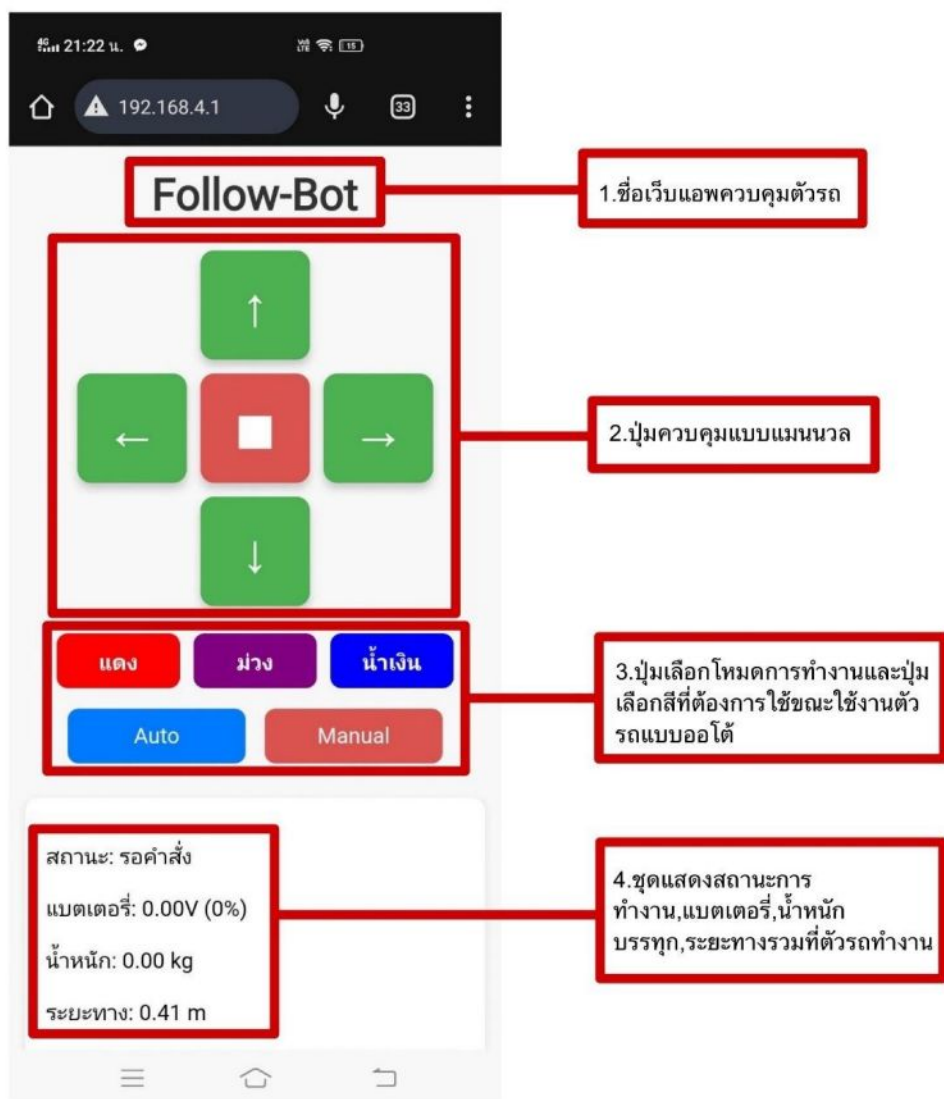
เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติในการต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่ลดค่าแรงดันไฟฟ้า และควบคุมปริมาณอัตราการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร



รูปที่ 3.22 ตัวต้านทาน (Resistor)
(ที่มา : <https://shorturl.asia/vSOH>)

3.5 เว็บแอป

3.5.1 หน้าเว็บแอป



รูปที่ 3.23 หน้าเว็บแอป

3.6 หลักการทำงานของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

หลักการทำงานของรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน ทำการเปิดสวิตช์ที่ตัวรถและทำการเชื่อมต่อ WIFI ของบอร์ด ESP32 ที่ตัวรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานกับโทรศัพท์แล้วตัวรถจะสามารถเริ่มการทำงานได้ทันทีโดยจะมีค่าน้ำหนัก,แบตเตอรี่และระยะทางก็จะแสดงขึ้นบนหน้าเว็บแอปฯ 1 นาทีและจะสามารถควบคุมตัวรถได้สองฟังก์ชัน คือ

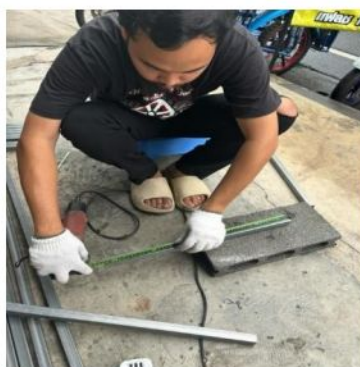
การควบคุมการเคลื่อนที่แบบแมนนวล โดยการควบคุมเคลื่อนที่แบบแมนนวลจะควบคุมผ่านการทำงานทางโทรศัพท์ผ่านเว็บแอปฯ โดยจะมีฟังก์ชันการคอนโทรลภายในเว็บแอปฯซึ่งจะมีปุ่มกดเคลื่อนที่ไปหน้า,เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย,เคลื่อนที่ไปด้านขวา,เคลื่อนที่ถอยหลังและหยุดโดย Esp32 สั่งให้รีเลย์ควบคุมมอเตอร์

การเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติจะทำงานผ่านเว็บแอปฯเช่นกันโดยเมื่อจะมีปุ่มเริ่มซึ่งจะเป็นการเริ่มการทำงานการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติซึ่งมีสไลด์ให้เลือกใช้งาน 3 สี คือ สีแดง,สีน้ำเงินและสีม่วง เมื่อเลือกสีที่จะใช้งานแล้ว Esp32-cam จะประมวลผลภาพแล้วส่งสัญญาณข้อมูลตำแหน่งกลับมายัง Esp32 และ Esp32 สั่งให้รีเลย์ควบคุมมอเตอร์ทำงาน

3.7 การสร้างและประกอบรถไร้ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

3.7.1 การสร้างโครงสร้างรถไร้ขยะตามผู้ใช้งาน

1) นำโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้ในโปรแกรม Solid works ซึ่งออกแบบเพื่อวางถังขยะขนาด 60 ลิตร โดยได้ออกแบบโครงสร้างตัวรถโดยใช้เหล็กกล่อง และจะออกเป็นให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ใช้เหล็กที่มีความหนา 1.4 mm ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการการรับน้ำหนักที่ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม ทั้งชุดโครงสร้างตัวถังรับน้ำหนักและชุดระบบขับเคลื่อน หลังจากการออกแบบจึงได้นำมาถ่ายขนาดลงในชิ้นงานชิ้นจริง โดยเริ่มจากการถ่ายขนาดของโครงสร้างตัวถัง โดยใช้เหล็กกล่องกัลวาไนซ์ ขนาด 1นิ้ว*1นิ้ว หนา 1.4 mm มาตัดแบ่งเป็นท่อนละ 50 cm นวน 12 ท่อน



รูปที่ 3.24 วัดขนาดเหล็กกล่อง1นิ้ว*1นิ้ว ขนาด 50 cm จำนวน 12 ท่อน

2) นำเหล็กกล่องที่วัดขนาดไว้มาตัดแบ่งเพื่อทำการเชื่อมขึ้นรูปเป็นกล่อง 4 เหลี่ยมจัตุรัสตามที่ได้ทำการออกแบบโครงสร้างไว้



รูปที่ 3.25 ทำการตัดเหล็กโครงสร้างที่ได้วัดขนาดไว้

3) หลังจากนำเหล็กกล่องที่ได้ตัดแบ่งขนาดไว้ก่อนหน้ามาเชื่อมขึ้นรูปเป็นโครงสร้างตัวถังของตัวรถตามที่ออกแบบไว้ก่อนหน้านี้จะได้



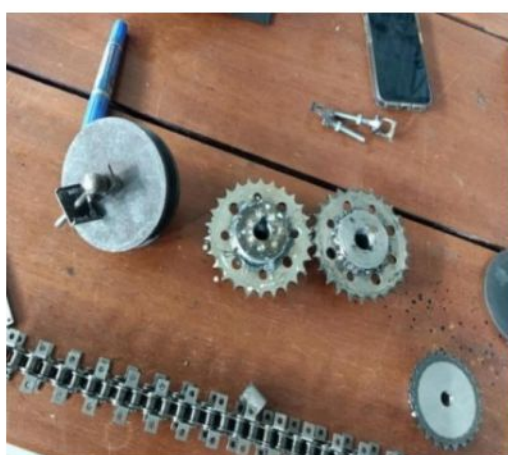
รูปที่ 3.26 นำเหล็กที่ตัดไว้มาเชื่อมจะได้โครงสร้างตัวถังของตัวรถ

4) สร้างชุดขับเคลื่อนซึ่งเป็นชุดขับเคลื่อนโดยใช้ล้อตีนตะขาบตามที่ออกแบบไว้โดยชุดขับเคลื่อนจะจะใช้เหล็กกล่องกัลวาไนซ์ขนาด 1 นิ้ว*1 นิ้ว มาตัดและเชื่อมตามแบบ ซึ่งจะออกแบบให้กว้างกว่าตัวรถโดยมีขนาด ความยาวของล้อ 75 ซม



รูปที่ 3.27 โครงสร้างของชุดขับเคลื่อนโดยใช้ตีนตะขาบ

5) กลึงชุดโรลเลอร์และชุดเฟืองล้อที่ใช้ขับเคลื่อน และใช้เฉพาะทางซึ่งใช้เป็นสายพานในการขับเคลื่อนของชุดล้อตีนตะขาบ



รูปที่ 3.28 กลึงชุดโรลเลอร์และชุดเฟืองขับเคลื่อน



รูปที่ 3.29 โซ่สร้างซึ่งใช้เป็นสายพานขับเคลื่อนชุดล้อ



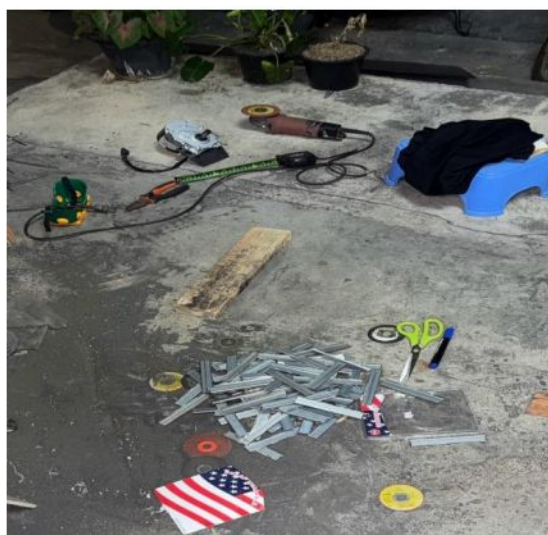
รูปที่ 3.30 ชุดขับเคลื่อนที่ลองนำมาประกอบกัน

6) นำโครงสร้างชุดขับเคลื่อนมาประกอบกับโครงสร้างตัวถังเพื่อหาตำแหน่งการวางมอเตอร์
เพื่อใช้เป็นตัวส่งกำลังในการขับเคลื่อนตัวรถ



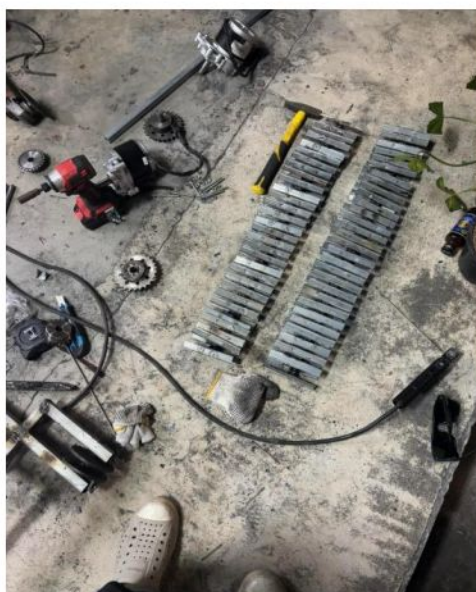
รูปที่ 3.31 หาตำแหน่งวางมอเตอร์ซึ่งใช้เป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อน

7) สร้างไบแทรกซึ่งเป็นจุดที่ใช้เป็นหน้าสัมผัสของชุดล้อที่ใช้ในการขับเคลื่อนของล้อดินตะขาบ โดยการนำเหล็กกล่องขนาด 3 หุน มาผ่าแบ่งเป็นแผ่นมีขนาดความยาว 10.5 ซม



รูปที่ 3.32 ชุดไบแทรกที่ได้จากการผ่าเหล็กกล่องขนาด 3 หุน

8) นำไบแทรกมาเชื่อมติดกับโซ่สร้างจะได้ความกว้างของล้อดินตะขาบ ข้างละ 10.5 ซม และยาว 72 ซม



รูปที่ 3.33 ชุดไบแทรกที่นำมาเชื่อมติดกับโซ่สร้างจะได้ความกว้าง 10.5 ซม ยาว 72 ซม

9) นำชุดขับเคลื่อนกับตัวโครงสร้างมาประกอบกันเพื่อทดลองการขับเคลื่อนชุดล้อ
ดินตะขบที่ได้ทำการสร้างขึ้น



รูปที่ 3.34 ประกอบชุดขับเคลื่อนกับชุดโครงสร้างเข้าด้วยกันเพื่อทดลองการทำงานของชุดล้อ

10) ทำการเชื่อมเก็บรายละเอียดและเพิ่มโครงสร้างยึดอุปกรณ์เพิ่มเติม



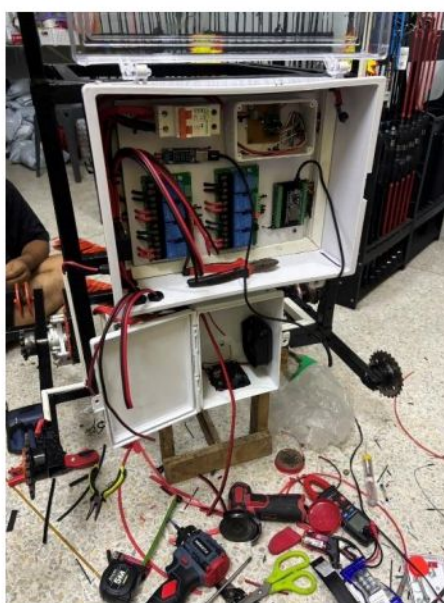
รูปที่ 3.35 เชื่อมเก็บรายละเอียด

11) ทำการประกอบชิ้นส่วนและเดินรางสายไฟหลังจากการทำสีและเก็บ
รายละเอียด



รูปที่ 3.36 ประกอบชิ้นส่วนและเดินรางสายไฟ

12) เริ่มทำการประกอบตู้เข้ากับตัวรถแล้วทำการเก็บสายไฟให้เรียบร้อย



รูปที่ 3.37 ประกอบตู้เข้ากับตัวรถแล้วเก็บสายไฟ



รูปที่ 3.38 การเก็บสายไฟ



รูปที่ 3.39 รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองใช้งานของรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานที่ได้ออกแบบสร้างขึ้น ว่าสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งจะทำให้การทดลองใช้งานรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานและโปรแกรมควบคุมที่เขียนขึ้นมา

4.1 วิธีการทดสอบ

- 4.1.1 ทดสอบการควบคุมรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบแมนนวล
- 4.1.2 ทดลองระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้
- 4.1.3 ทดสอบการตรวจจับสีเสื้อของรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบอัตโนมัติ
- 4.1.4 ทดสอบน้ำหนักที่ตัวรถสามารถวัดค่าน้ำหนักได้
- 4.1.5 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่
- 4.1.6 ทดสอบกระแสของมอเตอร์ขณะเคลื่อนที่แบบมีโหลด

4.2 ผลการทดสอบ

จากวิธีการทดสอบที่ 1-3 เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานซึ่งมีการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถ 2 แบบ คือ ทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบแมนนวลและทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติมีผลการทดสอบดังนี้

- 4.2.1 ทดสอบการควบคุมรถไร้คนขับเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบแมนนวล

การทดสอบการทำงานของตัวรถแบบแมนนวลจะควบคุมตัวรถผ่านปุ่มควบคุมในเว็บแอป ซึ่งจะมีการทดสอบควบคุมการเคลื่อนที่ 4 ทิศทาง คือ การเคลื่อนที่ไปด้านหน้า เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย เคลื่อนที่ไปด้านขวาและเคลื่อนที่ถอยหลัง



รูปที่ 4.1 การทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบแมนนวล

จะได้ผลการทดสอบดังนี้

✓ คือ สำเร็จ

✗ คือ ไม่สำเร็จ

ทิศทางที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ				
	1	2	3	4	5
เคลื่อนที่ไปข้างหน้า	✓	✓	✓	✓	✓
เคลื่อนที่ไปด้านซ้าย	✓	✓	✓	✓	✓
เคลื่อนที่ไปด้านขวา	✓	✓	✓	✓	✓
เคลื่อนที่ถอยหลัง	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.1 ทดสอบการควบคุมรถไถ่ขย่เคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบแมนนวล

4.2.2 ทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติ

เป็นการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะมีการทดสอบ 3 อย่าง คือ การทดสอบระยะสูงสุดที่ตัว ESP32-cam ซึ่งเป็นกล้องที่ใช้จับสีเสื้อที่ตัวผู้ใช้งานว่าระยะสูงสุดที่กล้องสามารถจับสีเสื้อได้มีระยะกี่เมตร, การทดสอบการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติในการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเคลื่อนที่ไปด้านซ้ายและเคลื่อนที่ไปด้านขวา, การทดสอบการจับสีเสื้อที่ตัวผู้ใช้งาน



รูปที่ 4.2 การทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติ

การทดสอบระยะสูงสุดที่ ESP32-cam สามารถตรวจจับสีเสื้อที่ตัวผู้ใช้งานได้จะได้ผลการทดสอบดังนี้

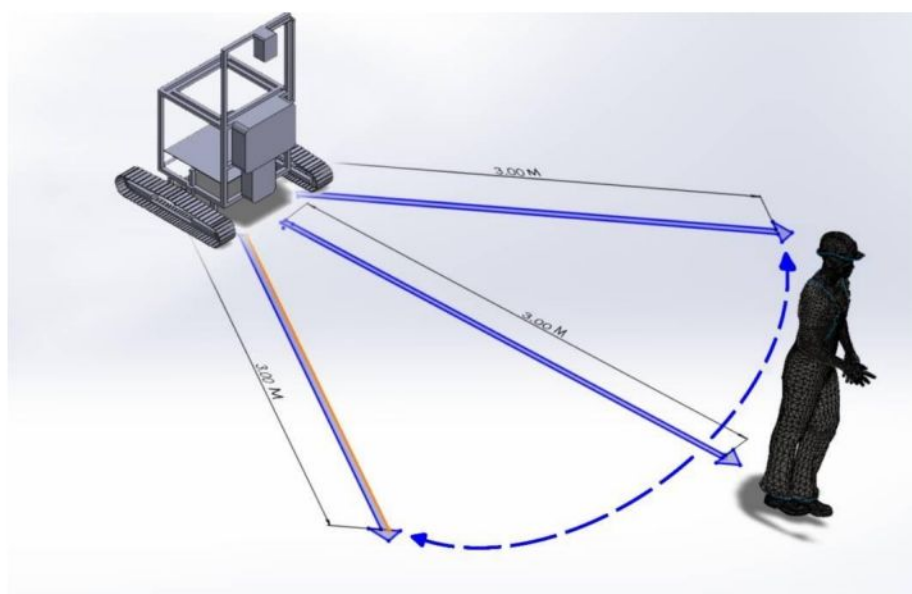
- ✓ คือ ESP32-CAM สามารถตัวจับได้
- ✗ คือ ESP32-CAM ไม่สามารถตัวจับได้

ระยะ/ทิศทางที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ				
	1	2	3	4	5
การทดสอบระยะ 1 เมตร					
เคลื่อนที่ไปด้านหน้า	✓	✓	✓	✓	✓
เลี้ยวไปด้านซ้าย	✓	✓	✓	✓	✓

เลี้ยวไปด้านขวา	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบระยะ 2 เมตร					
เคลื่อนที่ไปด้านหน้า	✓	✓	✓	✓	✓
เลี้ยวไปด้านซ้าย	✓	✓	✓	✓	✓
เลี้ยวไปด้านขวา	✓	✓	✓	✓	✓
การทดสอบระยะ 3 เมตร					
เคลื่อนที่ไปด้านหน้า	✓	✓	✓	✓	✓
เลี้ยวไปด้านซ้าย	✓	✓	✗	✓	✓
เลี้ยวไปด้านขวา	✓	✓	✓	✓	✗
การทดสอบระยะ 4 เมตร					
เคลื่อนที่ไปด้านหน้า	✓	✓	✓	✗	✓
เลี้ยวไปด้านซ้าย	✗	✓	✗	✓	✗
เลี้ยวไปด้านขวา	✓	✗	✓	✓	✗

หมายเหตุ การทดสอบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและความเข้มข้นของแสงและความเร็วในการเดินของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 4.2 ระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้



รูปที่ 4.3 ระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้



รูปที่ 4.4 การเคลื่อนที่ไปด้านซ้ายแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.5 การเคลื่อนที่ไปด้านขวาแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.6 การเคลื่อนที่ไปด้านหน้าแบบอัตโนมัติ

4.2.3 ทดสอบการตรวจจับสีเสื้อที่ตัวผู้ใช้งานของรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบอัตโนมัติ

ในการทดสอบการตรวจจับสีเสื้อที่ตัวผู้ใช้งานนี้ผู้จัดทำได้กำหนดไว้สำหรับใช้งาน 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงินและสีม่วง โดยเสื้อที่ใช้ทดสอบหรือใช้ในการทำงานจะมีลักษณะเป็นเสื้อกั๊กสะท้อนแสงตามรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 เสื้อที่ใช้ในการทดสอบการเคลื่อนที่ของตัวรถแบบอัตโนมัติ

จะได้ผลการทดสอบดังนี้

✓ คือ สำเร็จ

✗ คือ ไม่สำเร็จ

สีเสื้อที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ				
	1	2	3	4	5
สีแดง	✓	✓	✓	✓	✓
สีม่วง	✓	✓	✓	✓	✓
สีน้ำเงิน	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 4.3 ทดสอบการตรวจจับสีเสื้อของรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.8 การตรวจจับสีแดง



รูปที่ 4.9 การตรวจจับสึเลื้อม่วง



รูปที่ 4.10 การตรวจจับสึเลื้อน้ำเงิน

4.2.4 ทดสอบความแม่นยำของน้ำหนักที่ตัวรถสามารถวัดค่าได้

ทำการชั่งน้ำหนักโดยใช้น้ำหนักของแท่งโลหะของทางสำนักงานชั่งตวงวัดในการทดสอบซึ่งมีขนาดแท่งละ 20 กิโลกรัมจะได้ผลการทดสอบดังนี้

อุปกรณ์ที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ		
	1	2	3
ตาชั่งดิจิตอล (กิโลกรัม)	40.0	40.0	40.0
ตาชั่งของตัวรถ (กิโลกรัม)	39.9	39.9	39.8

หมายเหตุ : การทดสอบมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 0.3\%$

ตารางที่ 4.4 ทดสอบความแม่นยำของน้ำหนักที่ตัวรถสามารถวัดค่าได้

โดยใช้สูตร

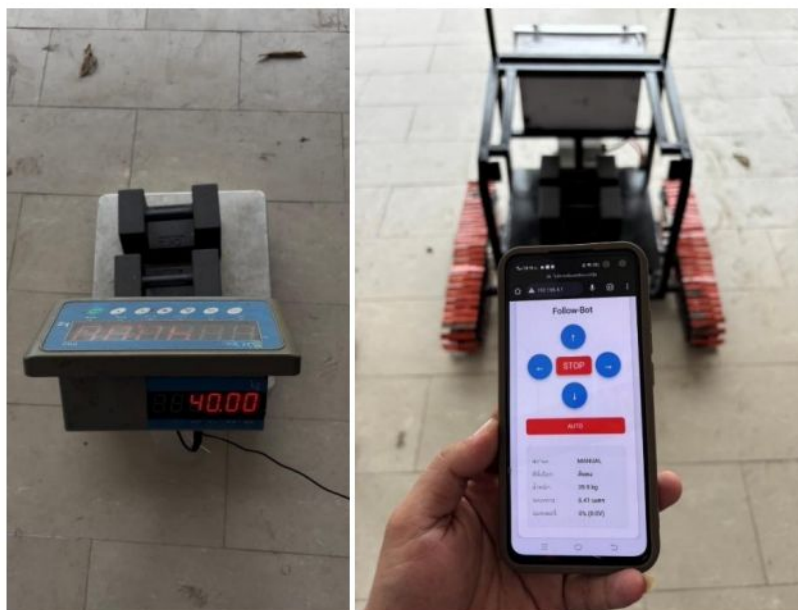
$$\% \text{ error} = \frac{\text{Exact Value} - \text{Approximate Value}}{\text{Exact Value}} * 100$$

Exact Value = ค่าที่แน่นอน

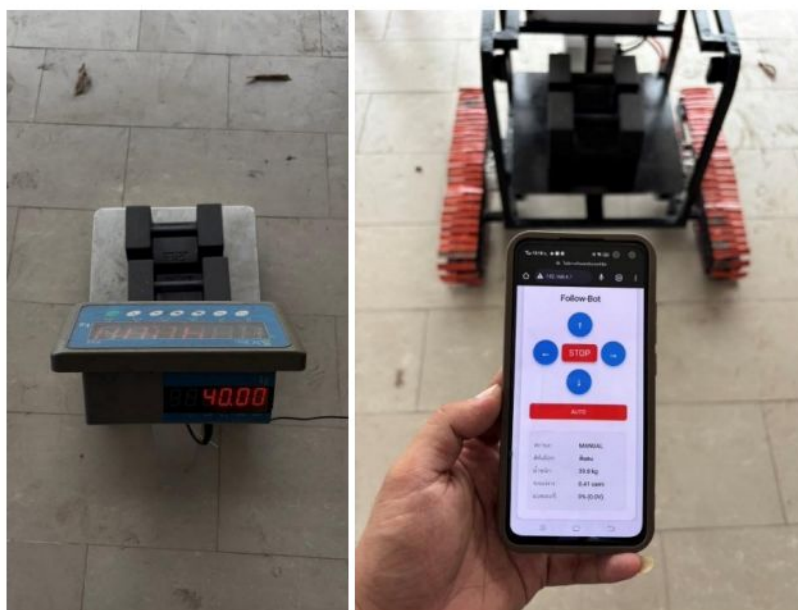
Approximate Value = ค่าที่ชั่งตัวรถ



รูปที่ 4.11 การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1



รูปที่ 4.12 การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2



รูปที่ 4.13 การทดสอบชั่งน้ำหนักครั้งที่ 3



รูปที่ 4.14 ตาชั่งที่ผ่านการตรวจสอบของสำนักงานชั่งตวงวัด

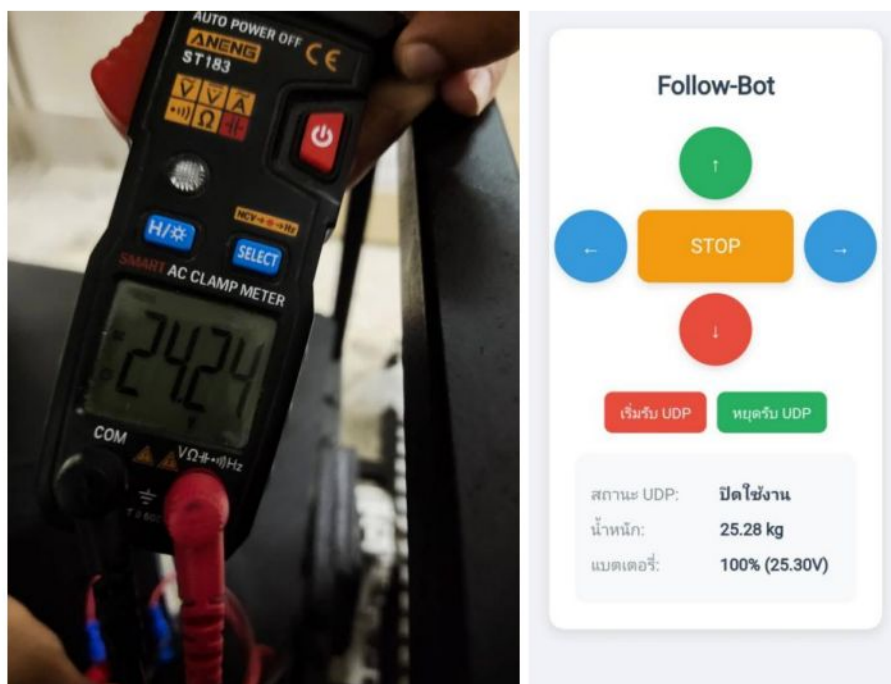
4.2.5 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่

ทำการวัดแบตเตอรี่ของตัวรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้งานโดยเปรียบเทียบเว็บแอปของตัวรถกับมัลติมิเตอร์จะได้ผลการทดสอบดังนี้

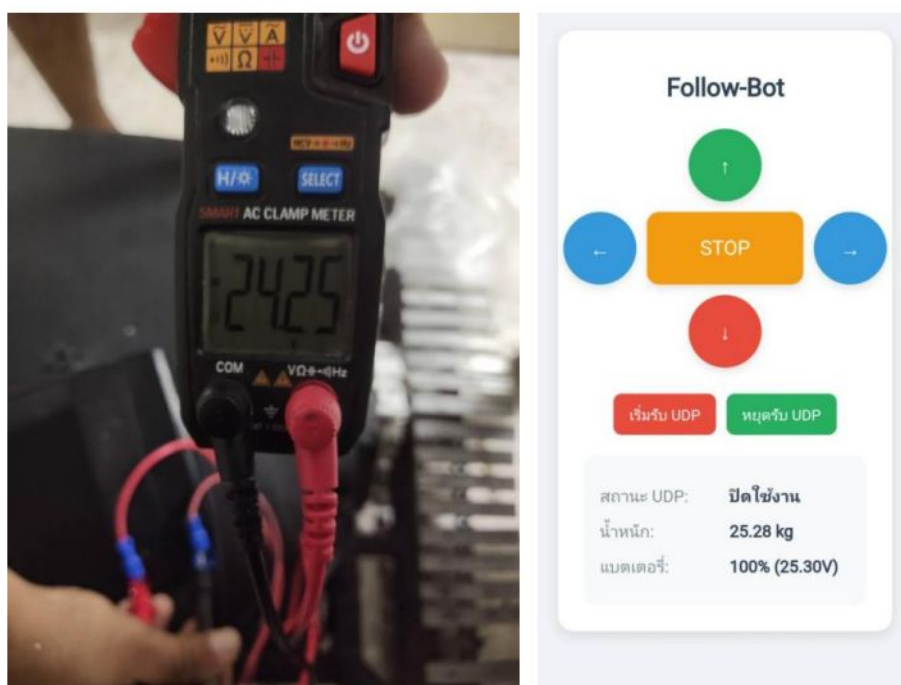
อุปกรณ์ที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ		
	1	2	3
วัดโดยมัลติมิเตอร์(โวลต์)	24.24	24.25	24.24
วัดโดยเว็บแอป(โวลต์)	25.30	25.30	25.30

หมายเหตุ : การทดสอบมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 4\%$

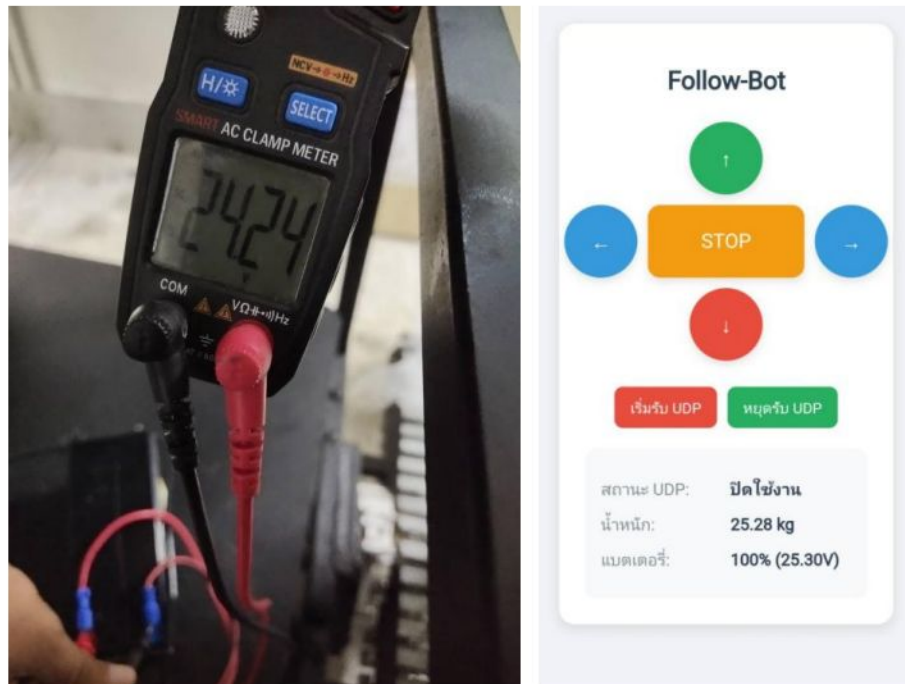
ตารางที่ 4.5 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่



รูปที่ 4.15 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 1



รูปที่ 4.16 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.17 ทดสอบการวัดแบตเตอรี่ครั้งที่ 3



รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบมัลติมิเตอร์ที่ใช้กับมัลติมิเตอร์ที่มีความน่าเชื่อถือ

4.2.6 ทดสอบกระแสของมอเตอร์ขณะทำงาน

จะได้ผลการทดสอบดังนี้

กระแสเคลื่อนที่ขณะไม่มีโหลด	กระแสเคลื่อนที่ขณะมีโหลด
7.50 A	15.82 A

ตารางที่ 4.6 ทดสอบกระแสของมอเตอร์ขณะทำงาน



รูปที่ 4.19 ทดสอบกระแสขณะไม่มีโหลด



รูปที่ 4.20 ทดสอบกระแสขณะมีโหลด

4.3 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบวัดระยะสูงสุดที่ ESP32-CAM สามารถตรวจจับสีที่ตัวผู้ใช้งานได้ มีระยะสูงสุดอยู่ที่ 3 เมตร

จากการทดสอบการควบคุมรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานแบบแมนนวลและอัตโนมัติ สามารถควบคุมรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานได้

จากการทดสอบการตรวจจับสีของรถไถขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานสามารถตรวจจับสีได้ 3 สี คือสีแดง,สีม่วงและสีน้ำเงิน

จากการทดสอบน้ำหนักที่สามารถบรรทุกได้ สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมตามขอบเขตที่วางไว้

จากการทดสอบวัดแบตเตอรี่ สามารถวัดแบตเตอรี่ได้และพิกัดแรงดันแบตเตอรี่สูงสุด 28.3V พิกัดแรงดันแบตเตอรี่ต่ำสุด 24.5V

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการออกแบบและจัดทำรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการและทดลองการทำงานของตัวรถ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปผลของโครงการ ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการรวมทั้งข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปพัฒนาต่อสำหรับผู้สนใจ

5.1 สรุปผลที่ได้จากการทำโครงการ

จากการศึกษาและทำการทดลองโครงการรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานทำให้ได้เรียนรู้หลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ อย่างหลากหลายไม่ว่าจะเป็นการออกแบบโครงสร้างในรูปแบบสามมิติด้วยโปรแกรม SolidWork การเขียนโปรแกรมภาษา C ผ่าน Arduino IDE เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ การสื่อสารด้วยเครือข่ายไร้สายผ่านไวไฟ รวมถึงการเรียนรู้หลักการทำงานของเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก, เซ็นเซอร์แคน์เตอร์แบบกัมพูและโมดูลขยายสัญญาณโพลิตเซลล์ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด ทั้งด้านความทนทาน ความยืดหยุ่น ตลอดจนการคำนึงถึงความปลอดภัยของระบบโดยรวม ซึ่งตัวชิ้นงานผู้ใช้งานและสามารถทำงานได้ถูกต้องตามขอบเขต ที่ตั้งไว้และสามารถนำไปใช้งานได้จริงดังนี้

1. สร้างรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานที่สามารถรองรับน้ำหนักบรรทุกทุกไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม จำนวน 1 เครื่อง
2. มีเว็บแอปในการควบคุมบังคับการเคลื่อนที่และยังสามารถแสดงผลค่าน้ำหนัก, แบตเตอรี่และระยะทาง
3. รถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานสามารถเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานได้
4. สามารถใช้งานต่อเนื่องได้ไม่น้อยกว่า 30 นาที

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำโครงการ

5.2.1 การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยส่งผลให้ Esp32-cam ไม่สามารถประมวลภาพเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ได้

5.2.2 เมื่อมีสภาพแวดล้อมรอบข้างมีสิ่งเสียดียกกับผู้ใช้งานทำให้ตัวรถตรวจจับผิดพลาด

5.2.3 ตัวรถอาจมีน้ำหนักมากอาจเป็นอุปสรรคในการเคลื่อนย้ายไปนอกสถานที่

5.2.4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานที่เคลื่อนที่เร็วเกินไปจนทำให้เกิดจากระยะการตรวจจับของ Esp32-cam

5.3 ข้อควรระวังและข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ในการใช้งานต้องมีสภาพแวดล้อมที่มีแสงพอเหมาะ
- 5.3.2 หลีกเลี่ยงการใช้งานในพื้นที่ที่มีสีที่เป็นสีเดียวกับผู้ใช้งาน
- 5.3.3 ใช้ความเร็วในการเดินให้พอเหมาะกับความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวรถ

5.4 แนวทางในการพัฒนาโครงงาน

- 5.4.1 พัฒนาการตรวจจับผู้ใช้งานให้จับแต่ผู้ใช้งานอย่างเดียว
- 5.4.2 เพิ่มแบตเตอรี่ เพื่อให้ใช้งานต่อเนื่องได้นานขึ้น
- 5.4.3 เพิ่มจำนวนเจดสีในการตรวจจับของ Esp32-cam ให้หลากหลาย
- 5.4.4 เปลี่ยนล้อตีนตะขาเป็นแบบยาง

บรรณานุกรม

- [1] นภัสดล สิงหะตา.2566 หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติโดยการใช้กล้องระบุตำแหน่ง.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/RMUTP/article/view/244631>
- [2] วรุฒิ ตั้งนรกุล,สุธีร์ ก่อบุญขวัญ,สิทธิพงษ์ จันทน์,จิรพล บุญยัง,มณฑป ไชยบัณฑิตินทิต.2565 หุ่นยนต์ขนส่งอาหารยาและเวชภัณฑ์ควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน. แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี,แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพัทลุง https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/csnp_veis1/article/view/248569
- [3] นายณัฐพงศ์ เทพทองดี,นายณัฐจักร หงส์พัฒนานนท์.2556 การตรวจจัสและรูปร่างของวัตถุโดยใช้กล้อง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2672/1/NattaphongThep tongdee.pdf>
- [4] อธิชัย อินลพเทพ,จิตราภา คนฉลาด,ศรัณยู บุตรโคตร.2565 การประเมินประสิทธิภาพเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเข้าถึงแบบไร้สายที่แตกต่างกัน สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยสาขาวิชาเทคโนโลยีมีลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตขอนแก่น https://li01.tci-thaijo.org/index.php/sci_ubu/article/view/251083
- [5] นายสิริวิชญ์ กัณฑ์ราย,นายอัฐพล เหลี่ยมปาน.2567 รถพ่นสารเคมีสำหรับพืชสวนยืนต้นควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
- [6] การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง http://rms.pktc.ac.th/files/76384_18062313135103.pdf
- [7] แยกตัวเก็บประจุและตัวเก็บประจุบายพาสในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ <https://shorturl.asia/X1YhG>

ภาคผนวก ก
งบประมาณ

งบประมาณของรถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

รถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งานมีงบประมาณในการสร้าง ประมาณ บาท รายการ
งบประมาณข้างต้นเป็นงบประมาณต่อ 1 ชุด

ลำดับ	รายการวัสดุ/อุปกรณ์	จำนวน	ราคา(บาท)
1	โครงสร้าง+ชุดล้อ	1 ชุด	5900
2	มอเตอร์ขับเคลื่อน	2 ตัว	2250
3	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 24V 40A	1 ก้อน	1890
4	แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน 20V 2A	1 ก้อน	230
5	Esp32	1 ชุด	310
6	Esp32-Cam	1 ชุด	340
7	Hx711	1 ตัว	120
8	Load Cell	1 ตัว	950
9	Step Down 5V DC to DC	1 ตัว	120
10	Relay 5V 4 Channel	2 ตัว	750
11	Breaker DC 32A	1 ตัว	290
12	สายไฟ THW-F 2.5 sq.mm	5 เมตร	275
13	สายไฟ THW-F 4 sq.mm	1 เมตร	75
14	สายไฟ THW-F 1 sq.mm	3 เมตร	25
15	ตัวต่อแบตเตอรี่ XT90H	1 ชิ้น	45
16	อแดปเตอร์แบตเตอรี่ส่วนไร้สาย	1 ชิ้น	120
17	เคเบิลกลนด	7 ตัว	105
18	Passive Buzzer	1 ตัว	35
19	Counter Module Motor Speed Sensor	1 ตัว	35
20	หน้าจอแสดงปริมาณแบตเตอรี่	1 ตัว	45
21	ถังขยะขนาด 60 ลิตร	1 ถัง	270
22	ตู้กันน้ำ Nano ขนาด 16*12 นิ้ว	1 ใบ	550
23	กล่องกันน้ำ ขนาด 6*8 นิ้ว	1 ใบ	85

งบประมาณของรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการวัสดุ/อุปกรณ์	จำนวน	ราคา(บาท)
24	กล่องกันน้ำ ขนาด 2*4 นิ้ว	1 ใบ	45
25	สายไฟจัมเปอร์	1 ชุด	90
26	หางปลาและสลีปต่อสาย	1 ชุด	120
27	สาย Usb to Mico	1 เส้น	120
28	อื่นๆ		500
รวมเป็นเงิน			15,690

ตารางที่ ก.1 งบประมาณการสร้างรถเก็บขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

ภาคผนวก ข
คู่มือแนะนำการใช้งาน

คู่มือการใช้งานรถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

ข้อมูลสเปครถใส่ขยะเคลื่อนที่ตามผู้ใช้งาน

น้ำหนักของรถ : 37 กิโลกรัม

ความเร็วของรถ : 2.1 กิโลเมตร/ชั่วโมง

น้ำหนักบรรทุก : ไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัม

ขนาดของรถ : 86 x 73 x 105 เซนติเมตร

ระยะเวลาใช้งาน : ไม่น้อยกว่า 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง (แบตเตอรี่ 24V 40A)

สีสื่อในการใช้งาน : สีแดง สีม่วง สีนํ้าเงิน

ระยะเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ : ชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้งใช้เวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที

แนะนำวิธีการเริ่มใช้งานตัวรถ



รูปที่ ข.1 ตำแหน่งสวิตช์และหน้าจอแสดงผล

ให้โยกสวิตช์หมายเลขที่ 1 ไปทางด้านขวาเพื่อเริ่มการทำงานของวงจรควบคุม จะมีหน้าจอวัดโวลต์แบตเตอรี่ของตัวสแต็ปดาวน์แสดงขึ้นตามหมายเลขที่ 2 ตามรูปที่ ข.1 จากนั้นทำการเปิดเบรกเกอร์ 24V หมายเลขที่3 จะมีหน้าจอแสดงผลขึ้นดังหมายเลขที่4 ตามรูปที่ ข.1



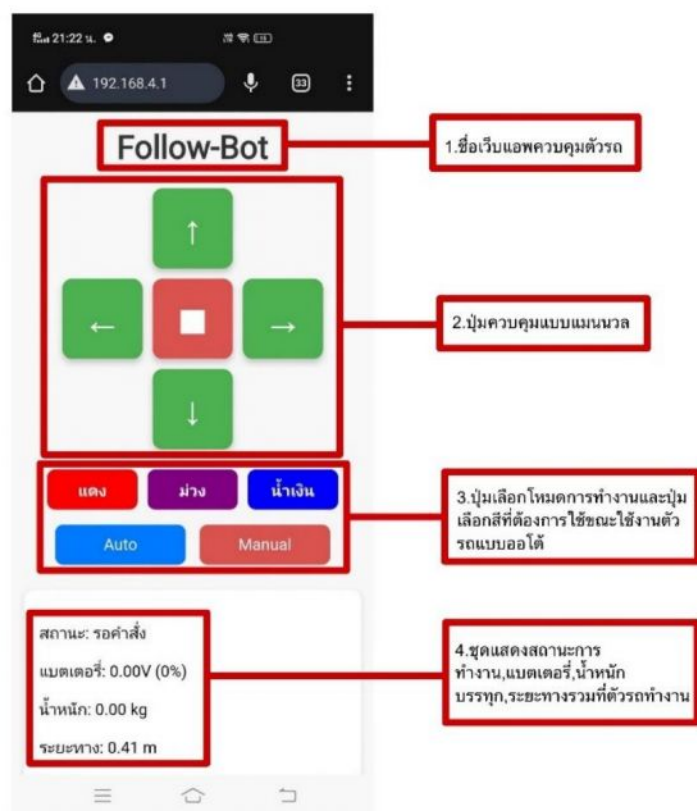
รูปที่ ข.2 ชื่อไวไฟของตัวรถ

ไวไฟที่เป็นตัวสื่อสารระหว่างโทรศัพท์กับตัวรถจะแสดงขึ้นในชื่อ Follow-Bot ดังรูปที่ ข2 ให้ทำการเชื่อมต่อไวไฟโดยมีรหัสผ่านคือ 12345678



รูปที่ ข.3 IP Address ของเว็บแอปควบคุมตัวรถ

ให้ทำการค้นหาหน้าเว็บแอปของตัวรถโดยมีรหัส IP Address คือ **192.168.4.1** เมื่อทำการค้นหาแล้วจะมีหน้าเว็บแอปควบคุมขึ้นมาให้ใช้งาน



รูปที่ ข.4 แนะนำหน้าเว็บแอปและการทำงาน

ภาคผนวก ค
โปรแกรมการทำงาน

โปรแกรมการทำงาน

โปรแกรมการทำงานของบอร์ด Esp32

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include <WebServer.h>
#include "HX711.h"

// ตั้งค่าชื่อและรหัสของไวไฟ AP
const char* ap_ssid = "Follow-Bot";
const char* ap_password = "12345678";
const int udp_port = 1234;

// ประกาศขามอเตอร์
const int motor1Pin1 = 26;
const int motor1Pin2 = 27;
const int motor2Pin1 = 14;
const int motor2Pin2 = 12;

// ตั้งค่าแบตเตอรี่
#define BATTERY_PIN 33
#define R1 120000.0
#define R2 15000.0
#define ADC_MAX 4095.0
#define VOLTAGE_REF 3.3
const float fullVoltage = 29.5f;
const float emptyVoltage = 24.5f;

// ตั้งค่า Load Cell
```

```

#define DOUT 35
#define CLK 32
HX711 scale;

#define BUZZER_PIN 25
#define BUZZER_FREQ 2000 // ความถี่ของเสียง (Hz)
#define BUZZER_DURATION 3000 // ระยะเวลาเสียง (ms)

unsigned long lowVoltageStartTime = 0;
bool buzzerActive = false;
unsigned long buzzerStartTime = 0;

// ตั้งค่าเซ็นเซอร์วัดระยะทาง
const int sensorPin = 34;
bool lastState = HIGH;
unsigned long lastDebounceTime = 0;
const unsigned long debounceDelay = 50;
int count = 0;
const float distancePerCount = 0.41;

WiFiUDP udp;
WebServer server(80);
bool enableReceive = false;

// ระบบการติดตามสี
int selectedColor = 1;
bool colorTrackingEnabled = false;
// สร้างข้อมูล UDP
typedef struct struct_message {

```

```

    int command;
    int detectedColor;
} struct_message;
struct_message receivedData;
String lastCommand = "หยุด";
int lastDirection = 0;
// ตัวแปรเซ็นเซอร์เริ่มต้นที่ 0
float batteryVoltage = 0.0;
int batteryPercent = 0;
float weight = 0.0;
float distance = 0.0;
unsigned long lastDataUpdate = 0;
const long dataUpdateInterval = 60000;
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    // ตั้งค่ามอเตอร์
    pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
    pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
    pinMode(sensorPin, INPUT);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    analogReadResolution(12);

    // ตั้งค่า ไวไฟ AP
    WiFi.softAP(ap_ssid, ap_password);
    // ตั้งค่า UDP
    udp.begin(udp_port);

```

```

// ตั้งค่า Load Cell
scale.begin(DOUT, CLK);
delay(2000);
scale.tare();
scale.set_scale(44888.f);
// ตั้งค่าเว็บเซิร์ฟเวอร์
setupWebServer();
lastDataUpdate = millis();
}

void loop() {
  server.handleClient();

  if (enableReceive) {
    int packetSize = udp.parsePacket();
    if (packetSize) {
      udp.read((uint8_t *)&receivedData, sizeof(receivedData));
      Serial.printf("รับคำสั่ง: %d, สีที่ตรวจจพบได้: %d\n", receivedData.command,
receivedData.detectedColor);
      if(colorTrackingEnabled) {
        if(receivedData.detectedColor == selectedColor) {
          processMovementCommand(receivedData.command);
        } else {
          stopMotors();
          lastCommand = "หยุด (ไม่พบสี)";
        }
      } else {
        processMovementCommand(receivedData.command);
      }
    }
  }
}

```

```

    }
    readDistanceSensor();
    if (millis() - lastDataUpdate >= dataUpdateInterval) {
        updateSensorData();
        lastDataUpdate = millis();
    }
    checkBatteryAlert(batteryVoltage);
}

void readDistanceSensor() {
    int reading = digitalRead(sensorPin);
    unsigned long currentTime = millis();

    if (reading == LOW && lastState == HIGH && (currentTime - lastDebounceTime) >
    debounceDelay) {
        count++;
        distance = count * distancePerCount;
        Serial.printf("นับ: %d | ระยะทาง: %.2f เมตร\n", count, distance);
        lastDebounceTime = currentTime;
    }
    lastState = reading;
}

void setupWebServer() {
    server.on("/", HTTP_GET, [](){
        String html = R"====(<!DOCTYPE html>
<html lang="th">
<head>
<meta charset="UTF-8">

```

```

<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
<title>Follow-Bot</title>
<style>
  body { font-family: sans-serif; margin: 0; padding: 10px; background-color: #f8f8f8;
text-align: center; }
  h1 { color: #333; }
  .dpad {
    display: grid;
    grid-template-areas:
      ".   up   ."
      "left stop right"
      ".   down  .";
    grid-gap: 10px;
    justify-content: center;
    align-items: center;
    margin: 20px auto;
    width: fit-content;
  }
  .dpad button {
    width: 80px; height: 80px; font-size: 40px; border: none; border-radius: 10px;
    background-color: #4CAF50; color: white; box-shadow: 0 4px 6px rgba(0,0,0,0.2);
    transition: 0.2s;
  }
  .dpad button:hover { background-color: #45a049; }
  .up { grid-area: up; }
  .down { grid-area: down; }
  .left { grid-area: left; }
  .right { grid-area: right; }
  .stop { grid-area: stop; background-color: #d9534f !important; }

```

```

.color-buttons {
  display: flex; justify-content: center; gap: 10px; margin: 10px 0; flex-wrap: wrap;
}

.color-buttons button {
  width: 90px; height: 40px; font-size: 16px; color: white;
  border: none; border-radius: 8px; font-weight: bold;
}

.red { background-color: red; }
.green { background-color: purple; }
.blue { background-color: blue; }
.control-buttons { margin: 10px; }
.control-buttons button {
  width: 130px; height: 40px; margin: 5px; font-size: 16px;
  border: none; border-radius: 8px; color: white;
}

.control-buttons button:nth-child(1) { background-color: #007bff; }
.control-buttons button:nth-child(2) { background-color: #d9534f; }

.status-box {
  margin-top: 20px; background: white; padding: 15px; border-radius: 10px;
  box-shadow: 0 2px 6px rgba(0,0,0,0.1); width: 90%; max-width: 400px;
  margin-left: auto; margin-right: auto; text-align: left;
}

</style>

<script>
function sendCommand(cmd) {
  fetch('/') + cmd).then(res => res.text()).then(() => setStatus("ส่งคำสั่ง: " + cmd));
}

function toggleTracking(state) {
  fetch('/control?cmd=' + state).then(res => res.text())

```

```

        .then(() => updateStatus("ติดตามสี: " + (state === "start" ? "เริ่ม" : "หยุด")));
    }

    function selectColor(color) {
        fetch('/selectColor?color=' + color).then(res => res.text())
        .then(() => {
            let name = color == 1 ? "แดง" : color == 2 ? "ม่วง" : "น้ำเงิน";
            updateStatus("เลือกสี: " + name);
        });
    }

    function updateStatus(text) {
        document.getElementById("status").innerText = "สถานะ: " + text;
    }

    function fetchSensorData() {
        fetch('/data').then(res => res.json()).then(data => {
            document.getElementById("battery").innerText =
                data.batteryVoltage.toFixed(2) + "V (" + data.batteryPercent + "%)";
            document.getElementById("weight").innerText = data.weight.toFixed(2) + " kg";
            document.getElementById("distance").innerText = data.distance.toFixed(2) + "
m";
        });
    }

    setInterval(fetchSensorData, 5000);
    window.onload = fetchSensorData;
</script>
</head>
<body>
    <h1>Follow-Bot</h1>
    <div class="dpad">
        <button class="up" onclick="sendCommand('forward')">↑</button>

```

```

<button class="left" onclick="sendCommand('left')">←</button>
<button class="stop" onclick="sendCommand('stop')">■</button>
<button class="right" onclick="sendCommand('right')">→</button>
<button class="down" onclick="sendCommand('backward')">↓</button>
</div>
<div class="color-buttons">
  <button class="red" onclick="selectColor(1)">แดง</button>
  <button class="green" onclick="selectColor(2)">ม่วง</button>
  <button class="blue" onclick="selectColor(3)">น้ำเงิน</button>
</div>
<div class="control-buttons">
  <button onclick="toggleTracking('start')">Auto</button>
  <button onclick="toggleTracking('stop')">Manual</button>
</div>
<div class="status-box">
  <p id="status">สถานะ: รอคำสั่ง</p>
  <p>แบตเตอรี่: <span id="battery">--</span></p>
  <p>น้ำหนัก: <span id="weight">--</span></p>
  <p>ระยะทาง: <span id="distance">--</span></p>
</div>
</body>
</html>)<====";

server.send(200, "text/html", html);
});

server.on("/forward", HTTP_GET, []() {
  processMovementCommand(2);
  server.send(200, "text/plain", "เดินหน้า");
});

server.on("/backward", HTTP_GET, []() {

```

```

    processMovementCommand(4);
    server.send(200, "text/plain", "ถอยหลัง");
  });
  server.on("/left", HTTP_GET, []() {
    processMovementCommand(1);
    server.send(200, "text/plain", "เลี้ยวซ้าย");
  });
  server.on("/right", HTTP_GET, []() {
    processMovementCommand(3);
    server.send(200, "text/plain", "เลี้ยวขวา");
  });
  server.on("/stop", HTTP_GET, []() {
    stopMotors();
    server.send(200, "text/plain", "หยุด");
  });
  server.on("/control", HTTP_GET, []() {
    String cmd = server.arg("cmd");
    if (cmd == "start") {
      enableReceive = true;
      colorTrackingEnabled = true;
    } else {
      enableReceive = false;
      colorTrackingEnabled = false;
      stopMotors();
    }
    server.send(200, "text/plain", "OK");
  });
  server.on("/selectColor", HTTP_GET, []() {
    String color = server.arg("color");

```

```

    selectedColor = color.toInt();
    server.send(200, "text/plain", "OK");
  });

  server.on("/data", HTTP_GET, []() {
    String json = "{";
    json += "\"batteryVoltage\":" + String(batteryVoltage, 2) + ",";
    json += "\"batteryPercent\":" + String(batteryPercent) + ",";
    json += "\"weight\":" + String(weight, 2) + ",";
    json += "\"distance\":" + String(distance, 2);
    json += "}";
    server.send(200, "application/json", json);
  });

  server.begin();
}

void processMovementCommand(int command) {
  switch(command) {
    case 1: // หมุนซ้าย
      digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
      digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
      digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
      digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
      lastCommand = "เลี้ยวซ้าย";
      break;
    case 2: // เคลื่อนที่ไปด้านหน้า
      digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
      digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
      digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
      digitalWrite(motor2Pin2, LOW);

```

```

        lastCommand = "เดินหน้า";
        break;
    case 3: // หมุนขวา
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
        lastCommand = "เลี้ยวขวา";
        break;
    case 4: // หมุนถอยหลัง
        digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
        digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
        digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
        lastCommand = "ถอยหลัง";
        break;
    default:
        stopMotors();
        break;
}

lastDirection = command;
}

// หยุดมอเตอร์
void stopMotors() {
    digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
    digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
    lastCommand = "หยุด";
}

```

```

    lastDirection = 0;
}

void updateSensorData() {
    batteryVoltage = readBatteryVoltage();
    batteryPercent = (int)(((batteryVoltage - emptyVoltage) / (fullVoltage -
emptyVoltage)) * 100);
    batteryPercent = constrain(batteryPercent, 0, 100);
    weight = scale.get_units(10);
    Serial.printf("แบตเตอรี่: %.2f V (%d%%), น้ำหนัก: %.2f kg\n", batteryVoltage,
batteryPercent, weight);
}

float readBatteryVoltage() {
    const int samples = 10;
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
        total += analogRead(BATTERY_PIN);
        delay(5);
    }
    float avgAdc = total / float(samples);
    float measuredVoltage = (avgAdc / ADC_MAX) * VOLTAGE_REF;
    return measuredVoltage / (R2 / (R1 + R2));
}

void checkBatteryAlert(float batteryVoltage) {
    if (batteryVoltage < 25.2) {
        if (lowVoltageStartTime == 0) {
            lowVoltageStartTime = millis();
        } else if (millis() - lowVoltageStartTime >= 3000 && !buzzerActive) {
            tone(BUZZER_PIN, BUZZER_FREQ); // ส่งเสียงตามความถี่ที่กำหนด
            buzzerActive = true;
        }
    }
}

```

```

        buzzerStartTime = millis();
    }
} // หยุดเสียงเมื่อแรงดันเพิ่มขึ้น
else {
    lowVoltageStartTime = 0;
    if (buzzerActive) {
        noTone(BUZZER_PIN);
        buzzerActive = false;
    }
}
// หยุดเสียงอัตโนมัติเมื่อครบเวลาที่กำหนด
if (buzzerActive && millis() - buzzerStartTime >= BUZZER_DURATION) {
    noTone(BUZZER_PIN);
    buzzerActive = false;
}
}

```

โปรแกรมการทำงานของบอร์ด Esp32-cam

```

#include <WiFi.h>
#include <WiFiUdp.h>
#include "esp_camera.h"

#define TRIG_PIN 15
#define ECHO_PIN 13
#define FLASH_LED_PIN 4

const char* ssid = "Follow-Bot";
const char* password = "12345678";
const int udp_port = 1234;

```

```
IPAddress esp32IP(192, 168, 4, 1);
```

```
WiFiUDP udp;
```

```
typedef struct struct_message {  
    int command;  
    int color;  
} struct_message;
```

```
struct_message dataToSend;
```

```
void setupCamera() {  
    camera_config_t config;  
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;  
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;  
    config.pin_d0 = 5;  
    config.pin_d1 = 18;  
    config.pin_d2 = 19;  
    config.pin_d3 = 21;  
    config.pin_d4 = 36;  
    config.pin_d5 = 39;  
    config.pin_d6 = 34;  
    config.pin_d7 = 35;  
    config.pin_xclk = 0;  
    config.pin_pclk = 22;  
    config.pin_vsync = 25;  
    config.pin_href = 23;  
    config.pin_sscb_sda = 26;  
    config.pin_sscb_scl = 27;
```

```

config.pin_pwdn = 32;
config.pin_reset = -1;
config.xclk_freq_hz = 200000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565;
config.frame_size = FRAMESIZE_VGA;
config.fb_count = 1;

if (esp_camera_init(&config) != ESP_OK) {
    while (true);
}
}

void reconnectWiFi() {
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        WiFi.disconnect();
        WiFi.begin(ssid, password);

        unsigned long startAttemptTime = millis();
        while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - startAttemptTime < 10000) {
            digitalWrite(FLASH_LED_PIN, HIGH);
            delay(250);
            digitalWrite(FLASH_LED_PIN, LOW);
            delay(250);
            Serial.print(".");
        }

        if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        } else {
        }
    }
}

```

```

    }
}

int getDistance() {
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

    long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);
    return (int)(duration * 0.034 / 2);
}

void detectColor() {
    camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
    if (!fb) {
        return;
    }

    dataToSend.color = 0;
    int redCount = 0, blueCount = 0, purpleCount = 0;
    int sumX = 0, totalCount = 0;

    const int redThreshold = 150;
    const int blueThreshold = 150;
    const int purpleThreshold = 150;

    for (int y = fb->height / 4; y < fb->height * 3 / 4; y++) {
        for (int x = fb->width / 4; x < fb->width * 3 / 4; x++) {

```

```

int pixelIndex = (y * fb->width + x) * 2;

uint8_t r = (fb->buf[pixelIndex] & 0xF8);
uint8_t g = ((fb->buf[pixelIndex] & 0x07) << 5) | ((fb->buf[pixelIndex + 1] & 0xE0)
>> 3);
uint8_t b = (fb->buf[pixelIndex + 1] & 0x1F) << 3;

if (r > redThreshold && g < 100 && b < 100) {
    redCount++;
    sumX += x;
    totalCount++;
} else if (b > blueThreshold && r < 100 && g > 100) {
    blueCount++;
    sumX += x;
    totalCount++;
} else if (r > 70 && b > purpleThreshold && g < purpleThreshold) {
    purpleCount++;
    sumX += x;
    totalCount++;
}
}
}

esp_camera_fb_return(fb);
if (totalCount > 50) {
    int maxCount = max(redCount, max(purpleCount, blueCount));
    if (maxCount > totalCount * 0.6) {
        if (maxCount == redCount) {
            dataToSend.color = 1;
        } else if (maxCount == purpleCount) {

```

```

    dataToSend.color = 2;
} else {
    dataToSend.color = 3;
}

int avgX = sumX / totalCount;
if (avgX < fb->width / 3) {
    dataToSend.command = 1; // ด้านซ้าย
} else if (avgX > fb->width * 2 / 3) {
    dataToSend.command = 3; // ด้านขวา
} else {
    dataToSend.command = 2; // ด้านหน้า
}
} else {
    dataToSend.command = 0;
    dataToSend.color = 0;
}
} else {
    dataToSend.command = 0;
    dataToSend.color = 0;
}
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    pinMode(FLASH_LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT);
    pinMode(ECHO_PIN, INPUT);

    WiFi.begin(ssid, password);

```

```

WiFi.setSleep(false);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    digitalWrite(FLASH_LED_PIN, HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(FLASH_LED_PIN, LOW);
    delay(250);
    Serial.print(".");
}
udp.begin(udp_port);
setupCamera();
}
void loop() {
    reconnectWiFi();
    int distance = getDistance();
    if (distance <= 40) {
        dataToSend.command = 4;
        dataToSend.color = 0;
    } else {
        detectColor();
    }
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        udp.beginPacket(esp32IP, udp_port);
        udp.write((uint8_t *)&dataToSend, sizeof(dataToSend));
        udp.endPacket();
    }
    delay(100);
}

```

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 1



ชื่อ	: นายชุตินพงศ์ แก้วตั้ง
สาขา	: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปีเกิด	: วันที่ 10 ตุลาคม 2544
สถานที่เกิด	: จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	: 209 หมู่ที่ 3 ตำบลบางรูป อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240
ประวัติการศึกษา	: ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง ปี 2563

ประวัติผู้จัดทำปริญญานิพนธ์คนที่ 2



ชื่อ	: นายพงศกร สมพรหม
สาขา	: ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
วัน-เดือน-ปีเกิด	: วันที่ 29 พฤศจิกายน 2544
สถานที่เกิด	: จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่	: 125 หมู่ที่ 4 ตำบลควนกรด อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110
ประวัติการศึกษา	: ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง ปี 2563