

หุ่นยนต์เดินตามเส้น

LINE TRACKING ROBOT



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก
เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2561

LINE TRACKING ROBOT

CHAKRIT ANKANAPORN

PATIPAN KAENTRAKUL

ATHIKOM SUMPHAN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE


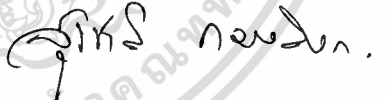
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACADEMIC YEAR 2018

หัวข้อโครงการพิเศษ	หุ่นยนต์เดินตามเส้น
	Line tracking robot
ชื่อนักศึกษา	นายชาคริต อังคณาภรณ์ รหัสนักศึกษา 58051054
	นายปฏิภาณ แก่นตระกูล รหัสนักศึกษา 58051092
	นายอติคม สุ่มพันธ์ รหัสนักศึกษา 58051168
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลดีลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
 (ฟิสิกส์ประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ประธานกรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อ.สุรชาติ กมลดีลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	หุ่นยนต์เดินตามเส้น
ชื่อนักศึกษา	นายชาคริต อังค์มาภรณ์ รหัสนักศึกษา 58051054 นายปฎิภาณ แก่นตระกูล รหัสนักศึกษา 58051092 นายอริคม สุ่มพันธ์ รหัสนักศึกษา 58051168
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลติลก

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ขนส่งวัสดุอัตโนมัติ (รถลำเลียงสินค้าอัตโนมัติ) ที่มีมอเตอร์กระแสตรง 4 ตัวในการขับเคลื่อน มีเซนเซอร์ตรวจจับเส้นทาง ที่สามารถควบคุมผ่านระบบ อินเทอร์เน็ต ด้วย แอปพลิเคชัน โดยใช้แบตเตอรี่ ลิเทียมโพลิเมอร์(ลิ-โพ) ในการจ่ายกระแสให้กับหุ่นยนต์ และทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ และมอเตอร์ โดยการเปรียบเทียบค่าทฤษฎีที่ได้มาจากการคำนวณ เพื่อนำไปใช้งานได้จริง

คำสำคัญ : หุ่นยนต์เดินตามเส้น หุ่นยนต์ส่งวัสดุอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Line tracking robot	
Students	Mr.Chakrit Angkanaporn	student code 58051054
	Mr.Patipan Kaentrakul	student code 58051092
	Mr.Athikom Sumphan	student code 58051168
Degree	Bachelor of Science (Applied Physics)	
Department	Physics	
Faculty	Science	
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)	
Academic Year	2018	
Advisor	Mr. Surachart Kamoldilok	

Abstract

The high performance automation delivery robot (Automated Guided Vehicle) was created in this special project. The robot was driven by four DC motors, detected path by infrared sensor and controlled by mobile applications. The lithium polymer battery (Li-Po) was used to electrical power in robot. The performance of battery and DC motor were compared with theoretical calculation.

Keywords : AGV , Robot line tracking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จได้ เนื่องจาก อาจารย์ สุรชาติ งามลติก อาจารย์ที่ปรึกษา การค้นคว้าอิสระ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือด้านอุปกรณ์ ตรวจสอบและแก้ไข ผู้เขียนจึง ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข และอาจารย์ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณามาเป็นกรรมการตรวจสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ จนทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ที่น่ารัก ที่ให้ความช่วยเหลือและคอยให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสถานที่ในการพักผ่อนและทำงานจนการวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และหวังเป็นอย่างสูงว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นแนวทาง และประโยชน์สำหรับผู้อ่านและผู้ที่สนใจศึกษาทางด้านซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้นอัตโนมัติ

ชาคริต อังคณาภรณ์
ปฏิภาณ แก่นตระกูล
อธิคม สุ่มพันธ์ุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี และ/หรือ เชิงประยุกต์	1
1.4 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เซนเซอร์อินฟราเรด (IR SENSOR)	3
2.1.1 โครงสร้าง	3
2.1.2 การทำงาน	4
2.2 ARDUINO	4
2.2.1 Hardware	5
2.2.2 Software	5
2.3 มอเตอร์และล้อรถ	8
2.3.1 โมดูลขับมอเตอร์ (Motor Drive Module L298N)	9
2.4 แบตเตอรี่	10
2.5 ทฤษฎีและสมการ	11
2.5.1 ไฟฟ้า	12
2.5.2 อัตราเร็ว	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	13
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	13
3.1.1 โมดูลอินฟราเรดเซนเซอร์ Line tracker KY-033	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2 Arduino	14
3.1.2.1 Arduino Uno.....	14
3.1.2.2 Arduino Nano.....	15
3.1.3 แผ่นอะคริลิกใส	16
3.1.4 มอเตอร์ดีดลัฮอร์ธ 6V และ12V.....	16
3.1.5 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ขนาด 1800 และ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง	17
3.1.6 โมดูล Wi-fi NodeMCU v3 ESP8266	17
3.1.7 โมดูลขับมอเตอร์ (Motor Drive Module L298N)	19
3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	21
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมการผลิตและวิเคราะห์คุณลักษณะการใช้งานที่ต้องการ	21
3.2.2 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบและเลือกใช้วัสดุตามการใช้งานที่ต้องการ	21
3.2.3 ขั้นตอนการผลิตหุ่นยนต์	22
3.2.4 การออกแบบ Software เสริม	26
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์.....	27
3.3.1 การศึกษาวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด	27
3.3.2 การศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด.....	27
3.3.3 การศึกษาวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม.....	27
3.3.4 การศึกษาประสิทธิภาพประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมา ...	27
3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่.....	27
3.3.6 การศึกษาประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด	27
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล.....	28
4.1 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด.....	28
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด	29
4.3 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม	31
4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม.....	32
4.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่.....	34
4.6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของรถในการใช้งานวิ่งตามจุด.....	35
4.7 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด Model 2.....	36
4.8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด Model 2	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.9 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม Model 2	39
4.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมา Model 2 ...	40
4.11 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ Model 2	42
4.12 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด Model 2	43
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	44
5.1 ผลการทดลอง	44
5.1.1 การวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด.....	44
5.1.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด	44
5.1.3 การวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม	44
5.1.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม	45
5.1.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่.....	45
5.1.6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด.....	46
5.1.7 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด Model 2 ...	46
5.1.8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์เมื่อวิ่งและหยุด Model 2	46
5.1.9 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม Model 2..	46
5.1.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์เมื่อวนกลับมาที่เดิม Model 2.....	47
5.1.11 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ Model2.....	47
5.1.12 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการวิ่งตามจุด Model 2.....	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	48
5.2.1 ในการทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model.....	48
5.2.2 ในการทดสอบแบตเตอรี่ของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model	48
5.2.3 ในการทดสอบความแม่นยำในการวิ่งตามจุดของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model	48
5.2.4 ในการทดสอบการประยุกต์ใช้ด้วยโปรแกรมสังเคราะห์.....	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก.....	51
ภาคผนวก ก	52
ภาคผนวก ข	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงตัวดำเนินการของภาษาซี	7
3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของ ARDUINO UNO R3	14
3.2 แสดงข้อมูลจำเพาะของ ARDUINO NANO	15
4.1 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้น Model 1	28
4.2 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยในการใช้งานจริง Model 1	29
4.3 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัว Model 1	30
4.4 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้นเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม Model 1.....	31
4.5 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิมในการใช้งานจริง Model 1	32
4.6 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัวและหมุนตัวกลับ Model 1	33
4.7 ผลการทดลองประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด Model 1.....	35
4.8 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้น Model 2	36
4.9 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยในการใช้งานจริง Model 2	37
4.10 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัว Model 2	38
4.11 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้นเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม Model 2	39
4.12 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิมในการใช้งานจริง Model 2	40
4.13 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัวและหมุนตัวกลับมาที่เดิม Model 2	41
4.14 ผลการทดลองประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด Model 2	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงรูปแบบการตรวจจับเส้นสีดำของเซ็นเซอร์ในหุ่นยนต์	3
2.2 โฟโตไดโอด	3
2.3 ภาพแสดงการแบ่งค่าแสงของเซ็นเซอร์	4
2.4 Arduino Uno R3	5
2.5 สัญลักษณ์ของ Arduino	5
2.6 อินเตอร์เฟซของโปรแกรม Arduino IDE	6
2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์	8
2.8 เกียร์มอเตอร์ชุดหุ่นยนต์รถสมาร์ต	8
2.9 กราฟดิจิทัล PWM(Pulse Width Modulation)	9
2.10 การทำงานของแบตเตอรี่	10
2.11 แบตเตอรี่ลิเธียมไอออน	11
3.1 IR Sensor	13
3.2 Arduino UNO R3	14
3.3 Arduino Nano	15
3.4 มอเตอร์เกียร์ 6 V	16
3.5 มอเตอร์ 12V	16
3.6 แบตเตอรี่ความจุ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง	17
3.7 ESP-01 โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สายผ่าน Wi-Fi (ESP8266EX)	18
3.8 L298N Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB) และการต่อวงจร	19
3.9 Arduino UNO R3 (ขา ENA และ ENB ถ้ามี jumper ต่ออยู่ที่หลอดออก)	19
3.10 จากการทดลองการต่อวงจร ทดสอบกับ บอร์ด Arduino UNO R3	20
3.11 ตำแหน่งขาของ Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB)	20
3.12 ภาพการต่อวงจรของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	21
3.13 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Perspective view	22
3.14 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Side view	22
3.15 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Top view	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Font view	22
3.17 ขนาดของหุ่นยนต์ส่วนฐาน	23
3.18 ขนาดของหุ่นยนต์ส่วนบน	23
3.19 ภาพการทดสอบต่อวงจรในหุ่นยนต์ Model 1	24
3.20 ภาพการทดสอบต่อวงจรในหุ่นยนต์ Model 2	24
3.21 หน้าต่างโปรแกรม Arduino พร้อมคำสั่งที่ใช้งาน	25
3.22 ทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ในหุ่นยนต์ Model 1	25
3.23 แอปพลิเคชันที่ออกแบบใช้ประยุกต์การใช้งาน	26
3.24 หน้าต่างแอปพลิเคชันการใช้งาน	26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
AGV	Automated Guided Vehicle (รถลำเลียงสินค้าอัตโนมัติ)
IR	Infrared (อินฟราเรด)
LED	Light-emitting diode (ไดโอดเปล่งแสง)
DC	Direct current (กระแสตรง)
AC	Alternating current electricity
USB	Universal Serial Bus (สื่อสารแบบอนุกรม)
ISO	International Organization for Standardization (มาตรฐานสากล)
PCB	Printed circuit board (แผ่นลายวงจร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการขนส่งสิ่งของในด้านการผลิตหรือการกระจายสินค้าได้มีระบบอัตโนมัติช่วยในการขนส่งได้แก่ การใช้ระบบรถนำทางอัตโนมัติ (Automated Guided Vehicle) มีชื่อย่อว่า AGV ซึ่งเป็นการขนส่งสิ่งของโดยการใช้หุ่นยนต์เป็นหลัก โดยระบบ Automated Guided Vehicle ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมาได้นำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากโรงงานส่วนใหญ่หลายโรงงานอาจมีพนักงานมากเกินไปจนความจำเป็นซึ่งส่งผลต่อต้นทุนหรือจำเป็นต้องขนย้ายสิ่งของตลอดเวลา หากต้องใช้แรงงานคนอาจมีการล่าช้าในขณะขนย้ายหรือมีแรงงานไม่เพียงพอ จึงทำให้ระบบ Automated Guided Vehicle ถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก

โครงการพิเศษนี้ได้นำระบบ Automated Guided Vehicle มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้แก่ สถานที่บริการ เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ Automated Guided Vehicle ให้เป็นที่รู้จักหรือมีพัฒนามากขึ้น โดยการใช้ซอฟต์แวร์ Arduino ในการควบคุมการทำงานของระบบและมีเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางเพื่อให้เกิดความปลอดภัย ซึ่งจะพัฒนาให้ระบบ Automated Guided Vehicle ให้มีความทันสมัยสอดคล้องกับยุคปัจจุบันที่มีการนำระบบแบบอัตโนมัติเข้ามามีส่วนร่วมในชีวิตประจำวันมากขึ้นหรือการพัฒนาระบบอัตโนมัติอื่นๆที่รองรับเทคโนโลยีในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อเป็นการพัฒนาระบบ Automated Guided Vehicle ให้ใช้งานในสถานที่อื่นได้
- 2) เพื่อศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม Arduino
- 3) เพื่อแก้ปัญหาต้นทุนแรงงานในการทำงานและเพิ่มความอำนวยความสะดวกในการขนส่ง

1.3 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา เจริญทฤษฎี และ/หรือ เจริญประยุกต์

- 1) สามารถเขียนโปรแกรม Arduino ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) สามารถออกแบบวงจรในระบบการทำงานของระบบ Automated Guided Vehicle
- 3) สามารถออกแบบเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง
- 4) สามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดในการออกแบบระบบอัตโนมัติสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการวิจัย

- 1) ออกแบบการเขียนโปรแกรม Arduino ให้ควบคุมการทำงานหุ่นยนต์
- 2) ออกแบบเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง
- 3) ทดสอบประสิทธิภาพและการใช้งาน

กิจกรรม	ระยะเวลา												
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	
1.ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีระบบ AGV													
2.ศึกษาค้นคว้าหลักการการเขียน โปรแกรม Arduino													
3.ศึกษาทฤษฎีเซ็นเซอร์ในการตรวจจับสิ่งกีดขวาง													
4.ออกแบบระบบ AVG													
5.ทดสอบประสิทธิภาพและทดสอบการใช้งาน													
6.สรุปผลการดำเนินการ													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หุ่นยนต์เดินตามเส้น เป็นเทคโนโลยีที่ใช้หุ่นยนต์อัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์มาทำการประมวลผล แทนการทำงานของมนุษย์ ซึ่งมีหลักการทำงานที่คล้ายกัน คือ หน่วยรับข้อมูลขาเข้า (Input Unit) หน่วยประมวลผล (Process Unit) ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์และหน่วยแสดงผล (Output Unit) ซึ่งการทำงานหลักจะใช้เซนเซอร์คอยตรวจสอบตำแหน่งและส่งข้อมูลที่ได้ไปที่หน่วยประมวลผล เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานและแสดงผลออกมาตามที่กำหนดไว้คือ เซนเซอร์แสง ซึ่งในที่นี้จะใช้เซนเซอร์อินฟราเรด (IR Sensor) ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเสมือนดวงตาของมนุษย์ ซึ่งจะทำงานโดยการตรวจจับเส้นสีดำบนพื้น เพื่อใช้เป็นตัวนำทางให้หุ่นยนต์เดินไปตามเป้าหมาย ซึ่งการตรวจสอบเซนเซอร์จะทำการตรวจสอบหุ่นยนต์เป็นช่วงๆ เพื่อไม่ให้เกิดการตรวจจับหลุดไปจากเส้นสีดำ^[1]



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงรูปแบบการตรวจจับเส้นสีดำของเซนเซอร์ในหุ่นยนต์

2.1 เซนเซอร์อินฟราเรด (IR SENSOR)



16140-1

รูปที่ 2.2 โฟโตไดโอด

(ที่มา : <https://www.vishay.com/photo-detectors/pin-photo/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 โครงสร้าง

เป็นอุปกรณ์ที่นำโฟโตไดโอด หรือโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำนำกระแสได้ เนื่องจากการให้พลังงานเพื่อตั้งอิเล็กทรอนิกส์ให้หลุดออกจากพันธะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮล เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าจะเกิดสนามแม่ไฟฟ้าในแท่งสาร ซึ่งจะช่วยให้ประจุอิเล็กตรอนและโฮลเคลื่อนที่ ซึ่งหลักการทำงานของโฟโตไดโอดจะอาศัยแสงในการเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กทรอนิกส์ในสารกึ่งตัวนำ^[2] มารวมเข้ากับวงจรควบคุมภายใน เพื่อใช้สำหรับความถี่สูงโดยเฉพาะ ซึ่งเซนเซอร์อินฟราเรดนั้นจะตอบสนองเฉพาะกับแสงอินฟราเรดเท่านั้น ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุและแสงที่มีความถี่ช่วง 10^{11} - 10^{14} เฮิร์ตซ์หรือความถี่ตั้งแต่ 1-1000 ไมโครเมตร^[3] ใช้งานร่วมกับ LED อินฟราเรด นิยมใช้ส่งข้อมูลในระยะไกล เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานเซนเซอร์อินฟราเรดได้แก่ โทรทัศน์ เครื่องเล่นดีวีดี วิทยุในหุ่นยนต์หรือกล่องรับดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้เซนเซอร์นี้จะป็น หน่วยรับข้อมูลขาเข้า (Input Unit)^[4]

2.1.2 การทำงาน

หลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ^[1] คือ

1. เมื่อเซนเซอร์แสงวัดค่าแสงแล้วพบว่าป็นสีดำ หุ่นยนต์จะเลี้ยวออกจากเส้นสีดำ
2. เมื่อเซนเซอร์แสงวัดค่าได้แสงแล้วพบว่าป็นสีขาว(หรือสีอื่นๆที่ไม่ใช่สีดำ) หุ่นยนต์จะเคลื่อนที่กลับไปหาเส้นสีดำ



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการแบ่งค่าแสงของเซนเซอร์ออกเป็น 2 ส่วนสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์^[5]

2.2 ARDUINO

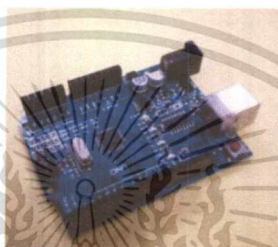
Arduino เป็นบอร์ดที่สร้างขึ้นโดย แมสซิโม บันซิ (Massimo Banzi) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาต้นทุนต่ำ ที่ช่วยให้นักโปรแกรมมือใหม่ใช้ในการเขียนโปรแกรมในการควบคุมในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ บอร์ด Arduino สามารถเชื่อมต่อกับชนิดของมอเตอร์เซนเซอร์และอุปกรณ์อื่นๆ โดยสามารถสร้างการแสดงผลการโต้ตอบหรือควบคุมหุ่นยนต์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 Hardware

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป ที่รวบรวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็นมารวมไว้ในบอร์ดเดียว และสามารถยังเปิดเผยข้อมูลทุกอย่างแบบสาธารณะจากผู้ผลิต ทั้งลายวงจรและตัวอย่างโปรแกรม ทำให้ผู้ใช้สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ง่าย โดยใช้งานคู่กับคอมพิวเตอร์ โดยบริษัทที่ผลิตนั้นได้ผลิตบอร์ดออกมาหลายรุ่น หลายขนาด โดยแต่ละรุ่นก็มีข้อดีแตกต่างกัน ในที่นี้จะใช้เป็นตัวประมวลผล(Process Unit)^[6]

เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เพราะมีราคาไม่แพง ใช้ในการสร้างโครงการ(project) ที่มีขนาดไม่ใหญ่มากและมี library ต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นมาสนับสนุนอย่างมากมาย



รูปที่ 2.4 Arduino Uno R3

2.2.2 Software

ชุดคำสั่งหรือโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์รับเข้าและส่งออกข้อมูลที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เขียนขึ้นโดยภาษาคอมพิวเตอร์จากนักเขียนโปรแกรม (Programmer) เนื่องจากคอมพิวเตอร์นั้นมีการทำงานตามชั้นลำดับ สำหรับภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมนั้นจะมีลักษณะรูปแบบโดยเฉพาะที่จะสามารถทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้^[8] ซึ่งในบทความนี้จะใช้ Software ของ Arduino โดยใช้ภาษา Arduino ซึ่งที่จริงก็คือภาษา C หรือ C++ ซึ่งจะใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมตัวประมวลผล MCU ของหุ่นยนต์นั้นคือคอยให้คำสั่งหุ่นยนต์ในการประมวลผลข้อมูล



รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ของ Arduino

(ที่มา : <https://www.arduino.cc/>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 Arduino IDE

โปรแกรมที่ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Arduino , คอมไพล์โปรแกรม (Compile) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด (Upload) เพื่อคอป้อนข้อมูลคำสั่งในการประมวลผลหุ่นยนต์และแสดงผลออกมา^[9]

```

Arduino IDE (Windows Store 1.6.19.0)
File Edit View Tools Help

Arduino IDE

1  // (0)digitalRead(D3) -- 2) 44 digitalRead(D3) -- 3) 44 digitalRead(D3) -- 13) // (0)digitalRead(D3) 44 digitalRead(D3) 44 digitalRead(D3) 44 digitalRead(D3)
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611
2612
2613
2614
2615
2616
2617
2618
2619
2620
2621
2622
2623
2624
2625
2626
2627
2628
2629
2630
```

2.2.2.3 ชุดคำสั่งและตัวดำเนินการ

ภาษาซีมีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้างและสามารถกำหนดขอบข่ายตัวแปรและเรียกซ้ำ เช่นเดียวกับภาษาโปรแกรมเชิงคำสั่งส่วนใหญ่ในสายตระกูลภาษาอัลกอลิทึม ในขณะที่ระบบชนิดตัวแปรแบบอพลวัตช่วยป้องกันการดำเนินการที่ไม่ได้ตั้งใจ รหัสที่ทำงานได้ทั้งหมดในภาษาซีถูกบรรจุอยู่ในฟังก์ชัน พารามิเตอร์ของฟังก์ชันส่งผ่านด้วยค่าของตัวแปรเสมอ ส่วนการส่งผ่านด้วยการอ้างอิงจะถูกจำลองขึ้นโดยการส่งผ่านค่าตัวชี้ ชนิดข้อมูลรวมแบบแตกต่าง (struct) ช่วยให้กลุ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันสามารถรวมกันและจัดการได้ในหน่วยเดียว รหัสต้นฉบับของภาษาซีเป็นรูปแบบอิสระ ซึ่งใช้ฉอฒภาค (;) เป็นตัวจบคำสั่งได้^[10]

ภาษาซีรองรับตัวดำเนินการหลายประเภท ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ในนิพจน์เพื่อระบุการจัดการที่จะถูกทำให้เกิดผล ระหว่างการประเมินค่าของนิพจน์นั้น

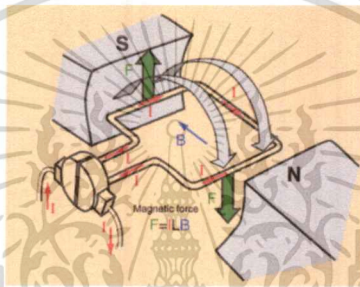
ตารางที่ 2.1 แสดงตัวดำเนินการของภาษาซี

พีชคณิต	(+, -, *, /, %)
การกำหนดค่า	(=)
การกำหนดค่าแต่งตั้ง	(+=, -=, *=, /=, %=, &=, =, ^=, <<=, >>=)
ตรรกะระดับบิต	(~, &, , ^)
การเลื่อนระดับบิต	(<<, >>)
ตรรกบูลีน	(!, &&,)
การประเมินค่าเชิงเงื่อนไข	(?:)
การทดสอบภาวะเท่ากัน	(==, !=)
การรวมอาร์กิวเมนต์ฟังก์ชัน	(())
การเพิ่มค่าและการลดค่า	(++, --)
การเลือกสมาชิกในวัตถุ	(., ->)
ขนาดของวัตถุ	(sizeof)
ความสัมพันธ์เชิงอันดับ	(<, <=, >, >=)
การอ้างอิงและการถูกอ้างอิง	(&, *, [])
การลำดับ	(,)
การจัดกลุ่มนิพจน์ย่อย	(())
การแปลงชนิดข้อมูล	(())

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน (ที่มา: <http://marcuscode.com/lang/c/operators>) มาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มอเตอร์และล้อรถ

การทำงานของหุ่นยนต์เดินตามเส้นในงานวิจัยนี้นั้นจะใช้อุปกรณ์ที่แสดงผลการสั่งการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์อย่าง Arduino คือมอเตอร์และล้อ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลทำให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวได้ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งานตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์อุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ถึงสองแบบ ได้แก่ การสร้างพลังงานกล และ การผลิตพลังงานไฟฟ้า^[11]



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์

(ที่มา : <http://www.psptech.co.th/มอเตอร์motorคืออะไร-19171.page>)

มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC) เช่น จากแบตเตอรี่ หรือถ่านไฟฉาย หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับ (AC) เช่น จากไฟบ้าน ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้จะใช้มอเตอร์แบบเกียร์กระแสตรงแบบติดล้อ ซึ่งมีแรงดันมอเตอร์ประมาณ 12V เพื่อสามารถรองรับการใช้งานกับคูกับ Arduino และเร่งประสิทธิภาพด้านความเร็วให้กับตัวรถได้



รูปที่ 2.8 เกียร์มอเตอร์ชุดหุ่นยนต์รถรถสมาร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

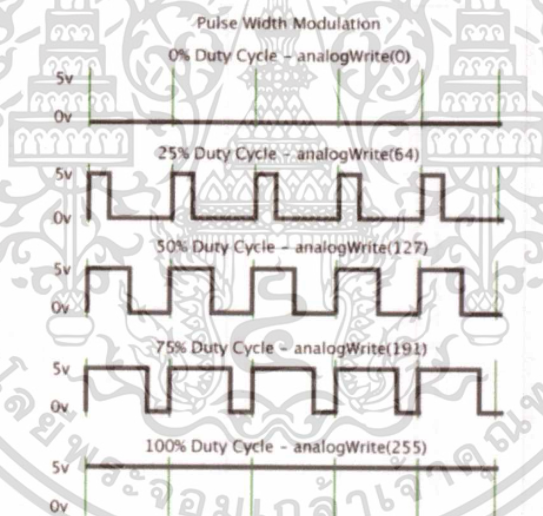
2.3.1 โมดูลขับมอเตอร์ (Motor Drive Module L298N)

H-Bridge เป็นโมดูลที่ใช้ในการควบคุมความเร็วและทิศทางของมอเตอร์และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ Project อื่นได้อีกด้วย เช่น ตัวหรี่ไฟในบ้าน หรือที่หรี่ไฟในไฟฉายติดกบ แต่การใช้หลอดไส้ทำให้เราเห็นการกระพริบน้อยมากกว่าใน Led

H-Bridge เป็นวงจรที่สามารถใช้ควบคุมกระแสได้ทั้งขั้วบวกและลบด้วยการควบคุม pulse width modulation (PWM) เป็นการควบคุมแบบ digital ที่มีการนำมาใช้กันมาก โดยส่วนมากเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและ สามารถควบคุม Out Put ได้ โดยมีการกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานน้อยมาก กล่าวคือวงจรพวกนี้จะมีการปล่อยการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าวงจรรุ่นเก่ามาก โดยเฉพาะการควบคุมโวลต์หลอดกระแส output^[16]

2.3.2 PWM(Pulse Width Modulation)

PWM คือเทคนิคการส่งสัญญาณแบบสวิตช์ หรือ ส่งค่าดิจิทัล 0-1 โดยสัญญาณความถี่คงที่ การควบคุมระยะเวลาสัญญาณสูงและสัญญาณต่ำ ที่ต่างกัน ก็จะทำให้ค่าแรงดันเฉลี่ยของสัญญาณสวิตช์ต่างกันด้วย



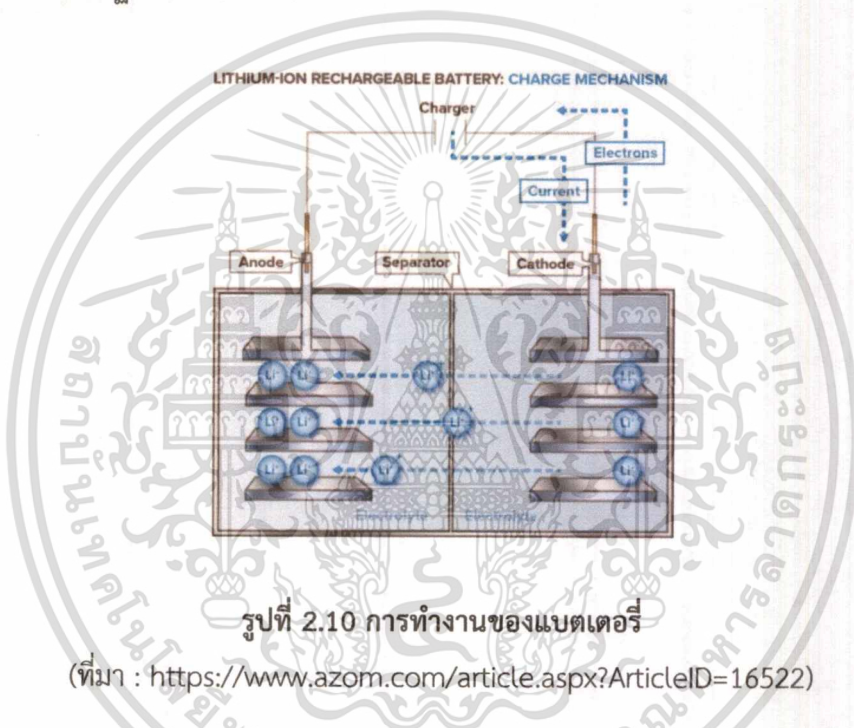
รูปที่ 2.9 กราฟดิจิทัล PWM(Pulse Width Modulation)

(ที่มา : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/PWM>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แบตเตอรี่

เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย เซลล์ไฟฟ้าเคมี หนึ่งเซลล์หรือมากกว่า ที่มีการเชื่อมต่อภายนอก เพื่อให้กำลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า^[12] แบตเตอรี่มี ขั้วบวก (anode) และ ขั้วลบ (cathode) ขั้วที่บวก จะมีพลังงานศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าขั้วที่ลบ ขั้วที่มีเครื่องหมายลบคือแหล่งที่มาของอิเล็กตรอนที่เมื่อเชื่อมต่อกับวงจรภายนอกแล้วอิเล็กตรอนเหล่านี้จะไหลและส่งมอบพลังงานให้กับอุปกรณ์ภายนอก เมื่อแบตเตอรี่เชื่อมต่อกับวงจรภายนอก สาร อิเล็กโทรไลต์ มีความสามารถที่จะเคลื่อนที่โดยทำตัวเป็น ไอออน ยอมให้ปฏิกิริยาทางเคมีทำงานแล้วเสร็จในขั้วไฟฟ้าที่อยู่ห่างกัน เป็นการส่งมอบพลังงานให้กับวงจรภายนอก การเคลื่อนไหวของไอออนเหล่านั้นที่อยู่ในแบตเตอรี่ทำให้เกิดกระแสไหลออกจากแบตเตอรี่เพื่อปฏิบัติงาน (Bat61)



แบตเตอรี่แบ่งออกเป็นสองประเภทคือ

- 1) แบตเตอรี่ปฐมภูมิ ซึ่งใช้แล้วทิ้งซึ่งวัสดุที่ใช้ขั้วไฟฟ้ามมีการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวรในช่วงปล่อยประจุออก เช่น แบตเตอรี่อัลคาไลน์
- 2) แบตเตอรี่ทุติยภูมิ สามารถชาร์จไฟได้หลายครั้ง ขั้วไฟฟ้าสามารถเรียกคืนสภาพเดิมได้โดยกระแสย้อนกลับ เช่น แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ ลิเทียมโพลิเมอร์^[14] คือ

- 1) มีน้ำหนักเบาในเมื่อเทียบกับความจุ (mAh)
- 2) สามารถจ่ายกระแสได้ปริมาณมากกว่าความจุ ทำให้หุ่นยนต์มีความเร็วเพิ่มขึ้น
- 3) แรงดันคงที่ หุ่นยนต์จะทำงานนิ่ง
- 4) มีหลายขนาด ทำให้ติดตั้งได้ง่าย
- 5) คายประจุด้วยตัวเอง (Self-Discharge) น้อย

ข้อเสียของแบตเตอรี่แบบ Li-Po เมื่อนำมาใช้กับหุ่นยนต์

- 1) มีราคาแพงเมื่อเทียบกับแบตเตอรี่ชนิดอื่นๆ
- 2) ต้องใช้เครื่องชาร์จที่มีความเฉพาะ ซึ่งบางแบบก็มีราคาแพง
- 3) ต้องให้การดูแลเป็นพิเศษ ถ้าเกิดการลัดวงจรจะเกิดความเสียหายมาก
- 4) ต้องคอยดูแลเรื่องปริมาณความจุ ถ้าแบตเตอรี่ใกล้หมด จะเกิดการสูญเสียแรงดันและแบตเตอรี่เกิดความเสียหาย จึงต้องมีการตรวจวัดความจุของแบตเตอรี่อยู่เสมอเมื่อใช้งาน



รูปที่ 2.11 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน

2.5 ทฤษฎีและสมการ

ในงานวิจัยนี้จะใช้ทฤษฎีและสมการในการวัดประสิทธิภาพการใช้งานของหุ่นยนต์ ซึ่งจะวัดการทำงานในด้านต่างๆ เพื่อบอกสเปคการทำงานด้านต่างๆ ของหุ่น ซึ่งอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์จะต้องมีการบอกประสิทธิภาพการทำงานต่างๆ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ไฟฟ้า

ในงานวิจัยหุ่นยนต์นั้น ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนเป็นตัวจ่ายพลังงานในการทำงานของหุ่นเป็นหลัก ซึ่งไฟฟ้านั้นประกอบด้วยกระแส แรงดัน รวมกันเป็นกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับชิ้นส่วนต่างๆของหุ่นยนต์ ซึ่งการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามากหรือน้อยมีผลต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยทั้งสิ้น รวมทั้งมีผลต่อการทำงานโดยรวมของหุ่นยนต์ด้วย เราจึงหาประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้นของหุ่นยนต์ที่ยังไม่ประยุกต์การใช้งานโดยใช้ทฤษฎีพลังงานไฟฟ้า

$$\text{กำลังไฟฟ้า} = \text{แรงดันไฟฟ้า} \times \text{กระแสไฟฟ้า}$$

$$P = E \times I$$

กำลังไฟฟ้า (P) มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

แรงดันไฟฟ้า (E) มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

กระแสไฟฟ้า (I) มีหน่วยเป็น แอมป์ (A)

2.5.2 อัตราเร็ว

เนื่องด้วยหุ่นยนต์นั้นเป็นการเดินทางด้วยล้อไปข้างหน้า ซึ่งเป็นมิติเดียว และการใช้งานนั้นคือการเดินทางไปในระยะทางต่างๆ ซึ่งสามารถจับเวลาการวิ่งไปแต่ละตำแหน่งได้ ซึ่งสมการที่ใช้ในการหาค่าคือ

$$\text{อัตราเร็ว} = \text{ระยะทาง} / \text{เวลา}$$

$$v = s/t$$

อัตราเร็ว (v) มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ระยะทาง (s) มีหน่วยเป็น เมตร

เวลา (t) มีหน่วยเป็น วินาที

ซึ่งค่าที่ได้จากการสมการนั้นจะนำมาหาข้อมูลทางทฤษฎีตามสเป็คของอุปกรณ์แต่ละชิ้นและนำไปเปรียบกับการใช้งานจริงว่าสามารถใช้งานอุปกรณ์ได้เต็มประสิทธิภาพเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบรูปร่างของหุ่นยนต์ด้วยตัวเอง แต่มีการต่อยอดการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรและคำสั่งที่ใช้ เพื่อไปประยุกต์ใช้ตามความต้องการของผู้วิจัย ซึ่งในหุ่นยนต์ Model 1 ใช้วัสดุที่ทำจากถังกระดาษ มอเตอร์ 6V แบตเตอรี่ขนาด 1800 มิลลิแอมป์ชั่วโมง และใช้ Arduino Uno เป็นตัวควบคุมก่อน เพื่อเป็นการทดสอบระบบการทำงานเบื้องต้นในงบประมาณที่จำกัด ซึ่งวัสดุใน Model 1 มีราคาถูกมากๆ พอทดสอบเสร็จหมดจึงทำการสร้าง Model 2 ซึ่งใช้วัสดุที่ดีขึ้น และปรับปรุงแก้ไขส่วนที่ Model 1 ทำได้ไม่ดี เช่น แบตเตอรี่ เซนเซอร์ อีกทั้งวัสดุยังคงทนกว่า แต่มาพร้อมกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นซึ่งอาจทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานลดลง จึงได้ทำการเปลี่ยนมอเตอร์เพื่อเพิ่มความเร็วมาทดแทน

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 โมดูลอินฟราเรดเซนเซอร์ Line tracker KY-033

- 1) กระแสที่ทำงาน : 18mA - 20mA ที่ 5V
- 2) ภายในตัวเซ็นเซอร์แบบนี้จะมีตัวส่ง และ ตัวรับ ติดตั้งภายในตัวเดียวกัน
- 3) มุมการตรวจจับ 35 °
- 4) ขนาด : 2.8 ซม. x 2.3 ซม.
- 5) แรงดันไฟฟ้าภายนอก VCC 3.3V-12V
- 6) สัญญาณเอาต์พุต : ระดับ TTL (ระดับต่ำมีสิ่งกีดขวางไม่มีอุปสรรคสูง)
- 7) การปรับ: ปรับความไวการตรวจจับได้
- 8) อุณหภูมิในการทำงาน: -10 ° C ~ + 50 ° c
- 9) เหมาะสำหรับชิ้นงานที่มีลักษณะที่บแสงไม่เป็นมันวาวเนื่องจากอาจทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าใจผิดว่าเป็นตัวแผ่นสะท้อน และ ทำให้ทำงานผิดพลาดได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **รูปที่ 3.1 IR Sensor** นั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 Arduino

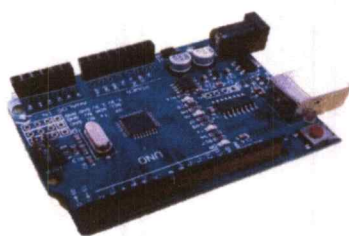
3.1.2.1 Arduino Uno

เป็นบอร์ด ARDUINO ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดเพราะราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจค และ Library ต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมาใช้นั้น จะอ้างอิงจากบอร์ดนี้เป็นหลัก เหมาะสำหรับคนที่เริ่มต้นเรียนรู้ และมี Shield ให้เลือกใช้งานได้มากกว่ารุ่นอื่น ๆ ปัจจุบัน มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 จนถึง R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD^[7]

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลจำเพาะของ Arduino UNO R3

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	14 พอร์ต (มี 6 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	6 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในแต่ละพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 500B ใช้โดย Bootloader
พื้นที่แรม	2KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz
ขนาด	68.6x53.4 mm
น้ำหนัก	25 กรัม

(ที่มา : <https://www.arduitronics.com/product/8/arduino-uno-r3-free-usb-cable>)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.2 Arduino UNO R3
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

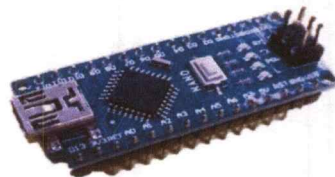
3.1.2.2 Arduino Nano

บอร์ด Arduino Nano ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก และใช้ทำงานทั่วไป ใช้ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ ATmega168 หรือเบอร์ ATmega328 ซึ่งมี 2 รุ่นคือ 2.3 และ 3 โปรแกรมผ่านโปรโตคอล UART มีชิป USB to UART มาให้ ใช้ Mini USB เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ มีพอร์ตดิจิทัลอินพุตเอาต์พุต 14 พอร์ต มีพอร์ตอนาล็อกอินพุต 8 พอร์ต บนบอร์ดยังมีเรกูเลเตอร์สามารถจ่ายไฟได้ตั้งแต่ 7 – 12V เพื่อให้บอร์ดทำงานได้ (จ่ายไฟที่ขา VIN) กรณีมีแหล่งจ่ายไฟ 5V อยู่แล้วก็จ่ายเข้าได้เลยที่ขา 5V

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลจำเพาะของ Arduino Nano

ชิปไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega32u4
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	20 พอร์ต (มี 7 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	12 พอร์ต
กระแสไฟที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต	40mA
กระแสไฟที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	32KB พื้นที่โปรแกรม, 4KB ใช้โดย Bootloader
พื้นที่แรม	2.5KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	1KB
ความถี่คริสตัล	16MHz
ขนาด	48x18 mm
น้ำหนัก	13 กรัม

(ที่มา : <http://www.robotinc.asia/Arduino/ArduinoNANO.html>)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ร่วมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.3 Arduino Nano
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 แผ่นอะคริลิกใส

3.1.4 มอเตอร์ติดล้อรถ 6V และ 12V

มอเตอร์ 6V

- 1) แรงดันไฟฟ้า: 3V ถึง 6V DC
- 2) No-load speed : 1:48 (เมื่อเป็น 3V)
- 3) 6V รอบ 240 รอบ/นาที
- 4) โหลด : 70mA (สูงสุด 250mA) (เมื่อเป็น 3V)



รูปที่ 3.4 มอเตอร์เกียร์ 6 V

มอเตอร์ 12V

- 1) แรงดันไฟฟ้า: 6V ถึง 12V DC
- 2) No-load speed : 1:48 (เมื่อเป็น 3V)
- 3) 12V รอบ 400 รอบ/นาที
- 4) โหลด : 220mA เมื่อเป็น 6V)



รูปที่ 3.5 มอเตอร์ 12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ขนาด 1800 และ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง

- 1) ขนาด ยาว x สูง x กว้าง 125 x 21 x 18 mm./ก้อน
- 2) ความจุ 2400 mAh
- 3) Voltage 11.1V
- 4) ค่าจ่ายกระแสไฟฟ้า 20c
- 5) จำนวน Cell 3 เซลล์ = 11.1V



รูปที่ 3.6 แบตเตอรี่ความจุ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง

3.1.6 โมดูล Wi-fi NodeMCU v3 ESP8266 สื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สายผ่านWi-Fi

เป็นโมดูลที่ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อกับเครือข่ายข้อมูลในแบบไร้สายผ่าน Wi-Fi ได้ง่ายขึ้น เนื่องจากตัวโมดูลนี้จะทำหน้าที่จัดการขั้นตอนต่าง ๆ ในการเชื่อมต่อกับเครือข่ายข้อมูล เพียงได้รับคำสั่งในรูปแบบ AT command จากไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์ ทำให้การพัฒนาโปรแกรมทางฝั่งไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อเครือข่ายข้อมูลผ่าน Wi-Fi ทำให้ง่ายขึ้น และ โมดูลนี้มีราคาไม่สูง เมื่อเทียบกับความสามารถ

คุณสมบัติทางเทคนิค

- 1) ใช้ชิปเบอร์ ESP8266 ของ Espressif Systems บรรจุซีพียู 32 บิต
- 2) บรรจุเฟิร์มแวร์รุ่นล่าสุด (V091) และรองรับการอัปเดตในอนาคต
- 3) มีหน่วยความจำแฟลชแบบอนุกรมความจุ 4 เมกะบิต
- 4) รองรับการสื่อสารไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 b / g / n
- 5) เชื่อมต่อเครือข่ายข้อมูลผ่าน Wi-Fi แบบ Direct (P2P) และ soft-AP
- 6) มี TCP/IP โพรโตคอลสแต็กในตัว
- 7) มี TR switch, balun, LNA, วงจรขยายกำลังออกอากาศและแมตชิ่งเน็ตเวิร์คในตัว
- 8) มีสายอากาศในตัว กำลังส่ง 19.5dBm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9) กำหนดการทำงานด้วยการป้อนคำสั่ง ATcommand ผ่านขาสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART
- 10) ใช้เวลา 2 มิลลิวินาทีในการเชื่อมต่อและถ่ายทอดแพ็คเก็ตข้อมูล
- 11) ใช้กระแสไฟฟ้าสูงสุด 215mA ที่อัตราการถ่ายถอดข้อมูล 1 เมกะบิตต่อวินาที ไฟเลี้ยง 3.3V และใช้ ร้อยกว่า 0.1mW เมื่อทำงานในโหมดสแตนด์บาย
- 12) มีคอนเน็กเตอร์ IDC 8 ขาแฉกคู่ (4x2 ขา) ระยะห่างขา 2.54 มม. สำหรับเชื่อมต่อ กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 13) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา UART (TxD และ RxD) ด้วยอัตราบอด 115,200 บิตต่อวินาที (ไม่แนะนำให้ใช้ Software UART)
- 14) ขนาด 14.3 x 24.8 มม.



รูปที่ 3.7 ESP-01โมดูลสื่อสารข้อมูลอนุกรมไร้สายผ่าน Wi-Fi (ESP8266EX)

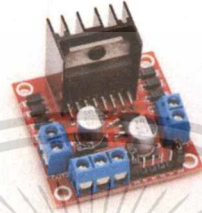
งานวิจัยนี้จะทำการใช้โมดูล ESP-01 กับแอปพลิเคชันบนมือถือผ่านระบบ Wi-fi ที่เชื่อมต่อได้จากสมาร์ทโฟนในการเรียกใช้งานและเรียกหุ่นยนต์เพื่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

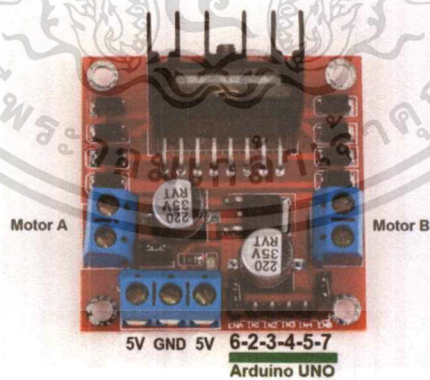
3.1.7 โมดูลขับมอเตอร์ (Motor Drive Module L298N)

สำหรับโมดูล PWM ของ Arduino มีความละเอียด 8 bit หรือ ปรับได้ 255 ระดับ ดังนั้น สัญญาณ 0 โวลต์ถึง 5 โวลต์ จะถูกแสดงเป็นสัญญาณแบบดิจิตอล จะได้ 0 ถึง 255 ซึ่งเราสามารถเทียบสัดส่วนคำนวณจากเลขจริง เป็น เลขทางดิจิตอลได้ ตัวอย่าง ถ้า $5V = 255$ $1.0v$ จะเท่ากับ $1V = 255/5.0V \times 1.0V = 51$

ถ้า Jumper อยู่ที่ขา ENA และ ENB ให้ถอดออก

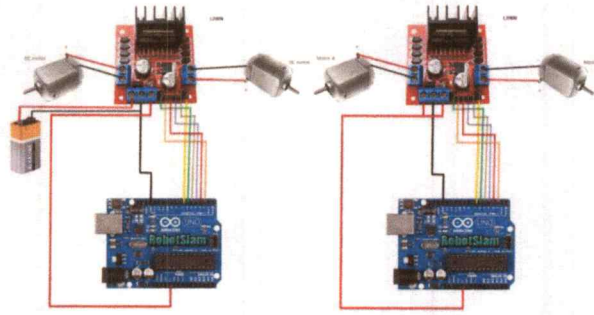


รูปที่ 3.8 L298N Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB) และการต่อวงจร
(ที่มา : <https://robotsiam.blogspot.com/>)



รูปที่ 3.9 Arduino UNO R3 (ขา ENA และ ENB ถ้ามี Jumper ต่ออยู่ให้ถอดออก)
(ที่มา : <https://robotsiam.blogspot.com/>)

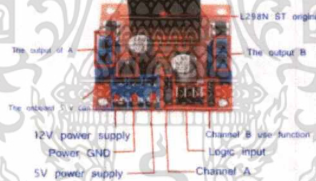
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 จากการทดลองการต่อวงจร ทดสอบกับ บอร์ด Arduino UNO R3 ต่อกับ คอมพิวเตอร์ ผ่านทางสาย USB

(ที่มา : <https://robotsiam.blogspot.com/>)

มอเตอร์ ทั้ง 2 ตัว สามารถ ทำงานได้ โดยไม่ต้อง ต่อแบตเตอรี่ 9 V เมื่อทดลองถอดสาย USB จาก คอมพิวเตอร์ออก แล้ว ป้อนไฟเข้าทางพอร์ต Power Supply ของ บอร์ด Arduino UNO R3 ก็ สามารถทำงานได้ตามปกติเช่นเดียวกัน



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งขาของ Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB)

(ที่มา : <https://robotsiam.blogspot.com/>)

คุณสมบัติ

- 1) L298N Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB)
- 2) โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ L298N
- 3) สามารถเลือกใช้สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ หรือ สเต็ปมอเตอร์
- 4) สามารถควบคุมหมุนกลับทิศทางได้แบบอิสระ
- 5) ขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 2 ตัว พร้อมกัน หรือขับเคลื่อนมอเตอร์ได้ 1 ตัว
- 6) รองรับแรงดันได้กว้าง : 7-35Vdc

7) จ่ายกระแสสูงสุด 2 แอมป์ต่อข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

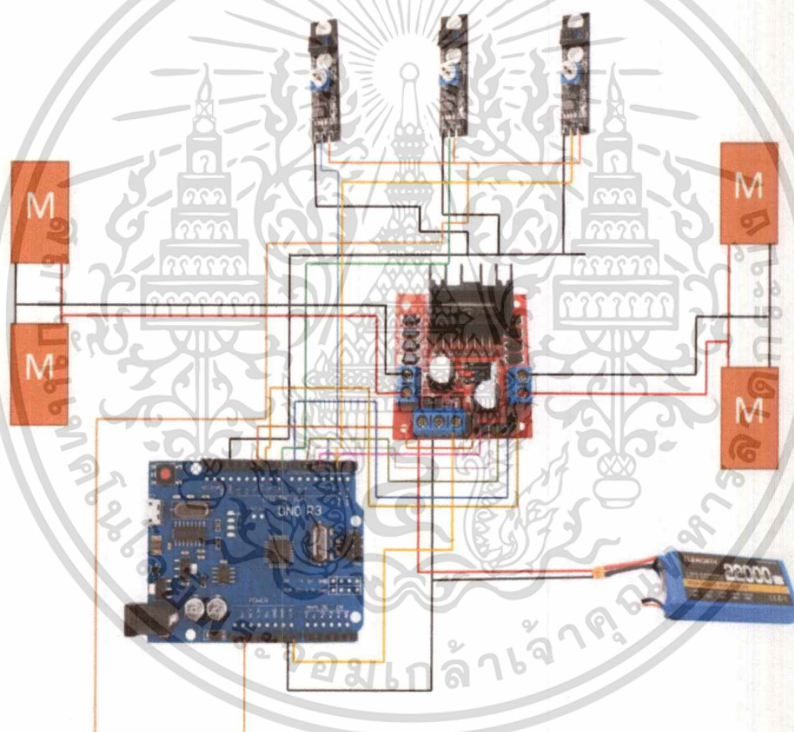
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมการผลิตและวิเคราะห์คุณลักษณะการใช้งานที่ต้องการ

3.2.1.1 ในงานวิจัยนี้จะทำการผลิตหุ่นยนต์เพื่อใช้งานจริง ดังนั้นวัสดุที่ใช้จะต้องมีความคงทน ราคาจับต้องได้ และคุ้มค่า

3.2.1.2 งานวิจัยนี้จะทำการออกแบบการใช้งานเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่าที่ทำได้ ทั้งความเร็วและระยะเวลาใช้งานต่อเนื่อง และความแม่นยำของระบบการเดินอัตโนมัติ

3.2.1.3 ในงานวิจัยนี้จะออกแบบหุ่นยนต์เดินตามเส้นอัตโนมัติโดยสามารถวิ่งด้วยระบบอัตโนมัติ และสามารถเรียกใช้งานด้วยแอปพลิเคชันผ่านโมดูล Wi-fi

3.2.1.4 ในงานวิจัยนี้จะออกแบบให้สามารถขนส่งวัสดุที่มีน้ำหนักในระดับหนึ่ง เช่น เอกสาร ดังนั้นการออกแบบจะสามารถทำให้ตัวรถส่งเอกสารได้อัตโนมัติ



รูปที่ 3.12 ภาพการต่อวงจรของหุ่นยนต์เดินตามเส้น

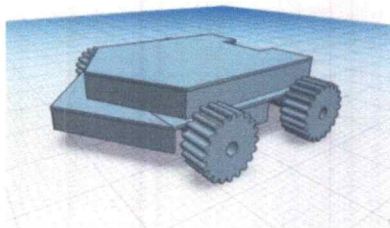
3.2.2 ขั้นตอนการวางแผนออกแบบและเลือกใช้วัสดุตามการใช้งานที่ต้องการ

3.2.2.1 ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโมเดลเป็น 3D ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยสามารถประกอบและบอกขนาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ขั้นตอนการผลิตหุ่นยนต์

3.2.3.1 การออกแบบด้วยโปรแกรม



รูปที่ 3.13 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Perspective view



รูปที่ 3.14 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Side view

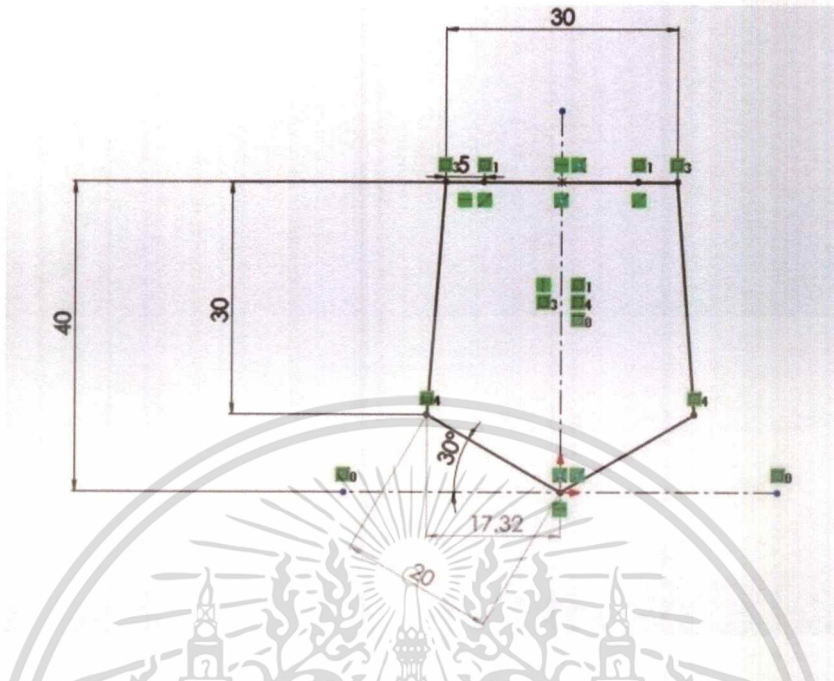
รูปที่ 3.15 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Top view



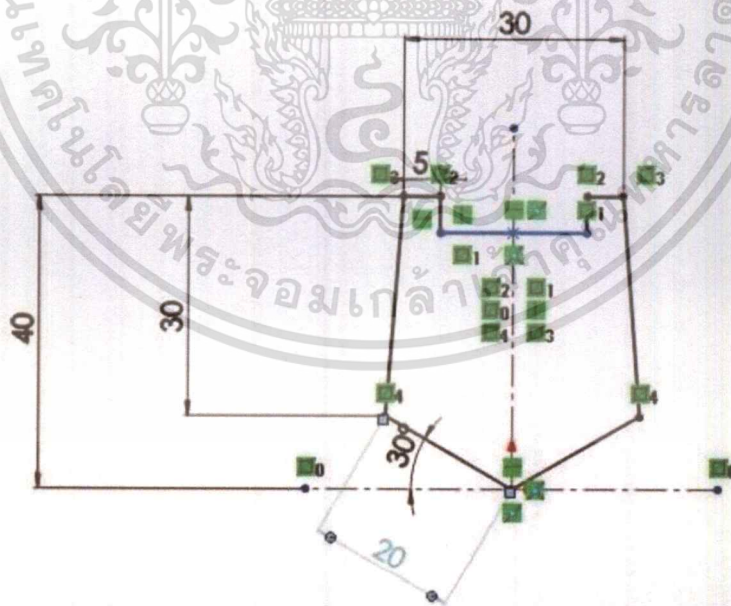
รูปที่ 3.16 โมเดลรถหุ่นยนต์เดินตามเส้น Front view

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 ตัดขนาดของอะคริลิกแต่ละด้านตามขนาดและออกแบบตำแหน่งวงจร



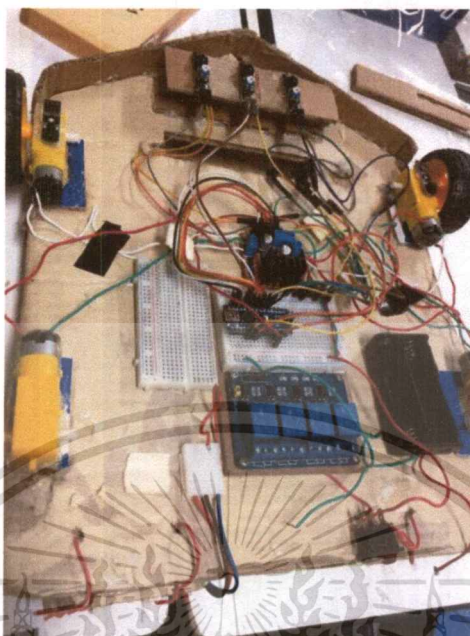
รูปที่ 3.17 ขนาดของหุ่นยนต์ส่วนฐาน



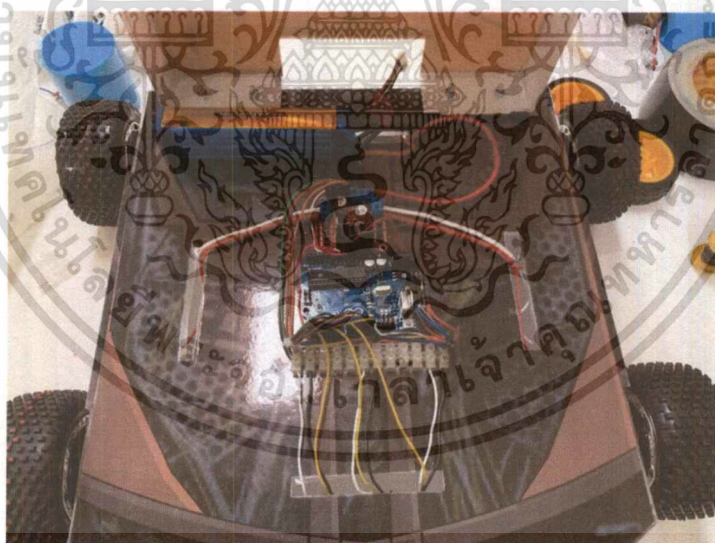
รูปที่ 3.18 ขนาดของหุ่นยนต์ส่วนบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.3 ทำการต่อวงจร(Model 1)



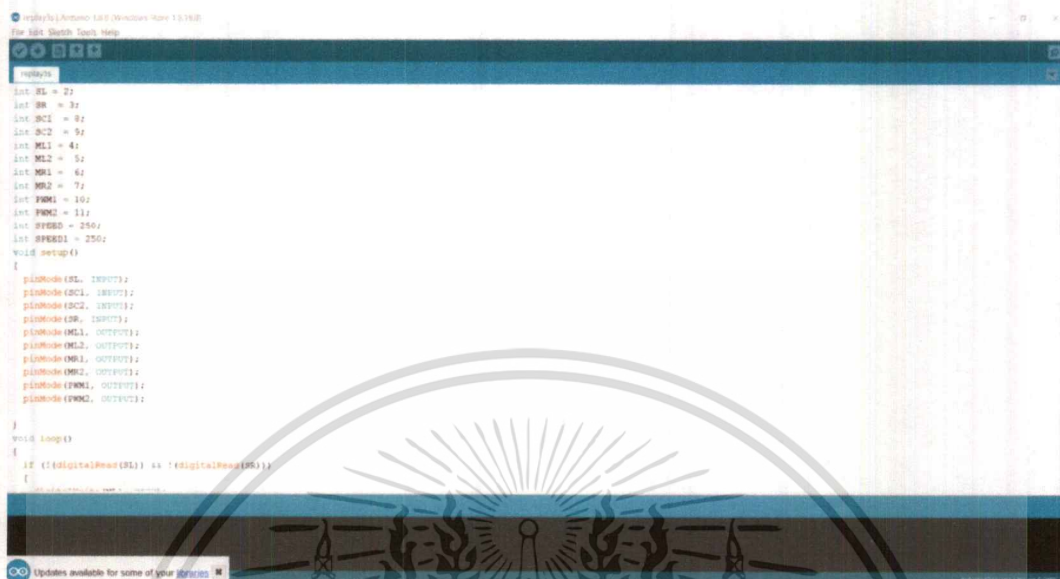
รูปที่ 3.19 ภาพการทดสอบต่อวงจรในหุ่นยนต์ Model 1



รูปที่ 3.20 ภาพการทดสอบต่อวงจรในหุ่นยนต์ Model 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.4 เชื่อมต่อ Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์และทำการเขียนโค้ดลงไป ซึ่งมีระบุไว้ในภาคผนวก ก



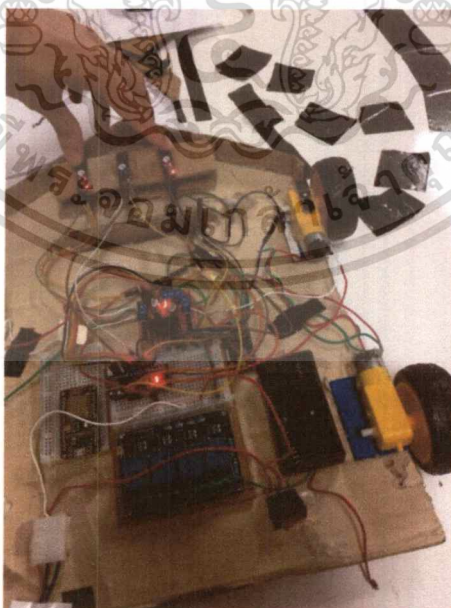
```

int SRV1 = 2;
int SRV2 = 3;
int PWR1 = 9;
int PWR2 = 10;
int PUL1 = 4;
int PUL2 = 5;
int MTR1 = 6;
int MTR2 = 7;
int PWR3 = 12;
int PWR4 = 13;
int PWR5 = 256;
int PWR6 = 256;
void setup()
{
  pinMode(SRV1, OUTPUT);
  pinMode(SRV2, OUTPUT);
  pinMode(PWR1, OUTPUT);
  pinMode(PWR2, OUTPUT);
  pinMode(PWR3, OUTPUT);
  pinMode(PWR4, OUTPUT);
  pinMode(PWR5, OUTPUT);
  pinMode(PWR6, OUTPUT);
}
void loop()
{
  if (digitalRead(MTR1) == HIGH)
  {

```

รูปที่ 3.21 หน้าต่างโปรแกรม Arduino พร้อมคำสั่งที่ใช้งาน

3.2.3.5 เสร็จแล้วทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ เช่นนี้การทำการทดสอบต่างๆจะเปลี่ยนโค้ดเพื่อสั่งการหุ่นยนต์ในการทำงานที่แตกต่างตามสิ่งที่ต้องการ



รูปที่ 3.22 ทดสอบการตอบสนองของเซนเซอร์ในหุ่นยนต์ Model 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และเพื่อการศึกษาเท่านั้น ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การออกแบบ Software เสริม

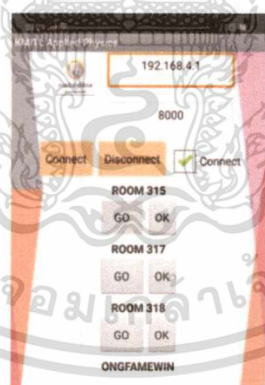
ในงานวิจัยนี้จะประยุกต์การใช้งานของตัวรถเพิ่มเติมโดยการเพิ่มเติมระบบการใช้งานระยะไกล โดยสามารถสั่งการหุ่นยนต์ผ่านแอปพลิเคชันได้ ซึ่งการเชื่อมต่อจะเป็นแบบ Wi-Fi เข้ากับอุปกรณ์โมดูล Wi-Fi ที่ติดอยู่ในหุ่นยนต์และจะส่งงานผ่านระบบไร้สายผ่านแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟน

3.2.4.1 ขั้นตอนการติดตั้งแอปพลิเคชันซึ่งเป็นแบบ Open Source ซึ่งเปิดให้โหลดการใช้งานได้แบบฟรี ซึ่งแอปพลิเคชันที่เราเลือกใช้คือ Test Socket ซึ่งรองรับในสมาร์ทโฟนระบบ Android



รูปที่ 3.23 แอปพลิเคชันที่ออกแบบใช้ประยุกต์การใช้งาน

3.2.4.2 เมื่อเปิดแอปพลิเคชันแล้วจะพบหน้าจอตั้งกล่าว ให้ทำการเชื่อมต่อโดยใส่ Ip Address และ port เพื่อทำการเชื่อมต่อ



รูปที่ 3.24 หน้าต่างแอปพลิเคชันการใช้งาน

3.2.4.3 เมื่อนาย ก ที่อยู่ห้อง 315 จะทำการสั่งใช้งานให้ส่งพัสดุไปที่ห้อง 318 ของนาย ข ให้กดที่ปุ่ม Go ด้านล่างของ ROOM 315 หุ่นยนต์จะเดินทางไปห้อง 315 ทำการบรรจุพัสดุลงในหุ่นยนต์ และกดปุ่ม Go ด้านล่างของ ROOM 318 รถจะส่งไปที่ห้อง 318 เมื่อนาย ข ได้รับของจากหุ่นยนต์แล้ว สามารถกดปุ่ม OK เพื่อยืนยันว่าได้รับพัสดุ และหุ่นยนต์จะกลับไปตำแหน่งตั้งต้นที่ตั้งค่าไว้ เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.3.1 การศึกษาวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุดเป็นระยะทาง 403 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมา

3.3.2 การศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด

จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อและจะทำการเปรียบเทียบสเป็คของอุปกรณ์จากโรงงาน

3.3.3 การศึกษาวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุดเป็นระยะทาง 796.5 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมา

3.3.4 การศึกษาประสิทธิภาพประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม

การทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิมและจะทำการเปรียบเทียบสเป็คของอุปกรณ์จากโรงงาน

3.3.5 การศึกษาประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

ในการวิเคราะห์นี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ที่ใช้ของหุ่นยนต์โดยเทียบกับสเป็คของแบตเตอรี่จากโรงงาน โดยการให้หุ่นวิ่งไปกลับซ้ำไปซ้ำมาจนกว่าแบตเตอรี่จะหมดและหุ่นยนต์หยุดวิ่ง

3.3.6 การศึกษาประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด

ทดสอบให้หุ่นยนต์เดินตามเส้นโดยกำหนดจุดสำหรับหยุดแต่ละตำแหน่ง ในการทดลองนี้จะกำหนด 3 จุด ทดลองซ้ำ 20 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 403 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้น Model 1

ครั้งที่	ระยะทางทดสอบ (ซม.)	เวลา (วินาที)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)
1.00	403.00	6.80	59.26
2.00	403.00	6.50	62.00
3.00	403.00	6.69	60.24
4.00	403.00	6.76	59.62
5.00	403.00	7.04	57.24
6.00	403.00	6.80	59.26
7.00	403.00	6.76	59.62
8.00	403.00	7.09	56.84
9.00	403.00	6.80	59.26
10.00	403.00	6.57	61.34
11.00	403.00	6.63	60.78
12.00	403.00	6.83	59.00
13.00	403.00	6.73	59.88
14.00	403.00	6.60	61.06
15.00	403.00	6.60	61.06
16.00	403.00	6.63	60.78
17.00	403.00	6.55	61.53
18.00	403.00	6.60	61.06
19.00	403.00	6.60	61.06
20.00	403.00	6.58	61.25
เฉลี่ย	403.00	6.71	60.08

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 60.11 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีสามารถเคลื่อนที่ไปได้ 60.11 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด

จากผลการทดลองที่ 4.1 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเป็คของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตร และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 240 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 6 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีหารกับเส้นรอบวง

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยในการใช้งานจริง Model 1

ครั้งที่	อัตราเร็ว (ชม./นาที)	Motor(ปฏิบัติ) (รอบ/นาที)
1	3555.88	171.53
2	3720.00	179.45
3	3614.35	174.35
4	3576.92	172.55
5	3434.66	165.69
6	3555.88	171.53
7	3576.92	172.55
8	3410.44	164.52
9	3555.88	171.53
10	3680.37	177.54
11	3647.06	175.93
12	3540.26	170.78
13	3592.87	173.32
14	3663.64	176.73
15	3663.64	176.73
16	3647.06	175.93
17	3691.60	178.08
18	3663.64	176.73
19	3663.64	176.73
20	3674.77	177.27
เฉลี่ย	3604.65	173.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีเวลาหนึ่งวินาทีเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที ทำให้เวลาที่ได้มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหนึ่งวินาทีในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ได้ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหารรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์

ตารางที่ 4.3 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัว Model 1

ครั้งที่	ตัดเวลาออกตัว (วินาที)	อัตราเร็วจริง (เซนติเมตร/นาที)	Motor (รอบ/นาที)
1	5.19	4663.45	224.96
2	4.89	4949.85	238.78
3	5.08	4764.53	229.84
4	5.15	4699.71	226.71
5	5.43	4457.14	215.01
6	5.19	4663.45	224.96
7	5.15	4699.71	226.71
8	5.48	4416.44	213.05
9	5.19	4663.45	224.96
10	4.96	4879.92	235.40
11	5.02	4821.54	232.59
12	5.22	4636.63	223.67
13	5.12	4727.27	228.04
14	4.99	4850.55	233.99
15	4.99	4850.55	233.99
16	5.02	4821.54	232.59
17	4.94	4899.70	236.36
18	4.99	4850.55	233.99
19	4.99	4850.55	233.99
20	4.97	4870.09	234.93
เฉลี่ย	5.04	4806.65	231.87

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราการรอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 231.86 รอบต่อนาที ตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 240 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 96.61 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพการใช้งานลดลงนั้น อาจมีผลมาจากน้ำหนักของตัวรถและความฝืดของพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 796.5 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดินตามเส้นเมื่อวิ่งและวนกลับมา Model 1

ครั้งที่	ระยะทางทดสอบ (ซม.)	เวลา (วินาที)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)
1	796.50	13.07	60.94
2	796.50	13.19	60.39
3	796.50	13.29	59.93
4	796.50	13.37	59.57
5	796.50	13.36	59.62
6	796.50	13.19	60.39
7	796.50	13.20	60.34
8	796.50	13.34	59.71
9	796.50	13.26	60.07
10	796.50	13.15	60.57
11	796.50	13.27	60.02
12	796.50	13.36	59.62
13	796.50	13.29	59.93
14	796.50	13.40	59.44
15	796.50	13.20	60.34
16	796.50	13.50	59.00
17	796.50	14.66	54.33
18	796.50	13.46	59.18
19	796.50	13.57	58.70
20	796.50	14.97	53.21
เฉลี่ย	796.50	13.46	59.26

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นเท่ากับ 59.26 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาที

หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 59.26 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม

จากผลการทดลองที่ 4.3 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการหาพื้นที่การวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตร และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 240 รอบต่อนาทีด้วยแรงดัน 6 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีหารกับเส้นรอบวง

ตารางที่ 4.5 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยเมื่อวิ่งและวนกลับมาในการใช้งานจริง Model 1

ครั้งที่	อัตราเร็ว (ชม./นาที)	Motorปฏิบัติ (รอบ/นาที)
1	3656.47	176.39
2	3623.20	174.78
3	3595.94	173.47
4	3574.42	172.43
5	3577.10	172.56
6	3623.20	174.78
7	3620.45	174.65
8	3582.46	172.82
9	3604.07	173.86
10	3634.22	175.31
11	3601.36	173.73
12	3577.10	172.56
13	3595.94	173.47
14	3566.42	172.04
15	3620.45	174.65
16	3540.00	170.77
17	3259.89	157.25
18	3550.52	171.27
19	3521.74	169.89
20	3192.38	154.00
เฉลี่ย	3555.87	171.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีเวลาหน่วยตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.61 วินาที และเวลาหมุนตัวกลับมาที่เดิมอีกเฉลี่ย 1.31 วินาที ทำให้เวลาที่ไต่มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหน่วยในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ไต่ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นยนต์เพื่อนำมาหารอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัวและหมุนตัวกลับ Model 1

ครั้งที่	ตัดเวลาออกตัว (วินาที)	เวลาหมุน (วินาที)	อัตราเร็วจริง(ชม./นาที)	Motorจริง (รอบ/นาที)
1	10.23	1.23	4673.84	225.46
2	11.58	1.40	4128.73	199.17
3	11.68	1.26	4093.36	197.46
4	11.76	1.36	4065.50	196.12
5	11.75	1.22	4068.97	196.28
6	11.58	1.23	4128.73	199.17
7	11.59	1.40	4125.16	198.99
8	11.73	1.26	4075.91	196.62
9	11.65	1.36	4103.91	197.97
10	11.54	1.22	4143.04	199.86
11	11.66	1.23	4100.39	197.80
12	11.75	1.40	4068.97	196.28
13	11.68	1.26	4093.36	197.46
14	11.79	1.36	4055.15	195.62
15	11.59	1.22	4125.16	198.99
16	11.89	1.23	4021.03	193.97
17	13.05	1.40	3663.47	176.72
18	11.85	1.26	4034.61	194.63
19	11.96	1.36	3997.49	192.84
20	13.36	1.22	3578.44	172.62
เฉลี่ย	10.90	1.32	4401.28	212.31

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราการรอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 212.31 รอบต่อนาที ตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 240 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 88.46 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้งานน้อยกว่าการทดสอบที่ 4.2 ซึ่งอาจเป็นจากการที่หุ่นยนต์มีระยะทางการวิ่งที่มากขึ้นเป็นปัจจัยทำให้เกิดแรงเสียดทานและการจ่ายไฟที่ไม่ต่อเนื่องจากการหมุนตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

1) ในการวิเคราะห์นี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ โดยเทียบกับสเปคของแบตเตอรี่จากโรงงานด้วยการคำนวณจากสมการ กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีความจุ 1800 มิลลิแอมป์ชั่วโมง แรงดัน 9.6 โวลต์ ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อชั่วโมงเท่ากับ กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า = 1.8×9.6 ได้เท่ากับ 17.28 วัตต์ชั่วโมง จากนั้นวัดกระแสออกได้ 450 มิลลิแอมป์ และแรงดันขาออก 10.6 โวลต์จาก โดยตอนวัดตัวหุ่นยนต์จะทำการวิ่งต่อเนื่อง และนำมาคำนวณหา กำลังไฟฟ้าออก กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า = 0.45×10.6 ได้เท่ากับ 4.77 วัตต์ จากนั้นนำมาคำนวณหาระยะการใช้งานซึ่งได้ 217 นาที

2) จากการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งได้เพียง 30 นาทีเท่านั้นก่อนที่จะเริ่มวิ่งช้าลงและหยุดไปในที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพต่ำกว่าที่คำนวณออกมา ซึ่งคาดการณ์ว่าจะใช้งานได้ 217 นาที อาจเป็นเพราะว่าแบตเตอรี่ที่ใช้นั้นอาจเสื่อมสภาพจากการทดลองและใช้งานมาพอสมควรก่อนจะถึงการทดสอบนี้

3) ความเร็วในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นได้ใช้หัวชาร์จแบตเตอรี่นั้นมีขนาด 12 โวลต์ ให้กระแส 250 มิลลิแอมป์ ซึ่งให้ไฟ 3 วัตต์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ของหุ่นซึ่งมีขนาด 1800 มิลลิแอมป์ซึ่งได้คำนวณออกมาได้เท่ากับ 345 นาที ซึ่งกินเวลา 10 เท่าของการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด

จากการทดสอบให้หุ่นเดินตามเส้นโดยกำหนดจุดสำหรับหยุดแต่ละจุด ในการทดลองนี้จะกำหนด 3 จุด ทดลองซ้ำ 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด

ครั้งที่	จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3
1	○	○	○
2	○	○	○
3	○	○	○
4	○	○	○
5	○	○	○
6	○	○	○
7	○	○	○
8	○	○	○
9	○	○	○
10	○	○	○
11	○	○	○
12	○	○	○
13	○	○	○
14	○	○	○
15	○	○	○
16	○	○	○
17	○	○	○
18	○	○	○
19	○	○	○
20	○	X	○

○ สำเร็จ

X ผิดพลาด

ผลการทดลองพบว่ามีความผิดพลาดแค่เพียงครั้งเดียวในการหยุดจุดที่ 2 ซึ่งอาจมาจากปัจจัยหลายอย่างในความผิดพลาดเช่น เซนเซอร์อ่านเส้นดำนบนพื้นไม่ทันหรือความเร็วของหุ่นยนต์ที่มากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด (Model 2)

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 400 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดิมตามเส้น Model 2

ครั้งที่	ระยะทางทดสอบ (ซม.)	เวลา (วินาที)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)
1	400	5.81	68.85
2	400	5.64	70.92
3	400	5.77	69.32
4	400	5.78	69.20
5	400	5.80	68.97
6	400	5.73	69.81
7	400	5.81	68.85
8	400	5.84	68.49
9	400	5.79	69.08
10	400	5.79	69.08
11	400	5.82	68.73
12	400	5.79	69.08
13	400	5.68	70.42
14	400	5.76	69.44
15	400	5.81	68.85
16	400	5.82	68.73
17	400	5.80	68.97
18	400	5.85	68.38
19	400	5.78	69.20
20	400	5.76	69.44
เฉลี่ย	400	5.78	69.19

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นยนต์เท่ากับ 69.19 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 69.19 เซนติเมตร ซึ่งมีความเร็วเพิ่มขึ้นจาก Model 1 ขึ้น 9 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด (Model 2)

จากผลการทดลองที่ 4.7 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการหาพื้นที่การวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตร และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 400 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 12 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อ นาทีหารกับเส้นรอบวง

ตารางที่ 4.9 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยในการใช้งานจริง Model 2

ครั้งที่	อัตราเร็ว (ชม./วินาที)	มอเตอร์ปฏิบัติ (รอบ/นาที)
1	4130.81	199.27
2	4255.32	205.27
3	4159.45	200.65
4	4152.25	200.30
5	4137.93	199.61
6	4188.48	202.05
7	4130.81	199.27
8	4109.59	198.24
9	4145.08	199.96
10	4145.08	199.96
11	4123.71	198.92
12	4145.08	199.96
13	4225.35	203.83
14	4166.67	201.00
15	4130.81	199.27
16	4123.71	198.92
17	4137.93	199.61
18	4102.56	197.90
19	4152.25	200.30
20	4166.67	201.00
เฉลี่ย	4151.48	200.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีเวลาห้วงตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที ทำให้เวลาที่ได้มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาห้วงในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ได้ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหารอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัว Model 2

ครั้งที่	ตัดเวลาออกตัว (วินาที)	อัตราเร็วจริง (ชม./นาที)	มอเตอร์จริง (รอบ/นาที)
1	4.20	5721.10	275.98
2	4.03	5962.73	287.64
3	4.16	5776.17	278.64
4	4.17	5762.30	277.97
5	4.19	5734.77	276.64
6	4.12	5832.32	281.35
7	4.20	5721.10	275.98
8	4.23	5680.47	274.02
9	4.18	5748.50	277.30
10	4.18	5748.50	277.30
11	4.21	5707.49	275.33
12	4.18	5748.50	277.30
13	4.07	5904.06	284.81
14	4.15	5790.11	279.31
15	4.20	5721.10	275.98
16	4.21	5707.49	275.33
17	4.19	5734.77	276.64
18	4.24	5667.06	273.37
19	4.17	5762.30	277.97
20	4.15	5790.11	279.31
เฉลี่ย	4.11	5841.91	281.81

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 281.81 รอบต่อนาทีตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 400 รอบต่อนาทีใช้ประสิทธิภาพได้ 70.25 เปอร์เซ็นต์ แม้ตัวมอเตอร์จะมีรอบที่สูงกว่า Model 1 แต่ประสิทธิภาพการใช้นั้นต่ำกว่า อาจมีผลมาจากน้ำหนักจากวัสดุที่มากกว่า Model 1 และความฝืดของพื้น แต่ถึงอย่างนั้นก็สามารถทำรอบได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม (Model 2)

การวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 800 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบอัตราเร็วของหุ่นยนต์เดินตามเส้นเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม
Model 2

ครั้งที่	ระยะทางทดสอบ (ซม.)	เวลา (วินาที)	อัตราเร็ว (ซม./วินาที)
1	800	10.90	73.39
2	800	12.37	64.67
3	800	11.25	71.11
4	800	11.13	71.88
5	800	10.85	73.73
6	800	11.15	71.75
7	800	11.37	70.36
8	800	11.28	70.92
9	800	11.08	72.20
10	800	11.50	69.57
11	800	11.25	71.11
12	800	11.56	69.20
13	800	11.34	70.55
14	800	11.31	70.73
15	800	11.56	69.20
16	800	11.79	67.85
17	800	11.67	68.55
18	800	11.58	69.08
19	800	11.76	68.03
20	800	11.86	67.45
เฉลี่ย	800	11.43	70.07

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นเท่ากับ 70.07 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาที หุ่นสามารถเคลื่อนที่ไปได้ 70.07 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม (Model 2)

จากผลการทดลองที่ 4.9 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อและจะทำการเปรียบเทียบสเป็คของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการหาพื้นที่ทำการวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตรและความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 400 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 12 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีหารกับ

เส้นรอบวง

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เฉลี่ยเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิมในการใช้งานจริง

Model 2

ครั้งที่	อัตราเร็ว (ชม./นาที)	มอเตอร์ปฏิบัติ (รอบ/นาที)
1	4403.67	212.43
2	3880.36	187.19
3	4266.67	205.82
4	4312.67	208.04
5	4423.96	213.41
6	4304.93	207.67
7	4221.64	203.65
8	4255.32	205.27
9	4332.13	208.98
10	4173.91	201.35
11	4266.67	205.82
12	4152.25	200.30
13	4232.80	204.19
14	4244.03	204.73
15	4152.25	200.30
16	4071.25	196.39
17	4113.11	198.41
18	4145.08	199.96
19	4081.63	196.89
20	4047.22	195.23
เฉลี่ย	4204.08	202.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากหุ่นยนต์นั้นมีเวลาห้วงตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที และเวลาหมุนตัวกลับมาที่เดิมอีกเฉลี่ย 0.92 วินาที ทำให้เวลาที่ได้มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาห้วงในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ได้ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหารอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์

ตารางที่ 4.13 ผลการคำนวณรอบมอเตอร์เมื่อตัดเวลาออกตัวและหมุนตัวกลับ Model 2

ครั้งที่	ตัดเวลาออกตัว (วินาที)	เวลาหมุน (วินาที)	อัตราเร็วจริง (ชม./นาที)	มอเตอร์จริง (รอบ/นาที)
1	8.33	0.96	5765.77	278.14
2	10.76	0.95	4463.04	215.29
3	9.64	0.93	4981.84	240.32
4	9.52	0.96	5044.67	243.35
5	9.24	0.89	5197.62	250.73
6	9.54	0.98	5034.08	242.84
7	9.76	0.96	4920.55	237.36
8	9.67	0.88	4966.37	239.57
9	9.47	0.87	5071.32	244.64
10	9.89	0.82	4855.84	234.24
11	9.64	0.96	4981.84	240.32
12	9.95	0.86	4826.55	232.83
13	9.73	0.96	4935.73	238.10
14	9.70	0.94	4951.01	238.83
15	9.95	0.85	4826.55	232.83
16	10.18	0.96	4717.44	227.57
17	10.06	0.93	4773.74	230.28
18	9.97	0.81	4816.86	232.36
19	10.15	0.89	4731.39	228.24
20	10.25	0.96	4685.21	226.01
เฉลี่ย	9.54	0.92	5114.40	246.72

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 246.72 รอบต่อนาที ตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 400 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 61.68 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้งานน้อยกว่าการทดสอบที่ 4.8 จากระยะทางการวิ่งที่มากขึ้นและน้ำหนักของตัวรถเป็นปัจจัยทำให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ (Model2)

1) ในการวิเคราะห์นี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ โดยเทียบกับสเปคของแบตเตอรี่จากโรงงานด้วยการคำนวณจากสมการ กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า \times กระแสไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีความจุ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12.47 โวลต์ ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อชั่วโมง กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า \times กระแสไฟฟ้า = 2.4×12.47 ได้เท่ากับ 29.928 วัตต์ชั่วโมง จากนั้นวัดกระแสออกได้ 1430 มิลลิแอมป์ และแรงดันขาออก 12.27 โวลต์จาก โดยตอนวัดตัวหุ่นยนต์จะทำการวิ่งต่อเนื่อง และนำมาคำนวณหาลำโพงไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า \times กระแสไฟฟ้า = 1.43×12.27 ได้เท่ากับ ออกซึ่งได้ 17.546 วัตต์ จากนั้นนำมาคำนวณหาระยะการใช้งานซึ่งได้ 102 นาที

2) จากการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งได้ถึง 92 นาทีก่อนที่จะเริ่มวิ่งช้าลงและหยุดไปในที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพสูงกว่า Model 1 ซึ่งคาดการณ์ว่าจะใช้งานได้ 102 นาที และวัดใหม่อีกรอบและพบว่าใช้งานได้ต่อเนื่อง 94 นาที ซึ่งก็มีประสิทธิภาพสูงกว่า Model 1

3) ความเร็วในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นได้ใช้หัวชาร์จแบตเตอรี่ซึ่งให้ไฟ 10 วัตต์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ของหุ่นซึ่งมีขนาด 2400 มิลลิแอมป์ซึ่งได้คำนวณออกมาได้เท่ากับ 120 นาที

4.12 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด (Model 2)

จากการทดสอบให้หุ่นเดินตามเส้นโดยกำหนดจุดสำหรับหยุดแต่ละตำแหน่ง ในการทดลองนี้จะกำหนด 3 จุด โดยจุดที่ 1 และ 2 มีความกว้างของเส้นดำ 1.2 เซนติเมตร และจุดที่ 3 มีความกว้างของเส้นดำ 2 เซนติเมตร ทดลองซ้ำ 20 ครั้ง

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด Model 2

ครั้งที่	จุดที่1	จุดที่2	จุดที่3
1	○	○	○
2	○	○	○
3	○	○	○
4	○	○	○
5	○	○	○
6	○	○	○
7	○	○	○
8	○	○	○
9	○	○	○
10	○	○	○
11	○	○	○
12	○	○	○
13	○	○	○
14	○	○	○
15	○	○	○
16	○	○	○
17	○	○	○
18	○	○	○
19	○	○	○
20	○	○	○

○ สำเร็จ
X ผิดพลาด

ผลการทดลองพบว่าไม่มีความผิดพลาดแม้แต่ครั้งเดียว จาก 20 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการทดลอง

การวิจัยเกี่ยวกับการสร้างหุ่นยนต์เดินตามเส้นเพื่อใช้ในการขนส่งตามจุด จากการวิเคราะห์และทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด

การวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 403 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมาจากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 60.11 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีสามารถเคลื่อนที่ไปได้ 60.11 เซนติเมตร

5.1.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด

จากผลการทดลองที่ 4.1 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการทำนั้นทำการวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 240 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 6 V และเนื่องจากว่าหุ่นนั้นมีเวลาหนึ่งตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO ทำให้เวลาที่ไ้มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหนึ่งวงในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ไ้ม ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหาอัตราหมุนต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 231.869 รอบต่อนาที ตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 240 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 96.613 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประสิทธิภาพการใช้งานลดลงนั้น อาจมีผลมาจากน้ำหนักของตัวรถและความฝืดของพื้น

5.1.3 การวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมุมที่เดิม

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 796.5 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมา จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นเท่ากับ 59.264 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปได้ 59.264 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม

จากผลการทดลองที่ 4.3 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการหาพื้นที่การวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตร และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 240 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 6 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีหารกับเส้นรอบวง

เนื่องจากตัวหุ่นนั้นมีเวลาหนึ่งตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที และเวลาหมุนตัวกลับมาที่เดิมอีกเฉลี่ย 1.315 วินาที ทำให้เวลาที่ไต่มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหนึ่งในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ไต่ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหารอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์

จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 212.315 รอบต่อนาทีตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 240 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 88.462 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้น้อยกว่าการทดสอบที่ 4.2 ซึ่งอาจเป็นจากการที่หุ่นยนต์มีระยะทางการวิ่งที่มากขึ้นเป็นปัจจัยทำให้เกิดแรงเสียดทานและการจ่ายไฟไม่ต่อเนื่องจากการหมุนตัว

5.1.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่

ในการวิเคราะห์นี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ โดยเทียบกับสเปคของแบตเตอรี่จากโรงงานด้วยการคำนวณจากสมการ กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า x กระแสไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีความจุ 1800 มิลลิแอมป์ชั่วโมง แรงดัน 9.6 โวลต์ ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อชั่วโมงเท่ากับ 17.28 วัตต์ชั่วโมง จากนั้นวัดกระแสออกได้ 450 มิลลิแอมป์ และแรงดันขาออก 10.6 โวลต์จาก โดยตอนวัดตัวหุ่นยนต์จะทำการวิ่งต่อเนื่อง และนำมาคำนวณหากำลังไฟฟ้าออกซึ่งได้ 4.77 วัตต์ จากนั้นนำมาคำนวณหาระยะการใช้งานซึ่งได้ 217 นาที แต่จากการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งได้เพียง 30 นาทีเท่านั้นก่อนที่จะเริ่มวิ่งช้าลงและหยุดไปในที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพต่ำกว่าที่คำนวณออกมา ซึ่งคาดการณ์ว่าจะใช้งานได้ 217 นาที อาจเป็นเพราะว่าแบตเตอรี่ที่ใช้ันอาจเสื่อมสภาพจากการทดลองและใช้งานมาพอสมควรก่อนจะถึงการทดสอบนี้

ความเร็วในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นได้ใช้หัวชาร์จแบตเตอรี่นั้นมีขนาด 12 โวลต์ ให้กระแส 250 มิลลิแอมป์ ซึ่งให้ไฟ 3 วัตต์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ของหุ่นซึ่งมีขนาด 1800 มิลลิแอมป์ซึ่งได้คำนวณออกมาได้เท่ากับ 345 นาที ซึ่งกินเวลา 10 เท่าของการใช้งาน

5.1.6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด

จากการทดสอบให้หุ่นเดินตามเส้นโดยกำหนดจุดสำหรับหยุดแต่ละจุด ในการทดลองนี้จะกำหนด 3 จุด ทดลองซ้ำ 20 ครั้ง ผลการทดลองพบว่ามีความผิดพลาดแค่เพียงครั้งเดียวในการหยุดจุดที่ 2 ซึ่งอาจมาจากปัจจัยหลายอย่างในความผิดพลาดเช่น เซนเซอร์อ่านเส้นดำบนพื้นไม้ทันทหรือความเร็วของหุ่นยนต์ที่มากเกินไป

5.1.7 ผลการวิเคราะห์ความเร็วแต่ละรอบของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและหยุด (Model 2)

ทำการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 400 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมาจากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นเท่ากับ 69.191 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีหุ่นสามารถเคลื่อนที่ไปได้ 69.191 เซนติเมตร ซึ่งมีความเร็วเพิ่มขึ้นจาก Model 1 ขึ้น 9 วินาที

5.1.8 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและหยุด (Model 2)

จากผลการทดลองที่ 4.7 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อ และจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการทำนั้นทำการวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตร และความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 400 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 12 V ดังนั้นการหารอบของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีหารกับเส้นรอบวง เนื่องจากตัวหุ่นนั้นมีเวลาหนึ่งตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที ทำให้เวลาที่ไต่มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหนึ่งวงในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ไต่ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหารอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 281.810 รอบต่อนาทีตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 400 รอบต่อนาที ใช้ประสิทธิภาพได้ 70.25 เปอร์เซ็นต์ แม้ตัวมอเตอร์จะมีรอบที่สูงกว่า Model 1 แต่ประสิทธิภาพการใช้นั้นต่ำกว่า อาจมีผลมาจากน้ำหนักจากวัสดุที่มากกว่า Model 1 และความฝืดของพื้น แต่ถึงอย่างนั้นก็สามารถทำรอบได้ดีกว่า

5.1.9 ผลการวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์เมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม (Model 2)

การวิเคราะห์ความเร็วของหุ่นยนต์โดยการวิ่งตรงและหยุด เป็นระยะทาง 800 เซนติเมตร และจับเวลา โดยทำการทดสอบ 20 ครั้งและเฉลี่ยหาออกมาจากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตราเร็วของหุ่นเท่ากับ 70.068 เซนติเมตรต่อวินาที คือใน 1 วินาทีหุ่นสามารถเคลื่อนที่ไปได้ 70.068 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อเมื่อวิ่งและวนกลับมาที่เดิม (Model 2)

จากผลการทดลองที่ 4.9 จะทำการทดสอบประสิทธิภาพของมอเตอร์และล้อและจะทำการเปรียบเทียบสเปคของอุปกรณ์จากโรงงาน โดยการหานั้นทำการวัดหาเส้นรอบวงล้อจากสูตร $2\pi r$ จะได้เส้นรอบวง 20.73 เซนติเมตรและความเร็วรอบต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ตามทฤษฎีคือ 400 รอบต่อนาที ด้วยแรงดัน 12 V ดังนั้นการหาล้อของมอเตอร์ต้องใช้อัตราเร็วในหน่วยเซนติเมตรต่อนาทีที่หารกับเส้นรอบวง เนื่องจากตัวหุ่นนั้นมีเวลาหนึ่งตอนเปิดการทำงานจากการรันโปรแกรมที่ ARDUINO โดยใช้เวลาประมาณ 1.615 วินาที และเวลาหมุนตัวกลับมาที่เดิมอีกเฉลี่ย 0.916 วินาที ทำให้เวลาที่ได้มากกว่าปกติ เราจึงทำการหาค่าเวลาหนึ่งช่วงในช่วงนั้นและนำมาลบกับเวลาที่ได้ ทำให้ได้เวลาจริงในการคำนวณอัตราเร็วที่แท้จริงของหุ่นเพื่อนำมาหาล้อต่อนาทีของล้อและมอเตอร์ จากการทดสอบและคำนวณจะได้อัตรารอบเฉลี่ยของล้อและมอเตอร์เมื่อใช้งานจริงได้เท่ากับ 246.715 รอบต่อนาที ตามสเปคที่ให้มาใช้งานคือ 400 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพการใช้งาน 61.68 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการใช้งานน้อยกว่าการทดสอบที่ 4.8 จากระยะทางการวิ่งที่มากขึ้นและน้ำหนักของตัวรถเป็นปัจจัยทำให้เกิดแรงเสียดทานมากขึ้น

5.1.11 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเวลาการใช้งานของแบตเตอรี่ (Model 2)

ในการวิเคราะห์นี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ โดยเทียบกับสเปคของแบตเตอรี่จากโรงงานด้วยการคำนวณจากสมการ กำลังไฟฟ้า = แรงดันไฟฟ้า \times กระแสไฟฟ้า โดยแบตเตอรี่มีความจุ 2400 มิลลิแอมป์ชั่วโมง แรงดัน 12.47 โวลต์ ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อชั่วโมงเท่ากับ 29.928 วัตต์ชั่วโมง จากนั้นวัดกระแสออกได้ 1430 มิลลิแอมป์ และแรงดันขาออก 12.27 โวลต์จาก โดยตอนวัดตัวหุ่นยนต์จะทำการวิ่งต่อเนื่อง และนำมาคำนวณหาลำโพงไฟฟ้าออกซึ่งได้ 17.546 วัตต์ จากการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถวิ่งได้ 92 นาทีก่อนที่จะเริ่มวิ่งช้าลงและหยุดไปที่สุด ซึ่งประสิทธิภาพสูงกว่า Model 1 ซึ่งคาดการณ์ว่าจะใช้งานได้ 102 นาที และวัดใหม่อีกรอบและพบว่าใช้งานได้ต่อเนื่อง 94 นาที ซึ่งก็มีประสิทธิภาพสูงกว่า Model 1 ความเร็วในการชาร์จแบตเตอรี่นั้นได้ใช้หัวชาร์จแบตเตอรี่ซึ่งให้ไฟ 10 วัตต์ สามารถชาร์จแบตเตอรี่ของหุ่นซึ่งมีขนาด 2400 มิลลิแอมป์ซึ่งได้คำนวณออกมาได้เท่ากับ 120 นาที

5.1.12 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ในการใช้งานวิ่งตามจุด (Model 2)

จากการทดสอบให้หุ่นเดินตามเส้นโดยกำหนดจุดสำหรับหยุดแต่ละตำแหน่ง ในการทดลองนี้จะกำหนด 3 จุด โดยจุดที่ 1 และ 2 มีความกว้างของเส้นดำ 1.2 เซนติเมตร และจุดที่ 3 มีความกว้างของเส้นดำ 2 เซนติเมตร ทดลองซ้ำ 20 ครั้ง ผลการทดลองพบว่าไม่มีความผิดพลาดแม้แต่ครั้งเดียว จาก 20 ครั้ง

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model

พบว่า Model1 นั้นมีความเร็วมากกว่าเนื่องจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบาในสร้าง แต่ไม่แข็งแรงเท่ากับ Model2 ที่ใช้วัสดุที่แข็งแรงแต่น้ำหนักมากกว่า ซึ่งอาจทำให้ความเร็วของหุ่นยนต์ตกลงไปบ้าง แต่ก็สามารถปรับปรุงพัฒนาจนประสิทธิภาพไม่ด้อยไปกว่ามากนัก

5.2.2 ในการทดสอบแบตเตอรี่ของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model

พบว่า Model2 มีระยะเวลาการใช้งานมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด และสามารถชาร์จได้ไวกว่า Model1 เนื่องจากผู้ทดลองเห็นปัญหาตรงนี้จึงทำการจัดซื้ออุปกรณ์ใหม่ที่มีความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพดีกว่ามาใช้ ดังนั้นการเลือกซื้ออุปกรณ์แต่ละชิ้นควรจะใส่ใจเพื่อประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีของหุ่นยนต์

5.2.3 ในการทดสอบความแม่นยำในการวิ่งตามจุดของหุ่นยนต์ทั้งสอง Model

พบว่า Model1 มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากการจับเส้นดำของเซนเซอร์ไม่สัมพันธ์กับความเร็วตอนวิ่ง อีกทั้งขนาดของเส้นดำก็ยังมีผลด้วยเช่นกัน ผู้ทดสอบจึงแก้ปัญหาที่ตัวคำสั่งก่อน และทดสอบดูก็ยังพบปัญหาเดิม ผู้ทดสอบจึงแก้ปัญหาปัจจัยภายนอกและพบว่าไม่มีปัญหา ทำให้ผู้ทดสอบนำปัญหาเหล่านี้ไปปรับปรุงใน Model2 ซึ่งการทดสอบนั้นไม่มีความผิดพลาดเลย

5.2.4 ในการทดสอบการประยุกต์ใช้ด้วยโปรแกรมสั่งระยะไกล

ในช่วงแรกพบว่าการใช้งานนั้นอาจมีปัญหาเนื่องจากคำสั่งที่ใช้เป็นการหยุดแบบนับจุดที่จะทำการหยุด ซึ่งหากหุ่นยนต์มีจุดเริ่มต้นในการวิ่งที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดความผิดพลาดในการส่งวัสดุแต่ละจุดได้ ผู้ทดลองจึงตั้งระบบไว้ให้หากทำการส่งวัสดุเสร็จจากบุคคลหนึ่งไปบุคคลที่สองเสร็จแล้ว ให้ตัวหุ่นยนต์วิ่งกลับไปจุดเริ่มต้นที่มีการกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ครูอนุสรณ์ จันทสุข. 2556. **หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามเส้นทาง**. [Online]. Available: <https://khrutik.wordpress.com/2013/03/02/หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปตามเส้นทาง/>. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.]
- [2] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2555. **อินฟราเรด**. [Online]. Available: <https://th.wikipedia.org/wiki/อินฟราเรด>. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.]
- [3] web.ku. 2555. **โพลีไดโอด**. [Online]. Available: https://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode_10.htm. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.]
- [4] SONTHAYA NONGNUCH. 2557. **เซ็นเซอร์แสง**. [Online]. Available: <http://www.elec-za.com/เซ็นเซอร์แสง-optical-sensor>. [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.]
- [5] Sluka J. 2556. **A PID Controller**. [Online]. Available: http://www.inpharmix.com/jps/PID_Controller_For_Lego_Mindstorms_Robots.html [เข้าถึงเมื่อ 1 ธ.ค. 2561.]
- [6] myarduino. 2558. **Arduino**. [Online]. Available: <http://www.myarduino.net/article/4/บทความ-arduino-คืออะไร-ตอนที่2-แนะนำ-arduino-รุ่น-ต่างๆกัน>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [7] บริษัท กราวิเทคไทย (ไทยแลนด์) จำกัด. 2557. **Arduino Uno**. [Online]. Available: <https://www.gravitechthai.com/guru2.php?p=259>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [8] itnews4u. 2560. **ซอฟต์แวร์**. [Online]. Available: <http://itnews4u.com/what-is-software.html>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [9] บล็อกของ PoundXi. 2559. **Arduino**. [Online]. Available: <https://poundxi.com/Arduino-คืออะไร>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [10] Dennis M Ritchie. "The Development of the C Language". The second ACM SIGPLAN History of Programming Languages Conference. 2533. (HOPL-II).
- [11] Michael Faraday. "On Some New Electro-Magnetical Motion, and on the Theory of Magnetism". Quarterly Journal of Science, Literature and the Arts. ม.ป.ท. : Royal Institution of Great Britain, 2365, เล่มที่ 12, หน้า 74-96.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] T. R. Crompton. **Battery Reference Book**. ม.ป.ท. : Newnes. p. Glossary 3, 2543. ISBN 0080499953.
- [13] Definition of battery by Merriam-Webster. 2558. **Battery**. [Online] Available: <https://www.merriam-webster.com/battery>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [14] Kritsada Jäiyen. 2556. **Li-Po**. [Online] Available: <http://doc.inex.co.th/lipo-batt-ep01/>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [15] esp8266 2557. **ESP8266**. [Online]. Available:<https://www.esp8266.com/>. [เข้าถึงเมื่อ 2 ธ.ค. 2561.]
- [16] robotsiam. Ken RobotSiam. 2559. **การใช้งาน Motor Drive Module L298N**. [Online]. Available:<https://robotsiam.blogspot.com/2016/08/l298n-motor-driver-connect-arduino-r3.html>. [เข้าถึงเมื่อ 16 ธ.ค. 2561.]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลคุณสมบัติของ Arduino แต่ละชนิด

	Processor					Input / Output					Power				Connectivity						
	Family	SRAM	FLASH	EEPROM	Clock	Digital IO	Analog In	ADC Bits	PWM	UART	Analog Out	DAC Bits	VCC	Vin Range	5V	3V3	USB - Serial	USB - Serial	I2C	Ethernet	USB-Hoat
Arduino UNO R3	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	14	6	10	6	1	N/A	N/A	5V	7-12V	Yes	Yes	ATmega16U2	1	No	No	No
Arduino UNO SMD	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	14	6	10	6	1	N/A	N/A	5V	7-12V	Yes	Yes	ATmega16U2	1	No	No	No
Arduino Mega 2560 R3	ATmega2560	8k	256k	4k	16MHz	54	16	10	14	4	N/A	N/A	5V	7-18V	Yes	Yes	ATmega16U2	1	No	No	No
Arduino Mega ADK	ATmega2560	8k	256k	4k	16MHz	54	16	10	14	4	N/A	N/A	5V	7-18V	Yes	Yes	ATmega16U2	1	MAX3421E	No	No
Arduino Leonardo	ATmega32U4	2.5k	32k	1k	16MHz	25	12	10	7	1	N/A	N/A	5V	7-12V	Yes	Yes	Built-in	1	No	No	No
Arduino Mini 05	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	14	6	10	6	1	N/A	N/A	5V	7V-9V	Yes	No	N/A	1	No	No	No
Arduino Pro Mini 328 - 3.3V	ATmega328	2k	32k	1k	8MHz	14	6	10	6	1	N/A	N/A	3.3V	5V-12V	No	Yes	N/A	1	No	No	No
Arduino Pro Mini 328 - 5V	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	14	6	10	6	1	N/A	N/A	5V	7V-12V	Yes	No	N/A	1	No	No	No
Arduino Ethernet with PoE module	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	6	6	10	4	1	N/A	N/A	5V	6-18V	Yes	Yes	N/A	1	No	No	No
Arduino Ethernet without PoE module	ATmega328	2k	32k	1k	16MHz	6	6	10	4	1	N/A	N/A	5V	6-18V	Yes	Yes	N/A	1	No	No	No
Arduino DUE	SAM3X8E	96k	512k	N/A	64MHz	70	12	12	12	3	2	12	3.3V	7-12V	No	YC	Built-in	2	No	Yes	No

จากตารางจะเห็นได้ว่า เนื่องจากบอร์ด Arduino UNO R3 เป็นรุ่นที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ทำให้ Library และบอร์ด Shield ส่วนใหญ่จะรองรับกับบอร์ดรุ่นนี้ (บริษัท กราวีเทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

Code Arduino เพื่อควบคุมมอเตอร์ผ่าน Dual Full-bridge motor driver module (Red PCB) แสดงการสั่งให้ Motor A และ Motor B หมุนขึ้นหน้า (Forward) เพื่อทดสอบการต่อวงจร และ เข้าใจ คำสั่งในการควบคุม Motor โดย บอร์ด Arduino UNO ขา 2 , 3 , 6 จะควบคุมมอเตอร์ A และ ขา 4 , 5 , 7 จะควบคุมมอเตอร์ B โดยเปิดโปรแกรม Arduino (IDE) เขียน โค้ด และ Upload ไปยัง บอร์ด Arduino UNO ดังนี้

- Motor A

```
int dir1PinA = 2;
```

```
int dir2PinA = 3;
```

```
int speedPinA = 6; // เพื่อให้ PWM สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์
```

- Motor B

```
int dir1PinB = 4;
```

```
int dir2PinB = 5;
```

```
int speedPinB = 7; // เพื่อให้ PWM สามารถควบคุมความเร็วมอเตอร์
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

- กำหนด ขา เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของ Motor ผ่านทาง L298N

```
  pinMode(dir1PinA,OUTPUT);
```

```
  pinMode(dir2PinA,OUTPUT);
```

```
  pinMode(speedPinA,OUTPUT);
```

```
  pinMode(dir1PinB,OUTPUT);
```

```
  pinMode(dir2PinB,OUTPUT);
```

```
  pinMode(speedPinB,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- Motor A
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
analogWrite(speedPinA, 255); //ตั้งค่าความเร็ว PWM ผ่านตัวแปร ค่าต่ำลง มอเตอร์จะหมุนช้าลง
```

```
digitalWrite(dir1PinA, LOW);
```

```
digitalWrite(dir2PinA, HIGH);
```

- Motor B

```
analogWrite(speedPinB, 255); //ตั้งค่าความเร็ว PWM ผ่านตัวแปร ค่าต่ำลง มอเตอร์จะหมุนช้าลง
```

```
digitalWrite(dir1PinB, LOW);
```

```
digitalWrite(dir2PinB, HIGH);
```

```
}
```

ผลการทำงานของโปรแกรม มอเตอร์ ทั้ง A และ B จะหมุนเดินหน้า (Forward) แสดงว่าการต่อวงจร และการเขียนโปรแกรมของเรานั้นถูกต้องเพิ่มเติม

-ให้ Motor A ถอยหลัง (Reverse)

```
analogWrite(speedPinA, 255);
```

```
digitalWrite(dir1PinA, HIGH);
```

```
digitalWrite(dir2PinA, LOW);
```

-ให้ Motor B ถอยหลัง (Reverse)

```
analogWrite(speedPinB, 255);
```

```
digitalWrite(dir1PinB, HIGH);
```

```
digitalWrite(dir2PinB, LOW); //ให้ Motor A หยุด (Freespin)
```

```
analogWrite(speedPinA, 0);
```

```
digitalWrite(dir1PinA, LOW);
```

```
digitalWrite(dir2PinA, HIGH); //ให้ Motor B หยุด (Freespin)
```

```
analogWrite(speedPinB, 0);
```

```
digitalWrite(dir1PinB, LOW);
```

```
digitalWrite(dir2PinB, HIGH);
```

ตัวอย่างโค้ดโปรแกรมของ Relay Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define R 13 //กำหนดขาที่นำไปต่อกับรีเลย์

#define L 12
char test ; //สร้างตัวแปรไว้สำหรับรอรับข้อมูล
void setup()
{
// Open serial communications and wait for port to open:
Serial.begin(9600);
pinMode(R, OUTPUT); // กำหนดโหมดให้เป็น Output
pinMode(L, OUTPUT);
}
void loop() // run over and over
{
if (Serial.available() // ตรวจสอบว่ามีข้อมูลเข้ามาหรือไม่
test = Serial.read();
else if (test == '1') // ถ้าข้อมูลที่เข้ามาคือ 1, 2, 3 ให้ทำงานตามที่กำหนด
{
digitalWrite(R, HIGH);
digitalWrite(L, LOW);
else if (test == '2')
{
digitalWrite(L, HIGH);
digitalWrite(R, LOW);
}
else if (test == '3')
{
digitalWrite(L, LOW);
digitalWrite(R, LOW);
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้