

การพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติภายในอาคารและนอกอาคาร

ณัฐพล บั๊นงาม

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์  
ปีการศึกษา 2564

**DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS VEHICLE MODEL  
INDOOR AND OUTDOOR**

**NATTHAPORN PANNGARM**

**A Thematic Paper Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering  
Department of Computer Engineering  
College of Innovative Technology And Engineering,  
Dhurakij Pundit University  
Academic Year 2021**

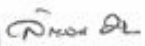


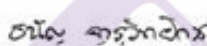
ใบรับรองสารนิพนธ์


วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์  
ปรีญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

หัวข้อสารนิพนธ์	การพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่างสายในอาคารและนอกอาคาร
เสนอโดย	นายณัฐพล บั้งงาม
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	อาจารย์ ดร.ธัญญ์ จารุวิทย์ โกวีท

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบสารนิพนธ์แล้ว

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ลลิตจกร วุฒิสวัสดิ์กุลกิจ)

  
..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์  
(อาจารย์ ดร.ธัญญ์ จารุวิทย์ โกวีท)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เหมะลาตะพันธ์)

วิทยาลัย นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์รับรองแล้ว

  
..... คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์  
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เหมะลาตะพันธ์)

วันที่...25...เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ.2565

หัวข้อสารนิพนธ์	การพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติภายในอาคารและนอกอาคาร
ชื่อผู้เขียน	ณัฐพล ปั่นงาม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ธนัญ จารุวิทย์โกวิท
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2564

### บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่างภายในอาคารและนอกอาคาร โดยการเคลื่อนที่ภายในอาคารใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กและภายนอกอาคารใช้สัญญาณ GPS ในการนำทางแล้วสามารถหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งที่กีดขวาง เมื่อนำสิ่งกีดขวางออกแล้วสามารถเคลื่อนที่ไปถึงที่หมายได้อย่างราบรื่น

ในการเคลื่อนที่ภายในอาคารของพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กซึ่งจะติดตั้งแถบแม่เหล็กที่พื้นเพื่อนำทางการเคลื่อนที่ของตัวพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติ สำหรับการเคลื่อนที่ภายนอกอาคารของพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติจะใช้สัญญาณ GPS ในการนำทาง โดยใช้พิกัดของ แกน X แกน Y และเซนเซอร์เข็มทิศ เพื่อให้ไปถึงที่หมายได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งลดขั้นตอนการทำงานและความผิดพลาดอันเนื่องมาจากบุคลากรในพื้นที่การทำงาน

จากผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติระหว่างภายในอาคารและนอกอาคารการกำหนดความเร็วของพาหนะจำลองมีผลต่อประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ซึ่งในช่วงของความเร็วที่ 0.19 - 0.21 มีการใช้เวลาในการเคลื่อนที่สั้นที่สุด เนื่องจากความเร็วที่มากเกินไปจะทำให้ตัวพาหนะจำลองหันหาทิศทางที่ถูกต้องได้ยาก แล้วถ้าความเร็วน้อยเกินไป ก็จะทำให้ถึงที่หมายได้ช้าลง

Thematic Paper Title	DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS VEHICLE MODEL INDOOR AND OUTDOOR
Author	Natthaporn Panngarm
Thematic Paper Advisor	Dr. Tanun Jaruvitayakovit
Department	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2021

### ABSTRACT

The main objective of this research project is to develop an autonomous vehicle model between indoor and outdoor. Moving inside the building using magnetic stripe tracking sensors, and outdoors using GPS signals for navigation, it can stop before colliding with an obstacle. Once the obstacle is removed, it can move smoothly to its destination.

In the indoor motion of the self-driving simulator, magnetic stripe tracking sensors are installed, which are mounted magnetic stripes on the ground to guide the movement of the self-driving simulator. For the outdoor movement of the self-driving car simulator, GPS signals are used for navigation using the coordinates of the X-axis, the Y-axis and the compass sensor. in order to reach the destination correctly It also reduces work procedures and errors caused by personnel in the work area.

From the results of the test of the autonomous driving simulation car between indoor and outdoor, the speed determination of the simulation car affects the efficiency of the movement, which in the speed range of 0.19 - 0.21 has the shortest travel time. Due to excessive speed, it will be difficult for the model to turn in the right direction. and if the speed is too low, it will make it slower to reach the destination.

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ทำให้เกิดองค์ความรู้ที่สามารถนำมาใช้ได้จริงทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม ในระดับมหาบัณฑิตจะประสบผลสำเร็จไม่ได้ หากไม่ได้รับการถ่ายทอดความรู้ ความเชี่ยวชาญ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ชนัญ จารุวิทย์โกวิท ที่สั่งสอนศิษย์ด้วยความวิริยะ อุตสาหะ ความเอื้อเฟื้อ ชี้นำ ตรวจสอบ แก้ไข รวมทั้งให้กำลังใจ จนเกิดผลสำเร็จในการทำสารนิพนธ์ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์อย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่เป็นกำลังใจอบรมและชี้นำตลอดมา

ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทรุ่นที่ 62 ทุกท่าน ที่เป็นกำลังใจ สนับสนุนรวมทั้งพี่ๆ นักวิจัยชมรมหุ่นยนต์ CITE ที่คอยสนับสนุนทั้งด้านอุปกรณ์และความรู้

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีความสนใจทุนท่านและจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคมต่อไป

ณัฐพล ปั่นงาม



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ผ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้.....	3
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 Node ESP32.....	5
2.2 Ultrasonic Sensor HC-SR04.....	6
2.3 Motor Driver L298N.....	7
2.4 GPS Module Gy-NEO6MV2 U-blox.....	8
2.5 HMC5983 Module.....	8
2.6 Linear magnetic Hall sensors KY-024.....	9
2.7 ถ่านชาร์จ 18650.....	10
2.8 การเคลื่อนที่ของพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติ.....	10
2.9 ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System).....	13
2.10 GPS (Global Positioning System).....	16
2.11 สูตรตรีโกณมิติ.....	17
2.12 RTOS (Real Time Operating System).....	18
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.1 แผนงานการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.2 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ.....	22
3.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์.....	29
3.4 การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์.....	37
4. ผลการวิจัย.....	47
4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ.....	47
4.2 ผลลัพธ์ที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายในอาคารไปที่ภายนอกอาคาร.....	50
4.3 ผลลัพธ์ที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายนอกอาคารไปที่ภายในอาคาร.....	51
4.4 ผลลัพธ์ที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถหยุดการเคลื่อนที่เมื่อมีสิ่งกีดขวาง.....	53
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	54
5.2 ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขของงานวิจัย.....	55
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต.....	55
บรรณานุกรม.....	56
ประวัติผู้เขียน.....	59



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	หลักการทํางานของระบบเลี้ยวแบบแอกเคอร์แมน (Ackerman Steering).....	13
2.2	หลักการทํางานของระบบเลี้ยวแบบแซกบังคับ.....	14
2.3	หลักการทํางานของระบบเลี้ยวแบบล้อยแมคคานัม (Mecanum).....	15
2.4	ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อจํากัดของแต่ละงานวิจัย.....	21
3.1	สูตร ATAN2.....	37
3.2	ตารางการทดสอบ RTOS.....	40
4.1	ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายในอาคารไปที่ ภายนอกอาคาร.....	50
4.2	ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายนอกอาคาร ไปที่ ภายในอาคาร.....	51

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 พาหนะ AGV ของบริษัท NXP Manufacturing (Thailand) รุ่น ZALPHA SERIES.....	1
2.1 Board Node ESP32.....	6
2.2 หลักการทำงาน Ultrasonic Sensor HC-SR04.....	7
2.3 Motor Driver L298N.....	7
2.4 GPS Module GY-NEO6MV2 U-blox.....	8
2.5 HMC5983 MODULE.....	9
2.6 Linear magnetic Hall sensors HY-024.....	9
2.7 ถ่านชาร์จ 18650.....	10
2.8 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Driver train.....	11
2.9 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Pallet Truck.....	12
2.10 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Unit Load Carrier.....	12
2.11 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนแบบแยกการควบคุม (Differential Drive System)	14
2.12 สูตรตรีโกณมิติ.....	17
2.13 ภาพ Flow RTOS Task Scheduling and Prioritization.....	18
2.14 แบบพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ.....	19
3.1 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติภายในอาคาร.....	23
3.2 การเคลื่อนที่ภายนอกอาคารของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ.....	25
3.3 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจาก Indoor ไป Outdoor	26
3.4 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจาก Outdoor ไป Indoor	28
3.5 ภาพการเชื่อมต่อของสายไฟและขา Pin ต่างๆ ของอุปกรณ์.....	29
3.6 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัย.....	32
3.7 ค่าพิกัดปัจจุบันที่ GPS Module แสดงออกมา.....	33
3.8 ภาพเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของพิกัดปัจจุบันที่รับมาไม่เท่ากัน.....	34
3.9 ภาพด้านในอาคารของแถบแม่เหล็ก สำหรับรอยต่อระหว่างภายในอาคารและภายนอกอาคาร.....	35

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.10 ภาพค้ำนอกอาคารของแถบแม่เหล็ก สำหรับรอยต่อระหว่างนอกอาคารกับ ภายในอาคาร.....	36
3.11 ได้คฟังก์ชัน ATAN2.....	37
3.12 ได้คฟังก์ชัน Calculate Degree.....	38
3.13 ภาพทิศทางสำหรับระบุทิศ.....	39
3.14 ได้คสร้าง Task RTOS.....	41
3.15 ได้คฟังก์ชัน Func4_Task.....	43
3.16 ได้คฟังก์ชัน Func3_Task.....	43
3.17 ได้คฟังก์ชัน Func2_Task.....	44
3.18 ได้คฟังก์ชัน Func1_Task.....	45
4.1 สภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบมุกห้องจากค้ำในอาคารและค้ำนอก อาคาร.....	48
4.2 วัฏระยะทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึงปลายทาง.....	48
4.3 วัดความยาวของเส้นแถบแม่เหล็กที่ยื่นออกมานอกตัวอาคาร.....	49
4.4 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ Ultrasonic ในการหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่ง กีดขวาง.....	49
4.5 การเคลื่อนที่พาหนะขนส่งเคลื่อนอัตโนมัติช้าไปช้ามา เนื่องจากความเร็ว ที่มากเกินไป.....	51
4.6 วางพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติไว้ในจุดที่เป็นทางซ้ายและขวาของเส้น แถบแม่เหล็ก.....	52
4.7 การทำงานของเซนเซอร์ Ultrasonic ในการหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวาง..	53

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

พาหนะขนส่งอัตโนมัติ (Automated Guide Vehicle, AGV) คือพาหนะบรรทุกทุกสินค้าอัตโนมัติแบบไร้คนขับ โดยตัวพาหนะมีระบบนำทางการขับเคลื่อน โดยระบบนำทางที่ใช้ได้แก่การใช้การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กที่ฝังอยู่ในพื้นผิวของทางเดินพาหนะขนส่งอัตโนมัติภายในโรงงานอุตสาหกรรมหรือแบบควบคุมโดยการตรวจจับด้วยแสงเลเซอร์ เพื่อให้พาหนะ AGV สามารถเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนดได้

เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำพาหนะ AGV มาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมกันมากขึ้น โดยจะมีการใช้ภายในอาคาร หรือภายนอกอาคารที่จะเป็นการส่งของระหว่างอาคารเพียงอย่างเดียว ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีการใช้พาหนะ AGV วิ่งภายในอาคารเป็นแบบเซนเซอร์ที่ตรวจจับเส้นตามทางการเดินพาหนะ และต้องการให้พาหนะวิ่งในส่วนของภายนอกอาคารด้วย แต่ยังไม่มีการพัฒนาต่ออย่างจริงจัง งานวิจัยนี้จึงนำปัญหานี้มาวิจัย และพัฒนาต่อ โดยจะเน้นไปที่การทำงานของพาหนะ AGV ตรงประตูของอาคารระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร



ภาพที่ 1.1 พาหนะ AGV ของบริษัท NXP Manufacturing (Thailand) รุ่น ZALPHA SERIES

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาพาหนะขนส่งจำลองที่สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ ระหว่างภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแม่เหล็กและสัญญาณ GPS

1.2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาพาหนะขนส่งจำลองที่สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติสามารถหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางได้

1.2.3 เพื่อประเมินการใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแม่เหล็กกับสัญญาณ GPS เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างภายในอาคารและภายนอกอาคาร

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ

- Node ESP32 เป็นบอร์ดที่ใช้เป็นตัว CPU ที่ทำหน้าที่ประมวลผลตามโค้ดที่เขียนแล้ว ส่งคำสั่งต่างๆ ไปหาตัวเซนเซอร์ที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับตัวบอร์ด โดยจะใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง

- Motor Driver Module L298N ใช้เป็นโมดูลสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว ซึ่งอิสระต่อกัน สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวได้

- HMC5983 โมดูลเซนเซอร์เข็มทิศ 3 แกน มีแกน X, Y, Z ใช้สำหรับตรวจจับทิศทางของเข็มทิศ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก

- GPS module Neo6Mv2 ทำหน้าที่รับสัญญาณ พิกัดที่ส่งมาจากดาวเทียม แล้วคำนวณข้อมูลพิกัดเหล่านั้นออกมา

- Ultrasonic Sensor HC-SR04 ทำหน้าที่เพื่อตรวจจับวัตถุที่กีดขวางด้านหน้าเพื่อป้องกันการชนของตัวพาหนะขนส่งจำลอง

- Linear magnetic Hall sensors KY-024 ใช้ตรวจจับสนามแม่เหล็ก โดยเมื่อมีสนามแม่เหล็กให้สัญญาณ 1 ในกรณีที่มีสนามแม่เหล็กมีความเข้มข้น และให้สัญญาณ 0 เมื่อไม่มีแม่เหล็กบริเวณใกล้ๆ อุปกรณ์

1.3.2 งานวิจัยนี้ออกแบบวิธีการควบคุมพาหนะจำลองให้สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติในบริเวณที่เป็นรอยต่อของการเคลื่อนที่จากภายในอาคาร ไปภายนอกอาคาร และจากภายนอกอาคาร ไปภายในอาคาร เพื่อให้พาหนะจำลองสามารถเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายปลายทางได้อย่างราบรื่น

1.3.3 งานวิจัยนี้ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของพาหนะจำลอง โดยใช้โปรแกรมภาษา C

1.3.4 งานวิจัยนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ออกแบบ และพัฒนาพาหนะจำลองต้นแบบที่สามารถเคลื่อนที่ตามเส้นแถบแม่เหล็ก (กรณี in door) และเคลื่อนที่ไปจุดพิกัดด้วย GPS (กรณี outdoor) ได้

1.3.5 งานวิจัยนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ออกแบบและพัฒนาพาหนะจำลอง โดยใช้ความเร็วที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

1.3.6 ในกรณีการใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร พาหนะขนส่งจำลองเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถหยุดการเคลื่อนที่เมื่อมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ที่สามารถตรวจจับด้วยเซนเซอร์ ultrasonic เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางแล้ว พาหนะขนส่งจำลองจะเคลื่อนที่ต่อไปยังจุดหมายปลายทางได้

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

1.4.2 ทำให้ทราบประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างในอาคารกับนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นกับสัญญาณ GPS บนพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

## 1.5 อุปกรณ์ที่ใช้

1.5.1 Smart Car Robot Chassis Kits เป็นชุดอุปกรณ์ในการทำพาหนะพาหนะจำลองประกอบไปด้วย

- แผ่นอะคริลิกสำหรับต่อกับล้อพาหนะและวางอุปกรณ์ต่างๆ 1 แผ่น
- ล้อพาหนะ พร้อมตัวยึดล้อกับแผ่นอะคริลิก จำนวน 2 ชุด
- ล้อหมุนได้อย่างอิสระจำนวน 1 ชุด
- ปุ่มสวิตช์ปิดเปิด จำนวน 1 อัน

1.5.2 Board ESP32 Node MCU เป็นบอร์ดที่ใช้เป็นตัว CPU ที่ทำหน้าที่ประมวลผลตามโค้ดที่เขียนแล้วส่งคำสั่งต่างๆไปหาตัวเซนเซอร์ที่ได้ทำการเชื่อมต่อกับตัวบอร์ด โดยจะใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง

1.5.3 Motor Driver Module L298N เป็น โมดูล สำหรับขับมอเตอร์ 2 ตัว ซึ่งอิสระต่อกันสามารถควบคุมมอเตอร์ทั้ง 2 ตัวได้โดยสั่งงานเป็น PWM เพื่อควบคุมความเร็วได้

1.5.4 HMC5983 เซนเซอร์เข็มทิศ 3 แกน มีแกน X, Y, Z ใช้สำหรับตรวจจับทิศทางของเข็มทิศ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ในงานวิจัยนี้จะใช้ 2 แกน คือ X, Y เท่านั้นในการระบุพิกัด ซึ่งจะนำมาใช้ในการอ้างอิงทิศทางให้กับพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

1.5.5 GPS module Neo6Mv2 ทำหน้าที่รับสัญญาณ พิกัด ที่ส่งมาจากดาวเทียม โดยค่าที่เป็นละติจูด ลองจิจูด จะนำไปทำการคำนวณกับสมการ Arctan2 เพื่อหาทิศทางการหันหน้าของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

1.5.6 Linear magnetic Hall sensors KY-024 ใช้ตรวจจับสนามแม่เหล็ก โดยในงานวิจัยนี้ใช้เซนเซอร์ 3 อัน สำหรับตรวจจับสนามแม่เหล็กที่เส้นแแถบแม่เหล็ก โดยเซนเซอร์ด้านซ้าย 1 อัน ตรงกลาง 1 อันและด้านขวา 1 อัน เพื่อให้พาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติเคลื่อนที่บนเส้นแแถบแม่เหล็กได้โดยไม่หลุดไปจากเส้นแแถบแม่เหล็ก

1.5.7 โปรแกรมที่ใช้พัฒนาคือ Arduino IDE โดยใช้ในการเขียนโปรแกรม, คอมไพล์ และอัปโหลด โปรแกรมลงบอร์ด Arduino หรือบอร์ดตัวอื่นๆ ที่คล้ายกัน เช่น Generic ESP32 modules, Node MCU หรือ We Mos D1 เป็นต้น

1.5.8 ภาษาคอมไพเลอร์ที่ใช้พัฒนาคือ ภาษา C++ โดยใช้ในการเขียนโปรแกรม สำหรับควบคุมบอร์ด ESP32 และสามารถดำเนินการควบคุมกับ Hardware ได้ โดยที่โปรแกรมภาษาบางโปรแกรมอาจจะไม่สนับสนุนคุณลักษณะนี้

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

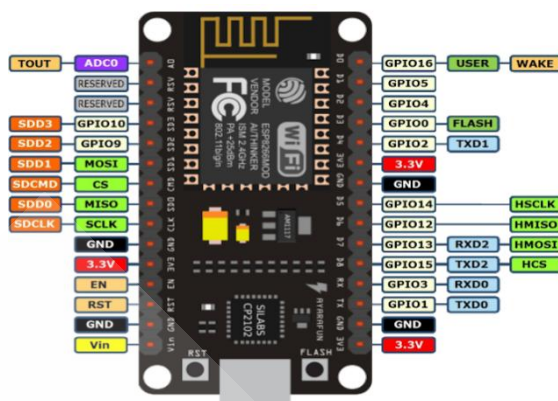
ในงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ โดยจะสามารถเคลื่อนที่ทั้งภายในและภายนอกอาคารได้ ซึ่งภายในอาคารจะมีการใช้เซนเซอร์ตรวจจับแถบแม่เหล็กและภายนอกอาคารมีการใช้ GPS เข้ามาช่วยในการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์ซอฟต์แวร์และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่ใช้สำหรับในงานวิจัยนี้

#### 2.1 Node ESP32 [1]

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัวผลิต โดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปกโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรวมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station soft AP และ WiFi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C





ภาพที่ 2.1 Board Node ESP32 [1]

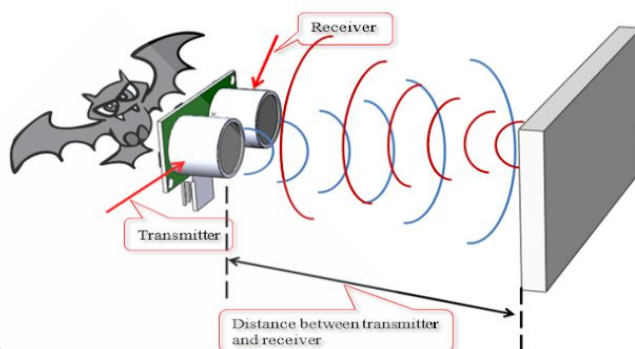
งานวิจัยนี้เลือก ESP32 เนื่องจากมีขนาดเล็ก แล้วมีจำนวนขาสำหรับติดตั้งเซนเซอร์ต่างๆ ได้จำนวนมากแล้วใช้ไฟไม่เยอะ หน้าทีของ ESP32 จะเป็นตัว CPU ที่ทำหน้าที่ประมวลผลตามโค้ดที่เราเขียนแล้วส่งคำสั่งต่างไปหาตัวเซนเซอร์ที่เราได้ทำการเชื่อมต่อกับ ESP32 ไว้ ดังภาพที่ 2.1

## 2.2 Ultrasonic Sensor HC-SR04 [2]

คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นความถี่เหนือความถี่สัญญาณเสียง โดยปกติแล้วมนุษย์จะสามารถได้ยินเสียง หรือรับรู้ได้ที่ความถี่ 20Hz ถึง 20kHz แต่คลื่นอัลตราโซนิกนั้นระบุเพียงว่าเป็นคลื่นที่มีความถี่เหนือคลื่นความถี่เสียง ความถี่อัลตราโซนิกนั้นที่นิยมใช้งานในเซนเซอร์วัดระยะรุ่นต่างๆ จะมีความถี่ที่ประมาณ 40kHz ข้อดีของการใช้ความถี่นี้คือ มีลักษณะของความยาวคลื่นที่สั้นส่งผลให้คลื่นไม่แตกกระจายออกเป็นวงกว้าง และสามารถยิงคลื่นตรงไปชนวัตถุใดๆ ก็ได้ และนอกจากนี้ความถี่ 40kHz ยังเป็นความถี่ที่มีระยะเดินทางเพียงพอกับการใช้งาน หากใช้ความถี่สูงขึ้นไปจะทำให้คลื่นเดินทางได้ในระยะทางที่ลดลง ทำให้เมื่อนำมาใช้งานจริงจะวัดระยะได้ในระยะที่สั้นหลักการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก หลักการที่สำคัญของการวัดระยะด้วยคลื่นอัลตราโซนิก คือการส่งคลื่นอัลตราโซนิกจำนวนหนึ่งออกไปจากตัวส่ง (Transmitter) เมื่อคลื่นวิ่งไปชนกับวัตถุคลื่นจะมีการสะท้อนกลับมา แล้ววิ่งกลับไปชนตัวรับ (Receiver) ด้วยการเริ่มนับเวลาที่ส่งคลื่นออกไป จนถึงได้รับคลื่นกลับมานี้เอง ทำให้เราสามารถหาระยะห่างระหว่างวัตถุกับเซนเซอร์ได้

งานวิจัยนี้เลือกติดตั้งเซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ไว้ที่ด้านหน้าของตัวพาหนะ เพื่อตรวจจับวัตถุที่กีดขวางด้านหน้าของตัวพาหนะ โดย Ultrasonic Sensor HC-SR04 จะปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ตลอด เมื่อมีวัตถุกีดขวางด้านหน้าของตัวพาหนะเซนเซอร์ Ultrasonic

Sensor HC-SR04 จะได้รับคลื่นอัลตราโซนิกที่สะท้อนกลับมาและส่งข้อมูลการสะท้อนไปที่ ESP32 ดังภาพที่ 2.2

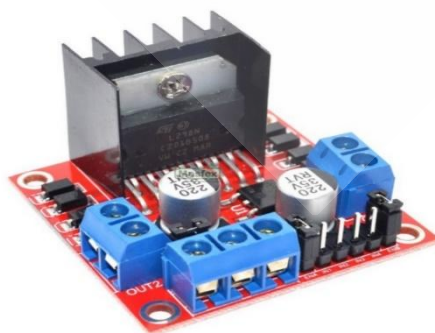


ภาพที่ 2.2 หลักการทำงาน Ultrasonic Sensor HC-SR04

### 2.3 Motor Driver L298N [3]

เป็นโมดูลสำหรับขับมอเตอร์ 2 ตัว อัดรวมกัน ขับแต่ละตัวสูงสุด 2A สามารถควบคุมโดยสัญญาณเป็น PWM เพื่อควบคุมความเร็วได้ ใช้ชิปจาก ST corporation ติด Heat Sink ระบายความร้อนอย่างดี มีไฟ 2 ชุดในการใช้งานคือ 5V สำหรับเลี้ยงวงจร และไฟ 5v-35vdc สำหรับจ่ายให้มอเตอร์

งานวิจัยนี้เลือก Motor Driver L298N ทำหน้าที่ในการควบคุมมอเตอร์ของตัวพานะให้วิ่งตามทิศทางต่างๆและควบคุมความเร็วของรอบมอเตอร์ให้เพิ่มหรือลดความเร็วในการเคลื่อนที่ ได้รับคำสั่งจาก ESP32 ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 Motor Driver L298N [3]

## 2.4 GPS Module GY-NEO6MV2 U-blox

โมดูล GPS GY-NEO6MV2 เป็นโมดูล U-blox รุ่น NEO-6M สามารถเชื่อมต่อได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์หลากหลายประเภท เช่น Arduino, Node MCU, Raspberry Pi, ESP32 ผ่านทาง Serial UART ความเร็วที่ 9600 (สามารถอัปเดต) และตำแหน่งอัปเดตตลอดทุก 1 วินาทีที่สามารถตั้งค่าให้เร็วกว่านี้ได้ การทำงานเมื่อตัวโมดูลจับสัญญาณได้จะขึ้นไฟสีเขียวกระพริบ

งานวิจัยนี้เลือก GPS Module GY-NEO6MV2 มีหน้าที่ในการระบุตำแหน่งปัจจุบันกับตำแหน่งปลายทาง โดยจะนำค่า LAT, LONG ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณ โดยตัวโมดูลมีแบตเตอรี่เก็บตำแหน่งล่าสุด ดังภาพที่ 2.4



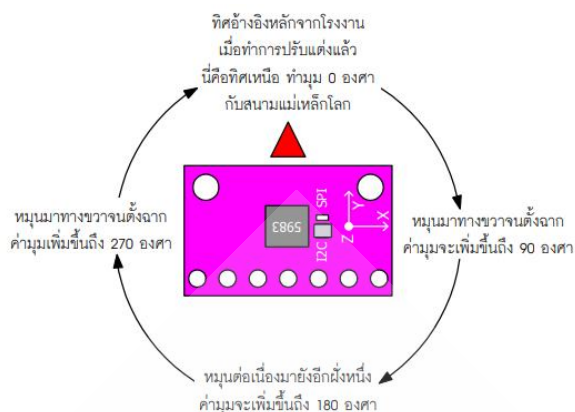
ภาพที่ 2.4 GPS Module GY-NEO6MV2 U-blox [4]

## 2.5 HMC5983 MODULE [5]

โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 เป็นตัวจับสนามแม่เหล็กโลก เซนเซอร์เข็มทิศ 3 แกน เชื่อมต่อแบบ I2c หรือ SPI

งานวิจัยนี้เลือก HMC5983 MODULE ช่วยในการคำนวณหามุม โดยจะมีการอ้างอิงทิศทางคือ ทิศเหนือและใช้ค่า LAT, LONG ที่ได้จาก GPS Module GY-NEO6MV2 ในการคำนวณหามุม สำหรับให้ตัวพาหนะ AGV สามารถค้นหาทิศทางเป้าหมายได้อย่างถูกต้อง ดังภาพที่

2.5



ภาพที่ 2.5 HMC5983 MODULE [6]

## 2.6 Linear magnetic Hall sensors KY-024 [7]

KY-024 Linear magnetic hall sensor เป็นเซนเซอร์ที่เปลี่ยนสนามแม่เหล็กเป็นแรงดัน โมดูลนี้ให้สัญญาณขาออกทั้ง Analog และ Digital

งานวิจัยนี้เลือก Linear magnetic Hall sensors KY-024 ใช้สัญญาณเป็น Digital เท่านั้น ในการอ่านค่าของแถบแม่เหล็ก โดยตัว Linear magnetic Hall sensors KY-024 จะให้ค่าสัญญาณ เป็น 0 ในกรณีที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มข้นน้อย และให้สัญญาณเป็น 1 ในกรณีที่สนามแม่เหล็กมีความเข้มข้นมากหรือมีแม่เหล็กอยู่บริเวณใกล้ๆ ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 Linear magnetic Hall sensors KY-024 [7]

## 2.7 ถ่านชาร์จ 18650 [8]

- ถ่านชาร์จ 18650 Ultrafire 9800 mAh 1 ก้อน
- ถ่านชาร์จเบอร์ 18650
- ความจุสูงสุด: 9800 mAh
- แรงดันไฟ: 3.7- 4.2V
- แรงดันไฟขณะชาร์จ 3.7V
- กระแสไฟขาออก: 1A
- กระแสไฟสูงสุด 2A
- ขนาด 18x65mm (กว้างxสูง)
- อายุการใช้งาน: 1000 รอบของการชาร์จ



ภาพที่ 2.7 ถ่านชาร์จ 18650

งานวิจัยนี้จะใช้ถ่านชาร์จ 18650 จำนวน 2 เพื่อให้กำลังไฟฟ้าเพียงพอต่อความต้องการ โดยกำลังไฟฟ้าของถ่านชาร์จ 18650 ต้องมากกว่ากำลังไฟของอุปกรณ์ทั้งหมด ซึ่งถ่านชาร์จ 18650 จะเป็นการต่อไฟแบบกระแสตรงดังภาพที่ 2.7

## 2.8 การเคลื่อนที่ของพาหะขับเคลื่อนอัตโนมัติ

พาหะขับเคลื่อนอัตโนมัติเป็นพาหะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ ซึ่งนิยมนำมาใช้ในการขนถ่าย สินค้าทางด้านอุตสาหกรรม ทำให้สามารถประหยัดในเรื่องของแรงงานมนุษย์และเวลาได้เป็นอย่างดี พาหะขับเคลื่อนอัตโนมัติแบ่งประเภทการเคลื่อนที่ได้ทั้งหมด 3 ประเภท ดังนี้

2.8.1 แบบ Driver train [9] พาหนะขนส่งชนิดนี้ประกอบด้วยพาหนะลาก ซึ่งต่อกับพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ใช้ลากขบวนของพาหนะพ่วง พาหนะขนส่งชนิดนี้เป็นชนิดแรกที่ผลิตขึ้นมา และปัจจุบันยังคงเป็นที่นิยม อยู่ใช้สำหรับขนส่งวัตถุที่มีน้ำหนักจำนวนมาก ทำหน้าที่เป็นเหมือนหัวพาหนะไฟที่ต้องขนย้ายเป็นระยะทางไกล ในคลังสินค้าหรือในโรงงาน และในระหว่างเส้นทางการขนส่งอาจมีการไหลคั้งงานเข้ามาหรือออกจากพาหนะขนส่งได้ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Driver train [10]

### 2.8.2 แบบ Pallet Truck [11]

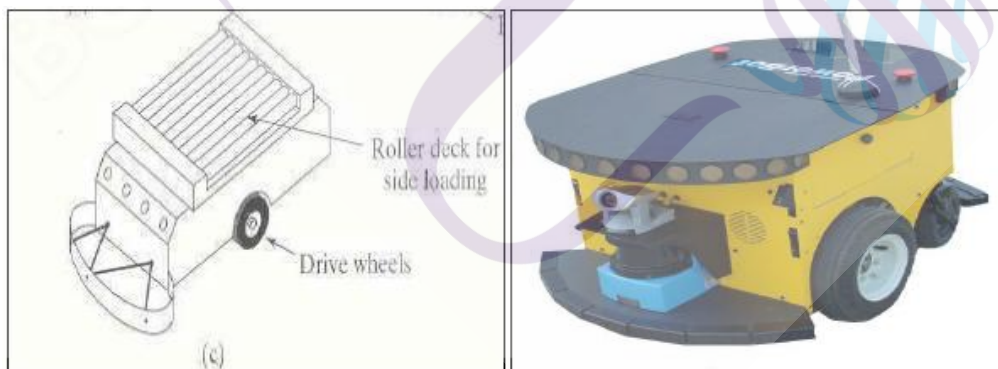
พาหนะขนส่งประเภทนี้ใช้ขนส่งไหลคั้งที่วางบนพาเลทไปบนเส้นทางการขนส่งที่กำหนดให้ การทำงานดังกล่าวเดิมทีคนงานจะทำหน้าที่ไหลคั้งพาเลทขึ้นบนพาหนะด้วยช่อม (Fork) แล้วขับ พาหนะขนส่งไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการใช้งานเริ่มจากผู้ควบคุมขับพาหนะขนส่งไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของ เส้นทางเดินพาหนะ จากนั้นทำการตั้งค่าโปรแกรมการใช้งานให้ไปยังจุดหมาย แล้วปล่อยให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่ไปยังจุดหมายเองโดยอัตโนมัติ สามารถใช้ขนส่งในแนวตั้งหรือทำหน้าที่ยกสินค้าเก็บบนที่สูง ซึ่งพาหนะขนส่งชนิดนี้ปัจจุบันคือ Forklift AGV ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Pallet Truck [10]

### 2.8.3 แบบ Unit Load Carrier [11]

พาหนะขนส่งชนิดนี้มีลักษณะเป็นพาหนะแบบบรรทุกใช้สำหรับเคลื่อนย้าย Unit Load จากสถานีหนึ่งไปยังอีกสถานีหนึ่ง โดยปกติแล้วพาหนะขนส่งประเภทนี้จะมีระบบนำชิ้นงานเข้าออกจากพาหนะขนส่งแบบอัตโนมัติติดตั้งอยู่ด้วย ซึ่งระบบนี้อาจมีการขับเคลื่อนด้วยลูกกลิ้งสายพาน แทน ลิฟต์ หรืออุปกรณ์ทางกลอื่นๆ สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมที่ต้องการดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติแบบ Unit Load Carrier [10]

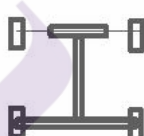
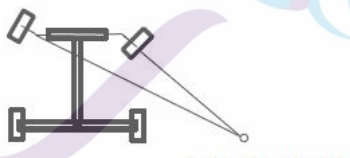
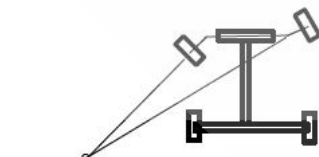
งานวิจัยนี้เลือกพัฒนาพาหนะต้นแบบประเภท Pallet Truck เนื่องจากต้องมีการบรรทุกของที่ไม่หนักมากแล้วต้องมีความคล่องตัว โดยจะเป็นการใช้ล้อพาหนะแทนสายพานเพื่อลดในเรื่องของค่าใช้จ่ายด้วย

## 2.9 ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System) [12]

### 2.9.1 โครงสร้างกลไกวิธีแบบแอกเคอร์แมน (Ackerman Steering)

โครงสร้างวิธีแบบแอกเคอร์แมนเป็นระบบที่มักจะนำมาใช้ในการขับเคลื่อนพาหนะ ในระบบนี้มีมอเตอร์เพียงตัวเดียวเท่านั้น ที่ใช้ในการขับเคลื่อนพาหนะไปข้างหน้าหรือถอยหลัง และยังมีมอเตอร์อย่างง่ายในการควบคุมการเลี้ยวของพาหนะ ในระบบนี้เหมาะสำหรับพาหนะที่ต้องการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงและมีพื้นที่ในการเลี้ยวค่อนข้างกว้าง เมื่อเทียบกับระบบอื่นๆ แล้ว ระบบนี้ต้องการชิ้นส่วนในการประกอบน้อยกว่า อย่างไรก็ตามระบบนี้ยังมีข้อจำกัด คือ พาหนะที่ใช้ระบบนี้ไม่สามารถหมุนอยู่กับที่ได้ เพื่อให้สามารถหมุนไปรอบๆ พาหนะต้องทำการกลับพาหนะ หรือต้องจำลองสร้างจุดสามจุดเพื่อใช้ในการเลี้ยวรัศมีความโค้งที่น้อยที่สุดเป็นตัวเลือกในการหมุนหักเลี้ยวของล้อหน้าและเป็นระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลัง หลักการทำงานของระบบเลี้ยวแบบแอกเคอร์แมน (Ackerman Steering) นั้นมีรูปแบบในการทำงานดังตารางที่ 2.1

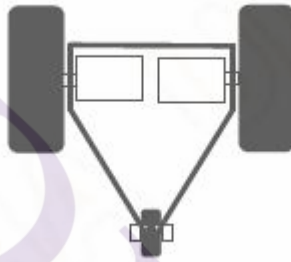
ตารางที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบเลี้ยวแบบแอกเคอร์แมน(Ackerman Steering) [10]

ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ
↑	
↷	
↶	






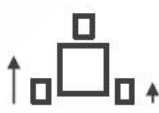





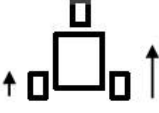

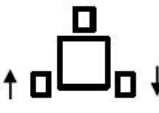
### 2.9.2 ระบบขับเคลื่อนแบบแยกการควบคุม (Differential Drive System) [11]

วิธีการเคลื่อนที่นี้เป็นระบบเคลื่อนที่ที่นิยมมากที่สุดในพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติหรือเอจีวี (Automated Guide Vehicle, AGV) ซึ่งในการเคลื่อนที่ของพาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติมีมอเตอร์คอยควบคุมล้อด้านหนึ่งให้มีความเร็วในการเคลื่อนที่มากกว่าล้ออีกด้านหนึ่ง เพื่อทำให้เกิดการเลี้ยวโค้ง แต่ถ้าล้อทั้งสองด้านมีความเร็วเท่ากันหรือมีการเคลื่อนที่ไปพร้อมกัน พาหนะจะเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงจากภาพที่ 2.11 เห็นได้ว่าบริเวณด้านข้างของแต่ละล้อ มีการควบคุมด้วยมอเตอร์ซึ่งมอเตอร์แต่ละข้างควบคุมล้อเพียงล้อเดียว ด้วยลักษณะการเคลื่อนที่แบบนี้เป็นการป้องกันไม่ให้ล้อลื่นไถลจากการเลี้ยวโค้ง สำหรับการรองรับมีล้ออิสระหรือล้อที่ติดอยู่เฉยๆ แต่สามารถหมุนได้รอบทิศทางขึ้นมาที่ด้านหน้าหรือด้านหลังของพาหนะ เพื่อป้องกันไม่ให้พาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติเข้าไปข้างหน้าหรือข้างหลัง หลักการทำงานของระบบเคลื่อนที่แบบแยกบังคับนี้ มีรูปแบบในการทำงานดังตารางที่ 2.2



ภาพที่ 2.11 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนแบบแยกการควบคุม (Differential Drive System) [10]

























ตารางที่ 2.2 หลักการทำงานของระบบเคลื่อนที่แบบแยกบังคับ [11]

ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ	ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ
เดินหน้า 		เลี้ยวขวา 	
ถอยหลัง 		หมุนซ้าย 	
เลี้ยวซ้าย 		หมุนขวา 	

### 2.9.3 การเคลื่อนที่แบบล้อแมคคานัม (Mecanum) [13]

ล้อแมคคานัม เป็นการออกแบบให้เป็นล้อทรงกลมที่ถูกกลิ้ง (roller) อีละระทำมุม 45 องศา ติดอยู่ที่ขอบรอบๆล้อ เพื่อให้ล้อสามารถหมุนได้อย่างแม่นยำ และสามารถเปลี่ยนทิศทางการวิ่งอย่างอิสระแบบ 90 องศา ได้ในทันทีโดยไม่ต้องหมุนพาหนะสามารถให้พาหนะขับเคลื่อนอัตโนมัติอิสระในการเคลื่อนไหวที่สูงกว่าการใช้ล้อแบบปกติ สามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อรองรับการหมุนด้านข้างของพาหนะที่ติดตั้งล้อแมคคานัมต้องมีการตั้งการด้วยไฟฟ้าแบบแยก 4 ล้อ เพราะการทำงานของล้อแมคคานัมใช้ความสัมพันธ์ในการหมุนของล้อทั้ง 4 ล้อ โดยหลักการการทำงานของระบบเลี้ยวแบบล้อแมคคานัมมีรูปแบบในการทำงานดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 หลักการทำงานของระบบเลี้ยวแบบล้อแมคคานัม (Mecanum) [13]

ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ	ทิศทางการเคลื่อนที่	ทิศทางของล้อ
เดินหน้า 		ตะวันออกเฉียงเหนือ 	
ถอยหลัง 		ตะวันตกเฉียงเหนือ 	
ซ้าย 		ตะวันออกเฉียงใต้ 	
ขวา 		ตะวันตกเฉียงใต้ 	
หมุนซ้าย 		เลี้ยวขวา 	
หมุนขวา 		เลี้ยวซ้าย 	

งานวิจัยนี้เลือกระบบเลี้ยวแบบแยกบังคับ เพราะระบบมีความซับซ้อนน้อยกว่ามีการใช้จำนวนล้อที่น้อยกว่าและจำลองสถานการณ์ที่มีพื้นที่ในการใช้สอยที่มาก

## 2.10 GPS (Global Positioning System) [14]

คือ ระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก ย่อมาจากคำว่า Global Positioning System ซึ่งระบบ GPS ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

2.10.1 ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยเครือข่ายดาวเทียมหลัก 3 ค่าย คือ อเมริกา รัสเซีย ยุโรป

- ของอเมริกาชื่อ NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging GPS) มีดาวเทียม 28 ดวง ใช้งานจริง 24 ดวง อีก 4 ดวงเป็นตัวสำรอง บริหารงานโดย Department of Defenses มีรัศมีวงโคจรจากพื้นโลก 20,162.81 กม.หรือ 12,600 ไมล์ ดาวเทียมแต่ละดวงใช้เวลาในการโคจรรอบโลก 12 ชั่วโมง

- ยุโรป ชื่อ Galileo มี 27 ดวง บริหารงานโดย ESA หรือ European Satellite Agency จะพร้อมใช้งานในปี 2008

- รัสเซีย ชื่อ GLONASS หรือ Global Navigation Satellite บริหาร โดย Russia VKS (Russia Military Space Force)

ในขณะที่ภาคประชาชนทั่วโลกสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมของทางอเมริกา (NAVSTAR) ได้ฟรี เนื่องจาก นโยบายสิทธิการเข้าถึงข้อมูลและข่าวสารสำหรับประชาชนของรัฐบาลสหรัฐ จึงเปิดให้ประชาชนทั่วไปสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในระดับความแม่นยำที่ไม่เป็นภัยต่อความมั่นคงของรัฐกล่าวคือ มีความแม่นยำในระดับบวก / ลบ 10 เมตร

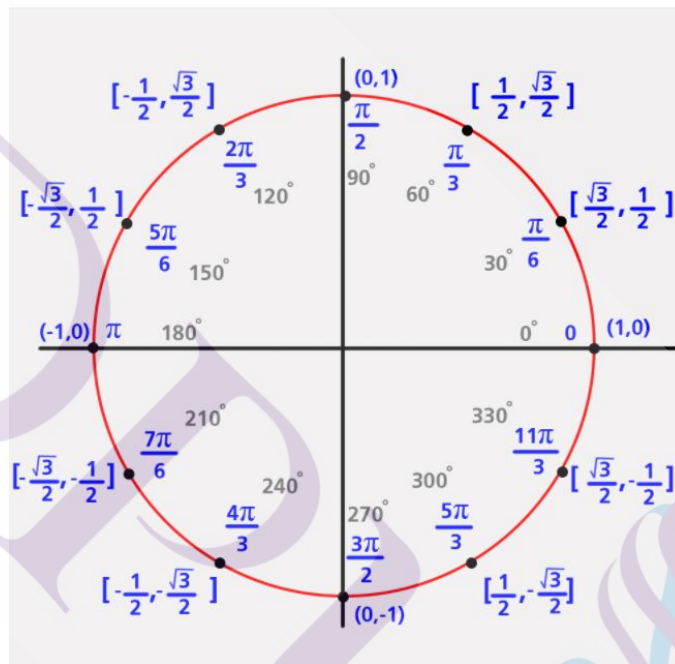
2.10.2 ส่วนควบคุม ประกอบด้วยสถานีภาคพื้นดิน สถานีใหญ่อยู่ที่ Falcon Air Force Base ประเทศ อเมริกา และศูนย์ควบคุมย่อยอีก 5 จุด กระจายไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก

2.10.3 ส่วนผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานต้องมีเครื่องรับสัญญาณที่สามารถรับคลื่นและแปรรหัสจากดาวเทียม เพื่อนำมาประมวลผลให้เหมาะสมกับการใช้งานในรูปแบบต่างๆ

ในงานวิจัยนี้ใช้ GPS ในการระบุตำแหน่งปลายทางของพาหนะขนส่งจำลองเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ โดยจะนำค่าของตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งปลายทางไปใช้ในการคำนวณเพื่อที่ตัวพาหนะจะได้หันทิศทางของพาหนะขนส่งจำลองได้ถูกต้อง โดยในการคำนวณทางคณิตศาสตร์จะใช้สูตรตรีโกณมิติเพื่อหามุมองศาในการหันหน้าของตัวพาหนะ

## 2.11 สูตรตรีโกณมิติ [15]

คือ ฟังก์ชันของมุม ซึ่งมีความสำคัญในการศึกษารูปสามเหลี่ยมและปรากฏการณ์ในลักษณะเป็นคาบ ฟังก์ชันอาจนิยามด้วยอัตราส่วนของด้าน 2 ด้านของรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก หรืออัตราส่วนของพิกัดของจุดบนวงกลมหนึ่งหน่วย หรือนิยามในรูปทั่วไปเช่น อนุกรมอนันต์ หรือสมการเชิงอนุพันธ์ รูปสามเหลี่ยมที่นำมาใช้จะอยู่ในระนาบแบบยูคลิด ดังนั้น ผลรวมของมุมทุกมุมจึงเท่ากับ  $180^\circ$  เสมอ

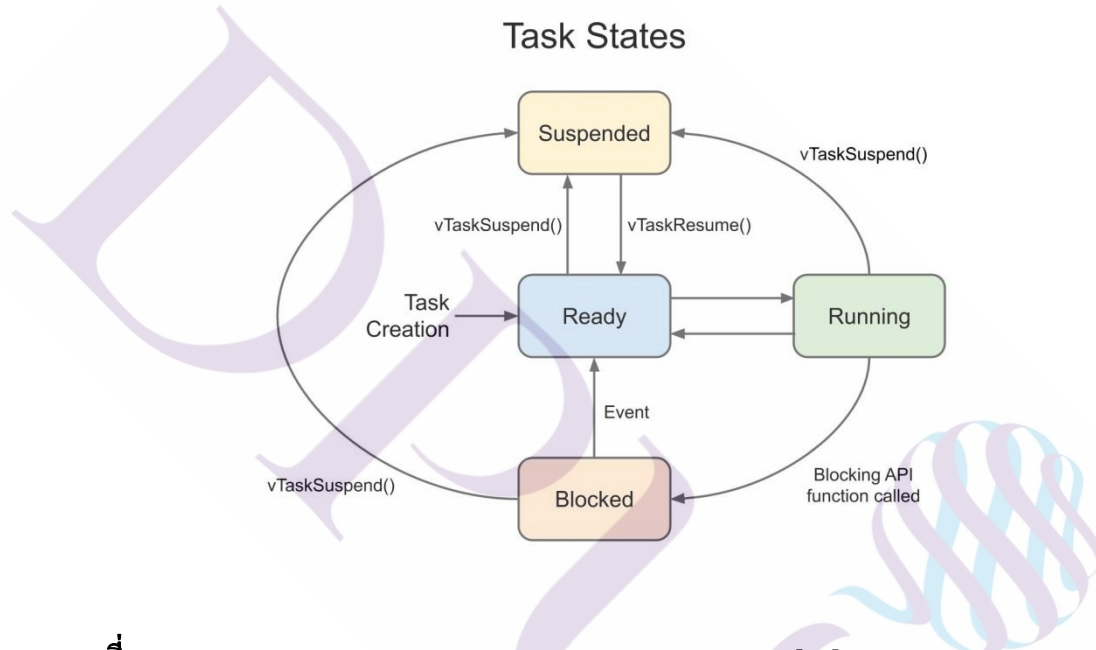


ภาพที่ 2.12 ภาพของสูตรตรีโกณมิติ [15]

ในงานวิจัยนี้ใช้สูตรตรีโกณมิติในการหามุมที่ตัวพาหะพาหะจะหันหน้าได้ถูกทิศทาง โดยจะนำค่าของตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งปลายทางที่ได้จาก GPS Module GY-NEO6MV2 ไปใช้ในการคำนวณ และใช้ผลลัพธ์นั้น มาคำนวณกับช่วงมุมที่ 0 , 90 , 180 , 270 องศา ในการกำหนดการหันของตัวพาหะพาหะ ดังภาพที่ 2.12

## 2.12 RTOS (Real Time Operating System) [16]

เป็น Kernel ที่ช่วยให้บอร์ด ESP32 สามารถเขียน โปรแกรมเพื่อแบ่งเวลาแบ่งทรัพยากร ในประมวลผลงานต่างๆ ในแต่ละ CPU ได้ การเขียนโปรแกรมโดยใช้ RTOS จะต้องสร้างหน่วยทำงานที่เรียกว่า Task ซึ่งแต่ละ Task สามารถแยกกันทำงานแบบอิสระต่อกันได้ RTOS มีวิธีจัดการ Task ต่างๆ โดยการดูระดับความสำคัญ (Priority) ซึ่ง Task ที่มีระดับความสำคัญสูงสุดจะได้ทำงานก่อน และใช้ Time slicing ในการแบ่งเวลากันทำงาน ซึ่งทำให้ ESP32 สามารถทำงานคล้ายแบบ Multi-tasking ได้ ดังภาพที่ 2.13



**ภาพที่ 2.13** ภาพ Flow RTOS Task Scheduling and Prioritization [16]

ในงานวิจัยนี้ใช้ RTOS ในการจัดการคำสั่งที่ได้รับมาจากเซนเซอร์ต่างๆ มีการแบ่งลำดับก่อนหลังการทำงานต่างๆของพาหนะขนส่งจำลอง โดยจะทำการกำหนดความสำคัญของการทำงานให้พาหนะขนส่งผ่านการเขียน โปรแกรมภาษาซี

คำสั่งในการสร้าง Task

- xTaskCreate(TaskFunction,TaskName,StackDepth,(void\*)PassParameters,TaskPriority,TaskHandle)
- Task Function: ชื่อฟังก์ชันที่จะให้ทำงานเป็น Task ซึ่งในฟังก์ชันนั้นจะเขียนโปรแกรมแบบทำงานวนลูป
- Task Name: ชื่อของ Task ที่จะสั่งให้ทำงาน

- Stack Depth: ขนาด Stack ของ Task เพื่อจองหน่วยความจำในบอร์น ESP32 ถ้ากำหนดไว้น้อยเกินไปจะทำให้บอร์น ESP32 Restart ตัวเองตลอดเวลา แต่ถ้ากำหนดมากเกินไป จะทำให้ใช้หน่วยความจำเกินความจำเป็น
- Pass Parameter: ชื่อตัวแปรที่จะส่งค่าเข้ามาทำงานต่อใน Task
- Task Priority: กำหนดเลข Priority ให้ Task ซึ่งค่า 0 คือ Priority ที่ต่ำที่สุด
- Task Handle: ชื่อตัวแปรของ Task ที่นำไปใช้ในการ Handle งานอื่นๆต่อ

## 2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.13.1 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานัม [12]

สรายุทธ นามขันธ์ ได้กล่าวถึงการออกแบบพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ ดังภาพที่ 2.14 ซึ่งวัสดุโครงสร้างหลักในการประกอบโครงพาหนะคืออลูมิเนียมโพรไฟล์ มีล้อในการขับเคลื่อน 2 ล้อ และล้อในการบังคับเลี้ยว 1 ล้อ โดยล้อทั้ง 3 ล้อนั้นถูกขับเคลื่อนด้วยสตีปมอเตอร์วัสดุของล้อทั้ง 3 ล้อ ทาจากโพลียูรีเทนและมีแผงควบคุมคอยสั่งงาน



ภาพที่ 2.14 แบบพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ [17]

ข้อดีของงานวิจัยนี้ สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานัม ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนทิศทางได้ในพื้นที่จำกัด

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ยังต้องใช้คนควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ตโฟน

### 2.13.2 การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง [9]

จักรพันธ์ สุริยกุล ณ อรุณา ได้กล่าวถึง ระบบการผลิตมีการใช้งานพาหนะ AGV หลายคัน กฎเกณฑ์การควบคุมทิศทางการวิ่งของ AGV จะช่วยป้องกันการชนกันของพาหนะ AGV ภายในระบบ เมื่อพาหนะ AGV เดินทางมาถึงสถานีเป้าหมายไม่ว่าจะเป็นสถานีรับชิ้นงานหรือสถานีการผลิตพาหนะ AGV จะใช้กฎเกณฑ์การหยิบชิ้นงาน(Pick-up Rules) เพื่อหยิบชิ้นงานขึ้นบนพาหนะ จากนั้นจะเดินทางไปวางชิ้นงานที่สถานีปลายทางตามกฎเกณฑ์การวางชิ้นงาน (Drop-off Rules) ในกรณีที่พาหนะ AGV เกิดการว่างงานก็จะเดินทางไปจอดรอที่จุดจอดพาหนะ (Parking Area) โดยสามารถจอดพาหนะ AGV ได้ไม่เกิน 5 คัน

ข้อดีของงานวิจัยนี้ พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ(AGV) จะไม่เกิดการชนกัน เพราะที่ด้านหน้าของตัวพาหนะมี sensor แล้ววิ่งตามเส้นทางที่ทางผู้พัฒนากำหนด

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ถ้ามีการปรับเปลี่ยนพื้นที่ของเครื่องจักรจะต้องทำการแก้ไขการเดินทางของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ(AGV) และสามารถใช้อาคารได้เท่านั้น

### 2.13.3 การระบุตำแหน่งภายในอาคารโดยการวิเคราะห์สัญญาณ Wi-Fi ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร [18]

ปฏิพล ศรีชุมสิน ได้กล่าวถึงการใช้หุ่นยนต์พาหนะมีการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมดิจิตรา เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องจักรในการระบุตำแหน่งของโทรศัพท์มือถือจากสัญญาณ WIFI ในอาคาร โดยมีความถูกต้องถึง 97% ในการระบุตำแหน่งภายในอาคาร อย่างไรก็ตามความคลาดเคลื่อนซึ่งมีสาเหตุหลักจากความแปรปรวนของสัญญาณ WIFI

ข้อดีของงานวิจัยนี้ คือสามารถใช้ WIFI ที่อยู่รอบตัวเราในการระบุตำแหน่งได้แม่นยำสูง

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ถ้านำไปใช้ภายนอกอาคารการระบุตำแหน่งจะมีความคลาดเคลื่อนกรณีที่เป็นลานโล่งๆ แล้วจุดที่ติดตั้ง WIFI อยู่ไกล

ข้อมูลเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่นำเสนออยู่ในตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4** ตารางเปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละงานวิจัย

ชื่อโปรเจกต์	วังภายในอาคาร	วังภายนอกอาคาร	หยุดเมื่อมี สิ่งกีดขวาง	ต้องมีคน บังคับ
พาหนะขนส่งเคลื่อนที่ด้วยระบบขับเคลื่อนแบบ ล้อแมคคาณัม	√	√	×	√
การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบ ไม่ต่อเนื่อง	√	×	√	×
การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยการวิเคราะห์ สัญญาณ WIFI	√	×	√	×
การพัฒนาพาหนะจำลองขับเคลื่อนอัตโนมัติใช้ งานภายในอาคารและนอกอาคาร(งานวิจัยที่ นำเสนอ)	√	√	√	×



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงภาพรวมขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยศึกษาทฤษฎีที่สำคัญ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้วิจัยสามารถนำองค์ความรู้ต่างๆมาใช้ในการพัฒนาพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ติดตามแถบเส้นแม่เหล็กกับสัญญาณ GPS

#### 3.1 แผนงานการดำเนินงานวิจัย

3.1.1 ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพาหนะ AVG ทำการศึกษาทฤษฎีและรูปแบบที่เหมาะสม

3.1.2 ออกแบบพาหนะ AVG พัฒนาวจร โครงสร้าง การควบคุมการสั่งงานของระบบที่ใช้ในการระบุตำแหน่งกับเซนเซอร์ต่างๆ

3.1.3 พัฒนาการระบุตำแหน่ง พัฒนาการรับข้อมูลต่างๆของตัวเซนเซอร์ พัฒนาส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของพาหนะ AGV Board ESP32 เป็นตัวสั่งงาน โดยรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ เช่น ข้อมูลตำแหน่งปัจจุบัน สิ่งกีดขวาง เส้นแถบแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของพาหนะ AGV

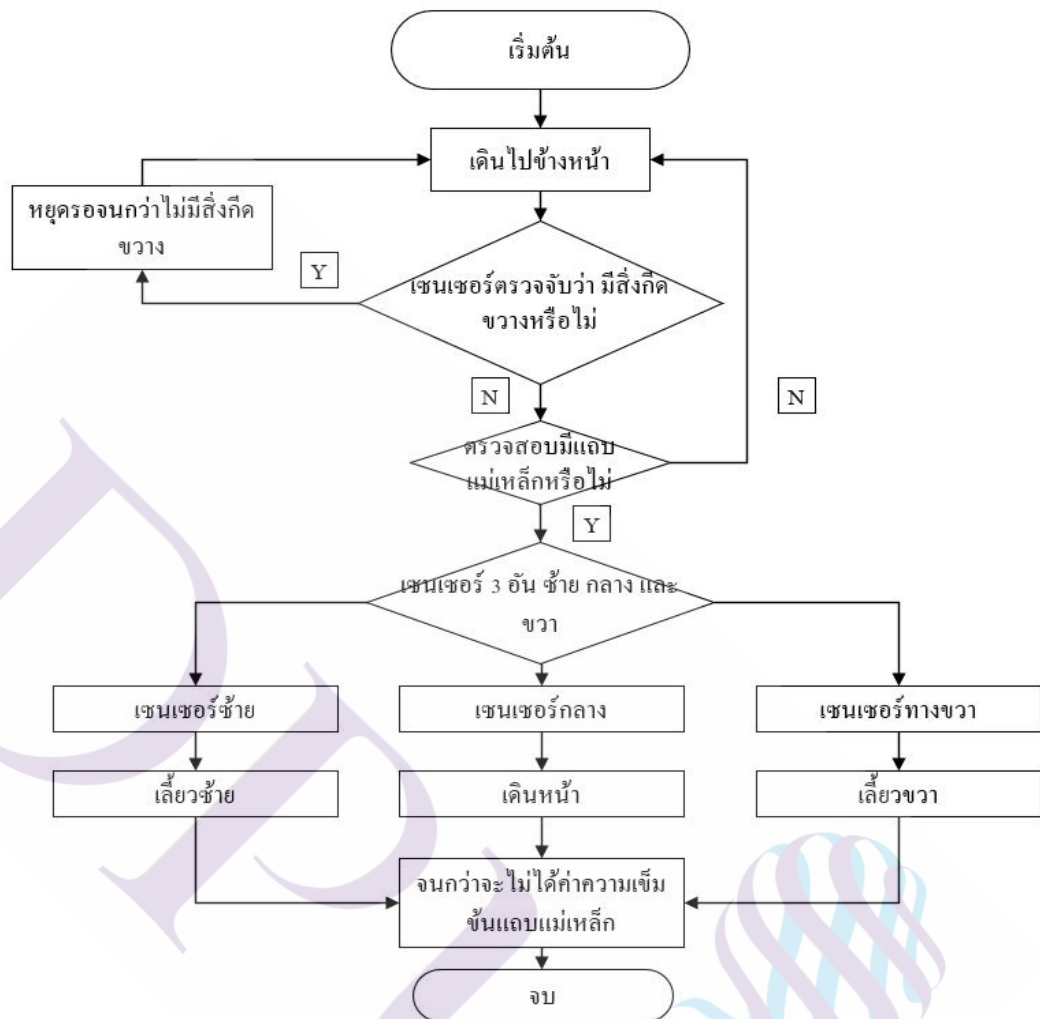
3.1.4 สร้างสถานการณ์จำลองให้กับตัวพาหนะ AGV หลังจากทำการออกแบบและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการลองวิ่ง นำข้อมูลการวิ่งเหล่านั้นมาจัดทำเป็นสถิติเพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการทำงาน

#### 3.2 การออกแบบขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ผนวกกับการใช้เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติรับรู้มีสิ่งกีดขวาง โดยเมื่อเซนเซอร์พบสิ่งกีดขวาง ในระยะน้อยกว่า 15 เซนติเมตร ESP32 จะสั่งให้มอเตอร์หยุด และจะเคลื่อนที่ต่อเมื่อสิ่งกีดขวางนั้นหายไป

##### 3.2.1 การเคลื่อนที่ภายในอาคารของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

กรณีที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ในอาคารอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ผนวกกับเซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ในการขับเคลื่อนของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยจะมีเซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 จำนวน 3 อัน ในการตรวจจับความเข้มข้นของแม่เหล็ก ขณะที่เคลื่อนที่บนแถบแม่เหล็กโดยจะมีอันซ้าย กลาง และขวาสำหรับระบุการหันหน้าของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยรายละเอียดดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติภายในอาคาร

3.2.1.1 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

3.2.1.2 เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ตรวจสอบสิ่งกีดขวางโดยแบ่งได้ 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า

พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะหยุดการเคลื่อนที่จนกว่าไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า

- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ไม่พบสิ่งกีดขวาง

ด้านหน้า จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.1.3

3.2.1.3 เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ตรวจสอบว่ามีแถบแม่เหล็กหรือไม่ โดยแบ่งได้ 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ไม่พบแถบแม่เหล็ก จะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.1.1

- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 พบแถบแม่เหล็ก จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.1.4

3.2.1.4 เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ทั้ง 3 อัน พบแถบแม่เหล็ก โดยแบ่งได้ 3 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 อันซ้ายพบแถบแม่เหล็กพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเลี้ยวซ้าย

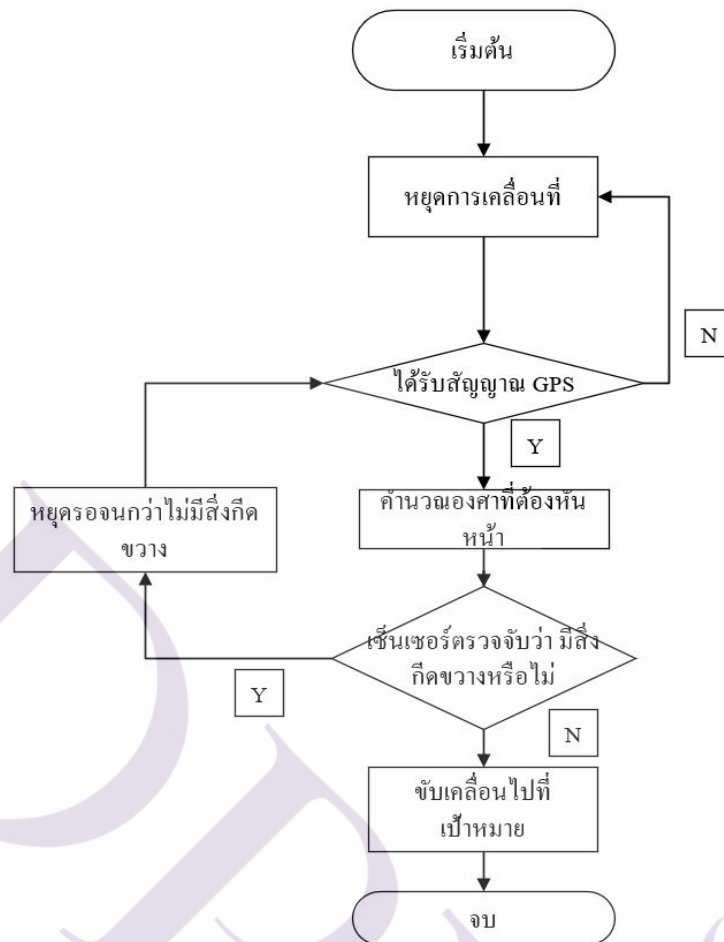
- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 อันกลางพบแถบแม่เหล็กพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

- กรณีที่ 3 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 อันขวาพบแถบแม่เหล็กพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเลี้ยวขวา

3.2.1.5 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปจนกว่าจะไม่ได้ค่าความเข้มข้นของแถบแม่เหล็ก

### 3.2.2 การเคลื่อนที่ภายนอกอาคารของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

กรณีที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ภายนอกอาคารอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ผนวกกับ GPS Module และ โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 MODULE ในการคำนวณมุมในการหันหน้าให้ตรงกับทิศทางที่ต้องการ โดยถ้าได้รับสัญญาณ GPS จะทำการเดินทางแล้วค่อยปรับการหมุนของมอเตอร์ กรณีที่คำนวณมุมแล้วพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติต้องหันไปทางขวา มอเตอร์ข้างซ้ายจะหมุนเร็วกว่าข้างขวา กรณีที่คำนวณมุมแล้วพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติต้องหันไปทางซ้าย มอเตอร์ข้างขวาจะหมุนเร็วกว่าข้างซ้าย กรณีที่คำนวณมุมแล้วพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเดินทางหน้ามอเตอร์ทั้ง 2 ข้างจะหมุนเท่ากัน โดยรายละเอียดดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การเคลื่อนที่ภายนอกอาคารของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

### 3.2.2.1 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดการเคลื่อนที่

### 3.2.2.2 อุปกรณ์ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS โดยแบ่งเป็น 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ไม่ได้ จะกลับไปทำขั้นตอนที่ 3.3.2.1

- กรณีที่ 2 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ได้ จะไปทำในขั้นตอนที่

### 3.3.2.3

3.2.2.3 โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 MODULE ทำการคำนวณองศาเพื่อให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหันหน้าได้ถูกต้อง

3.2.2.4 เซ็นเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ตรวจสอบสิ่งกีดขวาง โดยแบ่งได้ 2 กรณี

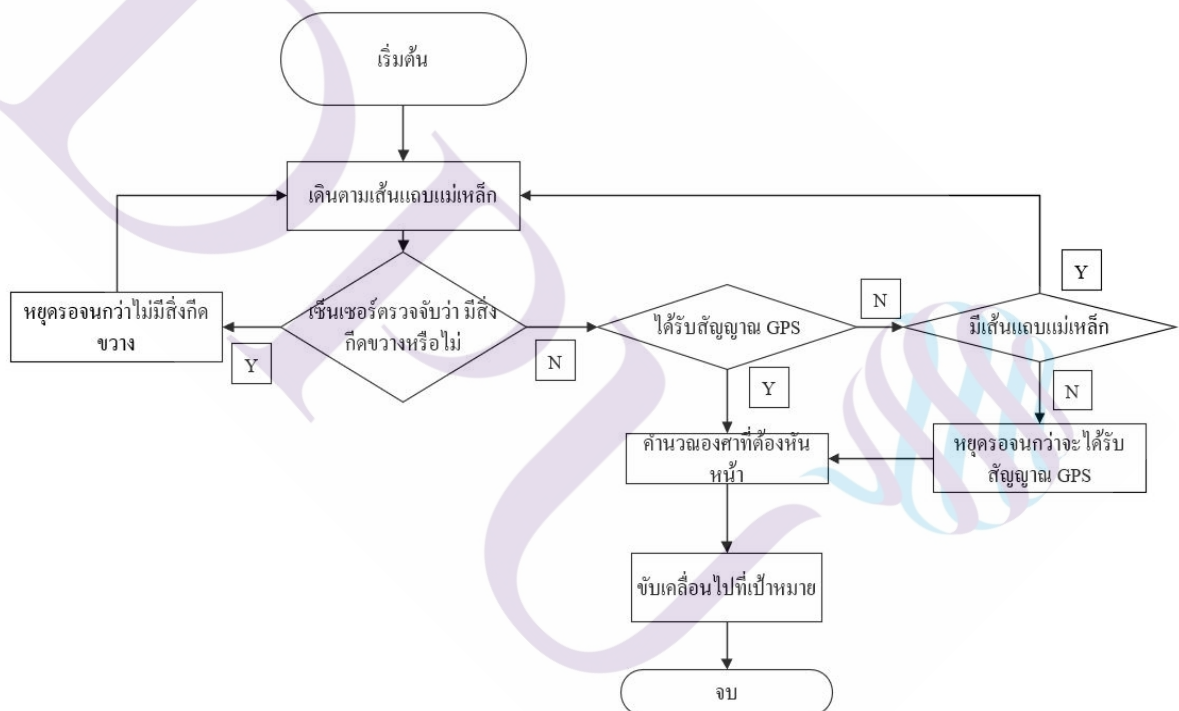
- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะหยุดการเคลื่อนที่จนกว่าไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า

- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.2.5

3.2.2.5 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ไปที่เป้าหมาย

3.2.3 กรณีที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่จาก Indoor ไป Outdoor

จะเป็นการวิ่งตามแถบเส้นแม่เหล็กไปก่อนจนกว่าจะได้สัญญาณ GPS จึงจะใช้สัญญาณ GPS และ โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 ในการคำนวณหามุมมองเสาที่จะเดินหน้าไป โดยรายละเอียดดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจาก Indoor ไป Outdoor

3.2.3.1 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ตามแถบแม่เหล็ก

3.2.3.2 เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ตรวจสอบสิ่งกีดขวางโดยแบ่งได้ 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะหยุดการเคลื่อนที่จนกว่าไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า

- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.3.3

3.2.3.3 อุปกรณ์ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS โดยแบ่งเป็น 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ไม่ได้ แบ่งเป็นอีก 2 กรณี

**กรณีที่ 1.1** คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 พบแถบแม่เหล็ก จะกลับไปทำขั้นตอนที่ 3.2.3.1

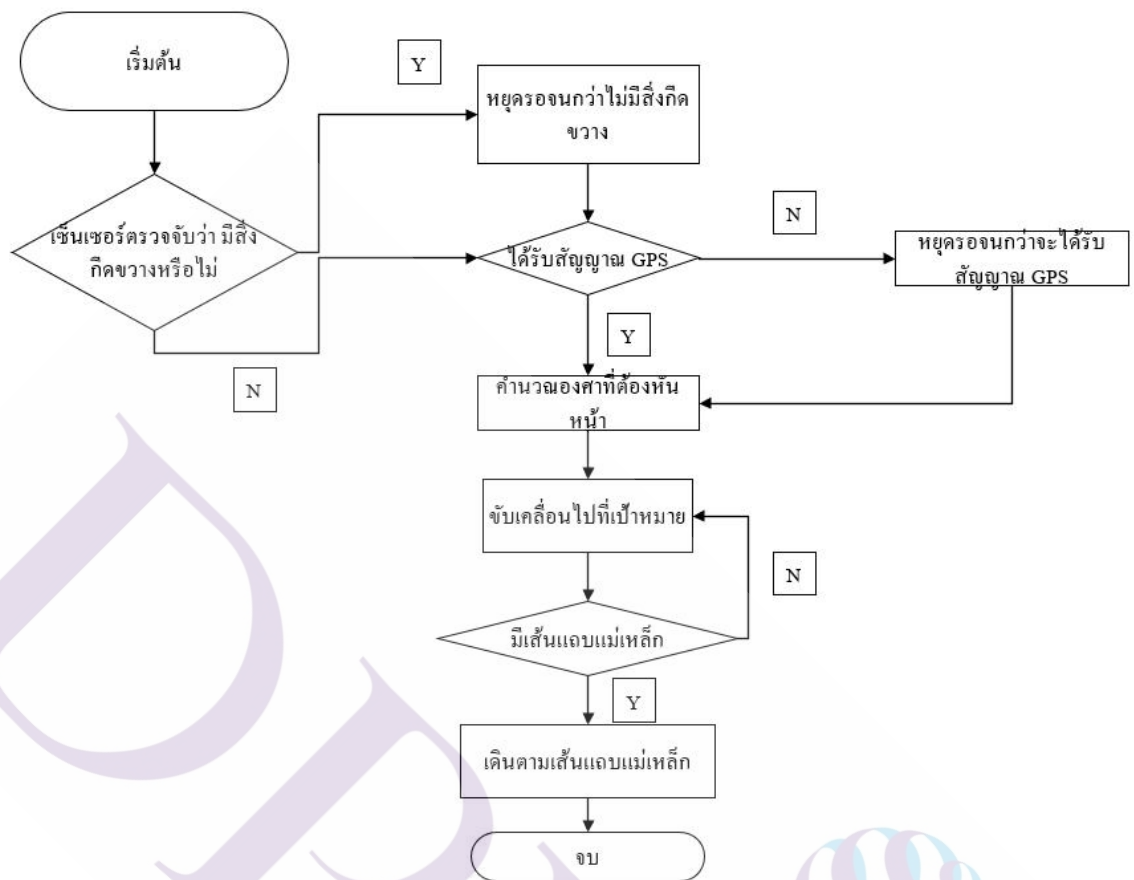
**กรณีที่ 1.2** คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ไม่พบแถบแม่เหล็ก พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดจนกว่าจะได้รับสัญญาณ GPS

- กรณีที่ 2 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ได้ จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.3.4

3.2.3.4 โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 MODULE ทำการคำนวณองศาเพื่อให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหันหน้าได้ถูกต้อง

3.2.3.5 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ไปที่เป้าหมาย

3.2.4 กรณีที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเดินทางจาก Outdoor ไปที่ Indoor เป็นการใช้น้ำสัญญาณ GPS และ โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 ในการคำนวณหามุมมองเสาที่จะเดินทางไป แล้วเมื่อใกล้จะถึงปลายทางจะเป็นการวิ่งตามเส้นแถบแม่เหล็กที่ติดตั้งไว้ที่พื้นบริเวณหน้าประตู โดยรายละเอียดดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจาก Outdoor ไป Indoor

#### 3.2.4.1 เซ็นเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ตรวจสอบสิ่งกีดขวางโดยแบ่งได้ 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ เซ็นเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะหยุดการเคลื่อนที่จนกว่าไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า

- กรณีที่ 2 คือ เซ็นเซอร์ Ultrasonic Sensor HC-SR04 ไม่พบสิ่งกีดขวางด้านหน้า จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.4.2

#### 3.2.4.2 อุปกรณ์ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS โดยแบ่งเป็น 2 กรณี

- กรณีที่ 1 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ไม่ได้ พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดเคลื่อนที่จนกว่าจะได้รับสัญญาณ GPS

- กรณีที่ 2 คือ GPS Module ตรวจจับสัญญาณ GPS ได้ จะไปทำในขั้นตอนที่

#### 3.2.4.3

3.2.4.3 โมดูลเซ็นเซอร์ดิจิตอล HMC5983 MODULE ทำการคำนวณองศา เพื่อให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหันหน้าได้ถูกต้อง

3.2.4.4 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ไปที่เป้าหมาย

3.2.4.5 เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ตรวจสอบว่ามีแถบแม่เหล็กหรือไม่ โดยแบ่งได้ 2 กรณี

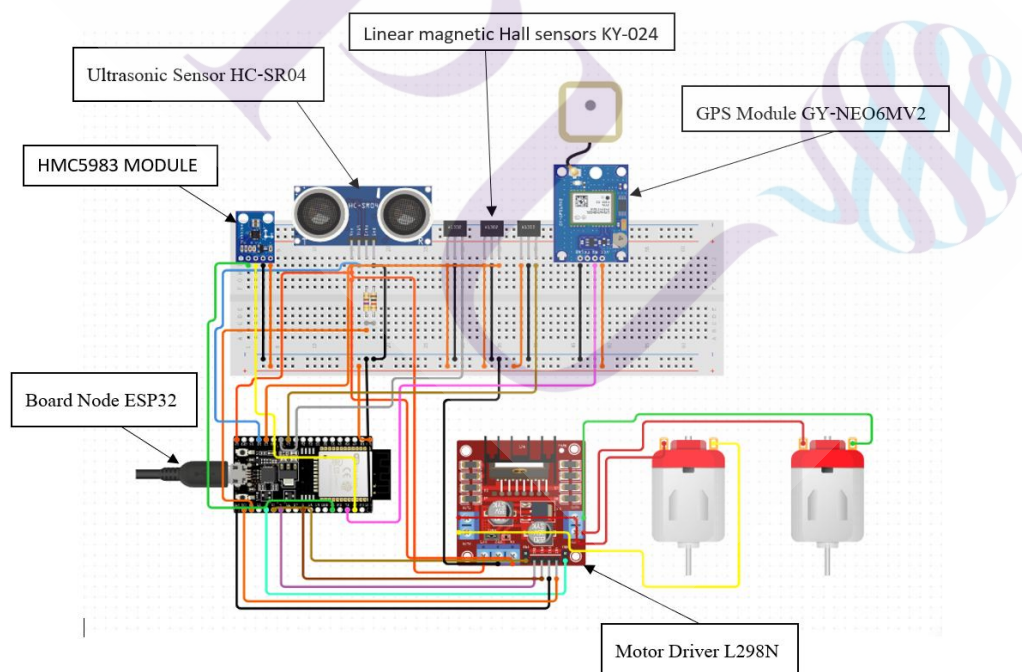
- กรณีที่ 1 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ไม่พบแถบแม่เหล็ก จะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.4.4

- กรณีที่ 2 คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 พบแถบแม่เหล็ก จะไปทำในขั้นตอนที่ 3.2.4.6

3.2.4.6 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ตามแถบแม่เหล็ก

### 3.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์

3.3.1 ภาพการเชื่อมต่อของสายไฟและขา Pin ต่างๆของอุปกรณ์ สำหรับการท่วิจัย ซึ่งจะให้เห็นภาพรวมของอุปกรณ์ในการติดตั้งกับแผ่นอะคริลิก แสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ภาพการเชื่อมต่อของสายไฟและขา Pin ต่างๆของอุปกรณ์



3.3.1.1 Motor Driver L298N ทำหน้าที่ในการควบคุมมอเตอร์ของตัวพาหนะให้วิ่งตามทิศทางต่างๆและควบคุมความเร็วของรอบมอเตอร์ให้เพิ่มหรือลดความเร็วในการเคลื่อนที่ โดยจะมีสาย Pin ดังนี้

- สายสีส้ม คือ ขั้วบวกหรือสายไฟ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีดำ คือ ขั้วลบหรือสายกราวด์ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีแดง คือ ตั้งค่าการหมุนถอยหลังของ Motor A และ Motor B
- สายสีเหลือง คือ ตั้งค่าหมุนไปข้างหน้าของ Motor A
- สายสีเขียว คือ ตั้งค่าหมุนไปข้างหน้าของ Motor B
- สายสีฟ้า คือ ENB(Enables PWM signal for Motor B) ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ B โดยรับค่าดิจิทัล 0-1 โดยให้สัญญาณความถี่คงที่
- สายสีส้มเข้ม คือ IN4 (Enable Motor B) เปิดใช้งาน Motor B เป็น Pin ที่รับคำสั่งเพื่อให้ Motor B หมุนไปข้างหน้า
- สายสีน้ำเงิน คือ IN3 (Enable Motor B) เปิดใช้งาน Motor B เป็น Pin ที่รับคำสั่งเพื่อให้ Motor B หมุนถอยหลัง
- สายสีน้ำตาล คือ IN2 (Enable Motor A) เปิดใช้งาน Motor A เป็น Pin ที่รับคำสั่งเพื่อให้ Motor A หมุนไปข้างหน้า
- สายสีม่วง คือ IN1 (Enable Motor A) เปิดใช้งาน Motor A เป็น Pin ที่รับคำสั่งเพื่อให้ Motor A หมุนถอยหลัง
- สายสีน้ำตาลอ่อน คือ ENA(Enables PWM signal for Motor A) ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ A โดยรับค่าดิจิทัล 0-1 โดยให้สัญญาณความถี่คงที่

3.3.1.2 Ultrasonic Sensor HC-SR04 จะปล่อยคลื่นอัลตราโซนิกอยู่ตลอดเวลา เมื่อมีวัตถุกีดขวางด้านหน้าของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

- สายสีส้ม คือ ขั้วบวกหรือสายไฟ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีดำ คือ ขั้วลบหรือสายกราวด์ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีฟ้า คือ Trig รับสัญญาณพัลส์ความกว้าง 10 ไมโครวินาที ของคลื่นอัลตราโซนิกความถี่ 40kHz โดยเมื่อ Ultrasonic Sensor HC-SR04 รับคลื่นอัลตราโซนิกมาแล้ว จะทำการส่งค่านั้นให้ Board Node ESP32

3.3.1.3 GPS Module GY-NEO6MV2 มีหน้าที่ในการระบุตำแหน่งปัจจุบันกับตำแหน่งปลายทาง โดยจะนำค่า LAT, LONG ที่ได้ไปใช้ในการคำนวณ

- สายสีส้ม คือ ขั้วบวกหรือสายไฟ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีดำ คือ ขั้วลบหรือสายกราวด์ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node

ESP32

- สายสีชมพู คือ สายส่งข้อมูลของสัญญาณดิจิทัลเป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32 ซึ่งจะมีค่าต่างๆของตำแหน่งปัจจุบันกับตำแหน่งปลายทางส่งไปให้ Board Node ESP32

3.3.1.4 HMC5983 MODULE เป็นอุปกรณ์จับสนามแม่เหล็กโลก เซนเซอร์เข็มทิศ 3 แกน มีแกน X, Y, Z

- สายสีส้ม คือ ขั้วบวกหรือสายไฟ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีดำ คือ ขั้วลบหรือสายกราวด์ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node

ESP32

- สายสีเหลือง คือ SCL มีหน้าที่ส่งสัญญาณนาฬิกาเพื่อใช้สำหรับควบคุมการรับส่งข้อมูลเป็นสายที่ต้องเชื่อมต่อจาก Board Node ESP32

- สายสีเขียว คือ SDA เป็นสายที่ใช้รับส่งข้อมูลที่ต้องการจะสื่อสารเป็นสายที่ต้องเชื่อมต่อจาก Board Node ESP32

3.3.1.5 Linear magnetic Hall sensors KY-024 เซนเซอร์ที่ตรวจจับความเข้มข้นของสนามแม่เหล็ก

- สายสีส้ม คือ ขั้วบวกหรือสายไฟ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node ESP32
- สายสีดำ คือ ขั้วลบหรือสายกราวด์ เป็นสายที่เชื่อมต่อจาก Board Node

ESP32

- สายสีเทา , สายสีส้มเข้ม, สายสีน้ำตาล คือ สายเชื่อมต่อกับ Board Node ESP32 เพื่อส่งข้อมูลความเข้มข้นของสนามแม่เหล็กในรูปแบบสัญญาณดิจิทัล

### 3.3.2 การคำนวณกำลังไฟของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

จากภาพที่ 3.5 ทำให้รู้เรื่องจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้และคำนวณเรื่องการใช้กำลังไฟฟ้าของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยจะนำค่าต่างๆของอุปกรณ์ทุกตัวมารวมกันเพื่อหาอำนาจที่จ่ายกำลังไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการ

- Board Node ESP32 ใช้ไฟ 3.3V, 200mA
- Motor Driver L298N ใช้ไฟ 5V, 2A

- Ultrasonic Sensor HC-SR04 ใช้ไฟ 3.3V, 15mA
- GPS Module GY-NEO6MV2 ใช้ไฟ 3.3V, 15mA
- HMC5983 MODULE ใช้ไฟ 3.3V, 15mA

เนื่องจากการใช้อุปกรณ์ 3 ตัว จึงต้องคูณ 3 Linear magnetic Hall sensors KY-024 ใช้ไฟ  $3.3V * 3$ ,  $15mA * 3$  โวลท์ คือหน่วยของแรงดันไฟฟ้าจะใช้ตัวอักษรย่อคือ V (มาจากคำว่า Volt)

- แอมป์ คือหน่วยของกระแสไฟฟ้าจะใช้ตัวอักษรย่อคือ A (มาจากคำว่า Ampere)
- วัตต์ คือหน่วยของกำลังไฟฟ้าจะใช้ตัวอักษรย่อคือ W (มาจากคำว่า Watt)

#### จากสมการการหาค่ากำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้า (Watt) = แรงดันไฟฟ้า (Volt) X กระแสไฟฟ้า (Ampere) หรือ  $P = VI$

เมื่อกำหนดให้ P แทนกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

นำกระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมดมาบวกกัน โดยแปลงค่าของ mA (มิลลิแอมแปร์) เป็น A (Ampere)

**1,000 มิลลิแอมแปร์ (mA) = 1 แอมแปร์ (A)**

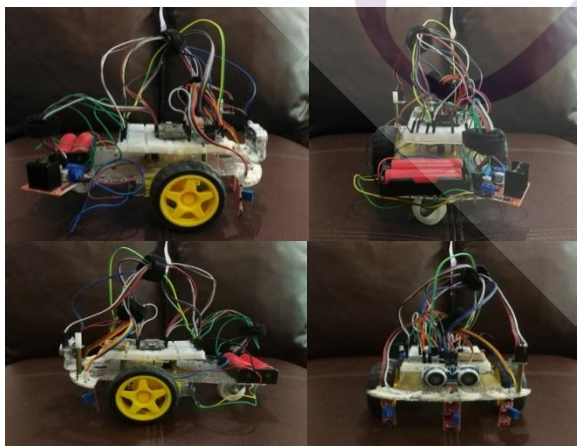
กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมด คือ  $0.2+2+0.015+0.015+0.015+(0.015*3) = 2.29$  A

แรงดันไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมด คือ  $3.3+5+3.3+3.3+3.3(3.3*3) = 27.9$  V

จากสมการ  $P = VI$

เท่ากับ  $P = 27.9 * 2.29$

$P = 63.8$  W



ภาพที่ 3.6 พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติที่ใช้ในงานวิจัย

จากผลลัพธ์ของสมการดังกล่าว ต้องใช้ถ่านชาร์จ 18650 มีกระแสไฟฟ้า 9800mA แรงดันไฟฟ้า 3.7- 4.2V จำนวน 2 ก้อน

จากสมการ  $P = VI$

เท่ากับ  $P = 3.7 * 9.8$

$P = 36.26 \text{ W}$

เนื่องจากต้องใช้ 2 ก้อนทำให้  $36.26 * 2 = 72.52 \text{ W}$  ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการ เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์และเชื่อมต่อสายต่างๆเข้าเสร็จแล้วดังภาพที่ 3.6 ก็เสร็จในส่วนของการหาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

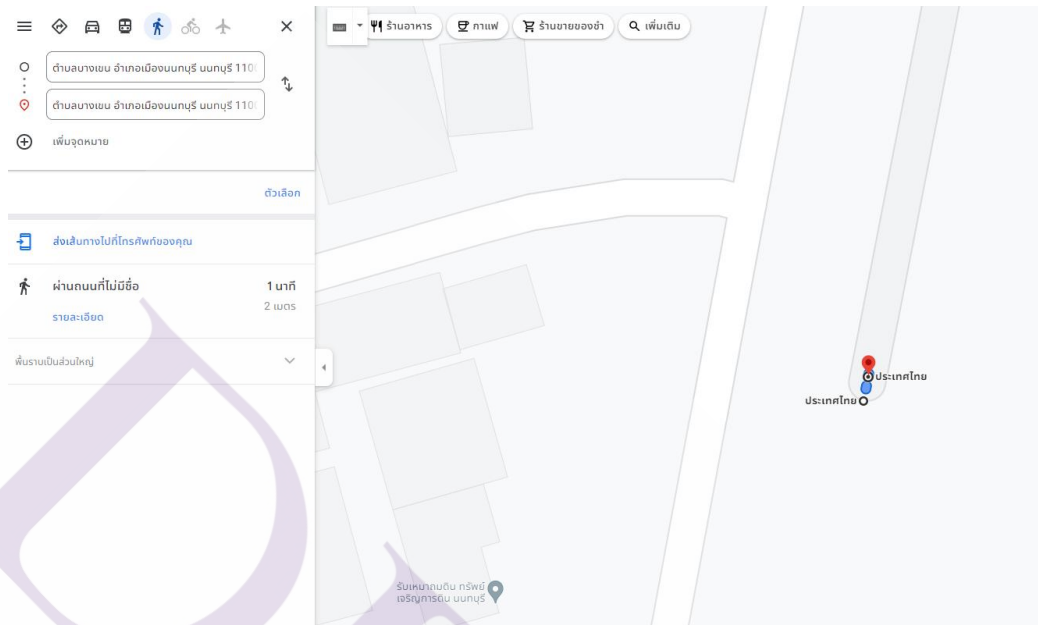
3.3.3 การออกแบบแถบแม่เหล็กสำหรับรอยต่อระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร เนื่องจาก GPS Module มีการส่งค่าพิกัดปัจจุบันที่คาดเคลื่อนประมาณ 2 เมตร โดยได้นำค่าพิกัดปัจจุบันที่ GPS Module ส่งมาให้หลายครั้งดังภาพที่ 3.7

```
COM3
latitude13.865257
longitude100.546227
Speed (Km) : 0.21
Error : No fix now.
latitude13.865257
longitude100.546227
Speed (Km) : 0.23
Error : No fix now.
latitude13.865254
longitude100.546227
Speed (Km) : 0.12
Error : No fix now.
latitude13.865251
longitude100.546227
```

ภาพที่ 3.7 ค่าพิกัดปัจจุบันที่ GPS Module แสดงออกมา

- Latitude คือ ค่าของเส้นสมมติที่วางตามแนวนอนของโลก หรือ แกน Y
- Longitude คือ ค่าของเส้นสมมติที่วางตามแนวตั้งของโลก หรือ แกน X
- Error: No fix now. คือ สัญญาณ GPS Module มีปัญหา
- Speed (Km) คือ ค่าของความเร็วในการรับส่งข้อมูลของ GPS Module

จะเห็นว่าค่าของ latitude ไม่เท่ากัน เมื่อนำค่า latitude , longitude ไปใส่ใน google map จะเห็นระยะห่างของความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดปัจจุบันที่ GPS Module ส่งมา ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของพิกัดปัจจุบันที่รับมาไม่เท่ากัน

ตำแหน่งปัจจุบันที่พิกัดระบุคือวงกลมสีขาวและตำแหน่งปลายทางที่พิกัดระบุคือจุดที่ปักหมุดสีแดง ซึ่งระยะห่างระหว่างจุดพิกัดทั้ง 2 ค่า คือ 2 เมตร

ทำให้ในช่วงรอยต่อระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร ต้องทำแถบแม่เหล็กยื่นออกไปทั้งทางซ้ายและทางขวาอย่างละ 1 เมตร เพื่อป้องกันการคำนวณที่คลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการได้รับค่าพิกัดปัจจุบันที่คลาดเคลื่อนของ GPS Module หรือ สัญญาณ GPS Module ขาดหายเมื่อใกล้ถึงรอยต่อระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร ตำแหน่งปัจจุบันที่พิกัดระบุคือวงกลมสีขาวและตำแหน่งปลายทางที่พิกัดระบุคือจุดที่ปักหมุดสีแดง ซึ่งระยะห่างระหว่างจุดพิกัดทั้ง 2 ค่า คือ 2 เมตร

### 3.3.4 การเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจากภายในอาคาร ไปภายนอกอาคาร

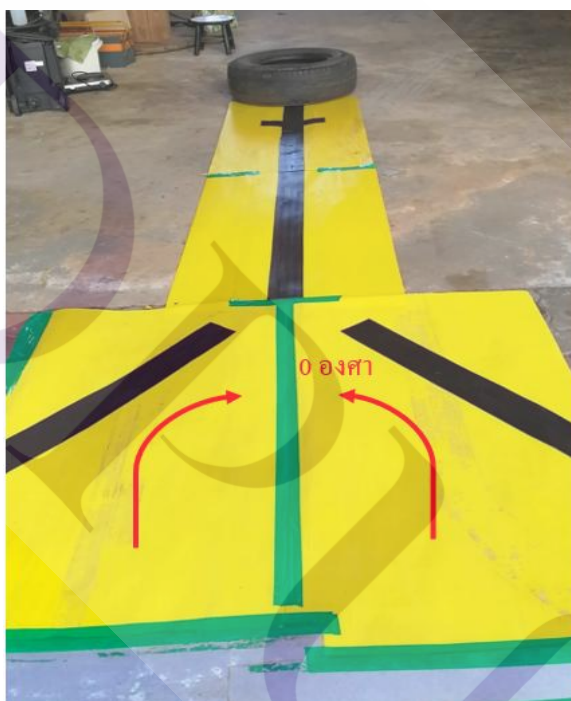
การเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติบริเวณภายในอาคาร คือบริเวณที่เป็นฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลืองในส่วนที่เป็นเส้นตรงกับห้วงยางดังในภาพที่ 3.9 เมื่อ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ตรวจจับแม่เหล็กได้ โดยมีเซนเซอร์ทางซ้าย กลาง และขวา ในกรณีที่เซนเซอร์ทางซ้ายตรวจจับแม่เหล็กได้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปทางซ้ายโดย Motor Driver L298N ทางซ้ายจะหยุดส่วนทางขวาจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อให้พาหนะเลี้ยวไปทางซ้าย ในกรณีที่เซนเซอร์ทางขวาตรวจจับแม่เหล็กได้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปทางขวา โดย Motor Driver L298N ทางขวาจะหยุดส่วนทางซ้ายจะเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเพื่อให้พาหนะเลี้ยวไปทางขวา ถ้าในกรณีที่เซนเซอร์ตรงกลางตรวจจับแม่เหล็กได้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ไปจนกว่าจะถึงปลายทางของเส้นแถมแม่เหล็กที่อยู่บนฟิวเจอร์บอร์ดสีเหลืองหรือจนกว่าจะได้สัญญาณ GPS เมื่อได้สัญญาณ GPS พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะทำการคำนวณมุมและเคลื่อนที่ไปที่ปลายทาง



**ภาพที่ 3.9** ภาพด้านในอาคารของแถบแม่เหล็กสำหรับรอยต่อระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร

ซึ่งปลายทางที่ทำให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติไป คือจุดที่วงกลมสีแดงดังในภาพที่ 3.9 เป็นจุดที่วางห่างขางไว้ โดยเมื่อ latitude , longitude ของตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งปลายทางลบกันมีค่าอยู่ระหว่าง  $-0.000003$  ถึง  $0.000003$  พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะทำการหยุดเคลื่อนที่เพราะถึงจุดหมายแล้ว

3.3.5 การเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจากภายนอกอาคารไปภายในอาคารในการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติในบริเวณภายนอกอาคารจะทำการคำนวณมุมและเคลื่อนที่เข้าหา 0 องศา



**ภาพที่ 3.10** ภาพด้านนอกอาคารของแถบแม่เหล็กสำหรับรอยต่อระหว่างภายนอกอาคารกับภายในอาคาร

โดยการหมุนของ Motor Driver L298N ในกรณีที่คำนวณมุมออกมาแล้วพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติต้องเลี้ยวซ้าย Motor ข้างขวาจะหมุนเร็วกว่า Motor ทางซ้าย กรณีที่คำนวณมุมออกมาแล้วพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติต้องเลี้ยวขวา Motor ข้างซ้ายจะหมุนเร็วกว่า Motor ทางขวา และกรณีที่คำนวณมุมออกมาแล้วได้ 0 องศาพอดี Motor ทางซ้ายและขวาจะหมุนด้วยความเร็วเท่ากันดังภาพที่ 3.10

ซึ่งเมื่อ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ตรวจจับแม่เหล็กที่อยู่บนฟิวเจอร์บอร์ด สีเหลืองได้ จะทำการเคลื่อนที่ตามแถบแม่เหล็กโดยจะหน่วงเวลาของเซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ไว้ที่ 3 วินาที ถ้าเกิน 3 แล้วตรวจจับแม่เหล็กไม่ได้ ให้คำนวณมุมและเคลื่อนที่ เข้าหา 0 องศา แต่ถ้าใน 3 วินาที สามารถตรวจจับแม่เหล็กได้ ให้เคลื่อนที่ตามแถบแม่เหล็กไปเรื่อยๆ จนกว่า Linear magnetic Hall sensors KY-024 ซ้าย กลาง และขวาจะตรวจจับแม่เหล็กได้พร้อมกันจึงจะหยุด

### 3.4 การออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์

#### 3.4.1 การคำนวณมุมด้วยการใช้สูตรตรีโกณมิติ

ในการคำนวณหามุมจะต้องรู้พิกัดปัจจุบันและพิกัดปลายทางที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติต้องการจะไปจากสมการของ ATAN2

ตารางที่ 3.1 สูตร ATAN2

สูตร	คำอธิบาย	ผลลัพธ์
=ATAN2(1, 1)	อาร์กแทนเจนต์ของจุด 1,1 ในหน่วยเรเดียน $\pi/4$	0.785398163
=ATAN2(-1, -1)	อาร์กแทนเจนต์ของจุด -1,-1 ในหน่วยเรเดียน $-3\pi/4$	-2.35619449
=ATAN2(-1, -1)*180/PI()	อาร์กแทนเจนต์ของจุด 1,1 ในหน่วยองศา	-135
=DEGREES(ATAN2(-1, -1))	อาร์กแทนเจนต์ของจุด 1,1 ในหน่วยองศา	-135

โดย ATAN2 เป็นฟังก์ชันของสองตัวแปร ในสูตรแทนแกน X และแกน Y ที่ได้จาก HMC5983 MODULE จะได้เป็น  $\text{ATAN}(X, Y)/180/\text{PI}()$  ดังตารางที่ 3.1

```

443 double heading(double x, double y) {
444
445     double head = atan2(x, y); // Slope x, Slope y ใช้สูตร arctan เพื่อคำนวณหามุม
446     degree = head * 180 / PI;
447     if (degree < 0 ) { //หากค่าองศาติดลบ
448         degree = degree * -1 ; //ทำให้เป็นบวกโดยคูณ -1
449     }
450     return head;
451 }
```

ภาพที่ 3.11 โค้ดฟังก์ชัน ATAN2



จากภาพที่ 3.11 บรรทัด 445 ประกาศตัวแปร head ให้เก็บค่าเป็น double โดยใช้ฟังก์ชัน ATAN2 แทนค่าแกน X ในตัวแปรที่ 1 และแทนค่าแกน Y ในตัวแปรที่ 2 ของฟังก์ชัน ATAN2

บรรทัดที่ 446 ประกาศตัวแปร degree ในการเก็บผลลัพธ์ของการคำนวณมุมจากฟังก์ชัน ATAN2

บรรทัดที่ 447 ถ้าผลลัพธ์ของการคำนวณมุมเป็นลบคือ น้อยกว่า 0 ให้ทำในเงื่อนไข

บรรทัดที่ 448 เนื่องจากค่า degree เป็นลบต้องทำการ \* -1 เพื่อให้ค่า degree เป็นบวก

บรรทัดที่ 450 เป็นการคืนค่า head

### 3.4.2 การหาทิศทางที่จะเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

จากภาพที่ 3.12 บรรทัดที่ 343 จะสร้างตัวแปรที่ชื่อ SlopeX สำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ของ longitude ปัจจุบันคือ My\_lon ลบ longitude ของปลายทาง Go\_lon บรรทัดที่ 344 จะสร้างตัวแปรที่ชื่อ SlopeY สำหรับเก็บค่าผลลัพธ์ของ latitude ปัจจุบันคือ My\_lat ลบ latitude ของปลายทาง Go\_lat

```

342 void calculateDegree() { //ฟังก์ชันคำนวณหาทิศทางเป็น องศาคิดเป็น 360 องศา
343     SlopeX = My_lon - Go_lon ;
344     SlopeY = My_lat - Go_lat ;
345     Serial.print("SlopeX : ");
346     Serial.println(SlopeX , 6);
347     Serial.print("SlopeY : ");
348     Serial.println(SlopeY, 6);
349     if ( SlopeX <= 0 && SlopeY < 0) {
350         SlopeX = SlopeX * -1 ;
351         SlopeY = SlopeY * -1 ;
352         heading(SlopeX, SlopeY);
353         degree = 270 - degree ;
354         Serial.println("Case1");
355     } else if ( SlopeX > 0 && SlopeY <= 0) {
356         SlopeY = SlopeY * -1 ;
357         heading(SlopeX, SlopeY);
358         degree = 360 - degree ;
359         Serial.println("Case2");
360     } else if ( SlopeX < 0 && SlopeY >= 0) {
361         SlopeX = SlopeX * -1 ;
362         heading(SlopeX, SlopeY);
363         degree = 180 - degree ;
364         Serial.println("Case3");
365     } else if ( SlopeX >= 0 && SlopeY > 0) {
366         heading(SlopeX, SlopeY);
367         degree = 90 - degree ;
368         Serial.println("Case4");
369     }
370     godegree = degree ;
371     Serial.print("My degree go : ");
372     Serial.println(degree);
373 }

```

ภาพที่ 3.12 โค้ดฟังก์ชัน calculate Degree

บรรทัดที่ 349 การเงื่อนไขโดยใช้ `if` โดยที่ค่า `SlopeX` น้อยกว่าเท่ากับ 0 และ `SlopeY` น้อยกว่า 0 ให้ทำในเงื่อนไข ซึ่งค่าที่ทำในเงื่อนไขนี้จะอยู่ในช่วงมุม 270 – 180 หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้

บรรทัดที่ 350 ให้ตัวแปร `SlopeX` เก็บค่าผลลัพธ์ของ `SlopeX * -1` เพื่อให้ค่า `SlopeX` มีผลลัพธ์เป็นบวก

บรรทัดที่ 351 ให้ตัวแปร `SlopeY` เก็บค่าผลลัพธ์ของ `SlopeY * -1` เพื่อให้ค่า `SlopeY` มีผลลัพธ์เป็นบวก

บรรทัดที่ 352 เรียกใช้ฟังก์ชัน `heading` โดยใส่ตัวแปร `SlopeX`, `SlopeY` ในฟังก์ชัน

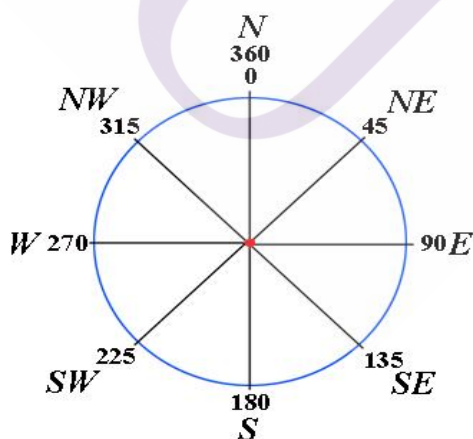
บรรทัดที่ 353 สร้างตัวแปร `degree` เก็บผลลัพธ์ของ 270 ลบกับค่า `degree` ซึ่งเรียกมาจากฟังก์ชัน `heading` โดยที่ค่า 270 มาจากทิศตะวันตก ดังภาพที่ 3.13

บรรทัดที่ 355 เงื่อนไขที่ 2 โดยการใช้ `else if` ถ้าค่า `SlopeX` มากกว่า 0 และ `SlopeY` น้อยกว่าเท่ากับ 0 ให้ทำในเงื่อนไข ซึ่งค่าที่ทำในเงื่อนไขนี้จะอยู่ในช่วงมุม 270 – 360 หรือทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

บรรทัดที่ 356 ให้ตัวแปร `SlopeY` เก็บค่าผลลัพธ์ของ `SlopeY * -1` เพื่อให้ค่า `SlopeY` มีผลลัพธ์เป็นบวก

บรรทัดที่ 357 เรียกใช้ฟังก์ชัน `heading` โดยใส่ตัวแปร `SlopeX`, `SlopeY` ในฟังก์ชัน

บรรทัดที่ 358 สร้างตัวแปร `degree` เก็บผลลัพธ์ของ 360 ลบกับค่า `degree` ซึ่งเรียกมาจากฟังก์ชัน `heading` โดยที่ค่า 360 มาจากทิศเหนือ ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ภาพทิศทางสำหรับระบุทิศ

บรรทัดที่ 360 เงื่อนไขที่ 3 โดยการใส่ else if ถ้าค่า SlopeX น้อยกว่า 0 และ SlopeY มากกว่าเท่ากับ 0 ให้ทำในเงื่อนไข ซึ่งค่าที่ทำในเงื่อนไขนี้จะอยู่ในช่วงมุม 180 – 90 หรือทิศ ตะวันออกเฉียงใต้

บรรทัดที่ 361 ให้ตัวแปร SlopeX เก็บค่าผลลัพธ์ของ SlopeX \* -1 เพื่อให้ค่า SlopeX มี ผลลัพธ์เป็นบวก

บรรทัดที่ 362 เรียกใช้ฟังก์ชัน heading โดยใส่ตัวแปร Slope X, Slope Y ในฟังก์ชัน

บรรทัดที่ 363 สร้างตัวแปร degree เก็บผลลัพธ์ของ 180 ลบกับค่า degree ซึ่งเรียกมา จากฟังก์ชัน heading โดยที่ค่า 180 มาจากทิศใต้ ดังภาพที่ 3.13

บรรทัดที่ 365 เงื่อนไขที่ 4 โดยการใส่ else if ถ้าค่า Slope X มากกว่าเท่ากับ 0 และ Slope Y มากกว่า 0 ให้ทำในเงื่อนไข ซึ่งค่าที่ทำในเงื่อนไขนี้จะอยู่ในช่วงมุม 90 – 0 หรือทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ

บรรทัดที่ 366 เรียกใช้ฟังก์ชัน heading โดยใส่ตัวแปร Slope X, Slope Y ในฟังก์ชัน

บรรทัดที่ 367 สร้างตัวแปร degree เก็บผลลัพธ์ของ 90 ลบกับค่า degree ซึ่งเรียกมาจาก ฟังก์ชัน heading โดยที่ค่า 90 มาจากทิศตะวันออก ดังภาพที่ 3.13 บรรทัดที่ 370 สร้างตัวแปร gode gree มีค่าเท่ากับ degree

### 3.4.3 RTOS (Real Time Operating System)

#### ตารางที่ 3.2 ตารางการทดสอบ RTOS

No	RTOS (Real-Time Operating System)	Sensor Linear magnetic Hall sensors KY-024	Result
1	ไม่ใช้ RTOS	รับค่าแบบอนาล็อก	ไม่สำเร็จ
2	ไม่ใช้ RTOS	รับค่าแบบดิจิตอล	ไม่สำเร็จ
3	ใช้ RTOS	รับค่าแบบอนาล็อก	ไม่สำเร็จ
4	ใช้ RTOS	รับค่าแบบดิจิตอล	สำเร็จ

ในงานวิจัยนี้ประสบปัญหาเรื่องการตอบสนองของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ คือ เซนเซอร์ Linear magnetic Hall sensors KY-024 มีจำนวน 3 อัน ทำให้บางครั้งมีการส่งค่ามาพร้อม กันทำให้ค่าที่รับมาที่หลังโดยตัดทิ้งไป ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบ 4 แบบ เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการ

ตอบสนองการทำงานของ Board Node ESP32 เนื่องจากมีการรับค่าจากเซนเซอร์หลายอุปกรณ์ โดยการทดลองที่สามารถใช้งานได้คือ การทดลองที่ 4 คือการใช้ RTOS ใน Board Node ESP32 และ Linear magnetic Hall sensors KY-024 รับค่าเป็นดิจิตอล ดังตารางที่ 3.2

### 3.4.3.1 สร้าง Task สำหรับกำหนดการทำงานของต่างๆพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ

```

162 // สร้าง Task1 โดยใช้ฟังก์ชัน func1_Task()
163 xTaskCreatePinnedToCore(func1_Task, "Task1", 1000, NULL, 1, &Task1, 1);
164 xTaskCreatePinnedToCore(func2_Task, "Task2", 1000, NULL, 2, &Task1, 0);
165 xTaskCreatePinnedToCore(func3_Task, "Task3", 1000, NULL, 2, &Task1, 0);
166 xTaskCreatePinnedToCore(func4_Task, "Task4", 1000, NULL, 2, &Task1, 0);

```

ภาพที่ 3.14 โค้ดสร้าง Task RTOS

- จากภาพที่ 3.14 บรรทัดที่ 163 คำสั่ง x Task Create Pinned To Core สำหรับสร้าง Task

ตำแหน่ง Func1\_Task คือ ชื่อฟังก์ชันที่จะใช้เรียกในการทำงาน

ตำแหน่ง Task1 คือ ชื่อของ Task สำหรับแสดงค่าแต่ไม่มีผลต่อการทำงาน

ตำแหน่ง 1000 คือ ขนาด Stack ของ Task

ตำแหน่ง Null คือ ชื่อตัวแปรที่จะส่งค่าเข้ามาทำงานใน Task นี้ แต่ Null ในที่นี้คือ

ค่าว่าง

ตำแหน่ง 1 คือ Task Priority กำหนดเลข Priority ให้ Task ซึ่งค่า 0 คือ Priority ที่

ต่ำที่สุด

ตำแหน่ง \$Task1 คือ ชื่อตัวแปรของ Task ที่จะใช้ในการทำงานต่อ

ตำแหน่ง 1 คือ Core ของ CPU ESP32

- บรรทัดที่ 164 คำสั่ง x Task Create Pinned To Core สำหรับสร้าง Task

ตำแหน่ง Func2\_Task คือ ชื่อฟังก์ชันที่จะใช้เรียกในการทำงาน

ตำแหน่ง Task2 คือ ชื่อของ Task สำหรับแสดงค่าแต่ไม่มีผลต่อการทำงาน

ตำแหน่ง 1000 คือ ขนาด Stack ของ Task

ตำแหน่ง Null คือ ชื่อตัวแปรที่จะส่งค่าเข้ามาทำงานใน Task นี้ แต่ Null ในที่นี้คือ

ค่าว่าง

ตำแหน่ง 2 คือ Task Priority กำหนดเลข Priority ให้ Task ซึ่งค่า 0 คือ Priority ที่

ต่ำที่สุด

ตำแหน่ง \$Task1 คือ ชื่อตัวแปรของ Task ที่จะใช้ในการทำงานต่อ

ตำแหน่ง 0 คือ Core ของ CPU ESP32

- บรรทัดที่ 165 คำสั่ง x Task Create Pinned To Core สำหรับสร้าง Task

ตำแหน่ง Func3\_Task คือ ชื่อฟังก์ชันที่จะใช้เรียกในการทำงาน

ตำแหน่ง Task3 คือ ชื่อของ Task สำหรับแสดงค่าแต่ไม่มีผลต่อการทำงาน

ตำแหน่ง 1000 คือ ขนาด Stack ของ Task

ตำแหน่ง Null คือ ชื่อตัวแปรที่จะส่งค่าเข้ามาทำงานใน Task นี้ แต่ Null ในที่นี้คือ

ค่าว่าง

ตำแหน่ง 2 คือ Task Priority กำหนดเลข Priority ให้ Task ซึ่งค่า 0 คือ Priority ที่

ต่ำที่สุด

ตำแหน่ง \$Task1 คือ ชื่อตัวแปรของ Task ที่จะใช้ในการทำงานต่อ

ตำแหน่ง 0 คือ Core ของ CPU ESP32

- บรรทัดที่ 166 คำสั่ง x Task Create Pinned To Core สำหรับสร้าง Task

ตำแหน่ง Func3\_Task คือ ชื่อฟังก์ชันที่จะใช้เรียกในการทำงาน

ตำแหน่ง Task3 คือ ชื่อของ Task สำหรับแสดงค่าแต่ไม่มีผลต่อการทำงาน

ตำแหน่ง 1000 คือ ขนาด Stack ของ Task

ตำแหน่ง Null คือ ชื่อตัวแปรที่จะส่งค่าเข้ามาทำงานใน Task นี้ แต่ Null ในที่นี้คือ

ค่าว่าง

ตำแหน่ง 2 คือ Task Priority กำหนดเลข Priority ให้ Task ซึ่งค่า 0 คือ Priority ที่

ต่ำที่สุด

ตำแหน่ง \$Task1 คือ ชื่อตัวแปรของ Task ที่จะใช้ในการทำงานต่อ

ตำแหน่ง 0 คือ Core ของ CPU ESP32

#### 3.4.3.2 สร้าง Func4\_Task

การสร้างฟังก์ชันที่ชื่อ func4\_Task เป็นฟังก์ชันสำหรับรับค่าจากเซนเซอร์

Ultrasonic Sensor HC-SR04 แล้วส่งค่าไปให้ func1\_Task

```

253 void func4_Task(void *pvParam) {
254     while (1) {
255         cm = sonar.ping_cm();
256         vTaskDelay(500);
257     }
258 }

```

**ภาพที่ 3.15** โค้ดฟังก์ชัน Func4\_Task

จากภาพที่ 3.15 บรรทัดที่ 253 เป็นการสร้างฟังก์ชันที่ชื่อ func4\_Task ซึ่งมีการรับและส่งค่าในฟังก์ชันที่ชื่อ \*pv Param

บรรทัดที่ 254 สร้าง while loop มีค่าเป็น 1 คือ เป็นจริงเสมอ

บรรทัดที่ 255 สร้างตัวแปร cm สำหรับเก็บค่าจาก Library หน่วยเป็น เซ็นติเมตร

บรรทัดที่ 256 เรียกใช้ฟังก์ชัน v Task Delay คือการให้หยุดรอ 0.5 วิ เฉพาะฟังก์ชัน

Func4\_Task

```

238 void func3_Task(void *pvParam) {
239     while (1) {
240
241         while (serial_connection.available()) {
242             gps.encode(serial_connection.read());
243         }
244         if (gps.location.isUpdated()) { |
245             My_lat = gps.location.lat() ;
246             My_lon = gps.location.lng() ;
247
248         }
249         vTaskDelay(100);
250     }
251 }

```

**ภาพที่ 3.16** โค้ดฟังก์ชัน Func3\_Task

จากภาพที่ 3.16 บรรทัดที่ 238 เป็นการสร้างฟังก์ชันที่ชื่อ func3\_Task ซึ่งมีการรับและส่งค่าในฟังก์ชันที่ชื่อ \*pv Param

บรรทัดที่ 239 สร้าง while loop มีค่าเป็น 1 คือ เป็นจริงเสมอ

บรรทัดที่ 241 สร้าง while loop สำหรับการเชื่อมต่อกับฟังก์ชัน serial\_connection เพื่อกำหนดความเร็วในการติดต่อกันระหว่าง EPS32 กับ GPS

บรรทัดที่ 242 การใช้คำสั่ง `gps.encode` เพื่อเรียกฟังก์ชัน `serial_connection` สำหรับอ่านค่าจาก GPS

บรรทัดที่ 244 สร้างเงื่อนไขถ้า รับค่าจากพิกัดปัจจุบันให้ทำตามเงื่อนไข

บรรทัดที่ 245 ประกาศตัวแปร `My_lat` ให้รับค่า Lat จากฟังก์ชัน `gps.location.lat()`

บรรทัดที่ 246 ประกาศตัวแปร `My_lon` ให้รับค่า Lat จากฟังก์ชัน `gps.location.lon()`

```

220 void func2_Task(void *pvParam) {
221   while (1) {
222     leftSensor = digitalRead(digitalPin1);
223     centerSensor = digitalRead(digitalPin3);
224     rightSensor = digitalRead(digitalPin2);
225
226     if (leftSensor == LOW && centerSensor == LOW && rightSensor == LOW) {
227       sumSensor++;
228     } else {
229       sumSensor = 0;
230     }
231     vTaskDelay(1);
232   }
233 }

```

### ภาพที่ 3.17 โค้ดฟังก์ชัน Func2\_Task

จากภาพที่ 3.17 บรรทัดที่ 220 เป็นการสร้างฟังก์ชันที่ชื่อ `func2_Task` ซึ่งมีการรับและส่งค่าในฟังก์ชันที่ชื่อ `*pv Param`

บรรทัดที่ 221 สร้าง while loop มีค่าเป็น 1 คือ เป็นจริงเสมอ

บรรทัดที่ 222 ประกาศตัวแปร `left Sensor` สำหรับเก็บค่าดิจิตอลที่ `digitalPin1` หรือ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ทางซ้ายอ่านได้

บรรทัดที่ 223 ประกาศตัวแปร `center Sensor` สำหรับเก็บค่าดิจิตอลที่ `digitalPin3` หรือ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ตรงกลางอ่านได้

บรรทัดที่ 224 ประกาศตัวแปร `right Sensor` สำหรับเก็บค่าดิจิตอลที่ `digitalPin2` หรือ Linear magnetic Hall sensors KY-024 ทางขวาอ่านได้

บรรทัดที่ 226 สร้างเงื่อนไขถ้า `left Sensor` และ `center Sensor` และ `right Sensor` อ่านค่าเป็น `LOW = 0` ให้ทำตามเงื่อนไข

บรรทัดที่ 227 ให้บวก 1 ทุกๆการ loop 1 ครั้ง โดยเก็บผลลัพธ์ไว้ที่ตัวแปร `sum Sensor`

บรรทัดที่ 228 ในกรณีที่ บรรทัดที่ 226 ไม่เข้าเงื่อนไขให้ทำตามเงื่อนไขนี้

บรรทัดที่ 229 ให้ sum Sensor = 0

บรรทัดที่ 231 เรียกใช้ฟังก์ชัน v Task Delay คือการให้หยุดรอ 0.001 วิ เฉพาะฟังก์ชัน

Func2\_Task

```

181 void func1_Task(void *pvParam) {
182     while (1) {
183         if (sumSensor > 200) {
184             if (cm == 0 || cm > 25) {
185                 calculateDegree();
186                 get_gps();
187                 get_degree();
188                 Serial.println("motor_run");
189                 motor_run();
190             } else {
191                 // control(185, 185);
192                 coast(1);
193                 disableMotors();
194                 Serial.println("STOP!");
195                 Serial.print("cm ");
196                 Serial.println(cm);
197             }
198         } else {
199             if (cm == 0 || cm > 25) {
200                 lineDirection();
201                 Serial.print("sumSensor ");
202                 Serial.println(sumSensor);
203             } else {
204                 //control(185, 185);
205                 coast(1);
206                 disableMotors();
207                 Serial.println("STOP!");
208                 Serial.print("cm ");
209                 Serial.println(cm);
210             }
211         }
212     }
213     vTaskDelay(1);
214 }

```

ภาพที่ 3.18 โค้ดฟังก์ชัน Func1\_Task

จากภาพที่ 3.18 บรรทัดที่ 181 เป็นการสร้างฟังก์ชันที่ชื่อ func1\_Task ซึ่งมีการรับและส่งค่าในฟังก์ชันที่ชื่อ \*pv Param

บรรทัดที่ 182 สร้าง while loop มีค่าเป็น 1 คือ เป็นจริงเสมอ

บรรทัดที่ 183 สร้างเงื่อนไข ถ้าตัวแปร sum Sensor มากกว่า 200 ให้ทำตามเงื่อนไข

บรรทัดที่ 184 สร้างเงื่อนไข ถ้าตัวแปร cm เท่ากับ 0 หรือ cm มากกว่า 25 ให้ทำตามเงื่อนไข

บรรทัดที่ 185 เรียกใช้ฟังก์ชัน calculate Degree

บรรทัดที่ 186 เรียกใช้ฟังก์ชัน get\_gps



บรรทัดที่ 187 เรียกใช้ฟังก์ชัน `get_degree`

บรรทัดที่ 189 เรียกใช้ฟังก์ชัน `motor_run`

บรรทัดที่ 190 ในกรณีที่ บรรทัดที่ 184 ไม่เข้าเงื่อนไขให้ทำตามเงื่อนไขนี้

บรรทัดที่ 192 เรียกใช้ฟังก์ชัน `coast`

บรรทัดที่ 193 เรียกใช้ฟังก์ชัน `disable Motors`

บรรทัดที่ 198 ในกรณีที่ บรรทัดที่ 183 ไม่เข้าเงื่อนไขให้ทำตามเงื่อนไขนี้

บรรทัดที่ 199 สร้างเงื่อนไข ถ้าตัวแปร `cm` เท่ากับ 0 หรือ `cm` มากกว่า 25 ให้ทำตาม

เงื่อนไข

บรรทัดที่ 200 เรียกใช้ฟังก์ชัน `line Direction`

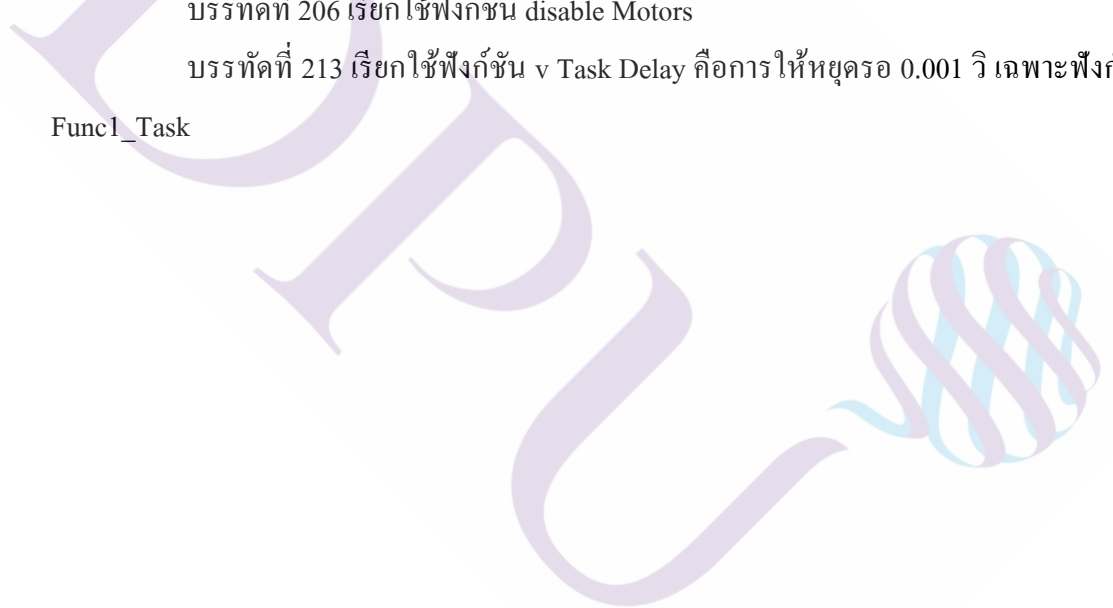
บรรทัดที่ 203 ในกรณีที่ บรรทัดที่ 199 ไม่เข้าเงื่อนไขให้ทำตามเงื่อนไขนี้

บรรทัดที่ 205 เรียกใช้ฟังก์ชัน `coast`

บรรทัดที่ 206 เรียกใช้ฟังก์ชัน `disable Motors`

บรรทัดที่ 213 เรียกใช้ฟังก์ชัน `v Task Delay` คือการให้หยุดรอ 0.001 วิ เฉพาะฟังก์ชัน

`Func1_Task`



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาวิจัย ผลการทดสอบการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างในอาคารกับนอกอาคาร และสภาพแวดล้อมที่ใช้รวมถึงปัญหาที่พบในการทดลอง

การทดสอบการทำงานของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะทำการทดสอบเป็น 2 ช่วง โดยจะแบ่งตามลักษณะการทำงานดังนี้

1. ให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่จากภายในอาคารซึ่งเป็นการวิ่งโดยใช้แถบแม่เหล็กในการนำทางเมื่อไปที่ภายนอกอาคาร จะวิ่งโดยใช้ GPS module ในการนำทางเพื่อไปให้ถึงที่หมายซึ่งจำนวนที่ใช้ในการทดสอบคือ 30 ครั้ง

2. ให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการวิ่งจากภายนอกอาคารซึ่งจะวิ่งโดยใช้ GPS module ในการนำทางไปที่ประตูหรือบริเวณภายในอาคารที่ได้ทำการจำลองไว้ และวิ่งในภายในอาคารซึ่งเป็นการวิ่งโดยใช้แถบแม่เหล็กในการนำทางไปถึงที่หมาย ซึ่งจำนวนที่ใช้ในการทดสอบคือ 30 ครั้ง

ผลที่คาดหวังจากการทดสอบ

1. พาหนะขนส่งจำลองที่สามารถเคลื่อนที่อัตโนมัติ สามารถเคลื่อนที่ระหว่างภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กและสัญญาณ GPS จนถึงที่หมาย
2. พาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติสามารถหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางได้
3. เพื่อประเมินการใช้เซนเซอร์ติดตามแถบแม่เหล็กกับสัญญาณ GPS เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างภายในอาคารและภายนอกอาคาร

#### 4.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

การนำเสนอผลของการทดสอบประสิทธิภาพของการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างในอาคารกับนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กกับสัญญาณ GPS บนพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติว่าสามารถเคลื่อนที่ไปถึงที่หมายหรือไม่ โดยได้ทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริงดังในภาพที่ 4.1



**ภาพที่ 4.1** สภาวะแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบมุกกล่องจากด้านในอาคารและด้านนอกอาคาร

โดยระยะทางจากจุดเริ่มต้นคือที่แถบแม่เหล็กถึงปลายทางคือตำแหน่งที่วางยางล้อพาหนะไว้ มีระยะทาง 8.5 เมตร เป็นค่าที่ได้จากการนำตลับเมตรไปวัดตั้งแต่แถบแม่เหล็กถึงปลายทางคือตำแหน่งที่วางยางล้อพาหนะดังภาพที่ 4.2



**ภาพที่ 4.2** วัดระยะทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึงปลายทาง

ความยาวของเส้นแถบแม่เหล็กที่ยื่นออกมานอกตัวอาคารทั้งทางซ้ายและทางขวามีความยาวข้างละ 1 เมตร เนื่องจากแก้ปัญหาในเรื่องของความคลาดเคลื่อนของค่าพิกัดปัจจุบันที่คลาดเคลื่อนของ GPS Module ดังที่กล่าวมาในข้างต้นดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 วัดความยาวของเส้นแถบแม่เหล็กที่ยื่นออกมานอกตัวอาคาร

ในช่วงที่พาหะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติมีการเคลื่อนที่ได้นำถ้ำน้ำไปวางไว้เพื่อเป็นสิ่งกีดขวางในการเคลื่อนที่ของพาหะ เพื่อทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ Ultrasonic ในการหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ทดสอบการทำงานของเซนเซอร์ Ultrasonic ในการหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวาง

หลังจากที่ได้ทดสอบการทำงานและตรวจสอบความถูกต้องของเซนเซอร์ต่างๆที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้แล้ว ในบทนี้จะเป็นการแสดงผลการทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริง โดยใช้เซนเซอร์ดังที่กล่าวมาข้างต้นในการทดลองกับสภาวะแวดล้อม โดยจะแบ่งผลการทดสอบดังต่อไปนี้

## 4.2 ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายในอาคารไปที่ภายนอกอาคาร

**ตารางที่ 4.1** ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายในอาคาร ไปที่ภายนอกอาคาร

ความเร็ว (เมตร / วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ สูงสุด (วินาที)	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ ต่ำสุด (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
0.16 - 0.18	8.5	52	46	49	4.24
0.19 - 0.21	8.5	39	34	36.5	3.54
0.22 - 0.25	8.5	44	40	42	2.83

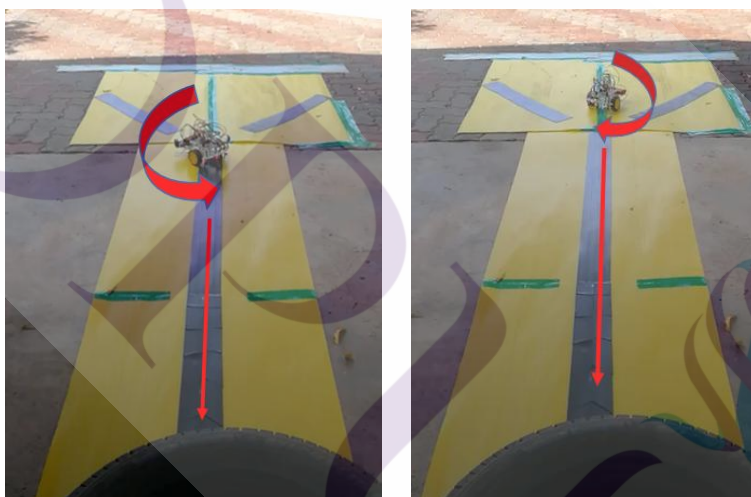
จากผลลัพธ์การทดลองนี้เป็นการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายในอาคารไปที่ภายนอกอาคารจำนวน 30 ครั้ง สามารถไปถึงที่หมายได้สำเร็จจำนวน 30 ครั้ง คิดเป็น 100 % จากจำนวน 30 ครั้ง จากค่าความเร็วทั้ง 3 ช่วง ช่วงความเร็ว 0.19 – 0.21 เมตร / วินาที ใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในการไปถึงที่หมายดังตารางที่ 4.1

ซึ่งถนนส่วนของภายนอกอาคารเป็นพื้นถนนที่ปูด้วยตัวหนอนทำให้พื้นถนนที่ใช้ในการทดสอบมีหลุม ทำให้มีผลต่อประสิทธิภาพต่อการเคลื่อนที่ของตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ และระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นไปจนถึงปลายทางยังรวมช่วงของเวลาที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดการเคลื่อนที่อื่นเนื่องมาจากสัญญาณ GPS ขาดหายไป

#### 4.3 ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายนอกอาคารไปที่ภายในอาคาร

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายนอกอาคารไปที่ภายในอาคาร

ความเร็ว (เมตร / วินาที)	ระยะทาง (เมตร)	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่สูงสุด (วินาที)	ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ต่ำสุด (วินาที)	ค่าเฉลี่ย (วินาที)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
0.16 - 0.18	8.5	54	46	50	5.66
0.19 - 0.21	8.5	39	36	37.5	2.12
0.22 - 0.25	8.5	44	40	42	2.83



ภาพที่ 4.5 การเคลื่อนที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติสายไปสายมาเนื่องจากความเร็วที่มากเกินไป

จากผลลัพธ์การทดลองนี้เป็นการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ภายนอกอาคารไปที่ภายในอาคารจำนวน 30 ครั้ง สามารถไปถึงที่หมายได้สำเร็จจำนวน 30 ครั้ง คิดเป็น 100 % จากจำนวน 30 ครั้ง จากค่าความเร็วทั้ง 3 ช่วง ช่วงความเร็ว 0.19 - 0.21 เมตร/วินาที ใช้ระยะเวลาโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในการไปถึงที่หมายดังตารางที่ 4.2

เหตุผลที่ความเร็วที่ 0.22 - 0.25 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าช่วงเวลาที่ 0.19 - 0.21 เพราะตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะช้าไปส่ายมาเนื่องจากความเร็วที่มากเกินไป เมื่อตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการคำนวณมุมเพื่อหาทิศทางที่ถูกต้อง จะทำการหันหน้าของตัวพาหนะด้วยความเร็ว 0.22 - 0.25 ทำให้หลายครั้งมีการหันหน้าตัวพาหนะเกินไปจากทิศทางที่ถูกต้องและเมื่อหันเกินไปจากทิศทางที่ถูกต้องตัวพาหนะจะหันกลับดังภาพที่ 4.5

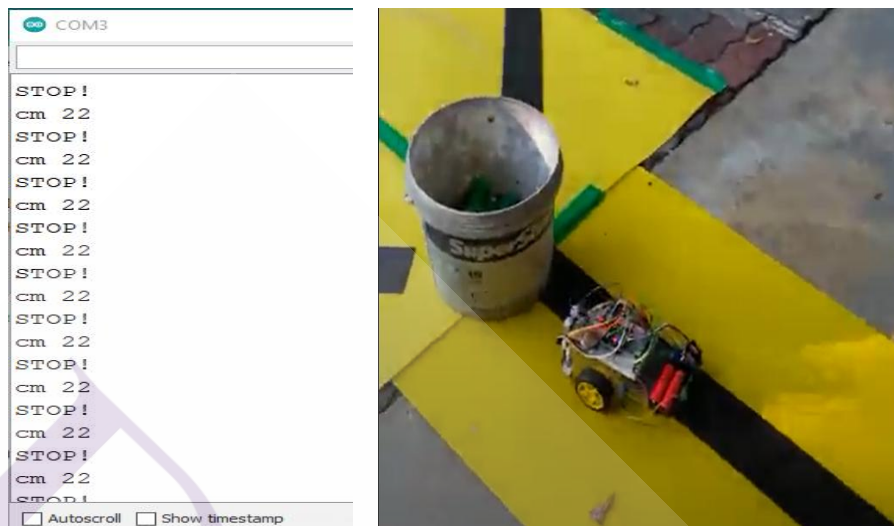
จะเห็นว่าการเคลื่อนที่มีลักษณะส่ายไปส่ายมาทำให้ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากขึ้นถึงจะใช้ความเร็วที่มากที่สุดในการทดสอบนี้ก็ทำให้สูญเสียประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่เพราะฉะนั้น ความเร็วที่ 0.19 - 0.21 จึงใช้เวลาที่สั้นที่สุด

ซึ่งในการทดลองพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเคลื่อนที่ภายนอกอาคารไปที่ภายในอาคาร ได้มีการจงใจนำพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติวางไว้ในจุดเคลื่อนที่ทางซ้ายและขวาของเส้นแถบแม่เหล็กเพื่อยืนยันความถูกต้องของการทำงานของโปรแกรมดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 วางพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติไว้ในจุดที่เป็นทางซ้ายและขวาของเส้นแถบแม่เหล็ก

#### 4.4 ผลลัพธ์พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถหยุดการเคลื่อนที่เมื่อมีสิ่งกีดขวาง



ภาพที่ 4.7 การทำงานของเซนเซอร์ Ultrasonic ในการหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวาง

จากภาพที่ 4.7 การทดลองนี้เป็นการหยุดของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติเมื่อมีสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ที่สามารถตรวจจับด้วยเซนเซอร์ ultrasonic เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางแล้ว พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเคลื่อนที่ต่อไปยังจุดหมายปลายทางได้ โดยในการทดลองนี้ได้มีการตั้งค่าของ ultrasonic ไว้ที่ 25 เซ็นติเมตร ซึ่งถ้าตั้งค่ามากกว่านี้จะทำให้ตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดการเคลื่อนที่เนื่องจากว่า ultrasonic มีการปล่อยคลื่นในลักษณะรูปกรวย ดังภาพที่ 2.2 ทำให้อุปกรณ์ ultrasonic รับคลื่นสะท้อนจากพื้นดิน ซึ่งถ้า ultrasonic รับค่าได้น้อยกว่า 25 เซ็นติเมตร จะทำให้พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติหยุดการเคลื่อนที่ โดยอัตราความสำเร็จคือ 100 เปอร์เซ็นต์ในการตรวจพบเมื่อมีสิ่งกีดขวาง



## บทที่ 5

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการอภิปรายเพื่อสรุปผลที่ได้จากการทดสอบงานวิจัย รวมทั้งข้อจำกัดของอุปกรณ์ และข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางในการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไป เพื่อแก้ข้อบกพร่องของงานวิจัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ได้นำเสนอผลการทดลองการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติระหว่างภายในและภายนอกอาคารเพื่อยืนยันประสิทธิภาพและปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ โดยจะใช้ความเร็ว 3 ช่วงในการทดลอง คือ 0.16 - 0.18 , 0.19 - 0.21 และ 0.22 - 0.25 มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ในช่วงของความเร็วที่ 0.16 - 0.18 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่นานที่สุดเนื่องจากความเร็วน้อยที่สุดใน 3 ช่วงความเร็ว ซึ่งตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถไปถึงที่หมายได้ โดยมีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์

ในช่วงของความเร็วที่ 0.22 - 0.25 ใช้เวลาในการเคลื่อนที่นานกว่า ช่วงของความเร็วที่ 0.19 - 0.21 เนื่องจากตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะมีการหันไปทางซ้ายและขวามากเกินไป เพราะความเร็วที่มากไป ทำให้ตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติส่ายไปมาทำให้สูญเสียเวลาในการเคลื่อนที่ แต่ตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติยังคงสามารถไปถึงที่หมายได้โดยมีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์

ในช่วงของความเร็วที่ 0.19 - 0.21 มีการใช้เวลาในการเคลื่อนที่สั้นที่สุด เนื่องจากความสมดุลในเรื่องของความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากหรือน้อยไป ซึ่งตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติสามารถไปถึงที่หมายได้โดยมีอัตราความสำเร็จอยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์

ซึ่งความเร็วมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ ในกรณีที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่มากเกินไปตัวพาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติจะเกิดการแกว่งไปทางซ้ายขวาทำให้สูญเสียประสิทธิภาพในการทำงาน และในกรณีที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่น้อยไป ทำให้ประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่น้อยลงเนื่องจากความเร็วที่ลดลงทำให้ไปถึงที่หมายได้ช้า

โดยอัตราความสำเร็จ 100% ประเมินจากการที่พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติทำการเคลื่อนที่ระหว่างภายในอาคารกับภายนอกอาคาร สามารถทำตามขอบเขตของงานวิจัยที่ตั้งไว้ได้ทุกขั้นตอนและสามารถไปถึงจุดหมายปลายทางได้

สรุปผลตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 สามารถออกแบบและพัฒนาพาหนะขนส่งจำลองที่สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติระหว่างภายในและภายนอกอาคาร โดยใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กและสัญญาณ GPS

5.1.2 สามารถออกแบบและพัฒนาพาหนะขนส่งจำลองที่สามารถเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติสามารถหยุดก่อนเกิดการชนกับสิ่งกีดขวางได้

5.1.3 สามารถประเมินการใช้เซนเซอร์ติดตามเส้นแถบแม่เหล็กกับสัญญาณ GPS เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติระหว่างภายในอาคารและภายนอกอาคาร

## 5.2 ข้อจำกัดและแนวทางแก้ไขของงานวิจัย

เนื่องจากสภาพแวดล้อมจริงในการทดลองถนนส่วนของภายนอกอาคารเป็นพื้นถนนที่ปูด้วยตัวหนอนทำให้พื้นถนนที่ใช้ในการทดสอบมีหลุมซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ

อุปกรณ์ GPS Module มีการส่งค่าพิกัดปัจจุบันที่คาดเคลื่อนประมาณ 2 เมตร ทำให้หลายครั้งพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติจะหยุดก่อนถึงที่หมายชั่วขณะซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ของพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติ และอุปกรณ์ GPS Module ไม่สามารถจับสัญญาณ GPS เนื่องจากสภาพอากาศ

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาในอนาคต

5.3.1 พัฒนาพาหนะขนส่งเครื่องที่อัตโนมัติให้สามารถหลบสิ่งกีดขวางแล้วเคลื่อนที่ต่อได้

5.3.2 เปลี่ยน GPS Module ที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น เพื่อแก้ปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนของ GPS

5.3.3 ทดสอบเวลาที่แบตเตอรี่สามารถจ่ายไฟได้ในสภาพแวดล้อมจริง

## บรรณานุกรม



### บรรณานุกรม

- [1] ESP32 เบื้องต้น [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 6 มิถุนายน 2564, จาก  
<https://www.ioxhop.com/article/62/esp32>
- [2] คลื่นอัลตราโซนิก [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2564, จาก  
<https://www.ioxhop.com/article/56>
- [3] Motor Driver Controller L298N Module [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<http://www.geocities.ws/pruttapong/page33.html>
- [4] GPS Module GY-NEO6MV2 U-blox [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<http://www.iot.codemobiles.com/product/296/gy-neo6mv2-gps-module-neo6mv2-with-gps-antenna>
- [5] โมดูลเข็มทิศดิจิทัล HMC5983 [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<http://inex.co.th/store/manual/popx2-compass.pdf>
- [6] HMC5983 Module [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<https://www.analogread.com>
- [7] KY-024 Linear magnetic hall sensor [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<https://www.modulemore.com>
- [8] ถ่านชาร์จ 18650 Ultrafire [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2564, จาก  
<http://www.teershop.com/>
- [9] จักรพันธ์ สุริยกุล ณ อยุธยา, “การศึกษาผลกระทบของปัจจัยในการใช้งาน AGV ต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง,” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, พ.ศ. 2555.
- [10] กวินธร ลัยเจริญ, “การหาปริมาณการขนส่งชิ้นส่วนโซ่จักรยานยนต์ที่เหมาะสม โดยใช้พาหนะ AGV,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พ.ศ.2546.
- [11] พงศ์เทพ ดวงมาศ, “การพัฒนากระบวนการควบคุมอัจฉริยะสำหรับเอจวี,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พ.ศ.2540.
- [12] สราวุธ นางมิ่งและณิชนันทน์ ขาวมงคล, “พาหนะขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติด้วยระบบขับเคลื่อนแบบล้อแมคคานิกส์,” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา, พ.ศ.2560.

- [13] ชญานี มีทรัพย์หลาก, “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจ่ายงานในระบบผลิตแบบยืดหยุ่นภายใต้สภาวะการเร่งงาน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ.2546.
- [14] Garmin ประเทศไทย [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 20 กันยายน 2564, จาก <https://www.garmin.com/th-TH/aboutgps/>
- [15] มุมเรเดียนกับมุมมองศา [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2564, จาก <https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/87766/-scimat-sci->
- [16] Multi-tasking [ออนไลน์], สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2564, จาก <https://attaphon.medium.com>
- [17] นิรนาม, KMR iiwa, [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <https://www.kuka.com/th-th/ผลิตภัณฑ์/ระบบเคลื่อนที่/หุ่นยนต์เคลื่อนที่/kmr-iiwa>
- [18] ปฏิพล ศรีชุ่มสินและจันทร์พลประเสริฐ, “การระบุตำแหน่งภายในอาคาร โดยการวิเคราะห์สัญญาณ WiFi ด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องจักร,” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, พ.ศ.2562.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล

ประวัติการศึกษา

ณัฐพล ปั่นงาม

พ.ศ.2565 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2558 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน

ตำแหน่งระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ

บริษัท โคฟอร์จ จำกัด

ความชำนาญเฉพาะทาง

ดูแลเหมืองข้อมูลและช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์

โครงสร้างพื้นฐานให้กับลูกค้า เช่น

บริษัท โลตัส จำกัด(มหาชน) และ

บริษัท เอ็นเอ็กพี จำกัด(มหาชน)