

หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร
OFFICE MESSENGER ROBOT



โดย
นางสาวเพ็ญพิชชา
นางสาวภัสสร
นางสาวภิญญดา
แยมงาม
โพธิบัวทอง
กำลังเจริญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร
OFFICE MESSENGER ROBOT

โดย

นางสาวเพ็ญพิชชา	แย้มงาม	63010708
นางสาวภััสสร	โพธิบัวทอง	63010740
นางสาวภิญญดา	กำลังเจริญ	63010755

อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2566

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร

OFFICE MESSENGER ROBOT

ผู้จัดทำ

- | | | |
|--------------------|------------|----------|
| 1. นางสาวเพ็ญพิชชา | แย้มงาม | 63010708 |
| 2. นางสาวภัสสร | โพธิบัวทอง | 63010740 |
| 3. นางสาวภิญญาดา | กำลังเจริญ | 63010755 |



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินปริญญานิพนธ์เรื่อง หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมืองที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษา ค้นคว้าวิจัยให้โครงการนี้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงสนับสนุนสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ระหว่างการจัดทำโครงการ ที่ คอยควบคุม ดูแล แนะนำ การใช้อุปกรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาและที่สำคัญคือสนับสนุนให้โอกาสทางด้านการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่ผู้จัดทำ

นางสาวเพ็ญพิชชา

นางสาวภัสสร

นางสาวภิญญาดา

แย้มงาม

โพธิ์บัวทอง

กำลังเจริญ

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร
OFFICE MESSENGER ROBOT

โดย	นางสาวเพ็ญพิชชา	แยมงาม	63010708
	นางสาวภัสสร	โพธิบัวทอง	63010740
	นางสาวภิญญดา	กำลังเจริญ	63010755

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง

บทคัดย่อ

ปฏิญานินพนธ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร ภายในสำนักงาน ระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำงานร่วมกับการใช้เซ็นเซอร์ LiDAR และการวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถเดินทางไปยังตำแหน่งปลายทางได้ตามที่กำหนด เป็นการนำเซ็นเซอร์ LiDAR เพื่อสร้างแผนที่ของห้องและตรวจจับสิ่งกีดขวางในเส้นทาง ซึ่ง LiDAR สามารถวัดระยะห่างและมุมของวัตถุรอบตัวได้ เช่น ผนังหรือเฟอร์นิเจอร์ ข้อมูลแผนที่จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการนำทางของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งปลายทาง นอกจากนี้หุ่นยนต์ยังใช้การวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi เพื่อช่วยในการนำทาง โดยหุ่นยนต์จะสแกนสัญญาณ Wi-Fi ที่มีอยู่ในบริเวณรอบๆ เพื่อวัดความเข้มของสัญญาณจากจุดต่างๆ หลังจากนั้น ข้อมูลความเข้มสัญญาณ Wi-Fi จะถูกใช้ในการประมวลผลและตัดสินใจใน เพื่อนำหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งปลายทางที่ต้องการ และแม่นยำ โครงการนี้มีประโยชน์ในการประหยัดเวลาและทรัพยากรในกระบวนการส่ง-รับเอกสาร โดยให้หุ่นยนต์สามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีการควบคุมทางกายภาพ นอกจากนี้ยังสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis involves designing and constructing an Office Messenger Robot, which is entirely controlled by a microcontroller in collaboration with a LiDAR sensor and Wi-Fi signal strength measurement (RSSI). The main objective is to enable the robot to navigate to specified destinations autonomously. The LiDAR sensor creates a room map and detects obstacles to achieve this. LiDAR can accurately measure the distances and angles of objects around the robot, such as walls or furniture. The generated map data is then used for the robot's navigation process to reach the designated destination. Moreover, the robot uses Wi-Fi signal strength measurements to aid in navigation. It scans Wi-Fi signals in the vicinity, measures the signal strength from different access points, and processes this information to make navigation decisions. Combining LiDAR-based mapping and Wi-Fi based navigation allows the robot to autonomously and accurately navigate to specified destinations. This project saves time and resources in sending - receiving documents. Allowing the robot to navigate to the destination location automatically without physical control can also be adjusted to places with changed structures or obstacles.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	X
สารบัญตาราง	XVI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ESP32	3
2.1.1 บอร์ดพัฒนา ESP32 (ESP32 DEVKITC NODEMCU)	4
2.2 Raspberry Pi	5
2.2.1 Raspberry Pi 4 Model B 8GB Ram	6
2.3 LiDAR	7
2.3.1 RPLiDAR A1M8	8
2.4 โมดูลขับมอเตอร์ (L298)	10
2.4.1 L298N	10
2.5 Proportional Integral Derivative Control	11
2.6 Received Signal Strength Indicator (RSSI)	12
2.6.1 การคำนวณค่า RSSI	13
2.7 กระบวนการ Trilateration	13
2.7.1 การคำนวณหาพิกัดหรือตำแหน่งจากกระบวนการ Trilateration	14
2.8 ศึกษา Multipath Fading	15
2.9 ภาษาซี (C++)	15
2.9.1 ข้อดีของภาษา C++	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.9.1 ข้อดีของภาษา C++	16
2.10 ภาษาไพธอน (Python)	16
2.10.1 ส่วนประกอบในการทำงานของภาษาไพธอน	17
2.10.2 ข้อดีของภาษาไพธอน	17
2.11 แมทแลป (MATLAB)	17
2.11.1 การทำงานของแมตแล็บ (MATLAB)	18
2.11.2 ข้อดีของแมตแล็บ (MATLAB)	19
2.12 โปรแกรม Arduino IDE	19
2.13 Robot Operating System	20
2.13.1 เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ใน ROS	21
2.13.2 ข้อดีของ Robot Operating System	24
2.14 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI)	25
2.14.1 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)	26
2.14.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)	27
2.14.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN)	28
2.15 Keras	30
2.16 TensorFlow	31
2.17 ศึกษาพื้นฐานการออกแบบเว็บไซต์	31
2.17.1 HTML (Hyper Text Markup Language)	32
2.17.2 CSS (Cascading Style Sheets)	34
2.17.3 JavaScript	35
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญานิพนธ์	
3.1 การออกแบบ	37
3.1.1 การออกแบบระบบการทำงาน	38
3.1.2 การออกแบบการทำงานหุ่นยนต์	39
3.1.2.1 ออกแบบจำลองสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์	40

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.2.2 ออกแบบการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์ร่วมกับ LiDAR	41
3.1.2.3 ออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการเคลื่อนที่แบบ Diff-Drive	41
3.1.2.4 ออกแบบหุ่นยนต์ให้เก็บข้อมูลของ SLAM	42
3.1.2.5 ออกแบบหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่อัตโนมัติด้วย Navigation	42
3.1.2.6 การออกแบบการใช้งาน LiDAR ให้มีประสิทธิภาพ	43
3.1.3 ออกแบบส่วนประกอบของหุ่นยนต์	44
3.1.3.1 ออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์	45
3.1.3.2 ออกแบบการเคลื่อนที่หุ่นยนต์	47
3.1.4 ออกแบบโปรแกรม Arduino IDE เพื่อรับค่า RSSI จาก ESP32	49
3.1.4.1 รับค่าจาก Access Point เพียงตัวเดียว	50
3.1.4.2 รับค่าจาก Access Point ทั้งหมด 4 ตัว	50
3.1.5 ออกแบบโปรแกรม Arduino IDE เพื่อรับค่า RSSI และ ค่ามุม จาก ESP323.2	51
3.1.6 ออกแบบการติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณและพื้นที่สำหรับการทดสอบตารางระบุตำแหน่งภายในห้อง	52
3.1.7 ออกแบบการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกฝน	54
3.1.8 ออกแบบการฝึกฝน AI และทำนายค่าตำแหน่ง	54
3.1.9 ออกแบบการแสดงผลหลังนำโมเดลที่ทำการฝึกฝนไปใช้จริง	58
3.1.10 ออกแบบหน้าเว็บไซต์ (User Interface) สำหรับการแสดงผลการติดตามการทำงานของหุ่นยนต์	59
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	64
3.2.1 ESP32	64
3.2.2 Raspberry Pi 4 Model B	64
3.2.3 โมดูลเอนโค็ดเดอร์มอเตอร์	65
3.2.4 โมดูลเข็มทิศ GY-271	65
3.2.5 โมดูลควบคุมมอเตอร์ (L289N)	65
3.2.6 แบตเตอรี่ 12V 8AH	66
3.2.7 แผ่นไม้ MDF	66
3.2.8 เซนเซอร์ RPLidar A1M8	67
3.2.9 ล้อ	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.10 ล้อลูกฟรี	67
3.2.11 MICRO SD CARD 64 GB	68
3.2.12 สาย MICRO USB TYPE B TO USB 2.0 TYPE A	68
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	69
3.3.1 ทดสอบการเก็บ SLAM ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม	69
3.3.2 ทดสอบการเก็บแผนที่จาก LIDAR ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม	69
3.3.3 วิเคราะห์การรับค่าของการใช้งานเซนเซอร์ LiDAR	69
3.3.3.1 วิเคราะห์ค่าของการใช้งานเซนเซอร์ LiDAR จากค่าคลาดเคลื่อนที่เก็บได้มา plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป	69
3.3.4 ทดสอบการทำงานของมอเตอร์	69
3.3.5 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถเดินทางไปได้ตามจุดที่กำหนดโดยใช้คำสั่ง Navigation ใน ROS2 คู่กับคำสั่ง SLAM	69
3.3.6 การวิเคราะห์การรับค่าของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์	69
3.3.6.1 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์จากค่าที่เก็บได้มา PLOT กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป	69
3.3.7 ทดสอบการรับค่า RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร	69
3.3.8 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัว และเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณ	69
3.3.9 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัว และเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ	69
3.3.10 ทดสอบส่วนของการฝึกฝน ANN และทำนายค่าพิกัด (X,Y)	69
3.3.11 ทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์	69
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลทดสอบการเก็บ SLAM ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม	70
4.2 ผลทดสอบการเก็บแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 วิเคราะห์การรับค่าของการทำงานของงานเซนเซอร์ LiDAR	72
4.3.1 วิเคราะห์การคลาดเคลื่อนของการใช้ใช้งานเซนเซอร์ LiDAR ที่จากค่าคลาดเคลื่อนที่เก็บได้มา PLOT กราฟดูความสัมพันธ์ใน โปรแกรมแมทแลป	73
4.4 ผลทดสอบการทำงานของมอเตอร์	77
4.5 ผลทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถเดินทางไปได้ตามจุดที่ กำหนดโดยใช้คำสั่ง Navigation ใน ROS2 คู่กับคำสั่ง SLAM	79
4.6 วิเคราะห์การรับค่าของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ อัตโนมัติของหุ่นยนต์	80
4.6.1 วิเคราะห์การคลาดเคลื่อนของการใช้ LiDAR ที่ได้จากค่า คลาดเคลื่อนที่เก็บได้มา PLOT กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป	92
4.7 ผลการทดสอบการรับค่า RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร	99
4.8 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัว และเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณ	100
4.9 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัว และเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ	102
4.10 ผลทดสอบส่วนของการฝึกฝน ANN และทำนายค่าพิกัด (X,Y)	103
4.11 ทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์	114
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	120
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	121
บรรณานุกรม	122
ภาคผนวก ก คำคำสั่งการสแกนหาสัญญาณ WIFI เพื่อรับค่า RSSI และค่ามุมที่ได้จาก โมดูลเข็มทิศ	125
ภาคผนวก ข คำสั่งการฝึกฝนการระบุตำแหน่งโมเดล	129
ภาคผนวก ค หน้าเว็บไซต์แสดงผลข้อมูลการทำนายสำหรับผู้ใช้งานด้วยภาษา HTML, CSS และ JavaScript	134

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ESP32 DevkitC	4
2.2	Raspberry Pi	5
2.3	Raspberry PI 4 Model B 8GB RAM	6
2.4	RPLIDAR A1M8	7
2.5	Multiwatt15	9
2.6	PowerO20	9
2.7	บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจร L298	10
2.8	ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller	10
2.9	แผนผังสำหรับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์	10
2.10	กราฟของการควบคุมในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร P, I และ D	12
2.11	คุณภาพของสัญญาณ RSSI	12
2.12	Trilateration	14
2.13	Multipath Fading	15
2.14	แมทแลป (MATLAB)	18
2.15	ตัวอย่าง โปรแกรม ARDUINO IDE	17
2.16	โครงสร้างสถาปัตยกรรม ROS-Industrial	20
2.17	ส่วนประกอบของ ROS	21
2.18	RVIZ	21
2.19	การทำงาน Odometry	22
2.20	การทำงาน SLAM Toolbox	23
2.21	ชนิดของ AI (TYPE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE)	26
2.22	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม	29
2.23	Keras	30
2.24	TensorFlow	31
2.25	HTML	32
2.26	ตัวอย่างของ CODE ในการใช้งาน HTML	33
2.27	CSS	34
2.28	ตัวอย่างของ CODE ในการใช้งาน CSS (Cascading Style Sheets)	35
2.29	JavaScript	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.30 ตัวอย่างของ CODE ในการใช้งาน JAVASCRIPT	36
3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของโครงการ	37
3.2 แผนผังการการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์	38
3.3 แผนผังการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์	39
3.4 การจำลองหุ่นยนต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บน ระบบปฏิบัติการ ROS	40
3.5 จำลองหุ่นยนต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ร่วมกับ LiDAR	41
3.6 การออกแบบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ Diff-Drive	41
3.7 การเก็บผล SLAM ของหุ่นยนต์	42
3.8 แสดงออกแบบหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่อัตโนมัติด้วย Navigation	43
3.9 การเก็บค่าระยะทางที่ LiDAR วัดได้	44
3.10 ภาพจำลอง 3 มิติโครงสร้างของหุ่นยนต์	45
3.11 หุ่นยนต์ที่ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน	45
3.12 การเชื่อมต่อวงจรโดยรวมทั้งหมดของหุ่นยนต์	46
3.13 เคลื่อนที่ไปข้างหน้า	47
3.14 เคลื่อนที่ไปข้างหลัง	47
3.15 เคลื่อนที่ไปทางซ้าย	47
3.16 เคลื่อนที่ไปทางขวา	47
3.17 แผนผังการทำงานของสแกนและรับสัญญาณ จาก Access Point เพียงตัวเดียว	48
3.18 หน้าต่างแสดงผลการรับสัญญาณ จาก Access Point เพียงตัวเดียว	49
3.19 แผนผังการทำงานของสแกนและรับสัญญาณ จาก Access Point 4 ตัว	50
3.20 หน้าต่างแสดงผลการรับสัญญาณ จาก Access Point ทั้งหมด 4 ตัว	50
3.21 แผนผังการทำการรับค่า RSSI และรับค่ามุม	51
3.22 ผลลัพธ์การรับค่าการสแกนความเข้มสัญญาณและค่ามุมจากเครื่องรับ	52
3.23 การระบุพิกัดและบริเวณติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณภายในห้องทดลอง	53
3.24 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกฝน AI	54
3.25 อัตราการแบ่ง Training Set กับ Test Set	54
3.26 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม	55
3.27 กราฟตัวอย่าง Model Loss Hidden Layer	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด X จริง (จากไฟล์สกุล .CSV) กับพิกัดที่ได้จากการทำนาย	56
3.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด Y จริง (จากไฟล์สกุล .CSV) กับพิกัดที่ได้จากการทำนาย	56
3.30 แผนผังการทำงานการออกแบบการฝึกฝน AI และทำนายค่าตำแหน่ง	57
3.31 ตำแหน่งที่ทำนายได้ และระยะคลาดเคลื่อนจากพิกัดที่วัดได้	58
3.32 หน้าต่าง Sign Up ของเว็บไซต์ที่ทำการออกแบบ	59
3.33 รูปแบบการกรอกข้อมูลในการลงทะเบียน	59
3.34 เมื่อกดยืนยันจะมี Alert ขึ้นแสดงสถานะ	60
3.35 หน้าต่าง Login ของเว็บไซต์ที่ทำการออกแบบ	60
3.36 รูปแบบการกรอกข้อมูลในเข้าใช้งานเว็บไซต์	60
3.37 เมื่อกดยืนยันจะมี Alert ขึ้นแสดงสถานะ	61
3.38 หน้า Home Page ของเว็บไซต์ ที่ได้ทำการออกแบบ	61
3.39 คำสั่งสำหรับการดึงโมเดลที่ทำการฝึกฝนมาใช้งานบนเว็บไซต์	62
3.40 ส่วนของ Weight และ Model	62
3.41 คำสั่งสำหรับการสร้างปุ่มกดใช้งานบนเว็บไซต์	62
3.42 รูปแบบปุ่มกดที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์	63
3.43 คำสั่งการดึงข้อมูลจากโมเดลสำหรับการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์	63
3.44 ผลลัพธ์เมื่อกดที่ปุ่มเพื่อทำนายตำแหน่งหุ่นยนต์	64
3.45 ESP32-WROOM-32	64
3.46 Raspberry Pi 4 Model B	64
3.47 โมดูลเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์	65
3.48 โมดูลเข็มทิศ GY-271	65
3.49 โมดูลควบคุมมอเตอร์ (L298N)	66
3.50 แบตเตอรี่ 12V 8Ah	66
3.51 แผ่นไม้ MDF	66
3.52 เซนเซอร์ RPLiDAR A1M8	67
3.53 ล้อ	67
3.54 ล้อลาก	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.55 Micro SD Card 64 GB	68
3.56 สาย Micro USB Type B TO USB 2.0 Type A	68
4.1 ผลลัพธ์ของ SLAM ที่เก็บได้ไว้จากหุ่นยนต์	70
4.2 การเก็บแผนที่จาก LIDAR ของหุ่นยนต์	71
4.3 แบบจำลองการวัดความคลาดเคลื่อนของ LIDAR	72
4.4 ค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (M) และระยะทางที่วัดได้ (M) ที่เก็บได้ในด้านหน้า (180 องศา)	74
4.5 ค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (M) และระยะทางที่วัดได้ (M) ที่เก็บได้ในด้านหลัง (0 องศา)	75
4.6 ค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (M) และระยะทางที่วัดได้ (M) ที่เก็บได้ในด้านซ้าย (90 องศา)	75
4.7 แสดงค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (M) และระยะทางที่วัดได้ (M) ที่เก็บได้ในด้านขวา (270 องศา)	76
4.8 ปรับค่า Duty Cycle 0 (0%)	77
4.9 ปรับค่า Duty Cycle 64 (25%)	78
4.10 ปรับค่า Duty Cycle 127 (50%)	78
4.11 ปรับค่า Duty Cycle 191 (75%)	79
4.12 ปรับค่า Duty Cycle 255 (100%)	79
4.13 แสดงการใช้คำสั่ง Navigation คู่กับคำสั่ง SLAM โดยจะเลือกระยะทางที่ต้องการแล้วหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่อัตโนมัติไปจุดนั้น	79
4.14 แผนที่จำลองบริเวณพื้นที่ใช้ในการเก็บผลการทำงานโดย ทำการแบ่งเป็น 3 โซน	80
4.15 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 1 เมตร	92
4.16 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 2 เมตร	93
4.17 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 3 เมตร	93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.18 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณริมประตู (ZONE B) ที่ระยะ 1 เมตร	94
4.19 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณริมประตู (ZONE B) ที่ระยะ 1 เมตร	95
4.20 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (ZONE C) ที่ระยะ 1 เมตร	95
4.21 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (ZONE C) ที่ระยะ 2 เมตร	96
4.22 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (ZONE C) ที่ระยะ 3 เมตร	97
4.23 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (ZONE C) ที่ระยะ 4 เมตร	97
4.24 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณบริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง	98
4.25 ค่าระยะทางที่กำหนด (M), ค่าระยะเดินทางจริง (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) ที่เก็บบริเวณบริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง	99
4.26 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด X ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง)กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายHidden Layer 1 Layers จำนวน 1 Node	104
4.27 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด Y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 1 Layers จำนวน 1 Node	104
4.28 กราฟ Model Loss Hidden Layer 1 Layers จำนวน 1 Node	105
4.29 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด X ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 2 Layers จำนวน 108, 72 Nodes	106
4.30 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด Y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายHidden Layer 2 Layers จำนวน 108, 72 Nodes	106
4.31 กราฟ Model Loss Hidden Layer 2 Layers จำนวน 108, 72 NODES	107
4.32 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด X ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 3 Layers จำนวน 108, 72, 6 Nodes	108

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.33 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด Y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 3 Layers จำนวน 108, 72, 6 Nodes	108
4.34 กราฟ Model Loss Hidden Layer 3 Layers จำนวน 108, 72, 6 Nodes	109
4.35 ตำแหน่งเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์	114
4.36 ตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้	115
4.37 ตำแหน่งเป้าหมายและจุดสิ้นสุดการทำงานของหุ่นยนต์	115
4.38 ตำแหน่งสิ้นสุดที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้	116
4.39 ตำแหน่งเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์	117
4.40 ตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้	118
4.41 ตำแหน่งเป้าหมายและจุดสิ้นสุดการทำงานของหุ่นยนต์	118
4.42 ตำแหน่งสิ้นสุดที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้	119

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณสมบัติของ RPLIDAR A1M8	8
3.1 ระบุชื่ออุปกรณ์และตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องส่งแต่ละตัว	53
4.1 ค่าการเก็บค่าผลประสิทธิภาพของ LiDAR	72
4.2 การปรับค่า Duty Cycle ตั้งแต่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% สำหรับการครอบการหมุนของล้อ	77
4.3 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 1 เมตร	81
4.4 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 2 เมตรแสดง	82
4.5 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณริมหน้าต่าง (ZONE A) ที่ระยะ 3 เมตร	83
4.6 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณริมหน้าต่าง (ZONE B) ที่ระยะ 1 เมตร	84
4.7 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณริมหน้าต่าง (ZONE B) ที่ระยะ 2 เมตร	85
4.8 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณกลางห้อง (ZONE C) ที่ระยะ 1 เมตร	86
4.9 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณกลางห้อง (ZONE C) ที่ระยะ 2 เมตร	87
4.10 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณกลางห้อง (ZONE C) ที่ระยะ 3 เมตร	88
4.11 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) บริเวณกลางห้อง (ZONE C) ที่ระยะ 4 เมตร	89
4.12 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) จุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 5 เมตร	90
4.13 ค่าระยะทางที่เลือก (M), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (M), ค่า ERROR (M), MSE (M) และ RMSE (M) จุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 6 เมตร	91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.14 ค่าเฉลี่ย RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร	99
4.15 ค่า RSSI จากเครื่องส่ง 4 ตัวที่ติดบริเวณชั้น 2 ภายในห้อง T203 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ที่พิกัด (-5,5)	100
4.16 ค่า RSSI จากเครื่องส่ง 4 และรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ ตัวที่ติดภายในตัวที่ติดบริเวณชั้น 2 ภายในห้อง T203 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ที่พิกัด (-5,5)	102
4.17 สรุปผลการทำนายพิกัด (X,Y)	109
4.18 ระยะเวลาเคลื่อนของโซน A บริเวณริมหน้าต่าง ทั้งหมด 51 ตำแหน่ง	111
4.19 ระยะเวลาเคลื่อนของโซน B บริเวณริมประตู ทั้งหมด 54 ตำแหน่ง	112
4.20 ระยะเวลาเคลื่อนของโซน C บริเวณส่วนกลาง ทั้งหมด 44 ตำแหน่ง	113
4.21 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (เริ่มต้น)	116
4.22 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (จุดสิ้นสุด หรือเป้าหมาย)	117
4.23 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (เริ่มต้น)	119
4.24 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (จุดสิ้นสุด หรือเป้าหมาย)	119

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการทำงานในสำนักงานทั่วไปหรือภายในอาคาร ในแต่ละแผนกจะมีเจ้าหน้าที่หลากหลายคน ทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งในการทำงานแต่ละวันของแต่ละคนก็ต้องทำงานตามหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และจะต้องมีการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน เช่น การส่งเอกสาร แฟ้มรายงาน หรืออุปกรณ์ต่างๆ การที่จะเดินไปส่งถึงผู้รับก็อาจจะทำให้เสียเวลาในการทำงานได้ หรือในบางบริษัท อาจจะมีการจ้างคนเพิ่มเพื่อทำหน้าที่โดยเฉพาะ แต่ก็จะเป็นการเพิ่มรายจ่ายให้กับบริษัท จากที่กล่าวมาข้างต้นทางผู้จัดทำโครงการเล็งเห็นถึงปัญหาต่างๆ ภายในสำนักงาน จึงได้มีการนำองค์ความรู้ที่ได้เล่าเรียนมาผ่านกระบวนการคิด ออกแบบและสร้างหุ่นยนต์เพื่อทำหน้าที่รับ-ส่งเอกสารภายในอาคาร ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกและทดแทนการใช้งานมนุษย์ เนื่องจากเทคโนโลยีหุ่นยนต์ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปมากกว่าในอดีต โดยการทำงานของหุ่นยนต์จะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำงานร่วมกับการใช้เซนเซอร์ LiDAR และการวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางได้ตามที่กำหนด

ทางผู้จัดทำโครงการจึงคาดหวังไว้ว่าหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร สามารถสร้างประโยชน์ในการประหยัดเวลาและสามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีการควบคุมทางกายภาพ นอกจากนี้ยังสามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร โดยใช้องค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรม มาพัฒนานวัตกรรมยุคใหม่
- 2) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถช่วยอำนวยความสะดวกและทดแทนการใช้งานมนุษย์
- 3) เพื่อศึกษาระบบขับเคลื่อนและระบบนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางโดยอัตโนมัติ
- 4) เพื่อศึกษาระบบการนำทาง (Navigation) โดยใช้ LiDAR ร่วมกับ WiFi Signal เพื่อเพิ่มความแม่นยำ

1.3 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

- 1) หุ่นยนต์สามารถทำงานภายในอาคาร เช่น บริเวณชั้น 2 ของตึกภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
- 2) หุ่นยนต์สามารถรองรับการรับ-ส่งเอกสารได้ไม่เกิน 1 กิโลกรัม
- 3) หุ่นยนต์สามารถหลบสิ่งกีดขวางได้อัตโนมัติโดยการใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ (sensor) ตามเงื่อนไขที่กำหนด
- 4) หุ่นยนต์สามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางอัตโนมัติและระบุตำแหน่ง โดยใช้การวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi (RSSI : Received Signal Strength Indicator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ร่วมกับเซนเซอร์ (sensor) LiDAR เพื่อช่วยในการนำทาง
- 5) ออกแบบและสร้างแผนที่ภายในห้องบนระบบปฏิบัติการ ROS (Robot Operating System) เพื่อความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

โครงการนี้เป็นารออกแบบและสร้างหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร ภายในสำนักงาน ระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำงานร่วมกับการใช้เซ็นเซอร์ LiDAR และการวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) ได้ทำการศึกษาข้อมูลต่างๆประกอบไปด้วย ESP32 Raspberry Pi การวัดความเข้มสัญญาณ (Received Signal Strength Indicator) เซ็นเซอร์ LiDAR กระบวนการ Trilateration ศึกษาสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน ศึกษา Multipath Fading ภาษาซี (C++) ภาษาไพธอน (Python) โปรแกรมแมทแลป (MATLAB) โปรแกรม Arduino Robot Operating System และ User interface ดังนั้นโครงการที่น่าเสนอจึงมีหลักการที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ESP32

ESP32 เป็นชื่อของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ Bluetooth 4.2 BLE ในตัว ผลิตโดยบริษัท Espressif จากประเทศจีน โดยราคา ณ ที่เขียนบทความอยู่นี้ มีราคาไม่เกิน 500 บาท (บอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป) โดยตัวไอซี ESP32 มีสเปคโดยละเอียด ดังนี้

- ซีพียูใช้สถาปัตยกรรม Tensilica LX6 แบบ 2 แกนสมอง สัญญาณนาฬิกา 240MHz
- มีแรมในตัว 512KB
- รองรับการเชื่อมต่อรอมภายนอกสูงสุด 16MB
- มาพร้อมกับ WiFi มาตรฐาน 802.11 b/g/n รองรับการใช้งานทั้งในโหมด Station softAP และ Wi-Fi direct
- มีบลูทูธในตัว รองรับการใช้งานในโหมด 2.0 และโหมด 4.0 BLE
- ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงาน 2.6V ถึง 3V
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40°C ถึง 125°C
- นอกจากนี้ ESP32 ยังมีเซ็นเซอร์ต่าง ๆ มาในตัวด้วย ดังนี้
- วงจรกรองสัญญาณรบกวนในวงจรขยายสัญญาณ
- เซ็นเซอร์แม่เหล็ก
- เซ็นเซอร์สัมผัส (Capacitive touch) รองรับ 10 ช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อคริสตอล 32.768kHz สำหรับใช้กับส่วนวงจรนับเวลาโดยเฉพาะ
- มี GPIO จำนวน 32 ช่อง
- รองรับ UART จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ SPI จำนวน 3 ช่อง
- รองรับ I2C จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ ADC จำนวน 12 ช่อง
- รองรับ DAC จำนวน 2 ช่อง
- รองรับ I2S จำนวน 2 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

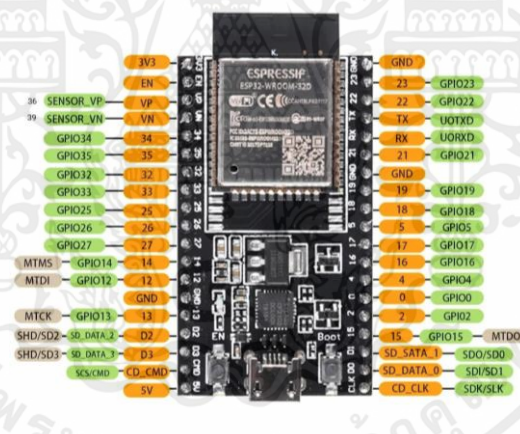
- รองรับ PWM / Timer ทุกช่อง
- รองรับการเชื่อมต่อกับ SD-Card

ในด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ตัว ESP32 สามารถทำงานได้ดี โดย รับ - ส่ง ข้อมูลได้ ความเร็วสูงสุดที่ 150Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT40 ได้ความเร็วสูงสุด 72Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11n HT20 ได้ความเร็วสูงสุดที่ 54Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11g และได้ความเร็วสูงสุดที่ 11Mbps เมื่อเชื่อมต่อแบบ 11b

เมื่อใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล UDP จะสามารถรับ - ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 135Mbps ในโหมด Sleep ใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 2.5uA

2.1.1 บอร์ดพัฒนา ESP32 (ESP32 DevKitC NodeMCU)

บอร์ดพัฒนา ESP32 ที่ผลิตโดยบริษัท Espressif ที่เป็นผู้ผลิตชิปไอซี ESP32 (ผู้ผลิตไอซี ผลิตโมดูล และผลิตบอร์ดพัฒนาเอง) เป็นบอร์ดพัฒนา ESP32 บอร์ดแรก ทำให้ตำแหน่งขา ต่างๆ ของ DevKitC ESP32 ถูกใช้เป็นมาตรฐาน ของบอร์ดพัฒนา ESP32 ของบริษัทอื่นๆ อีกด้วย บอร์ดพัฒนา DevKitC ESP32 มีอยู่ด้วยกัน 2 รุ่น คือ V1 - บอร์ดสีฟ้า และ V2 - เปลี่ยนสีของแผ่นวงจร เป็นสีดำ โดยปริญญาณิพนธ์ใช้รุ่น V2 รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ESP32 DevKitC

ที่มา : <https://www.robotsiam.com/product/202/devkitc-v4-esp32-development-board-esp-wroom-32d>

บอร์ด DevKitC ESP32 ใช้โมดูลรุ่น ESP32-WROOM-32D ที่บริษัท Espressif เป็นผู้ผลิตขึ้นเอง และใช้ชิปไอซีแปลง USB เป็น UART เบอร์ CP2102 จาก Silicon Labs สามารถเข้าโหมดอัปเดตโปรแกรมแบบอัตโนมัติโดยใช้วงจรแบบ nodemcu มีรอม 4 MB (หรือ 32 Mbit) ใช้ชิปเรกกูเลเตอร์แบบ LDO เบอร์ AMS1117-3.3 รองรับแรงดันเข้าสูงสุด 7 V และจ่ายกระแสได้ สูงสุด 700 mA ใช้พลังงานไฟฟ้าและสื่อสารผ่านพอร์ต MicroUSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Raspberry Pi

ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) เปรียบเสมือนเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Raspberry Pi Foundation ซึ่งเป็นองค์กรการกุศลในประเทศอังกฤษ ที่มีเป้าหมายหลักในการทำงานคือ การเผยแพร่เทคโนโลยีดิจิทัลต่าง ๆ รวมไปถึงข้อมูลความรู้ด้านคอมพิวเตอร์ไปสู่ผู้คนทั่วโลก ปัจจุบัน Raspberry Pi นั้นได้รับความนิยมในการนำไปใช้งานที่หลากหลาย ตั้งแต่การนำไปใช้งานทั่วๆ ไปอย่างการทำงานเอกสาร ดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกม เล่นอินเทอร์เน็ต ฯลฯ ไปจนถึงนำไปใช้ในการฝึกเขียนโปรแกรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การสร้างเกม สร้างเว็บไซต์ เซิร์ฟเวอร์ สร้างอุปกรณ์ควบคุมฮาร์ดแวร์ และ สร้างระบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควบคุมสิ่งของต่างๆ ภายในบ้าน หรือ Internet of Things (IoT) เป็นต้น

ราสเบอร์รี่พายยังรองรับการเชื่อมต่อเมาส์และคีย์บอร์ดผ่านพอร์ต USB ทำให้การต่อเพิ่มเมาส์และคีย์บอร์ดมีความสะดวก ระบบจ่ายไฟของราสเบอร์รี่พายก็ง่ายมาก ด้วยการเสียบสาย Mini USB เหมือนการชาร์จมือถือหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ให้เข้ากับคอมพิวเตอร์ หรือหัวชาร์จไฟมือถือได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.2 Raspberry Pi

ที่มา : <https://www.jeffgeerling.com/blog/2020/raspberry-pi-compute-module-4-review>

โดยโครงสร้างภายในของ Raspberry Pi นั้นจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)
- หน่วยความจำ (RAM)
- ตัวรับสัญญาณไวไฟ (Wi-Fi Receiver)
- ตัวรับสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth Receiver)
- พอร์ตต่าง ๆ ได้แก่ HDMI, Audio Output, USB และ LAN

การที่เราจะใช้งาน Raspberry Pi ได้นั้น เราจำเป็นที่จะต้องมีการติดตั้งระบบปฏิบัติการก่อน โดยระบบปฏิบัติการที่นิยมนำมาใช้งานกับ Raspberry Pi นั่นก็คือระบบปฏิบัติการ Raspbian (ราสเปียน) โดยมันเป็นระบบปฏิบัติการที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานกับ

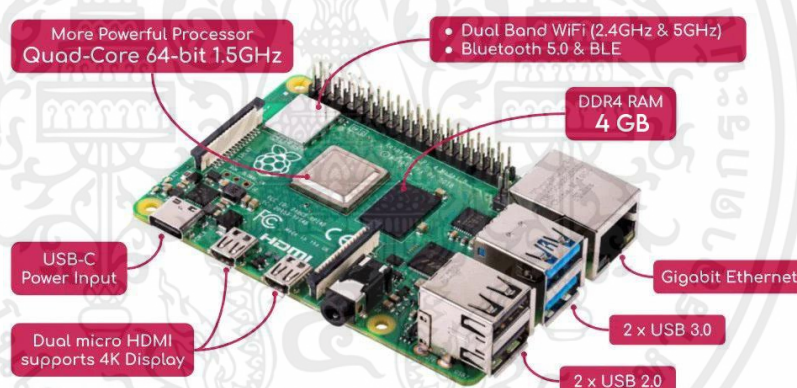
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Raspberry Pi โดยเฉพาะ โดยระบบปฏิบัติการ Raspbian นั้นเป็นระบบปฏิบัติการในอยู่ในตระกูล Linux (ลินุกซ์) แต่ทั้งนี้ หากเราไม่ถนัดใช้งานระบบปฏิบัติการ Raspbian เราก็สามารถไปดาวน์โหลดระบบปฏิบัติการที่เราถนัดได้ผ่านทางเว็บไซต์ทางการของ Raspberry Pi ได้

2.2.1 Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM

Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM คือรุ่นพิเศษของ Raspberry Pi 4 Model B ซึ่งมีความแตกต่างจากรุ่นทั่วไปในเรื่องขนาดแรม (RAM) โดยมี RAM มากกว่า รุ่นทั่วไปถึง 8GB ซึ่งเป็นปริมาณ RAM ที่มากที่สุดจากรุ่น Raspberry Pi 4 ที่มีจำหน่าย

การมี RAM 8GB ให้เราสเปคที่ช่วย 4 ช่วยให้มันสามารถรันและจัดการแอปพลิเคชัน และงานที่มีการใช้งานหน่วยความจำมากขึ้นได้ดีขึ้น นอกจากนี้มันยังเหมาะสำหรับงานที่ต้องการประมวลผลหนักๆ ที่ทันสมัยมากขึ้นเช่นการใช้งานเพื่อสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์, เล่นวิดีโอและเกมที่ต้องการประสิทธิภาพสูง, หรือการทำงานในสภาพแวดล้อม IoT (Internet of Things) ที่ต้องการประมวลผลข้อมูลมาก ซึ่งเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับงานที่ต้องการประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและการจัดเก็บข้อมูล และแอปพลิเคชันมากขึ้นในราคาที่เหมาะสม



รูปที่ 2.3 Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM

ที่มา : <https://th.cytron.io/p-raspberry-pi-4-model-b-4gb>

Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM มีโครงสร้างและโครงสร้างและองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

- CPU: Raspberry Pi 4 ใช้ CPU Broadcom BCM2711 64 บิต Quad-Core ARM Cortex-A72 คล็อกแสดงอายุ 1.5 GHz ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสุดมากเป็นที่หนึ่งในรุ่น Raspberry Pi ที่ใช้งานได้เร็ว
- RAM: รุ่นนี้มาพร้อมกับ RAM ขนาด 8GB LPDDR4-3200 SDRAM ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดมาก เพื่อรับมือกับงานที่ต้องการหน่วยความจำมาก
- HDMI Ports: Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM มาพร้อม 2 พอร์ต HDMI สนับสนุนการแสดงผลความละเอียดสูงถึง 4K 60Hz ซึ่งช่วยในการเชื่อมต่อกับหน้าจอที่คุณมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- USB Ports: มี 2 พอร์ต USB 3.0 และ 2 พอร์ต USB 2.0 สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์พร้อมความเร็ว
- Ethernet: มีพอร์ต Ethernet 1 Gbps สำหรับการเชื่อมต่อเครือข่าย
- Wi-Fi: มาพร้อม Wi-Fi 802.11ac และ Bluetooth 5.0 สำหรับการเชื่อมต่อไร้สาย
- GPIO Pins: มีขา GPIO (General-Purpose Input/Output) ขนาด 40 ขาสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และโปรเจกต์ต่าง ๆ
- microSD Slot: สำหรับการเสียบการ์ด microSD ที่ใช้เก็บระบบปฏิบัติการและข้อมูล
- Power Supply: Raspberry Pi 4 Model B 8GB RAM ใช้พัดมินิ USB-C และต้องการแหล่งจ่ายไฟ DC 5V 3A
- ช่องเสียบกล่องคอมพิวเตอร์ : Raspberry Pi 4 มีช่องเสียบกล่องคอมพิวเตอร์ สำหรับการที่จะใช้เคสหรือตัวอำนาจเพิ่มเติม
- Cooling: รุ่นนี้มาพร้อมไฟฉายพัดลมให้ระบบร้อนแบบความร้อนสูงได้ทำงานได้ดีมากขึ้น

2.3 LiDAR

LiDAR หรือ Light Detection And Ranging System แปลตรงตัวได้ว่า “ระบบตรวจจับแสงและวัดระยะ” หลักการทำงานของ LiDAR เริ่มจากการยิงแสงเลเซอร์ไปยังวัตถุ เมื่อแสงกระทบวัตถุและสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์ ระบบจะสามารถคำนวณระยะห่างของวัตถุจากตัวเซนเซอร์ได้ผ่านระยะเวลาที่แสงใช้ในการเดินทาง ยิ่งวัตถุอยู่ไกลออกไป แสงก็จะใช้เวลาเพิ่มมากขึ้นในการเดินทางไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมายังเซนเซอร์

2.3.1 RPLIDAR A1M8

RPLIDAR A1M8 เป็นเซนเซอร์ LiDAR (Light Detection and Ranging) ที่ถูกผลิตโดยบริษัท RoboPeak มันเป็นรุ่นที่ใช้เทคโนโลยี LiDAR ในการสร้างแผนที่สิ่งแวดล้อมและการค้นหาวัตถุ ๆ ในระยะที่กำหนด



รูปที่ 2.4 RPLIDAR A1M8

ที่มา : https://www.slamtec.ai/home/rplidar_a1/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

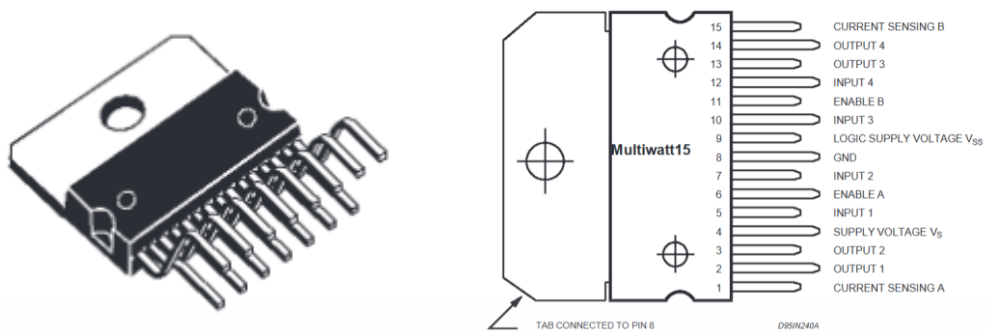
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของ RPLIDAR A1M8

Item	Unit	Min	typical	Max	comments
Distance Range	Meter(m)	TBD	0.15-6	TBD	White objects
Angular Range	Degree	n/a	0-360	n/a	
Distance Resolution	Mm	n/a	<0.5 <1% of distance	n/a	<1.5 meters All distance range*
Angular Resolution	Degree	n/a	≤ 1	n/a	5.5 Hz scan rate
Sample Duration	Millisecond (ms)	n/a	0.5	n/a	
Sample Frequency	Hz	n/a	≥ 2000	2010	
Scan Rate	Hz	1	5.5	10	Typical value is measured when RPLIDAR A1 takes 360 samples per scan

2.4 โมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์ (L298)

เป็นวงจรรวมไอซีที่ถูกรวมเข้าไว้ในชิปเดียว (integrated monolithic circuit) และมีอยู่ในแพ็คเกจขนาด 15 ขา แบบ Multiwatt และ PowerSO20 ชิป L298 มีโครงสร้าง H-Bridge คู่ (dual H-Bridge) ซึ่งเป็นโครงสร้างทางไฟฟ้าที่ทำให้สามารถควบคุมทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ได้ โครงสร้าง H-Bridge คู่ (dual H-Bridge) ของ L298 ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์สองคู่ที่สามารถควบคุมไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ในทิศทางทั้งสองทิศทาง (forward และ reverse) โดยที่แต่ละคู่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ นอกจากนี้ยังมีวงจรรีบเร่งดันส่วนพิเศษในกรณีที่มีการหยุดทันทีของมอเตอร์ (regenerative braking)

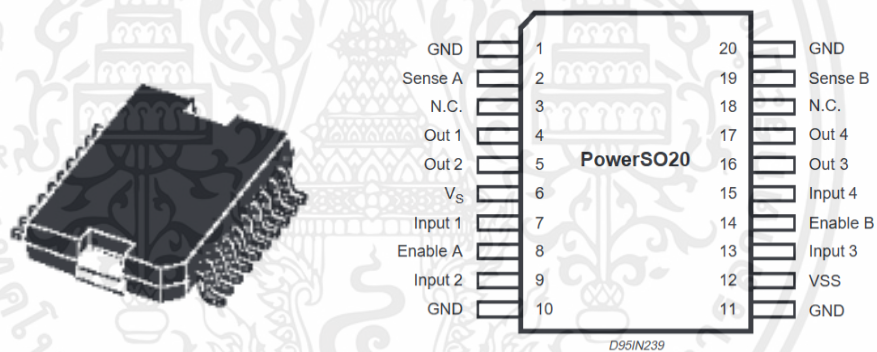
Multiwatt Package: Multiwatt เป็นลักษณะของแพ็คเกจที่มีหลายขา (multi-leaded package) เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับวงจรหลาย ๆ ส่วนได้



รูปที่ 2.5 Multiwatt15

ที่มา : df1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html

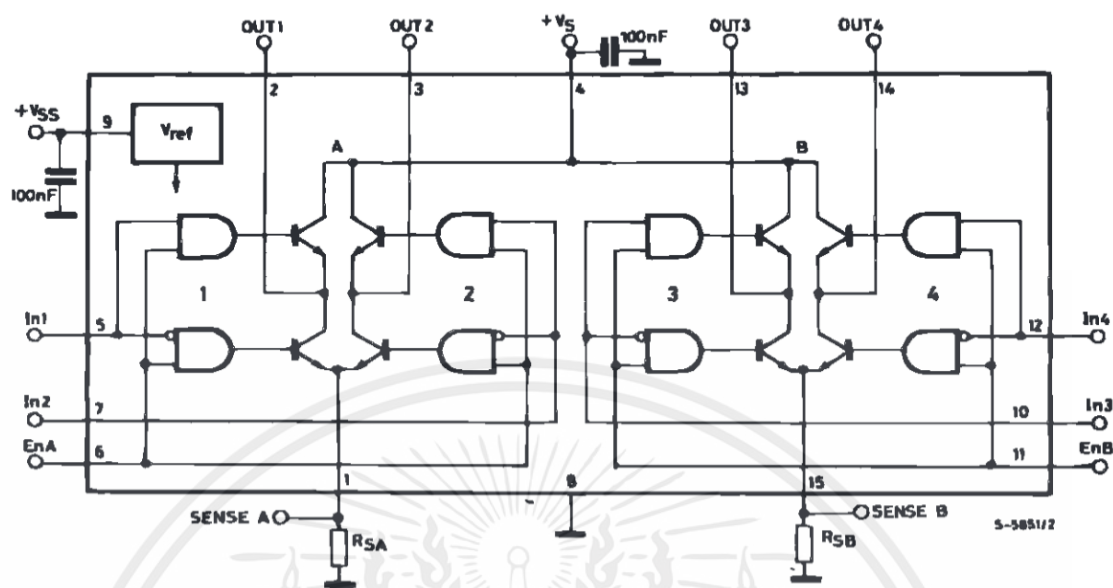
PowerSO20 Package: PowerSO20 เป็นลักษณะของแพ็คเกจที่ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการส่งถ่ายความร้อน (heat dissipation) ได้ดี และมักถูกใช้ในชิปที่ต้องการการทำงานที่มีการสูญเสียความร้อนสูง



รูปที่ 2.6 PowerO20

ที่มา : df1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html

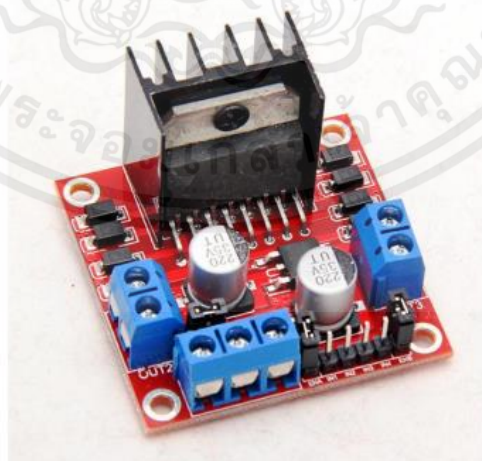
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงวงจร L298
ที่มา : df1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html

จากข้อความที่กล่าวมา L298 นิยมใช้ในจึงเหมาะกับการควบคุมการหมุนเวียนของมอเตอร์, หรือในงานที่ต้องการควบคุมการเคลื่อนที่ของระบบหลายขั้นตอน เช่น โรบอต, หุ่นยนต์, หรือรถยนต์ที่ไร้คนขับ

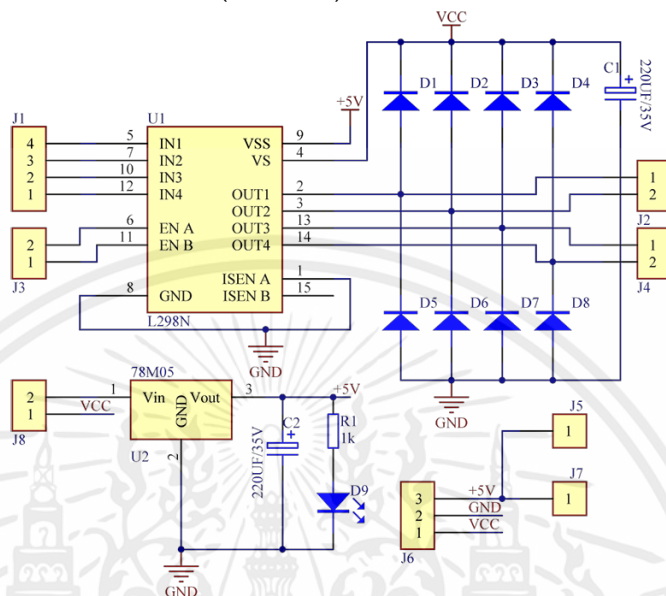
2.4.1 L298N Dual H-Bridge Motor Controller



รูปที่ 2.8 ชุดขับมอเตอร์ L298N Dual H-Bridge Motor Controller
ที่มา : <https://www.princess-it-foundation.org/project/wp-content/uploads/2020/08/ระบบควบคุมและตรวจสอบพลังงานอัจฉริยะ.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยปรียญาณิพนธ์เลือกใช้ L298 รุ่น L298N (Multiwatt Vert.) เป็นชุดขับมอเตอร์ชนิด H-Bridge ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้งานในการควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมมอเตอร์ได้ทั้งหมด 2 ช่อง (Channel)



รูปที่ 2.9 แผนผังสำหรับโมดูลขับเคลื่อนมอเตอร์

ที่มา : iki.sunfounder.cc/index.php?title=Motor_Driver_Module-L298N

2.5 Proportional Integral Derivative Control

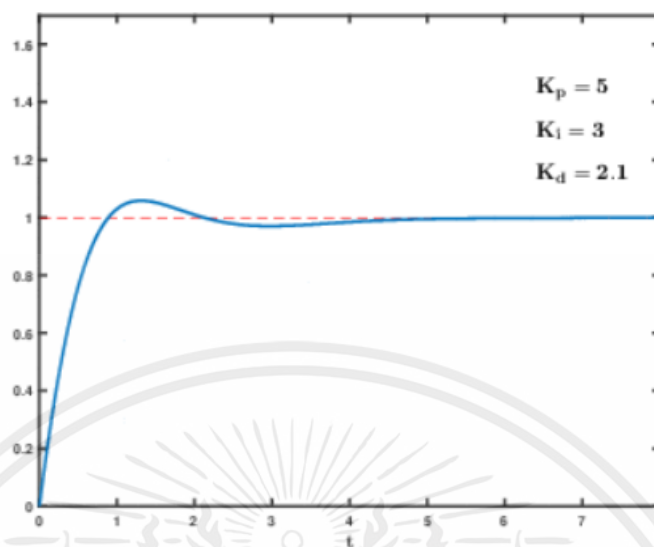
ระบบ PID Control หรือ Proportional Integral Derivative Control เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ซึ่งค่าที่นำไปใช้ในการคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดที่หาได้จากความแตกต่างของตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการ ตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ การควบคุมแบบ PID จะประกอบไปด้วยส่วนการควบคุมที่สำคัญด้วยกัน 3 ส่วน คือ

P (Proportional control action) ใช้เพิ่มความเร็วในการตอบสนองของระบบ ลดค่าความผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัวของระบบ

I (Integral control action) ลดค่าความผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัวของระบบให้น้อยลงจนหมดไป มีผลให้ความเร็วในการตอบสนองของระบบลดลง ทำให้เสถียรภาพของระบบลดลง

D (Derivative control action) ทำให้ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น เพิ่มค่าอัตราส่วนความหน่วงให้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟของการควบคุมในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปร P, I และ D
ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบควบคุมพีไอดี>

รูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าการควบคุมแบบ PID Control นั้น เมื่อมีการเพิ่มค่า K_p เข้าไปในระบบ จะทำให้ค่า PV นั้นเข้าสู่เป้าหมาย SV ที่ตั้งไว้ได้ แต่ยังคงเกิดค่า OFFSET error จึงมีการเพิ่มในส่วนของค่า K_i เข้าไป จึงทำให้ลดค่า OFFSET error ลงไปได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องการแกว่งของระบบหรือออสซิลเลต จึงได้เพิ่มค่า K_d เข้าไปเพื่อลดค่าการแกว่งเหล่านั้นและทำให้ PV เข้าสู่ SV ในสถานะคงตัวในที่สุด โดย P คือค่าสัดส่วนโดยตรงกับ ค่า Error ส่วนค่า I หรือค่าเฉื่อยนั้นจะเป็นอิสระจากตัวแปร P และ D และสุดท้ายค่า D หรือแรงต้าน ซึ่งเกิดจากหน่วงของระบบ โดยจะเป็นการรวมของผลต่างของค่า Error ในอดีต โดยจะมีจำนวนเท่ากับ $t-1$ เนื่องจากตอนเริ่มต้นระบบจะไม่มี Error ก่อนหน้า

2.6 Received Signal Strength Indicator (RSSI)

ค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (RSSI ย่อมาจาก Received Signal Strength Indicator) เป็นค่าที่ใช้ในการวัดความเข้มของสัญญาณไร้สาย (wireless) ที่ถูกรับมาจากอุปกรณ์สื่อสารหรือตัวส่งสัญญาณ ซึ่งมักแสดงผลเป็นค่าในหน่วยดีซิเบล (dBm) หรือบางครั้งอาจเป็นหน่วยอื่น ๆ ที่ใช้ในการวัดกำลังของสัญญาณค่า RSSI ช่วยให้เราทราบถึงระดับความแรงของสัญญาณไร้สายที่อยู่ในสภาพแวดล้อมนั้น ๆ

การอ่านค่า RSSI เพื่อประเมินความเข้มของสัญญาณสามารถใช้เพื่อวัดหรือประเมินสภาพการสื่อสารไร้สายในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยระดับความแรงของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระยะห่างระหว่างอุปกรณ์สื่อสารและตัวส่งสัญญาณ ความรบกวนจากอุปกรณ์อื่น ๆ และความต้านทานจากสิ่งของแวดล้อม เช่น กำแพงหรือวัตถุอื่น

ความแรงของสัญญาณ (dBm)	หมายเหตุ
-30	ความแรงของสัญญาณสูงสุดที่เป็นไปได้
-50	ความแรงของสัญญาณดีเยี่ยม
-60	ความแรงของสัญญาณดี
-67	ความแรงของสัญญาณที่เชื่อถือได้
-70	ความแรงของสัญญาณค่อนข้างอ่อน
-80	ไม่น่าเชื่อถือ, บริการส่วนใหญ่จะไม่ทำงาน
-90	ความเป็นไปได้ในการตัดการเชื่อมต่อ

รูปที่ 2.11 คุณภาพของสัญญาณ RSSI

ที่มา : <https://www.onehospitality.co.th/signal-strength-noise-snr/>

2.6.1 การคำนวณค่า RSSI

ค่าความแรงสัญญาณที่รับได้ (Received Signal Strength Indicator : RSSI) มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.1)

$$RSSI = -\left(10 \log_{10} \frac{d}{d_0}\right) + A \quad (2.1)$$

เมื่อ n คือ เลขชี้กำลังการสูญเสียในเส้นทาง โดยปกติจะให้ $n = 2$

d คือ ระยะทางที่วัดสัญญาณจากตัวส่งถึงตัวรับ

A คือ ความแรงสัญญาณที่รับได้ที่ระยะทาง 1 เมตรจากตัวส่งโดยค่า RSSI

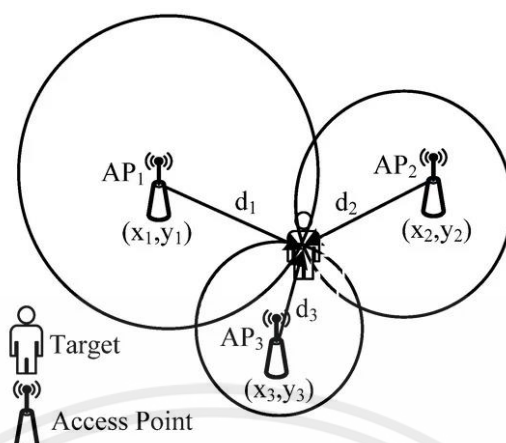
มีค่า RSSI มีหน่วยเป็น dBm

d_0 คือ ระยะทางที่หนดอ้างอิง

2.7 กระบวนการ Trilateration

กระบวนการ Trilateration เป็นวิธีในการหาตำแหน่งหรือพิกัดของจุดที่ไม่ทราบตำแหน่ง (เช่น อุปกรณ์หรือสถานที่) โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับระยะทางจากจุดที่ทราบตำแหน่ง (จุดหลายจุด) ไปยังจุดที่ไม่ทราบตำแหน่ง โดยใช้สัญญาณเสียง, สัญญาณรศมี, GPS, หรือเทคโนโลยีการรับรู้อื่นๆ เพื่อทำหน้าที่นี้ กระบวนการ Trilateration

เพื่อระบุตำแหน่งของวัตถุอื่นๆ โดยจะอาศัยโนดอ้างอิงอย่างน้อย 3 โหนด ซึ่งแต่ละโนดอ้างอิงจะมีรัศมีครอบคลุมแพร่ออกไปในลักษณะของวงกลม ซึ่งเป็นระดับของความแรงของสัญญาณที่แพร่ออกจากสายอากาศของอุปกรณ์ที่โนดอ้างอิง วัตถุที่ต้องการหาตำแหน่งจะต้องอยู่ในรัศมีครอบคลุมของโนดอ้างอิงทั้ง 3 โหนด การอ้างอิงระยะทางระหว่างโนดอ้างอิงและวัตถุแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.12 Trilateration

ที่มา : http://app.eng.ubu.ac.th/~app/resproject/upload/p1/L_Atipong.pdf

2.7.1 การคำนวณหาพิกัดหรือตำแหน่งจากกระบวนการ Trilateration

การคำนวณหาพิกัดหรือตำแหน่งของวัตถุ สามารถทำได้โดยใช้ชุดสมการเพื่อหา ระยะทางระหว่างโนดอ้างอิงและวัตถุตั้งสมการที่ (2.2) - (2.4)

$$\text{วงกลม 1} \quad r_1^2 = (x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2 \quad (2.2)$$

$$\text{วงกลม 2} \quad r_2^2 = (x_0 - x_2)^2 + (y_0 - y_2)^2 \quad (2.3)$$

$$\text{วงกลม 3} \quad r_3^2 = (x_0 - x_3)^2 + (y_0 - y_3)^2 \quad (2.4)$$

จากสมการข้างต้น เมื่อนำสมการที่ (2.3) ลบด้วย (2.4) และสมการที่ (2.3) ลบด้วย (2.2) จะได้สมการที่ (2.5) และ (2.6) ตามลำดับ

$$r_2^2 - r_3^2 = 2x_0(x_3 - x_2) + x_2^2 - x_3^2 + 2y_0(y_3 - y_2) + y_2^2 - y_3^2 \quad (2.5)$$

$$r_2^2 - r_1^2 = 2x_0(x_1 - x_2) + x_2^2 - x_1^2 + 2y_0(y_1 - y_2) + y_2^2 - y_1^2 \quad (2.5)$$

จัดรูปสมการที่ (2.5) และ (2.6) ใหม่ จะได้ตั้งสมการที่ (2.7) และ (2.8) ตามลำดับ

$$x_0(x_3 - x_2) + y_0(y_3 - y_2) = \frac{(r_2^2 - r_3^2) - (x_2^2 - x_3^2) - (y_2^2 - y_3^2)}{2} = V_1 \quad (2.7)$$

$$x_0(x_1 - x_2) + y_0(y_1 - y_2) = \frac{(r_2^2 - r_1^2) - (x_2^2 - x_1^2) - (y_2^2 - y_1^2)}{2} = V_2 \quad (2.8)$$

จัดให้อยู่ในรูป x_0 และ y_0 เพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่ง ได้ดังนี้ สมการที่ (2.9) และ (2.10) ตามลำดับ

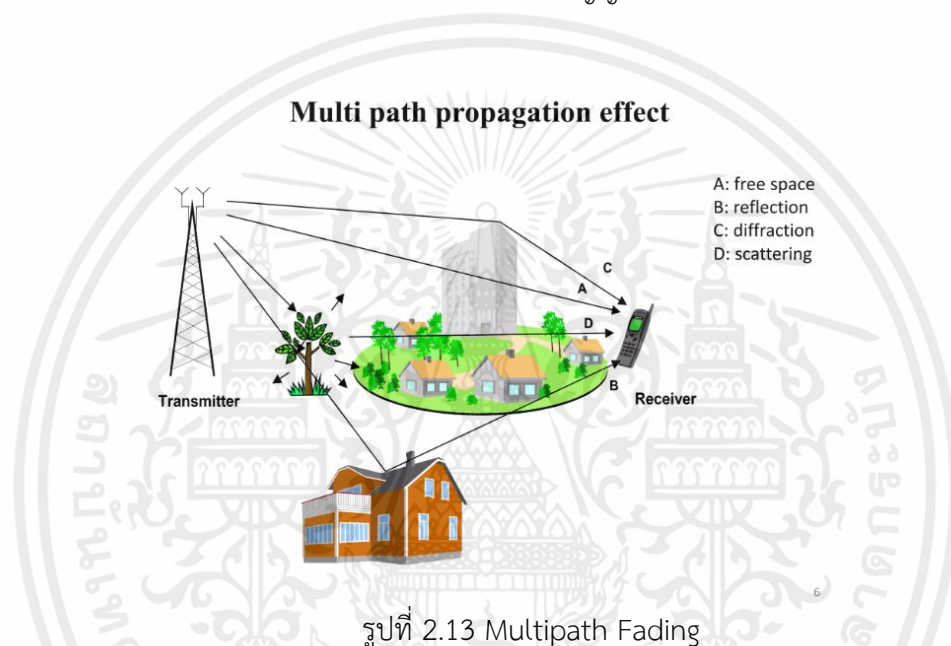
$$y_0 = \frac{V_2(x_3 - x_2) - V_1(x_1 - x_2)}{(y_1 - y_2)(x_3 - x_2) - (y_3 - y_2)(x_1 - x_2)} \quad (2.9)$$

$$x_0 = \frac{V_1 - y_0(x_3 - x_2)}{(x_3 - x_2)} \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ศึกษา Multipath Fading

การสูญเสียจากการจางหายหลายเส้นทาง (Multipath fading) เกิดจากการที่สายอากาศของเครื่องรับสัญญาณอยู่ใกล้กับพื้นผิวมาก ดังนั้นสิ่งกีดขวางต่างๆ รอบข้างจึงส่งผลให้เกิดการสะท้อนและการหักเหของสัญญาณในหลายทิศทาง ส่งผลทำให้สัญญาณที่รับได้ประกอบด้วยจำนวนสัญญาณหลายๆ สัญญาณที่เดินทางมาจากทิศทางที่แตกต่างกัน โดยมีทั้งขนาดและเฟสที่แตกต่างกัน ผลกระทบของมัลติพาทเฟดดิ้ง ทำให้ระดับของสัญญาณที่รับได้มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างบ่อยครั้งมาก และการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณอาจจะเกิดขึ้นมากถึง 30-40 dB



ที่มา : <https://www.slideshare.net/ShreeKrupa1/multichannel-fading>

2.9 ภาษาซี (C++)

C++ ถูกพัฒนาโดย Dr.Bjarne Stroustrup ซึ่งเป็นนักวิจัยอยู่ที่ห้องปฏิบัติการBell Labs ในประเทศสหรัฐอเมริกาในระหว่างปี พ.ศ.2525-2528 โดย C++ เกิดจากแนวคิดเพิ่มประสิทธิภาพให้กับภาษา C

C++ เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและนิยมในการพัฒนาซอฟต์แวร์และเป็นต่อจากภาษา C โดยมีความสามารถและคุณสมบัติเพิ่มเติมในการเขียนโปรแกรมและการเขียนโค้ดที่มีโครงสร้างที่มีองค์ประกอบในรูปแบบของคลาสและอ็อบเจกต์หรือโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming, OOP) ซึ่งทำให้เขียนโปรแกรมได้อย่างมีองค์ประกอบและสามารถนำโค้ดไปใช้ซ้ำได้ง่ายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 ข้อดีของภาษา C++

1) ความสามารถและประสิทธิภาพ: C++ เป็นภาษาโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้งานได้ดีกับระบบที่มีความซับซ้อนและคำนวณที่ต้องใช้ความเร็วสูง เช่น ระบบปฏิบัติการ, เกม, และแอปพลิเคชันแม้แต่นี้จัดการด้วยระบบการทำงานเชิงพื้นบ้าน หรือการทำงานในระดับเครื่อง

2) การสนับสนุนแบบอ็อบเจกต์: C++ เป็นภาษาที่รองรับการเขียนโค้ดแบบอ็อบเจกต์ (OOP) ซึ่งช่วยในการจัดระเบียบโค้ดและเพิ่มความเข้าใจและการบำรุงรักษา แบบอ็อบเจกต์ช่วยในการแยกแยะโปรแกรมออกเป็นอ็อบเจกต์ที่มีความเข้าใจง่าย

3) ความยืดหยุ่น: C++ มีความยืดหยุ่นในการใช้งานเพราะคุณสามารถใช้ภาษา C++ ในการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบแก้ไขหรือแบบการสร้างอ็อบเจกต์ตามความต้องการของโปรเจกต์

4) ความเข้าใจง่าย: C++ มีไวยากรณ์และโครงสร้างที่เข้าใจง่าย และมีโค้ดตัวอย่างและเอกสารอธิบายที่มีอยู่อย่างมากมายเพื่อช่วยในการเรียนรู้และการใช้งาน

5) การรองรับแพลตฟอร์ม: C++ สามารถใช้งานได้บนหลายแพลตฟอร์มและระบบปฏิบัติการ เช่น Windows, macOS, Linux, iOS, Android, และอื่น ๆ

6) ความสามารถในการจัดการหน่วยความจำ: C++ มีการจัดการหน่วยความจำอย่างชัดเจน ที่ช่วยลดปัญหาการรักษาข้อมูลและการควบคุมหน่วยความจำในแบบที่ชัดเจน

7) ชุมชนและออร์แกนนิเซชัน: C++ มีชุมชนนักพัฒนาที่ใหญ่และมีแหล่งข้อมูลและการสนับสนุนออนไลน์มากมายที่ช่วยในการแก้ปัญหาและการแลกเปลี่ยนความรู้

8) การสนับสนุนไลบรารี: C++ มีไลบรารีมากมายที่ช่วยในการสร้างโค้ดอย่างรวดเร็วและประหยัดเวลา เช่น STL (Standard Template Library), Boost, และอื่น ๆ

ซึ่งเหล่านี้คือเหตุผลที่ C++ ยังคงเป็นภาษาโปรแกรมที่นิยมและใช้งานอย่างแพร่หลายในวงการพัฒนาซอฟต์แวร์และทำให้เป็นภาษาที่มีความหลากหลายในการใช้งาน

2.10 ภาษาไพธอน (Python)

ภาษาไพธอน (Python) ถือกำเนิดขึ้นในปี ค.ศ.1980 ถูกพัฒนาขึ้นโดย Guido van Rossum ที่ Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) ประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นภาษาหนึ่งที่ยิยมใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งถูกพัฒนาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม นั้นหมายความว่า ภาษาไพธอนสามารถใช้งานได้หลายระบบปฏิบัติการทั้ง Unix Linux และ Windows อีกทั้งยังเป็น Open Source ทำให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถใช้ภาษาไพธอนมาพัฒนาโปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ของตัวเองได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด ภาษาไพธอนเป็นภาษาระดับสูงจึงทำให้เขียนง่าย ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์อย่างลึกซึ้งเพียงแค่เข้าใจไวยากรณ์ และขั้นตอนการทำงานของภาษาไพธอนก็สามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนได้แล้ว แต่เนื่องจากความเป็นภาษาระดับสูงที่มีข้อดีคือเขียนและพัฒนาง่ายแล้วก็มีข้อจำกัดอยู่ข้อหนึ่ง คือ จะทำงานหรือประมวลผลได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับภาษาอื่น เช่น ซี (C) หรือ ฟอรัแทรน (Fortran)

2.10.1 ส่วนประกอบการทำงานของภาษาไพธอน

- 1) คอมไพเลอร์ (Compiler) ใช้ตีความคำสั่งที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียนขึ้นเพื่อสั่งให้คอมไพเลอร์ทำงาน
- 2) อีดิเตอร์ (Editor) ใช้เขียนชุดคำสั่งเพื่อให้คอมไพเลอร์อ่านแล้วส่งคอมไพเลอร์อีกครั้งหนึ่ง
- 3) เชลล์โต้ตอบ (interactive shell) หรือ อินเทอร์พรีเตอร์ (interpreter) ใช้ป้อนคำสั่งเพื่อสั่งการคอมไพเลอร์แบบทันที

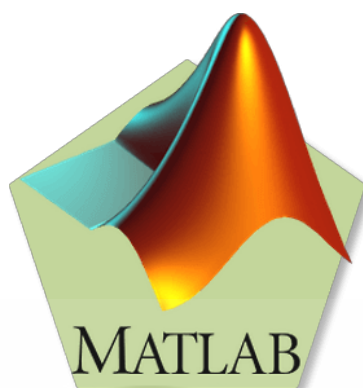
2.10.2 ข้อดีของภาษาไพธอน

- 1) ไพธอนเป็นภาษาสคริปต์ทำให้ใช้เวลาในการเขียนและคอมไพล์ ซึ่งไม่เหมาะกับงานด้านการดูแลระบบ (System administration)
- 2) คำสั่งที่เขียนด้วยภาษาไพธอนสามารถนำไปทำงานบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย
- 3) การประมวลผลจะประมวลผลไปที่ละบรรทัด และปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ
- 4) เป็นภาษาแบบ Dynamic typing คือ สามารถเปลี่ยนชนิดข้อมูลได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว
- 5) มี Built-in Object Types คือ โครงสร้างของข้อมูลที่สามารถใช้ได้ ใน Python ซึ่งประกอบไปด้วย ลิสต์ ดิกชันนารี สตริง ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง มีฟังก์ชันสนับสนุนฐานข้อมูล เช่น MySQL Sybase Oracle Informix ODBC และอื่นๆ
- 6) มีไลบรารีสนับสนุนด้านปัญญาประดิษฐ์

2.11 แมทแลป (MATLAB)

แมทแลป (MATLAB) เป็นภาษาคอมไพเลอร์ระดับสูงที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานเชิงโต้ตอบ ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วมากกว่าภาษาคอมไพเลอร์สมัยก่อน เช่น ภาษาซี (C), ภาษาซี++ (C++) หรือ ภาษาโฟทราน (Fortran)

แมทแลป (MATLAB) เป็นภาษาคอมไพเลอร์ระดับสูงที่ใช้สำหรับคำนวณเชิงตัวเลข ตรีโกณมิติ คอล คอมพิวติ้ง (Numerical Computing) แสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอปพลิเคชัน ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอปพลิเคชันได้ง่ายและรวดเร็วมาก ภายในตัว แมทแลป ประกอบด้วยภาษาคอมไพเลอร์ ทูลบ็อกซ์ (Toolbox) กลุ่มฟังก์ชันสำเร็จรูปในแต่ละสาขาวิชา และฟังก์ชันพื้นฐานจำนวนมาก ทำให้การวิเคราะห์ทำได้หลากหลายวิธี พร้อมกับคำตอบที่รวดเร็ว



รูปที่ 2.14 แมทแลป (MATLAB)

ที่มา : <https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/4043-what-is-matlab.html>

2.11.1 การทำงานของแมทแลป

แมทแลปสามารถทำงานได้ทั้งในลักษณะของการติดต่อโดยตรง คือการเขียนคำสั่งเข้าไปทีละคำสั่ง เพื่อให้แมทแลปประมวลผลไปเรื่อยๆ หรือสามารถที่จะรวบรวม ชุดคำสั่งเรานั้นเป็นโปรแกรมก็ได้ ข้อสำคัญอย่างหนึ่งของแมทแลปก็คือข้อมูลทุกตัวจะถูกเก็บใน ลักษณะของแถวลำดับ คือ ในแต่ละตัวแปรจะได้รับการแบ่งเป็นส่วนย่อยเล็ก ๆ ขึ้น ซึ่งการใช้ตัวแปรเป็นแถวลำดับ ในแมทแลปเราไม่จำเป็นที่จะต้องจองมิติเหมือนกับการเขียนโปรแกรมในภาษาขั้นต่ำทั่วไป ซึ่งทำให้เราสามารถที่จะแก้ปัญหาของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะ ของเมทริกซ์และเวกเตอร์ได้โดยง่าย ซึ่งทำให้เราลดเวลาการทำงานลงได้อย่างมากเมื่อเทียบกับการเขียน โปรแกรมโดยภาษาซีหรือภาษาฟอร์แทรนความสามารถหลักของ MATLAB ที่เหมาะสมกับการทำงานทางด้านวิศวกรรม

- 1) MATLAB เป็นโปรแกรมเพื่อการคำนวณและแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและรูปภาพซึ่งมีประสิทธิภาพสูง
- 2) MATLAB จะควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งและยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรมได้อีกด้วย
- 3) MATLAB มี ฟังก์ชัน (function) ที่เหมาะสมกับงานทางวิศวกรรมพื้นฐานมากมาย นอกจากนั้นผู้ใช้อย่างยังสามารถเขียน function ขึ้นมาใหม่โดยสามารถใช้ประโยชน์จาก function ที่มีอยู่แล้วเพื่อให้เหมาะสมกับงานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม
- 4) ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน MATLAB จะใกล้เคียงการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคย จึงง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาขั้นสูงเช่น C, FORTRAN หรืออื่นๆ
- 5) MATLAB มีความสามารถในการเขียนกราฟและรูปภาพทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 6) MATLAB สามารถทำ Dynamic Link (ไดนามิกส์ ลิงค์) กับโปรแกรมอื่น ๆ ได้ไม่ว่าจะเป็น เวิร์ด(Word), เอ็กเซล (Excel) หรืออื่น ๆ ที่รวมทำงานอยู่บนวินโดว์ (windows)
- 6) MATLAB มีทูลบ็อกซ์ (Toolbox) หรือชุด function พิเศษสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานเฉพาะทางหรืองานด้านวิศวกรรมขั้นสูงอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ข้อดีของแมทแลป

ข้อดีโดยรวมแล้ว แมทแลป (MATLAB) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายสาขา ทั้ง การประมวลผลสัญญาณ Signal Processing (ซิกแนล โพรเซสซิง) การสื่อสาร Communication (คอมมูนิเคชัน) การประมวลผลภาพและวิดีโอ Image and Video Processing (อิมเมจ แอน วิดีโอ โพรเซสซิง) ระบบควบคุม Control System (คอนโทรล ซิสเต็มส์) การวัดและควบคุม Instruments and Control (อินสตรูเมนต์ แอน คอนโทรล) การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ Economic (เอ็กโคโนมิกส์) การคำนวณทางชีววิทยา Biology (ไบโโลยี) และอื่น ๆ

2.12 โปรแกรม Arduino IDE

โปรแกรม Arduino IDE เป็นชื่อเรียกของแพลตฟอร์มการเขียนโปรแกรมลง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino IDE) ที่เราสามารถสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ จากการออกแบบได้ตามความคิด แล้วสร้างออกมาเป็นชิ้นงานที่ใช้ได้จริง โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการต่อวงจรที่ซับซ้อน การเขียนโปรแกรมที่เข้าใจง่ายด้วยภาษา C, C++ มีโค้ดตัวอย่างและโปรเจกให้ศึกษาจำนวนมาก บอร์ดทดลองราคาไม่แพง มีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม มีเซนเซอร์โมดูล และอุปกรณ์เสริมจำนวนมาก แพลตฟอร์มเป็นแบบโอเพ่นซอร์ส สามารถใช้งานได้ฟรี ด้วยความง่ายครบถ้วนและฟรีนี้ จึงทำให้มีผู้ใช้งานทั่วโลก และมีการพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้โปรแกรม Arduino IDE สามารถแก้ไขโค้ด หรืออัปโหลดโค้ดไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดได้หลากหลายเช่น Arduino NodeMCU ESP8266 ESP32 เป็นต้น



```

1 #include <Wire.h>
2 #include <WiFi.h>
3 #include <math.h>
4 const char* ssid = "Penplaza";
5 const char* password = "17082511";
6 int led = 2;
7 int frequency = 2.469; // Assume 2.4 GHz frequency
8 int speedOfLight = 3.0e8; // Speed of light in m/s
9 void initWire() {
10   pinMode(led, OUTPUT);
11   delay(2000);
12 }
13 WiFi.mode(WIFI_STA); //ตามสถานที่ทำงาน
14 WiFi.begin(ssid, password); //ตามสาขาของ
15 Serial.println("Connecting to WiFi...");
16 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
17   Serial.print(".");
18   digitalWrite(led, 0);
19   delay(500);
20   digitalWrite(led, 1);
21   delay(500);
22 }
23 Serial.println("WiFi Connected");
24 Serial.print("LocalIP: ");
25 Serial.println(WiFi.localIP()); //WiFi local IP address
26 Serial.print("SubnetMask: ");
  
```

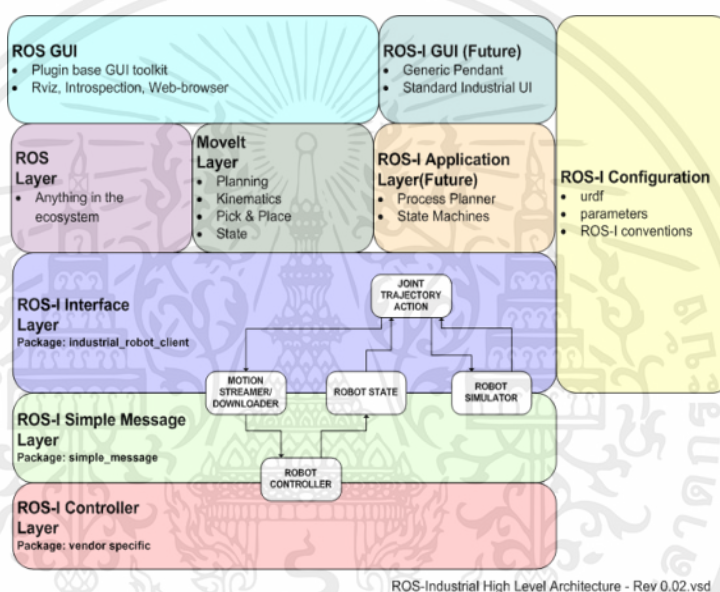
รูปที่ 2.15 ตัวอย่าง โปรแกรม Arduino IDE

ที่มา : <https://www.futurekit.com/th/content/10793/รู้จักกับโปรแกรม-arduino-ide>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 Robot Operating System

ระบบปฏิบัติการหุ่นยนต์ หรือ ROS (Robot Operating System) เป็นแพลตฟอร์มแบบเปิด สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชัน สำหรับหุ่นยนต์ทำงานในหลากหลายด้าน นิยมอย่างมาก โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้งานในกลุ่มหุ่นยนต์ ด้านบริการ (service robots) ทั้งนี้ เรายังสามารถประยุกต์ใช้งานสำหรับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม โดยมีกลุ่มคณะทำงาน ROS ที่เน้นการใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม เรียกว่า ROS-Industrial สำหรับภาพโครงสร้างสถาปัตยกรรม ROS-Industrial แสดงดังรูป 2.15



รูปที่ 2.16 โครงสร้างสถาปัตยกรรม ROS-Industrial
ที่มา : <https://wiki.ros.org/Industrial>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

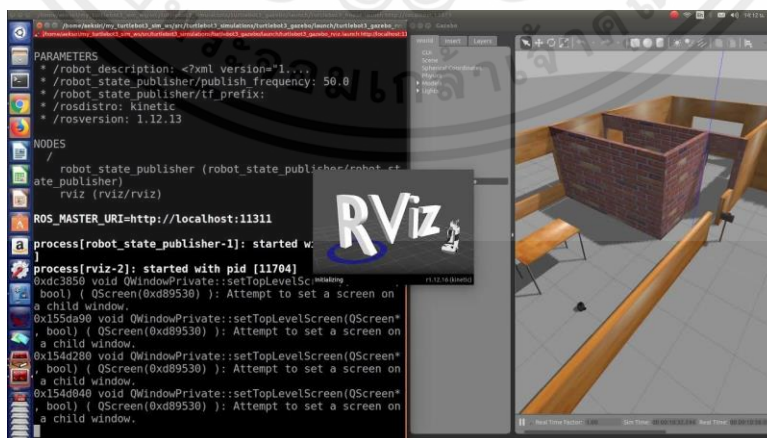


รูปที่ 2.17 ส่วนประกอบของ ROS
ที่มา : <http://wiki.ros.org/APIs>

2.13.1 เครื่องมือพัฒนาซอฟต์แวร์ใน ROS

เป็นชุดเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ใน ROS ชุดเครื่องมือนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายตัวที่ช่วยในกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ ROS อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ เช่น

1) RViz (Robot Visualization) เป็นเครื่องมือใน ROS (Robot Operating System) ที่ใช้ในการแสดงผลและแสดงภาพข้อมูลที่ได้รับจากหุ่นยนต์หรือระบบหุ่นยนต์ในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ (3D) เพื่อให้ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานสามารถเห็นข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์กำลังทำงานในเวลาจริง



รูปที่ 2.18 Rviz

ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=j-MBL37spAk>

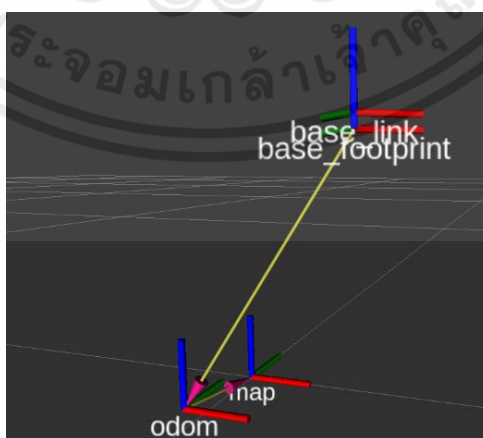
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ RViz

- การแสดงรูปแบบของหุ่นยนต์: RViz อนุญาตให้ผู้ใช้งานแสดงรูปแบบของหุ่นยนต์หรืออะไรก็ตามที่ถูกโมเดลในรูปแบบ 3D
- การแสดงตำแหน่งและทิศทาง: RViz สามารถแสดงตำแหน่งและทิศทางของหุ่นยนต์ในเวลาจริง
- การแสดงข้อมูลจากเซนเซอร์: ระบบสามารถแสดงข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ อย่างเช่น กล้อง, ลาสเซอร์, อินโฟเรดเซนเซอร์, และอื่น ๆ ในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ
- การแสดงเส้นทาง: RViz สามารถแสดงเส้นทางของหุ่นยนต์เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำการวางแผนเส้นทางหรือการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้
- การแสดงข้อมูล Point Cloud: RViz สามารถแสดงข้อมูล Point Cloud ที่ได้รับจากเซนเซอร์ 3D หรือกล้อง 3D
- การแสดงแผนที่: RViz สามารถแสดงแผนที่ 2D หรือ 3D ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

RViz เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาและทดสอบหุ่นยนต์ใน ROS โดยช่วยให้นักพัฒนาและวิศวกรทำงานกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนอย่างง่ายและมีประสิทธิภาพ

2) Odometry ใน ROS (Robot Operating System) เป็นข้อมูลที่ใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติ โดยจะระบุตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์หรือการระบุตำแหน่งในเวลาเดียวกัน (simultaneous localization) โดยที่ Odometry มักใช้งานในรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์ที่ต้องการรับรู้การเคลื่อนที่ของตัวเองในเวลาจริง ข้อมูล Odometry มักถูกส่งจากตัวหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติในรูปแบบข้อความ ROS (ROS messages) ซึ่งระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์ในระบบพิกัด (x, y, z) และทิศทางหมุน (yaw, pitch, roll) ในสามมิติ โดยทั่วไป Odometry จะใช้เซนเซอร์เช่น ล้อหรืออุปกรณ์เซนเซอร์อื่น ๆ ในการวัดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์



รูปที่ 2.19 การทำงาน Odometry

ที่มา : <https://get-help.robotigniteacademy.com/t/use-of-base-footprint-in-ros-navigation/14676>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของ Odometry

- การควบคุมความเร็ว: Odometry สามารถใช้ในการควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อให้ระบุความเร็วที่แม่นยำ
- การใช้งานในพื้นที่ปิด: Odometry เป็นทางเลือกสำหรับการนำทางในพื้นที่ปิดที่ไม่สามารถใช้ GPS หรืออุปกรณ์นำทางภายนอกได้ เช่น ในอาคารหรือสภาพแวดล้อมภายใน
- การนำทางและควบคุมในเวลาจริง: Odometry สามารถใช้ในการนำทางและควบคุมการเคลื่อนที่ในเวลาจริง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในหลายแอปพลิเคชันอุตสาหกรรมและหุ่นยนต์บริการ
- การใช้งานในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง: Odometry สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ GPS หรืออุปกรณ์นำทางภายนอก
- ควบคุมตำแหน่ง: Odometry สามารถใช้ในการควบคุมตำแหน่งของหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติและทำให้มันเคลื่อนที่ตามเส้นทางที่วางแผนไว้

3) SLAM toolbox เป็นชุดเครื่องมือในสิ่งเดียวกัน SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) ที่ใช้ในการสนับสนุนกระบวนการแปลงข้อมูลเซนเซอร์จากหุ่นยนต์หรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นแผนที่ (map) ของสภาพแวดล้อมและพร้อมทั้งหาตำแหน่งของหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมนั้นในเวลาเดียวกัน (simultaneous localization)



รูปที่ 2.20 การทำงาน SLAM toolbox

ที่มา : https://msadowski.github.io/hands-on-with-slam_toolbox/

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) ในรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ (indoor SLAM) เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างแผนที่ของสภาพแวดล้อมภายในอาคารหรือพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้างโดยใช้หุ่นยนต์หรืออุปกรณ์อัตโนมัติเพื่อระบุตำแหน่งของตัวเองในสภาพแวดล้อมและพร้อมทั้งสร้างแผนที่ในเวลาเดียวกัน การ SLAM ในพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญในหลายโดเมนการใช้งานดังนี้

- หุ่นยนต์บริการ (Service Robots): SLAM ใช้ในหุ่นยนต์บริการซึ่งสามารถใช้ในการบริการที่ในสถานที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในสภาพแวดล้อมภายใน อย่างไรก็ตาม SLAM ใช้ในการพิสูจน์การสร้างแผนที่และติดตามตำแหน่งในเวลาเดียวกัน
- หุ่นยนต์ควบคุมองค์ประกอบ (Industrial Robots): SLAM ใช้ในการช่วยในการควบคุมหุ่นยนต์ในโรงงานหรือโรงงานอัตโนมัติ โดยช่วยในการระบุตำแหน่งและปรับแผนที่ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในการทำงาน
- การจัดการสคริปต์และโกดัง (Warehousing and Logistics): SLAM ใช้ในการจัดการคลังสินค้าและกระบวนการโกดังที่ต้องการความแม่นยำในการเรียงของสินค้าและเคลื่อนย้ายตำแหน่งสินค้าในพื้นที่คลังสินค้า
- การสร้างแผนที่ในอาคาร (Building Mapping): SLAM ใช้ในการสร้างแผนที่ของอาคารเพื่อการใช้งานในการตรวจสอบความสำรองตำแหน่ง, การควบคุมสภาพแวดล้อม, หรือในการวางแผนการจัดการแหล่งสังเคราะห์

2.13.3 ข้อดีของ Robot Operating System

1) การจัดการข้อมูลเซนเซอร์: ROS มีแพ็คเกจที่ช่วยในการอ่านและจัดการข้อมูลจากเซนเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์วิชัน, กล้อง, และอื่น ๆ

2) การควบคุมการเคลื่อนไหว: ROS มีเครื่องมือที่ช่วยในการควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ รวมถึงการวางแผนเส้นทางและการสร้างความรู้เชิงเขตของสภาพแวดล้อม

3) การสื่อสารและการแลกเปลี่ยนข้อมูล: ROS ใช้ระบบการสื่อสารแบบผู้ส่งข้อความ (publisher-subscriber) ซึ่งช่วยในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยประมวลผลของหุ่นยนต์

4) การสร้างและทดสอบโปรแกรม: ROS มอบความสามารถในการสร้างและทดสอบโปรแกรมของหุ่นยนต์อย่างรวดเร็วโดยใช้ภาษาโปรแกรมที่หลากหลาย เช่น C++, Python, และอื่น ๆ

5) เครื่องมือสำหรับวิธีจำลอง: ROS มีเครื่องมือสำหรับจำลองหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมที่ต่าง ๆ ที่ช่วยในการทดสอบและพัฒนาโปรแกรมก่อนที่จะนำไปใช้งานจริง

2.14 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI)

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) หมายถึง เทคโนโลยีการสร้างเครื่องจักรให้มีคุณลักษณะทางด้านสติปัญญาและความฉลาดเหมือนมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็น การคิดได้แบบมนุษย์ การกระทำได้แบบมนุษย์ การคิดอย่างมีเหตุผลและการกระทำอย่างมีเหตุผล โดยศาสตร์ที่เป็นหัวใจสำคัญที่ทำให้เทคโนโลยี AI มีความสามารถทางสติปัญญาและการเรียนรู้เหมือนมนุษย์ คือ การเรียนรู้ของเครื่องจักร(Machine Learning: ML) ซึ่งหมายถึง ศาสตร์ที่ทำให้คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักรสามารถเรียนรู้ที่จะทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ถูกป้อนเข้า (Input) และสร้างผลลัพธ์การตอบสนองต่อข้อมูล (Output) ขึ้นมาได้เองโดยไม่ต้องถูกโปรแกรมหรือได้รับการป้อนคำสั่งเข้าไปใหม่ทุกครั้งที่คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักรได้รับข้อมูลใหม่ เป็นการนำศาสตร์ด้านคณิตศาสตร์และสถิติขั้นสูงมาประยุกต์เข้ากับความรู้ด้านการจัดการข้อมูล และการเขียนโปรแกรม โดยมีหลักการคือการสร้างองค์ความรู้ในเชิงโมเดลทางคณิตศาสตร์จากข้อมูลป้อนเข้าด้วยตัวเครื่องจักรเองที่สามารถใช้ทำนายอนาคตได้ โดยโมเดลที่ถูกสร้างขึ้นมีความยืดหยุ่นและสามารถที่จะปรับตัวเองเข้ากับข้อมูลใหม่ๆ ที่ได้รับป้อนเข้าไป ดังนั้น การเรียนรู้ของเครื่องจักร จึงเปรียบเสมือนความคิดระบบหนึ่งจากหลายๆ ระบบ ที่อยู่ใต้อ้อมมองของ AI ที่ทำหน้าที่แยกแยะและเรียนรู้ข้อมูลที่ถูกป้อนเข้ามา และประมวลผลออกมาเป็นการตอบสนองต่อข้อมูลที่แตกต่างกัน

ในการแบ่งระดับตามความฉลาดและความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ เราสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ระดับ คือ

1) Artificial Narrow Intelligence (ANI) หรือ Weak AI หรือ Narrow AI ซึ่งในระดับนี้ AI จะมีความสามารถและความเชี่ยวชาญในเฉพาะด้าน หรือมีความสามารถเฉพาะด้าน ANI ถูกจำกัดไว้ที่โดเมนแคบๆ และขาดข้อมูลทั่วไป ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดก็คือ AlphaGo ที่สามารถเอาชนะเซียนโกะมือหนึ่งของโลก

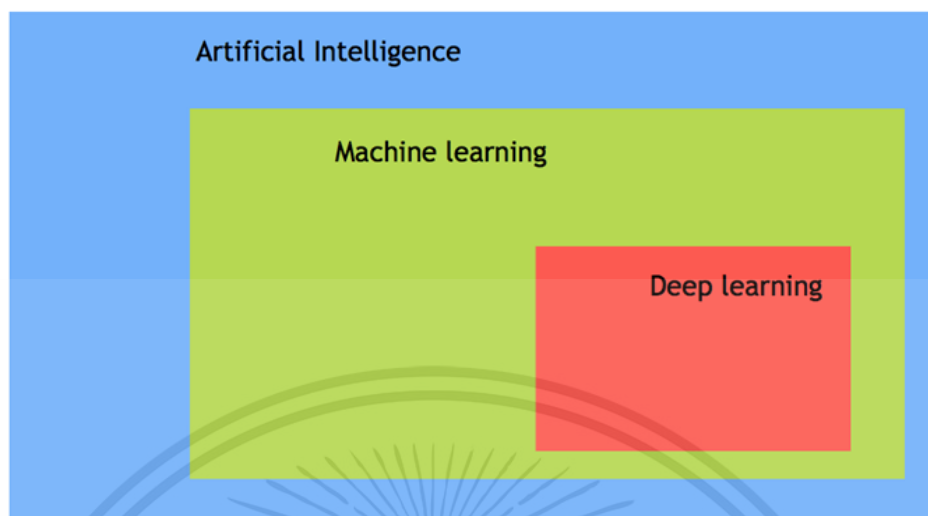
2) Artificial General Intelligence (AGI) หรือ Strong AI หรือ Human-Level AI ในระดับนี้ AI จะมีความสามารถและความฉลาดเทียบเท่ามนุษย์ ทั้งความสามารถการคิดเชิงเหตุผล การวางแผนและแก้ปัญหา การคิดในเชิงซับซ้อน และสามารถเรียนรู้ได้จากประสบการณ์

3) Artificial Superintelligence (ASI) โดย Nick Bostrom นักปรัชญาและนักคิดชั้นนำด้าน AI ได้ให้นิยามของ “Superintelligence” ไว้ว่า “เครื่องจักรที่มีสติปัญญาและความสามารถเหนือกว่าสมองมนุษย์ที่ฉลาดที่สุดในเกือบทุกสาขา รวมถึงความคิดเชิงสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เชิงภูมิปัญญา และทักษะทางสังคม” เขาเรียกมันว่า “เครื่องจักรทรงภูมิปัญญา (Machine Superintelligence)”

ชนิดของ AI (Type of Artificial Intelligence) ถูกแบ่งออกเป็น 3 sub field ได้แก่

- 1) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)
- 2) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning)
- 3) การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ชนิดของ AI (Type of Artificial Intelligence)

ที่มา : <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/whatisai/>

2.14.1 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

Machine Learning คือ การทำให้คอมพิวเตอร์ สามารถเรียนรู้สิ่งต่างๆ และพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นได้ด้วยตัวเองจากข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ได้รับจากการเรียนรู้ของระบบ โดยไม่ต้องมีมนุษย์คอยกำกับหรือเขียนโปรแกรมเพิ่มเติม และไม่ว่าในอนาคตมันจะมีข้อมูลรูปแบบใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นมา มนุษย์ก็ไม่จำเป็นต้องไปนั่งเขียนโปรแกรมใหม่ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถตีความและตอบสนองได้ด้วยตัวเอง

แน่นอนว่าธุรกิจหรืออุตสาหกรรมไหนนำเทคโนโลยีนี้ไปปรับใช้ได้อย่างถูกวิธี จะทำให้ได้เปรียบในเชิงการแข่งขันของธุรกิจอย่างมาก เพราะสามารถลดเวลาการทำงานในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ และลดต้นทุนแรงงานที่เกิดขึ้นได้มากเลยทีเดียว

การเรียนรู้ของ Machine Learning นั้นจะมีหลักการคล้ายๆ กับของมนุษย์ที่จำเป็นต้องเรียนรู้จากประสบการณ์ โดยให้เราลองนึกภาพถึงการสอนเด็กคนหนึ่งให้แยกความแตกต่างระหว่างดินสอและปากกา เราจำเป็นต้องสอนเด็กคนนั้นก่อน ว่าดินสอเป็นอย่างไร และปากกาเป็นอย่างไร เพื่อให้เด็กเรียนรู้และแยกแยะความแตกต่างระหว่างของสองสิ่งได้

Machine Learning เองก็ทำงานในลักษณะเดียวกัน ด้วยการป้อนชุดข้อมูลพื้นฐานและชุดคำสั่งต่างๆ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ “เรียนรู้” และจำแนกแยกแยะวัตถุต่างๆ รวมถึงบุคคล สิ่งของ เป็นต้น และเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากขึ้น โปรแกรมเมอร์จึงมีการป้อนชุดข้อมูลใหม่ๆ และต้องฝึกฝนระบบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดวิวัฒนาการของระบบ ทำให้ระบบคิดได้ด้วยตัวเองในเวลาต่อมา

โดยหลักการของ Machine Learning จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามรูปแบบการเรียนรู้ด้วยกัน นั่นก็คือ supervised learning, unsupervised learning และ Reinforcement Learning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Supervised Learning หรือการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

เป็นการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ด้วยตัวเอง หลังจากเรียนรู้จากชุดข้อมูลตัวอย่างไปแล้วระยะหนึ่ง ยกตัวอย่างเวลาเราป้อนข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ (Input) เช่น รูปปากกา เบื้องต้นคอมพิวเตอร์จะยังไม่รู้ว่ารูปที่เราป้อนเข้าไป คือรูปปากกา เราจึงต้องสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จัก เพื่อนำไปวิเคราะห์ (Feature Extraction) ว่า ปากกามีปลายด้ามเป็นปุ่ม และใช้หมึกในการเขียน เป็นต้น จากนั้นคอมพิวเตอร์ก็นำข้อมูลดังกล่าวไปประมวล/จัดหมวดหมู่ (Classification) เพื่อให้หลังจากนี้มันสามารถแยกออกได้ว่าอะไรคือปากกา อะไรไม่ใช่ปากกา

2) Unsupervised Learning หรือ การเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอน

เป็นการเรียนรู้ที่ให้เครื่องจักรนั้นสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องมีค่าเป้าหมายของแต่ละข้อมูล ซึ่งวิธีการคือมนุษย์จะเป็นผู้ใส่ข้อมูลต่าง ๆ และกำหนดสิ่งที่ต้องการจากข้อมูลเหล่านั้น ทำให้เครื่องจักรวิเคราะห์จากการจำแนกและสร้างแบบแผนจากข้อมูลที่ได้รับมา เรียกได้ว่าตรงกันข้ามกับรูปแบบแรกเลย ตัวอย่างเช่น การที่เราป้อนข้อมูล (Input) รูปปากกาเข้าไป แต่ไม่ได้บอกว่ารูปที่ป้อนเข้าไปเป็นรูปปากกา เมื่อคอมพิวเตอร์นำไปวิเคราะห์ (Feature Extraction) ก็ยังสามารถวิเคราะห์ได้ว่ารูปที่ใส่เข้าไปมีลักษณะยังไง แต่คราวนี้มันไม่สามารถเอาไปประมวล/จัดหมวดหมู่ (Classification) ได้แล้ว มันจะใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแทน (Clustering) ซึ่งคอมพิวเตอร์ก็อาจเอารูปปากกาไปจัดกลุ่มกับปากกาไฮไลท์ หรือเครื่องเขียนอื่นๆ ที่มี ปลายด้ามเป็นปุ่ม และใช้หมึกในการเขียน เหมือนกัน เป็นต้น

3) Reinforcement Learning หรือ การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง

เป็นวิธีการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ใช้การเรียนรู้เกิดมาจากการปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างผู้เรียนรู้ (agent) กับสิ่งแวดล้อม (environment) ที่มีการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ จาก Agent ภายใต้การเลือกกระทำสิ่งต่าง ๆ ให้ได้ผลลัพธ์ที่มากที่สุด ผ่านการลองผิดลองถูกภายใต้สถานการณ์หรือระบบจำลอง ที่พัฒนาระบบการตัดสินใจให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ หรือพูดให้ง่ายขึ้น มันคือการทำหน้าที่เรากำหนดเงื่อนไขบางอย่างให้กับคอมพิวเตอร์ แล้วทำให้คอมพิวเตอร์บรรลุหรือทำตามเงื่อนไขนั้นให้ได้ ผ่านการลองผิดลองถูก โดยผู้พัฒนาอาจตั้งเป้าหมาย Feedback Loop และเงื่อนไขในการได้รับรางวัล ยกตัวอย่างเช่น Alpha Go เงื่อนไขของการเล่นเกมหมากล้อมให้ชนะคือ ใช้หมากของตนล้อมพื้นที่บนกระดาน ให้ครอบครองดินแดนมากกว่าคู่ต่อสู้ ที่นี้ Alpha Go ก็จะมาเรียนรู้ว่าหากคู่ต่อสู้เดินหมากนี้ ตัวมันเองจะเดินหมากไหนเพื่อให้บรรลุเงื่อนไขที่กำหนดไว้ให้ นั่นคือการยึดพื้นที่บนกระดานให้ได้มากที่สุด

2.14.2 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

Deep learning คือการเรียนรู้ของเครื่องจักร (machine learning) ที่ใช้โมเดลประสาทเทียม (neural network) ที่มีจำนวนชั้นหลายๆ ชั้น (deep) ในการเรียนรู้และสร้างความเข้าใจในข้อมูล โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (supervised learning) หรือไม่มีผู้สอน (unsupervised learning) เพื่อให้โมเดลสามารถจำแนกและประมวลผลข้อมูลได้เอง โดยไม่ต้องระบุคุณสมบัติของข้อมูลแต่ละชุด โมเดลประสาทเทียมที่มีจำนวนชั้นมากจะมีความสามารถในการจำแนกและวิเคราะห์ข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น และสามารถเรียนรู้ความหมายและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deep learning ถูกนำมาใช้งานในหลายๆ งานด้าน AI เช่น การจำแนกภาพ การประมวลผลเสียง การแปลภาษา การสร้างสื่อสังคมออนไลน์ และการพัฒนาหุ่นยนต์ โดยที่ใช้ข้อมูลป้อนเข้า (input data) เพื่อสร้างโมเดลที่สามารถระบุรูปแบบหรือความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแต่ละชุดได้ โดยมีการปรับแต่งพารามิเตอร์ (parameters) ของโมเดลเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ซึ่งการปรับแต่งพารามิเตอร์จะใช้ข้อมูลการเรียนรู้เพื่อประเมินผลในแต่ละครั้ง และสามารถปรับปรุงโมเดลเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าโมเดลจะมีความแม่นยำในการทำงานและสามารถประยุกต์ใช้งานในงานจริงได้

ในการทำงานด้าน deep learning จะใช้ซอฟต์แวร์ที่เป็น open-source ได้แก่ TensorFlow และ Keras ซึ่งเป็นชุดเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้รับความนิยมสูงในวงการ AI โดย TensorFlow เป็นโปรแกรมสำหรับเรียนรู้เชิงลึกที่มีความสามารถในการประมวลผลแบบกระจายข้อมูลได้ และ Keras เป็นซอฟต์แวร์ขั้นสูงสำหรับการสร้างและการประมวลผลโมเดลประสาทเทียม

2.14.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural networks: ANN)

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial neural networks: ANN) หรือ ข่ายงานประสาทเทียม (Connectionist systems) คือระบบคอมพิวเตอร์จากโมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองการทำงานโครงข่ายประสาทชีวภาพที่อยู่ในสมองของสัตว์ โครงข่ายประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ที่จะทำงานที่มอบหมายได้ จากการเรียนรู้ผ่านตัวอย่าง โดยไม่ถูกโปรแกรมด้วยกฎเกณฑ์ตายตัวแบบระบบอัตโนมัติ ยกตัวอย่างเช่น ในการประมวลผลภาพ คอมพิวเตอร์ที่ทำงานด้วยระบบโครงข่ายประสาทเทียมจะเรียนรู้การจำแนกรูปภาพแมวได้จากการให้ตัวอย่างรูปภาพที่กำกับโดยผู้เขียนโปรแกรมว่า “เป็นแมว” หรือ “ไม่เป็นแมว” จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ระบุภาพแมวในตัวอย่างรูปภาพอื่น ๆ โปรแกรมโครงข่ายประสาทเทียมสามารถแยกแยะรูปภาพแมวได้โดยปราศจากการความรู้ก่อนหน้าว่า “แมว” คืออะไร (อาทิ แมวมีขน มีหูแหลม มีเขี้ยว มีหาง) แทนที่จะใช้ความรู้ดังกล่าว โครงข่ายประสาทเทียมทำการระบุตัวแมวโดยอัตโนมัติด้วยการระบุลักษณะเฉพาะ จากชุดตัวอย่างที่เคยได้ประมวลผล

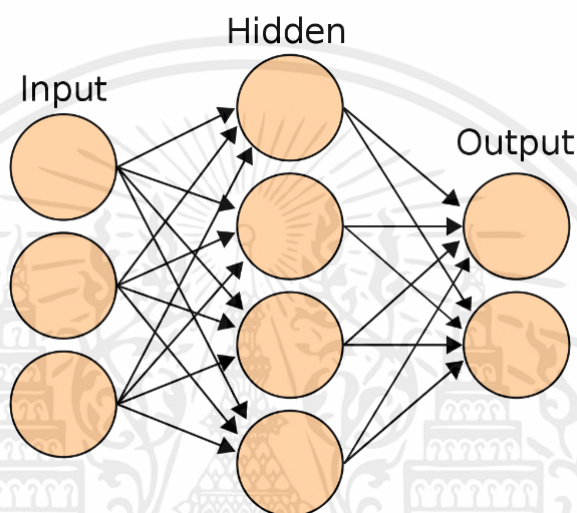
แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และ จุดประสานประสาท (synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน

การประมวลผลต่าง ๆ ของโครงข่ายประสาทเทียมเกิดขึ้นในหน่วยประมวลผลย่อย เรียกว่า โหนด (node) ซึ่งโหนดเป็นการจำลองลักษณะการทำงานมาจากเซลล์การส่งสัญญาณระหว่างโหนดที่เชื่อมต่อกัน จำลองมาจากการเชื่อมต่อของใยประสาท และแกนประสาทในระบบประสาทของสมองมนุษย์ภายในโหนด จุดเชื่อมต่อแต่ละจุด มีความคล้ายคลึงกับจุดประสานประสาท (Synapses) ในสมอง มีความสามารถในการส่งสัญญาณไปยังเซลล์ประสาทเซลล์อื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกับมันได้

ในการสร้างระบบโครงข่ายประสาทเทียม เอาต์พุตของแต่ละเซลล์ประสาทจะมาจากการคำนวณผลรวมของอินพุต ด้วยฟังก์ชันการแปลง (transfer function) ซึ่งทำหน้าที่รวมค่าเชิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขจากเอาต์พุตของเซลล์ประสาทเทียม แล้วทำการตัดสินใจว่าจะส่งสัญญาณเอาต์พุตออกไปในรูปใด ฟังก์ชันการแปลงอาจเป็นฟังก์ชันเส้นตรงหรือไม่ก็ได้ โครงข่ายประสาทเทียม ประกอบไปด้วย จุดเชื่อมต่อ (Connections) ซึ่งสามารถเรียกสั้น ๆ ได้ว่า เอจ (Edge), เมื่อโครงข่ายประสาทเทียมมีการเรียนรู้ จะเกิดค่าน้ำหนักขึ้น, ค่าน้ำหนัก (weights) คือ สิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าความรู้ (knowledge) ค่านี้จะถูกเก็บเป็นทักษะเพื่อใช้ในการจดจำข้อมูลอื่น ๆ ที่อยู่ในรูปแบบเดียวกัน



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

ที่มา : <https://www.wikiwand.com/โครงข่ายประสาทเทียม>

จุดประสงค์ดั้งเดิมของการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม คือการแก้ปัญหาแบบเดียวกับที่สมองมนุษย์สามารถทำได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไป จุดประสงค์ของการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมก็ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นการทำงานที่เฉพาะเจาะจง แทนจุดประสงค์เดิมในการสร้างสมองเทียม, ปัจจุบัน มีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมกับงานหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น คอมพิวเตอร์วิทัศน์, การรู้จำคำพูด, การแปลภาษา, การกรองเนื้อหาโซเชียลมีเดีย, การเล่นเกม, การวินิจฉัยโรค และกิจกรรมบางอย่างที่ไม่คิดว่าปัญญาประดิษฐ์จะทำได้ เช่น การวาดภาพ, การประพันธ์เพลง และการประพันธ์บทกวี

ประเภทของเอาต์พุตของโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับ Deep Learning จะถูกแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) Classification

เป็นโมเดลที่ใช้ในการทำนายลักษณะข้อมูลที่เป็นกลุ่มและต้องการเอาต์พุตที่ไม่มีคำตอบเนื่อง เช่น การตัดสินใจถูกหรือผิด การแยกแยะประเภทสิ่งของ เป็นต้น โดยจะแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ

1.1) Binary Classification (การจำแนกแบบไบนารี)

การจำแนกแบบไบนารี คือ การแยกประเภทโดยตัวแปรที่แบ่งเป็นเพียงสองหมวดหมู่ เช่น ผลลัพธ์แบบใช่หรือไม่ใช่ โดยผลลัพธ์มี 2 หมวดหมู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) Multi-Class Classification (การจำแนกประเภทหลายคลาส)

การจำแนกประเภทหลายคลาสดำเนินการต่างกับการจำแนกแบบไบนารีตรงที่มีหมวดหมู่มากกว่าสอง ยกตัวอย่าง การจำแนกคำศัพท์ที่คาดว่าจะพิมพ์ในคีย์บอร์ดคือหมวดหมู่ เพื่อค้นหารูปภาพที่คล้ายคลึงกับรูปภาพที่อัปโหลด โดยผลลัพธ์ที่มีได้มากกว่า 2 หมวดหมู่

1.3) Multi-Label Classification (การจำแนกประเภทหลายเลเบล)

จะคล้ายกับการจำแนกประเภทหลายคลาสเพื่อเปรียบเทียบให้เข้าใจง่ายขึ้น ยกตัวอย่างเช่น รูปภาพรูปหนึ่งสามารถมีรูปดอกไม้ ท้องฟ้า ก้อนเมฆได้ แต่รูปภาพนั้นจะจัดว่าเป็นหมวดหมู่รูปภาพ รูปถ่าย หรือรูปเสีย Multi-Label Classification คือ การเลเบลหรือติดฉลากว่าในรูปนั้นๆ มีดอกไม้หรือไม่ มีก้อนเมฆหรือไม่ ส่วน Multi-Class Classification จะจำแนกว่ารูปนั้นเป็นรูปภาพ รูปถ่ายหรือรูปเสีย ซึ่งเป็นโมเดลที่ใช้กับปัญญาประดิษฐ์ที่นำเสนอ

1.4) Imbalanced Classification (การจำแนกแบบข้อมูลไม่เท่าเทียม)

เป็นปัญหาที่เกิดจากข้อมูลที่ไม่เท่ากัน (Imbalanced dataset) ตัวอย่างเช่น ข้อมูลการทุจริต โดยข้อมูลที่จัดว่าไม่ทุจริตและมีเปอร์เซ็นต์น้อยที่จัดว่าเป็นทุจริต เป็นต้น

2) Regression

เป็นโมเดลที่ใช้ในการทำนายข้อมูลที่ต้องการเอาต์พุตที่มีความต่อเนื่องซึ่งอาศัยข้อมูลในอดีตด้วยตัวอย่างเช่น การทำนายอุณหภูมิในวันถัดไป การทำนายสภาพการจราจรในวันถัดไป เป็นต้น

2.15 Keras



รูปที่ 2.23 Keras

ที่มา : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/11/training-neural-network-with-keras-and-basics-of-deep-learning/>

Keras เป็นหนึ่งใน API เครื่องมือช่วยประสาทระดับสูง ถูกเขียนใน Python และรองรับเอ็นจินการคำนวณโครงข่ายประสาทหลายแบ็คเอนด์ Keras ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้ทำงานกับ Python AP ได้รับการออกแบบมาเพื่อมนุษย์ไม่ใช่เครื่องจักรและปฏิบัติตามแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดในการลดภาระการเรียนรู้เหตุผลที่ดีที่สุดในการใช้ Keras นั้นเกิดจากหลักการซึ่งส่วนใหญ่เกี่ยวกับการใช้งานง่าย นอกเหนือจากความสะดวกในการเรียนรู้และความสะดวกในการสร้างแบบจำลองแล้ว Keras ยังมีข้อได้เปรียบของการนำไปใช้ในวงกว้างการสนับสนุนสำหรับตัวเลือกการปรับใช้ในการผลิตที่หลากหลาย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรวมเข้ากับเอ็นจินแบ็คเอนด์อย่างน้อยห้าตัว และการสนับสนุนที่แข็งแกร่งสำหรับ GPU หลายตัว และการฝึกอบรมแบบกระจาย นอกจากนี้ Keras ยังได้รับการสนับสนุนโดย Google, Microsoft, Amazon, Apple, Nvidia, Uber และอื่นๆ

2.16 Tensorflow



รูปที่ 2.24 TensorFlow

ที่มา : <https://en.wikipedia.org/wiki/TensorFlow>

TensorFlow เป็นไลบรารีที่ใช้ในการพัฒนา Machine Learning ได้รับการพัฒนาโดยบริษัท Google ซึ่ง TensorFlow นั้นจะเป็น Open source ที่จะใช้ python ในการเขียนรองรับเวอร์ชันทั้ง python2 และ Python3 โดย TensorFlow สามารถทำงานบน CPU และ GPUs รองรับระบบปฏิบัติการ Linux, macOS, Windows และ Android ซึ่ง TensorFlow รับ ข้อมูลเป็นอาร์เรย์หลายมิติ หรือเรียกว่า tensors และมีหน้าที่จัดเรียงลำดับการประมวลผลเป็นแผนผังข้อมูลที่ถูกล็อกไปจะผ่านกระบวนการจนออกมาเป็นเอาต์พุต โดยด้านสถาปัตยกรรมแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การเตรียมประมวลผลข้อมูล การสร้างแบบจำลอง และฝึกและประเมินแบบจำลอง

2.17 ศึกษาพื้นฐานการออกแบบเว็บไซต์

เว็บไซต์ คือสื่อนำเสนอข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือคือการรวบรวม หน้าเว็บเพจหลายหน้า ซึ่งเชื่อมโยงกันผ่านทางไฮเปอร์ลิงก์ ซึ่งต้องเปิดด้วยโปรแกรมเฉพาะทางที่เรียกว่า Web Browser โดยถูกจัดเก็บไว้ในเว็ลด์ไวด์เว็บ และเว็บไซต์นั้นถูกสร้างขึ้นด้วยภาษาทางคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า HTML (Hyper Text Markup Language) และได้มีการพัฒนาและนำภาษาอื่นๆเข้ามาช่วยด้วย เพื่อให้มีความสามารถมากขึ้น เช่น PHP , SQL , Java ฯลฯ

เว็บไซต์ นั้นมีคำศัพท์เฉพาะทางหลายคำ เช่น เว็บเพจ (web page) และ โฮมเพจ (home page) เป็นต้น ปัจจุบันการออกแบบ เว็บไซต์ไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป เนื่องจากมีเครื่องมือในการ ออกแบบ เว็บไซต์ ให้เลือกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป หรือแม้กระทั่ง CMS (Content Management System) อย่าง joomla, wordpress, drupal เป็นต้น โดยเว็บไซต์นั้นมีไว้เพื่อแสดงข้อมูลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ทำเว็บไซต์นั้นๆ เช่น แสดงข้อมูลข่าวสารต่างๆ , ข้อมูลบริษัท , ขายสินค้า เป็นต้น

นอกจากนี้ เว็บไซต์ส่วนใหญ่จะถูกสร้างจาก ภาษา HTML (Hyper Text Markup Language) ที่มักจะทำงานร่วมกับ CSS (Cascading Style Sheets) ใช้ในการกำหนดรูปแบบและสไตล์สำหรับเนื้อหา HTML เพื่อให้เว็บไซต์ดูน่าสวยและสามารถปรับแต่งรูปแบบต่างๆได้ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

JavaScript ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพและปรับแต่งพฤติกรรมของเว็บไซต์ โดยจะทำให้หน้าเว็บเพจมีรูปแบบแอกทีฟกับผู้ใช้งานได้

2.17.1 HTML (Hyper Text Markup Language)

Hyper Text Markup Language คือภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการแสดงผลของเอกสารบน website หรือที่เราเรียกกันว่าเว็บเพจ ถูกพัฒนาและกำหนดมาตรฐานโดยองค์กร World Wide Web Consortium (W3C) และจากการพัฒนาทางด้าน Software ของ Microsoft ทำให้ภาษา HTML เป็นอีกภาษาหนึ่งที่ใช้เขียนโปรแกรมได้ หรือที่เรียกว่า HTML Application HTML เป็นภาษาประเภท Markup สำหรับการการสร้างเว็บเพจ โดยใช้ภาษา HTML สามารถทำโดยใช้โปรแกรม Text Editor ต่างๆ เช่น Notepad, Editplus หรือจะอาศัยโปรแกรมที่เป็นเครื่องมือช่วยสร้างเว็บเพจ เช่น Microsoft FrontPage, Dream Weaver ซึ่งอำนวยความสะดวกในการสร้างหน้า HTML ส่วนการเรียกใช้งานหรือทดสอบการทำงานของเอกสาร HTML จะใช้โปรแกรม web browser เช่น IE Microsoft Internet Explorer (IE), Mozilla Firefox, Safari, Opera, และ Netscape Navigator เป็นต้น



รูปที่ 2.25 HTML

ที่มา : <https://th.wikipedia.org/wiki/เอชทีเอ็มแอล>

โครงสร้างพื้นฐานของเอกสาร HTML

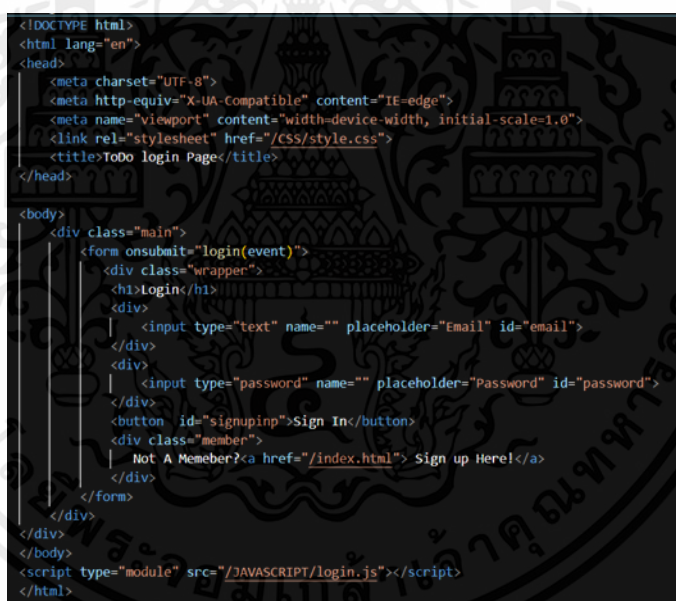
- 1) HTML Document: เอกสาร HTML จะต้องมี tag html เป็น tag แรกที่ปรากฏในไฟล์ HTML เพื่อระบุว่าเป็นเอกสาร HTML และระบุภาษาที่ใช้ในเอกสาร ดังรูปที่ 2.26
- 2) Head: tag head เป็นส่วนหนึ่งของเอกสาร HTML ที่ใช้ในการระบุข้อมูลส่วนหัวของหน้าเว็บไซต์ เช่น การกำหนดหัวข้อเว็บไซต์ คำอธิบายเว็บไซต์ ดังรูปที่ 2.26
- 3) Body: tag body เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือส่วนต่างๆของเว็บไซต์ ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะแสดงผลบนหน้าจอของผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.26
- 4) Tags: tag ใน HTML จะมีลักษณะเป็นการเปิดและปิดด้วยเครื่องหมาย < > โดยมีชื่อ tag อยู่ตรงกลาง เช่น <tagname> โดยสามารถใส่ attribute ได้ใน tag เพื่อกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของ tag นั้นๆ เช่น ตัวอย่าง tag สำหรับสร้าง hyperlink เป็นต้น ดังรูปที่ 2.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) Attributes: attribute ใน HTML เป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อระบุคุณสมบัติต่างๆของ tag เช่น การกำหนด href ใน tag <a> เพื่อกำหนด URL ของ hyperlink ตัวอย่าง tag ที่มี attribute ดังรูปที่ 2.26

6) Comments: comment ใน HTML ใช้สำหรับเพิ่มข้อความหรืออธิบายเกี่ยวกับ tag หรือเนื้อหาในเอกสาร แต่ comment จะไม่แสดงผลบนหน้าจอของผู้ใช้งาน เช่น ตัวอย่างการใช้ comment ใน HTML ดังรูปที่ 2.26

HTML เป็นภาษามาตรฐานที่ใช้ในการสร้างเว็บไซต์ มีลักษณะเป็นภาษา Markup ซึ่งใช้เครื่องหมายการเปิดและปิด tag ระบุเนื้อหาและคุณสมบัติต่างๆ ของเว็บไซต์ มีการใช้ tag ในการสร้างส่วนต่างๆของเว็บไซต์ เช่น การสร้างหัวข้อ (heading) ด้วย tag <h1>, <h2>, <h3>, การสร้างปุ่ม (button) ด้วย tag <button>, การสร้างรูปภาพ (image) ด้วย tag และอื่นๆ นอกจากนี้ยังมี attribute ใน tag ที่ใช้กำหนดคุณสมบัติต่างๆของ tag เช่น การกำหนดสีพื้นหลัง (background color) ใน tag <body> ด้วย attribute bgcolor และการกำหนดขนาด (size) ของรูปภาพใน tag ด้วย attribute width และ height เป็นต้น



```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <link rel="stylesheet" href="/CSS/style.css">
  <title>ToDo login Page</title>
</head>
<body>
  <div class="main">
    <form onsubmit="login(event)">
      <div class="wrapper">
        <h1>Login</h1>
        <div>
          <input type="text" name="" placeholder="Email" id="email">
        </div>
        <div>
          <input type="password" name="" placeholder="Password" id="password">
        </div>
        <button id="signupin">Sign In</button>
        <div class="member">
          <a href="/index.html">Not A Memeber? Sign up Here!</a>
        </div>
      </div>
    </form>
  </div>
</body>
<script type="module" src="/JAVASCRIPT/login.js"></script>
</html>
```

รูปที่ 2.26 ตัวอย่างของ code ในการใช้งาน HTML (Cascading Style Sheets)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.17.2 CSS (Cascading Style Sheets)

Cascading Style Sheets เป็นภาษาสำหรับกำหนดรูปแบบและสไตล์ของเว็บไซต์หรือเอกสารที่เขียนด้วย HTML, CSS มีบทบาทสำคัญในการแยกแยะโครงสร้างของเนื้อหา (HTML) และรูปแบบการแสดงผล (CSS) ซึ่งช่วยให้นักพัฒนาเว็บสามารถปรับแต่งลักษณะและสไตล์ของเว็บไซต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้การบำรุงรักษาและปรับปรุงเว็บไซต์เป็นเรื่องที่สะดวกมากขึ้น



รูปที่ 2.27 CSS

ที่มา : <https://az.wikipedia.org/wiki/CSS>

CSS มีประโยชน์อย่างหลากหลาย ซึ่งได้แก่

- 1) ช่วยให้เนื้อหาภายในเอกสาร HTML มีความเข้าใจได้ง่ายขึ้นและในการแก้ไขเอกสารก็สามารถทำได้ง่ายกว่าเดิม เพราะการใช้ CSS จะช่วยลดการใช้ภาษา HTML ลงได้ในระดับหนึ่ง และแยกระหว่างเนื้อหากับรูปแบบในการแสดงผลได้อย่างชัดเจน
- 2) ทำให้สามารถดาวน์โหลดไฟล์ได้เร็ว เนื่องจาก code ในเอกสาร HTML ลดลง จึงทำให้ไฟล์มีขนาดเล็กลง
- 3) สามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลจากคำสั่ง style sheet ชุดเดียวกัน ให้มีการแสดงผลในเอกสารแบบเดียวกันทั้งหน้าหรือในทุกๆ หน้าได้ ช่วยลดเวลาในการปรับปรุงและทำให้การสร้างเอกสารบนเว็บมีความรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการแสดงผล ให้คล้ายหรือเหมือนกันได้ในหลาย Web Browser
- 4) ช่วยในการกำหนดการแสดงผลในรูปแบบที่มีความเหมาะสมกับสื่อต่างๆ ได้เป็นอย่างดี
- 5) ทำให้เว็บไซต์มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้นและมีความทันสมัย สามารถรองรับการใช้งานในอนาคตได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

*{
  font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
  margin: 0;
  padding: 0;
}
body{
  background: #020410;
  height: 100%;
}
.container{
  justify-content: center;
}
.container#blur.active{
  filter: blur(20px);
  pointer-events: none;
  user-select: none;
}

```

รูปที่ 2.28 ตัวอย่างของ code ในการใช้งาน CSS (Cascading Style Sheets)

2.17.3 JavaScript

JavaScript เป็นภาษาโปรแกรมที่นักพัฒนาใช้ในการสร้างเว็บไซต์แบบการประมวลผลแบบโต้ตอบ (Interactive) ตั้งแต่การรีเฟรชฟีด (Refresh Feed) สื่อโซเชียลไปจนถึงการแสดงผลภาพเคลื่อนไหวและแผนที่แบบอินเทอร์แอคทีฟ ฟังก์ชันของ JavaScript สามารถปรับปรุงประสบการณ์ที่ผู้ใช้จะได้รับจากการใช้งานเว็บไซต์ และในฐานะที่เป็นภาษาในการเขียนสคริปต์ฝั่งไคลเอ็นต์ จึงเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีหลักของ World Wide Web (WWW) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อคุณท่องเว็บแล้วเห็นภาพสไลด์ เมนูดรอปดาวน์แบบคลิกให้แสดงผล หรือสื่อประกอบที่เปลี่ยนแบบไดนามิกบนหน้าเว็บ นั่นคือคุณเห็นเอฟเฟกต์ของ JavaScript



รูปที่ 2.29 JavaScript

ที่มา : <https://pannacci.com/technology/58/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ JavaScript มีดังนี้

1) เรียนรู้และใช้งานง่าย ไวยากรณ์ของ JavaScript ได้รับแรงบันดาลใจจากภาษาโปรแกรม Java จึงเรียนรู้และเขียนโค้ดได้ง่าย นักพัฒนาใช้ JavaScript ในเกือบทุกเว็บไซต์และแอปพลิเคชันมือถือสำหรับการเขียนสคริปต์ฝั่งไคลเอนต์

2) ได้รับความเป็นอิสระจากแพลตฟอร์ม JavaScript ไม่เหมือนกับภาษาโปรแกรมอื่นๆ ตรงที่ผู้ใช้งานสามารถใส่ JavaScript เข้าในเว็บเพจใดก็ได้ และนำ JavaScript มาใช้กับเฟรมเวิร์กและภาษาการพัฒนาเว็บอื่น ๆ ได้อีกมากมาย

3) ลดโหลดของเซิร์ฟเวอร์สามารถใช้ JavaScript เพื่อลดโหลดของเซิร์ฟเวอร์และควบคุมการทำงานของเครือข่าย เพราะ JavaScript สามารถเรียกใช้การดำเนินการเชิงตรรกะและทำงานหลายอย่างของเซิร์ฟเวอร์ได้บนไคลเอนต์เอง

4) ปรับปรุงอินเทอร์เฟซผู้ใช้ JavaScript สร้างเว็บไซต์ที่ดูสวยงามและทำให้การค้นหาและประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อนทำได้โดยสะดวก นักพัฒนาใช้ JavaScript เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและความสามารถในการอ่าน และเพื่อทำให้การโต้ตอบของผู้ใช้บนเว็บไซต์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

```

var email = document.getElementById("email");
var password = document.getElementById("password");
window.login= function(e) {
  e.preventDefault();
  var obj = {
    email: email.value,
    password: password.value,
  };

  signInWithEmailAndPassword(auth, obj.email, obj.password)
  .then(function (success) {
    alert("logged Successfully")
    var aaaa = (success.user.uid);
    localStorage.setItem("uid",aaaa)
    console.log(aaaa)
    window.location.replace('UserPage.html')
    // localStorage.setItem(success,user,uid)
  })
  .catch(function (err) {
    alert("login error"+err);
  });
  console.log(obj);
}

```

รูปที่ 2.30 ตัวอย่างของ code ใ้การใช้งาน JavaScript

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

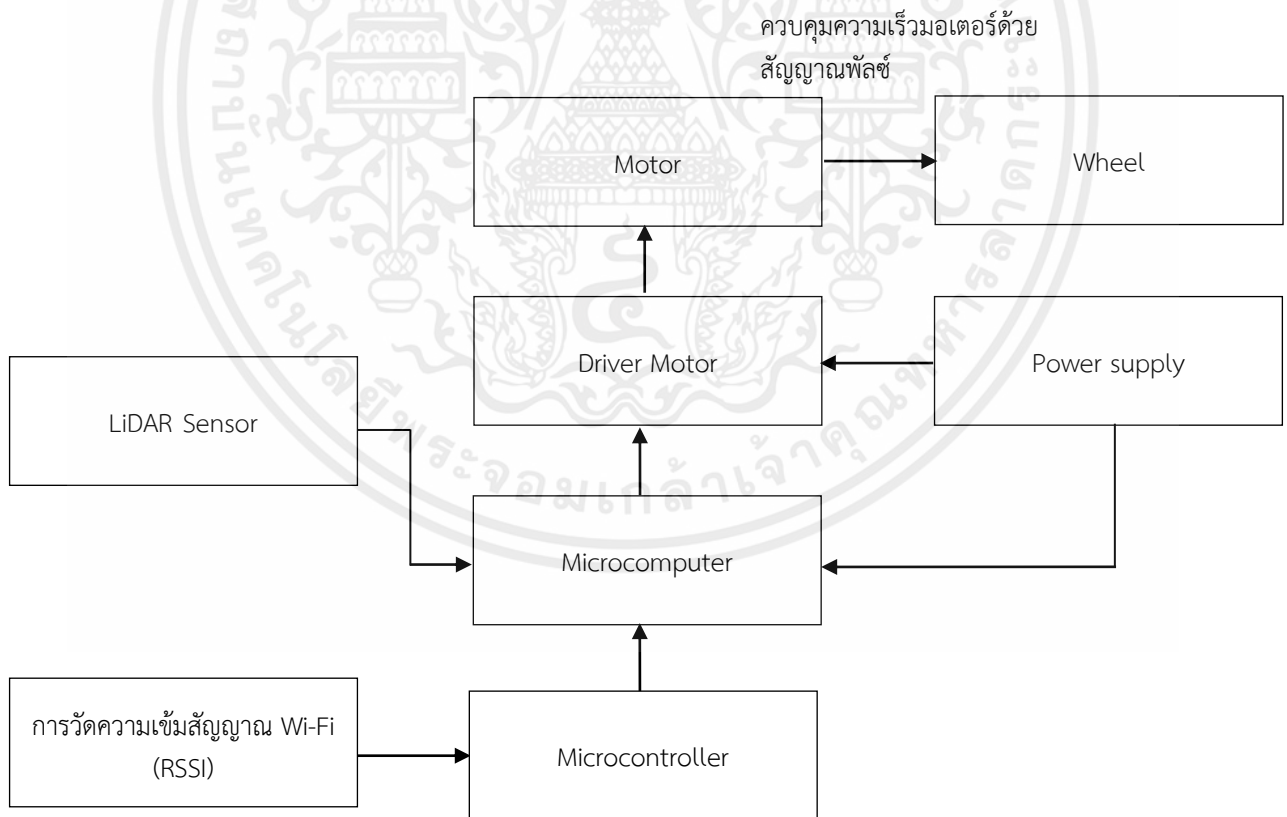
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปฏิญานิพนธ์

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบระบบการทำงาน

บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมการทำงานของตัวระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Raspberry Pi 4 Model B) ที่ทำงานร่วมกับการใช้เซนเซอร์ LiDAR และการวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi (RSSI) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางได้ตามที่กำหนด เป็นการนำเซนเซอร์ LiDAR เพื่อสร้างแผนที่ของห้องและตรวจจับสิ่งกีดขวางในเส้นทาง และนอกจากนี้ยังใช้การวัดความเข้มสัญญาณ Wi-Fi เพื่อช่วยในการระบุตำแหน่ง โดยหุ่นยนต์จะสแกนสัญญาณ Wi-Fi ที่มีอยู่ในบริเวณรอบๆ เพื่อวัดความเข้มของสัญญาณจากจุดต่างๆ หลังจากนั้น นำข้อมูลความเข้มสัญญาณ Wi-Fi มาระบุตำแหน่ง เพื่อนำหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งปลายทางที่ถูกต้อง ดังรูปที่ 3.1



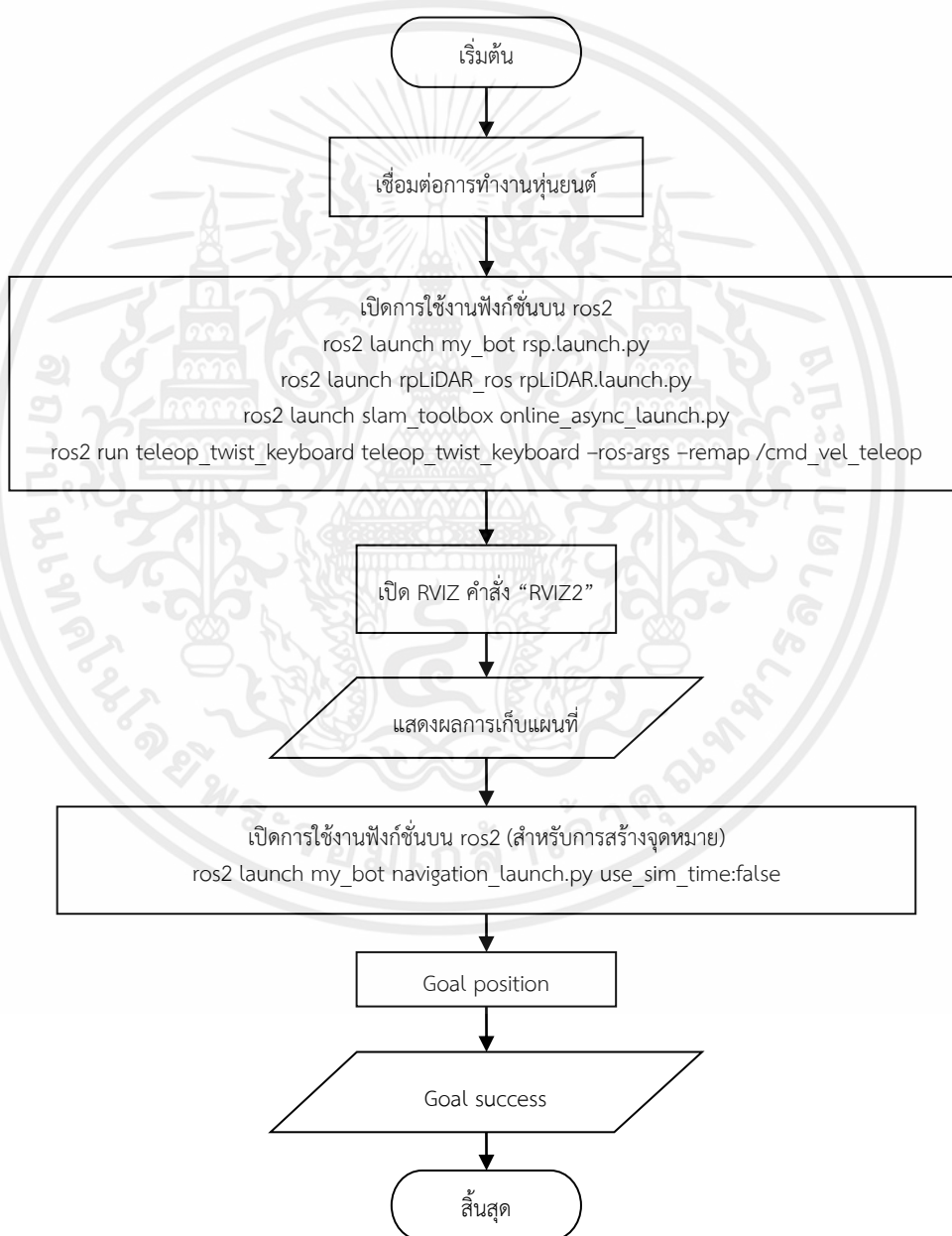
ประมวลผลและระบุตำแหน่ง

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์

การทำงานของหุ่นยนต์เริ่มจากการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่าน Raspberry Pi 4 Model B ที่ประกอบอยู่ภายในหุ่นยนต์ เพื่อรับคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยหุ่นยนต์จะติดตั้ง ESP32 ที่ทำหน้าที่ในการรับคำสั่งควบคุมการเคลื่อนที่ผ่าน Serial Port และมีเซนเซอร์ LiDAR เพื่อสร้างแผนที่ของห้องและตรวจจับสิ่งกีดขวางในเส้นทาง และนอกจากนี้มีการนำเทคโนโลยีที่เรียกว่า ROS2 (Robot Operating System) เข้ามาช่วยในการนำทางหุ่นยนต์ไปยังจุดมุ่งหมาย ซึ่งแผนผังการทำงานของหุ่นยนต์แสดงดังรูปที่ 3.2

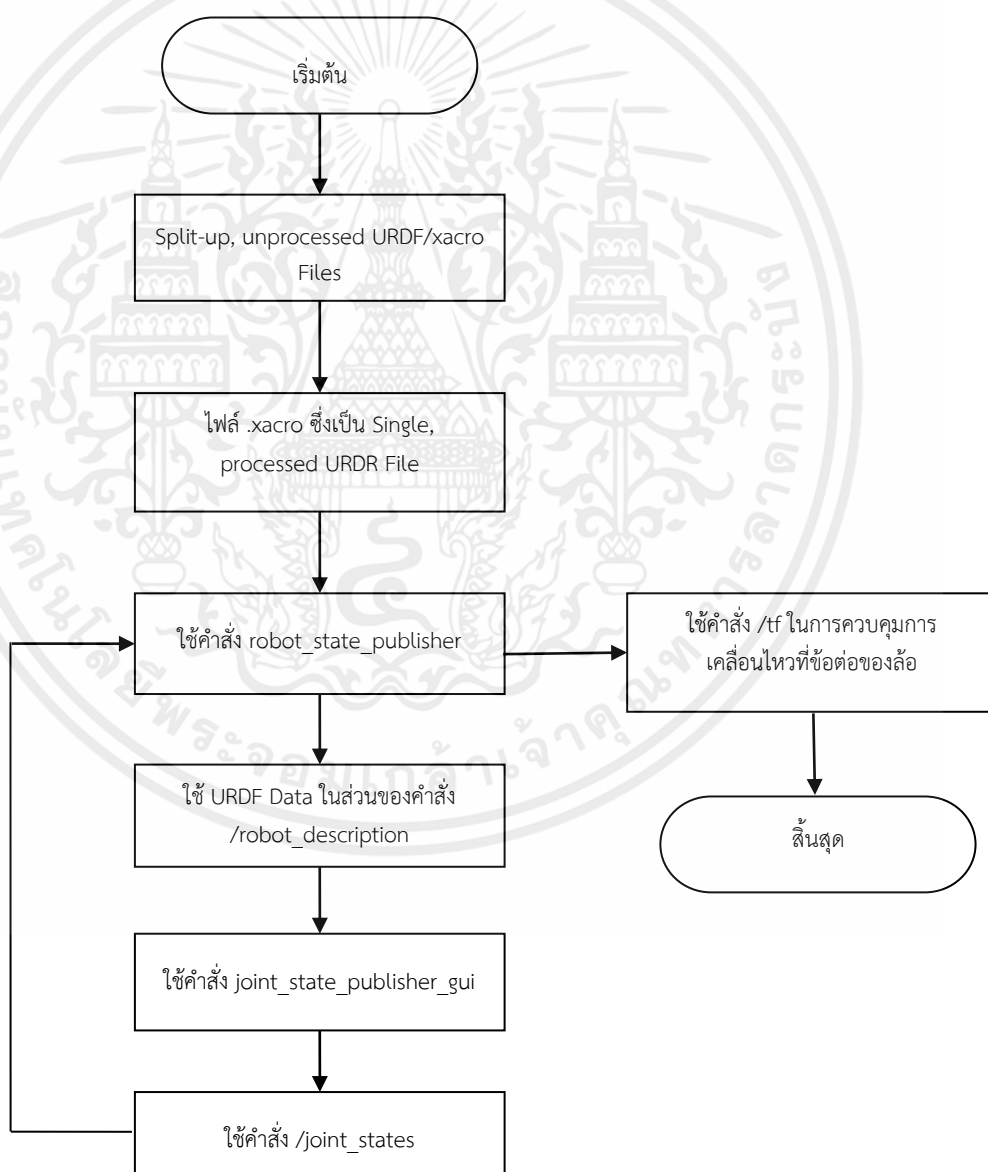


รูปที่ 3.2 แผนผังการออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.1 ออกแบบจำลองสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์

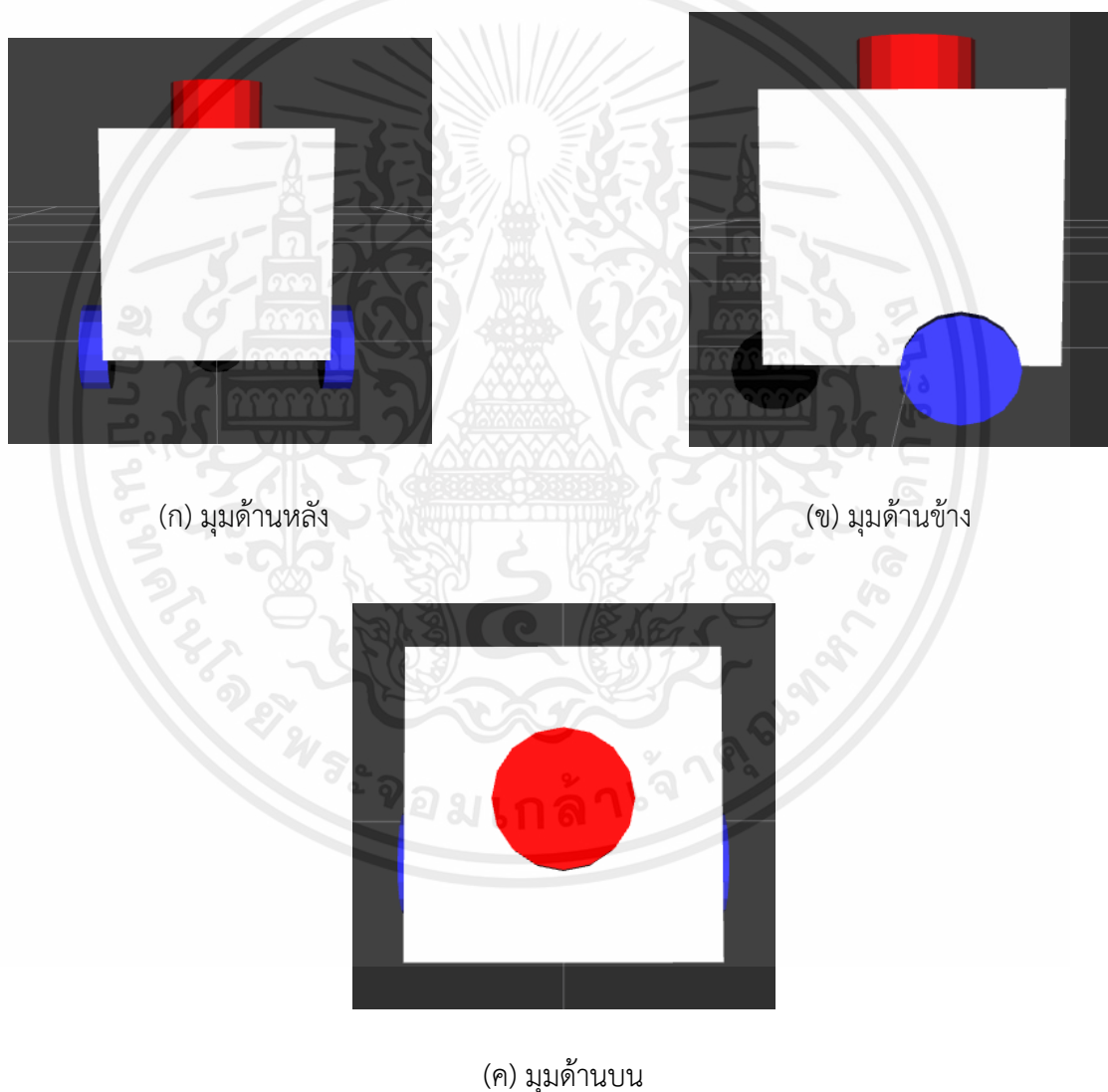
การทำงานของหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสารโดยจะมีการทำการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์แบบ 3 มิติขึ้นมาเพื่อดูตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยจะทำการศึกษาและเขียนในไฟล์ .xacro ซึ่งเป็นระบบแพลตฟอร์มสำหรับการควบคุมหุ่นยนต์และการพัฒนาแอปพลิเคชันหุ่นยนต์ เพื่อสร้างแบบจำลองของหุ่นยนต์ที่สามารถระบุรายละเอียดต่าง ๆ ของหุ่นยนต์อย่างยืดหยุ่นและสะดวกต่อการกำหนดค่าต่าง ๆ ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์ใน ROS นิยาม URDF (Unified Robot Description Format) ใช้งานและร่วมมือกับไฟล์ .xacro เพื่อสร้างแบบจำลองที่แม่นยำและยืดหยุ่นสำหรับหุ่นยนต์ในระบบ ROS โดยแผนผังการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสารแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาคเรียนที่ 2 นี้ทางผู้จัดทำได้ทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อใช้สำหรับการรองรับน้ำหนักของเอกสารจึงต้องมีการปรับแก้โครงสร้างของหุ่นยนต์ภายใน ภายในไฟล์ .xacro เพื่อสร้างแบบจำลองที่แม่นยำและยืดหยุ่นสำหรับหุ่นยนต์ในระบบ ROS ซึ่งจะได้รูปแบบการสร้างการจำลองหุ่นยนต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสารโดยจะมีการสร้างให้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมสีขาวมีล้อด้านหน้า 1 ล้อ, ล้อด้านหลัง 2 ล้อและวงกลมสีแดง คือ เซนเซอร์ LiDAR ซึ่งกล่องสี่เหลี่ยมสีขาวจะมีขนาด 30.5 cm x 30.5 cm, ล้อหน้าเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5.08 cm, ล้อหลังเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12.19 cm และเส้นผ่านศูนย์กลางของเซนเซอร์ LiDAR ขนาด 7 cm โดยจะแสดงผ่านโปรแกรม RVIZ

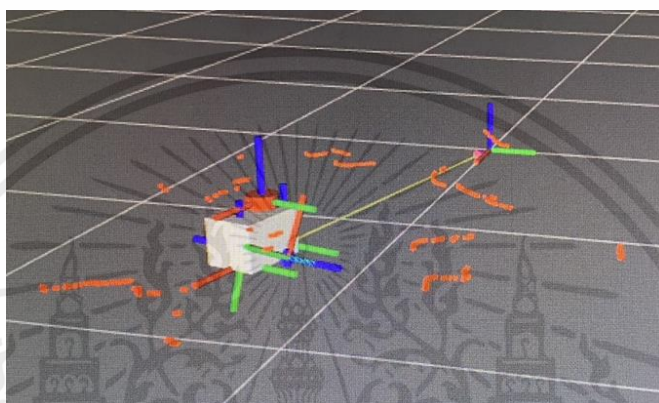


รูปที่ 3.4 การจำลองหุ่นยนต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์บน ระบบปฏิบัติการ ROS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.2 ออกแบบการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์ร่วมกับ LiDAR

การทำงานของหุ่นยนต์โดยจะมีการทำการสร้างแบบจำลองหุ่นยนต์แบบ 3 มิติขึ้นมา เพื่อดูตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ซึ่งจะทำงานร่วมกับ LiDAR ที่เป็นเซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง เมื่อพบสิ่งกีดขวางจะแสดงเป็นขีดสีแดง โดยจะทำการศึกษาและเขียนในไฟล์ .xacro โดยจะทำการเพิ่มวงกลมขึ้นมาบนหุ่นยนต์ เพื่อทำการแสดงเป็น LiDAR เพื่อให้ทราบมุมมองของ LiDAR โดยจะมีรูปร่างดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 จำลองหุ่นยนต์ที่แสดงการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ร่วมกับ LiDAR

3.1.2.3 ออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการเคลื่อนที่แบบ Diff-Drive

การออกแบบหุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ Diff-Drive จะเป็นการควบคุมการเคลื่อนที่แบบ Diff-Drive มักใช้ PID controllers หรือวิธีควบคุมอื่นๆ เพื่อควบคุมความเร็วและทิศทางของล้อในระบบเวลาจริง การคำนวณทิศทางและความเร็วของหุ่นยนต์เป็นเรื่องที่สำคัญในการทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปทางที่ต้องการ โดยจะมีการออกแบบให้หุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสารเคลื่อนที่แบบ Diff-Drive ดังรูปที่ 3.6

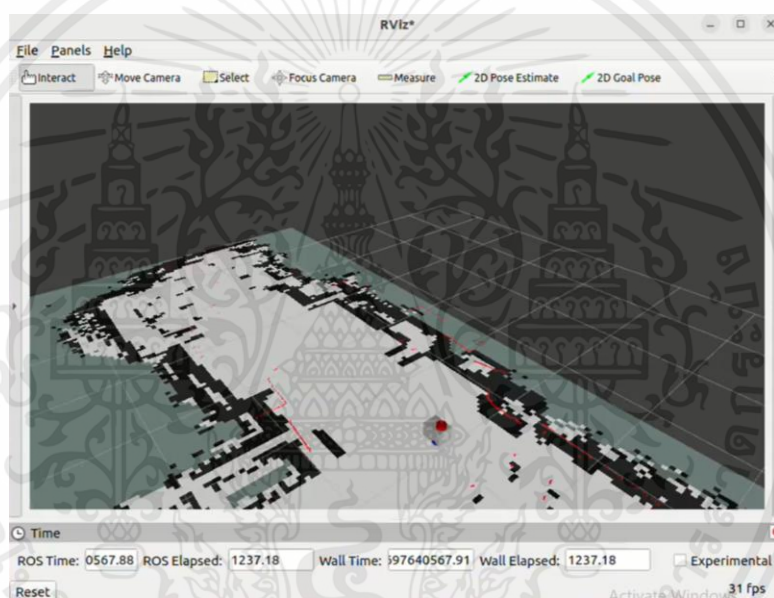


รูปที่ 3.6 การออกแบบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่แบบ Diff-Drive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2.4 ออกแบบหุ่นยนต์ให้เก็บข้อมูลของ SLAM

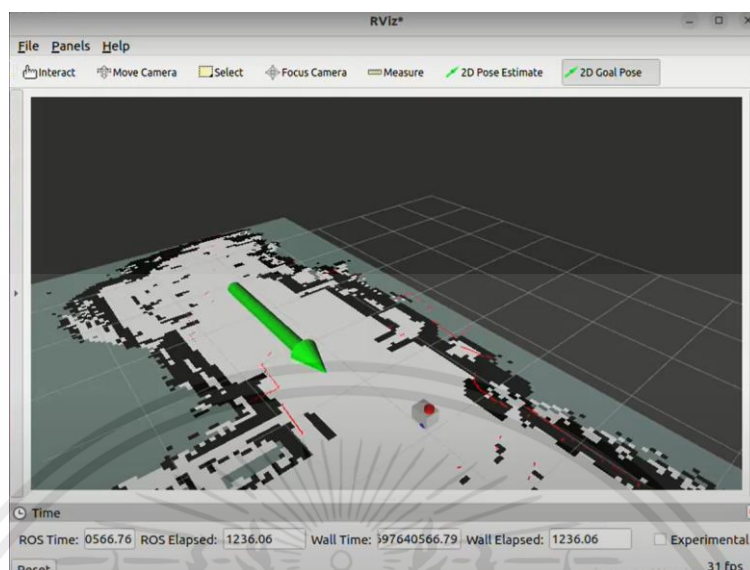
ในการสร้างหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติจะมีการเก็บค่า SLAM เพื่อเป็นแผนที่ในการนำทางหรือ Navigation ใน ROS2 โดยการทำให้ SLAM ใน ROS2 จะเป็นการรวมการทำงานแบบ Atomics ที่ใช้ในระบบควบคุมการทำงานแบบอนุกรม (concurrency control) และการแชร์ข้อมูลระหว่างกระบวนการ (processes) ในการควบคุมหุ่นยนต์และการทำงานของหุ่นยนต์ในระบบ ROS 2 โดยการทำให้ SLAM ใน ROS2 จะเป็นการรวมการทำงานแบบ Atomics ที่พิถีพิถันและการกำหนดค่าข้อมูล input และ output ของระบบอย่างถูกต้อง แต่การทำ SLAM ใน ROS 2 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการสร้างแผนที่และระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา การเก็บผล SLAM ของหุ่นยนต์จะแสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเก็บผล SLAM ของหุ่นยนต์

3.1.2.5 ออกแบบหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่อัตโนมัติด้วย Navigation

ในการสร้างหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติด้วย Navigation ซึ่งระบบ Navigation (หรือ Navigation Stack) ทำหน้าที่ควบคุมหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่และนำทางในสภาพแวดล้อมจริงหรือสภาพแวดล้อมที่ไม่รู้ล่วงหน้า ระบบ Navigation ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถหลีกเลี่ยงสิ่งกีดขวางและระบุเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อไปยังจุดหมายที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 3.8



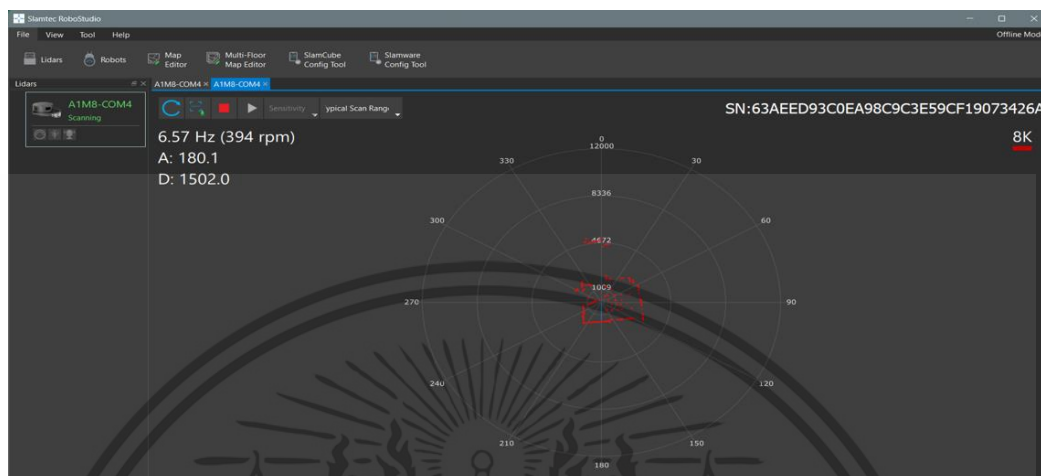
รูปที่ 3.8 แสดงออกแบบหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่อัตโนมัติด้วย Navigation

3.1.2.6 การออกแบบการใช้งาน LiDAR ให้มีประสิทธิภาพ

การหาประสิทธิภาพหา LiDAR ที่ระยะต่างๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินการมีประสิทธิภาพของ LiDAR โดยที่จะวัดด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งแต่ละด้านจะเป็นมุม 180 องศา, 0 องศา, 90 องศา และมุม 270 องศา ตามลำดับ โดยการวัดหาประสิทธิภาพทำการวัดด้วยการใช้ตลับเมตร และการวัดจาก LiDAR ซึ่งการวัดด้วยการใช้ตลับเมตร จะวัดตั้งแต่วัดถูปลายทางมาจนถึงจุดศูนย์กลางของ LiDAR ในระยะต่างๆ แต่การวัดจะวัดตรงด้านข้างของตัวหุ่นยนต์ แล้วทำรอยขีดไว้ที่ด้านข้างของหุ่นยนต์ว่าระยะศูนย์กลางของ LiDAR อยู่ตำแหน่งไหน เนื่องจากไม่สามารถวัดระยะด้วยตลับเมตรบนตัว LiDAR โดยตรงได้ เพราะเมื่อ LiDAR ทำงาน LiDAR เซนเซอร์จะหมุน 360 องศา หากเอาอะไรไปโดนระหว่าง LiDAR ทำงาน อาจทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ ระยะที่วัดได้จาก LiDAR สามารถวัดได้จากโปรแกรม SLAMTEC RoboStudio จะมีลักษณะเป็นวงกลมขนาด 360 องศา โดยจะใช้การต่อ Port แบบ USB สามารถบอกระยะที่ LiDAR ตรวจสิ่งกีดขวางเจอเป็นระยะทางในหน่วยมิลลิเมตร (mm) ซึ่งเมื่อพบกับสิ่งกีดขวางโปรแกรม SLAMTEC RoboStudio จะแสดงจุดเส้นสีแดงหลายๆจุด เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีสิ่งกีดขวางอยู่ด้านหน้า ในการออกแบบในส่วนนี้ทางคณะผู้จัดทำ ได้วัดเพียงแค่การทำงานของ LiDAR ในขณะที่ยังไม่ได้ทำงานร่วมกับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยจะมีการเก็บค่าผลประสิทธิภาพของ LiDAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการวัดระยะที่ระยะต่างๆ โดยใช้โปรแกรม SLAMTEC RoboStudio โดยใช้จะได้ค่าระยะทางที่ LiDAR วัดได้ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการเก็บค่าระยะทางที่ LiDAR วัดได้

3.1.3 ออกแบบส่วนประกอบของหุ่นยนต์

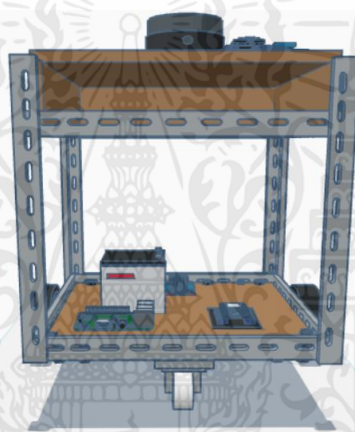
โดยเริ่มจากโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้มีขนาดฐานกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ซึ่งภายในหุ่นยนต์ประกอบด้วยแผ่นไม้ MDF ที่มีความหนาขนาด 3 มิลลิเมตร ที่ใช้ในการประกอบเป็นฐานรองและโครงของหุ่นยนต์ดังรูปที่ 3.11 ภายในมีวงจรสำหรับควบคุมหุ่นยนต์ ที่นำมาต่อกับ Raspberry Pi 4 Model B มีมอเตอร์เอนโคเดอร์ซ้ายและขวา ข้างละ 1 ตัว ดังรูปที่ 3.47 ล้อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.8 นิ้ว จำนวน 2 ล้อ ดังรูปที่ 3.53 และมีล้อลากเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 1 ล้อ ดังรูปที่ 3.54 แบตเตอรี่ 12 V 8Ah ดังรูปที่ 3.50 ในส่วนของด้านบนติดเซนเซอร์ LiDAR ดังรูปที่ 3.51 และมีไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP32-WROOM-32) สำหรับการรับสัญญาณและบอกค่ามุมดังรูปที่ 3.45 และรูปที่ 3.48 หลังจากนั้นทำการจำลองโครงของหุ่นยนต์เป็นโครงสร้าง 3 มิติได้ดังรูปที่ 3.10 และได้หุ่นยนต์ที่ประกอบแต่ละชิ้นส่วนเข้าด้วยกันแสดงดังรูปที่ 3.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



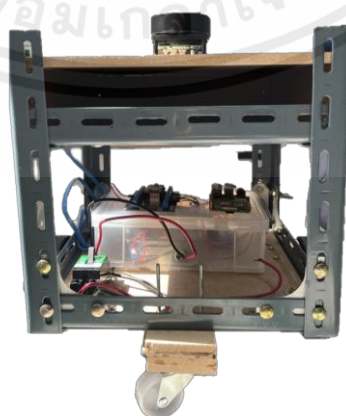
(ก) มุมมองด้านบน

(ข) มุมมองด้านข้าง



(ค) มุมมองด้านหน้า

รูปที่ 3.10 ภาพจำลอง 3 มิติโครงสร้างของหุ่นยนต์

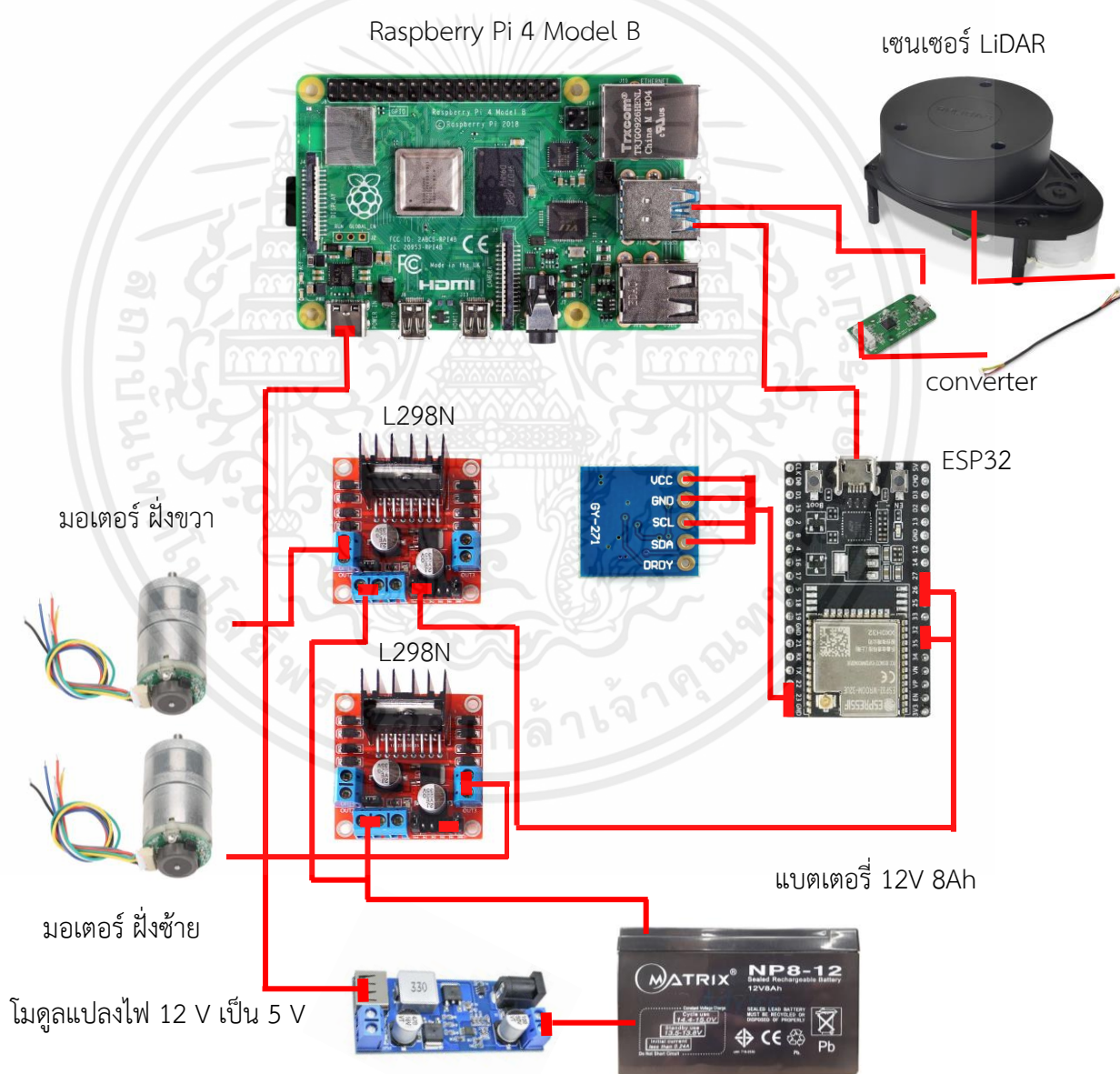


รูปที่ 3.11 หุ่นยนต์ที่ประกอบแต่ละส่วนเข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1 ออกแบบวงจรควบคุมหุ่นยนต์

โดยบอร์ดควบคุมหุ่นยนต์มี ESP32 ที่เป็นแผงการทำงานเชื่อมต่อการทำงานร่วมกับ Raspberry Pi 4 Model B ใช้วงจร L298N เป็นวงจรขับ DC Motor เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ซึ่งจะทำการเชื่อมต่อกับมอเตอร์ทั้ง 2 ตัว เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของล้อหุ่นยนต์ทั้ง 2 ล้อ นอกจากนี้มีวงจรของเครื่องรับความเข้มสัญญาณและค่ามุม สำหรับการระบุตำแหน่งและทิศทางการหันของหุ่นยนต์ มีวงจร LiDAR เพื่อสร้างแผนที่ของห้องและตรวจจับสิ่งกีดขวางในเส้นทาง และมีสวิตช์เปิด-ปิด เพื่อเปลี่ยนการเรียกใช้งานพลังงานแบตเตอรี่ แสดงภาพการเชื่อมต่อวงจรโดยรวมทั้งหมดดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการเชื่อมต่อวงจรโดยรวมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2 ออกแบบการเคลื่อนที่หุ่นยนต์

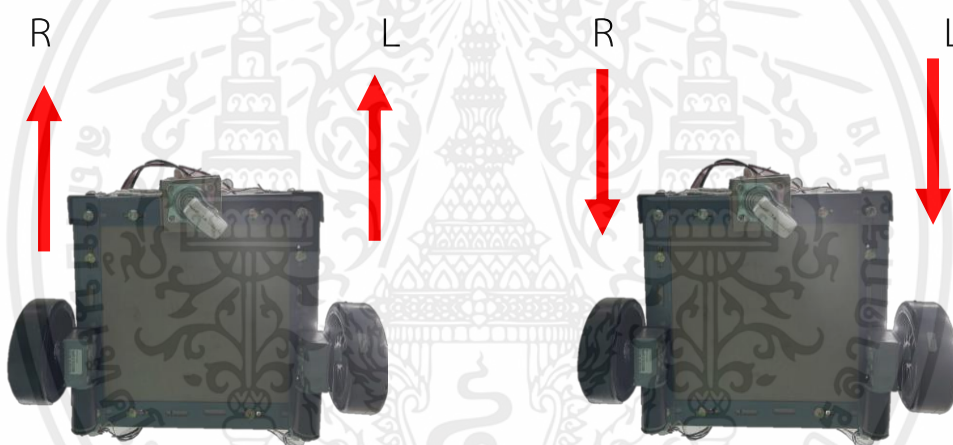
การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ผู้จัดทำได้ใช้หลักการเคลื่อนที่แบบ Differential wheeled Robot ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่โดยใช้ 2 ล้อหลังในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ และมีล้อหน้าเป็นล้อฟรีหรือลูกลิ้ง โดยกำหนดให้มีการเคลื่อนที่ทั้งหมด 4 รูปแบบ ดังนี้

1) เคลื่อนที่ไปข้างหน้า จะทำการหมุนทั้ง 2 ล้อหลังไปด้านหน้าในอัตราเร็วที่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.13

2) เคลื่อนที่ไปข้างหลัง จะทำการหมุนทั้ง 2 ล้อหลังไปด้านหลังในอัตราเร็วที่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.14

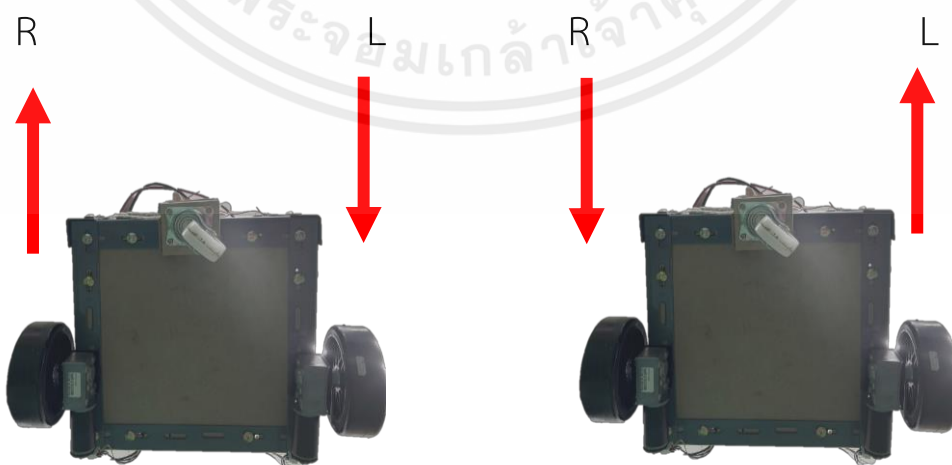
3) เคลื่อนที่ไปทางซ้าย จะทำการหมุนล้อด้านขวาไปด้านหน้า และล้อด้านซ้ายไปด้านหลังด้วยความเร็วที่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.15

4) เคลื่อนที่ไปทางขวา จะทำการหมุนล้อด้านขวาไปด้านหลัง และล้อด้านซ้ายไปด้านหน้าด้วยความเร็วที่เท่ากัน ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.13 เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

รูปที่ 3.14 เคลื่อนที่ไปข้างหลัง



รูปที่ 3.15 เคลื่อนที่ไปทางซ้าย

รูปที่ 3.16 เคลื่อนที่ไปทางขวา

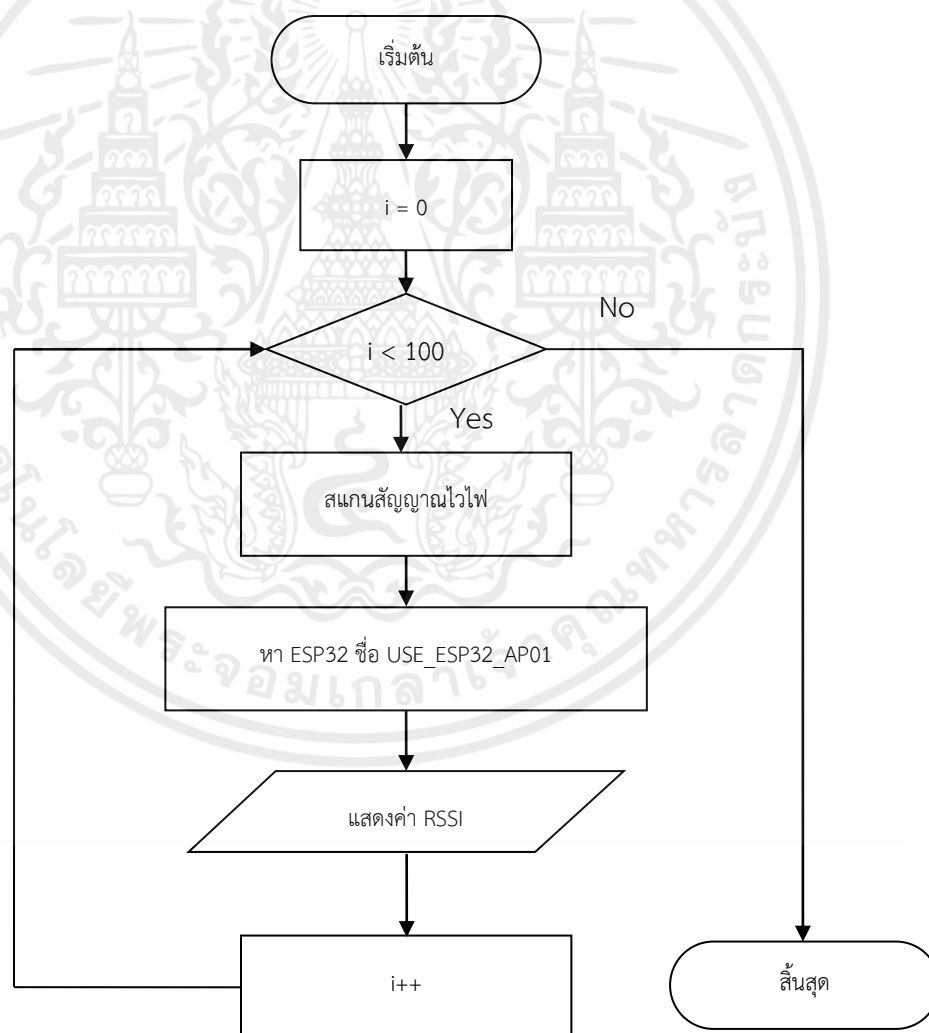
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 ออกแบบโปรแกรม Arduino IDE เพื่อรับค่า RSSI จาก ESP32

ทำการออกแบบโปรแกรม Arduino IDE เพื่อสแกนหาสัญญาณ WiFi (WiFi) ที่ปล่อยสัญญาณจากเครื่องส่งเป็น ESP32 ที่ถูกทำให้เป็น Access Point (AP) และเครื่องรับเป็น ESP32 เช่นกัน ที่ทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรม Arduino เพื่อทำการแสดงค่า SSID และ RSSI โดยนำค่า SSID ของเครื่องดังกล่าวมาระบุในคำสั่ง เพื่อจะได้รับสัญญาณ WiFi (WiFi) จากเครื่องดังกล่าว โดยในที่นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

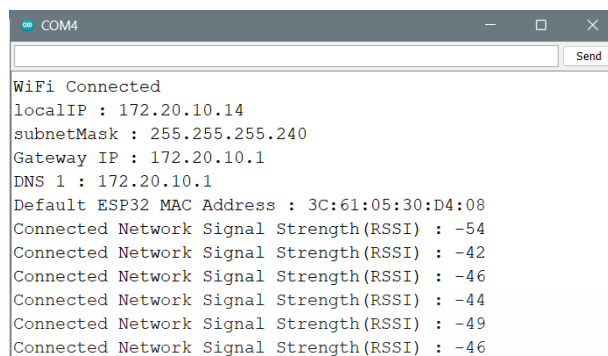
3.1.4.1 รับค่าจาก access point เพียงตัวเดียว

รับค่าจาก access point ที่มี SSID ชื่อว่า “USE_ESP32_AP01” เพียงตัวเดียวโดยผังการทำงานของโปรแกรมการสแกนและรับค่าสัญญาณ WiFi (WiFi) แสดงดังรูปที่ 3.17 และได้ผลการรับค่า ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.17 แผนผังการทำงานของ การสแกนและรับสัญญาณ จาก access point เพียงตัวเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

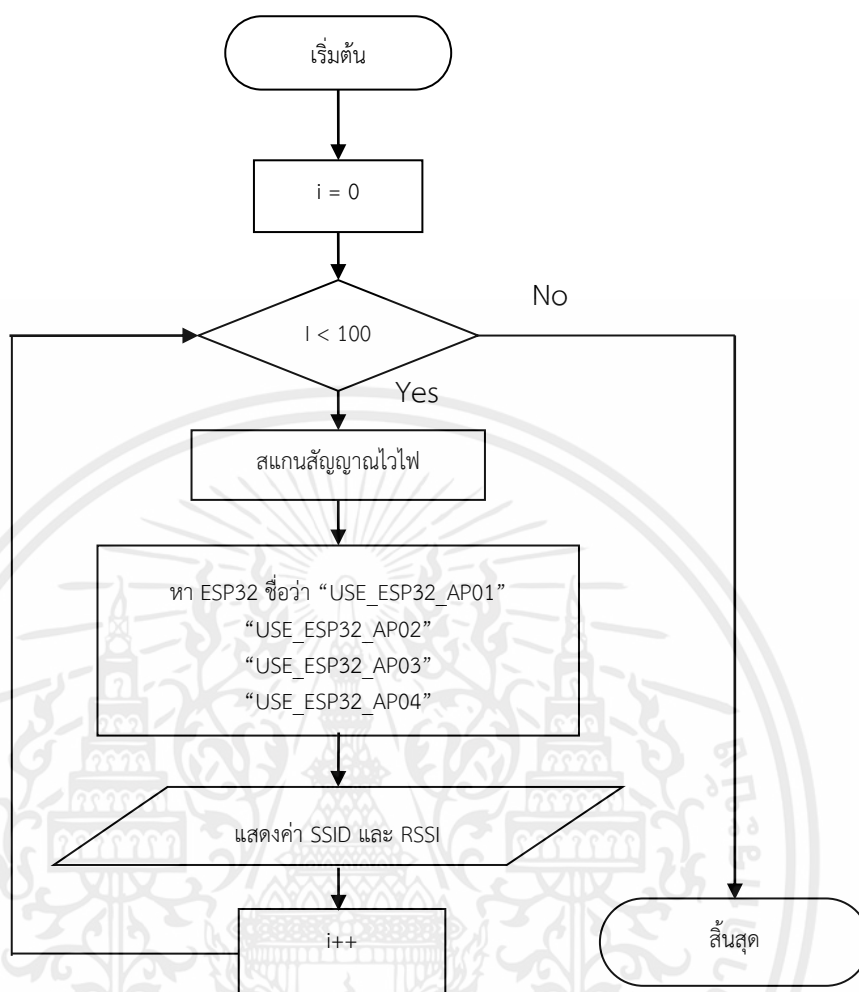
COM4
Send
WiFi Connected
localIP : 172.20.10.14
subnetMask : 255.255.255.240
Gateway IP : 172.20.10.1
DNS 1 : 172.20.10.1
Default ESP32 MAC Address : 3C:61:05:30:D4:08
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -54
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -42
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -46
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -44
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -49
Connected Network Signal Strength (RSSI) : -46

```

รูปที่ 3.18 หน้าต่างแสดงผลการรับสัญญาณ จาก access point เพียงตัวเดียว

3.1.4.2 รับค่าจาก access point ทั้งหมด 4 ตัว

รับค่าจาก access point ทั้งหมด 4 ตัว โดยแต่ละตัวมี SSID ชื่อว่า “USE_ESP32_AP01”, “USE_ESP32_AP02”, “USE_ESP32_AP03” และ “USE_ESP32_AP04” โดยฝั่งการทำงานของโปรแกรมการสแกนและรับค่าสัญญาณไวไฟ (WiFi) แสดงดังรูปที่ 3.19 และ ได้ผลการรับค่า ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 แผนผังการทำงานของการทำงานการสแกนและรับสัญญาณ จาก access point 4 ตัว

```

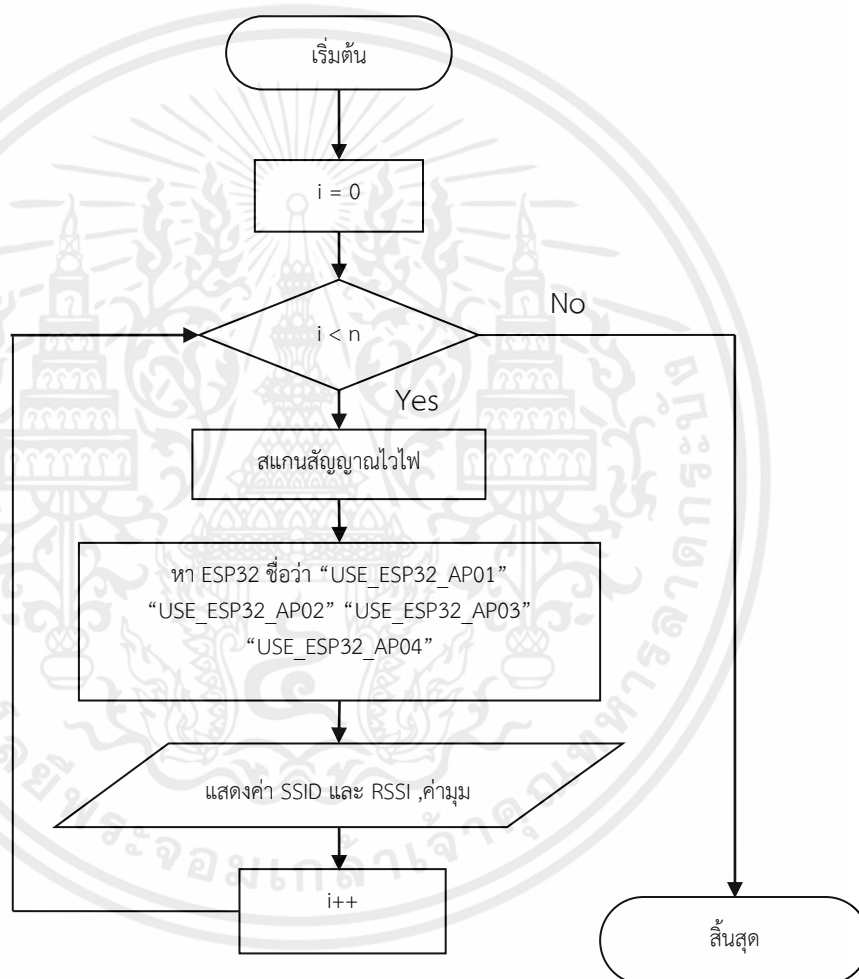
COM3
Scan Done
RSSI2 :-46
Scan Start
Scan Done
RSSI2 :-57
Scan Start
Scan Done
RSSI2 :-36
Scan Start
Scan Done
RSSI2 :-27
Scan Start
Scan Done
RSSI2 :-27
Scan Start
Scan Done
Autoscroll Show timestamp
  
```

รูปที่ 3.20 หน้าต่างแสดงผลการรับสัญญาณ จาก access point ทั้งหมด 3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ออกแบบโปรแกรม Arduino IDE เพื่อรับค่า RSSI และ ค่ามุมจาก ESP32

รับค่าจาก access point ทั้งหมด 4 ตัว โดยแต่ละตัวมี SSID ชื่อว่า “USE_ESP32_AP01”, “USE_ESP32_AP02”, “USE_ESP32_AP03” และ “USE_ESP32_AP04” โดยฝั่งการทำงานของโปรแกรมการสแกนและรับค่าสัญญาณไวไฟ (WiFi) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งโมดูลเข็มทิศ (HMC5883L) เพื่อใช้สำหรับการบอกทิศทางของหุ่นยนต์ ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังดังรูปที่ 3.21 และหน้าต่างแสดงผลได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.21 แผนผังการทำงานการรับค่า RSSI และรับค่ามุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการรับค่า RSSI
ของเครื่องส่งทั้ง 4

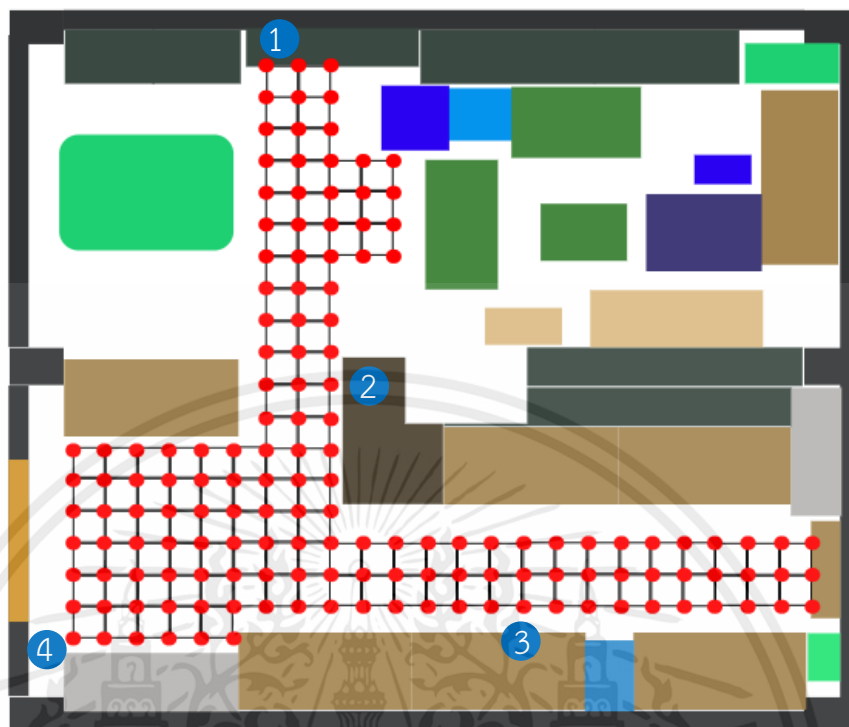
Value	Direction	AZ
0	North-West	AZ: 317
0	North-West	AZ: 316
0	North-West	AZ: 317
0	North-West	AZ: 318
0	North-West	AZ: 318
0	North-West	AZ: 316
0	North-West	AZ: 311
0	North-West	AZ: 308
0	North-West	AZ: 311
0	North-West	AZ: 311
0	North-West	AZ: 313
0	North-West	AZ: 316
0	West	AZ: 279
0	West	AZ: 281
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 281
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280
0	West	AZ: 280

แสดงการรับค่ามุมและบอก

รูปที่ 3.22 ผลลัพธ์การรับค่าการสแกนความเข้มสัญญาณและค่ามุมจากเครื่องรับ

3.1.6 ออกแบบการติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณและพื้นที่สำหรับการทดสอบ ดาร์ระบบตำแหน่งภายในห้อง

ทำการออกแบบตำแหน่งการติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณ (ESP32) ภายในห้อง T203 ชั้น 2 ตึกภาคโทรคมนาคมที่มีขนาดความกว้าง 6.86 เมตร และยาว 7.68 เมตร เพื่อให้เครื่องส่งสัญญาณสามารถส่งข้อมูลไปทั่วถึงพื้นที่สำหรับการทดลอง โดยทำการแบ่งตารางขนาด 0.3 x 0.3 เมตร จะได้ทั้งหมด 149 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงเป็นจุดสีแดงและจุดสีฟ้าคือตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 การระบุพิกัดและบริเวณติดตั้งเครื่องส่งสัญญาณภายในห้องทดลอง
 ตารางที่ 3.1 ระบุชื่ออุปกรณ์และตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องส่งแต่ละตัว

ชื่ออุปกรณ์	SSID	ตำแหน่งที่ติดตั้ง (หน่วย)
AP 1	USE_ESP32_AP01	(9.00, 2.00)
AP 2	USE_ESP32_AP02	(-1.00, -1.00)
AP 3	USE_ESP32_AP03	(-9.00, -6.00)
AP 4	USE_ESP32_AP04	(-9.00, 9.00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 ออกแบบการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกฝน

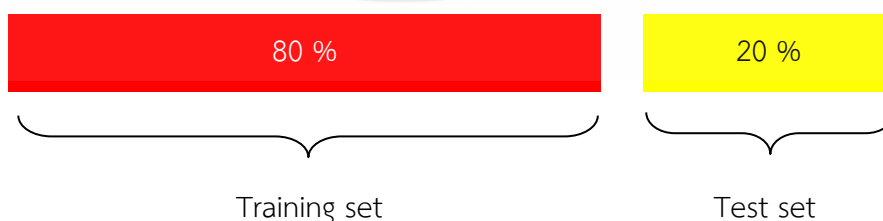
ทำการนำข้อมูล RSSI เครื่องส่งทั้งหมด 4 ตัว ที่เก็บค่าไว้ 149 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 100 samples จากไฟล์สกุล .csv เมื่อเสร็จสิ้นนำข้อมูลมาแบ่งเป็นอินพุตและส่วนเอาต์พุต โดยกำหนดข้อมูลคอลัมน์ที่ 1 ถึง 4 เป็นอินพุตค่า RSSI ของเครื่องส่งที่ส่งจากตัวที่ 1 ถึง 4 ตามลำดับ ส่วนคอลัมน์ที่ 5 ถึง 6 เป็นเอาต์พุตค่าตำแหน่ง x และ y ตามลำดับ แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.24

M	N	O	P	Q	R
RSSI 1	RSSI 2	RSSI 3	RSSI 4	x	y
-70	-67	-68	-61	-7	-9
-69	-68	-70	-59	-7	-9
-66	-61	-74	-62	-7	-9
-67	-61	-78	-60	-7	-9
-64	-66	-72	-59	-7	-9
-67	-71	-76	-60	-7	-9
-67	-69	-77	-62	-7	-9
-68	-69	-78	-61	-7	-9
-68	-69	-76	-66	-7	-9
-67	-71	-76	-67	-7	-9
-67	-69	-75	-62	-7	-9
-68	-68	-76	-65	-7	-9
-67	-64	-78	-65	-7	-9
-67	-69	-75	-67	-7	-9

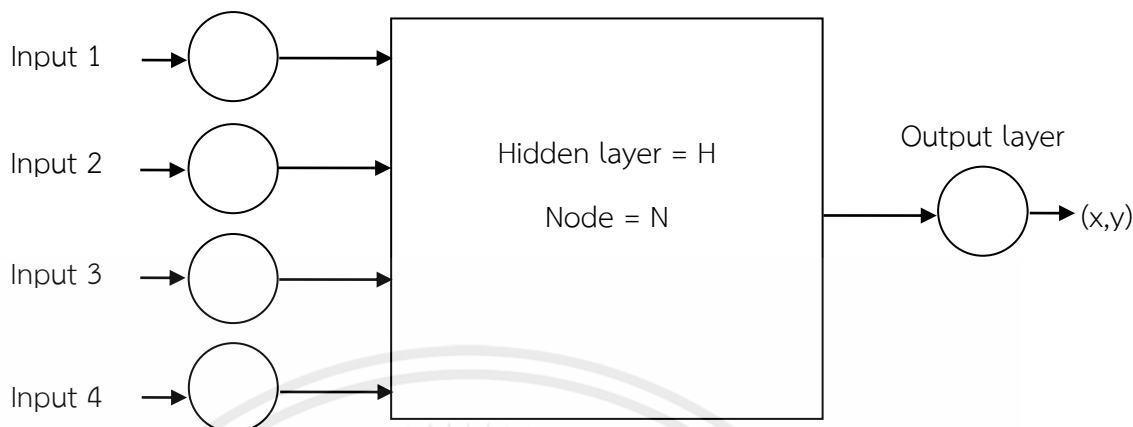
รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการฝึกฝน AI

3.1.8 ออกแบบการฝึกฝน AI และทำนายค่าตำแหน่ง

การออกแบบ AI โดยการเลือกใช้แบบโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) ซึ่งจากการจัดเตรียมข้อมูลจะกำหนดคอลัมน์ที่ต้องการใช้เป็นอินพุตสำหรับการฝึกฝนและทำนาย ส่วนเอาต์พุตเป็นค่าพิกัดหรือตำแหน่ง (x,y) หลังจากนั้นนำไปอินพุตเข้าฟังก์ชัน Standard Scale เพื่อ scale ข้อมูลให้ variance มีค่าเป็น 1 หรือใกล้เคียงอีกทั้งยังทำให้ ค่า mean ของข้อมูลเป็นกลางมากขึ้นโดยเมื่อ Scale แล้วจะทำให้ข้อมูลมีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อลดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด จากนั้นแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ Training Set กับ Test Set (Training Set 80% และ Test Set 20% จะได้เป็นอัตราส่วน 80:20) ดังรูปที่ 3.25 เมื่อแบ่งข้อมูลเสร็จสิ้นจึงเริ่มออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งมีโครงสร้าง ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.25 อัตราการแบ่ง Training Set กับ Test Set

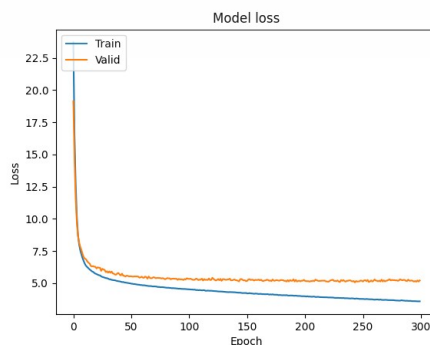


รูปที่ 3.26 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

โดยการกำหนดจำนวน Hidden Layer จำนวน Node จำนวน Epochs จำนวน Batch Size และเทคนิคที่ใช้ จะทำการปรับและดูผลลัพธ์จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและจึงบันทึกเป็นโมเดล โดยผลจากการปรับจำนวน Hidden Layer จำนวน Node จำนวน Epochs จำนวน Batch Size จะนำไปแสดงในส่วนบันทึกผลการทดลอง

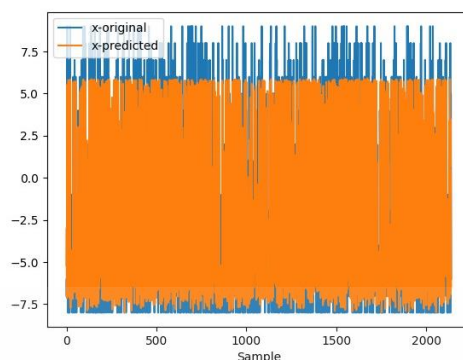
ส่วนของ Activation Function เลือกใช้ Tanh OR Hyperbolic Tangent Function เป็นฟังก์ชันที่ S curve หน้าตาจะคล้ายกับ Sigmoid แต่ output -1 จนถึง 1 ซึ่งมีความเหมาะสมในการทำ Regression

โดยในส่วนของการ Optimization เลือกใช้ Adaptive Moment Estimation เพราะรวมจุดเด่นของแต่ละ Optimizer แต่ละตัวไว้และช่วยให้โมเดลไม่หยุดเรียนรู้ได้ และลดปัญหาการแกว่งของพารามิเตอร์อีกทั้งยังมีความเร็วสูงกว่าตัวอื่น โดยในส่วนของการ Loss Function เลือกใช้เป็น Mean Square Error (MSE) หลังจากทำนายผลเสร็จสิ้นจะนำค่าพิกัด x และ y ที่ทำนายมาหาค่า Root Mean Square Error (RMSE) มาพล็อตกราฟ MSE เพื่อเทียบกับข้อมูล ต้นฉบับและพล็อตกราฟ Model Error เพื่อดูว่าการทำนายมีการ Under-fitting หรือ Over-fitting หรือไม่ดังรูปที่ 3.27 นอกจากนี้ยังสร้างกราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด x จริง (จากไฟล์สกุล .csv) กับพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 3.28 และ กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด y จริง (จากไฟล์สกุล .csv) กับพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 3.29

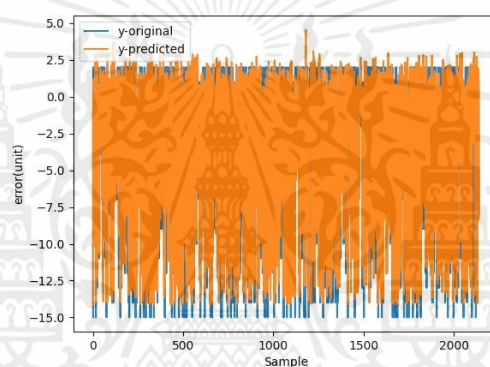


รูปที่ 3.27 กราฟตัวอย่าง Model Loss Hidden Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



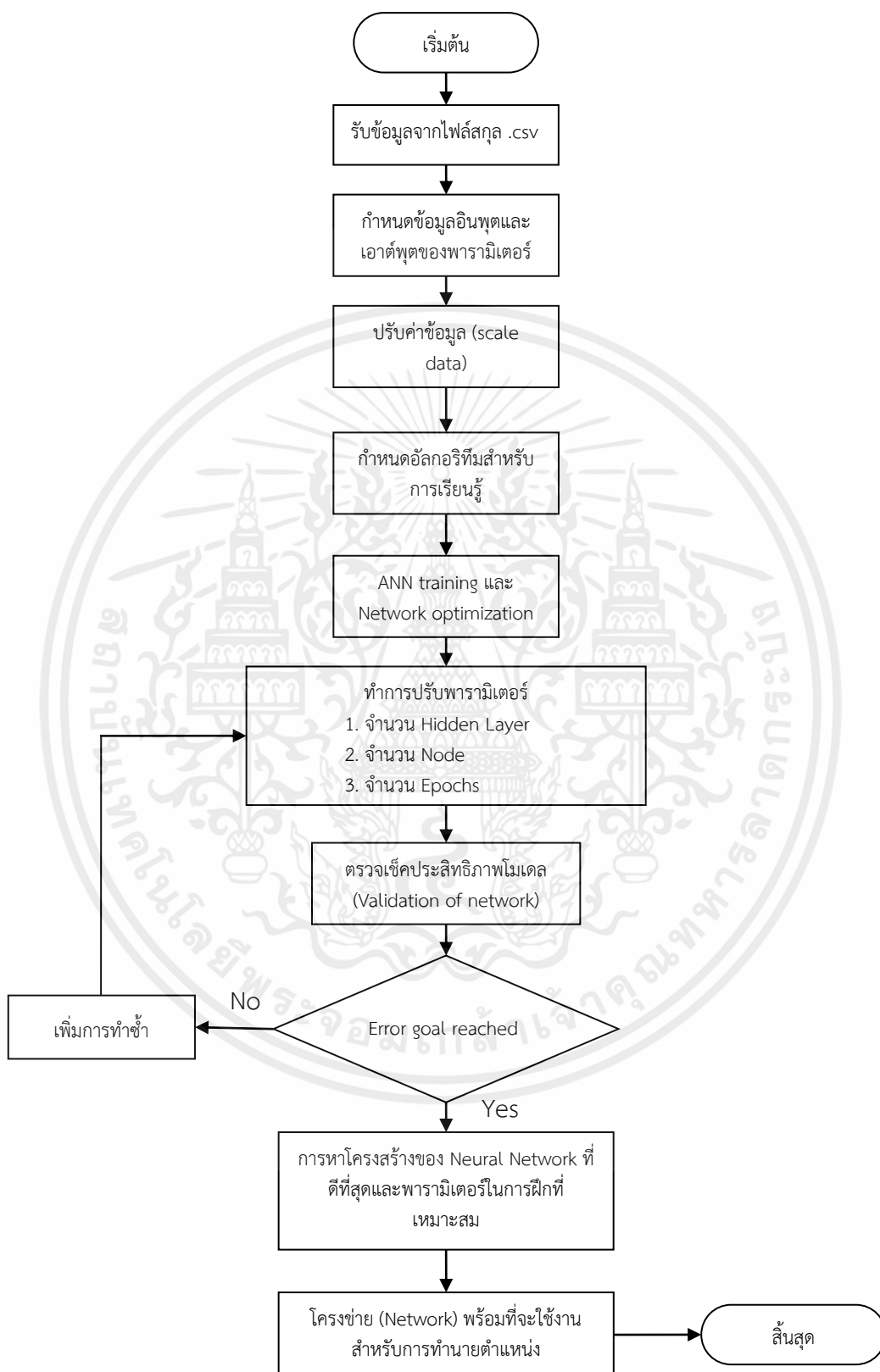
รูปที่ 3.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด x จริง (จากไฟล์สกุล .csv) กับ พิกัดที่ได้จากการทำนาย



รูปที่ 3.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าพิกัด y จริง (จากไฟล์สกุล .csv) กับพิกัดที่ได้จากการทำนาย

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้นสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานการออกแบบการฝึกฝน AI และทำนายค่าตำแหน่งได้ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

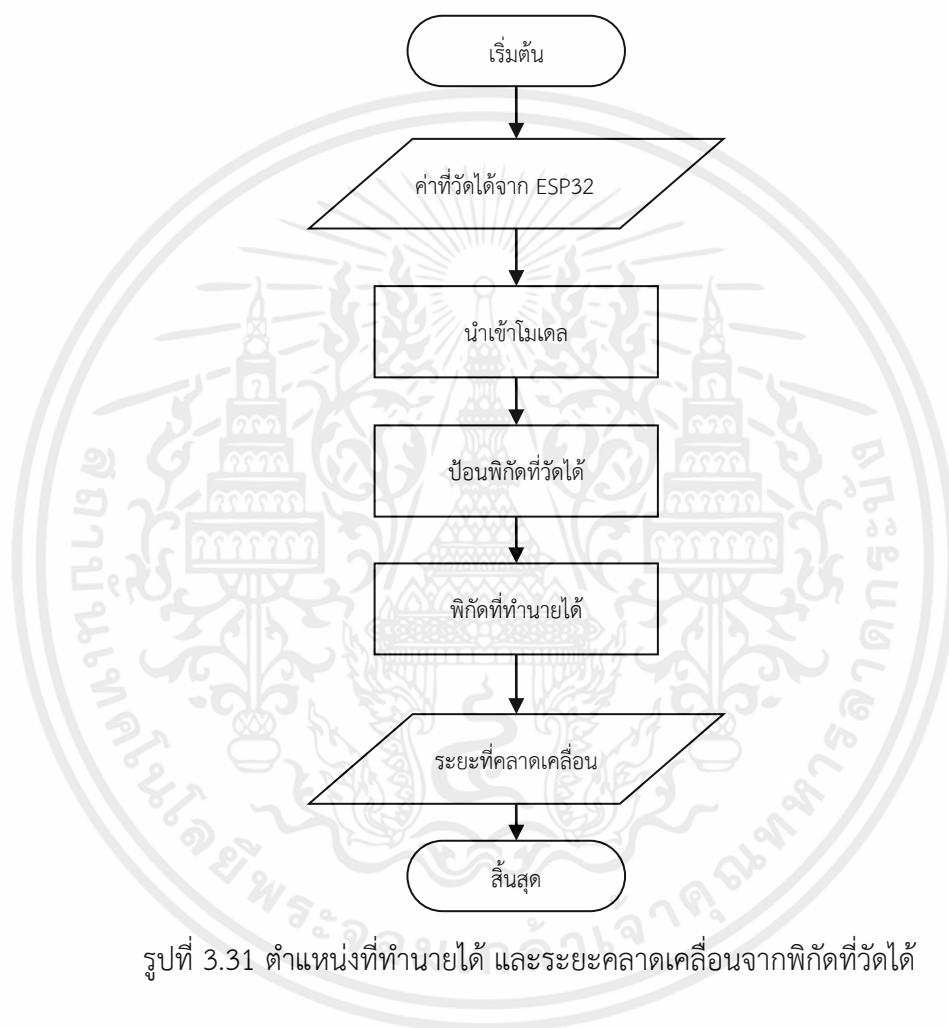


รูปที่ 3.30 แผนผังการทำงานการออกแบบการฝึกฝน AI และทำนายค่าตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 ออกแบบการแสดงผลหลังนำโมเดลที่ทำการฝึกฝนไปใช้จริง

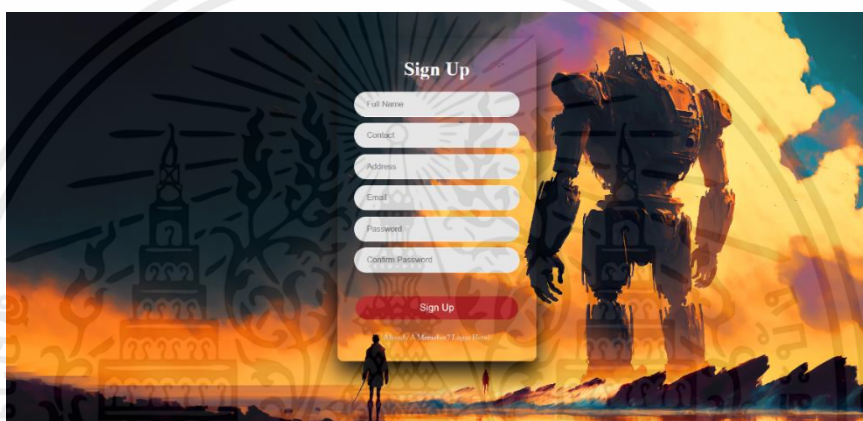
ทำการนำโมเดลที่ทดสอบได้มาใช้จริงโดยทำการวัดค่า RSSI ด้วย ESP32 แล้วนำค่าที่วัดได้ป้อนเข้าไปภายในโมเดลที่ทำการบันทึกไว้ พร้อมกับป้อนตำแหน่งพิกัดที่ทำการวัด โดยโปรแกรมจะแสดงตำแหน่งที่ทำนายได้ และระยะคลาดเคลื่อนจากพิกัดออกมาแสดงเป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 ตำแหน่งที่ทำนายได้ และระยะคลาดเคลื่อนจากพิกัดที่วัดได้

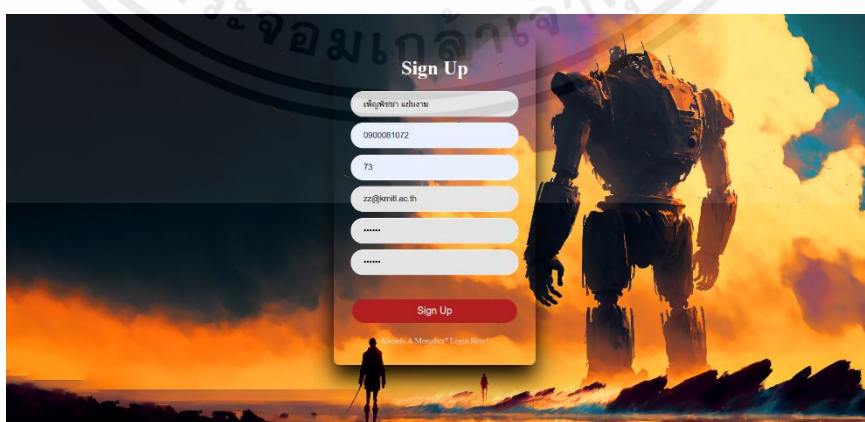
3.1.10 ออกแบบหน้าเว็บไซต์ (User interface) สำหรับการแสดงผลการติดตามการทำงานของหุ่นยนต์

เป็นการออกแบบหน้าเว็บสำหรับการแสดงผลการรับค่าสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และค่ามุมที่ใช้สำหรับบอกค่าทิศและการหันของหุ่นยนต์ นอกจากนี้ยังติดตามการใช้งานของหุ่นยนต์และบอกพิกัด โดยการออกแบบหน้าเว็บไซต์จะใช้งานทำงานร่วมกันของทั้ง 3 ภาษา คือ HTML, CSS และ JavaScript ในการสร้างหน้าต่างลงทะเบียนและหน้าต่างการแสดงผลข้อมูลที่ต้องการจะแสดงให้ผู้ใช้งาน ซึ่งเว็บไซต์ที่ได้ออกแบบแสดงดังรูปที่ 3.32, 3.33 และ 3.34



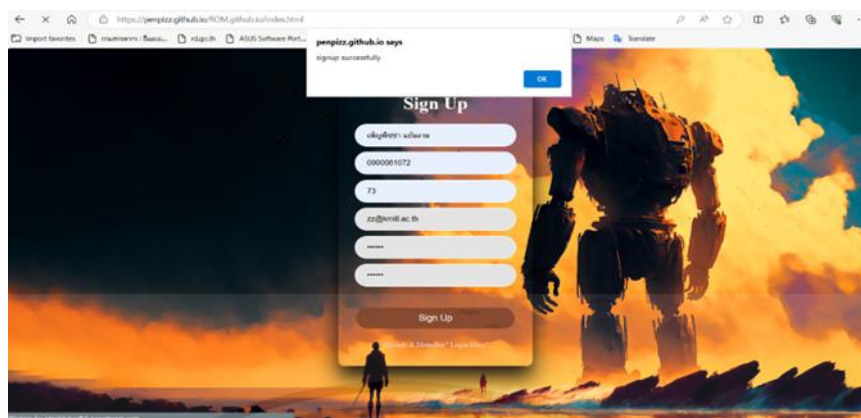
รูปที่ 3.32 หน้าต่าง Sign up ของเว็บไซต์ที่ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.32 เป็นการแสดงหน้าต่าง Sign up ของเว็บไซต์ เพื่อสร้างการลงทะเบียนของผู้ใช้งานก่อนเข้าไปภายในส่วนของ Home page โดยผู้ใช้งานจะต้องกรอกข้อมูล ชื่อ-นามสกุล, เบอร์โทรศัพท์, ที่อยู่อาศัย, อีเมล (E-mail) และรหัสผ่าน (ต้องกรอกรหัสอย่างน้อย 6 ตัว) ดังรูปที่ 3.33 เพื่อที่ระบบจะเก็บข้อมูลสำหรับเข้าในส่วน login



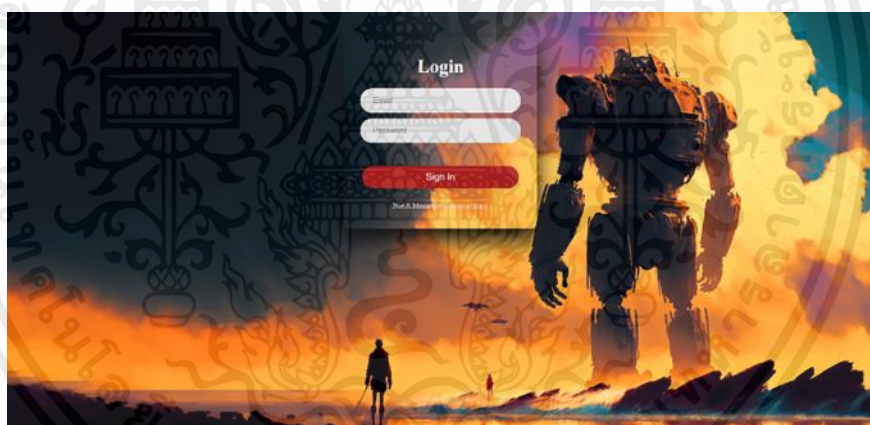
รูปที่ 3.33 รูปแบบการกรอกข้อมูลในการลงทะเบียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

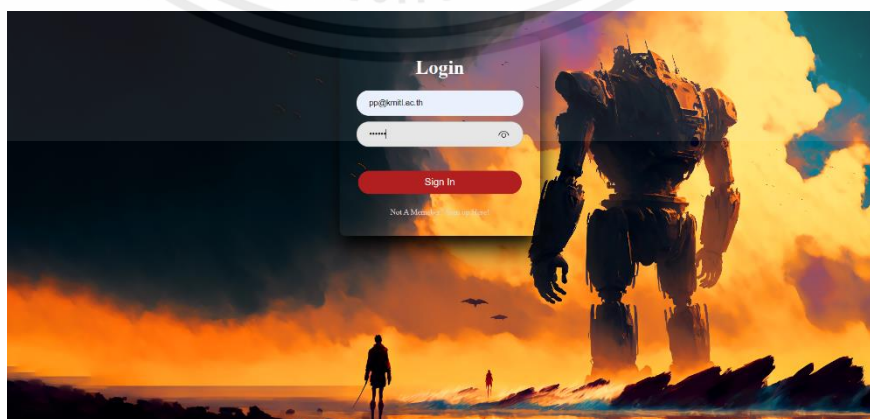


รูปที่ 3.34 เมื่อกดยืนยันจะมี alert ขึ้นแสดงสถานะ

จากรูปที่ 3.34 หลังจากลงทะเบียนในส่วนของ Sign up เรียบร้อย มีสถานะขึ้นว่า “signup successfully” ถือว่าการลงทะเบียนสำเร็จ ให้มาทำงานในส่วน Login โดยผู้ใช้งานจะต้องนำ อีเมล (E-mail) และรหัสผ่าน ที่ลงทะเบียนไว้ในส่วนก่อนหน้าี้มากรอกลงในช่อง เพื่อเข้าสู่ระบบ ในหน้า Home page ดังรูปที่ 3.35

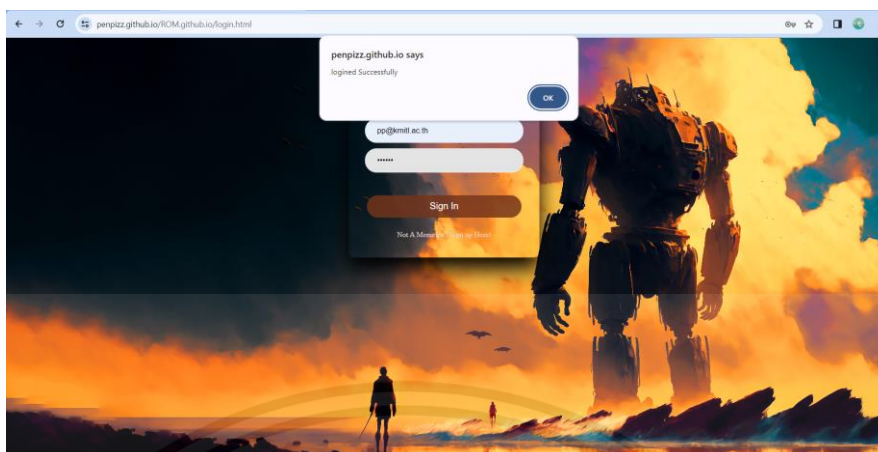


รูปที่ 3.35 หน้าต่าง Login ของเว็บไซต์ที่ทำการออกแบบ



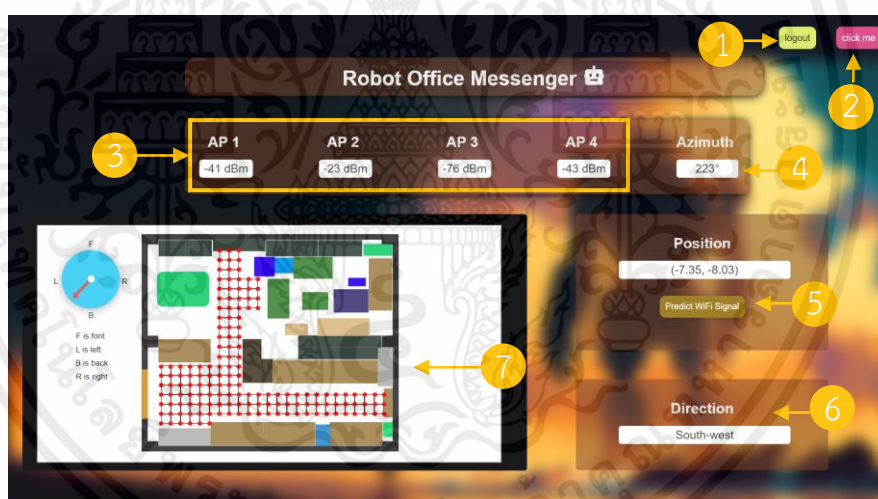
รูปที่ 3.36 รูปแบบการกรอกข้อมูลในใช้งานเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 เมื่อกดยืนยันจะมี alert ขึ้นแสดงสถานะ

จากรูปที่ 3.37 หลังจากกรอกข้อมูลในส่วน log in เรียบร้อยกดที่ปุ่ม sign in มีสถานะขึ้นว่า “logged successfully” ทำให้สามารถเข้ามาที่หน้าต่าง Home page ได้ สามารถดูตัวอย่างหน้าต่าง Home page ของเว็บไซต์ ดังรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.38 หน้า Home page ของเว็บไซต์ ที่ได้ทำการออกแบบ

จากรูปที่ 3.38 เป็นการออกแบบหน้าเว็บสำหรับการแสดงผลการรับค่าสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และค่ามุมที่ใช้สำหรับบอกค่าทิศและการหันของหุ่นยนต์

หมายเลข 1 เป็นปุ่มกด logout สำหรับการ logout ออกจากหน้าเว็บ

หมายเลข 2 เป็นปุ่มสำหรับการสร้างตัวเลือกในการเลือกตำแหน่งที่ต้องการรับและส่งเอกสาร

หมายเลข 3 แสดงค่า RSSI ที่รับเข้ามาจากเครื่องส่งหรือ AP (Access Point) ทั้ง 4 ตัว

หมายเลข 4 แสดงค่ามุมที่รับเข้ามาได้จากการใช้งานร่วมกับเซนเซอร์ GY-271

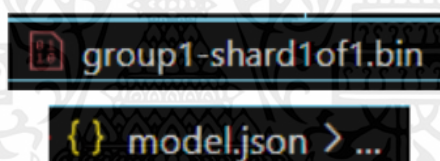
หมายเลข 5 แสดงพิกัดหรือระบุตำแหน่งหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 6 แสดงทิศทางของหุ่นยนต์ ขณะที่กำลังทำงาน
 หมายเลข 7 แสดงแผนผังการจำลองของห้องทดลอง และทิศการหันหน้าของหุ่นยนต์
 การออกแบบคำสั่งสำหรับการดึงโมเดลที่ทำการฝึกฝนมาใช้งานบนเว็บไซต์ ดังรูปที่ 3.42 ที่ประกอบไปด้วยไฟล์สกุล .json และ .bin ซึ่งเป็นในส่วนของ Model และ Weight ซึ่งเกิดจากการแปลงนำโมเดล (ไฟล์สกุล .h5) นั้นมาแปลง Convert เพื่อไป Load ใช้งานบน Web Browser รัน JavaScript ที่เกิดจากการใช้ ดังรูปที่ 4.39

```
//Deploy model on a browser
async function loadModel(){
  // tf.enableProdMode();
  const model = await tf.loadLayersModel("model.json");
  return model;
}
```

รูปที่ 3.39 คำสั่งสำหรับการดึงโมเดลที่ทำการฝึกฝนมาใช้งานบนเว็บไซต์



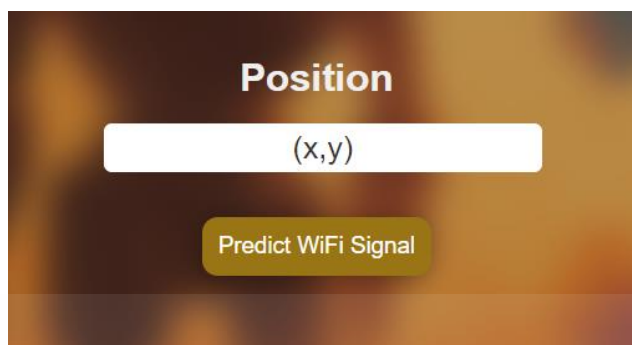
รูปที่ 3.40 ส่วนของ Weight และ Model

การออกแบบคำสั่งการสร้างปุ่มกดสำหรับการเริ่มการทำงานที่อยู่บน HTML และรูปแบบปุ่มกดที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์ ดังรูปที่ 3.44 และ 3.45

```
<div class="right">
  <div class="card">
    <div class="data-item">
      <h2>Position</h2>
      <p class="value" id="pos">(x,y)</p>
    </div>
    <a href="#" onclick="predictWiFiPosition()" class="PWS" id="PWS" >Predict WiFi Signal</a>
  </div>
</div>
```

รูปที่ 3.41 คำสั่งสำหรับการสร้างปุ่มกดใช้งานบนเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 รูปแบบปุ่มกดที่แสดงบนหน้าเว็บไซต์

การออกแบบคำสั่งการดึงข้อมูลจากโมเดลที่ดึงเข้ามาก่อนหน้านี้ เพื่อที่จะนำมาทำนายค่าตำแหน่งขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปถึงยังจุดหมาย หรือค่าเริ่มต้นเมื่อทำการวางหุ่นยนต์ ที่รันบน JavaScript ดังรูปที่ 3.43

```

async function predictWiFiPosition() {
  // เรียกใช้งาน Firebase Realtime Database
  // const database = firebase.database()

  // เรียกใช้ฟังก์ชัน predictWiFiPosition
  const model = await loadModel();
  console.log("active");

  // เรียกข้อมูลจาก Realtime Database
  var dataRef1 = ref(database, 'sensor/one');
  var dataRef2 = ref(database, 'sensor/two');
  var dataRef3 = ref(database, 'sensor/three');
  var dataRef4 = ref(database, 'sensor/four');

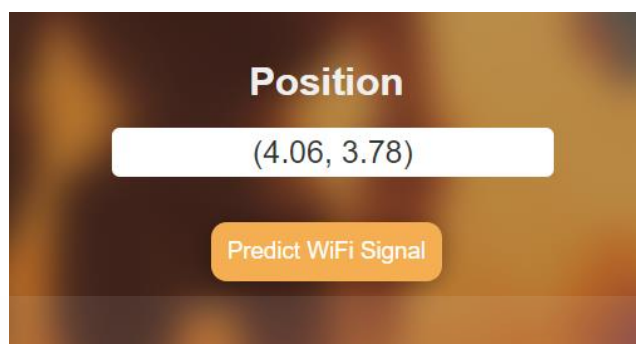
  // สร้าง tensor
  // onDataChange(dataRef1, (snapshot) => {
  //   const APone = snapshot.val();
  //   const inputTensor = tf.tensor2d([[APone, -50, -30, -75]]);
  //   console.log(APone);
  // });
  const promises = [
    new Promise((resolve) => {
      onDataChange(dataRef1, (snapshot) => {
        const APone = snapshot.val();
        resolve(APone);
      });
    })
  ],
  Promise.all(promises)
    .then((results) => {
      // สร้าง tensor จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับ
      const inputTensor = tf.tensor2d([results]);
      console.log(results);
      // ทำนาย
      const output = model.predict(inputTensor);
      const result = output.dataSync();

      // แสดงผลลัพธ์
      const posElement = document.getElementById('pos');
      posElement.innerHTML = `(${result[0].toFixed(2)}, ${result[1].toFixed(2)})`;
      const x = result[0].toFixed(2);
      const y = result[1].toFixed(2);
      console.log(x,y);
    });
}

```

รูปที่ 3.43 คำสั่งการดึงข้อมูลจากโมเดลสำหรับการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.44 ผลลัพธ์เมื่อกดที่ปุ่มเพื่อทำนายตำแหน่งหุ่นยนต์

3.2 เครื่องที่ใช้ในการทดลอง

ในปฏิญานิพนธ์นี้มีอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง ดังนี้

3.2.1 ESP32

ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ ESP32-WROOM-32 แสดงดังรูปที่ 3.45 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่รองรับการเชื่อมต่อ WiFi และ BLE โดยในปฏิญานิพนธ์นี้ใช้เป็นเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณ WiFi



รูปที่ 3.45 ESP32-WROOM-32

3.2.2 Raspberry Pi 4 Model B

ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ คือ Raspberry Pi 4 Model B แสดงดังรูปที่ 3.46 โดยเป็นตัวสั่งการและประมวลผลการทำงานของระบบ สำหรับการเชื่อมต่อการทำงานของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.46 Raspberry Pi 4 Model B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 โมดูลเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์

ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้โมดูลเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์ ในการบอกตำแหน่งการหมุนหรือรอบการหมุนของมอเตอร์และวัดความเร็ว และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องเคลื่อนที่ โดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลทำให้วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ มีฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่สำหรับลดความเร็ว หรือทดรอบแรงบิดของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 โมดูลเอนโค้ดเดอร์มอเตอร์

3.2.4 โมดูลเซ็นเซอร์ GY-271

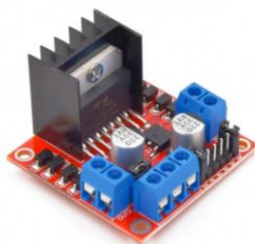
ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้โมดูลเซ็นเซอร์ GY-271 ในการรับค่ามุมเพื่อระบุทิศทางการหันของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.48



รูปที่ 3.48 โมดูลเซ็นเซอร์ GY-271

3.2.5 โมดูลควบคุมมอเตอร์ (L298N)

ในปฏิญานิพนธ์นี้เลือกใช้โมดูลควบคุมมอเตอร์ (L298N) เป็นไอซี Dual Full-Bridge Driver นำมาใช้เพื่อขับและควบคุมมอเตอร์สองตัว (motor driver) รวมถึงการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ของหุ่นยนต์ มีวงจรรีเลย์ในตัวและขับมอเตอร์กระแสสูงสุดได้ 2A แสดงดังรูปที่ 3.49



รูปที่ 3.49 โมดูลควบคุมมอเตอร์ (L298N)

3.2.6 แบตเตอรี่ 12V 8Ah

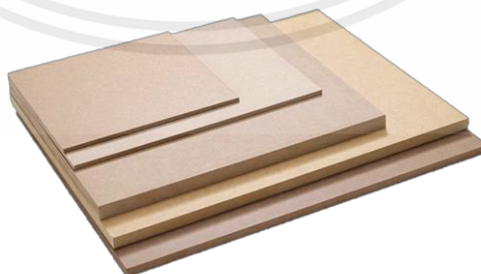
เป็นแบตเตอรี่ที่อิเล็กทรอนิกส์ถูกดูดซับไว้ในแผ่นเจลหรือแผ่นใยแก้ว มีข้อดีคือดูแลรักษา
ง่าย ไม่จำเป็นต้องเติมน้ำกลั่นตลอดอายุการใช้งาน แสดงดังรูปที่ 3.50



รูปที่ 3.50 แบตเตอรี่ 12V 8Ah

3.2.7 แผ่นไม้ MDF

แผ่นไม้ MDF หรือ แผ่นใยไม้อัดคุณภาพสูง ซึ่งผลิตภัณฑ์ประเภท composite panel
ซึ่งได้มาจากการนำเส้นใยของไม้ที่มีเส้นใยมาเป็นวัตถุดิบเช่น ไม้ยูคาลิปตัสยางพารา และ ไม้อื่นๆ
นำมาใช้สำหรับการประกอบฐาน และโครงสร้างของหุ่นยนต์เพื่อประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน แสดง
ดังรูปที่ 3.51



รูปที่ 3.51 แผ่นไม้ MDF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 เซนเซอร์ RPLiDAR A1M8

เซนเซอร์ RPLiDAR A1M8 เป็นเซนเซอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างแผนที่ และเพื่อช่วยในการหลบหลีกสิ่งกีดขวางในเส้นทางของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.52



รูปที่ 3.52 เซนเซอร์ RPLiDAR A1M8

3.2.9 ล้อ

เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบกับตัวขับเคลื่อนเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ซึ่งใช้ทั้งหมด 2 ล้อ แสดงดังรูปที่ 3.56



รูปที่ 3.53 ล้อ

3.2.10 ล้อฟรี

เป็นล้อที่ติดบริเวณส่วนหน้าของหุ่นยนต์ ซึ่งตัวลูกกลิ้งนั้นสามารถหมุน 360 องศา ง่ายต่อการเลี้ยวไปทางซ้ายและขวา ซึ่งใช้ทั้งหมด 1 ล้อ แสดงดังรูปที่ 3.57

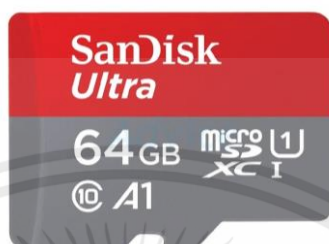


รูปที่ 3.54 ล้อลาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 Micro SD card 64 GB

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลซึ่งใช้ร่วมกับ Raspberry Pi 4 Model B โดยเลือกใช้ Micro SD card ความจำ 64 GB แสดงดังรูปที่ 3.55



รูปที่ 3.55 Micro SD card 64 GB

3.2.13 สาย Micro USB Type B to USB 2.0 Type A

เป็นสายสำหรับเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์สำหรับการส่งข้อมูลและให้กำลังไฟ โดยมีหัวฝั่งหนึ่งเป็น Micro USB Type และอีกฝั่งเป็น USB 2.0 Type A แสดงดังรูปที่ 3.56



รูปที่ 3.56 สาย Micro USB Type B to USB 2.0 Type A

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

- 3.3.1 ทดสอบการเก็บ SLAM ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม
- 3.3.2 ทดสอบการเก็บแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม
- 3.3.3 วิเคราะห์การรับค่าของการทำงานของเซนเซอร์ LiDAR
 - 3.3.3.1 วิเคราะห์ค่าของการทำงานของเซนเซอร์ LiDAR จากค่าคลาดเคลื่อนที่เก็บได้มา plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป
- 3.3.4 ทดสอบการทำงานของมอเตอร์
- 3.3.5 ทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถเดินทางไปได้ตามจุดที่กำหนดโดยใช้คำสั่ง Navigation ใน ROS2 คู่กับคำสั่ง SLAM
- 3.3.6 การวิเคราะห์การรับค่าของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์
 - 3.3.6.1 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์จากค่าที่เก็บได้มา plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป
- 3.3.7 ทดสอบการรับค่า RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร
- 3.3.8 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัวและเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณ
- 3.3.9 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัวและเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ
- 3.3.10 ทดสอบส่วนของการฝึกฝน ANN และทำนายค่าพิกัด (x,y)
- 3.3.11 ทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์

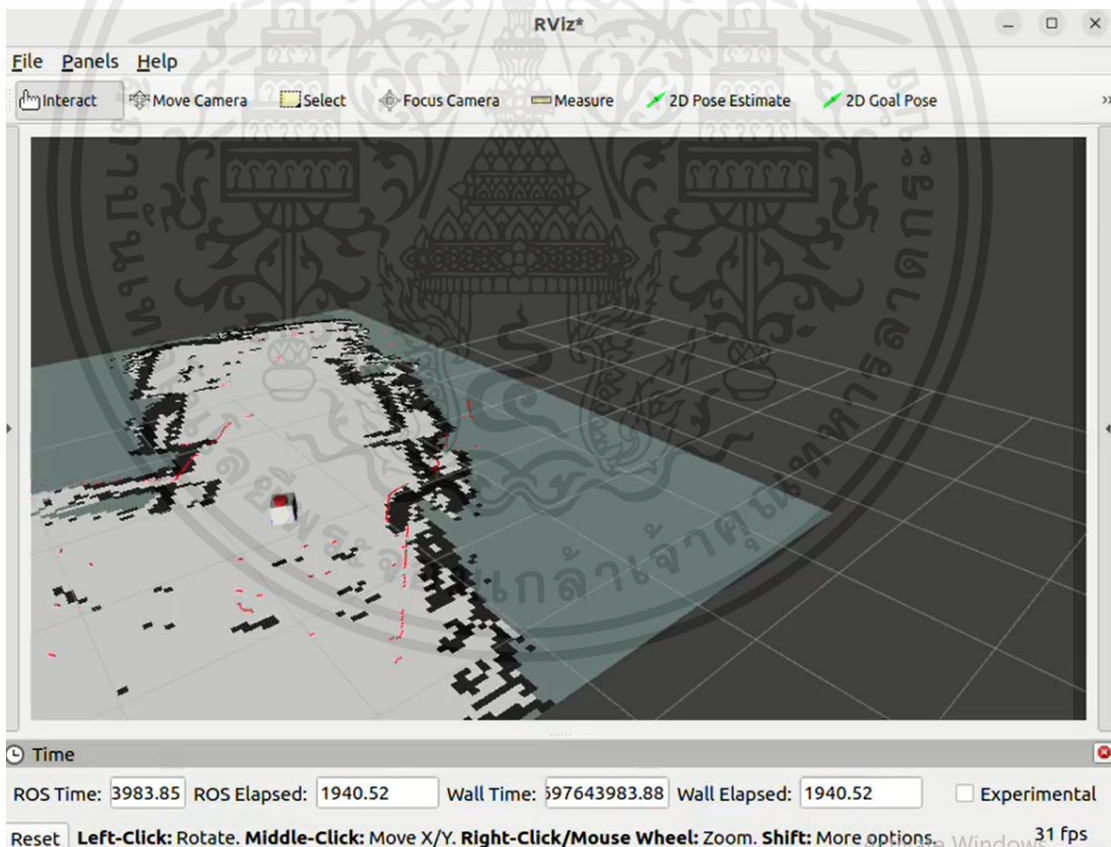
บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผู้จัดทำได้ทำการเก็บผลการทำงานของระบบ โดยแบ่งการทดลองและจัดเก็บผลการทดลองเป็นส่วนๆ ดังต่อไปนี้

4.1 ผลทดสอบการเก็บ SLAM ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม

ทำการเก็บค่าของ SLAM ของหุ่นยนต์โดยใช้โปรแกรม RVIZ โดยจะใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในเครือข่ายวงเดียวกัน ในการเข้าใช้ Raspberry Pi4 Model B โดยจะทำการทดลองในห้องขนาดกว้าง 6.85 เมตร ความยาว 7.68 เมตร ซึ่งจะทำการเก็บค่า SLAM ไว้ เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยจะมีการตรวจจับวัตถุที่กีดขวางเสมอ โดยจะแสดงผลภาพ SLAM ที่เก็บไว้ได้แสดงดังรูปที่ 4.1

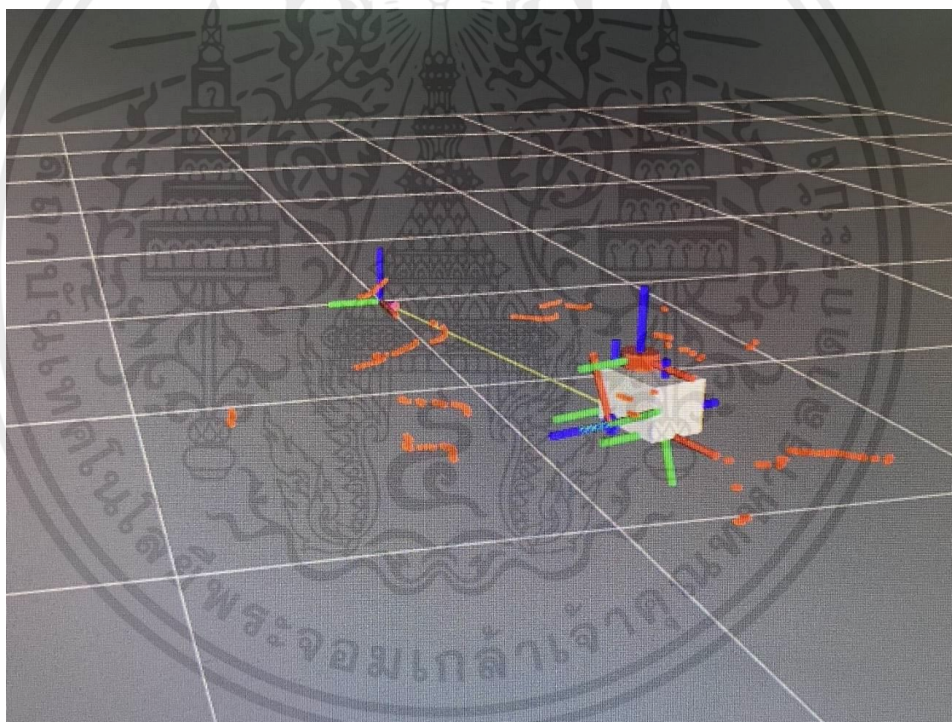


รูปที่ 4.1 ผลลัพธ์ของ SLAM ที่เก็บไว้ได้จากหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลทดสอบการเก็บแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์ตามสภาพแวดล้อม

ทำการเก็บแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์โดยใช้โปรแกรม RVIZ โดยจะใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในเครือข่ายวงเดียวกัน ในการเข้าใช้ Raspberry Pi4 Model โดยจะทำการทดลองในห้องขนาดกว้าง 3.6 เมตร ความยาว 4.2 เมตร ซึ่งจะทำการเก็บแผนที่จาก LiDAR เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ โดยจะมีการตรวจจับวัตถุที่กีดขวางเสมอ ซึ่งจะขึ้นเป็นขีดสีแดง เพื่อแสดงแผนที่แสดง LiDAR ที่ตรวจจับสิ่งกีดขวางเจอแล้วจะทำการใช้การแปลงข้อมูล (Transform) ใน ROS2 สำหรับข้อมูลจาก LiDAR (Light Detection and Ranging) นั้นส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบ TF2 (Transform Library) ของ ROS2 เพื่อแปลงข้อมูลพิกัดเซส (XYZ) หรือตำแหน่งของจุดจาก LiDAR จากระบบพิกัดเซสของ LiDAR ไปเป็นระบบพิกัดเซสของหุ่นยนต์ โดยจะแสดงภาพแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์ที่เก็บไว้ได้แสดงดังรูปที่ 4.2

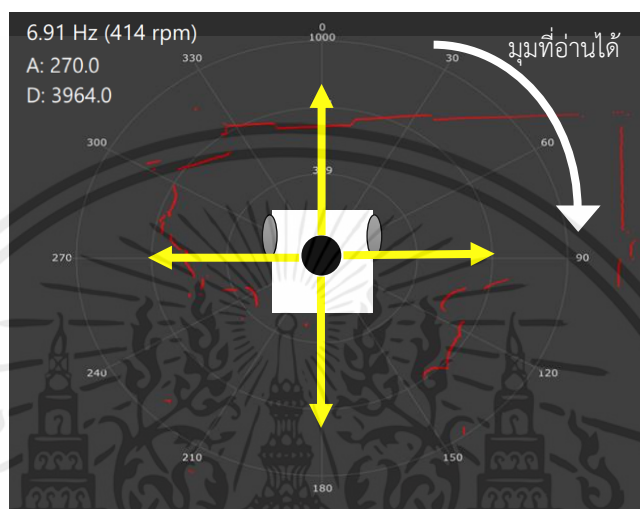


รูปที่ 4.2 การเก็บแผนที่จาก LiDAR ของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วิเคราะห์การรับค่าของการใช้งานเซนเซอร์ LiDAR

ผลการหาประสิทธิภาพของ LiDAR ที่ระยะต่างๆ ที่กำหนดไว้ เพื่อประเมินการมี ประสิทธิภาพของ LiDAR โดยที่จะวัดด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้ายและด้านขวาจะได้ด้านหน้าเป็นมุม 180 องศา ด้านหลังจะเป็นมุม 0 องศา ด้านซ้ายจะเป็นมุม 90 องศา ด้านขวาจะเป็นมุม 270 องศา



รูปที่ 4.3 แบบจำลองการวัดความคลาดเคลื่อนของ LiDAR

จากตารางแสดงการเก็บผลประสิทธิภาพของ LiDAR โดยใช้โปรแกรม SLAMTEC RoboStudio ส่งข้อมูลผ่านการต่อ Port แบบ USB จะสามารถบอกระยะที่ LiDAR ตรวจสิ่งกีดขวาง เจอเป็นระยะทางในหน่วยมิลลิเมตร (mm) กำหนดระยะการเก็บผลตั้งแต่ 0.1 เมตร จนถึง 5.0 เมตร จะได้ผลดังนี้ ด้านหน้าจะสามารถอ่านกราฟวงกลมได้มุม 180 องศา, ด้านหลังจะสามารถอ่านกราฟวงกลมได้มุม 0 องศา, ด้านซ้ายจะสามารถอ่านกราฟวงกลมได้มุม 270 องศา และด้านขวาจะสามารถอ่านกราฟวงกลมได้มุม 90 องศา ดังรูปที่ 4.9 และค่าระยะทางที่ได้มานั้นเป็นค่าที่ได้จากการวัดระยะ จากตำแหน่งที่กำหนดจนถึงจุดศูนย์กลางของตัวเซนเซอร์ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าการเก็บค่าผลประสิทธิภาพของ LiDAR

ด้านหน้า (180 องศา)		ด้านหลัง (0 องศา)		ด้านซ้าย (90 องศา)		ด้านขวา (270 องศา)	
ค่าจริง(m)	ค่าที่วัดได้ (m)	ค่าจริง(m)	ค่าที่วัดได้ (m)	ค่าจริง(m)	ค่าที่วัดได้ (m)	ค่าจริง(m)	ค่าที่วัดได้ (m)
0.100	0.099	0.100	0.098	0.100	0.105	0.100	0.100
0.200	0.204	0.200	0.201	0.200	0.203	0.200	0.196
0.300	0.306	0.300	0.302	0.300	0.306	0.300	0.297
0.400	0.403	0.400	0.405	0.400	0.406	0.400	0.397
0.500	0.504	0.500	0.506	0.500	0.505	0.500	0.505
0.600	0.612	0.600	0.602	0.600	0.609	0.600	0.607

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

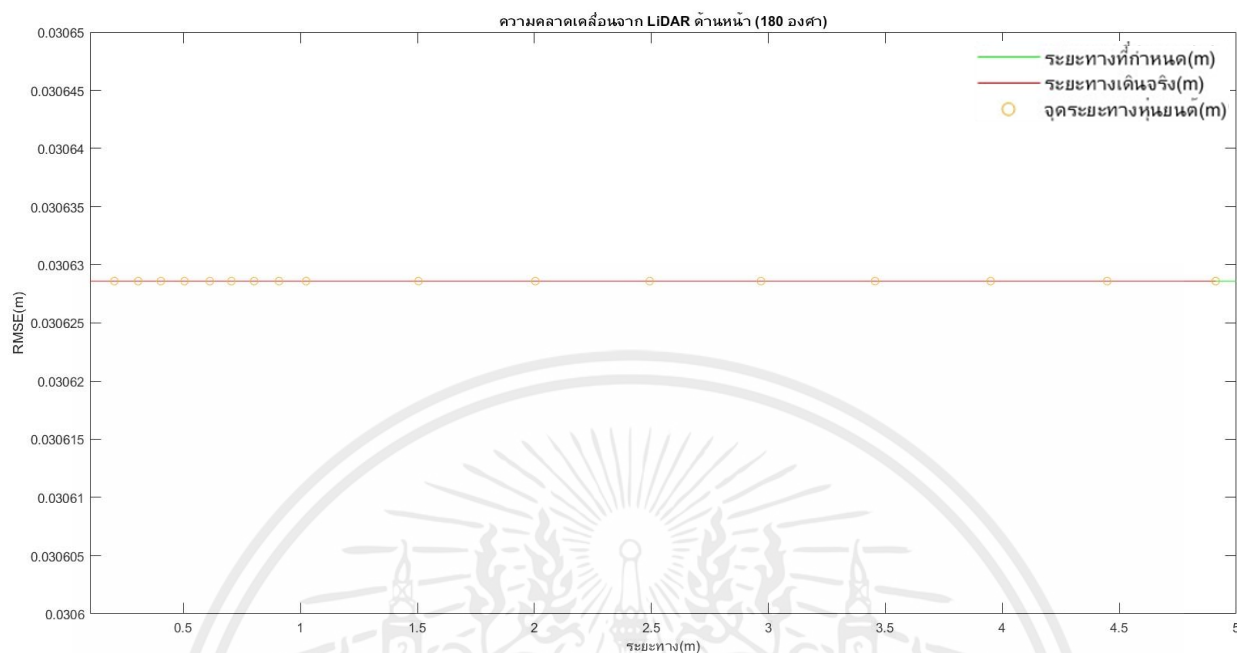
ด้านหน้า (180 องศา)	ด้านหลัง (0 องศา)	ด้านซ้าย (90 องศา)	ด้านขวา (270 องศา)	ด้านหน้า (180 องศา)	ด้านหลัง (0 องศา)	ด้านซ้าย (90 องศา)	ด้านขวา (270 องศา)
0.700	0.704	0.700	0.708	0.700	0.707	0.700	0.717
0.800	0.802	0.800	0.804	0.800	0.805	0.800	0.807
0.900	0.908	0.900	0.900	0.900	0.909	0.900	0.905
1.000	1.024	1.000	1.012	1.000	1.005	1.000	1.007
1.500	1.504	1.500	1.494	1.500	1.495	1.500	1.485
2.000	2.004	2.000	1.986	2.000	1.997	2.000	1.981
2.500	2.492	2.500	2.500	2.500	2.491	2.500	2.475
3.000	2.968	3.000	2.976	3.000	2.963	3.000	2.971
3.500	3.456	3.500	3.448	3.500	3.455	3.500	3.459
4.000	3.950	4.000	3.946	4.000	3.939	4.000	3.951
4.500	4.448	4.500	4.480	4.500	4.463	4.500	4.431
5.000	4.912	5.000	4.944	5.000	4.959	5.000	4.943

จากตารางจะเห็นว่าผลที่ได้ มีความใกล้เคียงกับระยะจริง ซึ่งนำไปใช้ในการตรวจสอบระยะวัตถุ เพื่อหลีกเลี่ยงการชน

4.3.1 วิเคราะห์การคลาดเคลื่อนของการใช้งานเซนเซอร์ LiDAR ที่ได้จากค่าคลาดเคลื่อนที่เก็บได้มา plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป

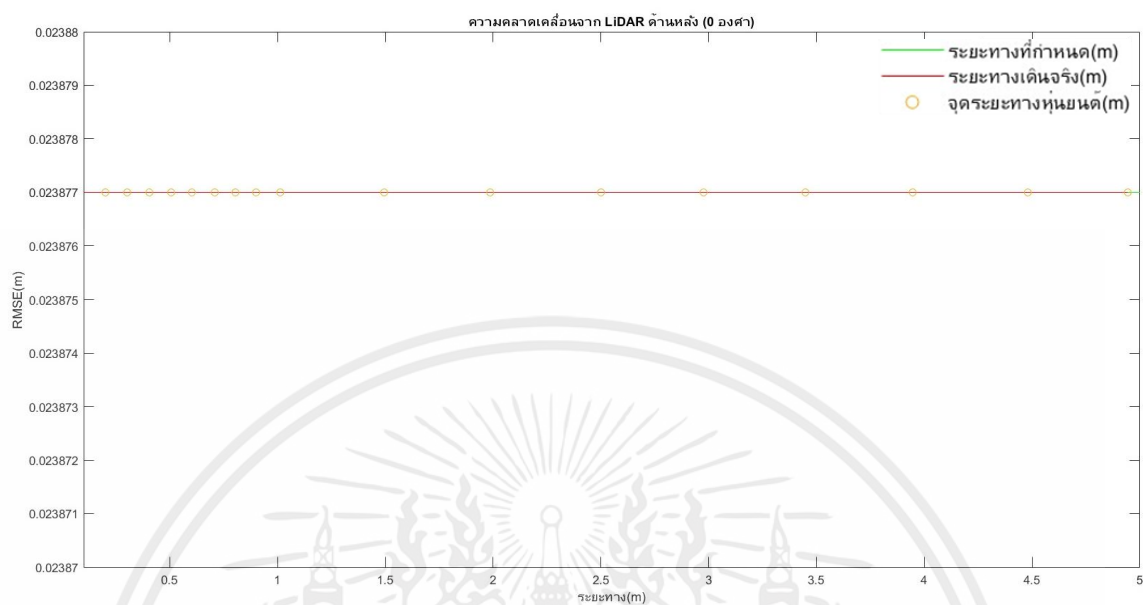
เมื่อทำการทดสอบการใช้ LiDAR ที่ใช้ในการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ จะทำการเก็บค่าที่ได้จากระยะที่เก็บได้ตามระยะต่างๆ โดยจะทำการ plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแลป ซึ่งจะแสดงค่าระยะที่กำหนด (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ซึ่งจะ plot ตามด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย และด้านขวา ซึ่งแต่ละด้านหน้าจะเป็นมุม 180 องศา ด้านหลังจะเป็นมุม 0 องศา ด้านซ้ายจะเป็นมุม 90 องศา ด้านขวาจะเป็นมุม 270 องศา

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้จากส่วนด้านหน้า (180 องศา) กราฟสีแดง คือ ระยะทางเดินจริง และกราฟสีเขียวคือ ระยะทางที่กำหนด ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.000938 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.030629 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.4



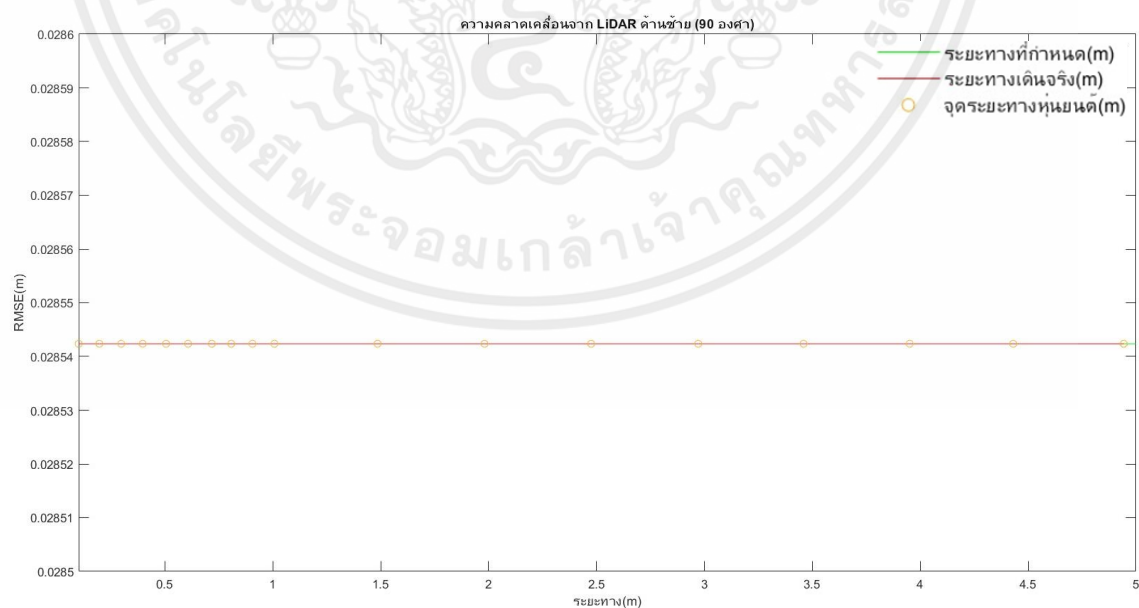
รูปที่ 4.4 ค่าของ LiDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และ ระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้ในด้านหน้า (180 องศา)

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้จากส่วนด้านหลัง (0 องศา) กราฟสีแดง คือ ระยะทางเดินจริง และกราฟสีเขียวคือ ระยะทางที่กำหนด ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.000570 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.023877 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และ ระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้ในด้านหลัง (0 องศา)

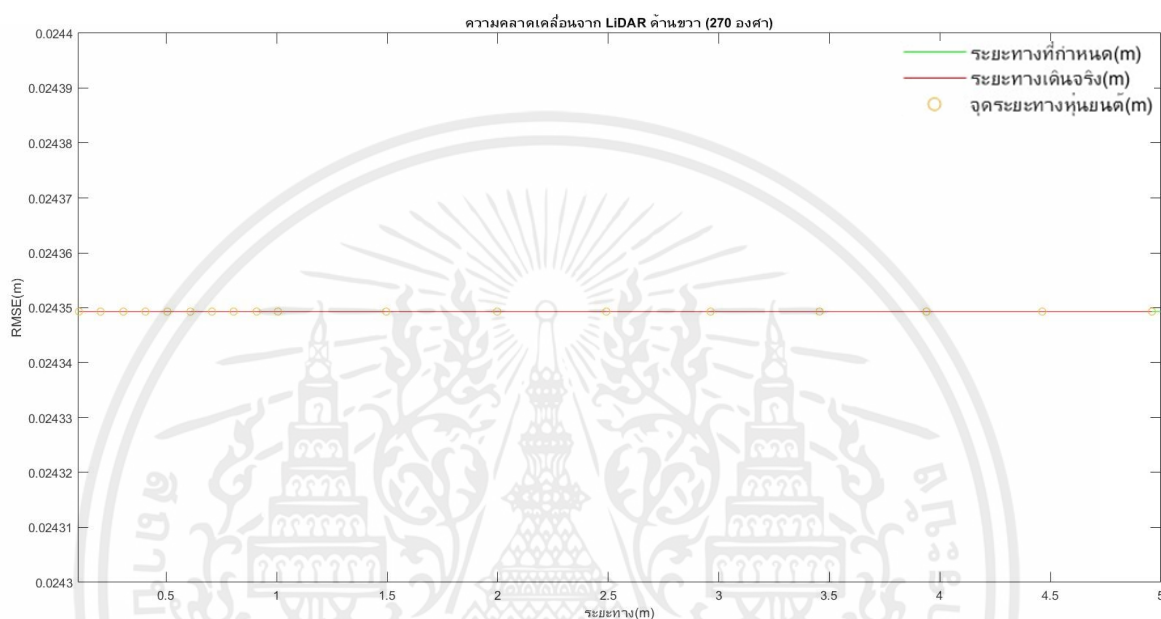
จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้จากส่วนด้านซ้าย (90 องศา) กราฟสีแดง คือ ระยะทางเดินจริง และกราฟสีเขียวคือ ระยะทางที่กำหนด ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.000593 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.024349 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ค่าของ LIDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และ ระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้ในด้านซ้าย (90 องศา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้จากส่วนด้านขวา (270 องศา) กราฟสีแดง คือ ระยะทางเดินจริง และกราฟสีเขียวคือ ระยะทางที่กำหนด ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.000815 เมตร และค่า RMSE เท่ากับ 0.028542 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงค่าของ LiDAR ที่วัดได้แล้วนำมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะทางจริง (m) และระยะทางที่วัดได้ (m) ที่เก็บได้ในด้านขวา (270 องศา)

จากกราฟจะเห็นว่าผลที่ได้จากการวัดผลการทำงานของเซนเซอร์ LiDAR นั้นมีความคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างน้อย และสามารถช่วยหุ่นยนต์ในการหลีกเลี่ยงการชนของวัตถุอื่นๆได้

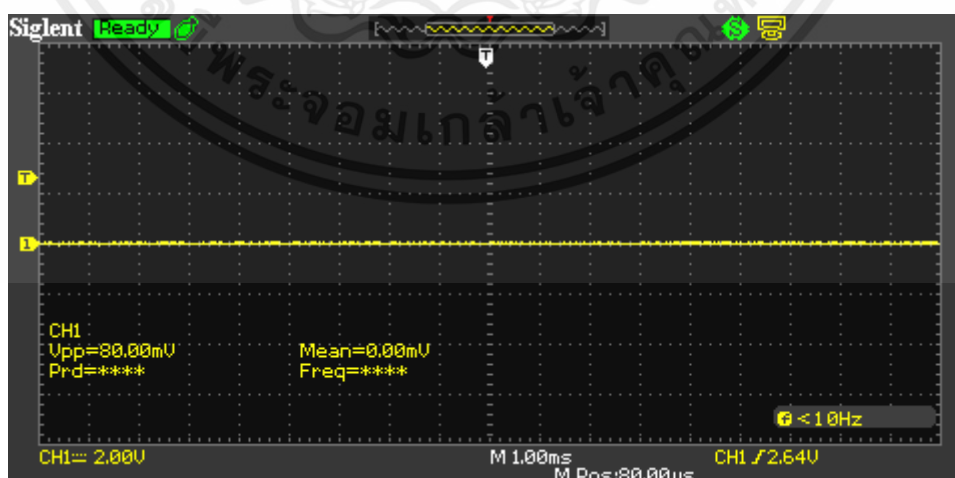
4.4 ผลทดสอบการทำงานของมอเตอร์

ผลทดสอบการทำงานของมอเตอร์ โดยวัดจากการดูค่า duty cycle จากสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) สำหรับการช่วยในการควบคุมหรือการปรับระดับความเร็วของมอเตอร์ โดยจะแสดง duty cycle ตั้งแต่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การปรับค่า duty cycle ตั้งแต่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% สำหรับการดูรอบการหมุนของล้อ

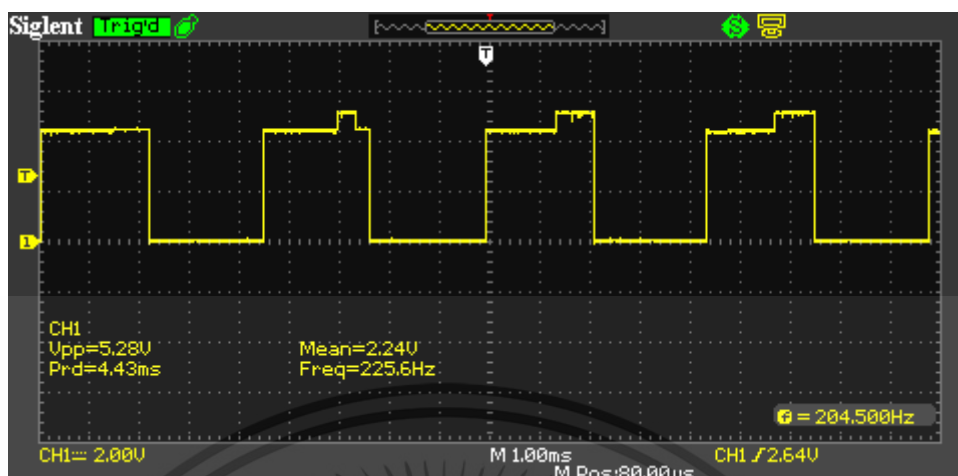
Duty cycle (bit)	Duty cycle (%)	RPM of left wheel (RPM)	RPM of right wheel (RPM)	Linear Velocity of left wheel (m/s)	Linear Velocity of right wheel (m/s)
0	0	0	0	0	0
64	25	1052	1132	6.72	7.23
127	50	3415	3608	21.80	23.04
191	75	5455	5664	34.82	35.52
255	100	8082	8280	51.59	52.86

จากรูปที่ 4.8, รูปที่ 4.9, รูปที่ 4.10, รูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 เป็นกราฟเมื่อทำการวัดค่าของ duty cycle ตั้งแต่ 0%, 25%, 50%, 75% และ 100% ที่ใช้เครื่องออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือวัดซึ่งจะทำให้เห็นรูปร่างของสัญญาณได้ดังนี้

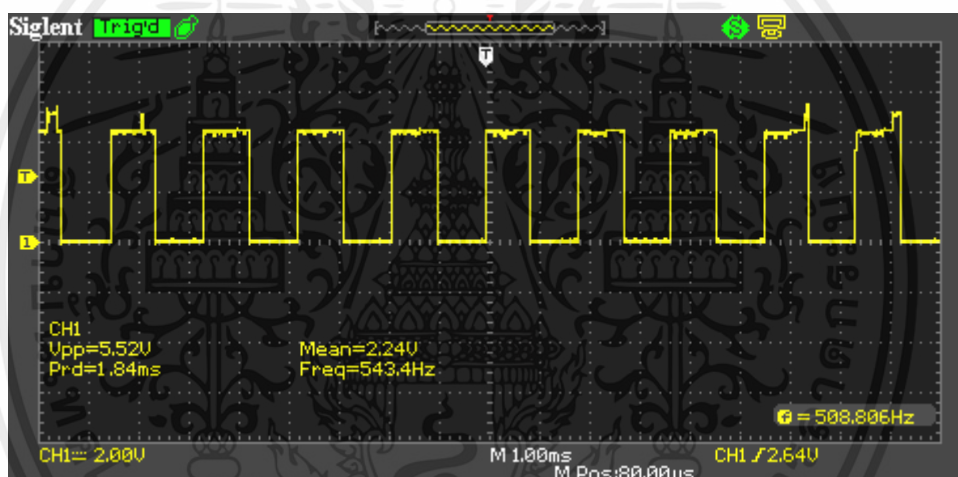


รูปที่ 4.8 ปรับค่า duty cycle 0% (0)

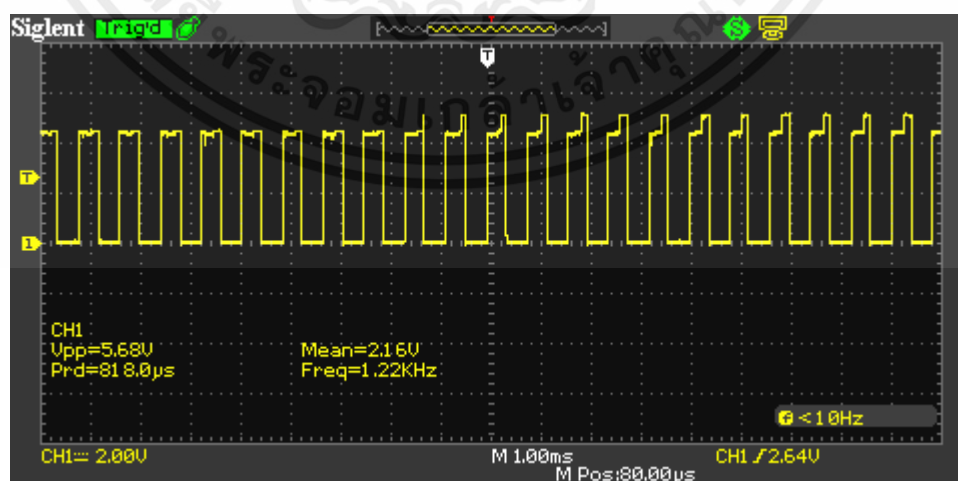
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ปรับค่า duty cycle 25% (64)

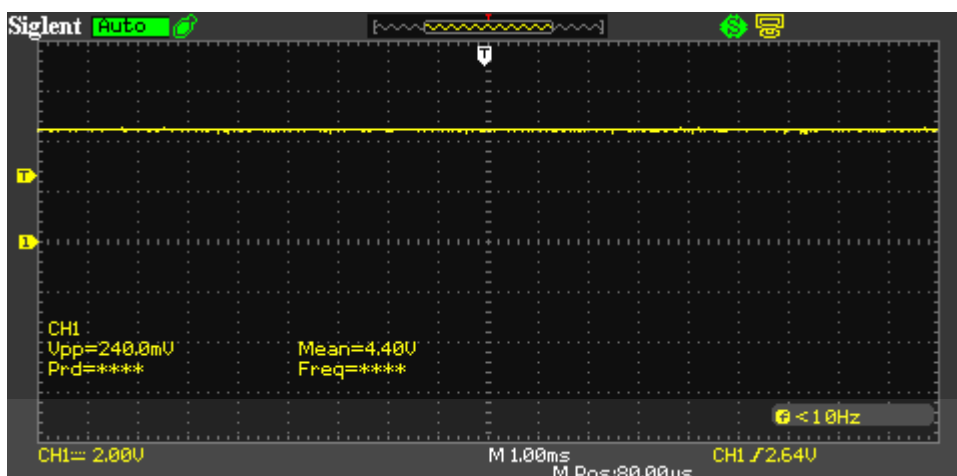


รูปที่ 4.10 ปรับค่า duty cycle 50% (127)



รูปที่ 4.11 ปรับค่า duty cycle 75% (191)

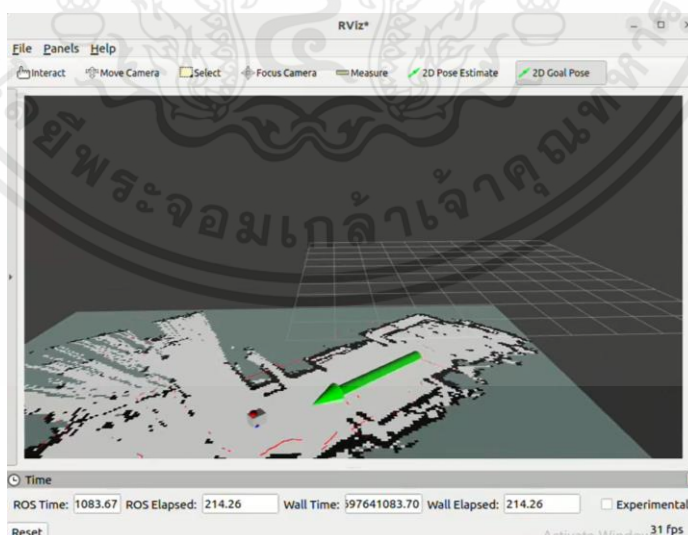
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ปรับค่า duty cycle 100% (255)

4.5 ผลทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถเดินทางไปได้ตามจุดที่กำหนดโดยใช้คำสั่ง Navigation ใน ROS2 คู่กับคำสั่ง SLAM

เมื่อทำการเก็บ SLAM และแผนที่ที่ได้จากการใช้ LiDAR ก็จะทำให้การใช้คำสั่ง Navigation เพื่อทำการเลือกระยะทางที่เราต้องการได้โดยสามารถใช้คำสั่ง Echo เพื่อดูระยะทางของหุ่นยนต์และระยะทางของจุดที่ต้องการให้หุ่นยนต์ไปถึงได้ ซึ่งจะสามารถหาระยะทางที่เลือกและระยะทางที่หุ่นยนต์ไปได้ โดยระบบ Navigation จะใช้งานโมดูล Navigation2 เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่และการนำทางหุ่นยนต์ ในสภาพแวดล้อมหนึ่ง ซึ่งการผสมการทำงานระหว่าง Navigation และ SLAM ใน ROS2 ช่วยให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในสภาพแวดล้อมของจริงหรือไม่รู้ล่วงหน้า พร้อมสร้างแผนที่และระบุตำแหน่งในขณะทำงาน โดยการใช้คำสั่ง Navigation จะมีการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 4.13

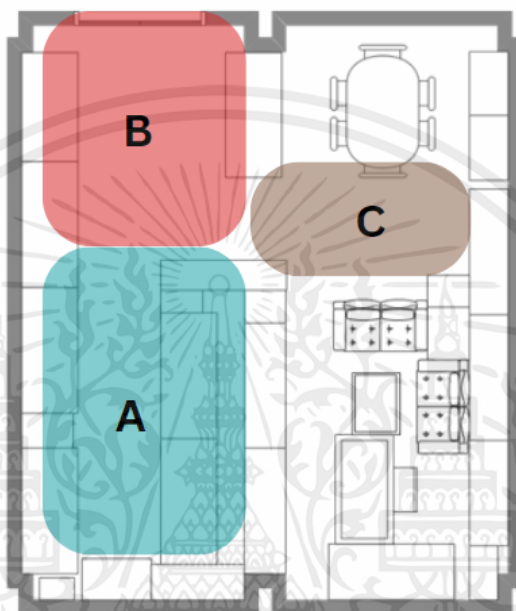


รูปที่ 4.13 แสดงการใช้คำสั่ง Navigation คู่กับคำสั่ง SLAM โดยจะเลือกระยะทางที่ต้องการแล้วหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่อัตโนมัติไปจุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วิเคราะห์การรับค่าของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์

เมื่อทำการทดสอบใช้คำสั่ง Navigation คู่กับคำสั่ง SLAM ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติได้แล้ว หลังจากนั้นจึงทำการวัดระยะการเก็บการขับเคลื่อนหุ่นยนต์เป็น 3 โซนคือ 1.บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) 2.บริเวณริมประตู (zone B) และบริเวณกลางห้อง (zone C) ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แผนที่จำลองบริเวณพื้นที่ ที่ใช้ในการเก็บผลการทำงานโดยทำการแบ่งเป็น 3 โซน

จากการเก็บผลบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) โดยวัดระยะตั้งแต่ 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ซึ่งค่าที่เก็บได้จะแสดงดังตารางที่ 4.3, 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.3 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 1 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
6	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
13	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
14	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
15	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
16	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
17	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
18	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
19	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
20	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ 4.4 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 2 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
2	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
3	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
4	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
5	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
6	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
7	2.00	1.98	0.02	0.0001	0.0120
8	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
9	2.00	1.96	0.04	0.0001	0.0120
10	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
11	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
12	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
13	2.00	1.97	0.03	0.0001	0.0120
14	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
15	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
16	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
17	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
18	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
19	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120
20	2.00	2.00	0.00	0.0001	0.0120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 3 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
2	3.00	2.98	0.02	0.0106	0.1027
3	3.00	2.97	0.03	0.0106	0.1027
4	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
5	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
6	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
7	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
8	3.00	2.78	0.22	0.0106	0.1027
9	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
10	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
11	3.00	3.12	0.12	0.0106	0.1027
12	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
13	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
14	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
15	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
16	3.00	2.98	0.02	0.0106	0.1027
17	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
18	3.00	2.87	0.13	0.0106	0.1027
19	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027
20	3.00	3.00	0.00	0.0106	0.1027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บผลบริเวณริมประตู (zone B) โดยวัดระยะตั้งแต่ 1 เมตร และ 2 เมตร เนื่องจากมีพื้นที่การใช้งานที่ค่อนข้างจำกัด ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ซึ่งค่าที่เก็บได้จะแสดงดังตารางที่ 4.6 และ 4.7

ตารางที่ 4.6 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณริมหน้าต่าง (zone B) ที่ระยะ 1 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
6	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
8	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
10	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
11	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
12	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
13	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
14	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
15	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
16	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
17	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
18	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
19	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
20	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณริมประตู (zone B) ที่ระยะ 2 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	2.00	1.84	0.16	0.0013	0.0358
2	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
3	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
4	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
5	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
6	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
7	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
8	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
9	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
10	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
11	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
12	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
13	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
14	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
15	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
16	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
17	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
18	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
19	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358
20	2.00	2.00	0.00	0.0013	0.0358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บผลบริเวณกลางห้อง (zone C) โดยวัดระยะตั้งแต่ 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร และ 4 เมตร ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ซึ่งค่าที่เก็บได้จะแสดงดังตารางที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.8 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณกลางห้อง (zone C) ที่ระยะ 1 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
2	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
3	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
4	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
5	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
6	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
7	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
8	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
9	1.00	0.87	0.13	0.0008	0.0291
10	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
11	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
12	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
13	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
14	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
15	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
16	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
17	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
18	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
19	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291
20	1.00	1.00	0.00	0.0008	0.0291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณกลางห้อง (zone C) ที่ระยะ 2 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
2	2.00	1.85	0.15	0.0106	0.1028
3	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
4	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
5	2.00	1.80	0.20	0.0106	0.1028
6	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
7	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
8	2.00	1.88	0.00	0.0106	0.1028
9	2.00	1.74	0.26	0.0106	0.1028
10	2.00	1.91	0.09	0.0106	0.1028
11	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
12	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
13	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
14	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
15	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
16	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
17	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
18	2.00	2.00	0.00	0.0106	0.1028
19	2.00	1.81	0.19	0.0106	0.1028
20	2.00	1.85	0.15	0.0106	0.1028

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณกลางห้อง (zone C) ที่ระยะ 3 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
2	3.00	2.91	0.09	0.0013	0.0361
3	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
4	3.00	2.95	0.05	0.0013	0.0361
5	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
6	3.00	2.89	0.11	0.0013	0.0361
7	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
8	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
9	3.00	2.95	0.05	0.0013	0.0361
10	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
11	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
12	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
13	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
14	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
15	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
16	3.00	2.97	0.03	0.0013	0.0361
17	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
18	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
19	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361
20	3.00	3.00	0.00	0.0013	0.0361

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) บริเวณกลางห้อง (zone C) ที่ระยะ 4 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	4.00	4.05	0.05	0.0018	0.0422
2	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
3	4.00	3.97	0.03	0.0018	0.0422
4	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
5	4.00	3.95	0.05	0.0018	0.0422
6	4.00	3.90	0.10	0.0018	0.0422
7	4.00	3.98	0.12	0.0018	0.0422
8	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
9	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
10	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
11	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
12	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
13	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
14	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
15	4.00	3.93	0.07	0.0018	0.0422
16	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
17	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
18	4.00	3.88	0.12	0.0018	0.0422
19	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422
20	4.00	4.00	0.00	0.0018	0.0422

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บผลโดยการส่งงานหุ่นยนต์ให้ขับเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเป้าหมาย โดยการตั้งจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 5 เมตร ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ซึ่งค่าที่เก็บได้จะแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) จุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 5 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	5.00	4.60	0.40	0.0437	0.2090
2	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
3	5.00	4.93	0.07	0.0437	0.2090
4	5.00	4.97	0.03	0.0437	0.2090
5	5.00	4.87	0.13	0.0437	0.2090
6	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
7	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
8	5.00	4.98	0.02	0.0437	0.2090
9	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
10	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
11	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
12	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
13	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090
14	5.00	4.56	0.44	0.0437	0.2090
15	5.00	4.89	0.11	0.0437	0.2090
16	5.00	4.80	0.20	0.0437	0.2090
17	5.00	4.75	0.25	0.0437	0.2090
18	5.00	4.39	0.61	0.0437	0.2090
19	5.00	4.90	0.10	0.0437	0.2090
20	5.00	5.00	0.00	0.0437	0.2090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บผลโดยการสั่งงานหุ่นยนต์ให้ขับเคลื่อนจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดเป้าหมาย โดยการตั้งจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 6 เมตร ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ซึ่งค่าที่เก็บได้จะแสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) จุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 6 เมตร

ครั้งที่	ระยะทางที่เลือก (m)	ระยะทางหุ่นยนต์ (m)	Error (m)	MSE (m)	RMSE (m)
1	6.00	6.00	0.00	0.8929	0.9449
2	6.00	6.00	0.00	0.8929	0.9449
3	6.00	5.80	0.20	0.8929	0.9449
4	6.00	4.97	1.03	0.8929	0.9449
5	6.00	5.20	0.80	0.8929	0.9449
6	6.00	5.10	0.90	0.8929	0.9449
7	6.00	5.00	1.00	0.8929	0.9449
8	6.00	4.90	1.10	0.8929	0.9449
9	6.00	5.13	0.87	0.8929	0.9449
10	6.00	5.19	0.81	0.8929	0.9449
11	6.00	5.75	0.25	0.8929	0.9449
12	6.00	4.45	1.55	0.8929	0.9449
13	6.00	4.80	1.20	0.8929	0.9449
14	6.00	5.96	0.04	0.8929	0.9449
15	6.00	4.30	1.70	0.8929	0.9449
16	6.00	5.63	0.37	0.8929	0.9449
17	6.00	5.20	0.80	0.8929	0.9449
18	6.00	4.30	1.70	0.8929	0.9449
19	6.00	4.90	1.10	0.8929	0.9449
20	6.00	5.90	0.10	0.8929	0.9449

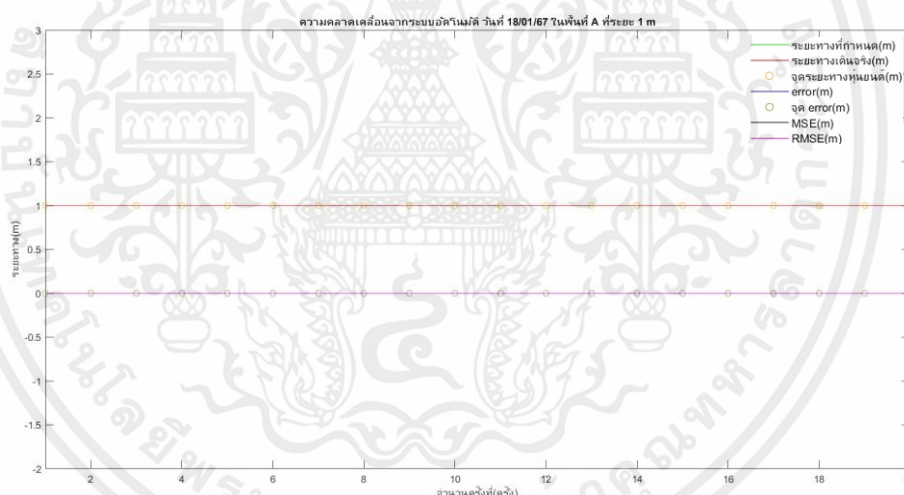
จากตารางจะเห็นว่าผลที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย โดยที่การทำงานของระบบ Navigation จะมีความเกี่ยวข้องกับระบบการขับเคลื่อนของ Driver, ระบบเซ็นเซอร์ของ LiDAR และระบบการเก็บแผนที่ของ SLAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 วิเคราะห์การคลาดเคลื่อนของระบบ Navigation ที่ใช้ในการเคลื่อนที่อัตโนมัติของหุ่นยนต์จากค่าที่เก็บได้มา plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแล็บ

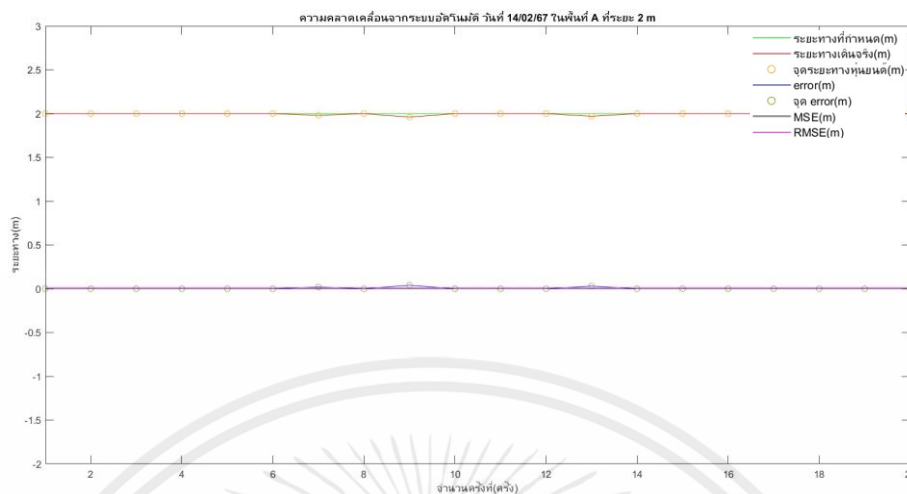
เมื่อทำการทดสอบใช้คำสั่ง Navigation คู่กับคำสั่ง SLAM ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติได้แล้ว จากการวัดระยะการเก็บการขับเคลื่อนหุ่นยนต์เป็น 3 โซนคือ 1.บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) 2.บริเวณริมประตู (zone B) และบริเวณกลางห้อง (zone C) ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) โดยจะทำการ plot กราฟดูความสัมพันธ์ในโปรแกรมแมทแล็บ ซึ่งจะแสดงค่าระยะทางที่เลือก (m), ค่าระยะทางหุ่นยนต์ (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m)

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 1 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.15



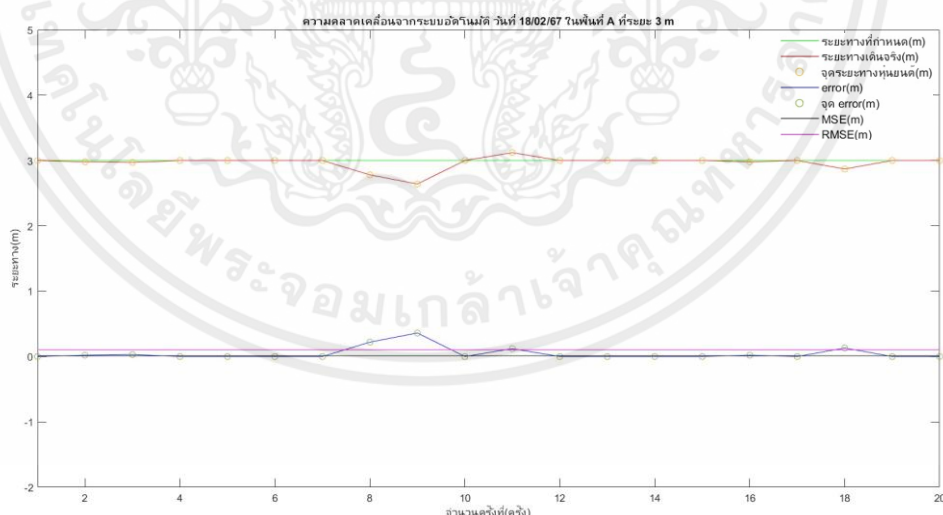
รูปที่ 4.15 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 1 เมตร

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 2 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 2 เมตร

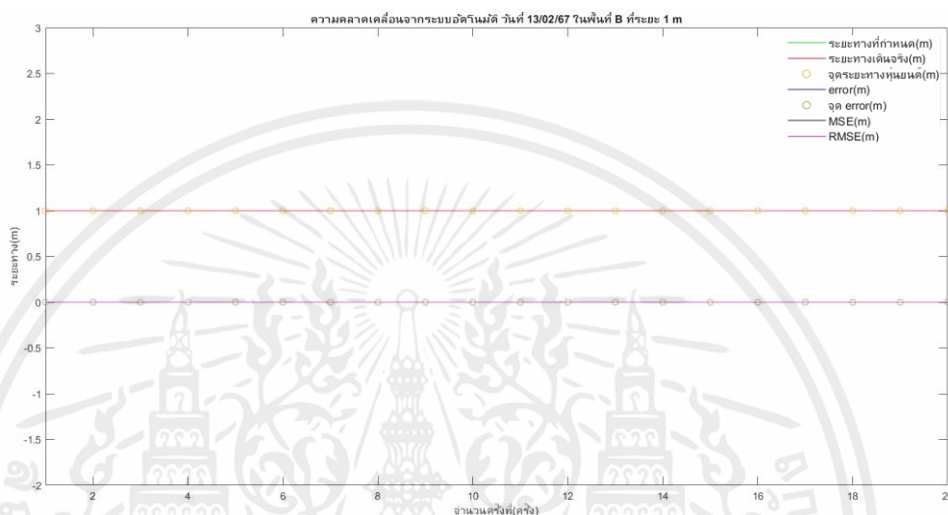
จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 3 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณริมหน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 3 เมตร

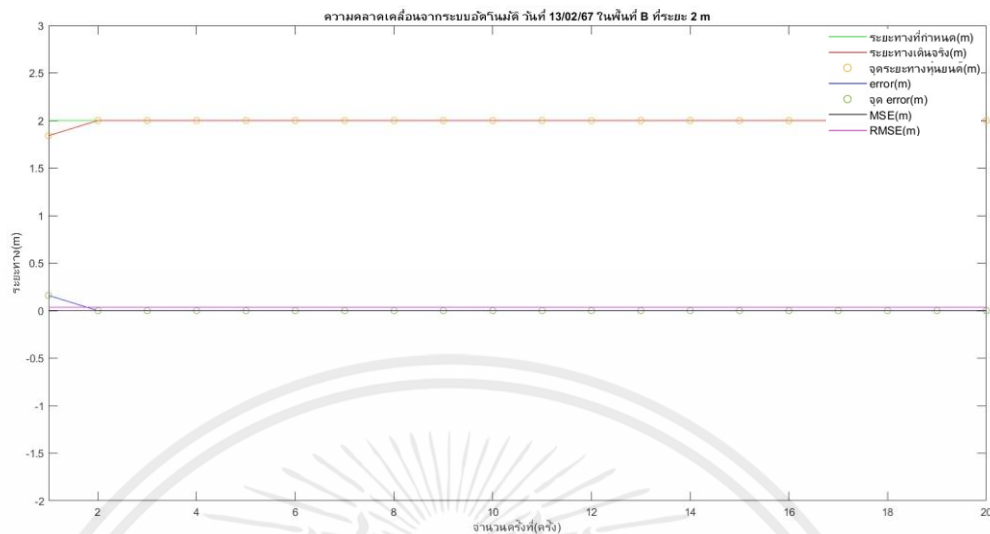
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมประตู (zone B) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 1 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.18



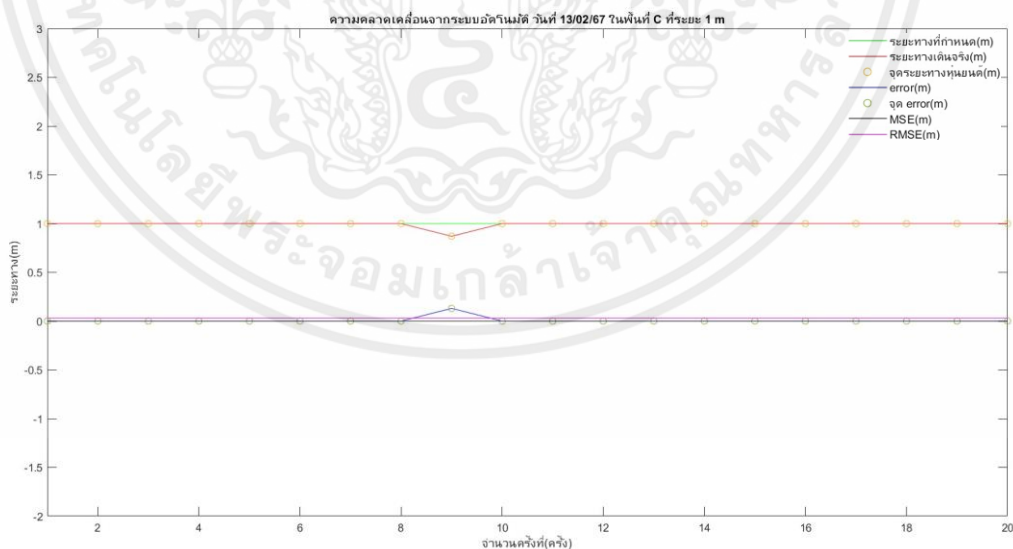
รูปที่ 4.18 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณริมประตู (zone B) ที่ระยะ 1 เมตร

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมประตู (zone B) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 2 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณริมประตู (zone B) ที่ระยะ 2 เมตร

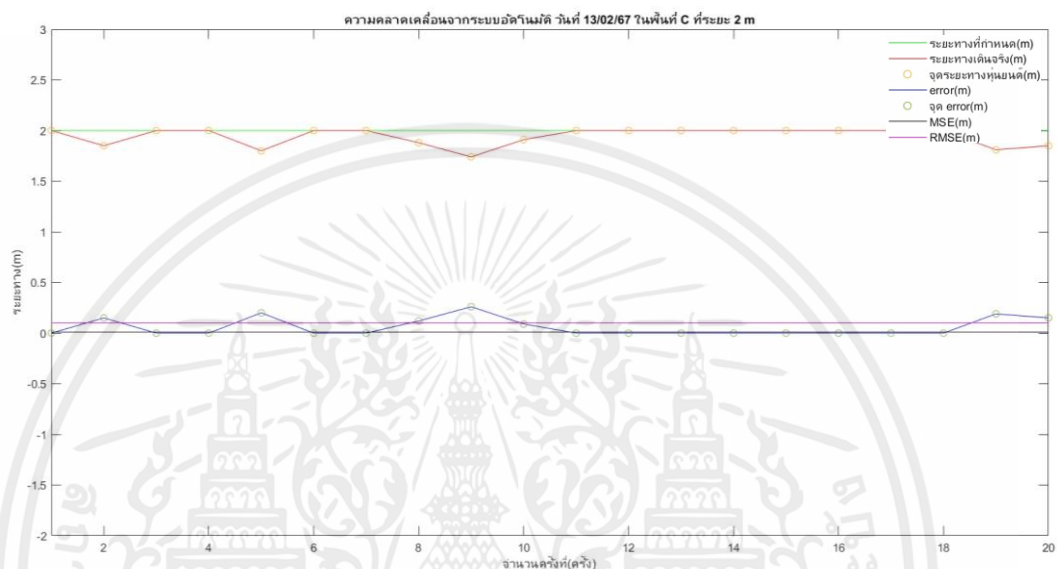
จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณริมส่วนกลาง (zone C) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 1 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (zone C) ที่ระยะ 1 เมตร

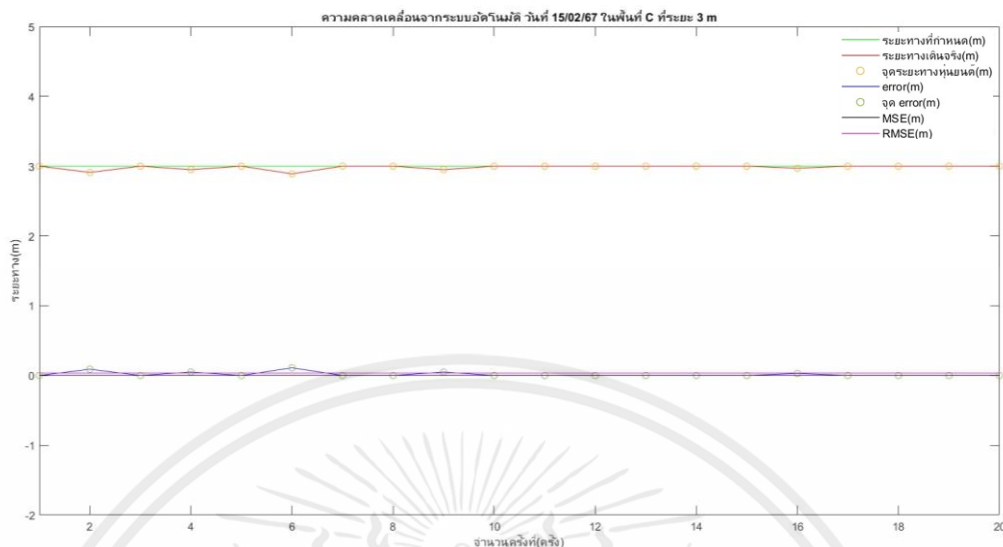
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณส่วนกลาง (zone C) โดยกราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียวย คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 2 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.21



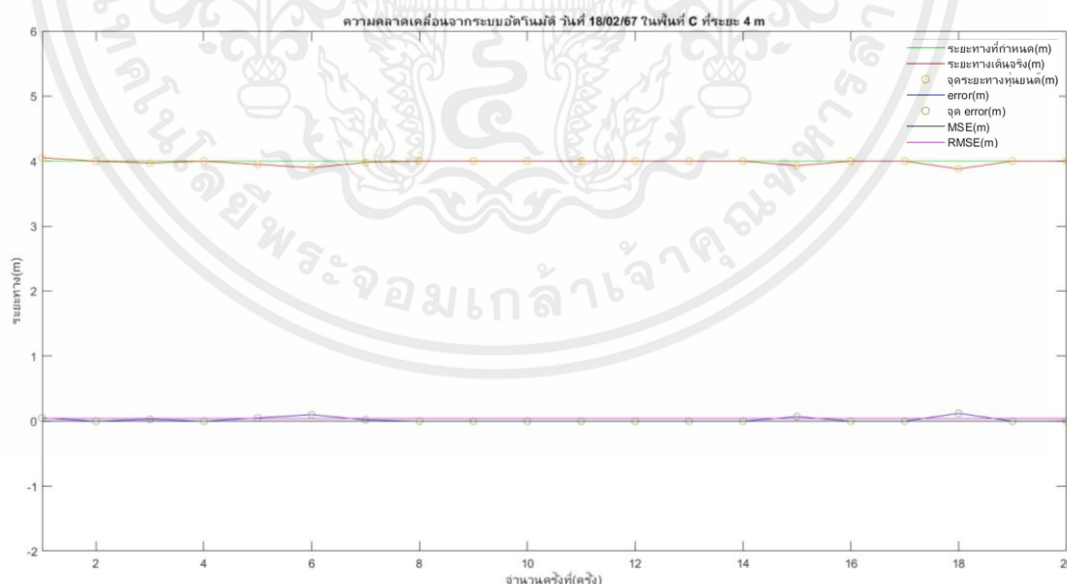
รูปที่ 4.21 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณบริเวณส่วนกลาง (zone C) ที่ระยะ 2 เมตร

จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณส่วนกลาง (zone C) โดยกราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียวย คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 3 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.22



รูปท 4.22 คาระยะทางที่กำหนด (m), คาระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (zone C) ที่ระยะ 3 เมตร

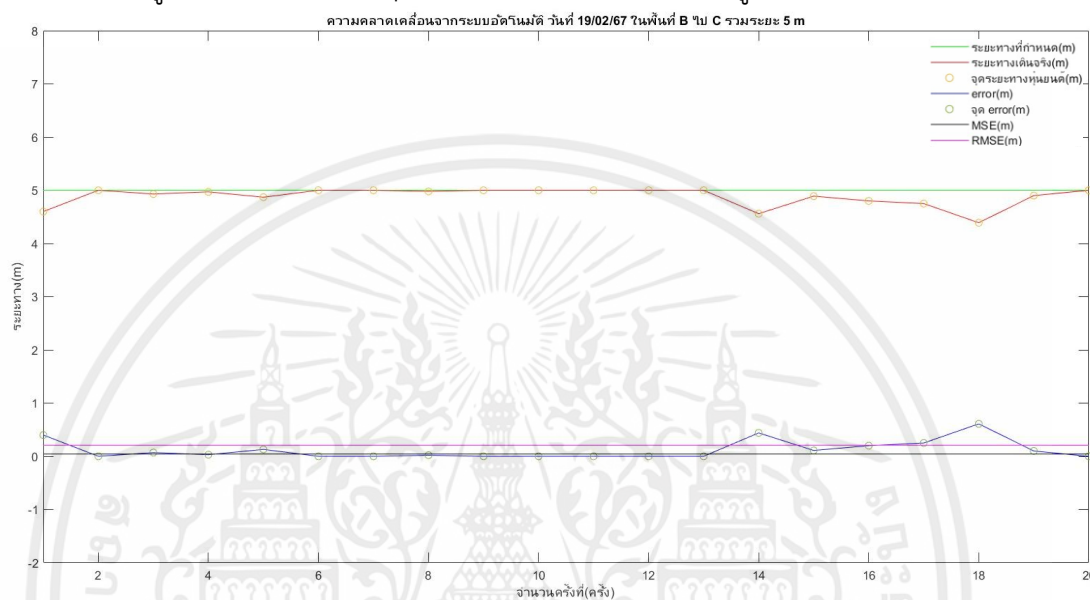
จากกราฟแสดงการเก็บค่าบริเวณส่วนกลาง (zone C) โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 4 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณส่วนกลาง (zone C) ที่ระยะ 4 เมตร

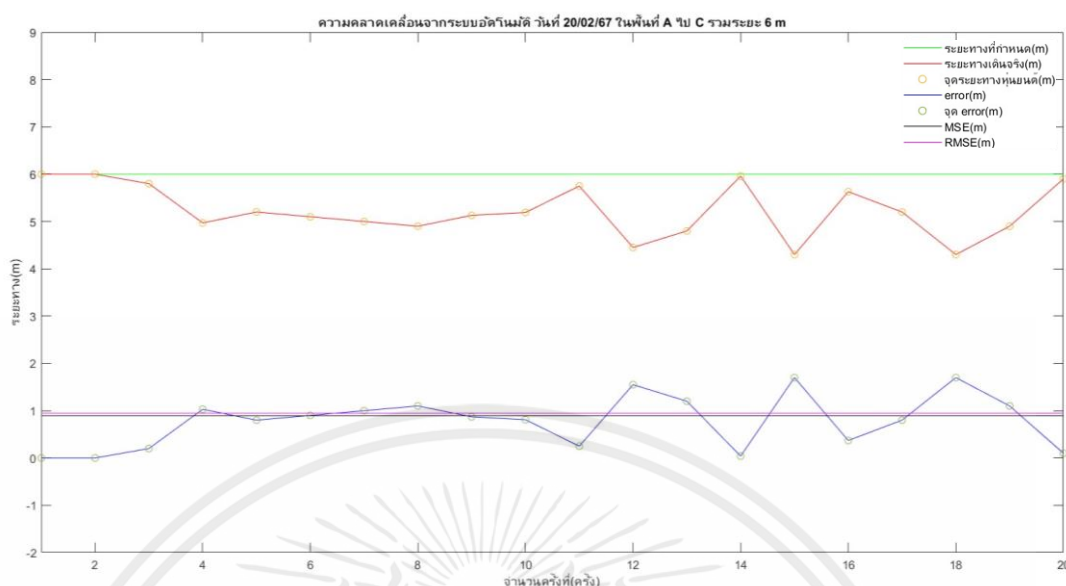
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟแสดงการเก็บค่าการขับเคลื่อนหุ่นยนต์จากจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 5 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณบริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง

จากกราฟแสดงการเก็บค่าการขับเคลื่อนหุ่นยนต์จากจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง โดยกราฟสีแดง คือ ระยะทางที่หุ่นยนต์เดินทางไปยังจุดหมาย กราฟสีเขียว คือ ระยะทางที่กำหนดให้หุ่นยนต์ไปถึงจุดหมาย โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้ใช้ระยะ 6 เมตร กราฟสีน้ำเงิน คือ แสดงผลต่างของความคลาดเคลื่อนของหุ่นยนต์ กราฟสีดำ คือ ค่า Mean Squared Error (MSE) และกราฟสีชมพู คือ Root Mean Squared Error (RMSE) แสดงดังรูปที่ 4.25



ที่ 4.25 ค่าระยะทางที่กำหนด (m), ค่าระยะเดินทางจริง (m), ค่า Error (m), MSE (m) และ RMSE (m) ที่เก็บบริเวณบริเวณริมหน้าต่างไปยังบริเวณกลางห้อง

จากกราฟจะเห็นว่าผลที่ได้จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นอยู่บางส่วน โดยที่การทำงานของระบบ Navigation จะมีความเกี่ยวข้องกับระบบการขับเคลื่อนของ Driver, ระบบเซ็นเซอร์ของ LiDAR และระบบการเก็บแผนที่ของ SLAM จึงต้องทำการปรับแก้ และพัฒนาต่อให้ดียิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต

4.7 ผลการทดสอบการรับค่า RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร

ทำการวัดค่า RSSI โดยใช้ ESP32 ตัวหนึ่งเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณ และใช้ ESP32 อีกตัวหนึ่งเป็นเครื่องรับสัญญาณ โดยทำการทดลองรับสัญญาณบริเวณชั้น 2 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ซึ่งทำการบันทึกค่า RSSI ที่วัดได้ 100 samples (1 samples/sec) ต่อ 1 ระยะทาง โดยจะวัดค่า RSSI ตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 40 เมตร ซึ่งห่างกันทุกๆ 1 เมตร และนำค่าของแต่ละระยะมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าแสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ค่าเฉลี่ย RSSI ด้วย ESP32 ภายในอาคาร

ระยะทาง (m)	ค่าเฉลี่ย RSSI (dBm)	ระยะทาง (m)	ค่าเฉลี่ย RSSI (dBm)
1	-35.69	21	-59.88
2	-43.88	22	-60.31
3	-44.96	23	-62.58
4	-48.84	24	-62.98
5	-50.25	25	-61.34
6	-52.26	26	-63.42
7	-52.86	27	-64.32
8	-53.93	28	-63.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในช่องทางใดๆ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะทาง (m)	ค่าเฉลี่ย RSSI (dBm)	ระยะทาง (m)	ค่าเฉลี่ย RSSI (dBm)
9	-53.10	29	-67.71
10	-55.39	30	-65.83
11	-56.45	31	-66.61
12	-57.99	32	-63.84
13	-59.30	33	-66.68
14	-59.85	34	-67.47
15	-56.70	35	-69.16
16	-57.82	36	-66.82
17	-58.67	37	-70.15
18	-59.88	38	-67.85
19	-60.82	39	-68.45
20	-59.42	40	-67.91

จากตารางที่วัดค่า RSSI โดยใช้ ESP32 ตัวหนึ่งเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณ และใช้ ESP32 อีกตัวหนึ่งเป็นเครื่องรับสัญญาณ สามารถรับค่า RSSI ได้ ซึ่งค่าที่ได้นั้นมีบางช่วงที่อาจเกิดจากสัญญาณรบกวน นอกจากนี้การเลือกใช้บริเวณที่ใช้ในการทดสอบก็มีผลกับการรับสัญญาณได้เช่นกัน

4.8 ผลทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัวและเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัปล่อยสัญญาณ

ทำการวัดค่า RSSI โดยใช้ ESP32 ตัวส่ง 4 ตัวเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณ และใช้ ESP32 1 ตัว เป็นเครื่องรับสัญญาณ โดยทำการทดลองในบริเวณ ชั้น 2 ภายในห้อง T203 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ซึ่งทำการบันทึกค่า RSSI ที่วัดได้จำนวน 100 samples ต่อ ตัวส่ง 1 ตัวในจุดทดสอบ โดยจะวัดทั้งหมด 149 พิกัด โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างการวัดค่า RSSI ที่จุดทดสอบที่ 1 คือ (-5,5) จะได้ค่า RSSI ของเครื่องส่งทั้ง 4 ตัว แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ค่า RSSI จากเครื่องส่ง 4 ตัวที่ติดบริเวณชั้น 2 ภายในห้อง T203 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ที่พิกัด (-5,5)

samples	RSSI (dBm) ตัวที่ 1	RSSI (dBm) ตัวที่ 2	RSSI (dBm) ตัวที่ 3	RSSI (dBm) ตัวที่ 4
1	-71	-65	-57	-57
2	-75	-72	-66	-57
3	-68	-69	-62	-59
4	-66	-69	-61	-55
5	-68	-71	-61	-59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

samples	RSSI (dBm) ตัวที่ 1	RSSI (dBm) ตัวที่ 2	RSSI (dBm) ตัว ที่ 3	RSSI (dBm) ตัว ที่ 4
6	-65	-71	-66	-55
7	-66	-66	-67	-56
8	-64	-68	-63	-57
9	-65	-67	-71	-58
10	-64	-66	-63	-56
11	-63	-65	-61	-58
12	-66	-68	-62	-57
13	-72	-66	-63	-56
14	-63	-70	-59	-57
15	-67	-66	-59	-56
.
.
.
90	-73	-54	-57	-57
91	-73	-51	-59	-59
92	-74	-51	-58	-58
93	-69	-55	-57	-57
94	-69	-54	-59	-59
95	-72	-51	-58	-58
96	-73	-47	-58	-58
97	-66	-51	-63	-58
98	-67	-51	-63	-57
99	-67	-52	-64	-58
100	-68	-52	-62	-57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ทดสอบการวัดการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัวและเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ

ทำการวัดค่า RSSI และรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศโดยใช้ ESP32 ตัวส่ง 4 ตัวเป็นเครื่องปล่อยสัญญาณ และใช้ ESP32 1 ตัว เป็นเครื่องรับสัญญาณที่มีการเชื่อมต่ออยู่กับโมดูลเข็มทิศ (GY-271) โดยทำการทดลองในบริเวณ ชั้น 2 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ซึ่งทำการบันทึกค่า RSSI ที่วัดได้จำนวน 100 samples ต่อ ตัวส่ง 1 ตัวในจุดทดสอบ โดยจะวัดทั้งหมด 149 พิกัด โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างการวัดค่า RSSI และแสดงค่ามุม สำหรับการนำไปแสดงผลตำแหน่ง และทิศทางการหันหน้าของหุ่นยนต์ แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่า RSSI จากเครื่องส่ง 4 ตัวและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ ที่ติดตั้งในบริเวณชั้น 2 ภายในห้อง T203 ของตึกภาควิชาโทรคมนาคม สจล. ที่พิกัด (-5,5)

samples	RSSI (dBm) ตัวที่ 1	RSSI (dBm) ตัวที่ 2	RSSI (dBm) ตัวที่ 3	RSSI (dBm) ตัวที่ 4	มุมทิศ (Azimuth)	ทิศทาง
1	-71	-65	-57	-57	267	West
2	-75	-72	-66	-57	268	West
3	-68	-69	-62	-59	267	West
4	-66	-69	-61	-55	255	West
5	-68	-71	-61	-59	277	West
6	-65	-71	-66	-55	266	West
7	-66	-66	-67	-56	265	West
8	-64	-68	-63	-57	266	West
9	-65	-67	-71	-58	268	West
10	-64	-66	-63	-56	268	West
11	-63	-65	-61	-58	267	West
12	-66	-68	-62	-57	266	West
13	-72	-66	-63	-56	265	West
14	-63	-70	-59	-57	266	West
.
.
.
15	-67	-66	-59	-56	268	West
90	-73	-54	-57	-57	267	West
91	-73	-51	-59	-59	268	West
92	-74	-51	-58	-58	267	West

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

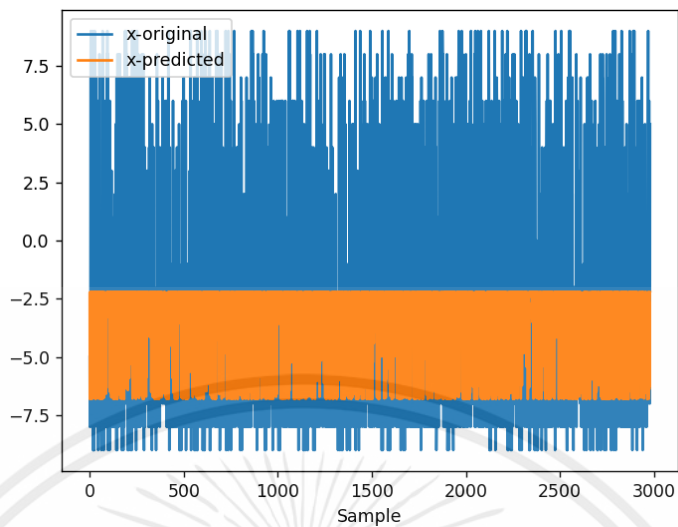
samples	RSSI (dBm) ตัวที่ 1	RSSI (dBm) ตัวที่ 2	RSSI (dBm) ตัวที่ 3	RSSI (dBm) ตัวที่ 4	มุมทิศ (Azimuth)	ทิศทาง
93	-69	-55	-57	-57	255	West
94	-69	-54	-59	-59	277	West
95	-72	-51	-58	-58	267	West
96	-73	-47	-58	-58	255	West
97	-66	-51	-63	-58	277	West
98	-67	-51	-63	-57	266	West
99	-67	-52	-64	-58	267	West
100	-68	-52	-62	-57	267	West

ผลที่ได้จากการทดสอบการการรับค่า RSSI โดยมี ESP32 เป็นเครื่องรับ 1 ตัวและเครื่องส่งอีก 4 ตัวเป็นตัวปล่อยสัญญาณและรับค่ามุมจากโมดูลเข็มทิศ สามารถนำไปใช้สำหรับการระบุตำแหน่ง และบ่งชี้ทิศทางการหันของหุ่นยนต์ได้

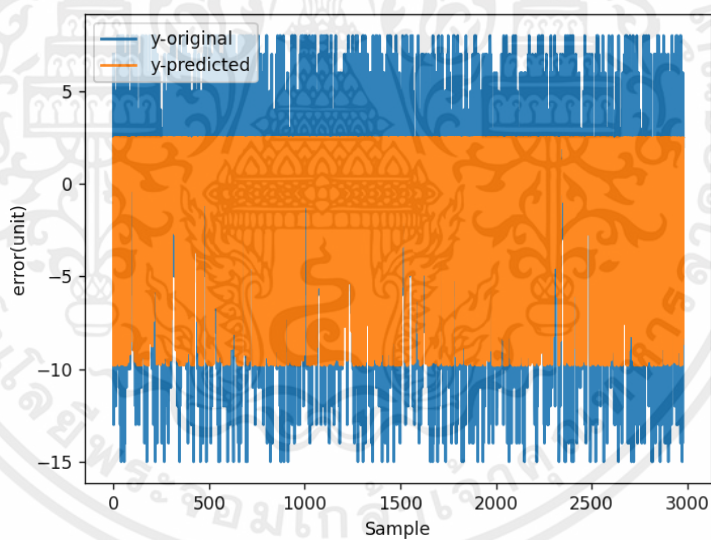
4.10 ผลทดสอบส่วนของการฝึกฝน ANN และทำนายค่าพิกัด (x,y)

ในการฝึกสอนโมเดลให้มีประสิทธิภาพและความแม่นยำในการระบุตำแหน่ง โดยกำหนดจำนวน Hidden Layer เป็น 1,2 และ3 การเปลี่ยนจำนวนโหนด (Nodes) ไปตามความเหมาะสม โดยใช้ Activation Function คือ tanh มีจำนวนการฝึกฝนที่ 300 epochs และ Batch size เท่ากับ 64 ได้ผลลัพธ์ค่า RMSE ของพิกัด x และ y ซึ่งสามารถแสดงเป็นผลการทำนายได้ดังนี้

ผลการทำนายตำแหน่ง (x,y) จากการฝึกฝน AI แบบ regression หรือการวิเคราะห์แบบถดถอย ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนเป็น 100 samples โดยกำหนดจำนวน Hidden Layer 1 Layers และ Nodes จำนวน 1 node โดยใช้ Activation Function คือ tanh มีจำนวนการฝึกฝนที่ 300 epochs และ Batch size เท่ากับ 64 ได้ผลลัพธ์ค่า RMSE ของพิกัด x และ y เท่ากับ 4.7911 และ 3.6316 ตามลำดับ มีระยะคลาดเคลื่อนของพิกัดโดยเฉลี่ย, ระยะคลาดเคลื่อนต่ำสุด และระยะคลาดเคลื่อนสูงสุด เท่ากับ 5.3055, 0.2363 และ 17.6181 ตามลำดับ โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.26 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.27 โดยแกนตั้งคือ ค่าตำแหน่งพิกัดและแกนนอนคือ จำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และแสดงกราฟ Model Loss เพื่อดูว่าการทำนายมีการ Under-fitting หรือ Over-fitting หรือไม่ดังรูปที่ 4.28

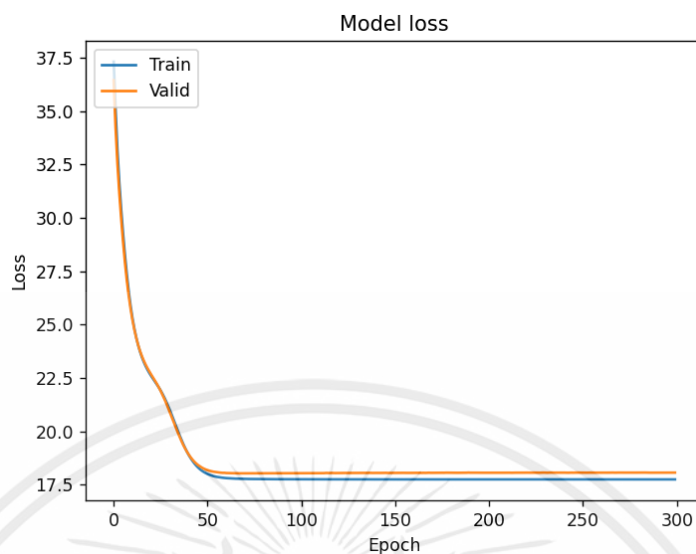


รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง)กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 1 layers จำนวน 1 node



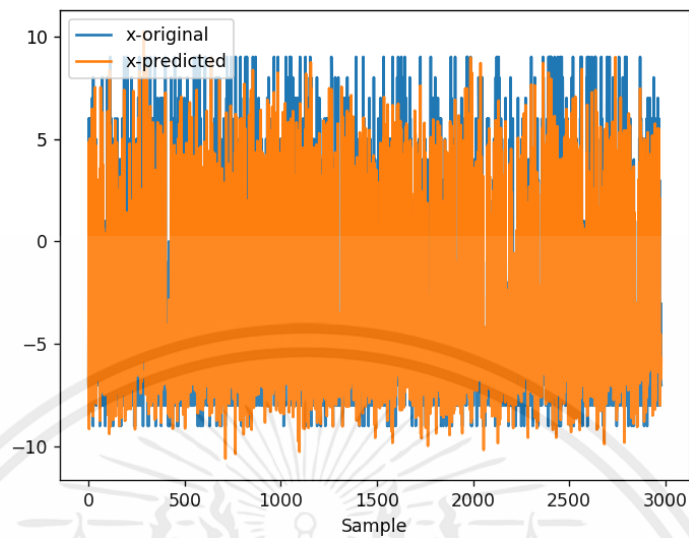
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 1 layers จำนวน 1 node

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

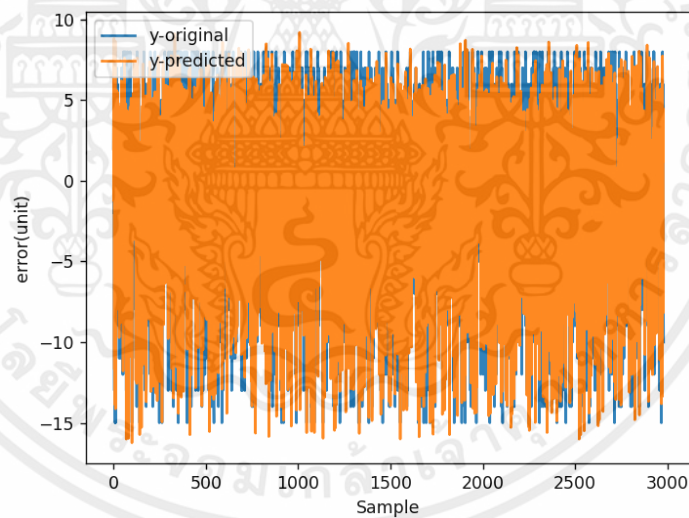


รูปที่ 4.28 กราฟ Model loss Hidden Layer 1 layers จำนวน 1 node

ผลการทำนายตำแหน่ง (x,y) จากการฝึกฝน AI แบบ regression หรือการวิเคราะห์แบบถดถอย ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนเป็น 100 samples โดยกำหนดจำนวน Hidden Layer 2 Layers และ Nodes จำนวน 108, 72 nodes โดยใช้ Activation Function คือ tanh มีจำนวนการฝึกฝนที่ 300 epochs และ Batch size เท่ากับ 64 ได้ผลลัพธ์ค่า RMSE ของพิกัด x และ y เท่ากับ 2.3835 และ 2.1991 ตามลำดับ มีระยะคลาดเคลื่อนของพิกัดโดยเฉลี่ย, ระยะคลาดเคลื่อนต่ำสุด และระยะคลาดเคลื่อนสูงสุด เท่ากับ 2.3834, 0.0135 และ 16.5475 ตามลำดับ โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.29 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.30 โดยแกนตั้งคือ ค่าตำแหน่งพิกัดและแกนนอนคือ จำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และแสดงกราฟ Model Loss เพื่อดูว่าการทำนายมีการ Under-fitting หรือ Over-fitting หรือไม่ดังรูปที่ 4.31

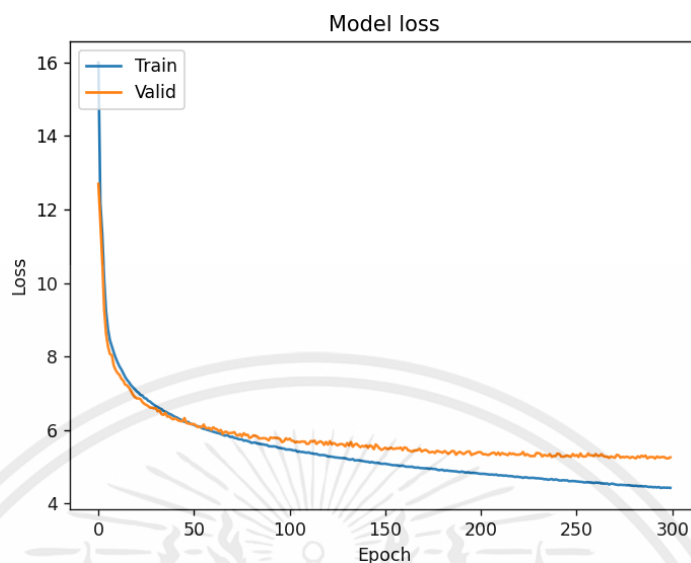


รูปที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 2 layers จำนวน 108, 72 nodes



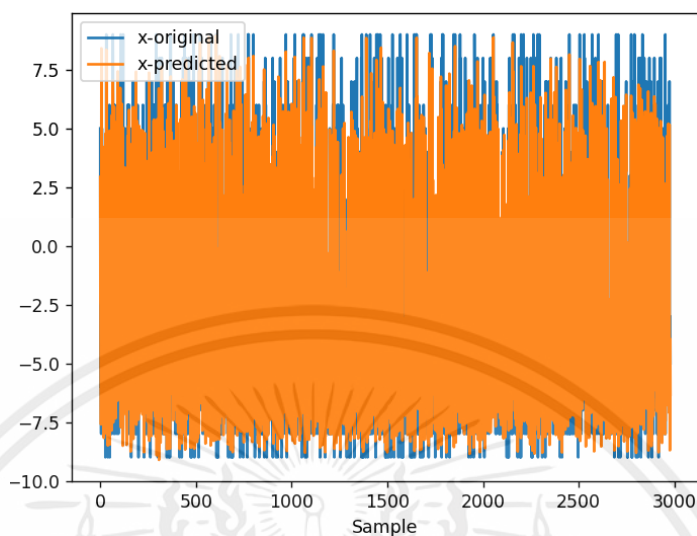
รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 2 layers จำนวน 108, 72 nodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

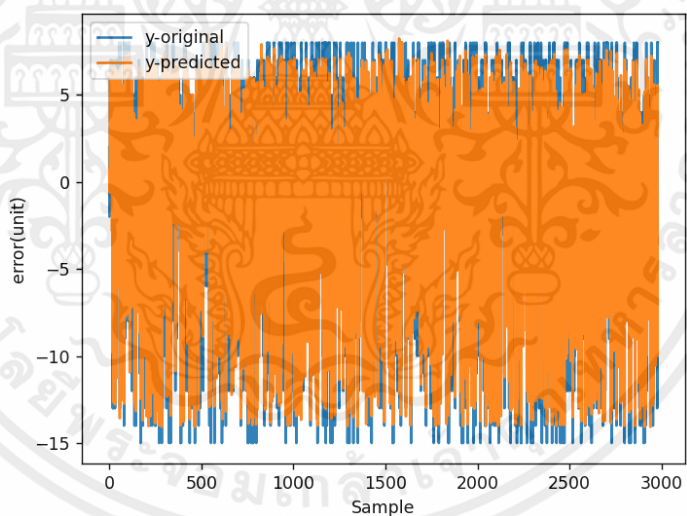


รูปที่ 4.31 กราฟ Model loss Hidden Layer 2 layers จำนวน 108, 72 nodes

ผลการทำนายตำแหน่ง (x,y) จากการฝึกฝน AI แบบ regression หรือการวิเคราะห์แบบถดถอย ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกฝนเป็น 100 samples โดยกำหนดจำนวน Hidden Layer 3 Layers และ Nodes จำนวน 108, 72, 6 nodes โดยใช้ Activation Function คือ tanh มีจำนวนการฝึกฝนที่ 300 epochs และ Batch size เท่ากับ 64 ได้ผลลัพธ์ค่า RMSE ของพิกัด x และ y เท่ากับ 2.4468 และ 2.3252 ตามลำดับ มีระยะคลาดเคลื่อนของพิกัดโดยเฉลี่ย, ระยะคลาดเคลื่อนต่ำสุด และระยะคลาดเคลื่อนสูงสุด เท่ากับ 2.4097, 0.0081 และ 17.3760 ตามลำดับ โดยแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.32 และแสดงกราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนายดังรูปที่ 4.33 โดยแกนตั้งคือ ค่าตำแหน่งพิกัดและแกนนอนคือ จำนวนตัวอย่างที่นำมาทดสอบ และแสดงกราฟ Model Loss เพื่อดูว่าการทำนายมีการ Under-fitting หรือ Over-fitting หรือไม่ดังรูปที่ 4.34

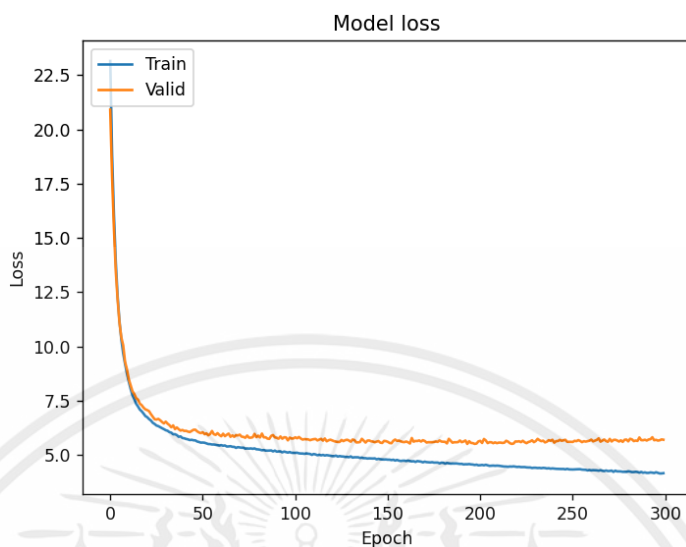


รูปที่ 4.32 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด x ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์ (ค่าที่วัดจริง) กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 3 layers จำนวน 108, 72, 6 nodes



รูปที่ 4.33 กราฟเปรียบเทียบค่าพิกัด y ระหว่างค่าที่ได้จากไฟล์กับค่าพิกัดที่ได้จากการทำนาย Hidden Layer 3 layers จำนวน 108, 72, 6 nodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 กราฟ Model loss Hidden Layer 3 layers จำนวน 108, 72, 6 nodes

สรุปผลการทำนายค่า (x,y) โดยการกำหนดจำนวน Hidden Layer, จำนวน Node, จำนวนการฝึกฝน epochs และ Batch Size ได้ผลลัพธ์เป็นค่า RMSE ของพิกัด (x,y) , ระยะเวลาคลาดเคลื่อนของพิกัดโดยเฉลี่ย, ระยะเวลาคลาดเคลื่อนต่ำสุด และระยะเวลาคลาดเคลื่อนสูงสุดแสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 สรุปผลการทำนายพิกัด (x,y)

จำนวน Hidden Layer	จำนวน Node ใน Hidden Layer	จำนวน การ ฝึกฝน epochs	RMSE ของ พิกัด x	RMSE ของ พิกัด y	ระยะ ะยะ คลาดเคลื่อน ของพิกัด โดยเฉลี่ย	ระยะ ะยะ คลาดเคลื่อน ต่ำสุด	ระยะ ะยะ คลาดเคลื่อน สูงสุด
1	1	300	4.7911	3.6316	5.3055	0.2363	17.6181
1	6	300	3.1390	2.8165	3.4095	0.0299	17.9711
1	20	300	2.8374	2.7310	3.1534	0.0408	17.5863
1	32	300	2.7367	2.5152	2.9287	0.0062	17.8555
1	52	300	2.5849	2.6004	2.8711	0.0391	18.6763
1	72	300	2.6071	2.4455	2.7779	0.0408	17.4171
1	108	300	2.6179	2.3872	2.7080	0.0248	17.2662
2	20,6	300	2.6626	2.4595	2.8292	0.0360	18.6516
2	52,6	300	2.6042	2.4590	2.7445	0.0467	17.5270
2	52,20	300	2.5259	2.2901	2.5658	0.0036	18.0614
2	108,6	300	2.4885	2.3575	2.6367	0.0066	16.7325
2	108,72	300	2.3835	2.1991	2.3834	0.0135	16.5475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน Hidden Layer	จำนวน Node ใน Hidden Layer	จำนวน การฝึกฝน epochs	RMSE ของ พิกัด x	RMSE ของ พิกัด y	ระยะ คลาดเคลื่อน ของพิกัด โดยเฉลี่ย	ระยะ คลาดเคลื่อน ต่ำสุด	ระยะ คลาดเคลื่อน สูงสุด
3	52,20,6	300	2.5103	2.4162	2.5855	0.0335	17.1607
3	108,32,6	300	2.4565	2.3669	2.4471	0.0558	19.7634
3	108,32,20	300	2.4625	2.2210	2.3807	0.0255	19.9701
3	108,52,32	300	2.3486	2.3399	2.3323	0.0197	18.9928
3	108,72,6	300	2.4468	2.3252	2.4097	0.0081	17.3760

หมายเหตุ ระยะคลาดเคลื่อนหน่วยเซนติเมตรคิดจากค่าระยะคลาดเคลื่อนในตารางคูณด้วย 30

จากผลการทำนายค่าพิกัด (x,y) จะเลือกใช้จำนวน Hidden Layer 2 layers และ Node จำนวน 108, 72 nodes ตามลำดับ โดยใช้ Activation Function คือ tanh มีจำนวนการฝึกฝนที่ 300 epochs และ Batch Size เท่ากับ 64 เมื่อนำโมเดลที่ได้มาใช้งานสำหรับการทำนายตำแหน่งจะ ได้ผลดังตารางที่ 4.18, 4.19 และ 4.20

ตารางที่ 4.18 ระยะคลาดเคลื่อนของโซน A บริเวณริมหน้าต่าง ทั้งหมด 51 ตำแหน่ง

ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)			ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)		
	น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย		น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
(-8,0)	0.32	4.40	1.73	(-6, -7)	0.38	3.18	1.71
(-7,0)	0.27	4.24	1.86	(-8, -8)	0.24	4.01	1.69
(-6,0)	0.14	3.78	1.63	(-7, -8)	0.27	4.51	1.93
(-5,0)	0.38	4.25	1.80	(-6, -8)	0.49	4.48	1.88
(-4,0)	0.21	4.33	1.69	(-6, -9)	0.57	4.42	1.84
(-3,0)	0.38	4.51	1.77	(-7, -9)	0.33	4.50	1.85
(-8, -1)	0.11	3.90	1.58	(-8, -9)	0.20	4.52	1.79
(-7, -1)	0.42	4.27	1.74	(-8, -10)	0.09	4.40	1.79
(-6, -1)	0.41	3.90	1.69	(-7, -10)	0.45	4.50	2.01
(-6, -2)	0.27	4.53	1.59	(-6, -10)	0.18	4.26	1.80
(-7, -2)	0.16	4.57	1.87	(-6, -11)	0.15	4.29	1.82
(-8, -2)	0.41	4.55	1.84	(-7, -11)	0.14	4.52	1.88
(-8, -3)	0.48	4.47	1.77	(-8, -11)	0.39	4.48	1.79
(-7, -3)	0.38	4.50	1.77	(-8, -12)	0.57	4.45	1.80
(-6, -3)	0.22	4.55	1.70	(-7, -12)	0.23	4.48	1.69
(-6, -4)	0.25	4.54	1.63	(-6, -12)	0.04	4.54	1.81
(-7, -4)	0.03	4.48	1.76	(-6, -13)	0.13	4.31	1.71
(-8, -4)	0.37	4.41	1.84	(-7, -13)	0.30	4.15	1.72
(-8, -5)	0.47	4.46	1.88	(-8, -13)	0.29	4.57	1.63
(-7, -5)	0.00	4.46	1.79	(-8, -14)	0.26	4.59	1.68
(-6, -5)	0.42	3.93	1.76	(-7, -14)	0.40	4.07	1.69
(-6, -6)	0.30	4.23	1.84	(-6, -14)	0.15	4.53	1.65
(-7, -6)	0.19	4.51	1.93	(-6, -15)	0.52	3.85	1.75
(-8, -6)	0.29	3.55	1.66	(-7, -15)	0.13	4.58	1.71
(-8, -7)	0.29	4.30	1.72	(-8, -15)	0.40	4.22	1.69
(-7, -7)	0.41	3.97	1.73				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 ระยะคลาดเคลื่อนของโซน B บริเวณริมประตู ทั้งหมด 54 ตำแหน่ง

ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)			ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)		
	น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย		น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
(-5,5)	0.46	4.45	1.80	(-7,4)	0.08	4.41	1.77
(-5,6)	0.17	4.40	1.84	(-7,5)	0.25	4.45	1.68
(-5,7)	0.12	3.22	1.70	(-7,6)	0.14	4.37	1.74
(-5,8)	0.35	4.30	1.71	(-7,7)	0.34	3.78	1.61
(-4,8)	0.34	4.54	1.74	(-7,8)	0.20	4.31	1.88
(-3,8)	0.21	4.40	1.70	(-6,8)	0.33	3.16	1.51
(-3,7)	0.22	4.47	1.72	(-6,7)	0.45	4.34	1.63
(-4,7)	0.15	4.49	1.70	(-6,6)	0.45	4.34	1.63
(-4,6)	0.38	4.05	1.78	(-6,5)	0.20	4.45	1.86
(-3,6)	0.67	4.38	1.83	(-6,4)	0.23	4.41	1.86
(-3,5)	0.43	4.36	1.77	(-6,3)	0.22	4.47	1.78
(-4,5)	0.28	4.46	1.77	(-5,3)	0.22	4.47	1.78
(-3,4)	0.26	4.42	1.90	(-5,4)	0.36	3.32	1.70
(-9,3)	0.23	4.52	1.78	(-4,4)	0.45	4.45	1.86
(-9,4)	0.12	4.41	1.90	(-4,3)	0.29	4.41	1.80
(-9,5)	0.20	4.33	1.81	(-3,3)	0.28	4.55	1.92
(-9,6)	0.25	4.38	1.91	(-8,2)	0.23	3.78	1.73
(-9,7)	0.31	4.53	1.74	(-7,2)	0.32	3.68	1.61
(-9,8)	0.25	4.19	1.74	(-6,2)	0.32	4.52	1.92
(-8,8)	0.36	4.34	1.78	(-5,2)	0.13	3.98	1.62
(-8,7)	0.45	4.36	1.77	(-4,2)	0.37	3.69	1.67
(-8,6)	0.27	4.48	1.68	(-3,2)	0.13	4.22	1.70
(-8,5)	0.42	4.23	1.83	(-3,1)	0.25	3.06	1.51
(-8,4)	0.09	4.32	1.76	(-4,1)	0.31	4.57	1.91
(-8,3)	0.14	3.38	1.60	(-5,1)	0.40	4.44	1.98
(-7,3)	0.29	4.22	1.74	(-6,1)	0.37	4.51	1.86
(-7,1)	0.36	4.42	1.97	(-8,1)	0.37	4.49	1.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

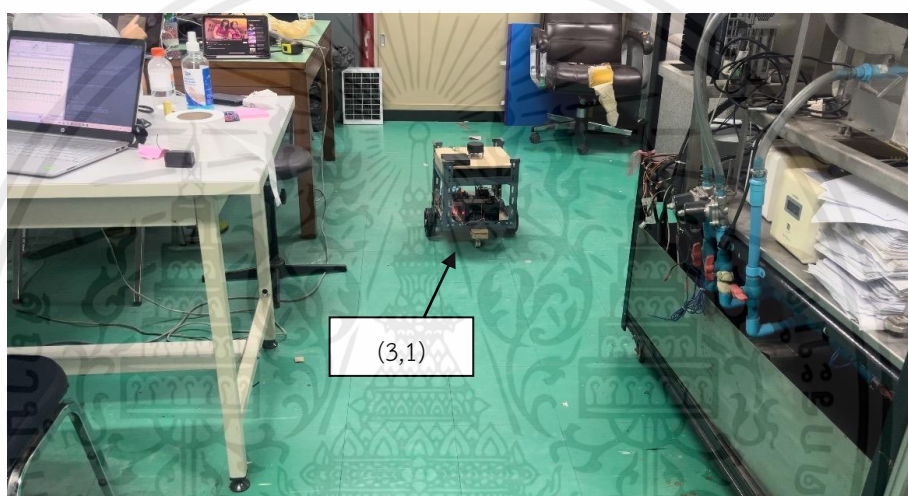
ตารางที่ 4.20 ระยะคลาดเคลื่อนของโซน C บริเวณส่วนกลาง ทั้งหมด 44 ตำแหน่ง

ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)			ตำแหน่ง (x,y)	ระยะคลาดเคลื่อน (เมตร)		
	น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย		น้อยสุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
(-2,2)	0.37	4.40	1.88	(-1,1)	0.29	4.19	1.69
(-1,2)	0.15	4.21	1.78	(-2,1)	0.21	4.51	1.74
(0,2)	0.46	4.32	1.78	(-2,0)	0.16	4.04	1.72
(1,2)	0.24	4.33	1.74	(-1,0)	0.25	4.46	1.82
(2,2)	0.42	4.34	1.65	(0,0)	0.06	4.48	1.57
(3,2)	0.21	4.45	1.73	(1,0)	0.38	4.45	1.82
(4,2)	0.31	4.15	1.66	(2,0)	0.02	4.37	1.96
(5,2)	0.15	4.38	1.92	(3,0)	0.25	4.49	1.76
(6,2)	0.08	4.39	1.77	(4,0)	0.56	3.65	1.66
(7,2)	0.31	4.48	1.78	(5,0)	0.21	4.34	1.74
(8,2)	0.25	4.33	1.81	(6,0)	0.25	3.23	1.75
(9,2)	0.34	3.97	1.90	(7,0)	0.56	4.29	1.70
(9,1)	0.25	4.40	1.76	(8,0)	0.11	4.36	1.70
(8,1)	0.21	4.52	1.87	(9,0)	0.16	4.39	1.82
(7,1)	0.30	4.44	1.81	(6, -1)	0.09	3.59	1.52
(6,1)	0.42	4.45	1.71	(5, -1)	0.36	4.28	1.74
(5,1)	0.26	4.49	1.84	(4, -1)	0.46	4.52	1.79
(4,1)	0.48	4.35	1.86	(3, -1)	0.27	4.38	1.79
(3,1)	0.48	4.35	1.86	(3, -2)	0.24	4.50	1.75
(2,1)	0.41	4.15	1.69	(4, -2)	0.28	4.58	1.86
(1,1)	0.11	4.48	1.60	(5, -2)	0.32	4.46	1.97
(0,1)	0.30	4.14	1.72	(6, -2)	0.32	4.47	1.79

สรุปผลการทดสอบ เมื่อนำโมเดลมาใช้งานนายตำแหน่งทั้ง 3 โซน ได้แก่ โซน A บริเวณริมหน้าต่าง ทั้งหมด 51 ตำแหน่ง, โซน B บริเวณริมประตู ทั้งหมด 54 ตำแหน่ง และโซน C บริเวณส่วนกลาง ทั้งหมด 44 ตำแหน่ง ซึ่งรวมทั้งหมดเป็น 149 ตำแหน่ง ได้ค่าเฉลี่ยระยะคลาดเคลื่อนน้อยสุดของโมเดลเท่ากับ 0.29 เมตร หรือ 29 เซนติเมตร, ค่าเฉลี่ยระยะคลาดเคลื่อนมากที่สุดของโมเดลเท่ากับ 4.28 เมตร หรือ 428 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยระยะคลาดเคลื่อนของโมเดลเท่ากับ 1.77 เมตร หรือ 177 เซนติเมตร

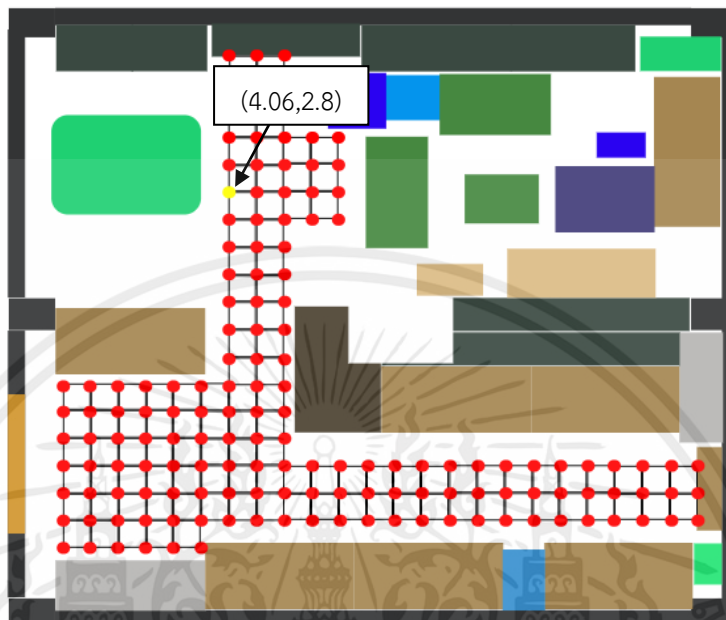
4.11 ทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์

ทำการทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์ หลังจากการทดสอบโมเดลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเริ่มกำหนดจุดเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์เป็นพิกัดที่ (3,1) ของห้องดังรูปที่ 4.35 ซึ่งจะได้ผลการทำนายตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้พิกัดที่ (4.06,2.78) แสดงผลบนหน้าเว็บได้ดังรูปที่ 4.36 ต้องการทดสอบการบอกพิกัดโดยการปรับเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งโดยการใช้คำสั่ง Navigation ที่พิกัด (-7,-8) แสดงดังรูปที่ดังรูปที่ 4.37 ซึ่งจะได้ผลการทำนายตำแหน่งเมื่อถึงเป้าหมาย คือ พิกัดที่ (-7.25,-13.41) และคำนวณระยะคลาดเคลื่อนที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของตำแหน่งที่วางหุ่นยนต์กับทำนายได้ ดังตารางที่ 4.38



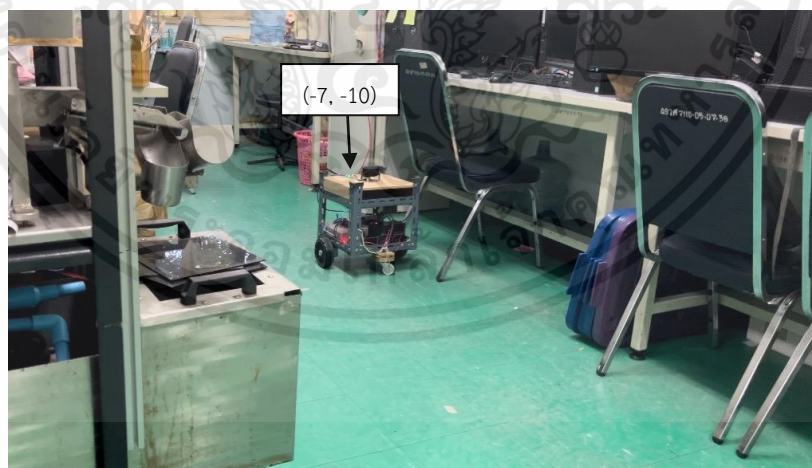
รูปที่ 4.35 ตำแหน่งเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์

จากรูปที่ 4.36 เป็นผลลัพธ์เมื่อหุ่นยนต์ทำการทำนาย โดยจะแสดงผล บนหน้าเว็บและ จะแสดงการเปลี่ยนสถานะจากจุดสีแดงเป็นสีเหลือง หมายถึง ตำแหน่งที่หุ่นยนต์อยู่ขณะนั้น



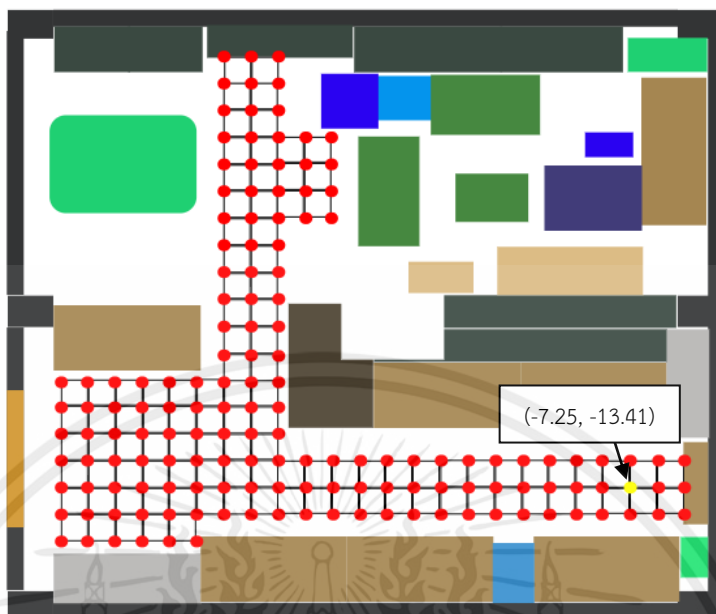
รูปที่ 4.36 ตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้

จากรูปที่ 4.37 และรูปที่ 4.38 เป็นการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ไปยังเป้าหมายที่พิกัด (-7,-10) และการทำนายตำแหน่งเมื่อหุ่นยนต์เดินทางไปถึงเป้าหมาย



รูปที่ 4.37 ตำแหน่งเป้าหมายและจุดสิ้นสุดการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 ตำแหน่งสิ้นสุดที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (เริ่มต้น)

เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้		
ตำแหน่งหุ่นยนต์จริง	ตำแหน่งหุ่นยนต์ที่ทำนายได้	ระยะคลาดเคลื่อน (หน่วย)
(3,1)	(4.06,2.78)	2.07

หมายเหตุ สามารถคำนวณระยะคลาดเคลื่อน ได้จากสูตรคำนวณระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระนาบสองมิติ ดังสมการที่ (5.1)

$$d = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2} \quad (5.1)$$

โดยที่ (x_0, y_0) คือ พิกัดของจุดที่หนึ่ง หรือตำแหน่งจริง

(x_1, y_1) คือ พิกัดของจุดที่สอง หรือตำแหน่งที่ทำนายได้

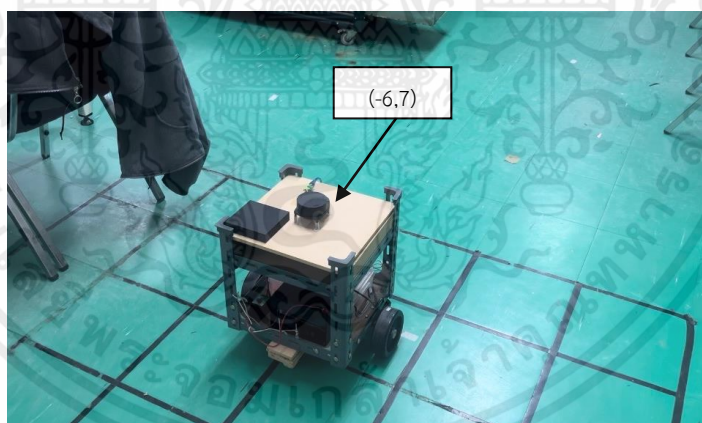
d คือ ระยะห่าง (distance)

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (จุดสิ้นสุด หรือเป้าหมาย)

เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนาย			
ตำแหน่งเป้าหมาย	ตำแหน่งหุ่นยนต์จริง	ตำแหน่งหุ่นยนต์ที่ทำนายได้	ระยะคลาดเคลื่อน (หน่วย)
(-7, -8)	(-7, -8)	(-7.25, -13.41)	5.41

หมายเหตุ สามารถคำนวณระยะคลาดเคลื่อน ได้จากสูตรคำนวณระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระนาบสองมิติ ดังสมการที่ (5.1)

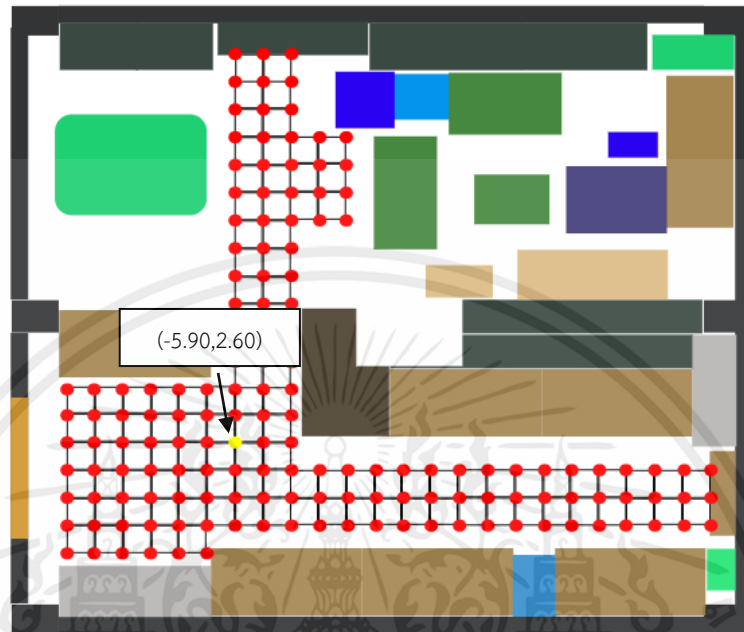
ทำการทดสอบการทำนายตำแหน่งของหุ่นยนต์ หลังจากการทดสอบโมเดลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเริ่มกำหนดจุดเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์เป็นพิกัดที่ (-6,7) ของห้องดังรูปที่ 4.39 ซึ่งจะได้ผลการทำนายตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้พิกัดที่ (-5.90, 2.60) แสดงผลบนหน้าเว็บได้ดังรูปที่ 4.40 ต้องการทดสอบการบอกพิกัดโดยการปรับเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งโดยการใช้คำสั่ง Navigation ที่พิกัด (3,1) แสดงดังรูปที่ดังรูปที่ 4.41 ซึ่งจะได้ผลการทำนายตำแหน่งเมื่อถึงเป้าหมาย คือ พิกัดที่ (1.61,1.64) และคำนวณระยะคลาดเคลื่อนที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของตำแหน่งที่วางหุ่นยนต์กับทำนายได้ ดังตารางที่ 4.41



รูปที่ 4.39 ตำแหน่งเริ่มต้นที่วางหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.40 เป็นผลลัพธ์เมื่อหุ่นยนต์ทำการทำนาย โดยจะแสดงผล บนหน้าเว็บและ จะแสดงการเปลี่ยนสถานะจากจุดสีแดงเป็นสีเหลือง หมายถึง ตำแหน่งที่หุ่นยนต์อยู่ขณะนั้น



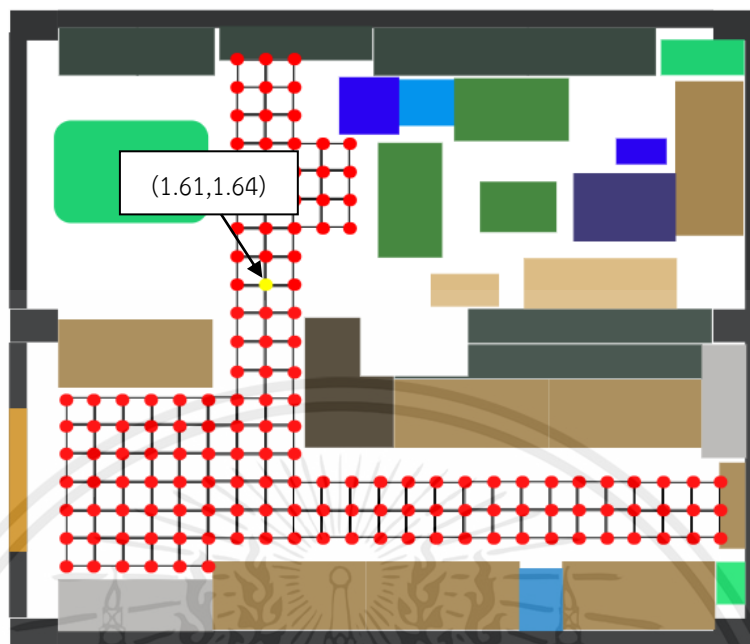
รูปที่ 3.40 ตำแหน่งเริ่มต้นที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้

จากรูปที่ 4.41 และรูปที่ 4.42 เป็นการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ไปยังเป้าหมายที่พิกัด (3,1) และการทำนายตำแหน่งเมื่อหุ่นยนต์เดินทางไปถึงเป้าหมาย



รูปที่ 4.41 ตำแหน่งเป้าหมายและจุดสิ้นสุดการทำงานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 ตำแหน่งสิ้นสุดที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (เริ่มต้น)

เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนาย		
ตำแหน่งหุ่นยนต์จริง	ตำแหน่งหุ่นยนต์ที่ทำนายได้	ระยะคลาดเคลื่อน (หน่วย)
(-6,7)	(-5.90,2.60)	4.40

หมายเหตุ สามารถคำนวณระยะคลาดเคลื่อน ได้จากสูตรสูตรคำนวณระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระนาบสองมิติ ดังสมการที่ (5.1)

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนายได้ (จุดสิ้นสุด หรือเป้าหมาย)

เปรียบเทียบตำแหน่งที่วางจริงของหุ่นยนต์ และตำแหน่งที่หุ่นยนต์สามารถทำนาย			
ตำแหน่งเป้าหมาย	ตำแหน่งหุ่นยนต์จริง	ตำแหน่งหุ่นยนต์ที่ทำนายได้	ระยะคลาดเคลื่อน (หน่วย)
(3,1)	(3,1)	(1.61,1.64)	1.53

หมายเหตุ สามารถคำนวณระยะคลาดเคลื่อน ได้จากสูตรคำนวณระยะห่างระหว่างจุดสองจุดในระนาบสองมิติ ดังสมการที่ (5.1)

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

ปฏิญานี้มีเป้าหมายเพื่อออกแบบและสร้างหุ่นยนต์รับ-ส่งเอกสาร ภายในบริเวณ ชั้น 2 (T203) ตึกภาคโทรคมนาคม ระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมผ่านไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ทำงาน ร่วมกับการใช้งานเซนเซอร์ LiDAR และการวัดความเข้มสัญญาณ WiFi (RSSI : Received Signal Strength Indicator) เพื่อให้หุ่นยนต์สามารถนำทางไปยังตำแหน่งปลายทางได้ตามที่กำหนด และ ทราบตำแหน่งของหุ่นยนต์ โดยระบบที่นำเสนอจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ 1. ส่วนของคำสั่ง ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ 2. ส่วนของการฝึกฝน ANN และทำนายค่าพิกัด (x,y) และ 3. ส่วนการแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บไซต์ (Web-Site) สำหรับการแสดงผลการทำนายและตำแหน่ง ของหุ่นยนต์

ในการดำเนินงานครั้งนี้ คณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบหุ่นยนต์สำหรับการรองรับ น้ำหนักของเอกสาร และการทำงานของหุ่นยนต์ รวมถึงการนำสัญญาณจากอุปกรณ์ที่เป็นเครื่องส่ง (ESP32) และรับ (ESP32) WiFi Signal เพื่อนำค่า Received Signal Strength Indicator (RSSI) นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์และสร้างการระบุตำแหน่งของหุ่นยนต์ ในส่วนของทดสอบการทำงานของ หุ่นยนต์ เก็บการขับเคลื่อนหุ่นยนต์เป็น 3 โซนคือ 1.บริเวณริมหน้าต่าง (zone A) 2.บริเวณริม ประตู (zone B) และบริเวณกลางห้อง (zone C) จากการทดสอบแต่ละโซนได้ผลดังนี้ บริเวณริม หน้าต่าง (zone A) ที่ระยะ 1-3 เมตร ได้ค่า MSE ที่มีค่าใกล้เคียง 0 เท่ากับ 0.0000 เมตร, 0.0001 เมตร 0.0106 เมตร ตามลำดับ, บริเวณริมประตู (zone B) ที่ระยะ 1-2 เมตร ได้ค่า MSE ที่มีค่า ใกล้เคียง 0 เท่ากับ 0.0000 เมตร และ 0.0013 เมตร ตามลำดับ และ, บริเวณริมประตู (zone C) ที่ที่ ระยะ 1-4 เมตร ได้ค่า MSE ที่มีค่าใกล้เคียง 0 เท่ากับ 0.0008 เมตร, 0.0106 เมตร, 0.0013 เมตร และ 0.0018 เมตร ตามลำดับ และจากการทดสอบการขับเคลื่อนไปในเส้นอื่นจากโซนหนึ่งไปอีกโซน ได้ผลดังนี้ โดยการตั้งจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง เป็นระยะทาง 5 เมตร ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.0437 เมตร และการตั้งจุดเริ่มต้นไว้ที่บริเวณริมประตูไปยังบริเวณกลางห้อง เป็น ระยะทาง 6 เมตร ได้ค่า MSE เท่ากับ 0.8929 เมตร และในส่วนของการนำสัญญาณมาใช้ในการ ระบุตำแหน่งได้มีการไปศึกษาและนำแนวคิดในการทำ Artificial Intelligence (AI) มาใช้งานเพื่อ ช่วยการระบุตำแหน่งให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น จากการทดสอบการทำงานได้ระยะคลาดเคลื่อนเฉลี่ยในการทำ นายพิกัด คือ 1.77 เมตร และได้ทำการแสดงผลข้อมูลผ่านเว็บไซต์ (Web-Site) สำหรับการ แสดงผลการทำนายและตำแหน่งล่าสุดของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าหุ่นยนต์จะสามารถไปยังตำแหน่งเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ แต่การทำนายตำแหน่งหรือพิกัดของหุ่นยนต์นั้นยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งอาจจะเป็นผลจากการออกแบบโมเดล ANN ที่ยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควรกับการระบุตำแหน่งภายในอาคาร ควรพัฒนาระบบ และใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เข้ามาช่วยในการพัฒนาในการทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าใกล้เคียง 0 มากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Ubiquiti Networks, “การตั้งค่า RSSI”
<https://www.ubiquiti.asia/content/5318/setup-rssi-unifi>
- [2] อธิพงษ์ สุริยา, “การศึกษาและออกแบบระบบระบุตำแหน่งของวัตถุในนโครงข่ายไร้สาย”
http://app.eng.ubu.ac.th/~app/resproject/upload/p1/L_Atipong.pdf
- [3] Mathuranathan, “Friis Free Space Propagation Model”
<https://www.gaussianwaves.com/2013/09/friss-free-space-propagation-model/>
- [4] ดร.เจษฎา สาททองม, “สัญญาณรบกวนของระบบสื่อสาร”
[https://pws.npru.ac.th/sartthong/data/files/บทที่_10%20สัญญาณรบกวนของระบบสื่อสาร\(Noise%20in%20Communication%20System\).pdf](https://pws.npru.ac.th/sartthong/data/files/บทที่_10%20สัญญาณรบกวนของระบบสื่อสาร(Noise%20in%20Communication%20System).pdf)
- [5] Telecommunication Engineering RMUTSV, “Mutipath Fading”
https://www.geocities.ws/sunya/wireless_moving/chapter2.pdf
- [6] Marcin Frackiewicz, “What is Multipath Fading”
<https://ts2.space/en/multipath-fading/>
- [6] นายภูวาทล มาลัย นางสาววรรณภา สิมัยนาม, “L298N”
<https://www.princess-it-foundation.org/project/wp-content/uploads/2020/08/ระบบควบคุมและตรวจสอบพลังงานอัจฉริยะ.pdf>
- [7] STMICROELECTRONICS [STMicroelectronics], “L298 datasheet”
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html>
- [8] Artronshop, “ESP32 เบื้องต้น”
<https://www.artronshop.co.th/article/51/esp32-เบื้องต้น-บทที่-1-แนะนำ-esp32>
- [9] © 2019 Raspberry Pi (Trading) Ltd., “Raspberry Pi 4 Model B”
<https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf> [6] Thai
- [10] SLAMTEC, “RPLiDAR A1M8”
https://files.seeedstudio.com/products/114992561/LD108_SLAMTEC_rplidar_datasheet_A1M8_v3.0_en.pdf
- [11] © jf-parede.pt, “DC MOTOR คืออะไร”
<https://th.jf-parede.pt/what-is-dc-motor-basics>
- [12] ฮาร์ดแวร์ปอนด์, “L298N: โมดูลควบคุมมอเตอร์สำหรับ Arduino”
<https://www.hwlibre.com/th/l298n/>
- [13] Arduino, “Download Arduino IDE”
<https://www.arduino.cc/en/software>

- [14] The Invention, “Arduino IDE คืออะไร มีวิธีการติดตั้งโปรแกรมอย่างไร”
<https://www.ai-corporation.net/2021/11/18/what-is-arduino-ide/>
- [15] Visual Studio Code, “Download Visual Studio Code”
<https://code.visualstudio.com/download>
- [16] Wikipedia, “Visual Studio Code”
https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio_Code
- [17] Raspberry Pi, “Install Raspberry Pi OS”
<https://www.raspberrypi.com/software/>
- [18] © 2002-2023 @ Limited. @, “Download VNC”
<https://www.realvnc.com/en/connect/download/viewer/windows/>
- [19] © 2021 Open Robotics, “What is ROS”
<https://www.ros.org/>
- [20] © 2021 Open Robotics, “ROS Installation Options”
<https://wiki.ros.org/ROS/Installation>
- [21] © 1994-2023 The MathWorks, Inc., “What is MATLAB”
<https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>
- [22] Sitvisut Anantnakarakul, “HTML (Hypertext Markup Language)”
<https://www.primal.co.th/th/seo/what-is-html/>
- [23] บริษัท โปรซอฟท์ เว็บ จำกัด, “CSS คือ อะไร”
<https://blog.sogoodweb.com/Article/Detail/79237/CSS-คืออะไร-มีประโยชน์-อย่างไร>
- [24] © 2023, Amazon Web Services, Inc., “JavaScript คืออะไร”
<https://aws.amazon.com/th/what-is/javascript/>
- [25] © 2024 All rights reserved | WindSite, “ออกแบบเว็บไซต์ รูปแบบต่างๆ ในการสร้าง Layout ใน HTML”
<https://wind-site.comออกแบบเว็บไซต์-รูปแบบต่าง/>
- [26] บริษัท วิตวี ดีไซน์ จำกัด, “User Interface Design”
<https://grappik.com/user-interface-design>
- [27] บริษัท แฟ็คโตมาร์ท จำกัด, “PID Control หรือ Proportional Integral Derivative Control”
<https://mall.factomart.com/how-to-control-a-temperature-controller/>
- [28] Penpicha Yamngarm (63010708), “Robot model 3D”
<https://www.tinkercad.com/things/cJ4oN76qcVN-exquisite-vihelmokup/edit?returnTo=%2Fdashboard%3Ftype%3Dtinkercad%26collection%3Ddesigns>
- [29] Victor Zhou, “Keras for Beginners”
<https://victorzhou.com/blog/keras-cnn-tutorial/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [30] สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, “ปัญญาประดิษฐ์”
<https://www.depa.or.th/th/article-view/tech-series-artificial-intelligence-ai>
- [31] ©2023 Thai Programmer Association., “ชนิดของ AI (Type of Artificial Intelligence)”
<https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/whatisai/>
- [32] © 2022 BY CYBER ELITE, “การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)”
<https://www.cyberelite.co.th/blog/machine-learning/>
- [33] © THAI CONFIG DIGITAL AGENCY, “การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)”
<https://thaiconfig.com/artificial-intelligence-ai/what-is-deep-learning/>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

คำสั่งการสแกนหาสัญญาณ WiFi เพื่อรับค่า RSSI และค่ามุมที่ได้จากโมดูลเข็มทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งการสแกนหาสัญญาณ WiFi และรับค่า RSSI โดยมีเครื่องรับสัญญาณและเครื่องส่งสัญญาณเป็น ESP32 ซึ่งสามารถแสดงคำสั่งเครื่องรับได้ดังนี้

```
#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "addons/TokenHelper.h"
#include "addons/RTDBHelper.h"
#include <QMC5883LCompass.h>
#include <HTTPClient.h>
#define WIFI_SSID "imnotGift"
#define WIFI_PASSWORD "17082544"
#define API "AIzaSyB5-Ql6BPRrz8THBpQKIImhzGtx3B7kuCeE"
#define Data_URL "https://web-2-c6330-default-rtdb.firebaseio.com/"
FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
QMC5883LCompass compass;
int calibrationData[3][2];
bool changed = false;
bool done = false;
int t = 0;
int c = 0;
unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
bool signupOK = false;
int one = 0;
int two = 0;
int three = 0;
int four = 0;
uint8_t pin_led = 2;
bool calibrated = false;
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  compass.init();
  // compass.setCalibrationOffsets(4.00, 679.00, -479.00);
  // compass.setCalibrationScales(0.84, 1.05, 1.17);
  // compass.read();
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("Connecting to Wifi...");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    Serial.print('.');
    digitalWrite(pin_led, 0);
    delay(500);
    digitalWrite(pin_led, 1);
    delay(500);
  }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Serial.println("Connected");
Serial.println("IP address : ");
Serial.println(WiFi.localIP());
digitalWrite(pin_led, 1);
config.api_key = API;
config.database_url = Data_URL;
if (Firebase.signUp(&config, &auth, "", ""))
{
  Serial.println("signUP OK");
  signupOK = true;
}
else
{
  Serial.printf("%s\n", config.signer.signupError.message.c_str());
}
config.token_status_callback = tokenStatusCallback; // see
addons/TokenHelper.h
Firebase.begin(&config, &auth);
Firebase.reconnectWiFi(true);
}
void loop()
{
  if (Firebase.ready() && signupOK && (millis() - sendDataPrevMillis >
5000 || sendDataPrevMillis == 0))
  {
    sendDataPrevMillis = millis();
    int n = WiFi.scanNetworks();
    for (int i = 0; i < n; ++i)
    {
      if (WiFi.SSID(i) == "USE_ESP32_AP05")
      {
        Serial.print("AP 1 :");
        one = WiFi.RSSI(i);
        Serial.println(one);
      }
      else if (WiFi.SSID(i) == "USE_ESP32_AP02")
      {
        Serial.print("AP 2 :");
        two = WiFi.RSSI(i);
        Serial.println(two);
      }
      else if (WiFi.SSID(i) == "USE_ESP32_AP06")
      {
        Serial.print("AP 3 :");
        three = WiFi.RSSI(i);
        Serial.println(three);
      }
      else if (WiFi.SSID(i) == "USE_ESP32_AP03")

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
    Serial.print("AP 4 :");
    four = WiFi.RSSI(i);
    Serial.println(four);
    }
}

int x, y, z;
// Read compass values
// compass.setCalibration(-1314, 1656, -1395, 677, -897, 1738);
compass.setCalibrationOffsets(507.00, 929.00, -400.00);
compass.setCalibrationScales(1.00, 0.85, 1.21);
compass.read();
// Return XYZ readings
x = compass.getX();
y = compass.getY();
z = compass.getZ();
int azimuth = compass.getAzimuth();
float bearing = compass.getBearing(azimuth);
//Serial.println();
//azimut is minus(-)
if (azimuth < 0) {
    azimuth += 360;
}
// Write direction
if((azimuth < 22.5) || (azimuth > 337.5 )) //Serial.print("North");
if((azimuth > 22.5) && (azimuth < 67.5 )) //Serial.print("North-East");
if((azimuth > 67.5) && (azimuth < 112.5 )) //Serial.print("East");
if((azimuth > 112.5) && (azimuth < 157.5 )) //Serial.print("South-East");
if((azimuth > 157.5) && (azimuth < 202.5 )) //Serial.print("South");
if((azimuth > 202.5) && (azimuth < 247.5 )) //Serial.print("South-West");
if((azimuth > 247.5) && (azimuth < 292.5 )) //Serial.print("West");
if((azimuth > 292.5) && (azimuth < 337.5 )) //Serial.print("North-West");
Serial.print("\t");
Serial.print(" AZ: ");Serial.print(azimuth);Serial.println("\t");
if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "sensor/one", one)){
    Serial.println();
    Serial.print(one);
    Serial.print("- SUCCESSFULLY SAVED TO..." + fbdo.dataPath());
    Serial.print("(" + fbdo.errorReason() + ")");
} else {
    Serial.println("FAILED: " + fbdo.errorReason());
}
if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "sensor/two", two)){
    Serial.println();
    Serial.print(two);
    Serial.print("- SUCCESSFULLY SAVED TO..." + fbdo.dataPath());

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    Serial.print("(" + fbdo.errorReason() + ")");
  } else {
    Serial.println("FAILED: " + fbdo.errorReason());
  }
  if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "sensor/three", three)) {
    Serial.println();
    Serial.print(three);
    Serial.print("- SUCCESSFULLY SAVED TO..." + fbdo.dataPath());
    Serial.print("(" + fbdo.errorReason() + ")");
  } else {
    Serial.println("FAILED: " + fbdo.errorReason());
  }
  if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "sensor/four", four)) {
    Serial.println();
    Serial.print(four);
    Serial.print("- SUCCESSFULLY SAVED TO..." + fbdo.dataPath());
    Serial.print("(" + fbdo.errorReason() + ")");
  } else {
    Serial.println("FAILED: " + fbdo.errorReason());
  }
  if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, "gyro/azimut", azimut)) {
    Serial.println();
    Serial.print(azimut);
    Serial.print("- SUCCESSFULLY SAVED TO..." + fbdo.dataPath());
    Serial.print("(" + fbdo.errorReason() + ")");
  } else {
    Serial.println("FAILED: " + fbdo.errorReason());
  }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

คำสั่งการฝึกฝนการระบุตำแหน่ง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้
import pandas as pd
import numpy as np
from sklearn import metrics
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from sklearn.model_selection import train_test_split
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import OneHotEncoder,StandardScaler
from sklearn.metrics import accuracy_score,mean_squared_error
import tensorflow as tf
import tensorflowjs as tfjs
# load file csv and manage data
df = pd.read_csv('rssi_testt.csv')
x = df.iloc[:,0:4].values
y = df.iloc[:,4:6].values
std = StandardScaler()
x = std.fit_transform(x)
X_train,X_test,y_train,y_test = train_test_split(x,y,test_size=0.2)
model = Sequential()
model.add(Dense(108,input_dim=4,activation='tanh'))
model.add(Dense(72,activation='tanh'))
#model.add(Dense(6,activation='tanh'))
model.add(Dense(2))
# compile the keras model
model.compile(loss='mean_squared_error',optimizer='adam',metrics=['mae
')
# fit the keras model on the dataset
history =
model.fit(X_train,y_train,validation_data=(X_test,y_test),epochs=300,batch_size=64)
# evaluate the keras model
y_pred = model.predict(X_test)
# serialize model to JSON
model_json = model.to_json()
with open("model.json", "w") as json_file:
    json_file.write(model_json)
model_json.close()
#find error and rmse
mse_krr = mean_squared_error(y_test[:,0],y_pred[:,0])
mse_krr2 = mean_squared_error(y_test[:,1],y_pred[:,1])
distance = np.sqrt((y_test[:,1]-y_pred[:,1])**2+(y_test[:,0]-
y_pred[:,0])**2)
mean_distance = np.mean(distance)
min_distance = np.min(distance)
max_distance = np.max(distance)
rmse_x = np.sqrt(mse_krr)
rmse_y = np.sqrt(mse_krr2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

# save to csv file
df_1 = pd.DataFrame(data=y_test,columns=['x-original','y-original'])
df_2 = pd.DataFrame(data=y_pred,columns=['x-predicted','y-predicted'])
df = df_1.join(df_2)
#df.to_csv("test11.csv")
# print value
print('mean of distance error:'+str(mean_distance))
print('min of distance error:'+str(min_distance))
print('max of distance error:'+str(max_distance))
print('root mean square error of x:'+str(rmse_x))
print('root mean square error of y:'+str(rmse_y))
# Plot graph
plt.figure(1)
plt.plot(y_test[:,0],label='x-original')
plt.plot(y_pred[:,0],label='x-predicted')
plt.xlabel('Sample')
plt.legend(['x-original','x-predicted'],loc='upper left')
#plt.show()
plt.figure(2)
plt.plot(y_test[:,1],label='y-original')
plt.plot(y_pred[:,1],label='y-predicted')
plt.ylabel('error(unit)')
plt.xlabel('Sample')
plt.legend(['y-original','y-predicted'],loc='upper left')
#plt.show()
plt.figure(3)
plt.plot(history.history['loss'])
plt.plot(history.history['val_loss'])
plt.title('Model loss')
plt.ylabel('Loss')
plt.xlabel('Epoch')
plt.legend(['Train','Valid'],loc='upper left')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งสำหรับการทดสอบโมเดลเมื่อนำมาใช้จริง ซึ่งสามารถแสดงได้ดังนี้ได้ดังนี้

```

import pandas as pd
import numpy as np
from keras.models import Sequential, load_model
from keras.layers import Dense
from sklearn.model_selection import train_test_split
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.preprocessing import OneHotEncoder, StandardScaler
from sklearn.metrics import accuracy_score, mean_squared_error
import tensorflow as tf
import tensorflowjs as tfjs

df = pd.read_csv('rssi_testt.csv')
x = df.iloc[0:14900,0:4].values
#print(x)
y = df.iloc[:,4:6].values
std = StandardScaler()
#x = std.fit(x)
model_2 = load_model('model.json')
y0 = np.array([[ -1,0]])

x = std.fit_transform(x)
# xtest = std.transform(xtest)
y = model_2.predict(x)
#print(y)
distance = np.sqrt((y[:,1]-y0[:,1])**2+(y[:,0]-y0[:,0])**2)
mean_distance = np.mean(distance*30)
min_distance = np.min(distance*30)
max_distance = np.max(distance*30)
print(distance*30)
print('mean of distance error:'+str(mean_distance))
print('min of distance error:'+str(min_distance))
print('max of distance error:'+str(max_distance))

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

หน้าเว็บไซต์แสดงผลข้อมูลการทำงานสำหรับผู้ใช้งาน
ด้วยภาษา HTML, CSS และ JavaScript

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนนี้ จะเป็นการใช้ ภาษา HTML ในการออกแบบในส่วนของ Home Page เป็นส่วนในการแสดงข้อความหรือข้อมูลให้กับผู้ใช้งานได้ดังนี้

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
  <link rel="stylesheet" href="user.css">
  <script src="user.js" type="module"></script>
  <script src="https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase-
app.js"></script>
  <script
src="https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase.js"></script>
  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@3.15.0/dist/tf.min.js"></script>
  <!-- <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@4.17.0/dist/tf.min.js"></script> --
>
  <!-- <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs/dist/tf.min.js"> </script> -->
  <!-- <script type="module">
import tensorflowtfjs from
'https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@4.17.0/+esm'
import * as tf from
'https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@4.17.0/dist/tf.esm.min.mjs';
</script> -->
  <link href='https://unpkg.com/boxicons@2.1.4 / css/boxicons.min.css'
rel='stylesheet'>
  <title>Document</title>
  <!-- <script>
window.onload = function() {
  var isMobile =
/iPhone|iPad|iPod|Android/i.test(navigator.userAgent);
  if (isMobile) {
    alert("ขอภัย เว็บไซต์นี้สามารถเข้าถึงได้เฉพาะบน โน้ตบุ๊กเท่านั้น");
  }
}
</script> -->
  <script>
window.onload = function() {
  var isMobile =
/iPhone|iPad|iPod|Android/i.test(navigator.userAgent);
  if (isMobile) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alert("ขอภัย เว็บไซต์นี้สามารถเข้าถึงได้เฉพาะบน โน้ตบุ๊กเท่านั้น");
var loginLink = document.getElementById('loginLink');
if (loginLink) {
    loginLink.click(); // นำผู้ใช้ไปยังหน้า Login
}
}
}
</script>
</head>
<style>
* {
font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
}
.main {
position: absolute;
width: 500px;
padding: 10px;
margin: auto;
}
input {
padding: 10px;
margin: 10px;
font-size: 1em;
border-radius: 10px;
}
.btn {
background-color: rgb(221, 237, 100);
color: rgb(0, 0, 0);
border: none;
transition:0.8s ease ;
cursor: pointer;
}
.btn-1 {

background-color: rgb(224, 66, 132);
color: rgb(254, 254, 254);
border: none;
transition:0.8s ease ;
cursor: pointer;
}
.PWS {

background-color: rgb(154, 117, 21);
color: rgb(255, 255, 255);
border: none;
transition:0.8s ease ;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        cursor: pointer;
        box-shadow: 0 2px 15px rgba(0,0,0,0.3);
    }
    li {
        padding: 10px;
        margin-bottom: 5px;
        border-bottom: 1.5px solid rgb(178, 26, 26);
    }
    .text {
        color: rgb(140, 102, 179);
        font-family:'Trebuchet MS', 'Lucida Sans Unicode', 'Lucida Grande',
'Lucida Sans', Arial, sans-serif;
    }
    .label {
        font-size: 0.7em;
        color: grey;
    }
    #del{
        background-color:rgb(221, 255, 127);
        margin-top: 1.8rem;
        padding: 10px 0;
        border-radius: 20px;
        outline: none;
        border: none;
        width: 50%;
        transition:0.8s ease ;
    }
    #edit{
        background-color:rgb(221, 255, 127);
        margin-top: 1.8rem;
        padding: 10px 0;
        border-radius: 20px;
        outline: none;
        border: none;
        width: 50%;
        transition:0.8s ease ;
    }
    #edit:hover{
        background-color:cornflowerblue;
    }
    #del:hover{
        background-color: cornflowerblue;
    }
    #logo:hover{
        background-color: hotpink;
    }
    #clk:hover{
        background-color: rgb(76, 167, 64);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
#PWS:hover{
    background-color: rgb(245, 174, 82);
}
#sibtn:hover{
    background-color: cornflowerblue;
}

.bx {
    font-size: 32px; /* ปรับขนาดตามที่คุณต้องการ */
}
</style>
</style>
<body>
    <!-- Logout -->
    <a id="loginLink" href="login.html" style="display: none;"></a>
    <div class="container" id="blur">
        <div style="text-align: right">
            <input type="button" value="logout" class="btn"
onclick="logout()" id="logo">
            <a href="#" onclick="toggle()" class="btn-1 " id="clk">click
me</a>
        </div>
        <div class="background"></div>
        <!-- Tap data -->
        <div class="data-head">Robot Office Messenger <i class='bx bxs-bot'
style='font-size:40px;color:#fdfbfb' ></i></box-icon></div>
        <div class="data-container">
            <div class="data-item">
                <h2>AP 1</h2>
                <p class="value" id="one">22 dBm</p>
            </div>
            <div class="data-item">
                <h2>AP 2</h2>
                <p class="value" id="two">22 dBm</p>
            </div>
            <div class="data-item">
                <h2>AP 3</h2>
                <p class="value" id="three">22 dBm</p>
            </div>
            <div class="data-item">
                <h2>AP 4</h2>
                <p class="value" id="four">22 dBm</p>
            </div>
            <div class="data-item">
                <h2>Azimuth</h2>
                <p class="value" id="azimut">22.5&deg;</p>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

</div>
</div>
<section class="section">
<!-- <h1>MAP</h1> -->
<div class="content">
<div class="left">
<div class="card">
<div class="room">
<!-- objects -->
<div class="wall-front-left" title="wall"></div>
<div class="wall-front-right" title="wall"></div>
<div class="wall-back-left" title="wall"></div>
<div class="wall-back-right" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-one" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-two" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-three" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-four" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-five" title="wall"></div>
<div class="wall-front-left-six" title="wall"></div>
<div class="wall-side-left" title="wall"></div>
<div class="wall-side-right" title="wall"></div>
<div class="door" title="door"></div>
<div class="table1" title="table"></div>
<div class="locker1" title="locker"></div>
<div class="locker2" title="locker"></div>
<div class="table2" title="table"></div>
<div class="table3" title="table"></div>
<div class="table4" title="table"></div>
<div class="table5" title="table"></div>
<div class="table6" title="table"></div>
<div class="table7" title="table"></div>
<div class="refrigerator" title="refrigerator"></div>
<div class="sink" title="sink"></div>
<div class="cabinet1" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet2" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet3" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet4" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet5" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet6" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet7" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet8" title="cabinet"></div>
<div class="cabinet9" title="table"></div>
<div class="cabinet11" title="cabinet"></div>
<div class="table8" title="tea table"></div>
<div class="table9" title="table"></div>
<div class="desk1" title="desk"></div>
<div class="sofa1" title="sofa"></div>
<div class="sofa2" title="sofa"></div>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<div class="chair1" title="chair"></div>
<div class="chair2" title="chair"></div>
<div class="equipment" title="equipment"></div>
<div class="box" title="box"></div>
<div class="box1" title="box"></div>
<div class="box2" title="box"></div>
<!-- tile -->
<div id="tile-container"></div>
<div id="tile-container1"></div>
<div id="tile-container2"></div>
<div id="tile-container3"></div>
<div id="tile-container4"></div>
<div id="tile-container5"></div>
<div id="tile-container6"></div>
<div id="tile-container7"></div>
<!-- pos x = -4 -->
<div class="signal-point" id="signal-point" title="(-4,3)"></div>
4,2)"></div>
<div class="signal-point1 " id="signal-point1 " title="(-
4,1)"></div>
<div class="signal-point2 " id="signal-point2 " title="(-
4,0)"></div>
<div class="signal-point3 " id="signal-point3 " title="(-
4,4)"></div>
<div class="signal-point4 " id="signal-point4 " title="(-
4,5)"></div>
<div class="signal-point5 " id="signal-point5 " title="(-
4,6)"></div>
<div class="signal-point6 " id="signal-point6 " title="(-
4,7)"></div>
<div class="signal-point7 " id="signal-point7 " title="(-
4,8)"></div>
<!-- pos x = -5 -->
<div class="signal-point9" id="signal-point9" title="(-5,3)"></div>
div class="signal-point10" id="signal-point10" title="(-5,2)"></div>
<div class="signal-point11" id="signal-point11" title="(-5,1)"></div>
<div class="signal-point12" id="signal-point12" title="(-5,0)"></div>
<div class="signal-point13" id="signal-point13" title="(-5,4)"></div>
<div class="signal-point14" id="signal-point14" title="(-5,5)"></div>
<div class="signal-point15" id="signal-point15" title="(-5,6)"></div>
<div class="signal-point16" id="signal-point16" title="(-5,7)"></div>
<div class="signal-point17" id="signal-point17" title="(-5,8)"></div>
<!-- pos x = -3 -->
<div class="signal-point18" id="signal-point18" title="(-3,3)"></div>
<div class="signal-point19" id="signal-point19" title="(-3,2)"></div>
<div class="signal-point20" id="signal-point20" title="(-3,1)"></div>
<div class="signal-point21" id="signal-point21" title="(-3,0)"></div>

```

```

<div class="signal-point22" id="signal-point22" title="(-3,4)"></div>
<div class="signal-point23" id="signal-point23" title="(-3,5)"></div>
<div class="signal-point24" id="signal-point24" title="(-3,6)"></div>
<div class="signal-point25" id="signal-point25" title="(-3,7)"></div>
<div class="signal-point26" id="signal-point26" title="(-3,8)"></div>
<!-- pos x = -2 -->
<div class="signal-point27" id="signal-point27" title="(-2,2)"></div>
<div class="signal-point28" id="signal-point28" title="(-2,1)"></div>
<div class="signal-point29" id="signal-point29" title="(-2,0)"></div>
<!-- pos x = -1 -->
<div class="signal-point30" id="signal-point30" title="(-1,2)"></div>
<div class="signal-point31" id="signal-point31" title="(-1,1)"></div>
<div class="signal-point32" id="signal-point32" title="(-1,0)"></div>
<!-- pos x = 0 -->
<div class="signal-point33" id="signal-point33" title="(0,2)"></div>
<div class="signal-point34" id="signal-point34" title="(0,1)"></div>
<div class="signal-point35" id="signal-point35" title="(0,0)"></div>
<!-- pos x = 1 -->
<div class="signal-point36" id="signal-point36" title="(1,2)"></div>
<div class="signal-point37" id="signal-point37" title="(1,1)"></div>
<div class="signal-point38" id="signal-point38" title="(1,0)"></div>
<!-- pos x = 2 -->
<div class="signal-point39" id="signal-point39" title="(2,2)"></div>
<div class="signal-point40" id="signal-point40" title="(2,1)"></div>
<div class="signal-point41" id="signal-point41" title="(2,0)"></div>
<!-- pos x = 3 -->
<div class="signal-point42" id="signal-point42" title="(3,2)"></div>
<div class="signal-point43" id="signal-point43" title="(3,1)"></div>
<div class="signal-point44" id="signal-point44" title="(3,0)"></div>
<div class="signal-point45" id="signal-point45" title="(3,-1)"></div>
<div class="signal-point46" id="signal-point46" title="(3,-2)"></div>
<!-- pos x = 4 -->
<div class="signal-point47" id="signal-point47" title="(4,2)"></div>
<div class="signal-point48" id="signal-point48" title="(4,1)"></div>
<div class="signal-point49" id="signal-point49" title="(4,0)"></div>
<div class="signal-point50" id="signal-point50" title="(4,-1)"></div>
<div class="signal-point51" id="signal-point51" title="(4,-2)"></div>
<!-- pos x = 5 -->
<div class="signal-point52" id="signal-point52" title="(5,2)"></div>
<div class="signal-point53" id="signal-point53" title="(5,1)"></div>
<div class="signal-point54" id="signal-point54" title="(5,0)"></div>
<div class="signal-point55" id="signal-point55" title="(5,-1)"></div>
<div class="signal-point56" id="signal-point56" title="(5,-2)"></div>
<!-- pos x = 6 -->
<div class="signal-point57" id="signal-point57" title="(6,2)"></div>
<div class="signal-point58" id="signal-point58" title="(6,1)"></div>
<div class="signal-point59" id="signal-point59" title="(6,0)"></div>
<div class="signal-point60" id="signal-point60" title="(6,-1)"></div>

```

```

<div class="signal-point61" id="signal-point61" title="(6,-2)"></div>
<!-- pos x = 7 -->
<div class="signal-point62" id="signal-point62" title="(7,2)"></div>
<div class="signal-point63" id="signal-point63" title="(7,1)"></div>
<div class="signal-point64" id="signal-point64" title="(7,0)"></div>
<!-- pos x = 8 -->
<div class="signal-point65" id="signal-point65" title="(8,2)"></div>
<div class="signal-point66" id="signal-point66" title="(8,1)"></div>
<div class="signal-point67" id="signal-point67" title="(8,0)"></div>
<!-- pos x = 9 -->
<div class="signal-point68" id="signal-point68" title="(9,2)"></div>
<div class="signal-point69" id="signal-point69" title="(9,1)"></div>
<div class="signal-point70" id="signal-point70" title="(9,0)"></div>
<!-- pos x = -6 -->
<div class="signal-point71" id="signal-point71" title="(-6,8)"></div>
<div class="signal-point72" id="signal-point72" title="(-6,7)"></div>
<div class="signal-point73" id="signal-point73" title="(-6,6)"></div>
<div class="signal-point74" id="signal-point74" title="(-6,5)"></div>
<div class="signal-point75" id="signal-point75" title="(-6,4)"></div>
<div class="signal-point76" id="signal-point76" title="(-6,3)"></div>
<div class="signal-point77" id="signal-point77" title="(-6,2)"></div>
<div class="signal-point78" id="signal-point78" title="(-6,1)"></div>
<div class="signal-point79" id="signal-point79" title="(-6,0)"></div>
<div class="signal-point80" id="signal-point80" title="(-6,-1)"></div>
<div class="signal-point81" id="signal-point81" title="(-6,-2)"></div>
<div class="signal-point82" id="signal-point82" title="(-6,-3)"></div>
<div class="signal-point83" id="signal-point83" title="(-6,-4)"></div>
<div class="signal-point84" id="signal-point84" title="(-6,-5)"></div>
<div class="signal-point85" id="signal-point85" title="(-6,-6)"></div>
<div class="signal-point86" id="signal-point86" title="(-6,-7)"></div>
<div class="signal-point87" id="signal-point87" title="(-6,-8)"></div>
<div class="signal-point88" id="signal-point88" title="(-6,-9)"></div>
<div class="signal-point89" id="signal-point89" title="(-6,-10)"></div>
<div class="signal-point90" id="signal-point90" title="(-6,-11)"></div>
<div class="signal-point91" id="signal-point91" title="(-6,-12)"></div>
<div class="signal-point92" id="signal-point92" title="(-6,-13)"></div>
<div class="signal-point93" id="signal-point93" title="(-6,-14)"></div>
<div class="signal-point94" id="signal-point94" title="(-6,-15)"></div>
<!-- pos x = -7 -->
<div class="signal-point95" id="signal-point95" title="(-7,8)"></div>
<div class="signal-point96" id="signal-point96" title="(-7,7)"></div>
<div class="signal-point97" id="signal-point97" title="(-7,6)"></div>
<div class="signal-point98" id="signal-point98" title="(-7,5)"></div>
<div class="signal-point99" id="signal-point99" title="(-7,4)"></div>
<div class="signal-point100" id="signal-point100" title="(-7,3)"></div>
<div class="signal-point101" id="signal-point101" title="(-7,2)"></div>
<div class="signal-point102" id="signal-point102" title="(-7,1)"></div>
<div class="signal-point103" id="signal-point103" title="(-7,0)"></div>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<div class="signal-point104" id="signal-point104" title="(-7,-1)"></div>
<div class="signal-point105" id="signal-point105" title="(-7,-2)"></div>
<div class="signal-point106" id="signal-point106" title="(-7,-3)"></div>
<div class="signal-point107" id="signal-point107" title="(-7,-4)"></div>
<div class="signal-point108" id="signal-point108" title="(-7,-5)"></div>
<div class="signal-point109" id="signal-point109" title="(-7,-6)"></div>
<div class="signal-point110" id="signal-point110" title="(-7,-7)"></div>
<div class="signal-point111" id="signal-point111" title="(-7,-8)"></div>
<div class="signal-point112" id="signal-point112" title="(-7,-9)"></div>
<div class="signal-point113" id="signal-point113" title="(-7,-10)"></div>
<div class="signal-point114" id="signal-point114" title="(-7,-11)"></div>
<div class="signal-point115" id="signal-point115" title="(-7,-12)"></div>
<div class="signal-point116" id="signal-point116" title="(-7,-13)"></div>
<div class="signal-point117" id="signal-point117" title="(-7,-14)"></div>
<div class="signal-point118" id="signal-point118" title="(-7,-15)"></div>
<!-- pos x = -8 -->
<div class="signal-point119" id="signal-point119" title="(-8,8)"></div>
<div class="signal-point120" id="signal-point120" title="(-8,7)"></div>
<div class="signal-point121" id="signal-point121" title="(-8,6)"></div>
<div class="signal-point122" id="signal-point122" title="(-8,5)"></div>
<div class="signal-point123" id="signal-point123" title="(-8,4)"></div>
<div class="signal-point124" id="signal-point124" title="(-8,3)"></div>
<div class="signal-point125" id="signal-point125" title="(-8,2)"></div>
<div class="signal-point126" id="signal-point126" title="(-8,1)"></div>
<div class="signal-point127" id="signal-point127" title="(-8,0)"></div>
<div class="signal-point128" id="signal-point128" title="(-8,-1)"></div>
<div class="signal-point129" id="signal-point129" title="(-8,-2)"></div>
<div class="signal-point130" id="signal-point130" title="(-8,-3)"></div>
<div class="signal-point131" id="signal-point131" title="(-8,-4)"></div>
<div class="signal-point132" id="signal-point132" title="(-8,-5)"></div>
<div class="signal-point133" id="signal-point133" title="(-8,-6)"></div>
<div class="signal-point134" id="signal-point134" title="(-8,-7)"></div>
<div class="signal-point135" id="signal-point135" title="(-8,-8)"></div>
<div class="signal-point136" id="signal-point136" title="(-8,-9)"></div>
<div class="signal-point137" id="signal-point137" title="(-8,-10)"></div>
<div class="signal-point138" id="signal-point138" title="(-8,-11)"></div>
<div class="signal-point139" id="signal-point139" title="(-8,-12)"></div>
<div class="signal-point140" id="signal-point140" title="(-8,-13)"></div>
<div class="signal-point141" id="signal-point141" title="(-8,-14)"></div>
<div class="signal-point142" id="signal-point142" title="(-8,-15)"></div>
<!-- pos x = -9-->
<div class="signal-point143" id="signal-point143" title="(-9,8)"></div>
<div class="signal-point144" id="signal-point144" title="(-9,7)"></div>
<div class="signal-point145" id="signal-point145" title="(-9,6)"></div>
<div class="signal-point146" id="signal-point146" title="(-9,5)"></div>
<div class="signal-point147" id="signal-point147" title="(-9,4)"></div>
<div class="signal-point148" id="signal-point148" title="(-9,3)"></div>
<!-- compass -->

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<div class="compass-container">
  <div class="compass">
    <svg class="moved-svg" width="150" height="150" viewBox="0 0 130
130" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
      <!-- สร้างข้อความ "Hello, SVG!" ที่ตำแหน่ง (10, 40) และใช้ font-size
เท่ากับ 16 -->
      <text x="62" y="15" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">F</text>
      <text x="10" y="70" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">L</text>
      <text x="62" y="121" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">B</text>
      <text x="112" y="70" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">R</text>
    </svg>
    <svg class="moved-svg" width="150" height="150" viewBox="0 0 130
130" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
      <!-- สร้างข้อความ "Hello, SVG!" ที่ตำแหน่ง (10, 40) และใช้ font-size
เท่ากับ 16 -->
      <text x="61" y="15" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">F is font</text>
      <text x="58" y="35" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">L is left</text>
      <text x="63" y="55" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">B is back</text>
      <text x="63" y="75" font-size="12" text-anchor="middle"
fill="black">R is right</text>
    </svg>
    <div class="needle" id="needle"></div>
    <div class="cir"></div>
  </div>
<!-- test compass -->
<!-- <div class="container">
  <div class="compass">
    <div id="rose" class="compass__rose">
      <svg class="compass__rose__dial" viewBox="0 0 130 130"
version="1.1" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
        <circle cx="65" cy="65" r="56" stroke="white" stroke-
width="1" fill="none" />
        <polyline points="63,9 67,9 65,15" fill="white"/>
        <polyline points="121,63 121,67 115,65" fill="white"/>
        <polyline points="63,121 67,121 65,115" fill="white"/>
        <polyline points="9,63 9,67 15,65" fill="white"/>
        <text x="65" y="6.5" font-size="7" text-anchor="middle"
fill="white">N</text>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        <text x="125" y="67" font-size="7" text-anchor="middle"
fill="white">E</text>
        <text x="65" y="128" font-size="7" text-anchor="middle"
fill="white">S</text>
        <text x="4.1" y="67.5" font-size="7" text-anchor="middle"
fill="white">W</text>
    </svg>
</div>
<div>
<div class="compass__pointer" viewBox="0 0 130 10" version="1.1"
xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
    <polyline points="60,60 70,60 65,15" fill="#b60000"/>
    <polyline points="60,70 70,70 65,115" fill="white"/>
    <circle cx="65" cy="65" r="7" stroke="#b60000" stroke-
width="7" fill="none" />
</div>
</div>
</div> -->
</div>
</div>
</div>
<div class="right">
<div class="card">
<div class="data-item">
<h2>Position</h2>
<p class="value" id="pos">(x,y)</p>
</div>
<a href="#" onclick="predictWiFiPosition()" class="PWS"
id="PWS" >Predict WiFi Signal</a>
</div>
<div class="card">
<div class="data-item">
<h2>Direction</h2>
<p class="value" id="Direc">N</p>
</div>
</div>
<!-- <div class="card">
<div class="data-item">
<h2>Direction</h2>
<p class="value" id="Direc">N</p>
</div>
</div> -->
</div>
</div>
</section>
</div>
<div id="popup">
<h2 >Please click your location <i class='bx bxs-been-here bx-tada'
style='color:#ff0000' ></i></h2>

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

<p>กรุณาเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้หุ่นยนต์เดินทางรับหรือส่งเอกสาร</p>
<div class="flex-test">
  <!-- <a href="#" onclick="sendLineNotify()" class="flex-item item-
1">Target A</a> -->
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
1" id="Target A">Target A</a>
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
2" id="Target B">Target B</a>
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
3" id="Target C">Target C</a>
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
4" id="Target D">Target D</a>
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
5" id="Target E">Target E</a>
  <a href="#" onclick="sendDataToFirebase(POS)" class="flex-item item-
6" id="Station">Station</a>
</div>
<a href="#" onclick="toggle()" class="btn-2" id="btn-2" >close</a>
</div>
<!-- <script>
  async function loadModel() {
    const model = await tf.loadLayersModel("model.json");
  }
  //Predict
  async function predictWiFiPosition() {
    // เรียกใช้ฟังก์ชัน predictWiFiPosition
    console.log("active");
    const model = await loadModel();
    // console.log("active");
    const inputTensor = tf.tensor2d([[ -50, -55, -80, -50]]);
    const output = model.predict(inputTensor);
    //result
    const result = output.dataSync();
    // แสดงผลลัพธ์ที่ส่วนที่ต้องการ
    const posElement = document.getElementById('pos');
    posElement.innerHTML = `(${result[0]}, ${result[1]})`;
  }
  document.addEventListener('DOMContentLoaded', loadModel);
  window.predictWiFiPosition = predictWiFiPosition;
</script> -->
</body>
<script type="text/javascript">
  function toggle(){
    var blur = document.getElementById('blur');
    blur.classList.toggle('active')
    var popup = document.getElementById('popup');
    popup.classList.toggle('active')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}  
</script>
```

```
</html>
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนนี้ จะเป็นการใช้ ภาษา CSS สำหรับการตกแต่งให้หน้าเว็บสวยงามมากยิ่งขึ้น ของ Home Page

```
*{
  font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
  margin: 0;
  padding: 0;
}
body{
  background: #020410;
  height: 100%;
}
.container{
  justify-content: center;
}
.container#blur.active{
  filter: blur(20px);
  pointer-events: none;
  user-select: none;
}
.flex-test{
  display: flex;
  justify-content: center;
  flex-wrap: wrap ;
  margin-top: 30px;
}
.item-1 {
  position: relative;
  padding: 30px 40px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #8d67d8;
}
.item-2 {
  position: relative;
  padding: 30px 40px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #479175;
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.item-3{
  position: relative;
  padding: 30px 40px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #8fa066;
}
.item-4{
  position: relative;
  padding: 30px 40px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #812a93;
}
.item-5{
  position: relative;
  padding: 30px 40px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #b79c26;
}
.item-6{
  position: relative;
  padding: 30px 46px;
  display: inline-block;
  margin-top: 10px;
  margin-left: 30px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;
  background: #c85d1f;
}
.btn-2{
  position: relative;
  padding: 5px 20px;
  display: inline-block;
  margin-top: 5px;
  margin-left: 270px;
  color: #ffffff;
  text-decoration: none;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

background: #060508;
}
#btn-2:hover{
background-color: rgba(102, 99, 99, 1);
}
#popup{
position: fixed;
top: 40%;
left: 50%;
transform: translate(-50%,-50%);
width: 600px;
height: 400px;
padding: 50px;
box-shadow: 0 5px 30px rgba(0,0,0,0.35);
background: #ffffff;
visibility: hidden;
opacity: 0;
transition: 0.5s;
border-radius: 2%;
}
#popup.active{
top: 50%;
visibility: visible;
opacity: 1;
transition: 0.5s;
}
.background {
width: 100%;
height: 100vh;
background: url('AI-GIANT-ROBOT-1102023.png') no-repeat;
background-size: cover;
background-position: center ;
filter: blur(12px);
}
.data-container{
display: flex;
position: absolute;
color: #f0f0f0;
top: 19%;
left:20%;
justify-content: space-between;
width: 918px;
margin: 18px auto ;
padding: 25px;
background: rgba(115, 53, 28, 0.5);
box-shadow: 0 2px 15px rgba(0,0,0,2);
border-radius: 10px;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.data-item{
  text-align: center;
}
.data-item h2{
  font-size: 25px;
  font-weight: bold;
  margin-bottom: 15px;
}
.data-item p{
  font-size: 20px;
  background-color: rgb(255, 255, 255);
  color: #333;
  width: 100%;
  margin: 3% auto;
  padding: 4px;
  border-radius: 5px;
}
.data-head{
  position: absolute;
  top: 8%;
  left: 20%;
  margin: auto;
  width: 64%;
  color: #f0f0f0;
  text-align: center;
  font-size: 35px;
  font-weight: bolder;
  margin: 5px auto;
  padding: 10px;
  background: rgba(115, 53, 28, 0.5);
  box-shadow: 0 2px 15px rgba(0,0,0,2);
  border-radius: 20px;
}
.section{
  position: absolute;
  float: left;
  /* background:transparent; */
  width: 100%;
  /* background-color: aliceblue; */
  text-align: center;
  padding: 50px 15px;
  top: 32%;
}
.section .content{
  float: left;
  width: 95%;
  margin-top: 20px;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
.section .content .left {
  width: 60%;
  float: left;
  padding: 0px 10px;
}
.section .content .left .card {
  padding: 220px 100px;
  font-size: 30px;
  color: #f0f0f0;
  background-color: #060508;
  border-radius: 5px;
}
.section .content .right {
  width: 30%;
  float: right;
  padding: 0px 50px;
  top: 0%;
}
.section .content .right .card {
  padding: 36px 73px;
  font-size: 30px;
  color: #f0f0f0;
  background: rgba(115, 53, 28, 0.5);
  /* background-color: #838c94; */
  margin-bottom: 50px;
  border-radius: 5px;
}
.room {
  position: absolute;
  width: 800px; /* ปรับความกว้างเป็น 768 พิกเซล */
  height: 410px; /* ปรับความสูงเป็น 685.5 พิกเซล */
  background-color: #ffffff;
  border: 2px solid #333;
  margin: 2px;
  padding: 2px;
  box-sizing: border-box;
  /* position: relative; */
  top: 14%;
  left: 3%; /* ตำแหน่งด้านซ้ายของห้อง (50% ของความกว้าง) */
}
.wall-font-left {
  width: 10px;
  height: 161.5px;
  background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
  position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

top: 71.3%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 76.8%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-back-left{
width: 10px;
height: 164.5px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 71.35%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 22.7%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-front-right{
width: 10px;
height: 161.5px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 26.8%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 76.8%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-back-right{
width: 10px;
height: 164.5px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 26.8%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 22.7%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-front-left-one{
width: 28.75px;
height: 19.75px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 49.1%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 75.64%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-front-left-two{
width: 28.75px;
height: 17.75px;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 5.9%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 75.64%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-font-left-three {
width: 28.75px;
height: 17.75px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 93.35%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 75.64%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-font-left-four {
width: 28.75px;
height: 17.75px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 93.35%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 23.85%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-font-left-five {
width: 28.75px;
height: 19.75px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 49.1%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 23.85%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-font-left-six {
width: 28.75px;
height: 17.75px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 5.9%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 23.85%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-side-left {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

width: 384px;
height: 10px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 94.275%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 49.75%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.wall-side-right{
width: 384px;
height: 10px;
background-color: #333435; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 5%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 49.75%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.door{
width: 10px;
height: 84.75px;
background-color: #d2962d; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 71.3%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 76.8%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table1 {
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 53%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 68.2%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.locker1 {
width: 90px;
height: 30px;
background-color: #b6b5b3; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 89.3%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 68.2%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
.table2{
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 87.999%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 56.9%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก้อื้ออยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table3{
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 87.999%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 45.6%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก้อื้ออยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.refrigerator{
width: 25.2px;
height: 36.75px;
background-color: #3890cf; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 88.5%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 38.35%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก้อื้ออยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table4{
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 87.999%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 31.2%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก้อื้ออยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.sink{
width: 16.5px;
height: 24.85px;
background-color: #24e575; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 86.2%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

right: 24.4%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.locker2{
width: 26px;
height: 66.5px;
background-color: #b6b5b3; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 59.9%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 24.9%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table5{
width: 15px;
height: 50px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 75%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 24.3%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet1{
width: 180px;
height: 20.25px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 54.2%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 37.8%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table6{
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 61.75%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 32.2%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table7{
width: 90px;
height: 40px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 61.75%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 43.5%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.equipment{
width: 52.5px;
height: 75.5px;
background-color: #4b4130; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 57.3%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 52.45%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.box{
width: 23px;
height: 19.75px;
background-color: #dcbc85; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 49.1%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 47.7%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet2{
width: 163px;
height: 20.25px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 49.1%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 36%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet3{
width: 46px;
height: 28px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 9.7%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 70.9%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet4{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

width: 46px;
height: 28px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 9.7%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 65.2%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet5 {
width: 90px;
height: 20px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 8.5%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 56.4%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet6 {
width: 90px;
height: 27.75px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 9.7%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 45.01%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet7 {
width: 75px;
height: 27.75px;
background-color: #3a4941; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 9.7%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 34.6%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet8 {
width: 49px;
height: 20.25px;
background-color: #1fd072; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 10.5%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 26.5%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
.cabinet9{
width: 89.75px;
height: 60px;
background-color: #1fd072; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 27%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 68.5%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
border-radius: 10px;
}
.chair1{
width: 35px;
height: 34px;
background-color: #2a02f1; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 17.5%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 51%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.cabinet11{
width: 37.5px;
height: 26.5px;
background-color: #0494ed; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 17%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 47%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.sofa1{
width: 37.5px;
height: 67.5px;
background-color: #468840; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 31%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 48%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.sofa2{
width: 67.5px;
height: 37.5px;
background-color: #468840; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 18%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

right: 40.5%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table8{
width: 45px;
height: 30px;
background-color: #468840; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 32%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 40%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.desk1 {
width: 60px;
height: 40px;
background-color: #413c79; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 32%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 32.25%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.table9{
width: 40px;
height: 90px;
background-color: #a58651; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 25%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 26%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.chair2{
width: 30px;
height: 15px;
background-color: #2a02f1; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 24%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 31%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.box1 {
width: 40px;
height: 19.75px;
background-color: #dcbc85; /* สีน้ำเงิน */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 44%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 44%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
.box2 {
width: 90px;
height: 30px;
background-color: #dcbc85; /* สีน้ำเงิน */
position: absolute; /* ตั้งค่าเพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่ง */
top: 43%; /* ตำแหน่งด้านบนของห้อง (50% ของความสูง) */
right: 34%; /* ตำแหน่งด้านขวาของห้อง (5% ของความกว้าง) */
transform: translate(50%, -50%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
#tile-container {
display: flex;
flex-wrap: wrap;
}
.tile {
width: 15px;
height: 15px;
/* margin: 1px; */
background-color: #ffffff;
border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
}
#tile-container {
width: 90px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
transform: translate(234.5%, 240%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
#tile-container1 {
display: flex;
flex-wrap: wrap;
}

.tile1 {
width: 15px;
height: 15px;
/* margin: 1px; */
background-color: #ffffff;
border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
}
#tile-container1 {
width: 50px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    transform: translate(589%, 168.1%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
  }
  #tile-container2 {
    display: flex;
    flex-wrap: wrap;
  }
  .tile2 {
    width: 15px;
    height: 15px;
    /* margin: 1px; */
    background-color: #ffffff;
    border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
  }
  #tile-container2 {
    width: 100px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
    transform: translate(344%, 320%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
  }
  #tile-container3 {
    display: flex;
    flex-wrap: wrap;
  }
  .tile3 {
    width: 15px;
    height: 15px;
    /* margin: 1px; */
    background-color: #ffffff;
    border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
  }
  #tile-container3 {
    width: 100px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
    transform: translate(444.3%, 220%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
  }
  #tile-container4 {
    display: flex;
    flex-wrap: wrap;
  }
  .tile4 {
    width: 15px;
    height: 15px;
    /* margin: 1px; */
    background-color: #ffffff;
    border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
  }
  #tile-container4 {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

width: 50px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
transform: translate(1088%, 120%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
#tile-container5 {
display: flex;
flex-wrap: wrap;
}
.tile5 {
width: 15px;
height: 15px;
/* margin: 1px; */
background-color: #ffffff;
border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
}
#tile-container5 {
width: 45px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
transform: translate(691%, -123%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
#tile-container6 {
display: flex;
flex-wrap: wrap;
}
.tile6 {
width: 15px;
height: 15px;
/* margin: 1px; */
background-color: #ffffff;
border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
}
#tile-container6 {
width: 45px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
transform: translate(764%, -752%); /* ให้เก้าอี้อยู่ตรงกลางของห้อง */
}
#tile-container7 {
display: flex;
flex-wrap: wrap;
}
.tile7 {
width: 15px;
height: 15px;
/* margin: 1px; */
background-color: #ffffff;
border: 1px solid #000; /* เพิ่มขอบดำ 1px */
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#tile-container7{
  width: 45px; /* (30px + 1px) * 5 + 1px */
  transform: translate(692%, -2850%); /* ให้เก้าอี้ผู้ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point {
  width: 7.5px;
  height: 7.5px;
  background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
  border-radius: 50%;
  position: absolute;
  transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับ
*/
  transform: translate(3875%, -3715%); /* ให้เก้าอี้ผู้ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point1 {
  width: 7.5px;
  height: 7.5px;
  background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
  border-radius: 50%;
  position: absolute;
  transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับ
*/
  transform: translate(4099%, -3715%); /* ให้เก้าอี้ผู้ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point2 {
  width: 7.5px;
  height: 7.5px;
  background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
  border-radius: 50%;
  position: absolute;
  transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับ
*/
  transform: translate(4323%, -3715%); /* ให้เก้าอี้ผู้ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point3 {
  width: 7.5px;
  height: 7.5px;
  background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
  border-radius: 50%;
  position: absolute;
  transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับ
*/
  transform: translate(4547%, -3715%); /* ให้เก้าอี้ผู้ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point4 {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

width: 7.5px;
height: 7.5px;
background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
border-radius: 50%;
position: absolute;
transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับน้อย
*/

transform: translate(3651%, -3715%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point5 {
width: 7.5px;
height: 7.5px;
background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
border-radius: 50%;
position: absolute;
transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับน้อย
*/

transform: translate(3427%, -3715%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point6 {
width: 7.5px;
height: 7.5px;
background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
border-radius: 50%;
position: absolute;
transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับน้อย
*/

transform: translate(3203%, -3715%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
transform: translate(3651%, -2620%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.signal-point148 {
width: 7.5px;
height: 7.5px;
background-color: rgba(255, 0, 0, 1); /* สีของจุดสัญญาณ */
border-radius: 50%;
position: absolute;
transition: transform 0.5s ease-in-out; /* เพื่อให้การเคลื่อนที่มีการแสดงผลเป็นขยับน้อย
*/

transform: translate(3875%, -2620%); /* ให้แก่อี้อู่ตรงกลางของห้อง */
}
.compass-container {
position: relative;
}
.compass {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

width: 100px;
height: 100px;
background-color: #38cef8;
border-radius: 50%;
position: relative;
transform: translate(40.2%, -490%);
box-shadow: 0 2px 15px rgba(0,0,0,0.35);
}
.needle {
position: absolute;
top: 5%;
left: 49%;
width: 5px;
height: 43px;
background-color: #e24d4d;
transform-origin: 50% 100%;
}
.needle::before {
content: "";
position: absolute;
width: 0;
height: 0;
border-left: 7px solid transparent;
border-right: 7px solid transparent;
border-bottom: 10px solid #e24d4d;
top: -5px;
left: 71%;
transform: translateX(-60%);
}
.cir {
content: "";
position: absolute;
width: 12px;
height: 12px;
background-color: #ffffff; /* สีของจุดสัญญาณ */
border-radius: 50%;
top: 43%;
left: 52%;
transform: translateX(-60%);
}

.moved-svg {
transform: translate(-21px, -23px); /* เลื่อน SVG ไปที่ตำแหน่ง (50px, 20px)
.containererr {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

max-width: 1200px;
margin: 0 auto;
padding: 20px;
}

.box {
background-color: #fff;
padding: 20px;
margin-bottom: 20px;
}

#notebookWarning {
display: none;
background-color: #ffcc00;
color: #333;
padding: 10px;
text-align: center;
margin-bottom: 20px;
}

/* Responsive layout */
@media only screen and (min-width: 468px) {
#notebookWarning {
display: block;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนนี้ จะเป็นการใช้ ภาษา JavaScript สำหรับการสร้างฟังก์ชันการทำงาน ทั้ง การดึงค่า RSSI และการดึงโมเดลมาใช้ในการแสดงผลบนหน้าเว็บไซต์ ของ Home Page

```
import { initializeApp } from
"https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase-app.js";
import { getAnalytics } from
"https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase-analytics.js";
import { getDatabase,ref,onValue,set } from
"https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase-database.js";
import {getAuth,signOut,onAuthStateChanged,} from
"https://www.gstatic.com/firebasejs/10.7.1/firebase-auth.js";
// import * as tf from
"https://cdn.jsdelivr.net/npm/@tensorflow/tfjs@4.17.0/dist/tf.esm.min.mjs";
const firebaseConfig = {
  apiKey: "AIzaSyB5-Ql6BPRrz8THBpQKImhzGtx3B7kuCeE",
  authDomain: "web-2-c6330.firebaseio.com",
  databaseURL: "https://web-2-c6330-default-rtdb.firebaseio.com",
  projectId: "web-2-c6330",
  storageBucket: "web-2-c6330.appspot.com",
  messagingSenderId: "927487669942",
  appId: "1:927487669942:web:b3979f067ae45f70355817"
};
// Initialize Firebase
const app = initializeApp(firebaseConfig);
const analytics = getAnalytics(app);
const auth = getAuth();
const database = getDatabase();
//getting reference to data we want
var dataRef1 = ref(database,'sensor/one');
var dataRef2 = ref(database,'sensor/two');
var dataRef3 = ref(database,'sensor/three');
var dataRef4 = ref(database,'sensor/four');
var dataRef5 = ref(database,'gyro/azimut');

onValue(dataRef1, (snapshot) => {
  const APone = snapshot.val();
  document.getElementById('one').innerHTML = APone + " dBm";
});
onValue(dataRef2, (snapshot) => {
  const APTwo = snapshot.val();
  document.getElementById('two').innerHTML = APTwo + " dBm";
});
onValue(dataRef3, (snapshot) => {
  const APthree = snapshot.val();
  document.getElementById('three').innerHTML = APthree + " dBm";
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

});
onValue(dataRef4, (snapshot) => {
  const APfour = snapshot.val();
  document.getElementById('four').innerHTML = APfour + " dBm";
});
onValue(dataRef5, (snapshot) => {
  const Az = snapshot.val();
  //direction
  document.getElementById('azimut').innerHTML = Az + "&deg;";
  if (Az < 22.5 || Az > 337.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "North";
  }
  if (Az > 22.5 || Az > 67.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "North-East";
  }
  if (Az > 67.5 || Az > 112.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "East";
  }
  if (Az > 112.5 || Az > 157.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "South-East";
  }
  if (Az > 157.5 || Az > 202.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "South";
  }
  if (Az > 202.5 || Az > 247.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "South-west";
  }
  if (Az > 247.5 || Az > 292.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "West";
  }
  if (Az > 292.5 || Az > 337.5) {
    document.getElementById('Direc').innerHTML = "North-West";
  }
});
//tile
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container");
  for (let i = 0; i < 30; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container1");
  for (let i = 0; i < 15; i++) {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile1";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container2");

  for (let i = 0; i < 12; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile2";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container3");

  for (let i = 0; i < 12; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile3";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container4");

  for (let i = 0; i < 6; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile4";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container5");
  for (let i = 0; i < 22; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile5";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container6");

  for (let i = 0; i < 6; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile6";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

});
document.addEventListener("DOMContentLoaded", function() {
  const tileContainer = document.getElementById("tile-container7");

  for (let i = 0; i < 2; i++) {
    const tile = document.createElement("div");
    tile.className = "tile7";
    tileContainer.appendChild(tile);
  }
});

//needle
onValue(dataRef5, (snapshot) => {
  const azimuthValue = snapshot.val();
  console.log('Azimut Value:', azimuthValue);

  // Now you can use the azimuthValue as needed, for example, update the
arrow rotation
  const arrow = document.getElementById('needle');
  arrow.style.transform = `rotate(${azimuthValue}deg)`;
});

// return to firebase (this code success)
const TargetA = document.getElementById('Target A');
const TargetB = document.getElementById('Target B');
const TargetC = document.getElementById('Target C');
const TargetD = document.getElementById('Target D');
const TargetE = document.getElementById('Target E');
const Station = document.getElementById('Station');
TargetA.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Target A'));
TargetB.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Target B'));
TargetC.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Target C'));
TargetD.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Target D'));
TargetE.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Target E'));
Station.addEventListener('click', () => sendDataToFirebase('Station'));
function sendDataToFirebase(POS) {
  const dataToSend = {
    POS: POS,
  };
  const dataRef = ref(database, 'path/position');
  set(dataRef, dataToSend)
  .then(() => {
    console.log(`Data sent to Firebase: ${POS}`);
  })
  .catch((error) => {
    console.error('Error sending data to Firebase:', error);
  });
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
id="del">${"Delete"}</button><button onclick="editask(this)"
id="edit">${"Edit"}</button></li></ul>`;
```

```
//Deploy model on a browser
async function loadModel() {
  const model = await tf.loadLayersModel("model.json");
  return model;
}

// clearInterval(blinkInterval);
// // ตั้งสีเป็นแดงเพื่อให้สมบูร์ณ
// signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
// }, 10000);
// }
// else if (x > -8 && x < -6 && y > -12 && y < -12) {
//   let isRed = true;
//   const signalPoint116 = document.getElementById('signal-point116');
//   const blinkInterval = setInterval(() => {
//     if (isRed) {
//       signalPoint116.style.backgroundColor = 'yellow';
//       isRed = false;
//     } else {
//       signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
//       isRed = true;
//     }
//   });
// }

// กรณีดึงข้อมูลจาก firebase
async function predictWiFiPosition() {
  // เรียกใช้ฟังก์ชัน predictWiFiPosition
  const model = await loadModel();
  console.log("active");
  // เรียกข้อมูลจาก Realtime Database
  var dataRef1 = ref(database,'sensor/one');
  var dataRef2 = ref(database,'sensor/two');
  var dataRef3 = ref(database,'sensor/three');
  var dataRef4 = ref(database,'sensor/four');
  const promises = [
    new Promise((resolve) => {
      onValue(dataRef1, (snapshot) => {
        const APone = snapshot.val();
        resolve(APone);
      });
    }),
    new Promise((resolve) => {
      onValue(dataRef2, (snapshot) => {
        const APtwo = snapshot.val();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        resolve(APtwo);
    });
  },
  new Promise((resolve) => {
    onValue(dataRef3, (snapshot) => {
      const APthree = snapshot.val();
      resolve(APthree);
    });
  }),
  new Promise((resolve) => {
    onValue(dataRef4, (snapshot) => {
      const APfour = snapshot.val();
      resolve(APfour);
    });
  })
];
// รอให้ทุก Promise เสร็จสิ้นและรวมข้อมูลใน tensor
Promise.all(promises)
  .then((results) => {
    // สร้าง tensor จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รับ
    const inputTensor = tf.tensor2d([results]);
    console.log(results);
    // ทำนาย
    const output = model.predict(inputTensor);
    const result = output.dataSync();
    // แสดงผลลัพธ์
    const posElement = document.getElementById('pos');
    posElement.innerHTML = `(${result[0].toFixed(2)},
    ${result[1].toFixed(2)})`;
    const x = result[0].toFixed(2);
    const y = result[1].toFixed(2);
    console.log(x,y);
    if (x > -6 && x < -4 && y > 1 && y < 3) {
      let isRed = true;
      const signalPoint116 = document.getElementById('signal-point10');
      const blinkInterval = setInterval(() => {
        if (isRed) {
          signalPoint116.style.backgroundColor = 'yellow';
          isRed = false;
        } else {
          signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
          isRed = true;
        }
      }, 500); // กระพริบทุกๆ 1 วินาที
      setTimeout(() => {
        clearInterval(blinkInterval);
        // ตั้งสีเป็นแดงเพื่อให้สมบูรณ์

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
  }, 10000);
}
else if (x > -7 && x < -5 && y > -13 && y < -11) {
  let isRed = true;
  const signalPoint116 = document.getElementById('signal-point91');
  const blinkInterval = setInterval(() => {
    if (isRed) {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'yellow';
      isRed = false;
    } else {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
      isRed = true;
    }
  }, 500); // กระพริบทุกๆ 1 วินาที
  setTimeout(() => {
    clearInterval(blinkInterval);
    // ตั้งสีเป็นแดงเพื่อให้สมบูรณ์
    signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
  }, 10000);
}

else if (x > -8 && x < -6 && y > -12 && y < -10) {
  let isRed = true;
  const signalPoint116 = document.getElementById('signal-point114');
  const blinkInterval = setInterval(() => {
    if (isRed) {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'yellow';
      isRed = false;
    } else {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
      isRed = true;
    }
  }, 500); // กระพริบทุกๆ 1 วินาที
  setTimeout(() => {
    clearInterval(blinkInterval);
    // ตั้งสีเป็นแดงเพื่อให้สมบูรณ์
    signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
  }, 10000); }

else if (x > 0 && x < 2 && y > 0 && y < 2) {
  let isRed = true;
  const signalPoint116 = document.getElementById('signal-point37');
  const blinkInterval = setInterval(() => {
    if (isRed) {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'yellow';
      isRed = false;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    } else {
      signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
      isRed = true;
    }
  }, 500); // กระพริบทุกๆ 1 วินาที
  setTimeout(() => {
    clearInterval(blinkInterval);
    // ตั้งสีเป็นแดงเพื่อให้สมบูรณ์
    signalPoint116.style.backgroundColor = 'red';
  }, 10000);
}
document.addEventListener('DOMContentLoaded', loadModel);
window.predictWiFiPosition = predictWiFiPosition;
window.logout = function () {
  signOut(auth)
    .then(function () {
      alert("Logout Successfully");
      window.location.href = "login.html";
    })
    .catch(function (err) {
      console.log(err);
    });
};
function checkAuthentication() {
  onAuthStateChanged(auth, function (user) {
    if (user) {
      const uid = user.uid;
      console.log(uid);
      // ...
    } else {
      // User is signed out
      // ...
      window.location.href = "login.html";
    }
  });
}
checkAuthentication();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้