สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ซ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 การแปลงมุมมองภาพ 4
2.1.1 Homography 5
2.2 การแปลงระบบพิกัด 5
2.3 การเรียนรู้ของเครื่องจักร 7
2.3.1 ANN (Artificial Neural Networks) 7
2.3.2 CNN (Convolutional Neural Networks) 9
2.4 การติดตามวัตถุ 18
2.4.1 Deepsort 19
2.5 การระบุตำแหน่งของยานพาหนะอัตโนมัติ 21
2.5.1 แผนที่ความละเอียดสูง (HD Maps) 22
2.5.2 การระบุตำแหน่งด้วย Normal distribution transform 23
2.6 Ros (Robot Operating System) 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.1 โครงสร้างและการทำงานของ ROS 24
2.6.2 ซอฟต์แวร์และไลบรารีใน ROS 24
2.7 Roboflow 25
3 วิธีดำเนินงานวิจัย 27
3.1 การเตรียมการ 28
3.1.1 การศึกษาค้นคว้าและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 28
3.1.2 การเตรียมพื้นที่ที่จะทำการทดสอบ 29
3.1.3 ทดสอบการทำงานของกล้อง 31
3.1.4 ทดสอบการทำงานของแผนที่ความละเอียดสูง 32
3.2 การพัฒนาระบบเพิ่มความปลอดภัยของระบบอัตโนมัติ 33
3.2.1 การแปลงมุมมองกล้องและการสร้างตารางเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่ง 33
3.2.2 การตรวจจับวัตถุจากภาพ 34
3.2.3 การสร้างโมเดลการเรียนรู้ 36
3.2.4 การติดตามวัตถุ 39
3.2.5 การระบุตำแหน่งของวัตถุที่ตรวจจับจากกล้อง 39
3.2.6 การระบุตำแหน่งของรถอัตโนมัติ 41
3.2.7 การแปลงพิกัดเพื่อประสานตำแหน่งของหุ่นยนต์และระบบกล้อง 42
3.2.8 การทำนายตำแหน่ง 45
3.2.9 การประมวลผลและการวิเคราะห์เพื่อหาจุดที่มีความเสี่ยงต่อการชน 45
3.2.10 การพัฒนาระบบการชะลอความเร็วเมื่อมีการทำนายว่าจะเกิดการชน 46
3.3 ทดสอบระบบการชะลอความเร็วเมื่อเสี่ยงเกิดการชน 47
4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 49
4.1 ผลการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุ 49
4.2 ผลการทดสอบระบบติดตามวัตถุ 62
4.3 ผลการทดสอบการทำนายตำแหน่ง 64
4.3.1 ผลการวัดตำแหน่งหลังจากการตรวจจับและติดตามวัตถุ 64
4.3.2 ผลการฝึกฝนโมเดล ANN เพื่อทำนายตำแหน่ง 78

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการทดสอบการชะลอความเร็วและหยุดเมื่อเสี่ยงเกิดการชน 81
5 สรุปและข้อเสนอแนะ 85
5.1 สรุปผลการวิจัย 85
5.1.1 ผลการทดสอบระบบตรวจจับวัตถุ 85
5.1.2 ผลการทดสอบระบบติดตามวัตถุ 85
5.1.3 ผลการทำนายตำแหน่ง 86
5.1.4 ผลการทดสอบการชะลอความเร็วและหยุดเมื่อเสี่ยงเกิดการชน 86
5.1.5 การประยุกต์ใช้ในระบบอัตโนมัติ 86
5.2 ข้อเสนอแนะ 87
5.2.1 การพัฒนาความแม่นยำของการตรวจจับและติดตามวัตถุในสภาวะที่ซับซ้อนมากขึ้น 87
5.2.2 การรวมข้อมูลจากหลายเซ็นเซอร์ (Sensor Fusion) 87
5.2.3 การพัฒนาความเร็วในการประมวลผล 87
5.2.4 การประเมินผลการทำงานของระบบในสภาวะกลางคืนหรือแสงน้อย 87
5.2.5 การนำปัญญาประดิษฐ์มาปรับปรุงการตัดสินใจของระบบ 87
5.2.6 การปรับปรุงโมเดล ANN 88
5.2.7 การทดสอบในสถานการณ์จริงและการใช้งานภาคสนาม 88
5.2.8 การพัฒนาและทดสอบกับวัตถุที่มีลักษณะและขนาดที่แตกต่างกัน 88
5.2.9 การพัฒนาให้ระบบสามารถทำงานร่วมกับระบบควบคุมการเคลื่อนที่อื่น ๆ 88
รายการอ้างอิง 89
ภาคผนวก ก. รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา 93
ประวัติผู้เขียน 98

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ทดสอบการตรวจจับ Pascal VOC 2007 YOLOv2 เร็วและแม่นยำกว่าการตรวจจับอื่น... 14
4.1 แสดงผลลัพธ์การฝึกฝนโมเดล..... 49
4.2 ทดสอบการทดลองการติดตามวัตถุ 62
4.3 เปรียบเทียบของตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่วัดได้ของการระบุตำแหน่งของวัตถุที่ ตรวจจับจากกล้อง..... 65
4.4 การเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่วัดได้พร้อมกับค่าความคลาดเคลื่อน.. 67
4.5 การเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่ปรับปรุงการวัดได้และค่าความ คลาดเคลื่อน (Linear Regression)..... 70
4.6 การเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่ปรับปรุงการวัดได้และค่าความ คลาดเคลื่อน (Multiple Linear Regression) 72
4.7 เปรียบเทียบของตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่วัดได้ของการระบุตำแหน่งของรถอัตโนมัติ 74

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงกลไกที่สำคัญของแบบจำลองการตรวจจับวัตถุ (Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. 2020). 13
2.2 สถาปัตยกรรม Yolo V1 (Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. 2016). 14
2.3 Darknet-53 (Chen, R. C. 2019). 15
2.4 Mosaic represents 16
2.5 กราฟแสดงความเร็วในการตรวจจับของ YOLOv5 Ultralytics. (2020). 17
2.6 แผนภาพแสดงการพัฒนาของ (YOLO Zhang, R. 2023). 18
2.7 ส่วนประกอบหลักของสถาปัตยกรรม (YOLOv8 Chen, H. 2023). 18
2.8 สถาปัตยกรรม Deep SORT (Ikomia 2023). 19
2.9 A typical ROS network configuration (Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., 2009) 24
2.10 multi-UV interface with map, camera views, and interaction through selection. (Barber et al., 2011) 24
2.11 แพลตฟอร์มที่ช่วยในการจัดการข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ของระบบคอมพิวเตอร์วิชั่น 26
3.1 แผนภาพกระบวนการตรวจจับและคาดการณ์การชนสำหรับหุ่นยนต์ส่งของอัตโนมัติ 27
3.2 ภาพแสดงพื้นที่จำลองในการทำงาน 29
3.3 ภาพแสดงการจำลองสภาพแวดล้อมจำลองของรถตามท้องถนนทั่วไป 30
3.4 ภาพแสดงการจำลองสภาพแวดล้อมจำลองของรถอัตโนมัติ 30
3.5 พื้นที่ทดสอบที่มีการทำกริดสำหรับทดสอบการนำทางอัตโนมัติ 31
3.6 ภาพการทดสอบเปิดกล้องโดยใช้ Python และ ไลบรารี่ OpenCV 32
3.7 ทดสอบการใช้ HD Maps บนซอฟต์แวร์ rviz 32
3.8 เป็นการแปลงรูปภาพ Bird’s eye view 33
3.9 เป็นการแปลงรูปภาพ Inverse Perspective Mapping 34
3.10 ขั้นตอนการติดป้ายกำกับโดยใช้เครื่องมือ Roboflow 35
3.11 ขั้นตอนการแบ่ง Data ก่อนนำไปสร้างโมเดลการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือ Roboflow 36
3.12 คำสั่งที่ใช้ในการฝึกโมเดล 200 รอบ (Epochs) และปรับขนาดภาพเป็น 640 พิกเซล 37

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.13 โครงสร้าง CNN ของ โมเดล Yolo V8 37
3.14 วิธีหาจุดกึ่งกลางของ Bounding Box 38
3.15 วิธีหาจุดกึ่งกลางของ Bounding Box 40
3.16 การตรวจจับวัตถุในกริด [1,1] 40
3.17 การตรวจจับวัตถุในกริด [0,3] 41
3.18 การตรวจจับวัตถุในกริด [3,0] 41
3.19 ภาพการระบุตำแหน่งรถอัตโนมัติด้วย Lidar Velodyne VLP-16 และ IMU โดยใช้ Rviz . 42
3.20 โครงสร้างเครือข่ายประสาทเทียม (ANN) สำหรับการทำนายตำแหน่ง 44
3.21 สูตรการคำนวณระยะทางระหว่างสองจุดในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinates) 45
3.22 การสื่อสารระหว่างระบบ MQTTและROS เพื่อการชะลอและหยุดหุ่นยนต์เมื่อมีความเสี่ยงชน 46
3.23 แสดงกระบวนการทำงานของระบบการสื่อสารตำแหน่งและสัญญาณการหยุดหุ่นยนต์ 48
4.1 กราฟจากผลลัพธ์การฝึกงการทดสอบโมเดล Yolo 54
4.2 Confusion Matrix Unnormalized แสดงผลการทดสอบโมเดล 56
4.3 Confusion Matrix Normalized แสดงผลการทดสอบโมเดล 56
4.4 กราฟ F1-Confidence Curve ของโมเดลการตรวจจับวัตถุ 58
4.5 กราฟ Precision-Confidence Curve ของโมเดลการตรวจจับวัตถุ 59
4.6 แสดงผลการตรวจจับวัตถุในเฟรมของการทดสอบชุดที่ 1 60
4.7 แสดงผลการตรวจจับวัตถุในเฟรมของการทดสอบชุดที่ 2 60
4.8 กราฟเปรียบเทียบตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่วัดได้จากการตรวจจับวัตถุ 66
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Real Position X และ Measured Position X 68
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Real Position Y และ Measured Position Y 69
4.11 กราฟเปรียบเทียบตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่ถูกปรับปรุงจากค่าที่วัดได้จากการตรวจจับวัตถุ (Linear Regression) 71
4.12 กราฟเปรียบเทียบตำแหน่งจริงและตำแหน่งที่ถูกปรับปรุงจากค่าที่วัดได้จากการตรวจจับวัตถุ (Multiple Linear Regression) 74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.13 กราฟผลลัพธ์การฝึกโมเดลการทำนายตำแหน่งจากกล้อง.....77
4.14 กราฟผลลัพธ์การฝึกโมเดลการทำนายตำแหน่งจากกล้อง.....78