



การพัฒนาระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันสำหรับยานยนต์

ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร

(Development Adaptive Cruise Control for electric
vehicles, Naresuan University)

นางสาวกัญญารัตน์ หม่อมมาก รหัสนิต 59360242

นางสาวสุรานี จุจันทร์ รหัสนิต 59365919

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 25



ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงการ	การพัฒนาาระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันสำหรับยานยนต์ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร	
	Development Adaptive Cruise Control for electric vehicles, Naresuan University	
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวกัญญารัตน์ หมุ่มมาก	รหัสนิสิต 59360242
	นางสาวสุรสาสินี จุจันท์	รหัสนิสิต 59365919
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล	
ปีการศึกษา	2562	

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ที่ปรึกษาโครงการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

..... กรรมการ

(ดร. ปองพันธ์ โอทกานนท์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	:	ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน
ผู้ดำเนินโครงการ	:	นางสาวกัญญารัตน์ หม่อมมาก รหัสนิสิต 59360242 นางสาวสุชาสินี จุจันทร์ รหัสนิสิต 59365919
ที่ปรึกษาโครงการ	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	:	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	:	2562

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาและสร้างอัลกอริทึมสำหรับระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และแก้ไขปัญหาการตรวจจับรถยนต์ด้วยกล้อง วิเคราะห์ระยะห่าง และตำแหน่งของวัตถุ ด้วยการประมวลผลภาพของกล้อง และเซ็นเซอร์ LIDAR ในรถยนต์ต้นแบบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยรัตนนคร และเพื่อให้ได้อัลกอริทึมต้นแบบสำหรับควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันที่มีความน่าเชื่อถือได้มากขึ้น

คณะผู้จัดทำทำการทดลองโดยเก็บข้อมูลรูปภาพจากกล้องและข้อมูลจากเซ็นเซอร์ลิตาร์ในสภาพแวดล้อมจริงในระยะห่างต่างๆ ณ ที่ความสูงของลิตาร์ 96 เซนติเมตร พบว่าอัลกอริทึมที่ออกแบบ โดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการสอบเทียบมุมในภาพของกล้องกับมุมจากเซ็นเซอร์ลิตาร์มีประสิทธิภาพ สามารถตรวจจับยานพาหนะและหาระยะห่างได้ในสภาพแวดล้อมจริง

ทั้งนี้ผู้จัดทำทำการออกแบบตัวควบคุมความเร็วอัตโนมัติแปรผัน โดยการกำหนดเงื่อนไขที่สามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกและค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง ณ ที่ระยะห่าง ความเร็ว และ ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุตต่างๆ ทำการทดลองโดยการป้อนค่าอินพุตใส่ Fuzzy Simulink Model ที่ออกแบบไว้ พบว่าตัวควบคุมความเร็วอัตโนมัติแปรผันที่ออกแบบสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกและค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งได้

Project Title : Adaptive Cruise Control

Name : Mrs. Kanyarat Moomak Code 59360242
Mrs. Suthasinee Choochan Code 59365919

Project Advisor : Asst.Prof. Choopong Chuaypen

Major : Mechanical Engineering

Department : Mechanical Engineering

Academic year : 2019

Abstract

This project was created to study and create algorithm for Adaptive cruise control (ACC) with the aim of developing and addressing vehicle detection problems with cameras, distance analysis and object placement.

The organizers experimented by collecting image data from the camera and data from the real-life sensor at different distances at a distance of 96 centimeters at the height of the LIDAR. The found that the algorithm designed by using the relationship equation obtained from the angle calibration of the camera image and the angle from the sensor, the efficiency Able to detect vehicles and find the distance in real environment

The organizers have designed a variable automatic speed controller. By determining the conditions that can determine the brake pedal percentage and the throttle pedal percentage at the distance. The experiment by entering the input value of the designed Fuzzy Simulink Model found that the designed Adaptive cruise control was able to find the brake pedal percentage and the accelerator pedal percentage.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้ดำเนินงานต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด แนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ และชี้แนะความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินโครงการ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน และให้ความรู้แก่ผู้ดำเนินงาน

ขอขอบคุณฝ่ายเลขานุการภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือ ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้อย่างสมบูรณ์

สุดท้ายนี้คณะผู้ดำเนินงานขอขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้อง ที่มีส่วนในการทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินการต้องขอกราบอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ดำเนินโครงการ

นางสาวกัญญารัตน์ หมุ่มมาก

นางสาวสุธาสิณี จุจันทร์

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์	ผิตพลาด! ไม่ได้กำหนดบู๊กมาร์ก
บทคัดย่อ	ข
Abstact	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1	1
1.4 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	4
1.7 ขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน	5
บทที่ 2	6
2.1. ทฤษฎี	6
2.1.1. การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning)	6
2.1.2. การใช้งาน Deep learning และ YOLO ใน MATLAB	13
2.1.3. LIDAR (light detection and ranging)	16

2.1.4. Adaptive Cruise Control (ACC)	17
2.1.5. Fuzzy Logic Control	18
2.2. วรรณกรรมปริทัศน์	20
2.2.1. ความหมายของระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน	20
2.2.2. องค์ประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน	21
บทที่ 3	25
วิธีการดำเนินงาน	25
3.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	25
3.2. ตรวจจ้ยานพาหนะ (Vehicle Detaction)	27
3.3. ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic Control)	31
3.3.1. Fuzzy logic controller 1	31
3.3.2. Fuzzy Logic Controller 2	34
3.3.3. Fuzzy Simulink Model	39
บทที่ 4	40
4.1. ผลการทดลอง	40
4.1.1. ผลการทดลองโดยใช้อัลกอริทึมหาระยะห่างของยานพาหนะและวิเคราะห์ผลการทดลอง	40
4.1.2. ผลการศึกษาและผลทดลองของโปรแกรม fuzzy controller และวิเคราะห์ผลการทดลอง	44
บทที่ 5	47
สรุปผลการดำเนินงาน	47
5.1. สรุปผลการทดลอง	47
5.2. ข้อเสนอแนะ	48

5.2.1. ปัญหาที่พบ	48
5.2.2. ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	52



สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ความแตกต่างกันของ Machine Learning และ Deep learning.....	7
รูปที่ 2.2 ลักษณะสถาปัตยกรรมของข้อมูล.....	7
รูปที่ 2.3 ชนิดของโครงข่าย deep learning.....	8
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบ CNN	9
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานของ R-CNN.....	10
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการทำงานของFaster R-CNN.....	11
รูปที่ 2.7 ความแตกต่างของ R-CNN , Fast R-CNN และ Faster R-CNN	12
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการจับภาพจากการใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB.....	14
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการตรวจภาพรถจากการใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB.....	15
รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ RPLIDAR A1M8	17
รูปที่ 2.11 แผนภาพการทำงานของระบบ ACC.....	18
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการกำหนดค่าให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ	19
รูปที่ 2.13 แผนภาพการทำงานของระบบ ACC.....	21
รูปที่ 2.14 flowchart การทำงานของ LIDAR.....	22
รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบ drive-by-wire	24
รูปที่ 2.16 แสดงระบบ Mechatronics & Driver Assistance Unit.....	25
รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบควบคุมความเร็วแบบแปรผัน (ACC)	26
รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของอัลกอริทึม.....	28
รูปที่ 3.3 แสดงการวัดขนาดมุมของพิกเซลในภาพ (A) สามเหลี่ยมมุมฉากตรีโกณมิติ (B).....	29
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมพิกเซลในภาพและขนาดมุมเสมือนลิตาร์ ..	30
รูปที่ 3.5 Fuzzy Logic Designer: fuzzy	33
รูปที่ 3.6 Membership Function Editor: Input variable “Distance”	33
รูปที่ 3.7 Membership Function Editor: Input variable “Speed”	33
รูปที่ 3.8 Membership Function Editor: Input variable “Pedal”	34
รูปที่ 3.9 Membership Function Editor: Output variable “Pedal”	34

รูปที่ 3.10 Fuzzy Logic Designer: fuzzy.....	37
รูปที่ 3.11 Membership Function Editor: Input variable “Distance”	37
รูปที่ 3.12 Membership Function Editor: Input variable “Speed”	37
รูปที่ 3.13 Membership Function Editor: Input variable “Pedal”	38
รูปที่ 3.14 Membership Function Editor: Output variable “Break”	38
รูปที่ 3.15 Membership Function Editor: Output variable “Pedal”	38
รูปที่ 3.16 การกำหนด Signal Builder.....	39
รูปที่ 3.17 การกำหนด Simulink.....	39
รูปที่ 4.1 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 2.7938 เมตร.....	40
รูปที่ 4.2 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 3.9705 เมตร.....	41
รูปที่ 4.3 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 4.1342 เมตร.....	41
รูปที่ 4.4 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 5.3613-5.1813 เมตร	42
รูปที่ 4.5 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 858.47 เซนติเมตร	42
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุท เปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกเข้าที่พุด และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งเข้าที่พุด	45

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน	5
ตารางที่ 3.1	แสดงข้อมูลระยะห่างพิกเซลในภาพและข้อมูลมุมจากลิตาร์ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน30	
ตารางที่ 3.2	กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on	32
ตารางที่ 3.3	กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off	32
ตารางที่ 3.4	กำหนดเงื่อนไข Break Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on.....	35
ตารางที่ 3.5	กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on	36
ตารางที่ 3.6	กำหนดเงื่อนไข Break Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off	36
ตารางที่ 3.7	กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off	36
ตารางที่ 4.1	ผลของการใช้อัลกอริทึมหาระยะห่างเทียบกับการวัดจริงที่ระยะต่าง ๆ	43
ตารางที่ 4.2	ผลการทดลองจาก Fuzzy Simulink Model	44



บทที่ 1

บทนำ

1.4 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self-Driving Car) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รถยนต์ไร้คนขับ เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาเพื่อ เพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนน เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้เชื้อเพลิง และประหยัดระยะเวลาในการเดินทางบนท้องถนน ในอดีตที่ผ่านมาการคมนาคมทางบกได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนเข้าสู่ยุคปัจจุบันได้มีการพัฒนามาสู่ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ ได้แบ่งระดับการขับเคลื่อนอัตโนมัติตามความสามารถเริ่มจากระดับเริ่มต้น คือ การใช้เทคโนโลยีเป็นผู้ช่วยในการขับขี่ ประมวลผลเพื่อช่วยในการตัดสินใจไปจนถึงระดับที่รถยนต์ปราศจากผู้ขับขี่ กล่าวคือรถยนต์สามารถขับเคลื่อนอัตโนมัติไปยังสถานที่ต่างๆ โดยผู้ขับไม่จำเป็นต้องทราบเส้นทาง หรือบังคับพวงมาลัยซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ผู้ขับขี่จำเป็นต้องใช้เพื่อควบคุมทิศทางของรถยนต์นั้น ไม่มีความจำเป็นอีกต่อไป แม้ว่าระบบการคมนาคมทางบกจะต้องใช้เวลาอีกหลายปีจนกว่าจะเริ่มเข้าสู่ยุครถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติอย่างเต็มตัว แต่รถยนต์ที่เราใช้งานในทุกๆ วัน ก็ถูกนับว่าเป็นรถยนต์ที่มีระบบขับเคลื่อน “กึ่งอัตโนมัติ” (Semi - Autonomous) และมีเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้ขับขี่ในตัว (Drive Assist) เทคโนโลยีดังกล่าว ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยตรวจจับและวิเคราะห์อาการของรถที่มีความไม่สมบูรณ์ก่อนที่ผู้ขับขี่จะรู้ว่าต้องการความช่วยเหลือเสียอีก เป็นที่แน่ชัดว่าเทคโนโลยีช่วยขับในปัจจุบันเหล่านี้ฉลาดพอที่จะคิดแทนและตัดสินใจแทนการขับขี่ของผู้ขับขี่ได้ในบางสถานการณ์

แม้ปัจจุบันอาจจะยังมีความคิดเห็นวาระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่นั้นยังเป็นสิ่งไม่จำเป็น เป็นการติดตั้งเพียงเพื่อสร้างความน่าสนใจในความแปลกใหม่เท่านั้น แต่แท้จริงแล้วเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้ขับขี่นั้นสามารถ ช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้จริง และยังมีการพัฒนาแก้ไขจุดบกพร่องสร้างจุดแข็งต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติ หรือ Cruise Control เป็นระบบควบคุมความเร็วที่มีจุดประสงค์ สำหรับการเดินทางไกลที่มีระยะเวลาการเดินทางที่นาน เดิมทีนั้นการเดินทางระยะไกลจะสร้างความเหนื่อยล้าต่อผู้ขับขี่ และเมื่อยล้าต่อขาได้ง่าย เนื่องจากผู้ขับขี่จะต้องกดคันเร่ง

เป็นเวลานานตลอดระยะเวลาการเดินทาง การควบคุมคันเร่งและความเร็วให้คงที่นั้น สามารถช่วยประหยัดพลังงานและเชื้อเพลิงได้มากขึ้น อันเนื่องมาจากเครื่องยนต์สามารถส่งจ่ายน้ำมันได้คงที่ตลอดเวลา การใช้งานระบบสามารถทำได้โดยการตั้งค่าระบบการ เปิด – ปิด โดยผู้ขับขี่เอง ระบบไม่สามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ ตามคำแนะนำนั้นระบบจะสามารถใช้ได้ผลดีที่สุด ก็ต่อเมื่อผู้ขับขี่เปิดการใช้งานระบบในช่วงที่การจราจรไม่คับคั่ง กล่าวคือรถยนต์สามารถวิ่งต่อเนื่องในระยะยาวได้ ระบบนั้นไม่สามารถลดความเร็วได้เองแต่จะควบคุมความเร็วตามที่ผู้ขับขี่ได้ตั้งค่าไว้เท่านั้น ทั้งนี้ระบบเป็นระบบที่มีความน่าสนใจ และสามารถที่จะนำไปพัฒนาเพิ่มศักยภาพให้ดียิ่งขึ้นได้อีก ระบบนี้ได้ถูก พัฒนาต่อจนกลายเป็นระบบควบคุมความเร็วแบบแปรผันให้สอดคล้องกับสภาพของการจราจรอย่างอัตโนมัติ (Adaptive Cruise Control) โดยอาศัยข้อมูลจากการตรวจจับสภาพการจราจร เซนเซอร์ เรดาร์ หรือภาพจากกล้อง และนำมาวิเคราะห์ เพื่อควบคุมความเร็วของรถให้เหมาะสมและปลอดภัย ซึ่งมีกระบวนการทำงาน ดังนี้

- 1) กำหนดความเร็วสูงสุดในการขับขี่
- 2) ตรวจจับระยะห่างจากรถยนต์คันด้านหน้าด้วยเซนเซอร์ต่างๆ
- 3) ควบคุมความเร็วอัตโนมัติ จากการวิเคราะห์ระยะห่างจากรถคันด้านหน้า

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยนเรศวรได้มีการจัดทำโครงการพัฒนารถไฟฟ้าขับเคลื่อนอัตโนมัติโดยศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมยานยนต์ (Development and Research of Innovative Vehicle Engineering : DRIVE) คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล เป็นโครงการพัฒนารถยนต์ต้นแบบ T – Mec ในการขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน ซึ่งอยู่ในระหว่างการพัฒนา จึงเป็นเหตุผลในการทำโครงการนี้เพื่อควบคุมการขับเคลื่อนของรถ T – Mec ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจร ซึ่งอยู่ในระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ

ทั้งหมดที่กล่าวมานั้นเป็นที่มาและความสำคัญของโครงการ และจากการพัฒนาโครงการระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน ปีการศึกษา 2561 ด้วยกระบวนการดำเนินโครงการ ประสมข้อมูลภาพ ระยะห่าง และตำแหน่ง ด้วยเซนเซอร์ LIDAR ซึ่งยังไม่ได้นำมาใช้งานจริงและทดสอบจริง จึงเป็นที่มาของโครงการพัฒนาระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน เพื่อควบคุมการทำงานของเบรก และคันเร่งอัตโนมัติให้เหมาะสม และปลอดภัย ทั้งยังสอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาประมวลผล

1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อกำหนดรูปแบบ พัฒนา และแก้ไขปัญหาการตรวจจับรถยนต์ด้วยกล้อง วิเคราะห์ ระยะห่าง และตำแหน่งของวัตถุ ด้วยการประมวลข้อมูลภาพของกล้อง และเซ็นเซอร์ LIDAR ใน รถยนต์ต้นแบบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 1.2.2 เพื่อให้ได้อัลกอริทึมต้นแบบสำหรับควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน (Adaptive cruise control) ที่มีความน่าเชื่อถือได้มากขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1.3.1 ใช้ข้อมูลภาพจากกล้องเพื่อแยกแยะ ระบุตำแหน่งของยานพาหนะที่อยู่ในช่องทางการเดินทาง
- 1.3.2 ใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ LIDAR เพื่อใช้ในการระบุระยะห่างของยานพาหนะที่พบใน 1.3.1
- 1.3.3 ทำการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอัลกอริทึมในการประมวล ข้อมูลภาพและระยะห่างที่ได้จาก 1.3.1 และ 1.3.2
- 1.3.4 สร้างกระบวนการหรือตัวควบคุมความเร็วแบบแปรผัน
- 1.3.5 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2562 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2563

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

- 1.4.1. ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2. ใช้ข้อมูลภาพจากกล้องเพื่อแยกแยะ ระบุตำแหน่งของยานพาหนะที่อยู่ในช่องทางการเดินทาง
- 1.4.3. ใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ LIDAR เพื่อใช้ในการระบุระยะห่างของยานพาหนะที่พบใน 1.4.2.
- 1.4.4. ทำการตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพอัลกอริทึมในการประมวลข้อมูลภาพและ ระยะห่างที่ได้จาก 1.4.2. และ 1.4.3.
- 1.4.5. สร้างกระบวนการหรือตัวควบคุมความเร็วแบบแปรผัน
- 1.4.6. วิเคราะห์และสรุปผลการดำเนินงาน
- 1.4.7. จัดทำรูปเล่มและนำเสนอโครงการ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 อัลกอริทึมสามารถตรวจจับ และวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถยนต์ด้านหน้าด้วยการประมวลผลด้วยภาพ และการประมวลผลด้วยเซนเซอร์ LIDAR เพื่อควบคุมความเร็วอัตโนมัติในรถยนต์ต้นแบบ

1.5.2 เป็นข้อมูลและแนวทางการนำไปใช้เบื้องต้นของระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน

1.5.3 ผลการวิจัยนี้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบการขับเคลื่อนอัตโนมัติ ซึ่งอยู่รถยนต์ไฟฟ้าต้นแบบของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

1.6.1 งบประมาณด้านเอกสาร	1,000 บาท
1.6.2 อุปกรณ์อื่นๆ	10,000 บาท
รวมทั้งสิ้น	11,000 บาท



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

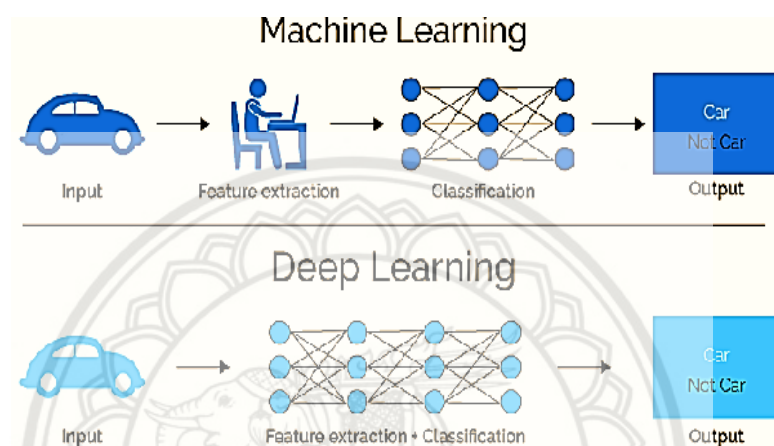
2.1. ทฤษฎี

2.1.1. การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning)

เป็นสาขาหนึ่งของ Machine Learning โดยการนำเทคโนโลยีโครงข่ายสมอง (Neural Network) เข้ามาช่วยในการจัดการกับปัญหาของข้อมูล ข้อดีของ Neural Network คือสามารถทำการเรียนรู้จากข้อมูลที่ซับซ้อนได้ สามารถแก้ไขปัญหาหรือรูปแบบของโจทย์ที่ซับซ้อนได้เหมือนมนุษย์ เรียนรู้จากตัวอย่างที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลที่มีเป็นตัวอย่าง และมีความรวดเร็วในการเรียนรู้

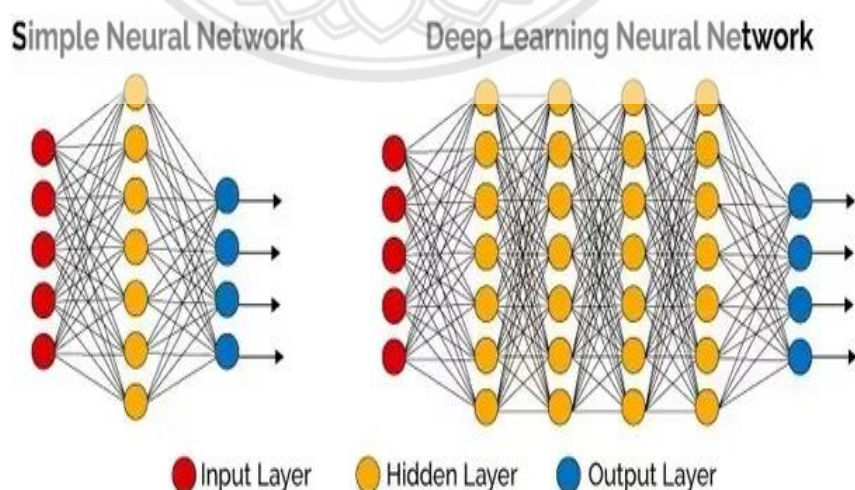
พื้นฐานของการเรียนรู้เชิงลึกคือ Algorithm จะสร้างแบบจำลองของสมองเพื่อแทนความหมายของข้อมูลในระดับสูงโดยการสร้าง “สถาปัตยกรรมของข้อมูล” มักจะสร้างแบบเป็นชั้น ๆ ไป (layer-by-layer) ด้วยวิธี greedy method ขึ้นมาที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างย่อย ๆ หลายอัน คือ input layer , hidden layer และ output layer ซึ่งจะมี hidden layer มากกว่า 2 layer โครงสร้างแต่ละอันนั้นได้มาจากการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวอย่างเช่น รูปภาพภาพหนึ่งสามารถแทนได้เป็นเวกเตอร์ของความสว่างต่อจุด pixel หรือมองในระดับสูงขึ้นเป็นเซตของขอบของวัตถุต่าง ๆ หรือมองว่าเป็นพื้นที่ของรูปร่างใดๆก็ได้ การแทนความหมายดังกล่าวจะทำให้การเรียนรู้ที่จะทำงานต่าง ๆ ทำได้ง่ายขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการจดจำใบหน้าหรือการจดจำการแสดงออกทางสีหน้า อาจเห็นได้ในโปรแกรม Google Photos ที่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของรูปภาพต่างๆ และสามารถจัดกลุ่มของภาพที่ถ่ายในสถานที่เดียวกันได้ หรือถ่ายในเหตุการณ์เดียวกันได้ นอกจากภาพถ่ายแล้ว Deep Learning ยังสามารถนำไปใช้กับข้อมูลอื่น ๆ ได้ เช่น เสียง ภาพเคลื่อนไหว และลายมือ ปัจจุบันระบบจดจำเสียงของ Google มีระดับความผิดพลาดเพียง 8% เท่านั้น การเรียนรู้แบบลึกจึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการจดจำภาพซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการตรวจจับการเคลื่อนไหวและเทคโนโลยีช่วยเหลือผู้พิการ เช่น การขับขีแบบอิสระ การตรวจจับเลน และการจอดรถแบบอิสระ เป็นต้น

สรุปได้ว่าการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนหรือการเรียนรู้แบบกึ่งมีผู้สอน ถือเป็นวิธีการที่มีศักยภาพสูงในการจัดการกับพีเจอร์ อีกทั้งยังมี Neural networks หลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทมีโครงสร้างที่ถูกออกแบบมาเพื่อทำงานแตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น CNN จะทำงานได้ดีกับรูปภาพ ส่วน RNN จะทำงานได้ดีกับข้อมูลประเภทลำดับเวลา (time series) และการพิสูจน์อักษร (text analysis) [20]



รูปที่ 2.1 ความแตกต่างกันของ Machine Learning และ Deep learning

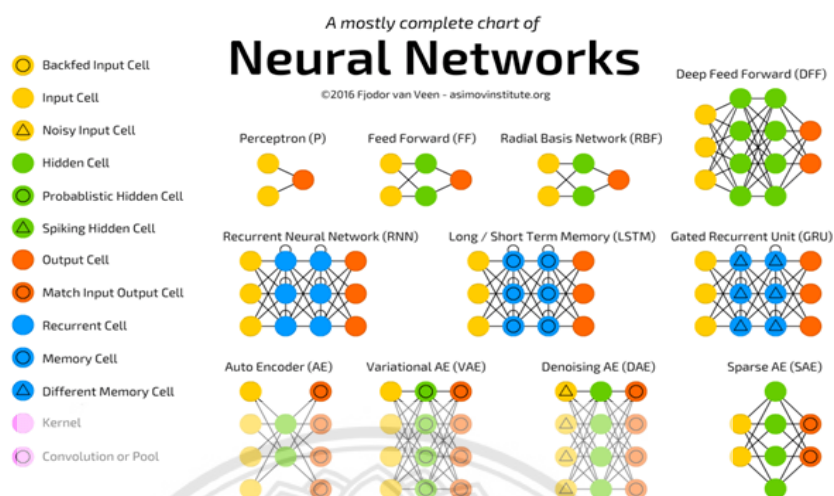
(ที่มา : https://bizion.co/wp-content/uploads/2019/05/ML_vs_DEEP.png)



รูปที่ 2.2 ลักษณะสถาปัตยกรรมของข้อมูล

(ที่มา : https://bizion.co/wp-content/uploads/2019/05/ML_vs_DEEP.png)

ชนิดของโครงข่าย deep learning



รูปที่ 2.3 ชนิดของโครงข่าย deep learning

(ที่มา : <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/deep-learning-คืออะไร/>)

1) โครงข่ายประสาทแบบป้อนไปหน้า (Feed-forward neural networks)

Feed-forward neural networks เป็นโมเดลที่มีโครงสร้างที่เรียบง่ายที่สุด เนื่องจากการดำเนินการของข้อมูลจะเป็นไปในทิศทางเดียวคือ รับข้อมูลจาก input layer แล้วส่งต่อไปยัง hidden layerเรื่อยๆจนกระทั่งถึง output layer ก็จะหยุด (สังเกตได้ว่าจะไม่มี loop เกิดขึ้นเลย)

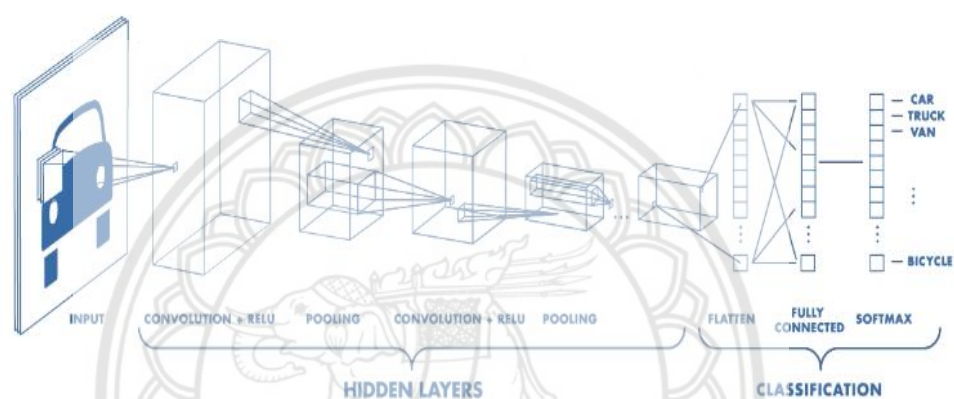
2) โครงข่ายแบบวนซ้ำ (Recurrent neural networks : RNN)

Recurrent neural networks คือ neural networks หลายเลเยอร์ที่สามารถเก็บ (store) ข้อมูลไว้ที่ node จึงทำให้มันสามารถรับข้อมูลเป็นแบบลำดับ (data sequences) และให้ผลลัพธ์ออกเป็นลำดับของข้อมูลได้ อธิบายอย่างง่าย ๆ RNN ก็คือ neural network เชื่อมต่อกันหลายอัน และยังสามารถต่อกันเป็น loop ได้นั่นเอง เพราะฉะนั้น RNN จึงเหมาะสมในการประมวลผลข้อมูลที่เป็นลำดับอย่างมาก

การใช้งานโดยทั่วไปของ RNN นำไปใช้ในการช่วยเทรดเดอร์ในการวิเคราะห์หลักทรัพย์ต่าง ๆ ตรวจสอบความผิดปกติในสัญญาการเงินต่าง ๆ ตรวจสอบการปลอมแปลงบัตรเครดิต เขียนคำบรรยายให้รูปภาพ สร้าง chatbot ที่มีประสิทธิภาพ การใช้งานในงานประเภทที่ต้องอาศัยเวลาทำกับข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เช่น การอัดเสียง

3) โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks: CNN)

CNN คือ neural network หลายเลเยอร์มีโครงสร้างเฉพาะตัว โดยถูกออกแบบมาเพื่อการเพิ่มความสามารถในการสกัดเอา feature ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นจากข้อมูล โดย CNN นั้นตอบโจทยปัญหาประเภทการรับรู้ (perceptual tasks) อย่างมาก ดังนั้น CNN เป็นรูปแบบ architecture หนึ่งของ feed-forward neural networks จัดเป็นการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เช่นกัน โดยจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ในพื้นที่ย่อย ๆ จากการแยกแยะคุณลักษณะเชิงภาพ เช่น สี ลายเส้น และอื่น ๆ จากนั้นนำมาพาสานกันเพื่อทำนายว่าภาพนั้นคือภาพอะไร



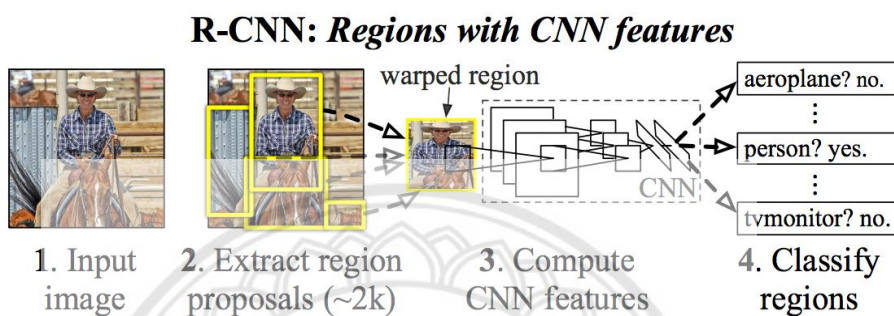
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการเรียนรู้แบบ CNN

(ที่มา : <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/deep-learning-คืออะไร/>)

4) โครงข่ายประสาทเทียมมีเจียนคอนโวลูชัน (Regions with Convolutional Neural Network Features: R-CNN)

R-CNN เป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่ง โดยพัฒนามาจากโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) เพื่อจะจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองพื้นที่เป็นที่ย่อย ๆ ในลำดับแรกและนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาพาสานกันในลำดับต่อไป เพื่อให้ได้คำตอบที่ว่าสิ่งที่มองเห็นนั้นคือวัตถุอะไรและการรวมผลจากการตรวจจับหลาย ๆ ภูมิภาคให้เหลือเพียงสิ่งที่ควรจะตอบเท่านั้น โดยใช้ Algorithm ที่ชื่อว่า Non-Maximum Suppression (NMS) โดยพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นของวัตถุนั้น ๆ ร่วมกับค่า IOU (Intersection Over Union) กับทุกคำตอบเพื่อเลือกผลลัพธ์ที่ดีที่สุดออกมา ซึ่ง Algorithm นี้ใช้กับการตรวจจับวัตถุ ที่เทคโนโลยีต่าง ๆ มีการพัฒนาถึงที่มี Algorithm ที่สามารถเสนอบริเวณที่อาจจะมีวัตถุอยู่ โดย Algorithm เหล่านี้ใช้พลังประมวลผลไม่

มากนัก มีความเร็วและความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับที่รับได้เมื่อมีอุปกรณ์และเทคโนโลยีที่พัฒนา มาอย่างเหมาะสม ทำให้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันถูกพัฒนาเป็นโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันตามภูมิภาค (R-CNN) มีขั้นตอนการทำงานไม่ซับซ้อน แต่ระบบต้องใช้เวลาในระดับหนึ่งในการประมวลผล โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้



(ที่มา : <https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e>)

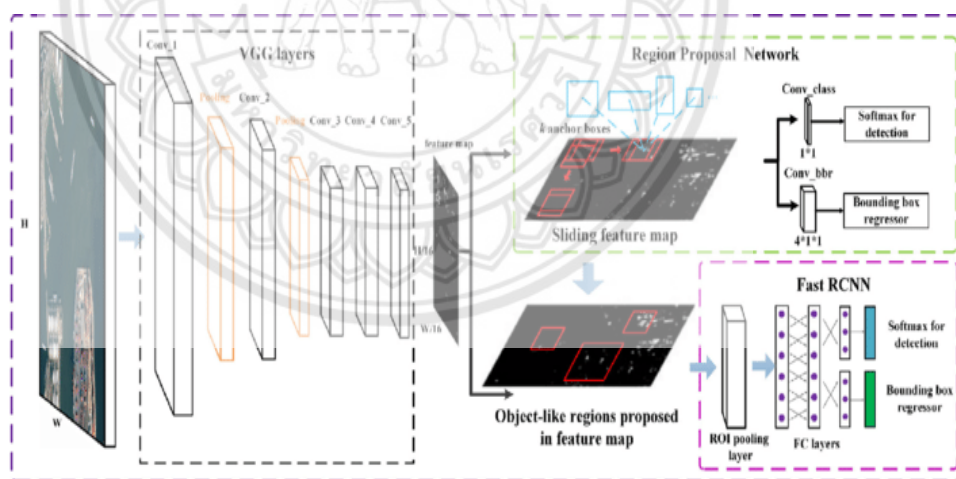
- ทำการเรียกวัตถุ (Object Proposal) โดยใช้การเลือกค้นหา (Selective Search) ว่า บริเวณไหนภายในภาพมีวัตถุที่เราต้องการ
- ปรับขนาดหรือนำบางส่วนของบริเวณภาพที่ถูกคัดเลือกมา (Region) ที่คาดว่าจะมีวัตถุ อยู่โดยไม่ต้องคำนึงถึงอัตราส่วนของภาพ โดยปรับขนาดย่อหรือขยายบริเวณภาพที่คาดว่าจะ เป็นวัตถุ ที่สนใจให้มีขนาดเท่าที่ส่วนคัดกรอง (Classifier) ต้องการ แล้วส่งข้อมูลตาม ส่วนคัดกรองแต่ละบริเวณภาพที่ถูกคัดเลือกมาว่า ส่วนนั้นคืออะไร โดยใช้โครงข่ายประสาท แบบคอนโวลูชันเป็นตัวแยกคุณลักษณะเพื่อสร้างคุณลักษณะที่สำคัญ จากนั้นจึงใช้ Algorithm ซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine : SVM) เพื่อทำการจับ หมวดหมู่อีกครั้ง
- เนื่องจากการเรียกวัตถุบางครั้งเกิดการคลาดเคลื่อน ทำให้ได้บริเวณภาพที่ถูกคัดเลือกอาจ ไม่มีวัตถุอยู่ จึงทำให้มีพัฒนา Algorithm ที่ทำการสอนเพื่อปรับแก้พิกัดของวัตถุที่จะตอบ ออกไปเนื่องจากการเลือกค้นหาทำงานช้าในส่วนของการจัดหมวดหมู่เป็นการทำงานที่ใช้ เวลาอย่างสิ้นเปลืองและใช้พลังงานในการประมวลผลที่มาก และ R-CNN เป็น Algorithm

สามารถใช้งานได้เฉพาะบนโปรแกรม MATLAB เท่านั้น จึงได้มีการพัฒนา Algorithm ต่อไป

5) โครงข่ายประสาทพัฒนาแบบคอนโวลูชันตามภูมิภาค (Faster Region Based Convolutional Neural Network: Faster R-CNN)

Faster R-CNN คือการนำเอา Selective Search มารวมไว้ใน Neural Networks (NN) โดย NN นี้มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

- ส่วนที่ทำหน้าที่คัดเลือก feature
- ส่วน Region Proposal Network (RPN) ที่ทำหน้าที่คัดเลือกเอาบริเวณที่ “น่าจะ” เป็นวัตถุ จาก feature map
- ส่วนจำแนกประเภท ที่นำเอา feature map และ region ที่ได้จาก RPN มาประมวลผลโดยทำ ROI pooling เพื่อตอบว่าบริเวณใดของภาพมีวัตถุอะไรอยู่บ้างและวัตถุที่ต้องการอยู่ตรงส่วนไหน ทำให้การทำงานของ Faster R-CNN เร็วกว่า และยังใกล้เคียงกับคำว่า Real time อีกด้วย

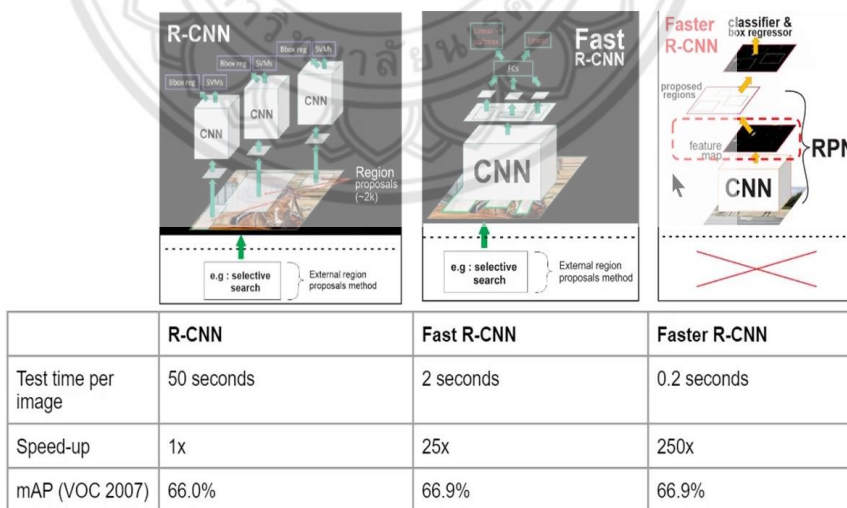


รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการทำงานของ Faster R-CNN

(ที่มา : https://blog.datawov.io/ย้อนรอย-object-detection-และเจาะลึก-retinanet-ea1407ad7325_/2561)

โดย Faster R-CNN ประกอบด้วยส่วนแรก process รูปและส่งออกไป ส่วนที่สอง feature map หรือ NN และส่งต่อไปยังส่วนสุดท้าย Classification โดยต้องผ่าน ROI Pooling จาก feature maps ที่ได้ก่อน

- 1) ให้นำเข้าต้องผ่าน Selective Search เพื่อหา proposed regions เหมือนเดิม
 - 2) ให้นำเข้าทั้งภาพผ่าน CNN Barebone ตัวที่เลือกไว้ จะ VGG-16, Resnet, Inception หรืออะไรก็ได้ แต่ network ที่เลือกมานั้น จะตัด fully connected layer ทิ้งไปทั้งหมด จะใช้ผล feature map จาก convolution layer สุดท้ายเท่านั้น
 - 3) แต่ละ proposed region ที่ได้จาก Selective Search ที่เป็นพิกัดตำแหน่งบนภาพเข้าจะถูกนำมาหาพิกัดตำแหน่งสัมพันธ์กัน กับขนาดของ feature map จาก คอนโวลูชันเลเยอร์สุดท้าย (เพราะผ่าน CNN มา feature map จะมีขนาดเล็กลง)
 - 4) จากพิกัดตำแหน่งบน feature map convolution layer สุดท้ายที่ได้ นำ region ตรงนั้นไปผ่าน ROI Pooling Layer เพื่อให้ได้ feature vector ที่มีขนาดคงที่ ซึ่งจะถูกส่งไปที่ fully connected layer กับ softmax เพื่อทำ classification ว่า proposed region feature นั้นจะตอบว่าเป็นคลาสอะไร (สังเกตว่าไม่ได้ใช้ SVM มาเป็น classifier ซึ่งต่างจาก R-CNN เพราะ SVM train ยากและไม่ได้เป็น multiclass classifier)
 - 5) จากพิกัดตำแหน่งบนภาพเข้าจริงของ proposed region ก็จะถูกส่งเข้าไปที่ regressor network ร่วมกับ feature vector ที่ได้จาก ROI Pooling เพื่อปรับแก้พิกัดของวัตถุที่จะตอบออกไป
- [12]



* Stanford lecture notes on CNN by Fei Fei Li and Andrej Karpathy

รูปที่ 2.7 ความแตกต่างของ R-CNN , Fast R-CNN และ Faster R-CNN

2.1.2. การใช้งาน Deep learning และ YOLO ใน MATLAB

- Deep learning

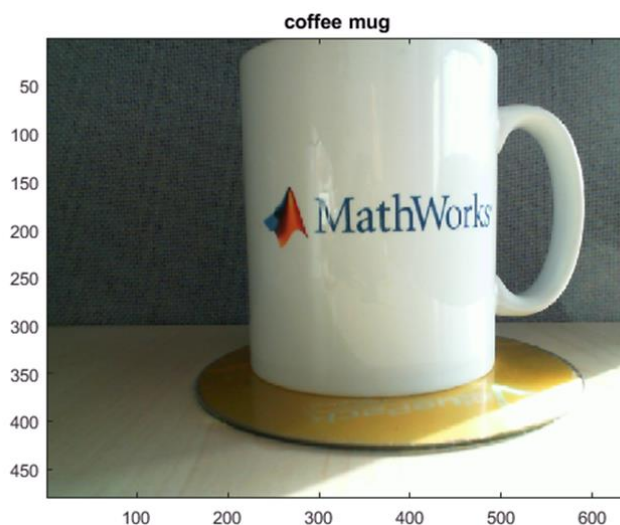
ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐาน (code) สำหรับการจับภาพและแยกประเภทภาพใน Deep learning

1) เรียกใช้คำสั่งเหล่านี้เพื่อเชื่อมต่อเว็บแคมและรับเครือข่ายประสาทเทียมจากการเรียนรู้

```
camera = webcam; % Connect to the camera
net = alexnet; % Load the neural network
```

2) เรียกใช้คำสั่งต่อไปนี้เพื่อแสดงและจัดประเภทของภาพ เว็บแคมจับภาพวัตถุและเครือข่ายประสาททำนายว่าวัตถุประเภทใดที่เว็บแคมกำลังแสดง และจะจำแนกภาพจนกว่าจะกดปุ่ม Ctrl + C imresize คำสั่งปรับขนาดภาพสำหรับเครือข่ายโดยใช้ [10]

```
while true
    im = snapshot(camera); % Take a picture
    image(im); % Show the picture
    im = imresize(im,[227 227]); % Resize the picture for alexnet
    label = classify(net,im); % Classify the picture
    title(char(label)); % Show the class label
    drawnow
end
```

รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการจับภาพจากการใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB

(ที่มา: <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/deep-learning-in-matlab.html>)

- YOLO

เป็นระบบตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์โมเดล โดย YOLO มีระบบและขั้นตอนการทำงาน คล้ายกับ Faster R-CNN แต่ความเร็วในการประมวลผลนั้นเร็วกว่ามาก แตกต่างตรงที่โมเดลจะทำการทำนายตำแหน่ง ขนาดของกล่องขอบเขตและความน่าจะเป็นที่จะมีกล่องล้อมรอบขอบเขตวัตถุคือ

1) จากการทายกล่องขอบเขตแล้วจึงส่งไปคัดกรอง แต่โมเดล YOLO นั้นทำการทำนายทั้งกล่องขอบเขตและความน่าจะเป็นของคลาสต่าง ๆ ออกมาพร้อมกัน

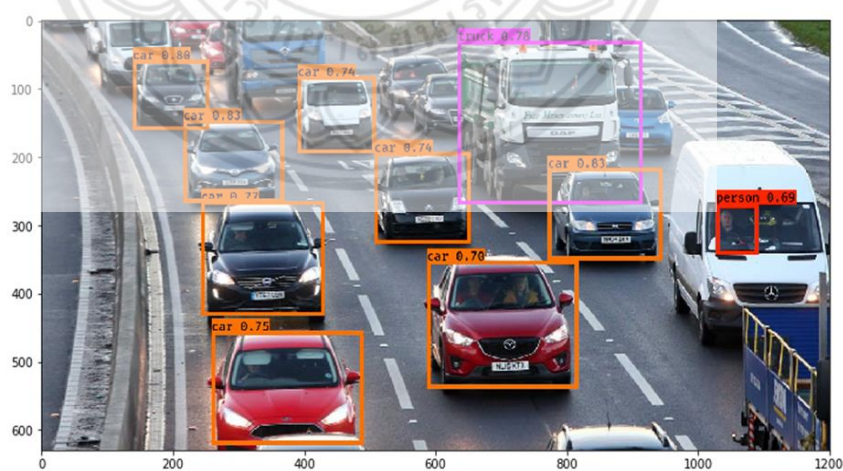
2) จากการทำนายค่าต่าง ๆ จากภาพนั้น จะทำการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ แทน สำหรับแต่ละส่วนจะยังคงทำนายกล่องขอบเขตและคลาส ซึ่งเราสามารถนำมารวมกันเพื่อเลือกคูคลาสและกล่องขอบเขตที่คะแนนสูงสุดได้ [16]

ตัวอย่างคำสั่งพื้นฐาน (code) สำหรับการตรวจจับวัตถุและตีกรอบวัตถุใน YOLO v2 [11]

```

imdsTrain = imageDatastore(trainingDataTbl{:, 'imageFilename'});
bldsTrain = boxLabelDatastore(trainingDataTbl{:, 'vehicle'});
imdsTest = imageDatastore(testDataTbl{:, 'imageFilename'});
bldsTest = boxLabelDatastore(testDataTbl{:, 'vehicle'});
trainingData = combine(imdsTrain, bldsTrain);
testData = combine(imdsTest, bldsTest);
data = read(trainingData);
I = data{1};
bbox = data{2};
annotatedImage = insertShape(I, 'Rectangle', bbox);
annotatedImage = imresize(annotatedImage, 2);
figure
imshow(annotatedImage)

```



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการตรวจสภาพรถจากการใช้คำสั่งในโปรแกรม MATLAB

(ที่มา: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/12/practical-guide-object-detection-yolo-framework-python/>)

2.1.3. LIDAR (light detection and ranging)

เป็นเทคโนโลยีที่ทำงานเหมือนเรดาร์ โดยระบบ Radar จะส่งพัลส์วิทยุ (หรือไมโครเวฟ) ไปในอากาศซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพัลส์นี้จะถูกสะท้อนโดยวัตถุ คลื่นวิทยุที่สะท้อนจะถูกจับโดยเครื่องรับของระบบเรดาร์ ระยะเวลาจากการส่งไปรับสัญญาณจะใช้ในการคำนวณช่วง (หรือระยะทาง) และมุมของคลื่นสะท้อนให้ความสูงของวัตถุ นอกจากนี้ความเร็วของวัตถุถูกคำนวณโดยใช้ Doppler Effect ข้อเสียของระบบเรดาร์คือถ้าวัตถุมีขนาดเล็กกว่าคลื่นวิทยุที่ใช้มาก วัตถุอาจไม่สะท้อนพลังงานที่เพียงพอที่จะตรวจจับได้ ด้วยเหตุนี้เรดาร์จำนวนมากที่ใช้ในการตรวจจับสิ่งกีดขวางจะต้องมี “ความถี่สูง” ดังนั้นความยาวคลื่นจึงสั้นลง ทำให้สามารถตรวจจับวัตถุขนาดเล็กได้ [13]

ส่วน LIDAR เป็นเทคโนโลยีที่ดำเนินการภายใต้หลักการเดียวกัน โดยการปล่อยลำแสงเลเซอร์ออกไป จากนั้นตัวเซนเซอร์จะทำการวัดระยะห่างของตัวรถกับวัตถุจากลำแสงที่สะท้อนกลับมา จึงทำให้รู้ตำแหน่งที่แน่นอนของข้อมูลรวมถึงช่วงที่สามารถนำมาใช้เพื่อสร้างภูมิประเทศแบบ 3 มิติของพื้นผิวให้มีความแม่นยำสูง

ความแตกต่างระหว่าง RADAR กับ LIDAR คือ

- 1) RADAR ใช้คลื่นวิทยุในขณะที่ LIDAR ใช้แสงเลเซอร์จะแม่นยำมากขึ้น
- 2) ขนาดและตำแหน่งของวัตถุสามารถระบุได้อย่างถูกต้องโดย RADAR ขณะที่ LIDAR สามารถให้การวัดพื้นผิวได้อย่างแม่นยำ
- 3) RADAR ใช้เสาอากาศในการรับ - ส่งสัญญาณ ขณะที่ LIDAR ใช้เลนส์ CCD และเลเซอร์ในการรับ - ส่งสัญญาณ

หากวัตถุประสงค์คือการตรวจจับยานพาหนะเป้าหมาย เรดาร์อาจทำได้ดีกว่า หากพยายามกำหนดตำแหน่งที่แม่นยำในการสร้างแผนภาพ 3 มิติ หรือค้นหาขอบเขตขนาดเล็ก LIDAR อาจทำได้ดีกว่า ถ้าอยู่ในสภาพอากาศที่มีฝนหรือฝน เรดาร์อาจทำได้ดีกว่ามาก [3]

2.1.3.1. RPLIDAR A1M8

RPLIDAR A1M8 เป็นตัวสแกนระยะรอบทิศทาง 360 องศา จากบริษัท Slamtec (Robopeak) ความถี่ในการสแกน 5.5 ถึง 10 เฮิร์ตซ์ ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง 4000 - 8000 เฮิร์ตซ์ ระยะในการตรวจสอบสูงสุด 12 เมตร อินเทอร์เฟซเป็น UART (LVTTTL) เป็นอุปกรณ์เลเซอร์สแกนเนอร์ชนิด 2 มิติ โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำไปสร้างแผนภาพจำลองสภาพแวดล้อมและวัตถุ มี

ระบบการวัดเลเซอร์แบบสามเหลี่ยม สามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่อยู่ในร่มและกลางแจ้งทุกประเภท โดยไม่มีแสงแดดหรือไม่ถูกแสงแดดโดยตรง RPLIDAR A1M8 ประกอบด้วยระบบสแกนและระบบมอเตอร์ เมื่อเปิดใช้งาน RPLIDAR A1M8 จะเริ่มหมุนและสแกนตามเข็มนาฬิกา RPLIDAR A1M8 อยู่บนพื้นฐานของหลักการเลเซอร์ที่หลากหลายและใช้งานทั่วไป [18]



รูปที่ 2.10 อุปกรณ์ RPLIDAR A1M8

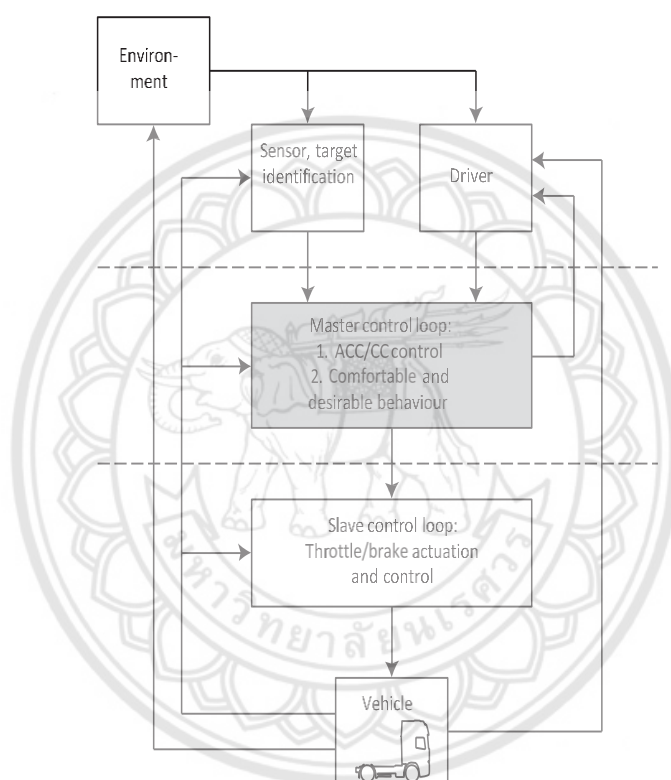
(ที่มา:<https://www.thaieasyelec.com/rplidar-a1m8-360-degree-laser-scanner-development-kit.html>)

2.1.4. Adaptive Cruise Control (ACC)

ระบบที่สามารถควบคุมความเร็วด้วยการเร่งความเร็วและเบรก โดยการควบคุมความเร็วให้เท่ากับความเร็วของรถคันข้างหน้าหรือระบบจะเหยียบเบรกเองโดยอัตโนมัติ เบรกจะส่งเสียงต่ำเมื่อปรับความเร็วรถ หลักการทำงานของ ACC คือ เมื่อผู้ขับขี่เลือกความเร็วที่ต้องการและช่วงเวลาให้กับรถคันข้างหน้า หากกล้องและตัวเรดาร์ตรวจจับยานพาหนะที่ช้าลงที่อยู่ด้านหน้ารถ ความเร็วจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ หลังจากผ่านเวลาที่กำหนดไว้ล่วงหน้ากับยานพาหนะ เมื่อถนนปลอดโปร่งอีกครั้งรถจะกลับไปใช้ความเร็วที่ตั้งค่าไว้ [9]

ยกตัวอย่างเช่น ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน ACC ของรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS โดยควบคุมความเร็วแบบ maximum speed (ความเร็วที่เรากำหนดเอาไว้) ของรถ แต่ถ้ามียานพาหนะที่วิ่งช้ากว่าอยู่ด้านหน้า ยานพาหนะจะทำการชะลอความเร็วให้เท่ากับคันหน้าเอง เพื่อป้องกันการชน [8] ระบบ ACC Stop & Go ของ BMW 3-Series ทำงานโดยใช้เซ็นเซอร์เรดาร์รุ่นล่าสุด เรดาร์ "แบบเต็มช่วง" ลำแสงตรวจวัดของระบบนั้นกว้างพอที่สามารถตรวจจับวัตถุและยานพาหนะที่เดินทางได้ไกลถึง 200 เมตร ที่ด้านหน้าของยานพาหนะในทุกสภาพอากาศ หากยานพาหนะคันอื่นเข้ามาในเลน

เดียวกับยานพาหนะของคนขับ ระบบจะปรับความเร็ว ให้แม่นยำกับยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่และรักษาระยะห่างที่ต้องการไปยังยานพาหนะที่อยู่ข้างหน้าในการจราจรหนาแน่น และรักษาความเร็วที่ 30 ถึง 180 กม./ชม. เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถแล่นรถไปทางมอเตอร์เวย์ด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และในขณะที่รักษาระยะห่างที่ต้องการไว้กับรถคันหน้า หากผู้ขับขี่จำเป็นต้องแซงเมื่อยานพาหนะข้างหน้าเบรคอย่างกะทันหัน ผู้ขับขี่จะได้รับแจ้งเตือนโดยสัญญาณภาพและเสียง ในเวลาเดียวกัน เกณฑ์การปรับใช้ของผู้ช่วยเบรค จะลดลงและฟังก์ชันเบรคสแตนด์บายของระบบ DSC เปิดใช้งาน [4]



รูปที่ 2.11 แผนภาพการทำงานของระบบ ACC

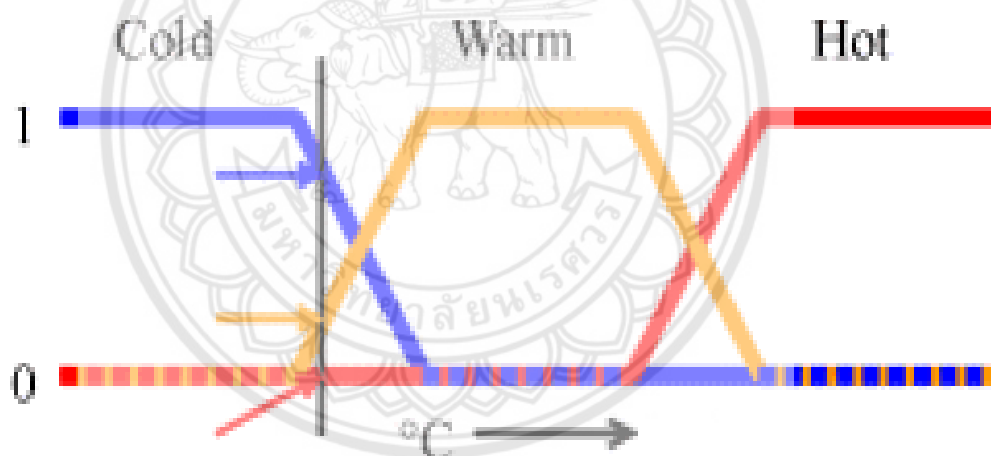
(ที่มา:<https://pdfs.semanticscholar.org>)

2.1.5. Fuzzy Logic Control

Fuzzy Logic Control คือ วิธีการออกแบบให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้เหตุผลที่คล้ายคลึงกับวิธีการให้เหตุผลของมนุษย์สำหรับประกอบการตัดสินใจที่ไม่ใช่ จริง กับ เท็จ หรือ 0 กับ 1 แต่อาจ

แสดงในรูปของค่าระดับเช่น น้อย ปานกลาง มาก เรียกว่า Linguistic value [19] จะได้ว่า Fuzzy logic Control เป็นเครื่องมือที่เข้ามาช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ โดยใช้หลักการเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีคิดของมนุษย์ [1] ที่เขียนอยู่ในรูปเชิงภาษาศาสตร์ของระบบกฎเกณฑ์ (rule-based system) คือ IF (ถ้า) <เงื่อนไข> THEN(แล้ว) <ผลที่ตามมา> ยกตัวอย่างดังรูปที่ 2.12 การควบคุมอุณหภูมิโดยใช้พัดลมสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ดังนี้

- IF อุณหภูมิ เย็นมาก THEN หยุดพัดลม
- IF อุณหภูมิ เย็น THEN ปรับพัดลมให้ช้าลง
- IF อุณหภูมิ ปานกลาง THEN รักษาระดับความเร็ว
- IF อุณหภูมิ ร้อน THEN ปรับพัดลมให้เร็วขึ้น



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการกำหนดค่าให้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ

(ที่มา: : <https://th.wikipedia.org/wiki/ตรรกศาสตร์คลุมเครือ>)

2.2. วรรณกรรมปริทัศน์

การวิจัยเรื่อง “ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน” คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการเรียนรู้โดยนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

2.2.1. ความหมายของระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน

งานวิจัยของ Ritesh Kanjee et al. (2013) ให้คำนิยามระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันเป็นการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติที่ใช้เซนเซอร์และระบบควบคุม ช่วยให้ผู้ใช้รักษาความเร็วในการขับขี่ที่ปลอดภัยและระยะห่างสัมพันธ์กับรถด้านหน้า ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันให้การควบคุมระยะทาง ในช่องจราจรดังต่อไปนี้

- 1) ค้นหายานพาหนะเป้าหมาย
- 2) กำหนดตำแหน่งที่รถเป้าหมายอยู่ในช่องการจราจร
- 3) วัดระยะทางไปยังยานพาหนะเป้าหมาย
- 4) ใช้คนเร่งหรือเบรกที่จำเป็น เพื่อรักษาระยะห่างที่ปลอดภัยจากรถเป้าหมาย ถ้าไม่พบรถเป้าหมายอยู่ในช่องการจราจร ระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน จะกลับสู่ความเร็วที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
- 5) ความเร็วที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

จากข้อความที่กล่าวมาข้างต้นการทำงานของระบบ กล่าวได้คือ ระบบจะรักษาความเร็วอัตโนมัติแปรผันตามสภาพการจราจร หมายความว่า ระบบจะชะลอ หรือเบรกเพื่อหยุดเองโดยอัตโนมัติ ในขณะที่ผู้ขับขี่ไม่ต้องควบคุมเบรกหรือคันเร่ง โดยระบบจะรักษาระยะห่างจากรถคันด้านหน้า [15]

งานวิจัยของ R.A.P.M. van den Bleek กล่าวว่าหลักการทำงานของระบบ ACC คือจะใช้เรดาร์เพื่อตรวจจ้ยานพาหนะข้างหน้า โดยทำการวัดระยะทางสัมพันธ์ (x_r) และความเร็วสัมพันธ์ (v_r) ระหว่างยานพาหนะสองคัน และได้ค่า TTC_{min} (Time to collision) ที่สามารถระบุความเสี่ยงของการชนที่สูงขึ้น ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางสัมพันธ์ต่อความเร็วสัมพันธ์ แสดงได้ดังนี้

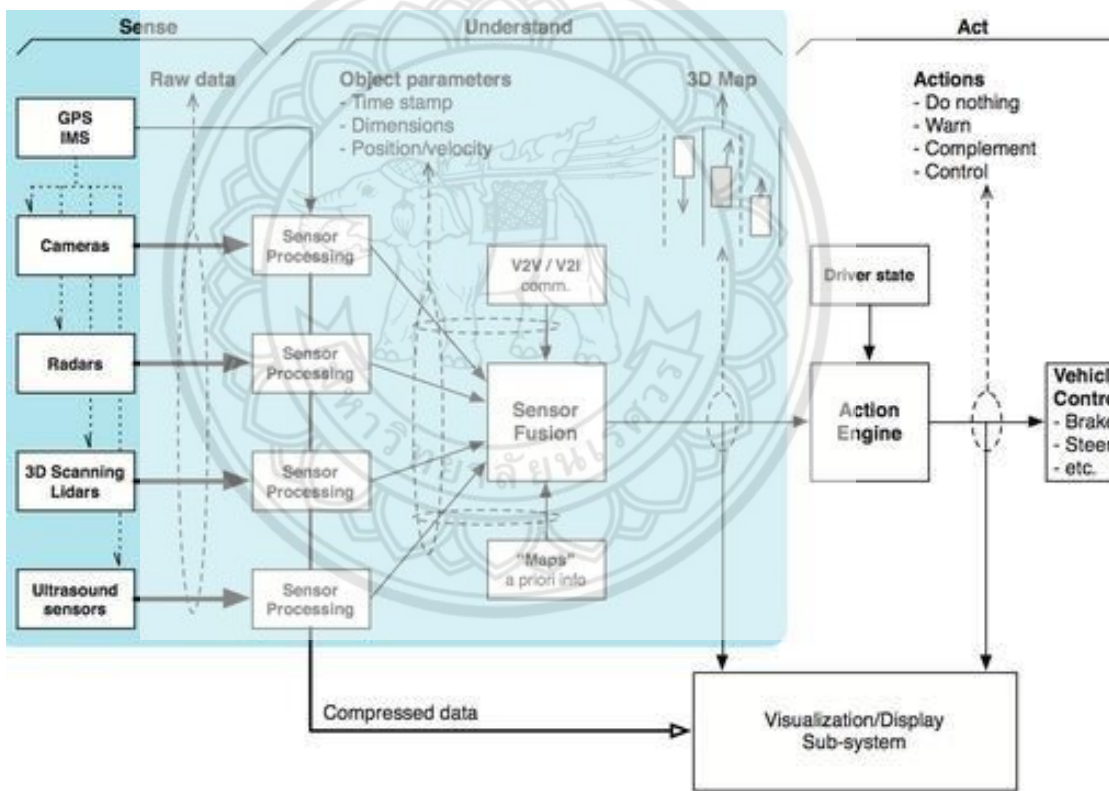
$$TTC_{min} = \frac{x_r}{v_r}$$

โดย $x_r = x_t - x_h$ และ $v_r = v_t - v_h$ เมื่อ t = ยานพาหนะเป้าหมาย และ h = ยานพาหนะที่ผู้ขับขี่

ระยะห่างระหว่างยานพาหนะสำหรับโหมด ACC ควรมากกว่าโหมดแมนนวลหรือการควบคุมโดยผู้ขับขี่เพื่อให้ผู้ขับขี่มีเวลาเพียงพอในการเรียกคืนการควบคุมยานพาหนะ ดังนั้นในสถานการณ์ฉุกเฉินเน้นว่าการออกแบบระบบ ACC ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องมี 4 ประการ ประการแรก ลักษณะการทำงานแบบไดนามิกส์ของระบบ ACC ควรคาดเดาได้โดยผู้ขับ ประการที่สอง ระบบ ACC ควรลดภาระงาน (Workload) ทางกายภาพลง ประการที่สาม อำนาจของการควบคุมยานพาหนะระหว่างระบบอัตโนมัติกับมนุษย์ควรไม่มีรอยต่อ ประการที่สี่ ชัดจำกัดในการทำงานและประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ACC ควรตรวจจับและระบุได้ง่าย [14]

2.2.2.องค์ประกอบพื้นฐานของระบบควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผัน

1) แผนภาพการทำงานของระบบ ACC



รูปที่ 2.13 แผนภาพการทำงานของระบบ ACC

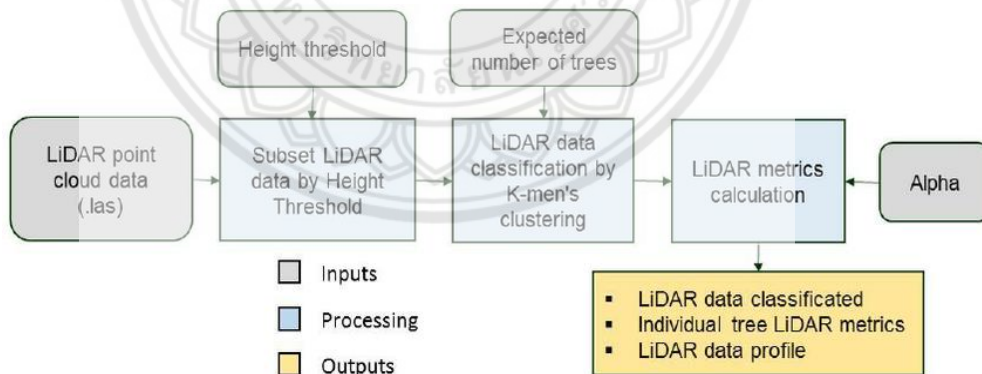
(ที่มา : <http://www.ti.com/lit/wp/sszy010a/sszy010a.pdf>)

งานวิจัยของ Fernando Mujica, Ph.D แสดงแผนภาพการทำงานของระบบแสดงดังรูปที่ 2.12 แสดงมุมมองการทำงานในการส่งข้อมูลในการตรวจจับและควบคุมยานพาหนะ ทางด้านซ้ายคือ เซ็นเซอร์อินพุตประกอบไปด้วย การกำหนดตำแหน่งทั่วโลก (GPS), หน่วยวัดแรงเฉื่อย (IMU), กล้อง, LIDAR, เรดาร์และอัลตราซาวนด์ เซ็นเซอร์แต่ละตัวมีการประมวลผลเซ็นเซอร์แต่ละตัวจะประมวลผล

ข้อมูลดิบเพื่อสร้างวัตถุนำมาใช้ในระบบฟิวชันโดยการผสมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ประเภทต่าง ๆ ตัวอย่างเช่นข้อมูลดิบ เพื่อปรับปรุงการตรวจจับและการจำแนกประเภทวัตถุ การแสดงวัตถุโดยอนบ อร์ดเซ็นเซอร์ไม่ว่าจะเกิดจากเซ็นเซอร์เดียวหรือผ่านการรวมกันของเซ็นเซอร์สองตัวหรือมากกว่ารวม กับข้อมูลเพิ่มเติมจากยานพาหนะใกล้เคียง ข้อมูลนี้มาจากการสื่อสารระยะสั้นโดยเฉพาะ (DSRC) หรือเรียกว่าการสื่อสารระหว่างยานพาหนะถึงยานพาหนะ (V2V) และยานพาหนะสู่สิ่งก่อสร้างรอบ ๆ (V2I) บนแผนที่และเอาต์พุตจากเซ็นเซอร์ทั้งหมดใช้สร้างแผนที่ 3 มิติของสภาพแวดล้อมรอบ ๆ , พาหนะ, แผนที่รวมถึง curbs, เครื่องหมายบนเลน, ยานพาหนะ, คนเดินเท้า, ป้ายถนน, สัญญาณไฟจราจรและตำแหน่งของรถในแผนที่ขนาดใหญ่ของพื้นที่ข้อมูลนี้ถูกใช้ในส่วนของ “การทำงานของ เครื่องยนต์ (Action engine)” ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมทั้งระบบ [7]

2) LIDAR

งานวิจัยของ Takashi Ogawa และ Kiyokazu Takagi กล่าวว่า LIDAR สามารถตรวจจับ วัตถุที่มีความละเอียดสูงในมุมมองกว้างและวัดระยะห่างของวัตถุโดยการสแกน 2 มิติ นอกจากนี้ LIDAR ในรถยนต์ยังมีประสิทธิภาพในการตรวจจับเครื่องหมายบนเลนได้ดี เนื่องจากเครื่องหมายเลน บนถนนทดสอบมีการสะท้อนแสงสูง โดยได้มีการพัฒนา Algorithm ที่สามารถตรวจจับเครื่องหมาย บนเลนได้ดีมากยิ่งขึ้น [17]



รูปที่ 2.14 flowchart การทำงานของ LIDAR

(ที่มา :

https://www.researchgate.net/publication/224646505_Lane_recognition_using_on-vehicle_LIDAR)

3) กล้อง

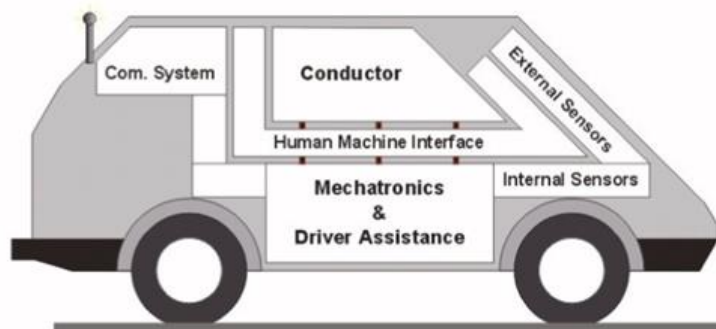
งานวิจัยของ Chan Wei Hsu et al. กล่าวว่าในการใช้ประโยชน์การทำงานของกล้องช่วยในการแสดงผลสภาพแวดล้อมรอบ ๆ ของพื้นที่การใช้งาน จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้สู่การวางแผนในระบบ เพื่อให้ภาพที่ผ่านการประมวลผลเกิดขึ้น นอกจากนั้นยังนำมาพิจารณาและเชื่อมโยงกับการตรวจจับมุมของ LIDAR โดยประมาณ [5]

4) Deep learning

จากงานวิจัยผลการศึกษาประสิทธิภาพการตรวจจับวัตถุในภาพด้วยโมเดล MobileNet Deep Learning ตรวจจับวัตถุในภาพด้วยวิธี deep Learning โดยใช้โมเดล MobileNet มี RELU เป็น activation function ประกอบด้วย 28 layers ตัวกรอง (filter) หรือเคอร์เนลขนาด 3x3 และมีตัวแปรคุณลักษณะ 14 ค่า และทำการตรวจสอบประสิทธิภาพ จำนวน 6 การทดสอบ ผลการทดสอบแสดงถึงความสามารถในการตรวจจับวัตถุภายในทั้งภาพ 5 ประเภท ประเภทละ 20 ภาพ ทางด้านมุมภาพ จำนวนวัตถุในภาพ การบิดเบ่งของวัตถุ และการผสมกันของวัตถุหลายประเภทในภาพ ให้ค่าความถูกต้องเฉลี่ยสูงถึง 94.33 % นอกจากนี้โมเดล MobileNet Deep Learning มีความเร็วในการคำนวณสูง สามารถตรวจจับวัตถุในภาพขนาดประมาณ 1 กิโลพิกเซลในหน่วยวินาที [2]

5) Electrical Drives in Intelligent Vehicles: Basis for Active Driver Assistance Systems

ระบบ Drive-by-Wire ได้สร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่เปิดโอกาสให้มีการพัฒนาระบบช่วยเหลือผู้ขับขี่และระบบความปลอดภัยที่ควบคุมการขับหรือจอดรถด้วยคอมพิวเตอร์ Electrical Drives เป็นหัวใจสำคัญของระบบ โครงสร้างของยานพาหนะอัจฉริยะ drive-by-wire ถูกนำเสนอในรูปแบบที่ 2.14 ประกอบด้วย Mechatronics & Driver Assistance Unit ที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ภายในและภายนอกโต้ตอบกับตัวนำผ่านทาง Human-machine-interface (HMI) และยังสามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกับถนนและยานพาหนะอื่น ๆ โดยใช้ระบบสื่อสารระหว่างยานพาหนะและยานพาหนะบนถนน



รูปที่ 2.15 แสดงการทำงานของระบบ drive-by-wire

(ที่มา: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1529175>)

Mechatronics & Driver Assistance Unit สามารถแบ่งออกเป็นเลเยอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เลเยอร์แรกที่อยู่พื้นฐานนั้น เกี่ยวข้องกับการใช้งานทางแมคคาทรอนิกส์ในขณะที่เลเยอร์บนมีหน้าที่รับผิดชอบในการช่วยเหลือผู้ขับขี่

เลเยอร์ระดับล่างสุดมีหน้าที่ในการรองรับแรงฉุดเร่งเบรกและการควบคุมพวงมาลัย ในความเป็นจริง Electrical Drives ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลและการควบคุมการเคลื่อนไหว

เลเยอร์ที่สองตอบสนองต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของยานพาหนะเช่น ABS (anti blocking system), ABC (active body control), ACC (adaptive cruise control), ESP (electronic stability program) และ TCS (traction control system)

เลเยอร์ที่สาม ระบบคอมพิวเตอร์สามารถขึ้นนำคนขับรถหรือยานพาหนะอัตโนมัติได้ ยานพาหนะอัตโนมัติที่ถูกขึ้นนำโดยคอมพิวเตอร์สามารถใช้เป็น AGV (autonomous guided vehicles) ในโรงงานเพื่อการขนส่งวัสดุหรือเป็นส่วนหนึ่งของรถที่ขับเคลื่อนบนทางหลวง

เลเยอร์สุดท้ายรับผิดชอบการเดินทางและการวางแผนเส้นทาง สามารถตั้งทางเดินอ้างอิงที่สามารถปรับได้เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรค



รูปที่ 2.16 แสดงระบบ Mechatronics & Driver Assistance Unit

ที่มา : <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1529175>

Accelerator and Brakes Controller

เพื่อทดแทนคันเร่ง two electrical drives จึงถูกนำมาใช้ ในการเร่งความเร็วรถ มอเตอร์ กระแสตรงขนาดเล็กจะทำหน้าที่ดึงวาล์วเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ และ flexible wire จะแทนที่สาย คันเร่ง การเปิดคาร์บูเรเตอร์ถูกปรับโดยการควบคุมตำแหน่งมูมเชิงมุมของโรเตอร์ อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้ที่จะส่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์โดยตรงไปยังระบบฉีดเชื้อเพลิงในยานพาหนะทั่วไป เบรก จะทำงานโดยมอเตอร์กระแสตรงตัวอื่นที่ติดตั้งอยู่ในโครงสร้างคันเกียร์ ด้วยการควบคุมกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ทำให้สามารถควบคุมแรงบิดเชิงกลที่เกิดจากมอเตอร์ได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะจำลองแรง ที่ผู้ขับขี่จะนำไปใช้เหยียบเบรก [6]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

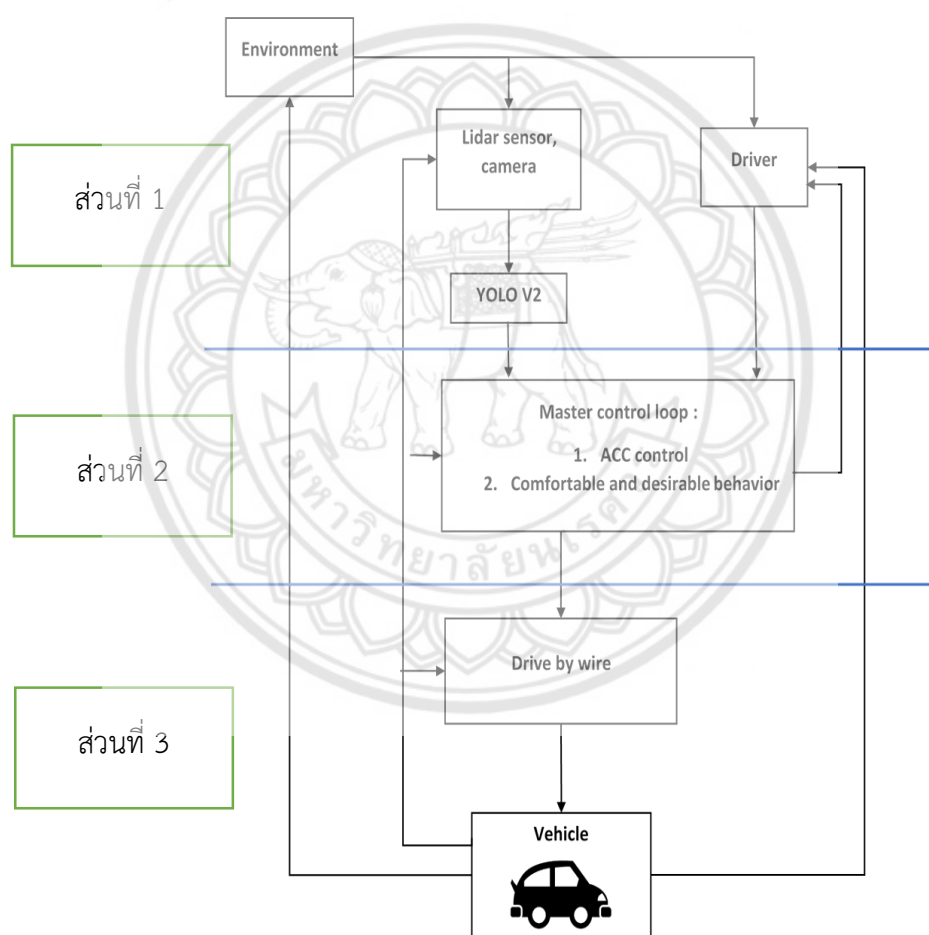
ศึกษาและค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับการตรวจจับยานพาหนะ เพื่อค้นหาวิธีการเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์ลิดาร์กับโปรแกรม Matlab เนื่องจากคณะผู้จัดทำได้ใช้โปรแกรม Matlab ในการพัฒนาอัลกอริทึม สร้างความสัมพันธ์ระหว่างกล้องและเซ็นเซอร์ลิดาร์ ให้สามารถแสดงระยะห่างจริงที่เกิดขึ้นระหว่างเซ็นเซอร์ลิดาร์และยานพาหนะได้ รวมทั้งศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพื่อพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติแบบแปรผันได้

จากแผนภาพการทำงานของระบบควบคุมความเร็วแบบแปรผัน (ACC) รูปที่ 3.1 สามารถอธิบายได้โดยทำการแบ่งแผนภาพออกเป็น 3 ส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 กล้องและ LiDAR sensor ตรวจจับวัตถุที่อยู่ในสภาพแวดล้อมรอบ ๆ เช่น ยานพาหนะ เป้าหมาย คน สัตว์ เป็นต้น และทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากกล้องและ LiDAR sensor โดยส่งข้อมูลไปยัง Algorithm YOLO v2 เพื่อตรวจจับวัตถุและตีกรอบวัตถุเป้าหมาย

ส่วนที่ 2 หากผู้ขับขี่ทำการเปิดใช้งานระบบควบคุมความเร็วแบบแปรผัน ซึ่งนำมาเข้าสู่กระบวนการ Master control loop คือ ระบบ ACC control และการตั้งค่าความเร็วของยานพาหนะที่ผู้ขับขี่พึงพอใจ ระบบจะแสดงระยะปลอดภัยและการแจ้งเตือนต่าง ๆ โดยรับข้อมูลจาก Algorithm YOLO v2 และ Driver เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ขับขี่รับรู้และพิจารณาถึงสภาพการจราจร โดยระบบสามารถคิดและควบคุมความเร็วเองได้โดยอัตโนมัติ ด้วยกระบวนการ Drive by wire ซึ่งอยู่ในส่วนที่ 3

ส่วนที่ 3 กระบวนการ Drive by wire คือกระบวนการควบคุมความเร็วของยานพาหนะด้วยมอเตอร์กระแสตรงที่ติดตั้งอยู่ในโครงสร้างคันเกียร์ โดยควบคุมกระแสไฟฟ้าทำให้สามารถควบคุมแรงบิดเชิงกลของมอเตอร์ ควบคุมการเบรกที่อยู่ในเครื่องยนต์ และควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้ความเร็วของยานพาหนะอยู่ในระดับที่ระบบ ACC ประมวลผลไว้



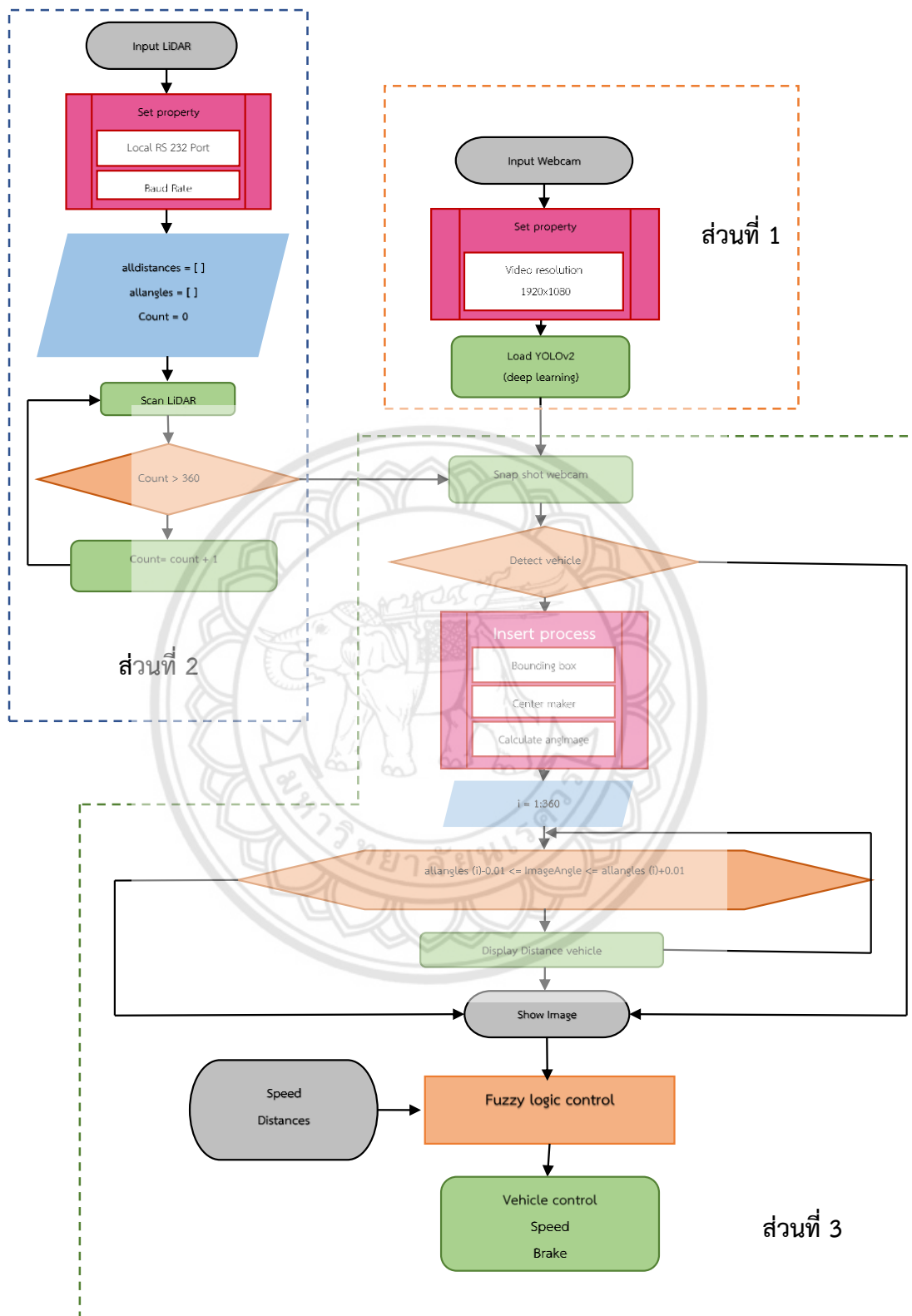
รูปที่ 3.1 การทำงานของระบบควบคุมความเร็วแบบแปรผัน (ACC)

3.2. ตรวจสอบยานพาหนะ (Vehicle Detection)

จากแผนภาพดังรูปที่ 3.2 แผนภาพส่วนที่ 1 Input Webcam โปรแกรมจะทำการเรียกใช้กล้องเว็บแคม ตั้งค่าความละเอียดของกล้องที่ 1920x1080 พิกเซล และดาวน์โหลดข้อมูลไบনারีการตรวจจับยานพาหนะ YOLOv2

แผนภาพส่วนที่ 2 Input LiDAR โปรแกรมจะทำการเรียกใช้เซนเซอร์ลิดาร์ และตั้งค่าคุณสมบัติต่าง ๆ จากนั้นสั่งให้เซนเซอร์ลิดาร์สแกนรอบ ๆ และรับค่ามุมพิกเซลในภาพและคำนวณขนาดมุม เหมือนเซนเซอร์ลิดาร์ จากนั้นเริ่มลูป (Loop) รับข้อมูล 360 ครั้ง กล่าวคือข้อมูลจากเซนเซอร์ลิดาร์ทำงานครบรอบ 360 องศา หากข้อมูลในชุดข้อมูลนี้มีมุมใกล้เคียงกับขนาดมุมเหมือนเซนเซอร์ลิดาร์ข้างต้น คำสั่งให้แสดงค่าระยะห่างที่ขนาดมุมนั้น ๆ โดยขณะผู้จัดทำได้กำหนดผลต่างของข้อมูลที่จัดให้นำมาแสดงที่ 0.01 เรเดียนหรือ 0.57 องศา

แผนภาพส่วนที่ 3 สร้างลูปการทำซ้ำของกระบวนการต่อไปนี เริ่มจากการจับภาพหนึ่งครั้งเพื่อตรวจจับยานพาหนะภายในภาพและสร้างกล่องขอบเขต (Bounding Box) ให้กับยานพาหนะพร้อมกับให้คะแนนจากนั้นจึงแสดงผล หากสามารถตรวจจับยานพาหนะภายในภาพได้ จะปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมล้อมรอบบริเวณที่มียานพาหนะ หากไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะได้ กล่าวคือไม่ปรากฏกรอบสี่เหลี่ยมนั้น รหัสจะสั่งให้แสดงภาพที่บ่อนข้อมูลเข้ามาแทน เมื่อสามารถระบุตำแหน่งของยานพาหนะภายในภาพได้ ส่งผลให้สามารถหาจุดศูนย์กลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นคู่อันดับของพิกเซลภาพของกล่องขอบเขตที่เกิดขึ้นในลำดับถัดมา โดยจุดศูนย์กลางภาพนั้นเปรียบเสมือนความยาวเฉลี่ยของยานพาหนะที่ระนาบความสูงจากเซนเซอร์ นำจุดศูนย์กลางภาพสู่การคำนวณระยะห่าง ซึ่งข้อมูลคู่ลำดับของพิกเซลจุดศูนย์กลางภาพนี้ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณมุมเหมือนของเซนเซอร์ลิดาร์ในภาพที่ได้จากกล้อง เพื่อนำไปเปรียบเทียบมุมจริงของเซนเซอร์ลิดาร์ ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปคำนวณหาระยะห่างระหว่างยานพาหนะที่ตรวจเจอบนภาพกับเซนเซอร์ลิดาร์ได้



รูปที่ 3.2 แผนผังการทำงานของอัลกอริทึม

การหาความสัมพันธ์ระหว่างมุมของวัตถุในภาพกับเซนเซอร์ลิดาร์ ในการนำระยะห่างจากเซนเซอร์ลิดาร์มาใช้นั้น จำเป็นจะต้องทำการสอบเทียบ การหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างมุมวัตถุภายในภาพที่ได้จากกล้องแวปแคม และมุมของเซนเซอร์ลิดาร์ที่เก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน เพื่อนำค่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นมาเปรียบเทียบ มีความสัมพันธ์กันเป็นสมการ จากนั้นจึงสามารถบอกระยะห่างจริงของวัตถุในภาพว่ามีระยะห่างเท่าไรจากเซนเซอร์ลิดาร์

นำระยะที่ได้จากการเก็บข้อมูลมาคำนวณหามุมพิกเซลภายในภาพโดยอาศัยหลักการตรีโกณมิติตามสมการที่ 3.1

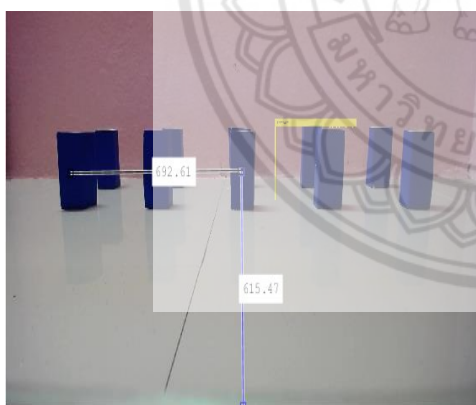
จากอัตราส่วนตรีโกณมิติ

$$\theta \text{ (rad)} = \tan^{-1}\left(\frac{a}{b}\right) \quad (3.1)$$

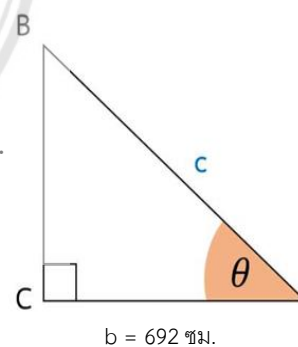
เมื่อ

a คือ ความยาวด้านตรงกันข้ามมุม

b คือ ความยาวด้านประชิดมุม



(A)



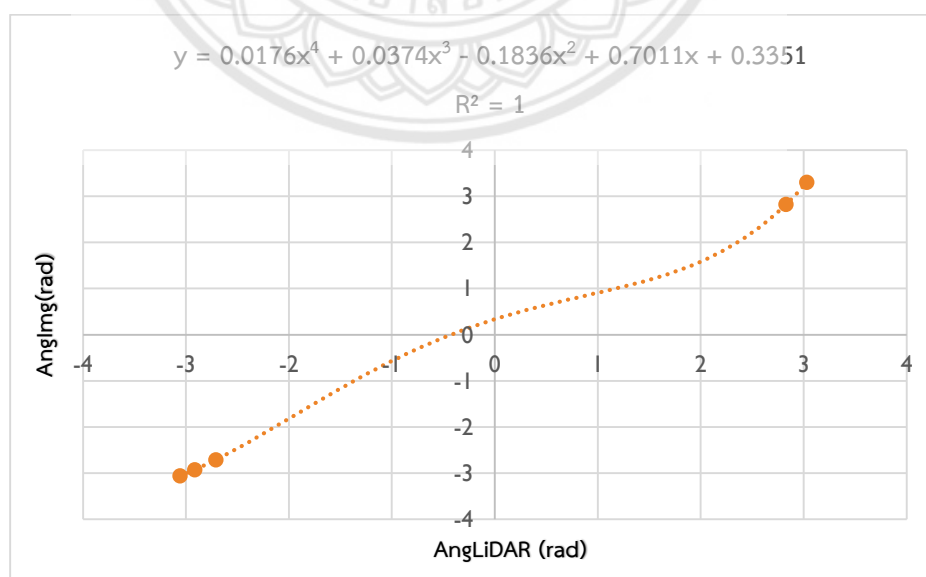
(B)

รูปที่ 3.3 แสดงการวัดขนาดมุมของพิกเซลในภาพ (A) สามเหลี่ยมมุมฉากตรีโกณมิติ (B)

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลระยะห่างพิกเซลในภาพและข้อมูลมุมจากลิดาร์ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน

object	a	b	Anglmg (rad)	AngLi (rad)
1	615	692	-2.7081	-2.7053
2	615	346	-2.9137	-2.9218
3	615	0	-3.0573	-3.0541
4	615	370	3.0303	3.3025
5	615	734	2.8285	2.8253

จากตารางที่ 3.1 คอลัมน์ a เป็นตัวแปรของข้อมูลระยะพิกเซลระหว่างด้านล่างของขอบภาพ จนถึงระนาบการตรวจจับของเซนเซอร์ลิดาร์บนวัตถุบริเวณกลางภาพ คอลัมน์ b เป็นตัวแปรของข้อมูลระยะพิกเซลระหว่างวัตถุบริเวณกลางภาพด้านหน้าสุดถึงวัตถุติดกับด้านหน้าบนระนาบความสูง การตรวจจับของเซนเซอร์ลิดาร์ จากอัตราส่วนตรีโกณมิติทำให้ทราบมุมพิกเซลภายในภาพ โดยใช้ความรู้อัตราส่วนตรีโกณมิติจากสมการที่ 3.1 ได้ผลลัพธ์คือ มุมพิกเซลในภาพดังคอลัมน์ Anglmg หน่วยคือ rad แสดงข้อมูลมุมของวัตถุทั้ง 5 ที่เซนเซอร์สามารถตรวจจับได้ ทำให้เมื่อนำขนาดมุมพิกเซลในภาพที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับข้อมูลระยะห่างจากเซนเซอร์ลิดาร์ที่เก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมเดียวกัน จะได้ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น แสดงความสัมพันธ์ดังในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะได้สมการตามความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3.2



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของมุมพิกเซลในภาพและขนาดมุมเสมือนลิดาร์

$$\text{จะได้ว่า } y = 0.0176x^4 + 0.0374x^3 - 0.1836x^2 + 0.7011x + 0.3351 \quad (3.2)$$

เมื่อ x = ขนาดมุมพิกเซลในภาพ

y = ขนาดมุมเสมือนลิตาร์

หากนำขนาดมุมเสมือนเซนเซอร์ลิตาร์เปรียบเทียบกับค่ามุมจริงของเซนเซอร์ลิตาร์ จะทำให้ทราบระยะห่างระหว่างยานพาหนะและเซนเซอร์ลิตาร์ ซึ่งเปรียบเสมือนระยะห่างจริงได้

3.3. ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic Control)

Fuzzy Logic Control เป็นอัลกอริทึม ที่สามารถคำนวณ ควบคุมเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรก เปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง และควบคุมความเร็วที่เหมาะสมได้ โดยใช้คำสั่ง fuzzy ในโปรแกรม matlab ทำการกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) และกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ (Rule) โดยได้กำหนดให้มี Fuzzy Logic Controller 2 ตัว คือ controller 1 และ controller 2 ดังนี้

3.3.1. Fuzzy logic controller 1

การกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) ของ controller 1 มีค่า input และ out put ดังรูปที่ 3.5 โดยทำการกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) Input เป็น 3 ค่าดังนี้

1. ระยะห่าง (Distance) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 25 เมตร แบ่งเป็น 5 ช่วง ดังรูปที่ 3.6
 - Very Short (VS) ที่ระยะ 0 ถึง 8 เมตร
 - Short (S) ที่ระยะ 4 ถึง 12 เมตร
 - Medium (M) ที่ระยะ 8 ถึง 16 เมตร
 - Far (F) ที่ระยะ 12 ถึง 20 เมตร
 - Very Far (VF) ที่ระยะ 16 ถึง 25 เมตร
2. ค่าความเร็ว (Speed) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบ่งเป็น 5 ช่วง ดังรูปที่ 3.7
 - Very Low (VL) ที่ความเร็ว 0 ถึง 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - low (L) ที่ความเร็ว 6 ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - Medium (M) ที่ความเร็ว 18 ถึง 42 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - High (H) ที่ความเร็ว 30 ถึง 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

- Very High (VH) ที่ความเร็ว 42 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
3. ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง (Pedal) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 % แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ on ที่ 0% - 100% และ off ที่ 0% - 10% ดังรูปที่ 3.8

และทำการกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) โดยมี output ดังนี้

1. ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง (Pedal) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100% แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ on ที่ 0% - 100% และ off ที่ 0% - 10% ดังรูปที่ 3.9

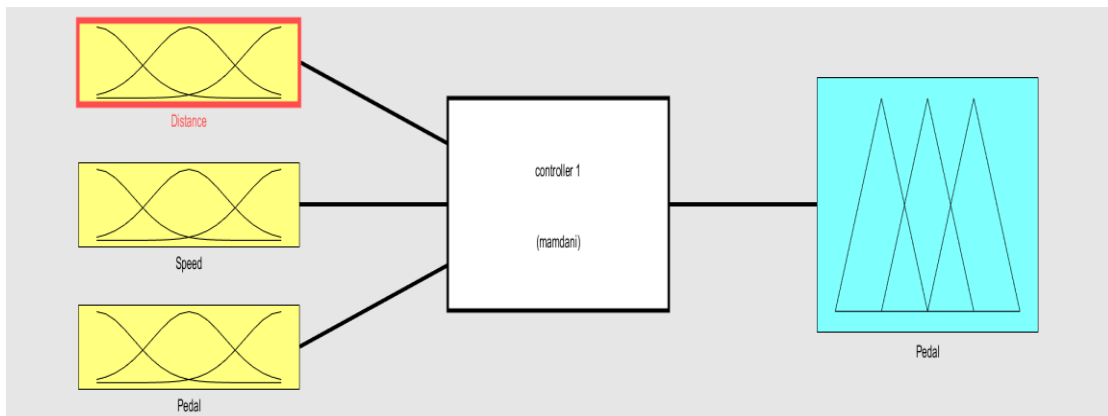
จากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ (Rule) ใน Rule Editor: fuzzy เพื่อนำค่า Pedal Output ไปใช้ใน Fuzzy logic controller ตัวที่ 2 ดังตารางที่ 3.2 และ 3.3

ตารางที่ 3.2 กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on

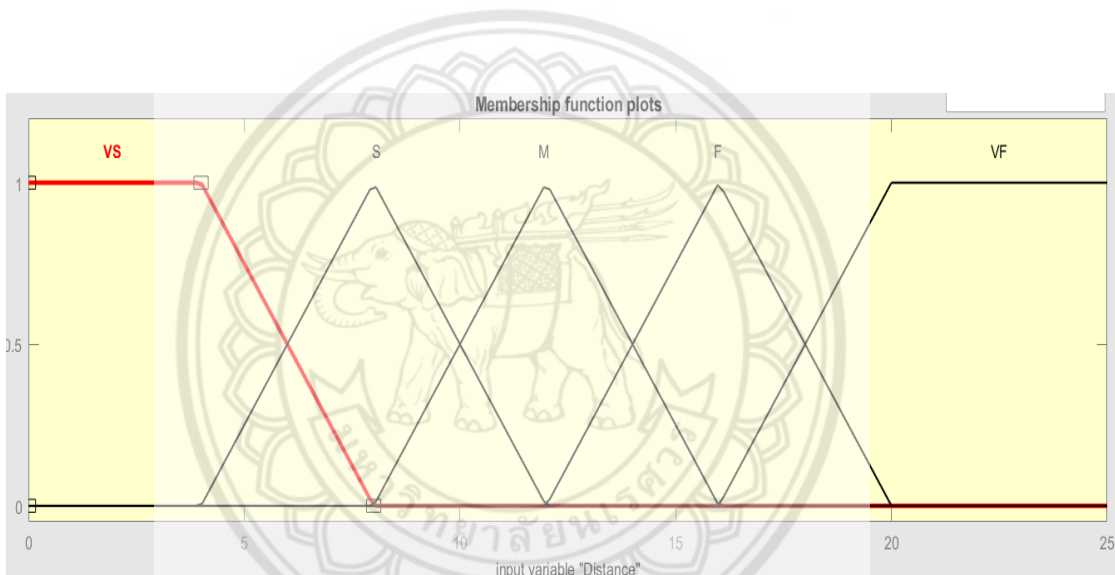
Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
VS	on	on	on	on	on
S	on	on	on	on	on
M	on	on	on	on	on
F	on	on	on	on	on
VF	on	on	on	on	on

ตารางที่ 3.3 กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off

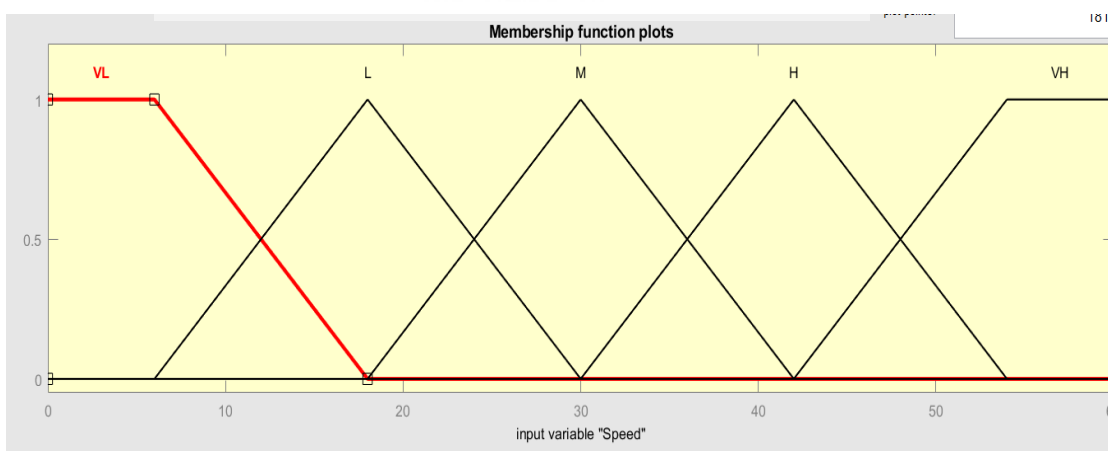
Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
VS	on	on	on	on	on
S	on	on	on	on	on
M	on	on	on	on	on
F	on	on	on	on	on
VF	on	on	on	on	on



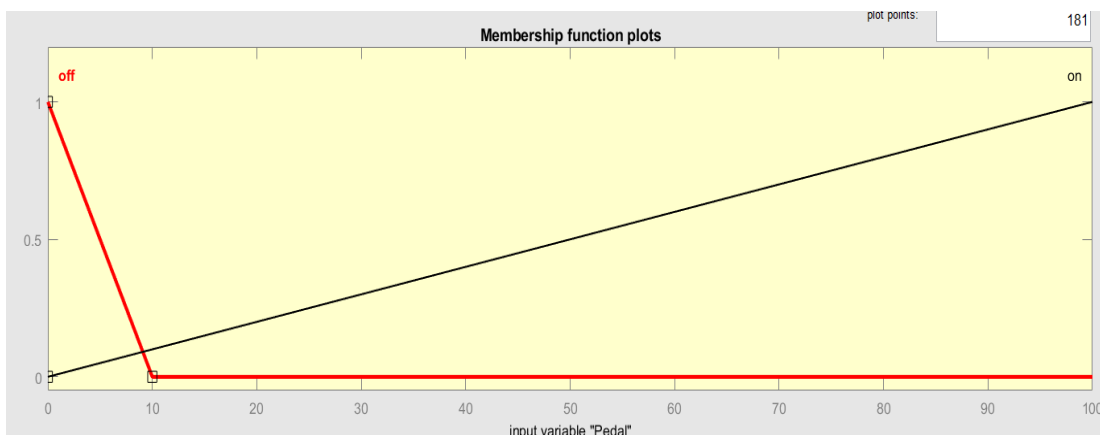
รูปที่ 3.5 Fuzzy Logic Designer: fuzzy



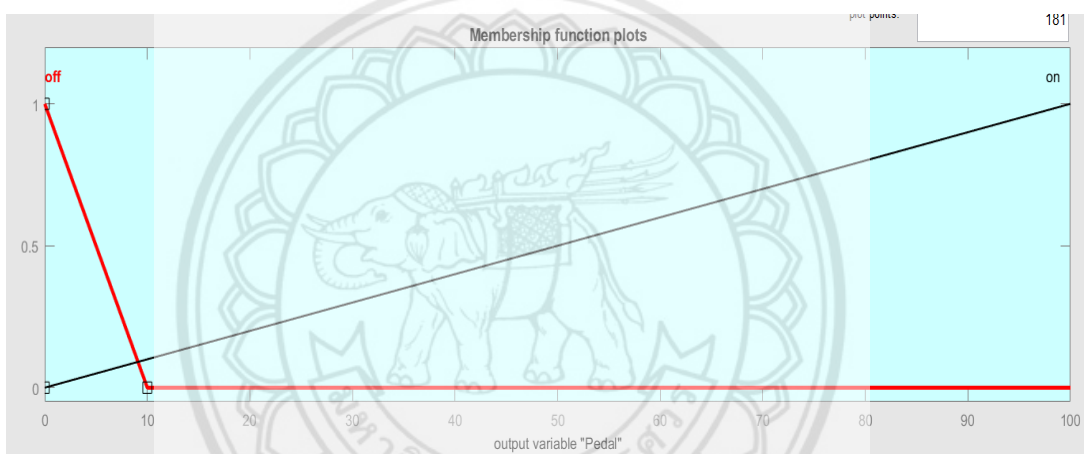
รูปที่ 3.6 Membership Function Editor: Input variable “Distance”



รูปที่ 3.7 Membership Function Editor: Input variable “Speed”



รูปที่ 3.8 Membership Function Editor: Input variable “Pedal”



รูปที่ 3.9 Membership Function Editor: Output variable “Pedal”

3.3.2. Fuzzy Logic Controller 2

การกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) ของ controller 2 มีค่า input และ out put ดังรูปที่ 3.10 โดยทำการกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) Input เป็น 3 ค่าดังนี้

1. ระยะห่าง (Distance) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 25 เมตร แบ่งเป็น 5 ช่วง ดังรูปที่ 3.11
 - Very Short (VS) ที่ระยะ 0 ถึง 8 เมตร
 - Short (S) ที่ระยะ 4 ถึง 12 เมตร
 - Medium (M) ที่ระยะ 8 ถึง 16 เมตร
 - Far (F) ที่ระยะ 12 ถึง 20 เมตร
 - Very Far (VF) ที่ระยะ 16 ถึง 25 เมตร

2. ค่าความเร็ว (Speed) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบ่งเป็น 5 ช่วง ดังรูปที่ 3.12
 - Very Low (VL) ที่ความเร็ว 0 ถึง 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - low (L) ที่ความเร็ว 6 ถึง 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - Medium (M) ที่ความเร็ว 18 ถึง 42 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - High (H) ที่ความเร็ว 30 ถึง 54 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
 - Very High (VH) ที่ความเร็ว 42 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
3. ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง (Pedal) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 % แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ on ที่ 0% - 100% และ off ที่ 0% - 10% ดังรูปที่ 3.13

และทำการกำหนดกราฟความสัมพันธ์ (Membership Function) โดยมี output ดังรูปที่ 3.14 และ 3.15

1. ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรก (Break) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100% แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ on ที่ 0% - 100% และ off ที่ 0% - 10%
2. ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง (Pedal) มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100% แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ on ที่ 0% - 100% และ off ที่ 0% - 10%

จากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ (Rule) ใน Rule Editor: fuzzy เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรก และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง ซึ่งคือตัวควบคุมความเร็วรถแบบแปรผัน ดังตารางที่ 3.4, 3.5, 3.6 และ 3.7

ตารางที่ 3.4 กำหนดเงื่อนไข Break Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on

Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
VS	on	on	on	on	on
S	on	on	on	on	on
M	off	off	on	on	on
F	off	off	off	off	off
VF	off	off	off	off	off

ตารางที่ 3.5 กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น on

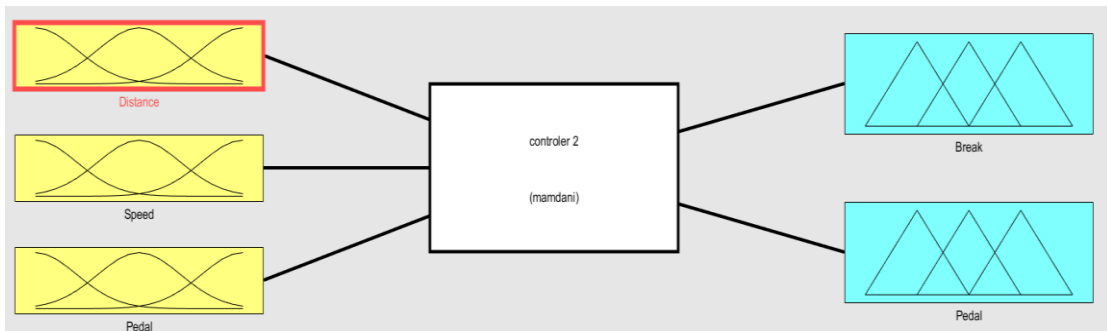
Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
	VS	off	off	off	off
S	off	off	off	off	off
M	on	on	off	off	off
F	on	on	on	on	on
VF	on	on	on	on	on

ตารางที่ 3.6 กำหนดเงื่อนไข Break Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off

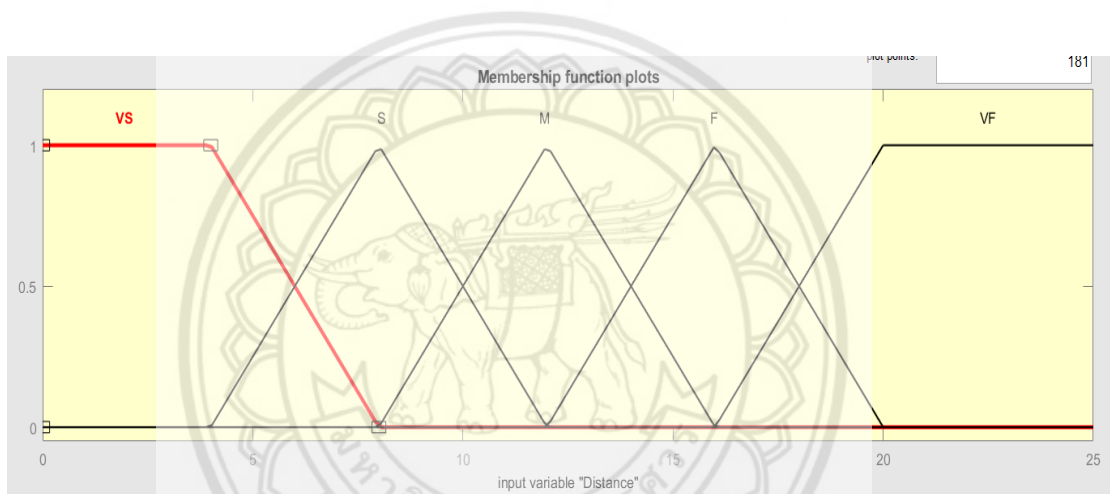
Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
	VS	on	on	on	on
S	on	on	on	on	on
M	off	off	on	on	on
F	off	off	off	off	off
VF	off	off	off	off	off

ตารางที่ 3.7 กำหนดเงื่อนไข Pedal Output ที่ Pedal Input มีค่าเป็น off

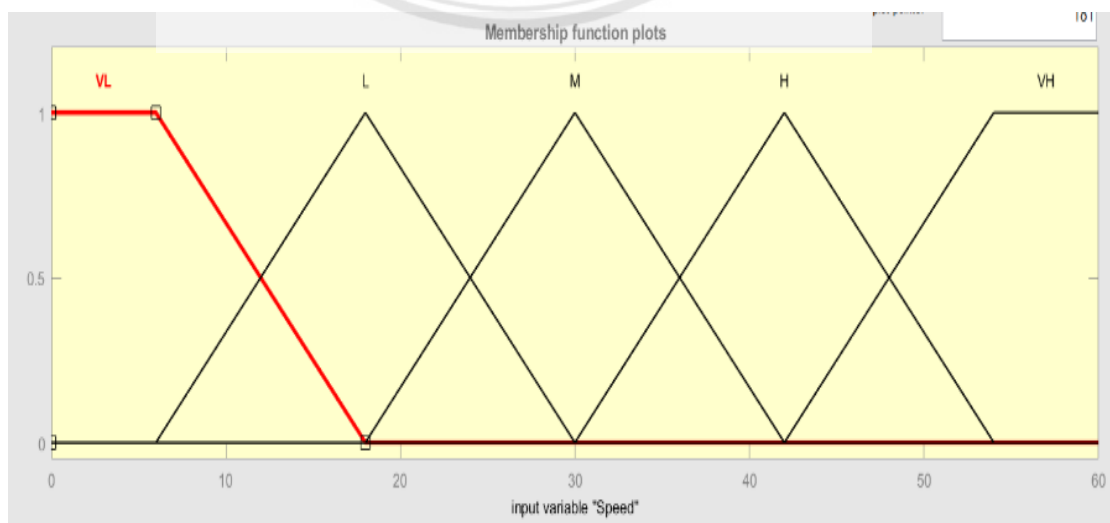
Speed \ distance	VL	L	M	H	VH
	VS	off	off	off	off
S	off	off	off	off	off
M	on	on	off	off	off
F	on	on	on	on	on
VF	on	on	on	on	on



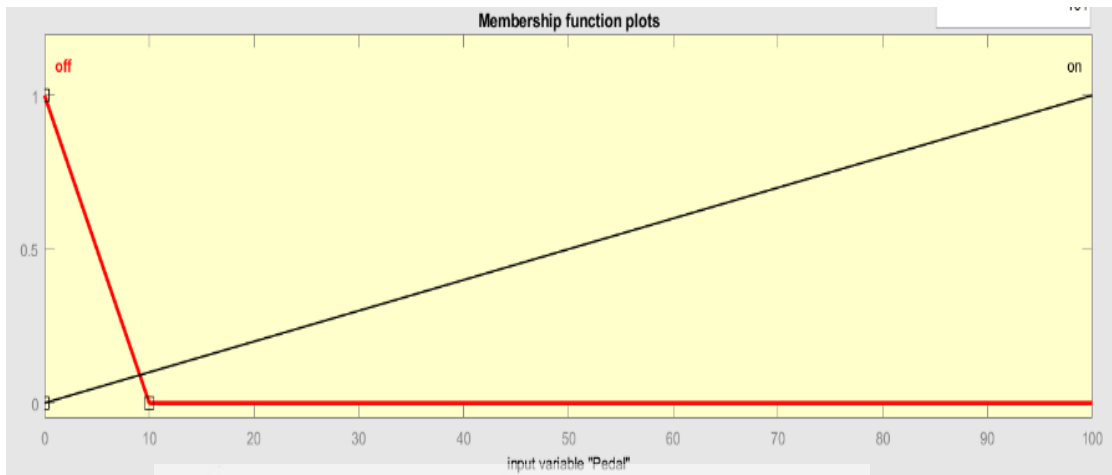
รูปที่ 3.10 Fuzzy Logic Designer: fuzzy



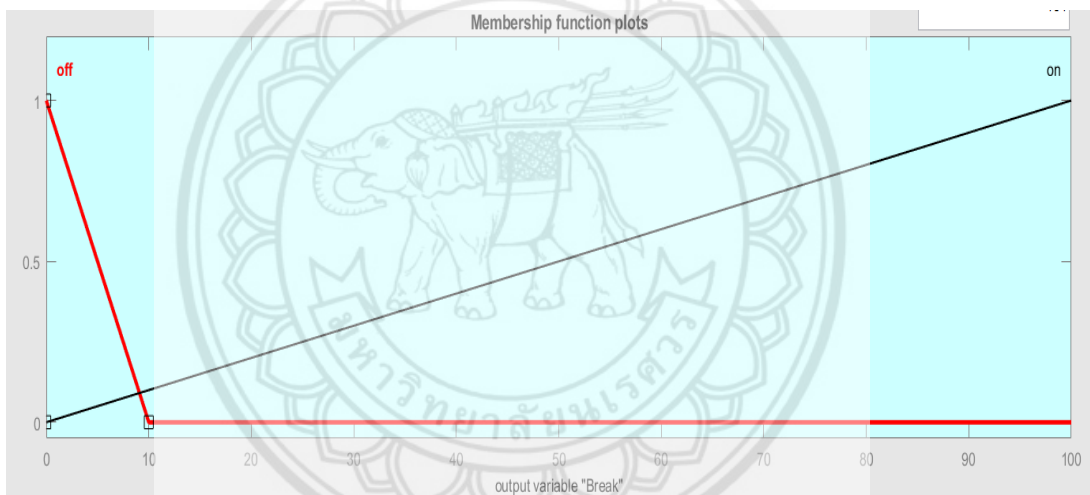
รูปที่ 3.11 Membership Function Editor: Input variable “Distance”



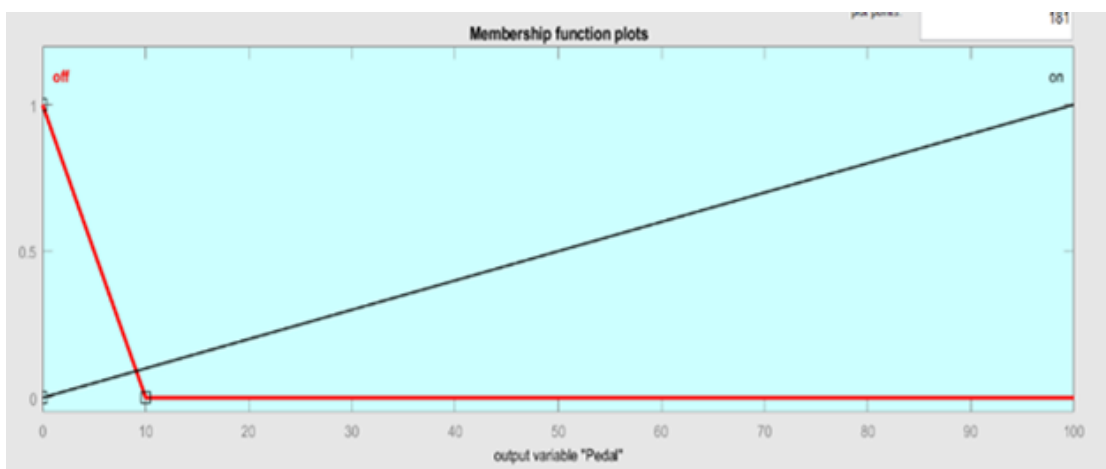
รูปที่ 3.12 Membership Function Editor: Input variable “Speed”



รูปที่ 3.13 Membership Function Editor: Input variable "Pedal"



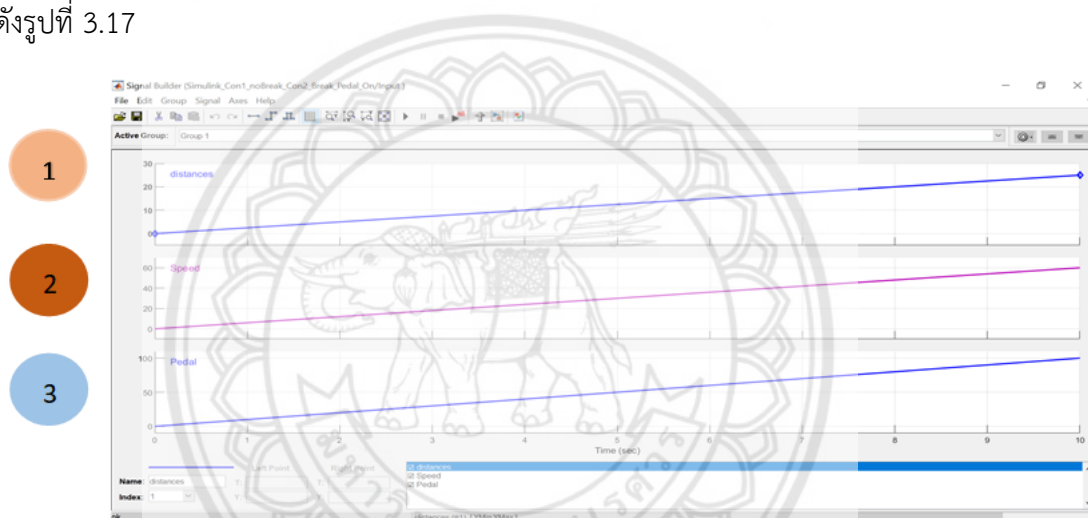
รูปที่ 3.14 Membership Function Editor: Output variable "Break"



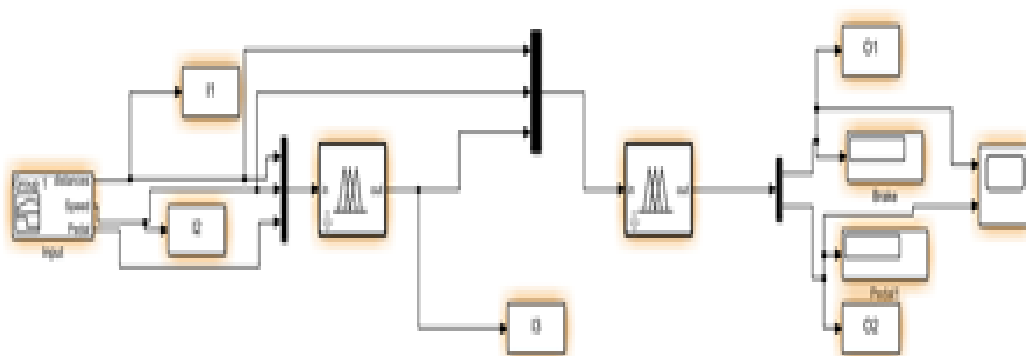
รูปที่ 3.15 Membership Function Editor: Output variable "Pedal"

3.3.3. Fuzzy Simulink Model

Fuzzy Simulink Model เป็นการจำลองระบบ Controller ของ Fuzzy Logic Control โดยเลือกใช้ Signal Builder ใน Simulink Library Browser ในการกำหนดค่า Input ต่าง ๆ จะกำหนดตามค่าที่ได้ออกแบบไว้ใน Fuzzy logic controller ประกอบด้วย Distance ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 25 เมตร Speed ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ Pedal ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 % ดังรูปที่ 3.16 โดยส่งค่า Distance Speed และ Pedal ให้กับ Controller 1 และส่งค่า Distance และ Speed ให้กับ Controller 2 นอกจากนี้ Output ที่ได้จาก Controller 1 ซึ่งก็คือค่า Pedal ยังถูกส่งไปยัง Controller 2 เพื่อเป็นค่า Input โดย Output ของ Controller 2 คือ Break และ Pedal ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 การกำหนด Signal Builder



รูปที่ 3.17 การกำหนด Simulink

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

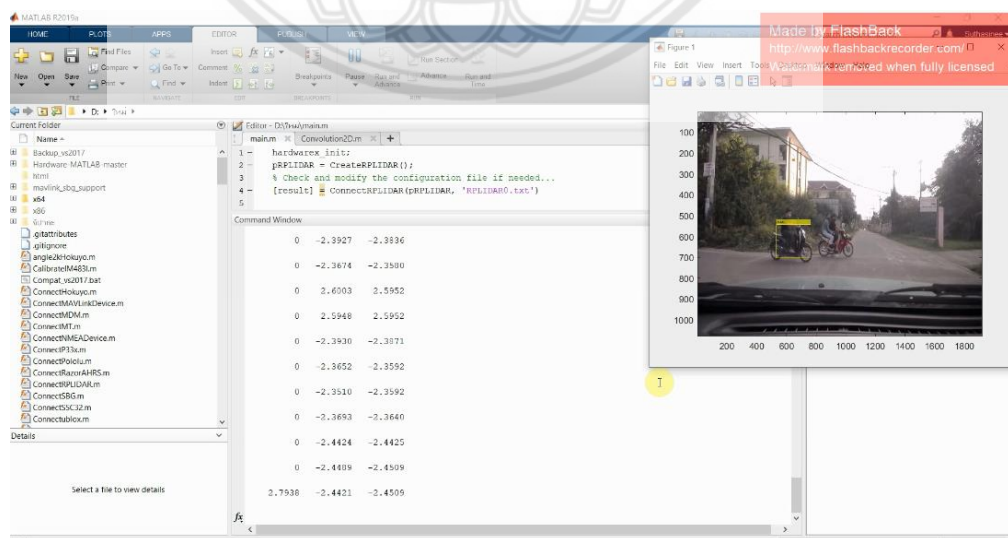
4.1. ผลการทดลอง

4.1.1. ผลการทดลองโดยใช้อัลกอริทึมหาระยะห่างของยานพาหนะและวิเคราะห์ผลการ

ทดลอง

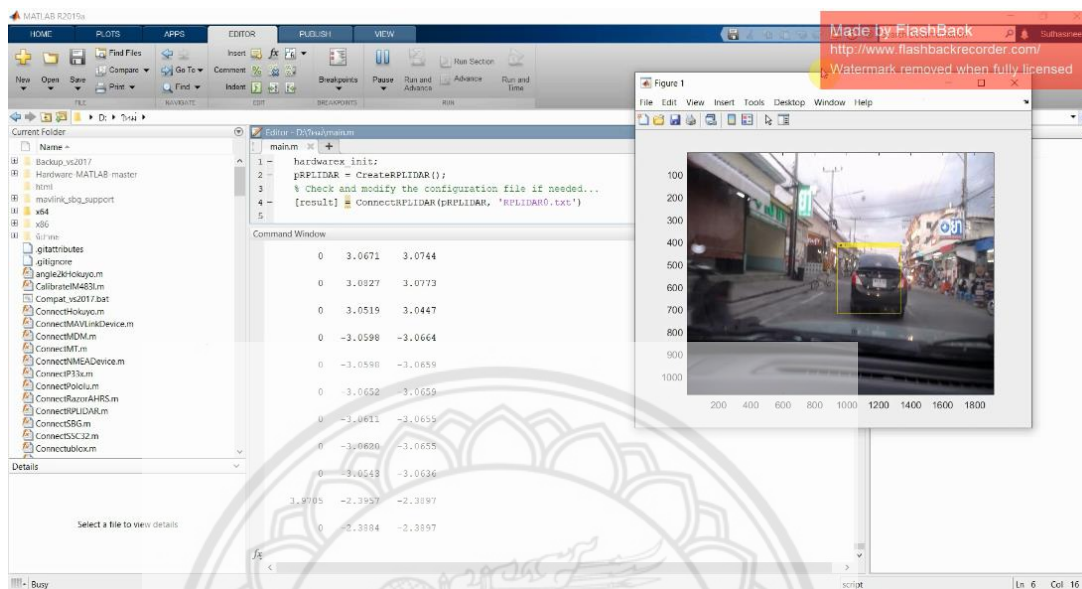
นำกล้องและเซนเซอร์ลิดาร์พร้อมทั้งโมเดลตรวจจับยานพาหนะ ติดตั้งเข้ากับยานพาหนะ เพื่อเก็บข้อมูลของยานพาหนะที่ระยะห่างแตกต่างกันในสภาพแวดล้อมจริง โดยใช้อัลกอริทึมหาระยะห่างที่เกิดขึ้น และเปรียบเทียบระยะห่างที่ได้จากอัลกอริทึมกับระยะห่างที่เกิดขึ้นจริง ที่ความสูงจากพื้นจนถึงกล้องเท่ากับ 1.12 เมตร ที่ความสูงจากพื้นจนถึงเซนเซอร์ลิดาร์เท่ากับ 0.96 เมตร

พบว่าโมเดลตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ และแสดงผลระยะห่างจากอัลกอริทึมที่ 2.7938 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.1



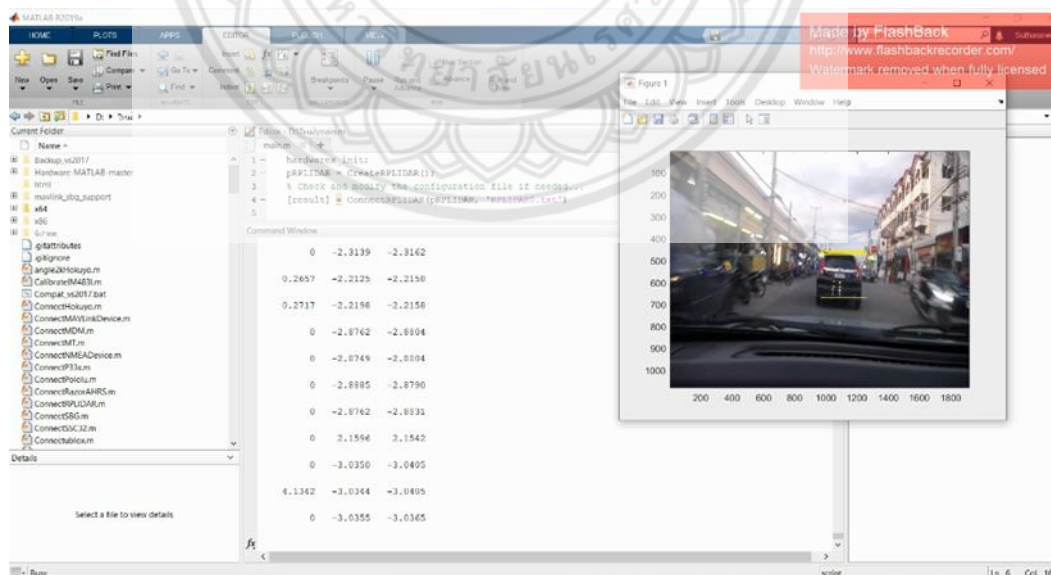
รูปที่ 4.1 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 2.7938 เมตร

พบว่าโมเดลตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ และแสดงผลระยะห่างจากอัลกอริทึมที่ 3.9705 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.2



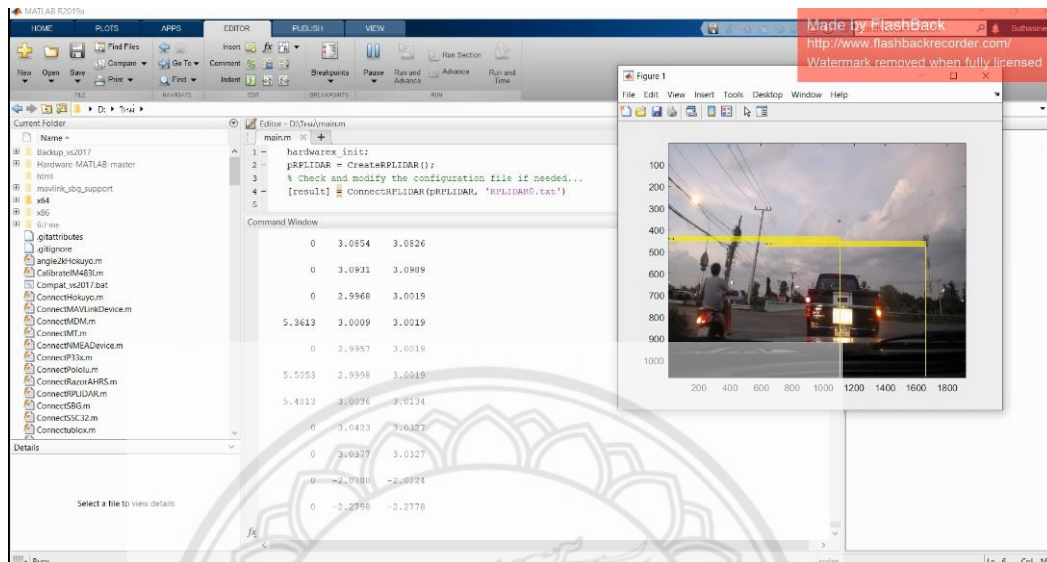
รูปที่ 4.2 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 3.9705 เมตร

พบว่าโมเดลตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ และแสดงผลระยะห่างจากอัลกอริทึมที่ 4.1342 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.3



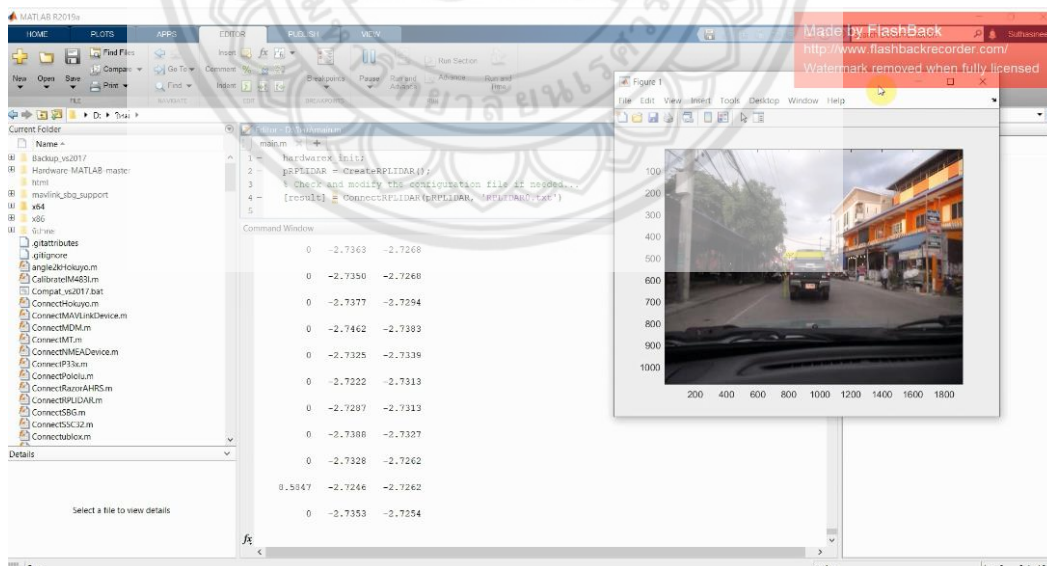
รูปที่ 4.3 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 4.1342 เมตร

พบว่าโมเดลตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ และแสดงผลระยะห่างจากอัลกอริทึมที่ 5.3613-5.1813 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 5.3613-5.1813 เมตร

พบว่าโมเดลตรวจจับยานพาหนะสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ และแสดงผลระยะห่างจากอัลกอริทึมที่ 8.5847 เมตร แสดงดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการทำงานของโปรแกรม ณ ระยะ 858.47 เซนติเมตร

ตารางที่ 4.1 ผลของการใช้อัลกอริทึมหาระยะห่างเทียบกับการวัดจริงที่ระยะต่าง ๆ

ครั้งที่	Algorithm		
	ระยะห่างของ ยานพาหนะที่ตรวจพบ (เมตร)	มุมพิกเซลภาพ (rad)	มุมของเซนเซอร์ลิดาร์ (rad)
1	2.7938	-2.4509	-2.4421
2	3.9705	-2.3897	-2.3957
3	4.1342	-3.0405	-3.0344
4	5.3613 ถึง 5.1813	3.0019 ถึง 3.0134	3.0009 ถึง 3.0036
5	8.5847	-2.7262	-2.7246

จากการทดลอง พบว่าคู่อันดับของจุดศูนย์กลางขอบเขตที่นำมาแทนค่าในสมการที่ 3.2 สามารถเปรียบเทียบมุมที่ได้จากเซนเซอร์ลิดาร์ และมุมที่ได้จากภาพโดยการคำนวณผ่านอัลกอริทึมได้ อีกทั้งยังสามารถนำมาหาระยะห่างจากภาพได้ จึงถือได้ว่าสมการที่ 3.2 สามารถหาระยะห่างของยานพาหนะในภาพได้ สังเกตได้จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 พบว่าสามารถนำมาใช้ในการตรวจจับยานพาหนะได้ในสภาพแวดล้อมจริง และยังสามารถหาค่าระยะห่างที่ได้จากอัลกอริทึมได้ แต่มีข้อจำกัดคือ มีการหักเหของลำแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการวัดระยะจากเซนเซอร์ลิดาร์ที่พื้นผิววัตถุ ทำให้ค่าผิดพลาด และประสิทธิภาพของของคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอสำหรับใช้ในการทดสอบ ทำให้การประมวลผลล่าช้า ค่าระยะห่างที่ได้ และภาพที่แสดงผลออกมาจึงเกิดความคลาดเคลื่อน

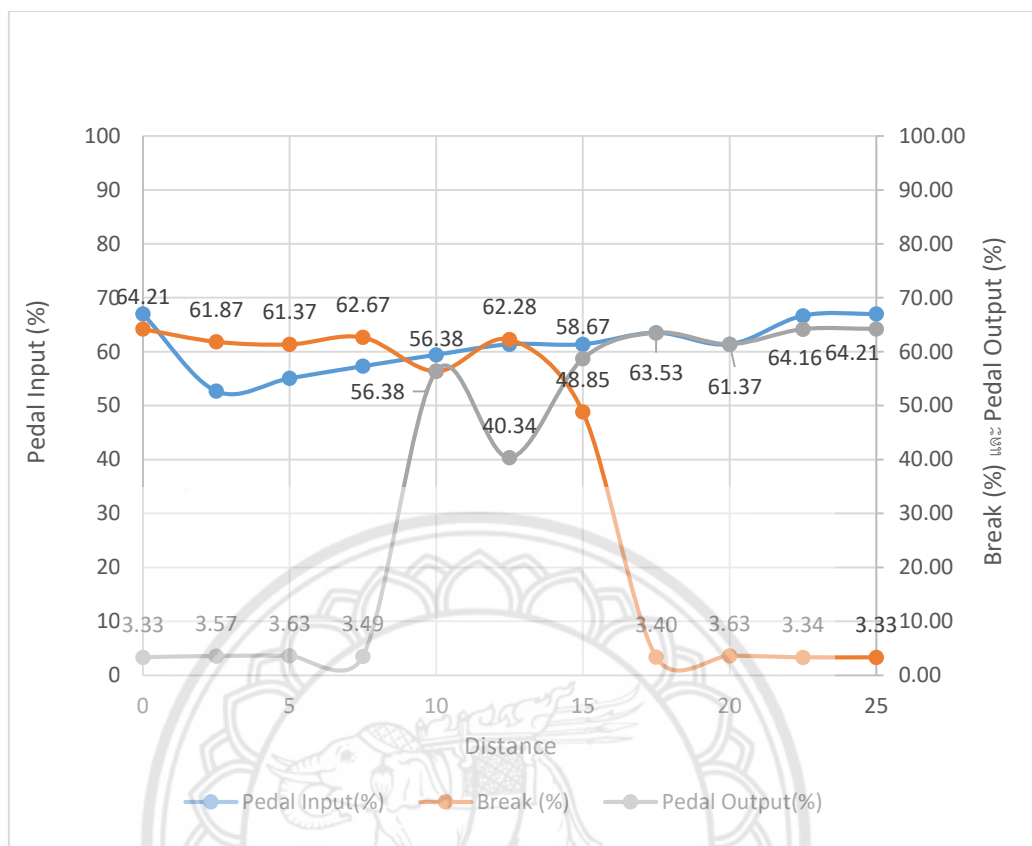
4.1.2. ผลการศึกษาและผลทดลองของโปรแกรม fuzzy controller และวิเคราะห์ผลการ

ทดลอง

จากการศึกษาเบื้องต้น จึงกำหนดระยะห่างของยานพาหนะมากที่สุดคือ 25 เมตร ความเร็วสูงสุดที่ใช้สำหรับขับขีบริเวณมหาวิทยาลัยคือ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่ง มีค่าตั้งแต่ 0 - 100 % จึงนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการกำหนดค่าตัวแปร Input ต่าง ๆ ใน Fuzzy Logic Control และ Fuzzy Simulink Model ที่ออกแบบไว้ เพื่อให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรก และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งที่ระยะต่าง ๆ และเก็บข้อมูลจาก Workspace มาแสดงผล ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองจาก Fuzzy Simulink Model

Input		Output	
Distance (m)	Pedal Input (%)	Break (%)	Pedal Output (%)
0	67	64.21	3.33
2.5	53	61.87	3.57
5	55	61.37	3.63
7.5	57	62.67	3.49
10	59	56.38	56.38
12.5	61	62.28	40.34
15	61	48.85	58.67
17.5	64	3.40	63.53
20	61	3.63	61.37
22.5	67	3.34	64.16
25	67	3.33	64.21



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางเทียบกับเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุท
เปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกเอาท์พุท และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งเอาท์พุท

จากการทดลองนี้ พบว่าในช่วงระยะทางตั้งแต่ 0 ถึง 7.5 เมตร ค่าความเร็วของรถกอล์ฟ ตั้งแต่ 0 จนถึง 18 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุท ที่มีค่าอยู่ในช่วง 53 ถึง 67% จากเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Fuzzy Logic Controller ที่ระยะทาง Very Short (S) ที่ทุก ๆ ค่าความเร็ว มีการสั่งงานเบรกให้ทำงาน และสั่งงานให้คันเร่งไม่ทำงาน เพื่อลดความเร็ว และเพิ่มระยะทาง ดังนั้นค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกเอาท์พุทจึงมีค่าประมาณ 60% ซึ่งถือว่าเบรกมีการทำงาน และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งเอาท์พุทมีค่าประมาณ 3% ซึ่งถือว่าคันเร่งไม่มีการทำงาน

ในช่วงระยะทางตั้งแต่ 17.5 ถึง 25 เมตร ค่าความเร็วของรถกอล์ฟตั้งแต่ 42 จนถึง 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุทมีค่าในช่วง 61 จนถึง 67% จากเงื่อนไขที่กำหนดไว้ใน Fuzzy Logic Controller ที่ระยะทาง Very Far (VF) ที่ทุก ๆ ค่าความเร็ว มีการสั่งงานคันเร่งให้ทำงาน และสั่งงานให้เบรกไม่มีการทำงาน ดังนั้นค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกเอาท์พุทจึงมีค่าประมาณ 3% ถือว่าเบรกไม่มีการทำงาน และเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งมีค่าประมาณ 60% ถือว่าคันเร่งมีการทำงาน และสามารถเหยียบคันเร่งเพิ่มขึ้นได้

ในช่วงกลางที่ระยะห่างตั้งแต่ 10 ถึง 15 เมตร ค่าความเร็วของรถกอล์ฟตั้งแต่ 24 จนถึง 36 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งอินพุทมีค่าในช่วง 59 จนถึง 61% พบว่า เบรกและคันเร่งทำงานพร้อมกัน ดังนั้นในการทดลองนี้เป็นการออกแบบโมเดลสำหรับแสดงผลเพื่อแจ้งเตือนผู้ขับขี่ยานพาหนะเท่านั้น ทั้งนี้อาจต้องมีการพัฒนาโมเดลควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันเพื่อแก้ไขปัญหาการทำงานพร้อมกันของเบรกและคันเร่ง



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงาน

5.1. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเกี่ยวกับระบบควบคุมอัตโนมัติแปรผัน (Adaptive cruise control) ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Self-driving Car) โมเดล YOLO การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) เซนเซอร์ลิดาร์ และตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) เพื่อนำมาใช้ในพัฒนาอัลกอริทึมที่สามารถวิเคราะห์ระยะห่างในสภาพแวดล้อมจริงได้ พร้อมทั้งเพื่อให้ได้ตัวควบคุมความเร็วอัตโนมัติแปรผัน โดยในการทดลองนี้อัลกอริทึมที่ได้ สามารถนำไปพัฒนาระบบควบคุมความเร็วแบบอัตโนมัติแบบแปรผันที่จะนำไปใช้ในรถ T-MAC ของศูนย์ได้

จากการทดลองที่ 4.1.1 พบว่าสมการที่ 3.2 สามารถหาระยะห่างของยานพาหนะในภาพได้สังเกตได้จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 ค่าระยะห่างที่ได้จากอัลกอริทึมมีค่าใกล้เคียงกับระยะห่างจริง และแสดงค่ามุมที่ได้จากการคำนวณผ่านอัลกอริทึมได้ในสภาพแวดล้อมจริง แต่โมเดลที่ใช้ในการตรวจจับยานพาหนะยังมีความผิดพลาด เนื่องจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ไม่เพียงพอ ทำให้การประมวลผลของโมเดลล่าช้า ค่าระยะห่างที่ได้และภาพที่แสดงผลออกมาเกิดความคลาดเคลื่อน

จากการทดลองที่ 4.1.2 พบว่าค่าที่ได้จากผลการทดลองนี้สามารถแบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ณ ข้อมูลอินพุตที่อยู่ในช่วงต้น ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรกที่เพิ่มขึ้นพร้อมทั้งได้เปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งเอ้าท์พุทน้อยกว่า 10% จึงถือว่าเบรกมีแนวโน้มทำงานเพิ่มขึ้น แต่ในส่วนของคันเร่งไม่ทำงาน ณ ข้อมูลอินพุตที่อยู่ในช่วงท้าย ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การเหยียบเบรคน้อยกว่า 10% พร้อมทั้งได้เปอร์เซ็นต์การเหยียบคันเร่งเอ้าท์พุทที่เพิ่มขึ้น จึงถือว่าในส่วนของคันเร่งมีแนวโน้มทำงานเพิ่มขึ้น แต่ในส่วนของเบรกไม่ทำงาน ณ ข้อมูลอินพุตที่อยู่ในช่วงกลาง พบว่าส่วนของเบรกและคันเร่งทำงานพร้อมกัน ซึ่งในส่วนของเบรกและคันเร่งไม่ควรที่จะทำงานพร้อมกัน โดยค่าที่ได้จากผลการทดลองนี้ในช่วงต้นและช่วงท้ายเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้ออกแบบไว้ใน Fuzzy Logic Control

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาอัลกอริทึมควบคุมความเร็วอัตโนมัติแบบแปรผันต่อไป เพื่อให้เบรกและคันเร่งมีการทำงานพร้อมกัน

5.2. ข้อเสนอแนะ

5.2.1. ปัญหาที่พบ

1. ประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลนั้นมีประสิทธิภาพต่ำ จึงทำให้ในบางครั้งไม่สามารถประมวลได้ เกิดการค้าง ล่าช้าในการใช้งาน และงานที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพ
2. การกำหนดคุณภาพของกล้องมีผลต่อการทำงานของอัลกอริทึม เพราะความละเอียดสูงจะทำให้ตรวจจับยานพาหนะได้ง่าย
3. อุปกรณ์มีประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุน้อย จึงทำให้การทดสอบประสิทธิภาพและการปรับแก้ไข code เป็นไปอย่างล่าช้า
4. เนื่องจากเกิดโรคระบาด COVID-19 จึงทำให้ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ที่รถตัวอย่างได้ และการทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริงนั้นเป็นไปอย่างล่าช้า
5. ข้อจำกัดของเซนเซอร์ลิดาร์ การหักเหบางพื้นผิวของวัตถุทำให้ค่าที่ได้มีความผิดพลาด

5.2.2. ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับทดสอบที่มีประสิทธิภาพกว่านี้ โดยการเพิ่มสเปคของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบให้สูงพอที่จะใช้สำหรับทดสอบโดยเฉพาะ
2. ควรศึกษาพื้นฐานการเขียน code และทำความเข้าใจในการเขียน code สำหรับโปรแกรม MATLAB ให้มากขึ้น

บรรณานุกรม

1. ไกรศักดิ์ โพธิ์ทองคำ และ มนุศักดิ์ จานทอง. (2559).การออกแบบตัวควบคุมพีไอดี+พีซซี สำหรับการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่ภายในอาคาร.สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2563,จาก; <http://www.journal.nu.ac.th/NUJST/article/view/1336/904>
2. พิมพา ชีวาประกอบกิจ. (2561). ปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562 จาก ; <http://science.payap.ac.th/research/wp->
3. Betweenmates. (2560). ความแตกต่างระหว่าง LiDAR และ RADAR. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562 จาก ; <https://th.betweenmates.com/difference-between-lidar-and-radar-6977>
4. BMWmanual. (ไม่ทราบ). Active Cruise Control with Stop & Go function. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2562 จาก ; <http://www.bavarianmw.com/guide-66.html>
5. Chan Wei Hsu. (2557). Implementation of car-following system using LiDAR detection. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562 จาก ; https://www.researchgate.net/publication/261342033_Implementation_of_car-following_system_using_LiDAR_detection
6. C.R. Kelber, C.R. Jung, F.S. Osório and F.J. Heinen. (2548). Electrical Drives in Intelligent Vehicles: Basis for Active Driver Assistance Systems. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2562, จาก ; <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=1529175>
7. Fernando Mujica. (2557). Scalable electronics driving autonomous vehicle technologies. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562 จาก ; <http://www.ti.com/lit/wp/sszy010a/sszy010a.pdf>
8. glassman555. (2562). บทสรุปข้อมูลรถยนต์ไฟฟ้า MG ZS EV. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2562 จาก ; <https://blink-drive.com/index.php/2019/06/21/conclusion-mg-ez/>

9. KARIM NICE. (ไม่ทราบ). How Cruise Control Systems Work. สืบค้นเมื่อ 5 ตุลาคม 2562 จาก ; ; <https://auto.howstuffworks.com/cruise-control4.htm>
10. MathWorks. (ไม่ทราบ). Deep Learning in MATLAB. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2562, จาก ; <https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ug/deep-learning-in-matlab.html>
11. MathWorks. (ไม่ทราบ). Object Detection Using YOLO v2 Deep Learning. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562, จาก ; <https://ww2.mathworks.cn/help/deeplearning/examples/object-detection-using-yolov2.html>.
12. nessesence. (2561). Deep learning. สืบค้นเมื่อ 22 กันยายน 2562, จาก ; <https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/deep-learning-คืออะไร/>.
13. Niwit Aryal. (2561) which is better, LIDAR or RADAR. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562, จาก ; <https://www.quora.com/Which-is-better-LIDAR-or-RADAR>
14. Rapm Roel Bleek. (2556). Design of a hybrid adaptive cruise control stop-&-go system. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562 จาก ; <https://www.semanticscholar.org/paper/Design-of-a-hybrid-adaptive-cruise-control-system-Bleek-Den/9c270843b496cc725fc1a9bd653b9dbadd01f3ba>
15. Ritesh KanjeeAsheer,BachooAsheer, BachooJohnson Carroll. (2550). Vision-based Adaptive Cruise Control using pattern matching. สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2562 จาก ; https://www.researchgate.net/publication/261112107_Vision-based_Adaptive_Cruise_Control_using_pattern_matching
16. Sanparith Marukatat . (2561). โลกหมุนไป งานวิจัยก็หมุนตาม. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2562 , จาก ; <https://medium.com/@sanparithmarukatat/โลกหมุนไป-งานวิจัยก็หมุนตาม-46ae76d4e195>
17. Takashi Ogawa & Kiyokazu Takagi. (2549). LANE RECOGNITION USING ON-VEHICLE LIDAR. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562 จาก ;

https://www.researchgate.net/publication/224646505_Lane_recognition_using_on-vehicle_LIDAR

18. Thaieasyelec. (ไม่ทราบ). RPLIDAR A1M8. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562 จาก ;
<https://www.thaieasyelec.com/rplidar-a1m8-360-degree-laser-scanner-development-kit.html>
19. Wikipedia. (2557) .ตรรกศาสตร์คลุมเครือ.สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2563, จาก;
<https://th.wikipedia.org/wiki/ตรรกศาสตร์คลุมเครือ>
20. wikipedia. (2560) deep learning. สืบค้นเมื่อ 21 กันยายน 2562, จาก ;
<https://th.wikipedia.org/wiki/การเรียนรู้เชิงลึก>

