



การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
โดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์

โดย

นายธรรณภ สายหรั่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
โดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์

โดย

นายธรรณภ สายหรั่ง



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

PICKUP TRUCK MODELCLASSIFICATION FROM DIAGONAL-VIEW
IMAGES USING HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT

BY

MR.TARANOP SAIROON



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (COMPUTER SCIENCE)

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายธรรณภ สายหรั่ง

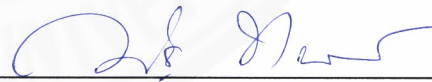
เรื่อง

การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมตียง
โดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

เมื่อ วันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



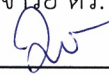
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชนน หงส์วาทิธีธร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



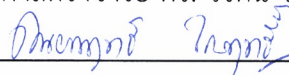
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวลักษณ์ วรรณภา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



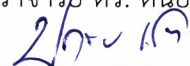
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิรัตน์ จาริวงศ์ไพบูลย์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร. ดนัยพฤกษ์ ไกรฤทธิ)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงโดยใช้ ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์
ชื่อผู้เขียน	นายธรรณภ สายหรุ่น
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสาวลักษณ์ วรรณภา
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง โดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ (Histogram of Oriented Gradient: HOG) ในการสกัดคุณลักษณะของภาพ จากนั้นใช้การจำแนกประเภทโดยใช้ข้อมูลข้างเคียงใกล้ที่สุด k ตัว (k-Nearest Neighbor: k-NN) และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM) โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ภาพมุมทแยงด้านหน้าจำนวน 200 ภาพ และด้านหลังจำนวน 200 ภาพ จากรถกระบะทั้งหมด 5 รุ่น ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าด้วยตัวจำแนกแบบ SVM ร่วมกับการตรวจจับรถกระบะแบบอัตโนมัติให้ผลความถูกต้องที่ร้อยละ 91.5 เปรียบเทียบกับการตัดภาพรถกระบะด้วยมือซึ่งให้ผลความถูกต้องร้อยละ 100 และเมื่อพัฒนากระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยการใช้รูปแบบของบริเวณที่สนใจ (ROI Pattern) เข้ามาช่วยในกระบวนการลบภาพ (Background Subtraction) สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกได้ที่ความถูกต้องร้อยละ 95

คำสำคัญ: การจำแนกรุ่นรถกระบะจากภาพมุมทแยง ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน.

Thesis Title	PICKUP TRUCK MODEL CLASSIFICATION FROM DIAGONAL-VIEW IMAGES USING HISTOGRAM OF ORIENTED GRADIENT
Author	MR. TARANOP SAIROON
Degree	Master of Science (Computer Science)
Major Field/Faculty/University	Department of Computer Science Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Saowaluk Watanapa
Academic Years	2016

ABSTRACT

This research presents an algorithm to classify the model of pickup truck from diagonal-view images. The histogram of oriented gradient (HOG) was used in the feature extraction process. Then, the k-nearest neighbor (k-NN) classification technique and the support vector machine (SVM) with linear kernel was applied to classify the pickup truck model. The Experiment dataset consists of 200 front diagonal view images and 200 rear diagonal view images with 5 models of pickup trucks. From the experimental results, SVM performs 91.5 % accuracy with auto-crop algorithm and yield 100 % accuracy comparing to manually crop images. And further development of auto-crop algorithm with ROI pattern background subtraction technique. The performance of classification increased to 95 %

Keywords:Pickup Truck Model Classification, HOG, SVM.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์จาก อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ท่าน ผศ.ดร. เสาวลักษณ์ วรรณานา ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ แก้ไข ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะและติดตามความก้าวหน้าในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความ เอาใจใส่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ บุคคลากรของภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ ช่วยประสานงาน แจ้งข้อมูลข่าวสารที่เป็นประโยชน์ และอำนวยความสะดวกในเรื่องต่าง ๆ ตลอดจนการ จัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณพันธมิตร บุญเชิญ คุณนที ศรีรัตนพิบูล และคุณกันต์กมล มณีโชติ ที่ ช่วยรวบรวม และจัดเตรียมข้อมูลดิบสำหรับการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงาน ที่คอยช่วยเหลือ แสดงความห่วงใย และ เป็นกำลังใจในการทำงาน

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นเบื้องหลังความสำเร็จในครั้งนี้ ที่คอยเป็น กำลังใจ และให้การสนับสนุนมาโดยตลอด

ประโยชน์และคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบคุณความดีแต่บุพการี คณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถจัดทำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

นายธรรณภ สายหรั่ง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 รายละเอียดของงานวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรถยนต์	5
2.1.1 ต้นกำเนิดยานยนต์	5
2.1.2 ส่วนประกอบของรถยนต์	5
2.1.2.1 ส่วนประกอบภายใน	6

2.1.2.2 ส่วนประกอบภายนอก	6
2.1.3 อุตสาหกรรมยานยนต์	6
2.2 รถยนต์ในประเทศไทย	6
2.2.1 ผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย	6
2.2.2 รถยนต์แบ่งตามประเภทการใช้งาน	7
2.2.2.1 รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car)	7
2.2.2.2 รถยนต์เชิงพาณิชย์ (Commercial Vehicle)	7
2.2.3 ยอดขายรถยนต์ปี 2558 ที่จำหน่ายในประเทศไทย	7
2.2.4 ยี่ห้อรถยนต์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย	10
2.3 การจราจรกรมรถยนต์และการตรวจสอบรถยนต์ต้องสงสัย	13
2.4 พื้นฐานทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัล	14
2.4.1 การรับภาพและการได้มาของภาพ (Image Sensing and Acquisition)	14
2.4.2 ประเภทของภาพดิจิทัล	16
2.4.2.1 ภาพแบบไบนารี หรือภาพขาวดำ (Binary Image)	16
2.4.2.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)	16
2.4.3.3 ภาพสี (Color Image)	17
2.4.3 กระบวนการมอร์โฟโลยี (Morphological Image Processing)	17
2.4.3.1 การขยายภาพ (Dilation)	17
2.4.3.2 การกร่อนภาพ (Erosion)	18
2.5 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์	18
2.5.1 การตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection)	19
2.5.1.1 การแบ่งแยกสี (Color Segmentation)	19
2.5.1.2 การนับจำนวนองค์ประกอบ (Connected Component Counting)	19
2.5.2 การสกัดคุณลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction)	20
2.5.2.1 Global Feature	20

(1) คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (Color-based features)	20
(2) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape-based features)	22
(3) คุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิว (Texture-based features)	24
2.5.2.2 Local Feature	24
(1) Histograms of Oriented Gradients (HOG)	24
(2) SIFT (Scale Invariant Feature Transform)	25
(3) Speeded-Up Robust Features (SURF)	26
2.5.3 การจำแนกกลุ่ม (Classification)	27
2.5.3.1 การจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distance)	27
2.5.3.2 การจำแนกประเภทโดยใช้ข้อมูลข้างเคียงใกล้ที่สุด k ตัว (K-Nearest Neighbor)	27
(1) Training phase	27
(2) Classification phase	28
2.5.3.4 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)	28
2.6 พื้นฐานทฤษฎีทางการเรียนรู้ของระบบสมองกล	29
2.6.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)	29
2.6.1.1 การแบ่งประเภทของข้อมูล (Classification)	29
2.6.1.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression)	30
2.6.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)	30
2.7 การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล	31
2.7.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้อง (Accuracy)	31
2.7.2 คอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix)	31
2.7.3 การตรวจสอบแบบไขว้ข้อมูลที่แบ่งออกเป็นชุด (n-Fold Cross Validation)	32
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	36
3.1 ขอบเขตการทดลอง	41
3.2 การเตรียมข้อมูลการทดลอง	43
3.3 การดำเนินการทดลอง	46
3.3.1 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับ ตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	47
3.3.1.1 การเตรียมการทดลอง	47
3.3.1.2 วิธีการทดลอง	49
3.3.1.3 ขั้นตอนการทดลอง	49
3.3.1.4 การวัดผลการทดลอง	49
3.3.2 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ได้จากการ ตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	50
3.3.2.1 การเตรียมการทดลอง	51
3.3.2.2 วิธีการทดลอง	53
3.3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง	53
3.3.2.4 การวัดผลการทดลอง	53
3.3.3 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังที่ได้จากการ ตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	55
3.3.3.1 การเตรียมการทดลอง	55
3.3.3.2 วิธีการทดลอง	57
3.3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง	57
3.3.3.4 การวัดผลการทดลอง	57

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	59
4.1 ผลการทดลอง	59
4.1.1 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	59
4.1.1.1 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ	59
(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	59
(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN	60
4.1.1.2 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ	62
(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะแบบ HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	62
(2) ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะแบบ HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN	63
4.1.2 ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	66
4.1.2.1 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ	66

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า	66
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	
(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า	67
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN	
4.1.2.2 ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า	68
โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ	
(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า	68
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	
(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า	69
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN	
4.1.3 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	72
4.1.3.1 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง	72
โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ	
(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง	72
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	
(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง	73
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับ ตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN	
4.1.3.2 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ	75

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัด คุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับ ตัวจำแนกแบบ SVM	75
(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัด คุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN	76
4.2 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง	79
4.3 การพัฒนาประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ	85
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	95
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	96
5.2 การนำไปประยุกต์ใช้	98
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	98
5.4 ข้อเสนอแนะในการนำไปพัฒนา	99
รายการอ้างอิง	100
ประวัติผู้เขียน	103

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงยอดขายรถยนต์รายย่อยภายในประเทศ พ.ศ. 2558	8
2.2 ตารางแสดงยอดขายรถยนต์รายย่อยภายในประเทศแบ่งตามยี่ห้อ พ.ศ. 2558	8
2.3 แสดงยอดขายรถยนต์ภายในประเทศ พ.ศ. 2558 แยกตามรุ่นและยี่ห้อ และเรียงลำดับจากมากไปน้อย จำนวน 25 รุ่น	10
2.4 แสดงภาพรถกระบะแต่ละแบบที่มีจำหน่ายในประเทศไทย	12
2.5 ตารางแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์	35
3.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	37
3.2 ตารางแสดงประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SURF ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	37
3.3 ตารางแสดงประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN	38
3.4 ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT , SURF และ HOG	38
3.5 ตารางแสดงรุ่นและยี่ห้อของรถกระบะแต่ละประเภทที่ใช้ในงานวิจัย	42
3.6 ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหน้าของรถกระบะทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในการวิจัย	44
3.7 ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในการวิจัย	45
3.8 ตารางแสดงการนำภาพมุมทแยง การตัดภาพ และตัวจำแนก มาใช้ในการออกแบบการทดลอง	46
3.9 ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	47
3.10 ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า และด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	47
3.11 ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า และด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	48
3.12 ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ	48

3.13	ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยง ด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจาก พื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ	48
3.14	ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหน้าของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ ในการทดลอง	51
3.15	ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	51
3.16	ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	52
3.17	ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยง ด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ	52
3.18	ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยง ด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธี อัตโนมัติ	52
3.19	ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ ในการทดลอง	55
3.20	ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมทแยงด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	55
3.21	ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง	56
3.22	ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยง ด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ	56
3.23	ตารางแสดงภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยง ด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธี อัตโนมัติ	56
4.1	ตารางแสดงผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง ด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัด คุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM	60

- 4.2 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพ
มุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ
และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN,
 $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 61
- 4.3 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะ
ด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1$ 61
- 4.4 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและ
ด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัด
คุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM 62
- 4.5 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
ด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ
และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$
และ 9 63
- 4.6 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและ
ด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัด
คุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 5$ 64
- 4.7 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ
จากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและ
ด้วยวิธีอัตโนมัติ 65
- 4.8 ตารางแสดงผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM 66
- 4.9 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงหน้า
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 67
- 4.10 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการ
ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 5$ 68

- 4.11 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า 69
 โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM
- 4.12 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 70
- 4.13 ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า 70
 โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1$
- 4.14 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ 71
- 4.15 ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 73
 โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM
- 4.16 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 74
- 4.17 ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 74
 โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k=1$
- 4.18 ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 75
 โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM
- 4.19 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 76
- 4.20 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1$ 77

- 4.21 ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง 78
ด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และภาพมุมทแยง
ด้านหลังเพียงอย่างเดียว โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วย
วิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN
- 4.22 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจาก 79
ภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยง
ด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจาก พื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัว
จำแนกแบบ SVM และ k-NN
- 4.23 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า 87
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก)
- 4.24 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า 88
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข)
- 4.25 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า 89
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค)
- 4.26 ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 90
โดยการตัดภาพ รถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก)
- 4.27 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 91
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข)
- 4.28 ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง 92
โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค)
- 4.29 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ 93
จากภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้น
หลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก), (ข)

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงรถตู้เชิงพาณิชย์ รถกระบะขนาดหนึ่งตัน และรถบรรทุกขนาด 2 – 4ตัน ตามลำดับ	7
2.2 ภาพแสดงการตรวจสอบรถยนต์ต้องสงสัย	14
2.3 แสดงขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิทัล	15
2.4 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพไบนารี	16
2.5 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพระดับเทา	16
2.6 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพสี	17
2.7 แสดงค่าพิกเซลของกระบวนการ Dilation	18
2.8 แสดงค่าพิกเซลของกระบวนการ Erosion	18
2.9 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์	18
2.10 ภาพขนาด 8x8 pixel ที่มี 2 องค์ประกอบ	19
2.11 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ RGB	21
2.12 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ HSB	22
2.13 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ LAB	22
2.14 (ก) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดมาก (ข) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดน้อย	23
2.15 (ก) แสดงโครงสร้างการแบ่งเซลล์ขนาด 1x1 และ บล็อกขนาด 2x2	24
2.16 การสร้าง DOG โดยใช้ Scale Space	25
2.17 การตรวจจับค่า <i>maxima</i> และ <i>minima</i> ของ DOG	26
2.18 การผลิตตัวบรรยายคุณลักษณะของ Keypoint	26
2.19 ตัวอย่างการแบ่งประเภทด้วย k-NN	28
2.20 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน	30
2.21 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน	31
2.22 แสดงตัวอย่างตาราง Confusion Matrix	32
2.23 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลแบบ 5-fold cross-validation	32
3.1 ภาพแสดงขั้นตอนวิธีของกระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลัง ด้วยวิธีอัตโนมัติ	39
3.2 ภาพแสดงผลลัพธ์ของกระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลัง ด้วยวิธีอัตโนมัติ	39

3.3	แสดงขั้นตอนวิธีของการจำแนกรุ่นของรถกระบะ	41
3.4	ภาพแสดงภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า ด้านหลัง และแผ่นป้ายทะเบียน	42
3.5	ภาพแสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพออกจากพื้นหลัง ด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุกตบแรงแงด้านหน้าและด้านหลัง	50
3.6	แสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพรถกระบะออกจาก พื้นหลังด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า	54
3.7	แสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพรถกระบะออกจาก พื้นหลังด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง	58
4.1	แสดงการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ	80
4.2	แสดงการเปรียบเทียบ ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า และด้านหลัง ภาพมุกตบแรงแงด้านหน้าและภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง โดยการตัดภาพด้วยมือ และด้วยวิธีอัตโนมัติ	81
4.3	แสดงการเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทแบบ SVM และ k-NN	82
4.4	(ก) ภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า (ข) ภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง	83
4.5	แสดงการเปรียบเทียบ ผลการจำแนกประเภทของภาพมุกตบแรงแงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า และภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้น หลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ	84
4.6	ภาพแสดงผลจากการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) (ข) และ (ค) จากภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า	86
4.7	แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ข) จากภาพมุกตบแรงแงด้านหน้า เมื่อตัวรถถูกลบขาดหายไป	93
4.8	แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ข) จากภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง เมื่อตัวรถถูกลบขาดหายไป	94
4.9	แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ค) จากภาพมุกตบแรงแงด้านหลัง เมื่อใช้รูปแบบของพื้นที่สนใจ	94

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบันกลุ่มประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน มีการสร้างความร่วมมือกันทั้งในด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม เทคโนโลยี และการคมนาคมขนส่งเกิดการเดินทาง ท่องเที่ยว หรือการโยกย้ายถิ่นฐานเพื่อประกอบอาชีพ ของประชากรทั้งในและต่างประเทศมากมาย จึงก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณอาชญากรรมในรูปแบบต่างๆ ประกอบกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ ทำให้อาชญากรรมมีเทคนิควิธีและอุปกรณ์ที่เอื้ออำนวยในการก่ออาชญากรรมในรูปแบบที่เปลี่ยนไปซึ่งรวมถึงการโจรกรรมรถยนต์ด้วย

จากสถิติการโจรกรรมรถยนต์ที่ผ่านมาพบว่าเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถจับกุมผู้กระทำผิดและนำรถยนต์ของกลางมาส่งคืนได้เป็นจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับสถิติการโจรกรรมรถยนต์ในแต่ละปี อาจเกิดจากหลายปัจจัยในการตรวจสอบติดตาม สืบสวน สอบสวน รถยนต์ที่ถูกโจรกรรมไป สาเหตุหนึ่งอาจเกิดจาก กำลังของเจ้าหน้าที่ตำรวจมีไม่เพียงพอกับอัตราการโจรกรรมรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งขาดแคลนด้านงบประมาณ เจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญ และเทคโนโลยีที่ใช้ในการติดตามรถยนต์ที่สูญหาย แม้ว่าในปัจจุบันจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับระบบตรวจจับและรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการ สืบสวนสอบสวน การป้องกันและปราบปราม การกระทำผิดทางกฎหมาย แต่ระบบนี้ก็ยังคงมีขีดความสามารถและข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากป้ายทะเบียนรถยนต์สามารถถูกปลอมแปลงได้ง่าย อาชญากรอาจทำการสวมแผ่นป้ายทะเบียนปลอมหรือแผ่นป้ายทะเบียนจากรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุ อีกทั้งสามารถทำการตัดแปลงหรือเปลี่ยนสี เพื่อให้ยากต่อการตรวจสอบจึงทำให้การติดตามและจับกุมผู้กระทำความผิดนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นระบบตรวจจับและรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์อาจยังไม่เพียงพอที่จะช่วยให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจบรรลุเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอระบบตรวจจับและจำแนกรุ่นของรถกระบะซึ่งจะสามารถนำไปใช้ควบคู่กับระบบการตรวจจับและรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสืบค้นข้อมูลรถยนต์ที่จดทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบก เพื่อใช้ในการตรวจสอบคัดกรอง รถยนต์ที่ต้องสงสัยได้รวดเร็ว โดยการตรวจสอบรถยนต์นั้น จะใช้ข้อมูล หมายเลขทะเบียนจากแผ่นป้ายทะเบียน ข้อมูลรุ่นและยี่ห้อ รวมทั้งสีของรถยนต์ ข้อมูลทั้งหมดจะต้องตรงกับข้อมูลที่ได้จดทะเบียนไว้ซึ่งจะสามารถช่วยในการตรวจสอบ คัดกรอง รถยนต์ที่ต้องสงสัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและ

ช่วยลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจ โดยในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การจำแนกรุ่นของรถกระบะ เนื่องจากรถยนต์ประเภทนี้เป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ มียอดขายและสถิติการโจรกรรมสูงกว่ารถยนต์ประเภทอื่น ซึ่งงานวิจัยระบบรู้จำรถกระบะนี้ จะสามารถนำไปพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์แก่การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา ออกแบบ และพัฒนา ระบบตรวจจับและจำแนกรถกระบะจากภาพมุมทแยง เพื่อให้เกิดความชัดเจน ผู้วิจัยจึงกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมในการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ
2. เพื่อเปรียบเทียบตัวจำแนกที่เหมาะสมในการใช้จำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการนำภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังมาใช้ในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยมีขอบเขตที่ชัดเจน ผู้เขียนจึงขอกำหนดขอบเขตของงานวิจัยดังนี้

1. งานวิจัยนี้จะทำการรับภาพสี ขนาด 704 x 576 พิกเซล ได้จากการแยกเฟรมจากภาพวิดีโอ ที่อัตรา 25 เฟรมต่อวินาที จากกล้องวงจรปิดที่ติดตั้งอยู่ริมถนนทางหลวง โดยชุดภาพวิดีโอทุกชุด ได้มาจากกล้องที่ติดตั้ง ณ จุดเดียวกัน ในช่วงเวลา 09.00 น. – 13.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ มีสภาพแสงเพียงพอในการสังเกตรุ่นของรถกระบะได้ชัดเจน โดยจะมีสภาพแสงและเงาที่แตกต่างกันไป
2. งานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบเฉพาะรถกระบะ ขนาดไม่เกิน 1 ตัน แบบ 2 ประตูมีแคปและไม่มีติดตั้งหลังคาปิดกระบะบรรทุกด้านท้าย
3. งานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและออกแบบ แบบจำลองสำหรับระบบจำแนก เฉพาะรถกระบะที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในประเทศไทยและพบการใช้งานบนท้องถนนสูงที่สุด ทั้งหมด 2 ยี่ห้อ แบ่งเป็นรถกระบะยี่ห้อ อีซูซุ (Isuzu) จำนวน 2 รุ่น และยี่ห้อโตโยต้า (Toyota) จำนวน 3 รุ่น
4. งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะรถกระบะที่มีการจำหน่ายในประเทศไทย จากผู้ผลิต และจำหน่ายอย่างเป็นทางการในปัจจุบันเท่านั้นและมีสภาพดั้งเดิมจากผู้ผลิตนั้น

5. รถกระบะที่เกิดอุบัติเหตุจนเกิดความเสียหายต่อสภาพภายนอก หรือรถกระบะที่มีการดัดแปลงสภาพจากเดิมจะไม่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้

1.4 คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ

ในงานวิจัยนี้จำเป็นต้องใช้คำศัพท์เฉพาะทางเทคนิค ทั้งในการศึกษา ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึม รวมถึงการทดลองต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการศึกษาเนื้อหาของงานวิจัย ผู้วิจัยจึงได้กำหนดคำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ ไว้ดังนี้

1. รถกระบะ หรือรถปิกอัพ (Pickup)

เป็นรถยนต์ที่อาจมีที่นั่งโดยสารตอนเดียวหรือสองตอน และมีกระบะสำหรับบรรทุกด้านท้าย มีน้ำหนักไม่เกิน 1 ตัน สามารถจดทะเบียนได้ทั้งแบบ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดไม่เกิน 7 ที่นั่ง รถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเกิน 7 ที่นั่ง และรถยนต์ที่ใช้เพื่อการพาณิชย์

2. แปรนต์ (Brand) หรือเมค (Make)

หมายถึงยี่ห้อของรถยนต์จากผู้ผลิตรถยนต์ โดยทุกยี่ห้อจะมีเครื่องหมายการค้าที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว สามารถสังเกต จดจำ และจำแนกได้ชัดเจน

3. รุ่น หรือ โมเดล (Model)

หมายถึงรุ่นของรถยนต์ที่ผู้ผลิตออกแบบและผลิตขึ้นเพื่อให้ตรงกับความต้องการและการทำงานของผู้บริโภค ซึ่งในแต่ละยี่ห้อจะมีรถยนต์หลากหลายรุ่นเพื่อรองรับกับความต้องการของตลาด

4. ภาพมุมแยงด้านหน้า

หมายถึง ภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดริมถนน เป็นภาพรถยนต์วิ่งผ่านในทิศทางเข้าหาตัวกล้อง (Approaching Direction) จะทำให้ได้ภาพในมุมแยง โดยในภาพจะปรากฏลักษณะด้านหน้าและด้านข้างของตัวรถ

5. ภาพมุมแยงด้านหลัง

หมายถึง ภาพที่ได้จากกล้องวงจรปิดริมถนน เป็นภาพรถยนต์วิ่งผ่านในทิศทางออกจากตัวกล้อง (Departing Direction) จะทำให้ได้ภาพในมุมแยง โดยในภาพจะปรากฏลักษณะด้านข้างและด้านหลังของตัวรถ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อสามารถดำเนินงานวิจัยได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ ภายใต้ขอบเขตที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยคาดหวังว่า งานวิจัยจะเกิดประโยชน์ดังต่อไปนี้

1. สามารถออกแบบกระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติได้
2. สามารถออกแบบระบบที่ใช้ในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงได้
3. แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของตัวสกัดคุณลักษณะและตัวจำแนกที่เหมาะสมกับการนำภาพมุมทแยงไปใช้ในการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้

1.6 รายละเอียดของงานวิจัย

รายละเอียดโดยรวมของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ ประกอบไปด้วย ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย คำจำกัดความของศัพท์เฉพาะ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรถยนต์ ความรู้พื้นฐานทางด้านการประมวลผลภาพ ความรู้พื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ ความรู้พื้นฐานทางด้านการเรียนรู้ของระบบสมองกลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วยขอบเขตการทดลอง การเตรียมการทดลอง และการออกแบบการทดลอง

บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล ประกอบด้วยผลการทดลอง สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ ประกอบด้วยสรุปผลการดำเนินงานวิจัย การนำไปประยุกต์ใช้ ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน ข้อเสนอแนะและการนำไปพัฒนา

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรถยนต์ รถยนต์ในประเทศไทย การโจรกรรมรถยนต์ในประเทศไทย พื้นฐานทฤษฎีทางการประมวลผลภาพดิจิทัล พื้นฐานทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์ พื้นฐานทฤษฎีทางการเรียนรู้ของระบบสมองกล การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรถยนต์

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบรู้จำรถกระบะ ที่มีการผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรถยนต์มารวบรวมไว้ โดยจะกล่าวถึงต้นกำเนิดยานยนต์ ส่วนประกอบของรถยนต์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีของประเทศไทย

2.1.1 ต้นกำเนิดยานยนต์

สังคมมนุษย์มีกิจกรรมที่ต้องเดินทางอยู่เสมอ ด้วยวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การแสวงหาทรัพยากรการค้า การติดต่อกันระหว่างกลุ่ม เป็นต้น โดยในยุคแรกวิธีเดินทางก็คือการเดิน และเมื่อเทคโนโลยีพัฒนาขึ้น มนุษย์จึงพัฒนายานพาหนะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกสบายในการเดินทาง

ประมาณปี ค.ศ. 1886 คาร์ล เบนซ์ (Karl Benz) ได้สร้างรถยนต์ที่เครื่องยนต์เชื้อเพลิงเผาไหม้ได้สำเร็จ นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนารถยนต์สมัยใหม่ หลังจากนั้นเทคโนโลยีรถยนต์ได้กระจายสู่ประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และจีน โดยประเทศไทยได้รับเทคโนโลยีดังกล่าวจากการเป็นฐานการผลิต ซึ่งช่วยในการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก (ชุมชนสวัสดิกุล, 2555)

2.1.2 ส่วนประกอบของรถยนต์

ส่วนประกอบของรถยนต์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนประกอบภายใน และส่วนประกอบภายนอก โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.2.1 ส่วนประกอบภายใน

เช่นระบบเครื่องยนต์ ระบบส่งกำลัง ช่วงล่าง ระบบไฟฟ้า ฯลฯ มีหน้าที่ควบคุมและสร้างพลังงานในการขับเคลื่อน

2.1.2.2 ส่วนประกอบภายนอก

เช่น ตัวถัง อุปกรณ์ภายในห้องโดยสาร เป็นส่วนที่ใช้ในการบรรทุกผู้โดยสาร ช่วยปกป้องและดูดซับแรงกระแทกเมื่อเกิดอุบัติเหตุ และอุปกรณ์ตกแต่งเพื่อความสวยงามของรถยนต์

2.1.3 อุตสาหกรรมยานยนต์

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดรายได้มหาศาลและเป็นต้นกำเนิดของวงจรรธุรกิจและอุตสาหกรรมอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย ดังนั้นในหลายๆประเทศจึงให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมนี้เป็นอย่างมาก เช่น ในประเทศญี่ปุ่น ได้พัฒนาจนเป็นผู้ผลิตรถยนต์ที่ประหยัดน้ำมัน และราคาถูกลงกว่ารถยนต์ของสหรัฐอเมริกา ในประเทศเกาหลีและจีนได้ส่งเสริมให้ต่างชาติเข้ามาลงทุนกับบริษัทในประเทศเพื่อเป็นฐานการผลิตรถยนต์เช่นกัน (ซุณหสวัสดิกุล, 2555)

2.2 รถยนต์ในประเทศไทย

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรถยนต์ในประเทศไทย ผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลที่มีความสำคัญต่องานวิจัยไว้ดังนี้

2.2.1 ผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

จากการสนับสนุนเชิงนโยบายของภาครัฐบาล ทำให้ประเทศไทยกลายเป็นฐานการผลิตรถยนต์ขนาดใหญ่ในภูมิภาคอาเซียน โดยได้มีการดำเนินมาตรการส่งเสริมการลงทุน อุตสาหกรรมการผลิตอย่างต่อเนื่อง และให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนที่สำคัญของรถยนต์และต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในกระบวนการผลิตซึ่งในปัจจุบันสมาคมอุตสาหกรรมยานยนต์ไทย มีสมาชิกผู้ประกอบและจำหน่ายรถยนต์ จำนวน 35 ราย และมีสมาชิกผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์จำนวน 90 รายโดยเป็นผู้ผลิตที่มีโรงงานผลิตภายในประเทศ

2.2.2 รถยนต์แบ่งตามประเภทการใช้งาน

การใช้งานรถยนต์แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น ยานพาหนะส่วนตัว การใช้งานเชิงพาณิชย์ ฯลฯ จึงทำให้มีรถยนต์รูปแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้จัดทำตารางแยกประเภทรถยนต์ไว้ดังนี้

2.2.2.1 รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car)

การจดทะเบียนรถยนต์นั่งส่วนบุคคล สามารถทำได้ทั้งแบบ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดไม่เกิน 7 ที่นั่ง และรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดเกิน 7 ที่นั่ง

2.2.2.2 รถยนต์เชิงพาณิชย์ (Commercial Vehicle)

แบ่งประเภทเป็น รถตู้และรถไมโครบัสรถกระบะขนาดหนึ่งตัน รถบรรทุกขนาดสองถึงสี่ตัน รถบรรทุกมากกว่าสี่ตันและรถบัส ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ภาพแสดงรถตู้เชิงพาณิชย์ รถกระบะขนาดหนึ่งตัน และรถบรรทุกขนาด 2 – 4 ตันตามลำดับ

2.2.3 ยอดขายรถยนต์ปี 2558 ที่จำหน่ายในประเทศไทย

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทยได้รวบรวมข้อมูลยอดขายรถยนต์ภายในประเทศดังแสดงในตารางที่ 2.1 พิจารณาได้ว่าปี พ.ศ. 2558 มียอดขายรถยนต์รวม 799,632 คัน ซึ่งเป็นรถกระบะขนาดหนึ่งตันจำนวน 396,878 คัน คิดเป็น 49.63 เปอร์เซ็นต์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษา วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะมุ่งเน้นในการรู้จำรถกระบะขนาด 1 ตัน เท่านั้น เนื่องจากรถกระบะได้รับความนิยมจากผู้บริโภค จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ.2558 รถกระบะมียอดขายรวมเกือบครึ่งหนึ่งของยอดขายรถยนต์รวมทุกประเภท โดยบริษัทโตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด ได้จัดทำสรุปยอดขายรถยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงยอดขายรถยนต์รายย่อยภายในประเทศ พ.ศ. 2558

เดือน	รวมรถยนต์ส่วนบุคคลและพาณิชย์	รถยนต์ส่วนบุคคล	รถยนต์เชิงพาณิชย์							
			รวม	รถตู้และไมโครบัส	รถกระบะ 1 ตัน*	รถกระบะ 2 - 4 ตัน	รถกระบะหนักกว่า 4 ตัน และรถบัส	รถโพลีวีล	รถกระบะน้อยกว่า 1 ตัน	รถยนต์อื่นๆ
มกราคม	59,721	23,405	36,316	1,312	28,738	703	1,179	4,024	278	68
กุมภาพันธ์	63,949	25,425	38,524	1,451	30,719	689	1,214	4,000	395	56
มีนาคม	74,117	30,140	43,977	1,527	33,409	897	1,650	5,987	424	65
เมษายน	54,058	23,470	30,588	1,325	22,606	585	1,428	4,272	318	54
พฤษภาคม	56,942	23,139	33,803	1,237	25,850	764	1,381	4,149	364	58
มิถุนายน	60,322	21,283	39,039	1,149	30,279	881	1,534	4,464	682	50
กรกฎาคม	60,863	22,229	38,634	906	31,604	715	1,246	3,890	224	49
สิงหาคม	61,991	22,790	39,201	1,021	31,746	860	1,472	3,760	298	44
กันยายน	61,869	22,581	39,288	987	31,670	766	1,421	4,032	375	37
ตุลาคม	67,910	24,273	43,637	874	35,474	935	1,440	4,542	332	40
พฤศจิกายน	76,426	25,732	50,694	1,154	40,810	858	1,480	6,026	323	43
ธันวาคม	101,464	34,842	66,622	1,600	53,973	1,059	1,955	7,613	371	51
รวม	799,632	299,309	500,323	14,543	396,878*	9,712	17,400	56,759	4,384	615

ตารางที่ 2.2

ตารางแสดงยอดขายรถยนต์รายย่อยภายในประเทศแบ่งตามยี่ห้อ พ.ศ. 2558

ยี่ห้อ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	ส่วนแบ่งการตลาด (%)
B.M.W.	617	532	825	770	703	732	589	654	785	722	722	1,117	8,768	1.10
Benz	468	1,327	679	1,046	601	1,239	684	1,033	940	785	1,270	2,769	12,841	1.61
Changan	2	2	0	1	0	1	2	2	3	1	0	2	16	0.00
Chevrolet	1,316	1,376	1,507	1,516	1,160	1,070	1,011	1,311	1,773	1,713	1,399	2,304	17,456	2.18
Citroen	1	3	1	2	3	3	1	2	3	1	6	2	28	0.00
Daewoo	1	5	6	3	1	2	1	0	0	0	0	0	19	0.00
DFM	107	110	108	102	100	90	80	77	72	84	90	83	1,103	0.14
Ferrari	0	3	0	0	2	4	1	3	3	2	1	7	26	0.00
Ford	1,979	2,249	2,486	2,389	2,539	2,689	2,663	3,209	3,073	3,457	4,500	5,232	36,465	4.56

ยี่ห้อ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	ส่วนแบ่ง การตลาด (%)
Hino	864	810	1,101	751	811	1,147	702	1,013	827	1,101	1,000	1,505	11,632	1.45
Honda	10,099	8,793	10,505	8,603	8,875	7,918	8,533	8,101	8,221	9,699	10,288	12,543	112,178	14.03
Hyundai	330	243	318	418	337	225	241	286	271	327	395	836	4,227	0.53
Isuzu*	11,202	11,758	12,945	11,672	10,871	10,833	10,999	11,057	10,642	10,727	11,586	20,003	144,295	18.05
Jaguar	5	0	2	3	3	2	1	3	2	0	2	4	27	0.00
KIA	18	41	55	36	63	58	75	50	45	44	57	94	636	0.08
Lamborghini	2	2	1	3	1	2	3	6	3	3	4	4	34	0.00
Land Rover	7	8	3	10	8	3	6	5	4	0	2	7	63	0.01
Lexus	50	46	40	53	40	92	111	88	80	70	78	86	834	0.10
Lotus	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.00
Maserati	2	3	2	0	0	1	3	3	1	0	0	2	17	0.00
Maxus	6	8	10	6	6	11	5	4	7	9	6	7	85	0.01
Mazda	2,744	2,664	2,587	3,050	2,853	2,939	2,922	3,206	3,396	3,280	4,197	5,633	39,471	4.94
McLaren	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	1	1	7	0.00
MG	36	13	16	97	238	300	407	301	482	428	510	951	3,779	0.47
Mitsu-Fuso	86	103	122	110	100	95	75	82	68	89	120	200	1,250	0.16
Mitsubishi	4,030	4,325	4,512	3,682	3,377	3,793	3,851	4,132	3,244	6,341	8,731	9,802	59,820	7.48
Mitsuoka	3	1	1	1	1	1	2	1	3	3	0	2	19	0.00
Nissan	4,050	4,801	6,011	4,109	3,755	3,108	3,246	3,294	3,319	4,259	4,899	6,342	51,193	6.40
Reugeot	7	6	3	3	3	3	3	2	2	5	8	26	71	0.01
Proton	22	27	18	18	12	19	10	11	6	12	22	21	198	0.02
Scania	9	11	21	16	13	24	37	19	31	20	19	72	292	0.04
Skoda	0	0	0	1	3	0	0	1	2	2	9	0	18	0.00
SsangYong	10	12	15	22	10	10	7	9	9	13	15	18	150	0.02
Subaru	163	154	209	227	209	200	215	229	226	218	251	340	2,641	0.33
Suzuki	1,109	1,802	2,201	1,808	1,936	1,708	1,660	2,048	1,536	1,341	1,562	2,574	21,285	2.66
TATA	132	78	107	101	99	70	82	96	96	81	72	130	1,144	0.14
Toyota*	20,044	22,470	27,392	13,193	17,966	21,739	22,433	21,466	22,515	22,973	24,500	28,480	265,171	33.16
Volkswagen	41	31	40	40	35	30	25	25	26	29	31	67	420	0.05
Volvo	135	111	252	178	191	152	166	151	146	60	64	189	1,795	0.22
WuLing	24	20	16	15	16	9	11	11	6	11	9	9	157	0.02
รวม	59,721	63,949	74,117	54,058	56,942	60,322	60,863	61,991	61,869	67,910	76,426	101,464	799,632	100.00

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่า มีผู้ผลิตและจำหน่ายรถยนต์มากถึง 40 บริษัทแต่มีเพียงบริษัท เซฟโรเรตฟอร์ดฮอนด้าอิซูซุมาสด้ามิตซูบิชิ นิสสัน ซูซูกิ และโตโยต้า เท่านั้น ที่มียอดขายรวมแล้วเกินกว่า หนึ่งหมื่นคัน ตลอดปี พ.ศ. 2558 และใน 9 บริษัทนี้ มีเพียง ฮอนด้า และ ซูซูกิ เท่านั้น ที่ไม่ได้ผลิตรถกระบะออกจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริษัทผู้ผลิต ที่ผลิตรถกระบะออกจำหน่ายนั้น จะมียอดขายค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับผู้ผลิตเจ้าอื่นๆ เนื่องมาจากความนิยมรถกระบะของคนไทย

2.2.4 ยี่ห้อรถยนต์ที่มีการผลิตและจำหน่ายในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยมีนโยบายเป็นฐานการผลิตรถยนต์ให้กับบริษัทรถยนต์ชั้นนำมากมาย จึงทำให้มีรุ่นและยี่ห้อรถยนต์เป็นจำนวนมาก โดยยอดขายรถยนต์ปี 2558 มียอดจำหน่ายรถยนต์ภายในประเทศจำนวน 799,632 คัน เมื่อจัดเรียงตามยอดจำหน่าย โดยแสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

แสดงยอดขายรถยนต์ภายในประเทศ พ.ศ. 2558 แยกตามรุ่นและยี่ห้อ และเรียงลำดับจาก มากไปน้อย จำนวน 25 รุ่น

ยี่ห้อ-รุ่น	ยอดขาย(คัน)	ยอดขาย(%)
Toyota Hilux*	120,112*	15.02
Isuzu D-max*	118,719*	14.85
Toyota Yaris	36,212	4.53
Toyota Vios	35,539	4.44
Honda City	33,165	4.15
Toyota Fortuner	31,005	3.88
Honda HR-V	26,417	3.30
Mitsubishi Triton	25,261	3.16
Ford Ranger	23,893	2.99
Honda Jazz	21,652	2.71
Toyota Corolla Altis	20,966	2.62
Nissan NP300 Navara	19,412	2.43
Mazda 2	19,091	2.39
Mitsubishi PajeroSport	18,975	2.37
Isuzu MU-X	12,524	1.57
Chevrolet Colorado	11,631	1.45

ยี่ห้อ-รุ่น	ยอดขาย(คัน)	ยอดขาย(%)
Nissan Almera	11,463	1.43
Mitsubishi Attrage	11,020	1.38
Suzuki Swift	10,908	1.36
Toyota Camry	8,087	1.01
Mazda BT50pro	8,054	1.01
Honda CR-V	7,802	0.98
Mazda 3	7,143	0.89
Nissan X-Trail	6,755	0.84
Honda Civic	6,718	0.84

จากตารางที่ 2.3 แสดงให้เห็นถึงรถยนต์รุ่นที่มียอดจำหน่ายสูงสุด 25 รุ่น จำนวนรวมทั้ง 652,524 คัน คิดเป็น 81.60 % ของยอดขายรวมตลอดปี 2558 จะพบว่า ในลำดับที่ 1,2,8,9,12,16 และ 21 นั้น เป็นรถกระบะขนาด 1 ตัน โดยมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 327,082 คัน ซึ่งรถ 7 รุ่นนี้ มียอดจำหน่ายคิดเป็น 50.12 % ของยอดรวมทั้งหมด 25 รุ่น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงนำรถกระบะจาก 2 ยี่ห้อที่ได้รับความนิยมสูงสุดมาใช้ในการทดลองในบดถัดไป

เนื่องมาจากความนิยมของผู้บริโภคและการแข่งขันในอุตสาหกรรมรถกระบะ ผู้ผลิตแต่ละยี่ห้อได้พัฒนารถกระบะของตนให้มีความก้าวหน้าทั้งทางเทคโนโลยีและความสวยงาม รูปลักษณะที่มีเอกลักษณ์แตกต่างกันไปในแต่ละยี่ห้อ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.4 จะเห็นได้ว่ามีรถกระบะ 7 รุ่น ซึ่งเป็นโฉมปัจจุบัน ทั้งหมด 14 แบบ จากผู้ผลิต ทั้ง 7 ยี่ห้อ

ตารางที่ 2.4

แสดงภาพรถกระบะแต่ละแบบที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

ยี่ห้อ	2 ประตู มีแค็บ	4 ประตู
โตโยต้าไฮลักซ์ รีโว่		
อีซูซุดีแมกซ์		
ฟอร์ดเรนเจอร์		
มาสด้าปีที-50 โปร		
นิสสันเอ็นพี-300 นาวาร่า		
เชvroletโคโลราโด		
มิตซูบิชิไทรตัน		

2.3 การโจรกรรมรถยนต์และการตรวจสอบรถยนต์ต้องสงสัย

จากสถิติการโจรกรรมรถยนต์ทั่วประเทศของสำนักงานตำรวจแห่งชาติพบว่า ในปี พ.ศ. 2555 มีการรับแจ้ง 1,776 คัน จับกุมได้ 153 คัน คิดเป็นร้อยละ 8.6 ปี พ.ศ. 2556 มีการรับแจ้ง 1,445 คันจับกุมได้ 135 คัน คิดเป็นร้อยละ 9.3 ปี พ.ศ. 2557 มีการรับแจ้ง 1,038 คัน จับกุมได้ 101 คัน คิดเป็นร้อยละ 9.7 ปี พ.ศ. 2558 มีการรับแจ้ง 842 คันจับกุมได้ 246 คัน คิดเป็นร้อยละ 29.2 จากสถิติดังกล่าวจะพบว่า เจ้าหน้าที่ที่สามารถจับกุมและตรวจยึดรถยนต์นั่งส่วนบุคคลที่ถูกโจรกรรมได้เป็นจำนวนน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการสืบสวนจับกุมคดีโจรกรรมรถยนต์และรถจักรยานยนต์ แบ่งเป็นปัจจัยภายใน ได้แก่ ด้านงบประมาณ ด้านการบริหาร ด้านกำลังพล ด้านวัสดุอุปกรณ์ และด้านขวัญและกำลังใจ ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ด้านความร่วมมือจากประชาชน ด้านการเสนอข่าวจากสื่อมวลชน ด้านลักษณะของพื้นที่ ด้านการประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และด้านกลุ่มอิทธิพล

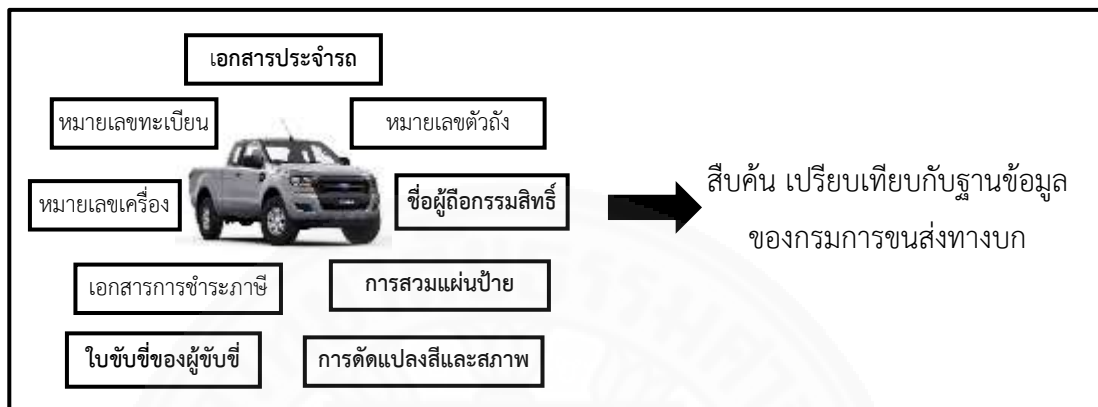
ในขณะเดียวกันจากการศึกษาพฤติกรรมของอาชญากรพบว่า อาชญากรทำการโจรกรรมอย่างมืออาชีพ มีความเชี่ยวชาญ มีการจัดตั้งกลุ่มและแบ่งหน้าที่ในการปฏิบัติการ มีการใช้อุปกรณ์และเทคโนโลยีที่ทันสมัย อาทิเช่น การขอตวงจรไฟฟ้าภายในรถยนต์ เพื่อตัดการทำงานของระบบป้องกันความปลอดภัย หรือการใช้เครื่องมือจูนสัญญาณวิทยุจากกุญแจรีโมต แล้วนำคลื่นความถี่ที่ได้มาใช้ในการเปิดประตูรถยนต์เป้าหมาย

เมื่อรถยนต์ถูกโจรกรรมไปแล้ว เจ้าหน้าที่ตำรวจจะสามารถสืบหารถยนต์ต้องสงสัยได้จากการตรวจสอบเอกสารประจำรถ หมายเลขเครื่อง หมายเลขตัวถัง หมายเลขทะเบียน เอกสารการชำระภาษีประจำปี ชื่อผู้ถือกรรมสิทธิ์ ใบขับขี่ของผู้ขับขี่ และการดัดแปลงสภาพรถที่ผิดไปจากเดิม ซึ่งรวมถึงการสวมป้ายทะเบียนหรือเปลี่ยนสีรถด้วยโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจ จะนำข้อมูลทั้งหมดเท่าที่พอจะรวบรวมได้ ไปตรวจสอบข้อมูลกับกรมการขนส่งทางบก เพื่อเปรียบเทียบว่าข้อมูลของรถยนต์ที่จดทะเบียนไว้ตรงกับรถยนต์ที่กำลังทำการตรวจสอบหรือไม่ โดยแสดงการตรวจสอบดังกล่าวที่ 2.2

โดยในทางปฏิบัตินั้น การตรวจสอบรถยนต์คันหนึ่งอย่างละเอียด จะมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และใช้เวลาในการตรวจสอบค่อนข้างมาก อีกทั้งการขอตรวจค้นจากเจ้าหน้าที่ตำรวจ มักจะสร้างความไม่พอใจให้กับผู้ที่ถูกตรวจค้น รวมถึงปริมาณรถยนต์บนท้องถนนนั้นมีจำนวนมาก ทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจไม่สามารถตรวจสอบรถยนต์ทุกคันที่วิ่งผ่านไปได้อย่างทั่วถึง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิด ที่จะตรวจสอบรถยนต์จากลักษณะภายนอกที่ปรากฏ ได้แก่ รุนและยี่ห้อของรถยนต์ ที่วิ่งผ่านกล้องโทรทัศน์วงจรปิดโดยอัตโนมัติ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำมาใช้ตรวจสอบร่วมกับหมายเลขทะเบียน รุน ยี่ห้อ รวมถึงสีของตัวรถ เพื่อนำไปสืบค้น

เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของกรมการขนส่งทางบก ซึ่งจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจในการตรวจสอบ คัดกรองรถยนต์ต้องสงสัยที่มีปริมาณมากได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2.2 ภาพแสดงการตรวจสอบรถยนต์ต้องสงสัย

2.4 พื้นฐานทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัล คือ การแปลงข้อมูลภาพจากสัญญาณอนาล็อกให้มาอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลเป็นการสร้างการมองเห็นให้กับคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถนำภาพเหล่านั้นไปใช้ในการประมวลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งปัจจุบันมีการนำเอาการประมวลผลภาพดิจิทัลมาประยุกต์ใช้ในการทำงานหลายแขนง เช่น ใช้การประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้การประมวลผลภาพเพื่อช่วยแพทย์ในการวินิจฉัยโรค และใช้การประมวลผลภาพเพื่อหาคุณลักษณะที่นำไปใช้เปรียบเทียบในระบฐานข้อมูล เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การประมวลผลภาพมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นในการช่วยดำเนินการกับรูปภาพเพื่อให้ข้อมูลภาพนั้นๆ อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมและมีคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปใช้งานในรูปแบบต่างๆ ได้ ซึ่งการประมวลผลภาพดิจิทัลมีรายละเอียดและขั้นตอนที่สำคัญดังต่อไปนี้

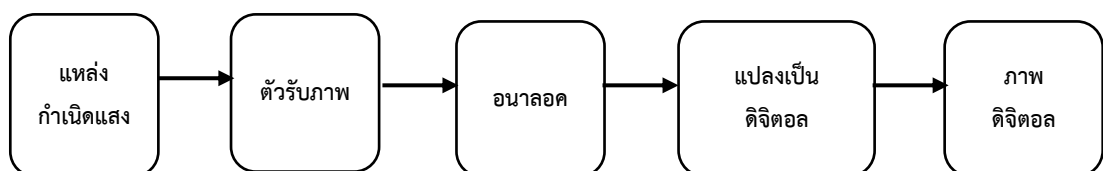
2.4.1 การรับภาพและการได้มาของภาพ (Image Sensing and Acquisition)

ข้อมูลภาพโดยทั่วไปจะได้มาจากการที่แสงตกกระทบกับวัตถุและสภาพแวดล้อมแล้วเกิดการสะท้อนผ่านเลนส์เข้าสู่ตัวบันทึกภาพ ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของตัวตรวจจับ (Sensor) โดยแสงที่ผ่านเข้ามานั้นก็คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน สามารถนำไปใช้สร้างภาพได้ แต่การจะรับภาพเหล่านั้นได้ จำเป็นที่จะต้องมิตัวตรวจจับที่เหมาะสมเพื่อตรวจรับสัญญาณ

ตอบสนอง (Image Sensing) ที่ได้รับมาและแปลงให้เป็นภาพสองมิติหรือที่เรียกว่า เทคนิคการได้มาของภาพ (Image Acquisition) รูปแบบของภาพที่เราสนใจนั้นเป็นส่วนผสมระหว่างแหล่งกำเนิดความเข้มแสงและการสะท้อนหรือดูดซับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานของสสารที่อยู่ในสถานที่ที่ต้องการถ่ายภาพนั้น การถ่ายภาพสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ภาพแพสซีฟ (Passive Image) ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในสถานที่นั้น ส่วนภาพแอ็กทีฟ (Active Image) เป็นภาพที่ได้จากการใช้แหล่งพลังงานเสมือน ซึ่งคุณภาพของภาพแพสซีฟจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของพลังงาน ส่วนคุณภาพของภาพแอ็กทีฟจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการได้มาของภาพ เนื่องจากจำเป็นต้องมีการควบคุมการแผ่รังสีของแหล่งพลังงาน นอกเหนือไปจากการใช้อุปกรณ์ในการถ่ายภาพ (จิตต์โสภักตร์, 2552)

การรับภาพเป็นการนำเอาภาพจากตัวตรวจจับ และแปลงสัญญาณภาพให้เป็นภาพดิจิทัล โดยจะมีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) สัญญาณภาพที่ได้รับ จากนั้นนำค่าที่ได้แต่ละพิกเซล (Pixel) มาจัดระดับข้อมูล (Quantize) เพื่อแปลงค่าจำนวนจริงที่เป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างให้เป็นค่าจำนวนเต็ม ซึ่งจำนวนเต็มนี้จะถูกนำมาแปลงเป็นเลขฐานสองด้วยขั้นตอนการแทนเลขไบนารี (Binary Representation) โดยที่ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างและจัดระดับข้อมูลนี้จะต้องมีการดำเนินการในลักษณะที่ลดความผิดเพี้ยนที่เกิดจากตัวตรวจจับเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณภาพ

การได้มาของภาพแต่ละภาพอาจมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพ วิธีการที่ใช้ในการรับภาพ ตลอดจนลักษณะของการนำเอาภาพนั้นๆ ไปใช้งาน เมื่อต้องการจะนำภาพต่างๆ เข้ามาสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักกับภาพนั้นๆ โดยการแปลงรูปแบบของภาพให้ตรงกับที่ระบบคอมพิวเตอร์ต้องการ การประมวลผลของคอมพิวเตอร์ยอมให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันหากภาพที่ได้รับมาจากอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับภาพนั้นจะต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน เช่น คุณภาพของภาพที่ได้ ต้นทุนในการใช้อุปกรณ์ เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิทัลสามารถแสดงดังภาพที่ 2.3



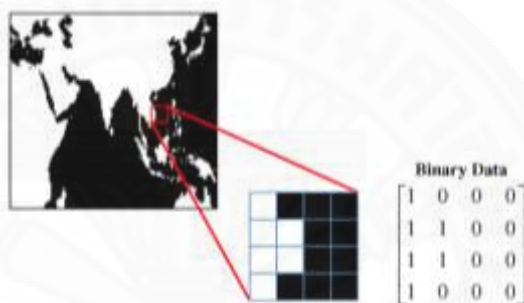
ภาพที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการได้มาของภาพดิจิทัล

2.4.2 ประเภทของภาพดิจิทัล

ภาพดิจิทัล เป็นฟังก์ชันของข้อมูล 2 มิติ ซึ่งมีการอ้างอิงค่าตามตำแหน่งของพิกเซล โดยค่าที่อ้างอิงในแต่ละตำแหน่งของพิกเซลส่วนใหญ่อยู่ในรูปของค่าความเข้มแสงและสี ซึ่งค่าของพิกเซลนี้สามารถแทนได้ในหลายรูปแบบตามประเภทของภาพ ดังต่อไปนี้

2.4.2.1 ภาพแบบไบนารี หรือภาพขาวดำ (Binary Image)

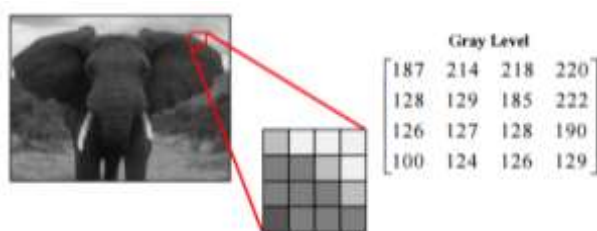
เป็นภาพที่ใช้เนื้อที่เพียง 1 บิต ต่อพิกเซล ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าสีทั้งหมด 2 ค่า ได้แก่ 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึง จุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึง จุดภาพสีดำ มักเป็นภาพที่เกี่ยวข้องกับตัวอักษร หรือภาพลายนิ้วมือ ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพไบนารี

2.4.2.2 ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

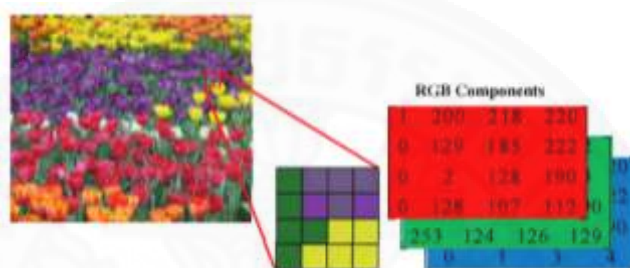
หมายถึง ภาพที่มีค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพอยู่ในช่วงสีดำ สีเทา ไปจนถึงสีขาว โดยสีดำจะเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีน้อย และสีขาวจะเป็นส่วนที่มีความเข้มของสีมาก จำนวนระดับของสีขึ้นอยู่กับขนาดของบิตที่ใช้เก็บค่าสี โดยทั่วไปแล้วภาพระดับสีเทาก็จะมีความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 8 บิต หรือ 1 ไบต์ ซึ่งภาพจะมีค่าระดับความเข้มแสงของสีดำเท่ากับ 0 ส่วนค่าระดับความเข้มแสงของสีขาวจะมีค่าเท่ากับ 255 แต่ในทางปฏิบัติอาจใช้จำนวนบิตมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ได้ขึ้นอยู่กับความละเอียดของภาพที่ต้องการว่ามากหรือน้อยเพียงใด ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพระดับเทา

2.4.3.3 ภาพสี (Color Image)

จะมีความแตกต่างกับภาพระดับสีเทาตรงที่ ภาพสีนั้นจะประกอบไปด้วยสัญญาณสีต่างๆ ที่จำเป็นจะต้องนำมาแยกก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพในแต่ละพิกเซลของภาพสีจะเก็บค่าระดับความเข้มแสงแต่ละแถบของแม่สีหลัก 3 สี ที่ซ้อนกัน คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลก็จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงนั้นดังแสดงในภาพที่ 2.6



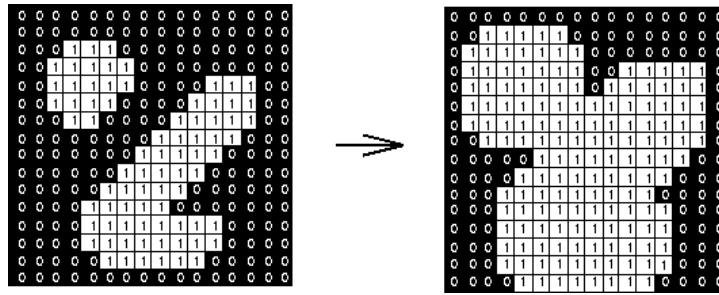
ภาพที่ 2.6 แสดงค่าพิกเซลของภาพดิจิทัลแบบภาพสี

2.4.3 กระบวนการมอร์โฟโลยี (Morphological Image Processing)

เป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแยกส่วนประกอบของภาพเพื่อใช้ในการแสดงรูปร่าง มีกระบวนการทำงานขั้นพื้นฐาน ได้แก่ การขยายภาพ และการย่อภาพ โดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ ดังนี้

2.4.3.1 การขยายภาพ (Dilation)

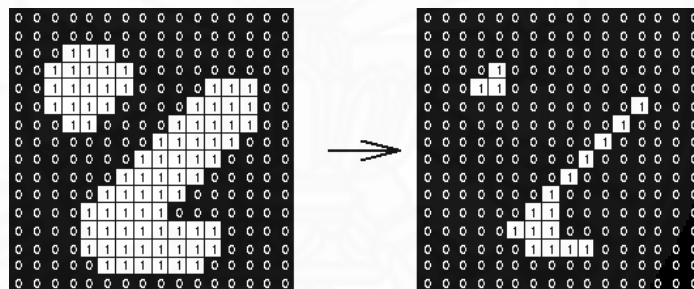
เป็นการขยายพิกเซลของภาพขาว-ดำ ให้ใหญ่ขึ้น ทำได้โดยการกำหนดส่วนประกอบโครงสร้าง (Structuring Element :SE) จากนั้นจะทำการสแกนค่าของส่วนประกอบโครงสร้างบนแต่ละค่าของพิกเซลภาพ จากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวา ซึ่งค่าของพิกเซลที่มีค่าเป็น 0 จะถูกเปลี่ยนให้มีค่าเป็น 1 เมื่อค่าของพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งบนส่วนประกอบโครงสร้างมีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพ และจะมีค่าคงเดิม เมื่อทุกค่าของส่วนประกอบโครงสร้าง มีค่าตรงกับทุกค่าของพิกเซลภาพ แสดงดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 แสดงค่าพิกเซลของกระบวนการ Dilation

2.4.3.2 การกร่อนภาพ (Erosion)

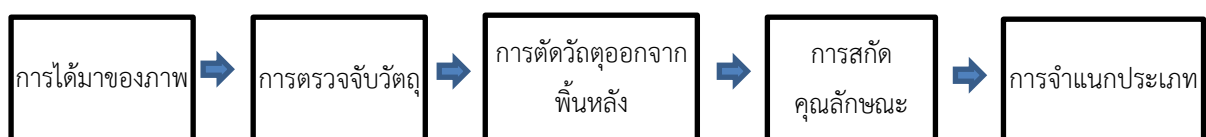
เป็นวิธีการที่ตรงกันข้ามกับการขยายภาพ คือจะเป็นการลดขนาดของพิกเซล โดยการสแกนค่าของส่วนประกอบโครงสร้างบนแต่ละค่าของพิกเซลภาพจากตำแหน่งบนซ้ายไปยังตำแหน่งล่างขวา ซึ่งจะเปลี่ยนค่าของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ให้มีค่าเป็น 0 เมื่อพิกเซลใดพิกเซลหนึ่งบนส่วนประกอบโครงสร้างมีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพ และจะมีค่าคงเดิม เมื่อทุกพิกเซลของส่วนประกอบโครงสร้างมีค่าตรงกับค่าของพิกเซลภาพ ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงค่าพิกเซลของกระบวนการ Erosion

2.5 พื้นฐานทฤษฎีทางด้านคอมพิวเตอร์วิทัศน์

กระบวนการคอมพิวเตอร์วิทัศน์เป็นศาสตร์ในการสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์รู้จักและเข้าใจ รวมทั้งสามารถรู้จำหรือแยกแยะวัตถุในภาพที่เราสนใจ โดยมีขั้นตอน แสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพของกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิทัศน์

2.5.1 การตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection)

การตรวจจับวัตถุ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการแบ่งแยกสี (Color Segmentation) และขั้นตอนการนับจำนวนองค์ประกอบในรูปภาพ (Connected Component Counting) ดังนี้

2.5.1.1 การแบ่งแยกสี (Color Segmentation)

เนื่องจากวัตถุในภาพที่เราสนใจมีสีที่แตกต่างกันและอาจแตกต่างจากพื้นหลังอย่างชัดเจน ดังนั้น จึงสามารถนำสีของวัตถุมาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกวัตถุได้ แต่การแบ่งแยกสีจะต้องคำนึงถึงปริภูมิสีว่ามีความเหมาะสมสำหรับใช้แบ่งแยกสีหรือไม่

2.5.1.2 การนับจำนวนองค์ประกอบ (Connected Component Counting)

หลังจากที่ได้ภาพขาวดำจากการบวนการแบ่งแยกสีแล้ว กระบวนการต่อไป คือ การนับจำนวนองค์ประกอบภายในภาพเดียวกัน การหาจำนวนองค์ประกอบทำได้โดยการกวาดจุดภาพทุกจุดภาพ จากซ้ายไปขวาและบนลงล่าง เมื่อใดที่เจอจุดสีขาว ก็จะพิจารณาจุดภาพรอบๆ จุดนั้น ทั้ง 4 ทิศ ว่าจุดภาพทิศใดบ้างที่มีสีขาว ถ้าจุดภาพในทิศใดมีสีขาวก็จะทำการแผ่ขยายไปต่อในทิศทางนั้น ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่สามารถแผ่ขยายไปได้อีก (เมื่อจุดภาพทั้ง 4 ทิศเป็นสีดำทั้งหมด) จะทำให้ทราบองค์ประกอบของรูปภาพว่ามีจุดภาพใดบ้างและมีจำนวนจุดภาพที่จุดข้อมูลเหล่านี้ทำให้สามารถหาตำแหน่งจุดศูนย์กลาง ขนาด และมิติขององค์ประกอบนั้นได้ ภาพที่ 2.10 แสดงจำนวนองค์ประกอบในรูปภาพ โดยที่จุดภาพสีเดียวกันจะอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพที่ 2.10 ภาพขนาด 8x8 pixel ที่มี 2 องค์ประกอบ

ข้อมูลของแต่ละองค์ประกอบจะถูกเก็บอยู่ในแถวลำดับความสำคัญ (Priority Queue) ซึ่งจัดลำดับความสำคัญตามขนาดขององค์ประกอบ กล่าวคือ ข้อมูลที่จะถูกดึงออกมาจากแถวลำดับก่อน จะเป็นข้อมูลขององค์ประกอบที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ที่ทำเช่นนี้เพราะ องค์ประกอบที่ใหญ่ที่สุด มีแนวโน้มที่จะเป็นวัตถุที่ ต้องการมากที่สุด และสำหรับองค์ประกอบที่มีขนาดเล็กเกินไป ก็จะไม่ถูกเก็บเข้าแถวลำดับ เพราะมีแนวโน้มสูงมากที่จะเป็นสิ่งรบกวนจากภายนอก

2.5.2 การสกัดคุณลักษณะเฉพาะ (Feature Extraction)

2.5.2.1 Global Feature

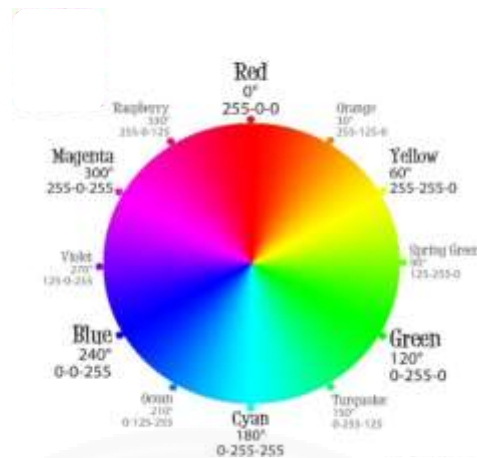
เป็นการดึงคุณลักษณะที่สำคัญที่ปรากฏอยู่ในภาพออกมา และเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการแบ่งประเภทของวัตถุ ซึ่งจะสามารถแบ่งคุณลักษณะของภาพ ที่เห็น (Visual Features) ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (Color-based features) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape-based features) และคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิว (Texture-based features) ดังจะกล่าวถึงต่อไปนี้

(1) คุณลักษณะเกี่ยวกับสี (Color-based features)

สีเป็นเป็นคุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญของภาพ สามารถใช้ในการอ้างอิง และสามารถใช้ในการจำแนกภาพต่างๆได้ โดยสีที่แตกต่างกันยอมให้ผลลัพธ์ของการดึงคุณลักษณะใน ภาพที่แตกต่างกันด้วย ในการประมวลผลภาพ มีการใช้แบบจำลองสี (color models) หลากหลาย รูปแบบ ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในงานต่างๆกัน โมเดลสีที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ RGB , CMYK , HSB และ Lab มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ (Gonzalez, 2001)

- แบบจำลองสี RGB (RGB model)

เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้นที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดเป็นสีต่างๆบน จอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตามนุษย์มองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้ง สามสีรวมกันจะกลายเป็นสีขาว นิยมเรียกการผสมสีแบบนี้ว่า “Additive” หรือการผสมสีแบบบวก แสงสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องสว่างทั้งบนจอทีวีและจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างจากการให้ กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง ดังแสดงในภาพที่ 2.11

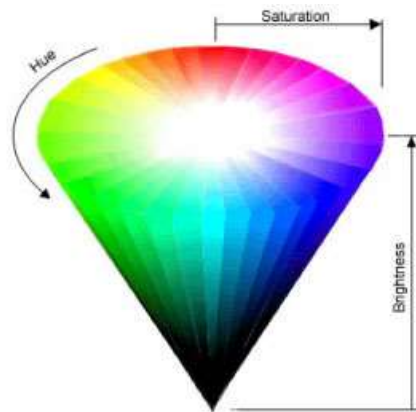


ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ RGB

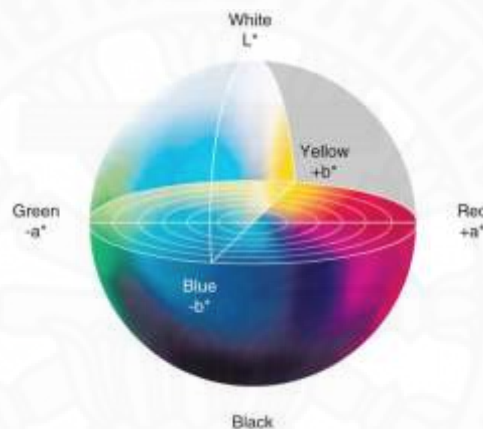
เป็นระบบสีที่ตรงกันข้ามกับสีในระบบ RGB ประกอบด้วยสีพื้นฐาน 3 สี คือ สีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และเมื่อนำสีทั้ง 3 สี มาผสมกันก็จะเกิดเป็น สีดำ (Black) โดยเรียกการผสมสีทั้ง 3 ข้างต้นว่า “ Subtractive color ” หรือการผสมสีแบบลบ หลักการเกิดสีของระบบนี้คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนสีจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่างๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB

- แบบจำลองสี HSB (HSB model)

เป็นระบบสีพื้นฐานในการมองเห็นด้วยสายตาของมนุษย์ ประกอบด้วยลักษณะของสี 3 ลักษณะ คือ Hue , Saturation และ Brightness ซึ่ง Hue คือสีที่สะท้อนจากวัตถุเข้ามายังตาเรา ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆได้ Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งการแสดงสีบน Standard color wheel ซึ่งถูกแทนด้วย 0 ถึง 360 องศา , Saturation คือความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด Saturation ที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสดมาก และ Brightness คือระดับความสว่างและความมืดของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 ความสว่างจะน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุดดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ HSB



ภาพที่ 2.13 ภาพแสดงแบบจำลองสีแบบ LAB

- แบบจำลองสี LAB (LAB model)

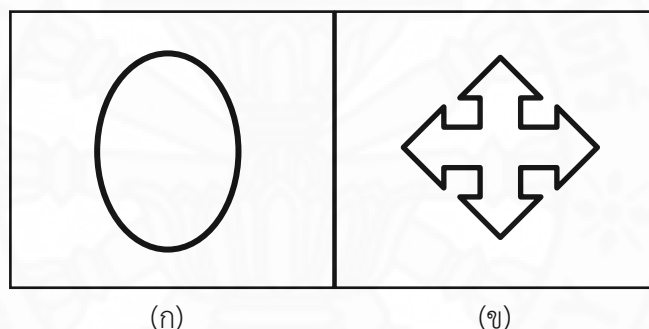
ระบบสีแบบ Lab เป็นค่าสีที่ถูกกำหนดขึ้นโดย CIE (Commission InternationaleEclairage) เพื่อให้เป็นสีมาตรฐานกลางของการวัดสีทุกรูปแบบ ครอบคลุมทุกสีใน RGB และ CMYK และใช้ได้กับสีที่เกิดจากอุปกรณ์ทุกอย่างไม่ว่าจะเป็นจอคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องสแกน และอื่นๆ ส่วนประกอบของสีระบบนี้ ได้แก่ L หรือ Luminance เป็นการกำหนดความสว่างซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 จะกลายเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 จะกลายเป็นสีขาว , A เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีเขียวไปสีแดง และ B เป็นค่าของสีที่ไล่จากสีน้ำเงินไปสีเหลืองดังแสดงในภาพที่ 2.13

(2) คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่าง (Shape-based features)

ลักษณะของรูปร่างเป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงรูปร่างโดยทั่วไป ซึ่งสามารถใช้ในการแสดงถึงลักษณะเฉพาะของวัตถุได้ โดยมีการใช้คุณลักษณะนี้กันอย่างกว้างขวางในงานทางด้าน การดึงข้อมูลภาพ (Region-based Image Retrieval:RBIR) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับ

รูปร่างสามารถทำได้สองแนวทางใหญ่ๆ ได้แก่ (1) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับขอบของวัตถุที่สนใจ (Boundary-based features หรือ Contour-based features) และ (2) การหาคุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นที่ในวัตถุ (Region-based features) เพื่อให้ได้รูปร่างออกมาจากทั้งภาพ การดึงคุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่างนี้มักทำหลังจากที่มีการแบ่งส่วนของภาพอย่างมีความหมายแล้ว เพื่อสามารถแสดงสัดส่วนได้อย่างชัดเจน และกับงานทางด้านกรจำแนกภาพรถยนต์นั้น มีการใช้คุณลักษณะเกี่ยวกับรูปร่างนี้กันอย่างแพร่หลาย เพราะรถยนต์แต่ละรุ่นมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญและมีความแตกต่างกัน จึงสามารถใช้ในการช่วยจำแนกว่าเป็นรถยนต์รุ่นใด ซึ่งตัวอย่างค่าที่แสดงคุณลักษณะรูปร่างมีดังต่อไปนี้

- **ค่าความกะทัดรัด (Compactness)** เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนโดยรวมว่ามีลักษณะรูปทรงกระจัดกระจายมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างเส้นรอบรูปและพื้นที่ เพื่อหาความกะทัดรัดของวัตถุ ถ้าส่วนของวัตถุที่สนใจมีลักษณะกลม ค่าที่ได้จะมีค่ามากกว่าวัตถุที่มีลักษณะกรวยกรายหรือกระจัดกระจายดังแสดงในภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 (ก) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดมาก (ข) ลักษณะรูปร่างที่มีความกะทัดรัดน้อย

- **ค่าเอกซ์เซนทริซิตี (Eccentricity)** จะแทนค่าพื้นที่ของวัตถุที่สนใจด้วยวงรีที่จำนวนแกนเท่ากัน และทำการคำนวณค่าสัดส่วนของระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของวงรี 2 จุดกับความยาวแกนหลัก ซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยถ้าค่าที่ได้เป็น 0 แสดงว่ามีรูปร่างเป็นวงกลม แต่ถ้าค่าที่ได้เป็น 1 แสดงว่ามีรูปร่างในลักษณะยาวเป็นเส้นตรง

- **ค่าสัดส่วนรูปร่าง (Shape ratio)** เป็นค่าที่แสดงถึงลักษณะรูปร่างของวัตถุที่สนใจแบบภาพรวมอีกอย่างหนึ่งว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร โดยหาจากค่าของความยาวแกนรองหารด้วยค่าความยาวแกนหลัก เช่น ถ้าค่าที่ได้เข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุนั้นมีลักษณะเป็นรูปทรงยาว และถ้าค่าที่ได้เข้าใกล้ 1 แสดงว่าวัตถุนั้นมีลักษณะเป็นวงกลม

$$\text{ค่าสัดส่วนรูปร่าง} = \text{ค่าความยาวแกนรอง} / \text{ค่าความยาวแกนหลัก}$$

- **ค่าแสดงรูปร่าง (Euler Number)** เป็นวิธีการแสดงโครงสร้างของวัตถุที่เหมือนกัน แต่แสดงอยู่คนละลักษณะกัน โดยคำนวณจากค่าของจำนวนวัตถุในพื้นที่ที่สนใจลบกับ

จำนวนช่องที่อยู่ในวัตถุนั้น เช่น ตัวอักษรเอในภาษาอังกฤษ ที่เขียนด้วยลายมือที่ต่างกัน จะให้ลักษณะความเอียงและโค้งที่ต่างกันด้วย แต่ถ้าคำนวณจากสมการแล้ว จะพบว่า ได้ค่าแสดงรูปร่างที่เหมือนกัน เป็นต้น

(3) คุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิว (Texture-based features)

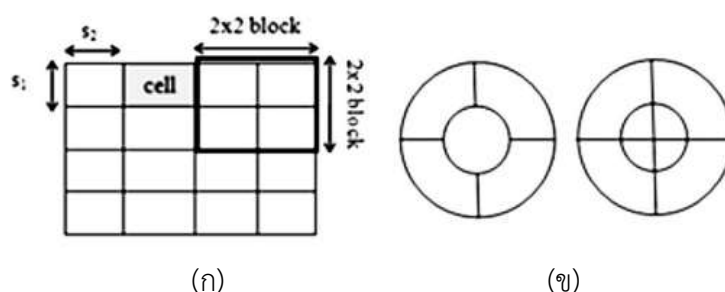
ลักษณะพื้นผิว หมายถึง ลักษณะของบริเวณผิวหน้าของสิ่งต่างๆ ที่เมื่อสัมผัสแล้วสามารถรับรู้ได้ว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น สามารถอธิบายลักษณะของสำลี เนื้อผ้า หรือใบไม้ได้ เป็นต้น โดยทั่วไปมีหลายชนิด ซึ่งลักษณะพื้นผิวถือเป็นลักษณะสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่สามารถมองเห็นได้จากภายนอกอย่างชัดเจน คุณลักษณะเกี่ยวกับพื้นผิวจึงเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สามารถใช้ในการจำแนกข้อมูลภาพได้ การใช้คุณลักษณะนี้กับภาพมีหลายวิธี เช่น การแบ่งหรือรวมจุดภาพ (Pixel) ลักษณะของพื้นที่วัตถุที่สนใจ เป็นต้น ซึ่งลักษณะพื้นผิวของภาพสามารถสังเกตได้จากแต่ละจุดภาพ ระยะทางระหว่างจุดภาพในภาพ ลักษณะพื้นที่ของจุดภาพนั้นๆ และทิศทางของวัตถุ

2.5.2.2 Local Feature

เราจะสามารถสกัดคุณสมบัตินี้แบบ Local Features ได้จาก Interesting Point หรือ ROI โดยมีวิธีต่างๆ ที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

(1) Histograms of Oriented Gradients (HOG)

เป็นวิธีการดึงลักษณะเด่นของภาพโดยใช้การกระจายตัวของความเข้มเกรเดียนท์ หรือทิศทางของเส้นขอบ เป็นวิธีการแบ่งภาพออกเป็นเซลล์เล็กๆ ในแต่ละเซลล์ประกอบด้วยทิศทางค่าเกรเดียนท์ ซึ่งถูกเก็บไว้ในรูปแบบของฮิสโตแกรมที่อธิบายคุณลักษณะวัตถุที่อยู่ในเซลล์ และเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพความถูกต้อง สามารถนำฮิสโตแกรมมาทำนอร์มอลไลซ์ด้วยการคำนวณตัวชี้วัดค่าความเข้มจากโอเวอร์แลปของเซลล์ภายในบล็อก (เซลล์หลายๆเซลล์ที่อยู่ติดกัน) เพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของแสงและเงาให้น้อยลงวิธีการแบ่งภาพเป็นเซลล์ย่อยๆ มี 2 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 2.15



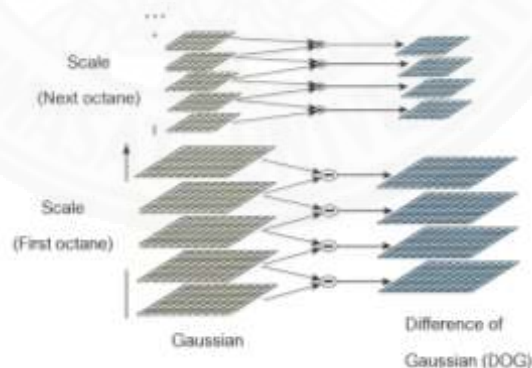
ภาพที่ 2.15 (ก) แสดงโครงสร้างการแบ่งเซลล์ขนาด 1×1 และ บล็อกขนาด 2×2

(ข) แสดงทิศทางแบบ 5 และ 9 ทิศ

(2) SIFT (Scale Invariant Feature Transform)

เป็นวิธีหนึ่งทางด้านทัศนศาสตร์คอมพิวเตอร์เกี่ยวกับการจับคู่วัตถุจากภาพสองภาพที่มีวัตถุในภาพเหมือนกัน ที่ได้รับความนิยมในการศึกษาเพื่อพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพในการรู้จำหรือจำแนกวัตถุจากภาพ โดยมีขั้นตอนหลักๆ ได้แก่การ ตรวจสอบหาคุณลักษณะเด่น (Feature Detection) และการจับคู่ ภาพ (Keypoint Matching) ที่มีประสิทธิภาพในการรู้จำได้รวดเร็วโดยทดสอบความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ต่างๆ จึงนับได้ว่าเป็นวิธีการพื้นฐานในการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพในการตรวจสอบหาคุณลักษณะเด่นของวัตถุ การคำนวณเพื่อตรวจสอบหาจุดสนใจ (Keypoint) ในภาพที่มีการ เปลี่ยนแปลงเชิง 2 มิติของระดับความเข้มแสงรอบๆจุดสนใจนั้น อัลกอริทึมนี้ได้รับความนิยมโดยมีผู้นำมาศึกษาและพัฒนา ปรับปรุงประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการพัฒนาในหัวข้อของการรู้จำวัตถุจากภาพ (Object-based Recognition) โดยมีขั้นตอนการทำงานหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่การค้นหาและ กำหนดจุดสนใจ (Keypoint Detection) การอธิบายจุดสนใจ (Keypoint Description) และการจับคู่ภาพ (Matching) ประกอบด้วย

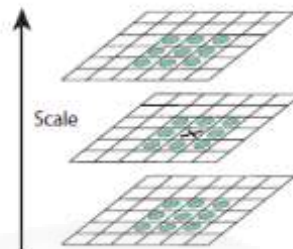
ขั้นที่ 1 การค้นหา Keypoint ในมิติขนาดและระยะทาง (Scale-Space Extrema Detection) สำหรับภาพที่มีคุณสมบัติไม่ขึ้นอยู่กับขนาดภาพ จะทำการค้นหาโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพ จากนั้นจะทำการเบลอ (Blur) ภาพด้วยฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian) ภาพที่ผ่านการเบลอจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาผลต่างของภาพ (Difference-of-Gaussian : DOG) ดังแสดงในภาพที่ 2.16 และ 2.17



ภาพที่ 2.16 การสร้าง DOG โดยใช้ Scale Space

ขั้นที่ 2 การหาตำแหน่งของ Keypoint (Keypoint Localization) จะพิจารณาที่ค่าสูงสุดและต่ำสุดของภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 โดยจะพิจารณา 8 จุดรอบข้างในชั้นเดียวกับจุดที่พิจารณา และ 9 จุดบริเวณชั้นบน และอีก 9 จุด บริเวณชั้นล่างที่ติดกับชั้นของจุดที่พิจารณา ซึ่งจุดที่จะถูกกำหนดให้เป็น Keypoint จะเป็นจุดที่พิจารณาแล้วพบว่าค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

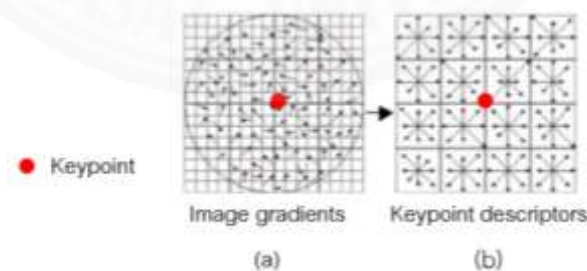
แต่หาก Keypoint ที่ได้มีค่าความแตกต่างระหว่างความสว่างและความมืดต่ำ (Low contrast) หรือพิจารณาแล้วว่าเป็นขอบ Keypoint นั้นจะถูกลบ



ภาพที่ 2.17 การตรวจจับค่า Maxima และ Minima ของ DOG

ขั้นที่ 3 การกำหนดทิศทางให้กับ Keypoint (Orientation Assignment) เป็นขั้นตอนการคำนวณหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์บริเวณรอบจุดที่สนใจเพื่อสร้างรายละเอียดของลักษณะเด่น

ขั้นที่ 4 การสร้างลักษณะเฉพาะของ Keypoint (Keypoint descriptor) โดยทำการสร้าง 16×16 window รอบ Keypoint แสดงดังภาพที่ (2.18) และแบ่งออกเป็นหน้าต่างย่อยขนาด 4×4 แสดงดังภาพที่ (b) แล้วสร้างแท่งความถี่ของทิศทางขนาด 8 ทิศทาง ในแต่ละพื้นที่ย่อย ก็จะได้เวกเตอร์ลักษณะเฉพาะของแต่ละ Keypoint ที่จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนการจับคู่และรู้จำ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบการจัดของเวกเตอร์ที่แสดงลักษณะเด่นด้วยการวัดแบบยูคลิด (Euclidean Distance) กับเวกเตอร์อื่น



ภาพที่ 2.18 การผลิตตัวบรรยายคุณลักษณะของ Keypoint

(3) Speeded-Up Robust Features (SURF)

เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาจุดที่ตรงกันระหว่างสองภาพ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและแยกแยะวัตถุในภาพได้ ซึ่งถูกปรับปรุงมาจากอัลกอริทึม SIFT ที่มีการ

ประมวลอยู่บนพื้นฐานของ Difference of Gaussian ที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก คุณลักษณะการทำงานของอัลกอริทึมSURF ที่น่าสนใจ คือ สามารถค้นหาจุดสนใจจากภาพที่มีคุณสมบัติต่างกันทั้งขนาด การหมุน และสภาพแสงที่แตกต่างกัน หรือแม้แต่การค้นหาจากเพียงบางส่วนของภาพสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ

ขั้นที่ 1 การหาจุดสนใจ โดยจะทำการเลือกจากจุดที่โดดเด่นในภาพ เช่น มุม , หยดสีหรือรอยเปื้อน และจุดเชื่อมต่อตัวที เป็นต้น โดยใช้ Hessian matrix ในการประมาณค่า และใช้ค่าสะสมของพิกเซล (Integral image) ในการหาความสัมพันธ์ของแต่ละค่าข้อมูลในภาพ ทำให้การตรวจจับภาพไม่ขึ้นกับตำแหน่ง ขนาด หรือองศาการวางตัวเมื่อทุกภาพถูกพิจารณาจากสเกลที่แตกต่างกัน จุดสนใจ คือ จุดที่มีความเสถียรและเกิดขึ้นในทุกภาพ

ขั้นที่ 2 การสร้างเวกเตอร์รอบพื้นที่จุดสนใจ แล้วสกัดตัวบอกคุณลักษณะของภาพ (SURF descriptor) ออกมา

ขั้นที่ 3 ทำการเปรียบเทียบภาพโดยการจับคู่เวกเตอร์ descriptor

2.5.3 การจำแนกกลุ่ม (Classification)

การจำแนกประเภทแบบพื้นฐาน คือ การจำแนกประเภทของข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม (classes) ได้แก่ กลุ่มที่เกี่ยวข้อง (1 = relevant class) และกลุ่มที่ไม่เกี่ยวข้อง (-1 = irrelevant class) จากการศึกษางานทางด้านการค้นภาพโดยใช้เนื้อหาภาพหรือการจำแนกประเภทนั้น พบเทคนิคในการจำแนกที่เป็นที่นิยม 5 วิธี ซึ่งจะอธิบายหลักการเบื้องต้นของแต่ละวิธี ดังต่อไปนี้

2.5.3.1 การจำแนกด้วยการวัดค่าระยะทางที่ใกล้ที่สุด (Minimum Distance)

การวัดระยะทางที่ใกล้ที่สุด คือ การจำแนกข้อมูลด้วยการวัดระยะทางของข้อมูลที่ต้องการค้นหาคับกับข้อมูลที่ใช้เป็นเกณฑ์ ถ้าข้อมูลใดอยู่ห่างกันน้อยที่สุดจะพิจารณาเลือกข้อมูลนั้นเป็นคำตอบ โดยการหาค่าระยะทางนั้น อาจเลือกใช้ฟังก์ชันหาระยะทาง (Distance function) อันใดอันหนึ่งได้จากหลายฟังก์ชัน เช่น Euclidean Distance หรือ City Blocks เป็นต้น

2.5.3.2 การจำแนกประเภทโดยใช้ข้อมูลข้างเคียงใกล้สุด k ตัว (K-Nearest Neighbor)

วิธีนี้เป็นวิธีการแบ่งประเภทที่ประสบความสำเร็จในการใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพและรู้จำรูปแบบ เช่น เมื่อเทียบกับ neural networks และการจำแนกด้วยตัวจำแนกเชิงเส้น (linear classifiers) k-NN ให้ผลที่ดีที่สุดเมื่อใช้กับการจำแนกประเภทของข้อมูลที่ใช้จุดภาพ (pixel) ในการจำแนก

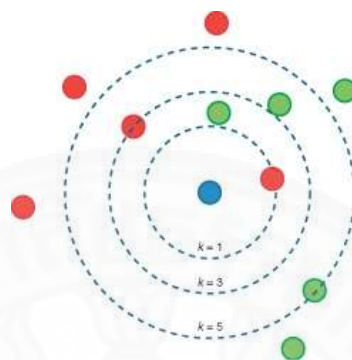
สามารถแบ่งการทำงานออกเป็นสองส่วน คือ

(1) Training phase

การจัดเก็บเวกเตอร์คุณลักษณะ และระดับตัวอย่างที่ใช้ในการสอนระบบ

(2) Classification phase

ทดสอบข้อมูลโดยการหาระยะทางจากเวกเตอร์ใหม่ไปหาเวกเตอร์ที่เก็บข้อมูลตัวอย่างไว้ เพื่อคำนวณระยะทาง จากนั้นเลือก k ที่จะใช้ ซึ่งจะต้องทดลองกับ k ทุกตัวและเก็บผลลัพธ์ไว้ จึงจะสามารถสรุปได้ว่า k ไตให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2.19



ภาพที่ 2.19 ตัวอย่างการแบ่งประเภทด้วย k -NN

จากภาพ สมมติให้ตัวอย่างทดสอบเป็นจุดวงกลมที่จะใช้ในการจำแนกประเภทโดยต้องระบุว่าจุดวงกลมจะอยู่ในประเภทหรือคลาสใด ระหว่างคลาสของสี่เหลี่ยมหรือคลาสของสามเหลี่ยม วิธี k -NN นี้จะใช้วิธีการวัดระยะทางระหว่างตัวอย่างทดสอบกับระดับใดๆที่อยู่ใกล้กับตัวอย่างทดสอบที่สุดในจำนวน k ถ้ากำหนดให้ $k = 3$ เมื่อสังเกตจากกลุ่มตัวอย่างแล้วจะพบว่าตัวอย่างทดสอบจะถูกจำแนกอยู่ในคลาสของสามเหลี่ยม แต่ถ้ากำหนดให้ $k = 5$ ค่าของตัวอย่างทดสอบจะไปอยู่ในคลาสของสี่เหลี่ยม

2.5.3.3 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines)

SVMs เป็นการใช้ในงานทางด้านความรู้จำรูปแบบ (Pattern reconcile) หรือ Content Based Image Retrieval ที่มีผู้ให้ความสนใจเพิ่มมากขึ้น โดย SVMs เป็นวิธีการที่เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิคทางสถิติในการสร้างฟังก์ชันในการแยกประเภท และสามารถสอนให้ระบบเข้าใจถึงลักษณะที่แตกต่างกันได้ ซึ่ง SVMs มีการเรียนรู้ข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการแบ่งประเภทแบบไบนารี โดยจะทำการแบ่งชั้นของข้อมูลด้วยระนาบหลายมิติจากกลุ่มข้อมูล 2 กลุ่มด้วยการใช้ Sigmoid Kernel Function

SVMs ใช้ฟังก์ชันในการตัดสินใจ $f(x)$ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อค้นหา hyperplane หรือ เส้นแบ่งคุณลักษณะที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวจำแนกประเภทข้อมูลภาพออกเป็นสองระดับที่แตกต่างกัน คือ ระดับที่เกี่ยวข้อง (เชิงบวก) และระดับที่ไม่เกี่ยวข้อง (เชิงลบ)

ในการจำแนกประเภทข้อมูลจะมีการใช้เส้นแบ่งระหว่างข้อมูลเพื่อแยกข้อมูลออกเป็นสองประเภทซึ่งขึ้นอยู่กับค่าเป้าหมายของแต่ละประเภท ส่วนเส้นประที่ขนานเส้นแบ่งข้อมูลจะมีระยะห่างระหว่างช่วงของข้อมูล (เวกเตอร์) กับเส้นแบ่งข้อมูล ซึ่งระยะห่างนั้นเรียกว่า ค่าขอบเขต (Margin) ซึ่งใช้การจำแนกประเภทแบบเชิงเส้น (Linear Classifier) ส่วนจุดข้อมูลที่อยู่ใกล้กับค่าขอบเขตจะถูกเรียกว่า Support Vector

ข้อดีของ SVMs นั้น จะมีการใช้ค่าของคลาสที่แตกต่างกัน เพื่อสอนให้ระบบเข้าใจจุดข้อมูลจนได้คุณลักษณะที่สามารถแยกคลาสที่แตกต่างกันได้อย่างเหมาะสมและไม่มี Error ที่เกิดกับตัวแยกประเภทระหว่างข้อมูลที่อยู่ใกล้กัน (Maximum Margin Classifier) และถ้านำไปใช้ในการแบ่งประเภทแบบไม่เชิงเส้นก็สามารถทำได้ โดยการนำเคอร์เนลฟังก์ชันมาเป็นตัวจับคู่ข้อมูลไปยังพื้นที่ต่างๆ ในกลุ่มข้อมูล เพื่อให้ได้ขอบเขตของการแบ่งข้อมูลที่เหมาะสม

2.6 พื้นฐานทฤษฎีทางการเรียนรู้ของระบบสมองกล

ระบบสมองกลแบบรู้จำ (Machine Learning) คือ การทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยการเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่าง หรือจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจุดมุ่งหมายคือการพัฒนาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานของระบบสมองกลให้สามารถรองรับข้อมูลรูปแบบใหม่ๆ ในอนาคต ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้จะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ด้วยรูปแบบการแทนความรู้บางอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น กฎ ฟังก์ชัน เป็นต้น ระบบสมองกลแบบรู้จำที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยมี 2 ประเภท ได้แก่

2.6.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning)

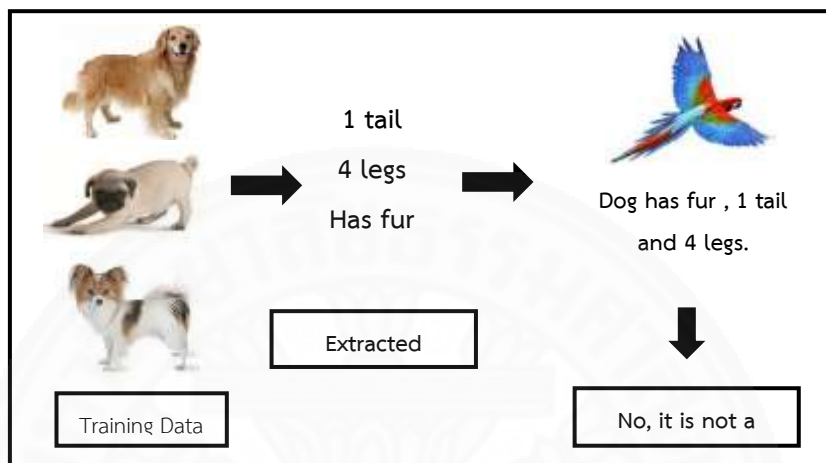
คือ อัลกอริทึมสร้างฟังก์ชันที่เชื่อมโยงระหว่างข้อมูลเข้ากับผลที่ต้องการ เป็นการทำนายค่าของฟังก์ชันจากวัตถุนำเข้าให้ถูกต้องโดยใช้ข้อมูลการเรียนรู้ (Training Data) โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเข้ามาและจำแนกผลลัพธ์ให้ถูกต้องตามรูปแบบของข้อมูลที่นำมาสอน ซึ่งผลจากการเรียนรู้จะเป็นฟังก์ชันที่อาจจะให้ค่าต่อเนื่อง (Continuous) หรือไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ดังนี้

2.6.1.1 การแบ่งประเภทของข้อมูล (Classification)

มักจะถูกนำไปใช้งานเพื่อจำแนกวัตถุที่เราสนใจออกเป็นประเภทต่างๆ เป็นฟังก์ชันที่ให้ค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete) หลักการ คือ วัตถุที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน และวัตถุที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันจะถูกจัดอยู่คนละประเภทดังแสดงในภาพที่ 2.21

2.6.1.2 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression)

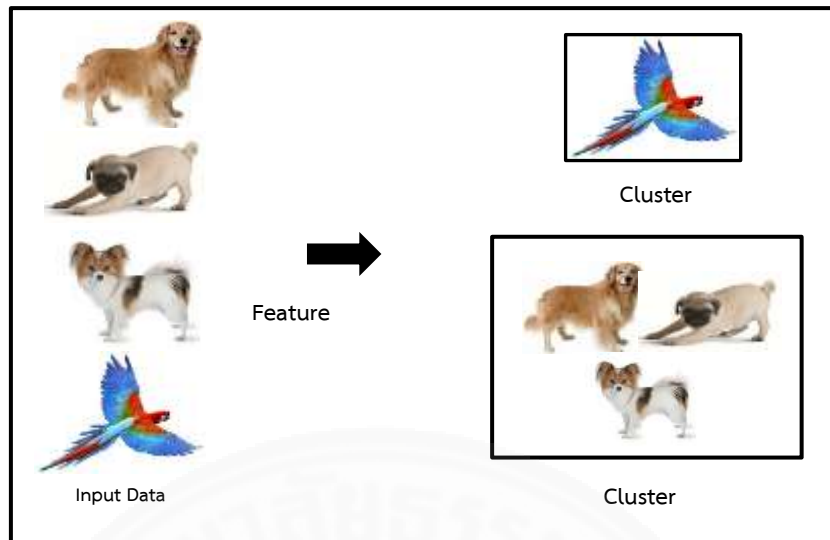
เป็นฟังก์ชันที่ให้ค่าต่อเนื่อง (Continuous) เมื่อผลลัพธ์ที่ต้องการประกอบด้วยหนึ่งตัวแปรหรือมากกว่า เช่น การทำนายความยาวของปลากระพงที่เป็นฟังก์ชันของอายุและน้ำหนักของตัวปลา เป็นต้น



ภาพที่ 2.20 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบมีผู้สอน

2.6.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning)

เป็นการเรียนรู้ที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับการเรียนรู้แบบมีผู้สอน เนื่องจากจะไม่มี การระบุผลที่ต้องการหรือประเภทไว้ก่อนล่วงหน้า แต่จะให้ระบบหาความสัมพันธ์จากข้อมูลเอง การเรียนรู้แบบนี้จะพิจารณาวัตถุเป็นเซตของตัวแปรสุ่ม แล้วจึงสร้างโมเดลความหนาแน่นร่วมของชุด ข้อมูล การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอนสามารถนำไปใช้ร่วมกับการอนุมานแบบเบย์ เพื่อหาความน่าจะเป็น แบบมีเงื่อนไขของตัวแปรสุ่ม โดยกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องให้เป็นข้อมูลเบื้องต้นจากนั้นระบบจะ จำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม (Clustering) โดยอ้างอิงกับรูปแบบโมเดลทางสถิติ (Probabilistic Model) ที่เรากำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.21 ภาพแสดงการจำแนกสัตว์โดยการเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน

2.7 การวัดประสิทธิภาพและประเมินผล

การวัดประสิทธิภาพและการประเมินผลของระบบการวิเคราะห์ภาพนั้น มีด้วยกันหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีที่สามารถประเมินผลระบบได้ง่ายและชัดเจนดังต่อไปนี้

2.7.1 เปอร์เซนต์ความถูกต้อง (Accuracy)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความแม่นยำของการทำนาย หากมีค่ามากจะแสดงให้เห็นว่าระบบหรืออัลกอริทึมนั้นมีประสิทธิภาพสูง โดยเปอร์เซนต์ความถูกต้องสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Accuracy (\%)} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่ทำนายได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ}} \times 100$$

2.7.2 คอนฟิวชันเมทริกซ์ (Confusion Matrix)

คือ การประเมินผลลัพธ์การทำงาน (หรือผลลัพธ์จากโปรแกรม) เปรียบเทียบกับผลลัพธ์จริง เป็นการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งแยกข้อมูลจริงกับข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทำนายด้วยกระบวนการจำแนก (Classification System) ดังแสดงในภาพที่ 2.22

	คลาสที่ระบบทำนาย			
คลาสที่ถูกต้อง	✓	✗	✗	✗
	✗	✓	✗	✗
	✗	✗	✓	✗
	✗	✗	✗	✓

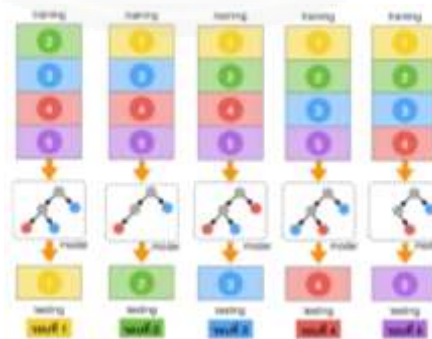
ภาพที่ 2.22 แสดงตัวอย่างตาราง Confusion Matrix

จากตัวอย่างภาพที่ 2.22 แสดงคอนฟิวชันเมตริกซ์แบบ 4 คลาส โดยสามารถคำนวณค่าร้อยละความถูกต้อง (Accuracy) ได้จาก

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลในข้อที่ทำนายได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}} \times 100$$

2.7.3 การตรวจสอบแบบไขว้ข้อมูลที่แบ่งออกเป็นชุด (n-Fold Cross Validation)

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลเนื่องจากผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธี n-fold Cross-Validation นี้จะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นหลายส่วน เช่น 5-Fold Cross-Validation คือ ทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน โดยที่แต่ละส่วนมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน หลังจากนั้นข้อมูลหนึ่งส่วนจะใช้เป็นตัวทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ทำวนไปเช่นนี้จนครบจำนวนที่แบ่งไว้ เช่น การทดสอบด้วยวิธี 5-Fold Cross-Validation แสดงในภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.23 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลแบบ 5-Fold Cross-Validation

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากในอดีตจนถึงปัจจุบัน มีงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ภาพ ยานพาหนะ และการสัญจรทางถนน (Traffic Analysis) มากมาย จากการศึกษาเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงขอแบ่งงานวิจัยออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังนี้

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกประเภทของรถยนต์ (Vehicle Type Classification) (Zhang, Xu, & Feng, 2016)
2. งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ความหนาแน่นของรถยนต์บนท้องถนน (Hung, Tran, Dung, Hoang, & Dzung, 2016)
3. งานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับความเร็ว (Wang, 2016) และตรวจจับการเปลี่ยนเลน (Weon, Lee, & Moon, 2016)
4. งานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับผู้สัญจรบนท้องถนน (Pedestrian Detection) (Kim, Park, Ban, Lee, & Do, 2016)
5. งานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับและรู้จำแผ่นป้ายทะเบียนรถยนต์ (License Plate) (Bakhtan, Abdullah, & Rahman, 2016)
6. งานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์ (Make and Model Recognition) (Ren & Lan, 2016)

จากการศึกษาวิจัยประเภทต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้วิจัยมีความสนใจเกี่ยวกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์ เนื่องจากเห็นว่าเป็นงานวิจัยที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน สามารถนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้ในการป้องกัน ปรามปราม อาชญากรรมได้จริง และยังไม่พบงานวิจัยในลักษณะเดียวกันนี้ที่ทำการศึกษากันมากนัก

งานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์นั้น ในอดีต มักจะใช้การเปรียบเทียบกับภาพโมเดลต้นแบบ ทั้งแบบ 2 มิติ (Ferryman, Worrall, Sullivan, & Baker, 1995) และ 3 มิติ (Prokaj & Medioni, 2009) แต่วิธีดังกล่าวยังให้ผลลัพธ์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร และยังใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างมาก ในเวลาต่อมาได้มีผู้นำเสนอวิธีการตรวจจับและอธิบายคุณลักษณะเฉพาะ (Feature Detector and Descriptor) ที่สามารถนำมาใช้ในงานรู้จำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ Scale-Invariant Feature Transform (Lowe, 2004), Histogram of Oriented Gradient (Dalal & Triggs, 2005) และ Speeded Up Robust Features (Bay, Tuyrelaars, & Gool, 2008) โดยอัลกอริทึมดังกล่าว ได้ถูกนำไปประยุกต์กับงานวิจัยต่าง ๆ มากมาย ซึ่งอัลกอริทึมนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ ระบบจำแนกและรู้จำ และลดระยะเวลาในการประมวลผลได้อย่างมีนัยสำคัญ

การวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของรถยนต์นั้น สามารถทำได้หลายมุมมอง โดย มุมมองภาพจากด้านหน้านั้นได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจาก ภาพด้านหน้านั้นสามารถสังเกตและ แยกแยะรุ่นของรถยนต์ได้ง่ายและชัดเจน (Shinozuka, Miyano, Minagawa, & Saito, 2013) อีกทั้ง ยังมีสัญลักษณ์บอกยี่ห้อของรถยนต์ติดอยู่ที่กึ่งกลางด้านหน้าของตัวรถอย่างเด่นชัด ซึ่งนำไปใช้ในการ รู้จำยี่ห้อของรถยนต์ได้ นอกจากนี้ภาพด้านหน้ายังสามารถเห็นป้ายทะเบียน โดยนำไปใช้ในการ ตรวจสอบตำแหน่งของรถยนต์ในภาพได้ (Yang, et al., 2013)

ในขณะเดียวกันยังมีงานวิจัยอื่นที่ใช้ภาพจากด้านท้ายของตัวรถประกอบกับสัญลักษณ์ บอกยี่ห้อ และรูปแบบของไฟท้าย ในการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์ (Llorca, Colas, Daza, Parra, & Sotelo, 2014) และยังสามารถใช้ภาพมุมมองด้านข้างในการรู้จำได้อีกด้วย (Boyle & Ferryman, 2015)

ในงานวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์นั้น ตัวจำแนก (Classifier) ที่ได้รับความนิยม มีทั้งการใช้ตัวจำแนกแบบพื้นฐาน วัดระยะทางที่สั้นที่สุด โดยใช้ SURF วิเคราะห์สัญลักษณ์ บนตัวรถยนต์ (Senthilraja & Karthikeyan, 2014) หรือใช้ SIFT ในการวิเคราะห์ภาพจากด้านหน้า (Shinozuka, Miyano, Minagawa, และ Saito, 2013) หรือใช้ตัวจำแนกแบบ เพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (k-NN) กับเทคนิคการแปลงแบบ Fourier, Wavelet, และ Curvelet (Kazemi, Samadi, Poorreza, & Akbarzadeh-T, 2007) หรือใช้ตัวจำแนกแบบซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน ร่วมกับ SURF และ HOG (Lee, Gwak, & Jeon, 2013)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ใช้โมเดลการเรียนรู้แบบเชิงลึก (Deep Learning) ซึ่งกำลัง ได้รับความนิยมในระบบรู้จำของงานวิจัยสมัยใหม่ในการวิเคราะห์ภาพด้านหน้าของรถยนต์ ให้ เปอร์เซ็นความถูกต้อง ถึง 88.20 % (Gao & Lee, Deep Learning of Principal Computer for Car Model Recognition, 2015a) จากนั้นในปีเดียวกัน เขาได้นำเสนอเทคนิคของ Principal Component Analysis มาประยุกต์ใช้โดยเพิ่มประสิทธิภาพได้ถึง 90.60 % (Gao & Lee, Moving Car Detection and Model Recognition Based on Deep Learning, 2015b)

จากตารางที่ 2.5 จะพบว่า ตัวตรวจจับและอธิบายคุณลักษณะเฉพาะแบบ SIFT, HOG และ SURF นั้นได้รับความนิยมจากงานวิจัยเป็นส่วนมาก รวมทั้ง ตัวจำแนกแบบ k-NN, SVM และ CNN ให้ผลการจำแนกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการออกแบบการทดลอง โดย นำเทคนิคดังกล่าว มาใช้ในการศึกษาและพัฒนาอัลกอริทึม สำหรับงานวิจัยนี้ในบทถัดไป

ตารางที่ 2.5

ตารางแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถยนต์

ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้เขียน	จุดสนใจ	คุณลักษณะ	ตัวจำแนก	(%)
Advance Vehicle Tracking and Model Recognition in Rural Areas using SURF Method	P.Senthilraja	โลโก้	Sobel, SURF	ระยะทางสั้นที่สุด	60
Car-Rec: A Real Time Car Recognition System	Daniel Marcus Jang	ภาพต้นแบบ 16 มุมมอง	SURF	Tree	67.75
Monza: Image Classification of Vehicle Make and Model using Convolutional Neural Networks and Transfer Learning	Derrick Liu	-	-	CNN	80
Moving Car Detection and Model Recognition Base on Deep Learning	Yongbin Gao	ภาพด้านหน้า	-	CNN	88.20
3-D Model Based Vehicle Recognition	Jan Prokaj	-	SIFT	ระยะทางตามกำหนด	62.50
Vehicle Recognition Based on Fourier, Wavelet and Curvelet Transforms - a Comparative study	Farhad Mohamad Kazemi	-	Fourier, Wavelet, Curvelet	k-NN	70, 85, 95
Deep Learning of Principal Component for Car Model Recognition	Yongbin Gao	ภาพด้านหน้า	PCA	CNN	90.60
Vehicle Model Recognition in Video	Suhan Lee	ภาพด้านหน้า	FAST, SURF, HOG	SVM	94.00
Real Time Vehicle Make and Model Recognition Based on Hierarchical Classification	HajarEmami	ภาพด้านหลัง, โลโก้	Taillight, Sobel, Logo	Hierarchical Classification	96.30
Local Tiled Deep Network for VMRR	Yongbin Gao	ภาพด้านหน้า	HOG	LTCNN	98.00
Vehicle Subtype, Make and Model Classification from side profile video	Boyle J., Ferryman J.	ภาพด้านข้าง	HOG	Linear SVM	98.7

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของในบทที่ 2 พบว่า การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT (Prokaj & Medioni, 2009), SURF (Senthilraja & Karthikeyan, 2014) และ HOG (Gao & Lee, Local Tiled Deep Networks for Recognition of Vehicle Make and Model, 2016) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการจำแนกรุ่นของรถยนต์ เมื่อนำวิธีการสกัดคุณลักษณะดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ด้วยเคอร์เนลแบบเชิงเส้น (Boyle & Ferryman, 2015) และ k-NN (Kazemi, Samadi, Poorreza, & Akbarzadeh-T, 2007) พบว่าสามารถจำแนกรุ่นของรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและทำการทดลองเบื้องต้นกับภาพมุมมองด้านหน้าของรถกระบะ 6 ประเภท ประเภทละ 20 ภาพ รวมทั้งสิ้น 120 ภาพ ทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ นำไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT, SURF และ HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN จากการศึกษาในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.8 พบว่าการจำแนกรุ่นของรถยนต์ในงานวิจัยที่ใช้การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลความถูกต้องสูงกว่างานวิจัยที่ใช้การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT และ SURF อย่างชัดเจน จึงสามารถนำมาตั้งสมมติฐานได้ว่า

การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT และ SURF

เมื่อทำการทดลอง โดยทำการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT ใช้จุดสำคัญ (SIFT Interest Point) จำนวน 5, 10, 20, 40 และ 80 จุด ตามลำดับ และนำคุณลักษณะที่ได้ไปใช้ในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM และ k=NN ที่ k=1, 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับ พบว่าการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT นั้น ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีที่สุดเมื่อใช้จุดสำคัญจำนวน 20 จุด โดยมีพีเจอร်รวมทั้งหมด 2560 พีเจอร် เมื่อใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN (k = 3) ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 25 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1

ตารางแสดงประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

จุดสำคัญ	จำนวน พีเจอร์	ตัวจำแนก					
		SVM (%)	k-NN (k=1) (%)	k-NN(k=3)* (%)	k-NN (k=5) (%)	k-NN (k=7) (%)	k-NN (k=9) (%)
5	640	18.3	19.2	10	8.3	15	19.2
10	1280	18.3	21.7	21.7	18.3	18.3	20.8
20*	2560	23.3	17.5	25	24.2	21.7	20.8
40	5120	20.8	23.3	23.3	20	19.2	18.3
80	10240	20	20.8	18.3	20	16.7	22.5

เมื่อทำการทดลองการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SURF พบว่า ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถ กระบะได้ดีที่สุด เมื่อใช้จุดสำคัญ (SURF Strongest Point) จำนวน 5 จุด โดยมีพีเจอร์รวมทั้งหมด 320 พีเจอร์ เมื่อใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN (k=1) ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 45 ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2

ตารางแสดงประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SURF ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

จุดสำคัญ	จำนวน พีเจอร์	ตัวจำแนก					
		SVM (%)	k-NN(k=1)* (%)	k-NN(k=3) (%)	k-NN(k=5) (%)	k-NN(k=7) (%)	k-NN(k=9) (%)
5*	320	41.7	45	38.3	37.5	38.3	30
10	640	16.7	30	22.5	23.3	19.2	17.5
20	1280	21.7	30	20.8	23.3	20.8	18.3
40	720	25.8	26.7	25	20.8	19.2	21.7
80	5120	20.8	25.8	20	15	17.5	18.3

และในการทดลองการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG พบว่า ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถ กระบะได้ดีที่สุด เมื่อทำการลดขนาดของภาพลง 0.25 เท่า ทำให้เกิดพีเจอร์จำนวน 1008 พีเจอร์ เมื่อใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 98.3 ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

ตารางแสดงประสิทธิภาพการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

ลดขนาด ภาพ (เท่า)	จำนวน พิกเซล	ตัวจำแนก					
		SVM* (%)	k-NN(k=1) (%)	k-NN(k=3) (%)	k-NN(k=5) (%)	k-NN(k=7) (%)	k-NN(k=9) (%)
1	23040	97.5	96.7	95	93.3	93.3	94.2
0.5	4860	97.5	97.5	95.8	95	94.2	92.5
0.25*	1008	98.3	98	96.7	93.3	92.5	95
0.125	108	75.8	76.7	71.7	73.3	71.7	73.3
0.1	72	70.8	70	60.8	57.5	61.7	63.3

ตารางที่ 3.4

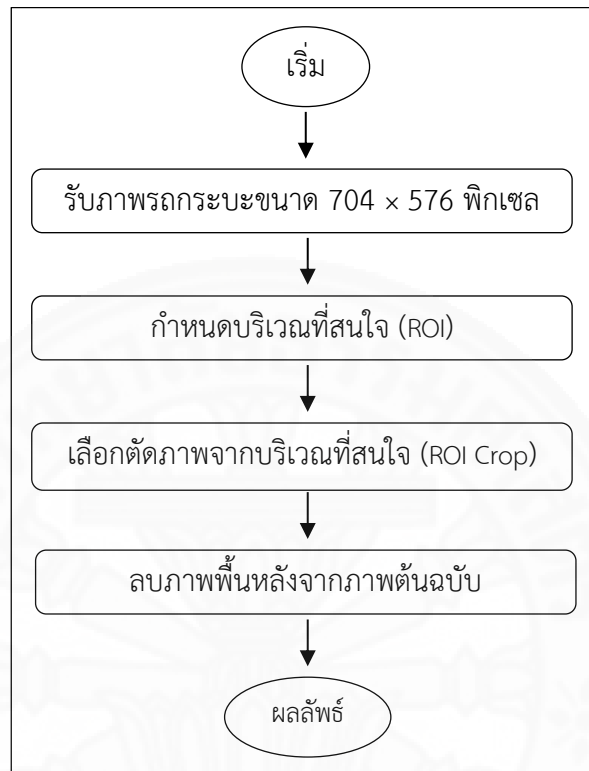
ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT, SURF และ HOG

วิธีสกัด คุณลักษณะ	ตัวจำแนก	การเลือก คุณลักษณะ	จำนวนพิกเซล	ประสิทธิภาพ (%)
SIFT	k-NN (k = 5)	20 จุด	2560	24.2
SURF	k-NN (k = 1)	5 จุด	320	45.0
HOG*	SVM	ลด 0.25 เท่า	1008	98.3

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่า การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกภาพรถกระบะจากมุมมองด้านหน้าได้สูงที่สุดถึง ร้อยละ 98.3 ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งให้ประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้สูงกว่าการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT และ SURF อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงเลือกนำการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG มาใช้ในงานวิจัยนี้

เพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการดำเนินงานวิจัยให้เป็นอย่างอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แทนการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ โดยแสดงขั้นตอนวิธีของกระบวนการทำงานในภาพที่ 3.1 เมื่อรับภาพนำเข้า ดังแสดงในภาพที่ 3.2(ก) ใช้วิธีการกำหนดบริเวณที่สนใจ (Region of Interest: ROI) แบบคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 3.2(ข) และเลือกตัดภาพเฉพาะบริเวณที่สนใจ ดังแสดงในภาพที่ 3.2(ค) จากนั้นใช้วิธีการลบภาพพื้นหลังจากภาพต้นฉบับ (Background Subtraction)

ดังแสดงในภาพที่ 3.2(ง) ภาพต้นฉบับสำหรับการลบภาพพื้นหลัง ซึ่งจะผลลัพธ์นำไปใช้ในการสกัดคุณลักษณะต่อไป



ภาพที่ 3.1 ภาพแสดงขั้นตอนวิธีของกระบวนการตรวจจับและตัดภาพรศกระขออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ



ภาพที่ 3.2 ภาพแสดงผลลัพธ์ของกระบวนการตรวจจับและตัดภาพรศกระขออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ

- (ก) แสดงภาพนำเข้าของระบบ
- (ข) แสดงภาพการกำหนดบริเวณที่สนใจ
- (ค) แสดงภาพการตัดบริเวณสนใจออกจากภาพนำเข้า
- (ง) แสดงภาพต้นฉบับสำหรับการลบภาพพื้นหลัง

จากการพัฒนากระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ผู้วิจัยพบว่า การตรวจจับและตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จะให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ และเพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองในเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตัดภาพทั้งสองวิธี สำหรับทุกการทดลองในงานวิจัยนี้

เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกรุ่นของรถกระบะ จากภาพมุมทแยงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการตัดภาพด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

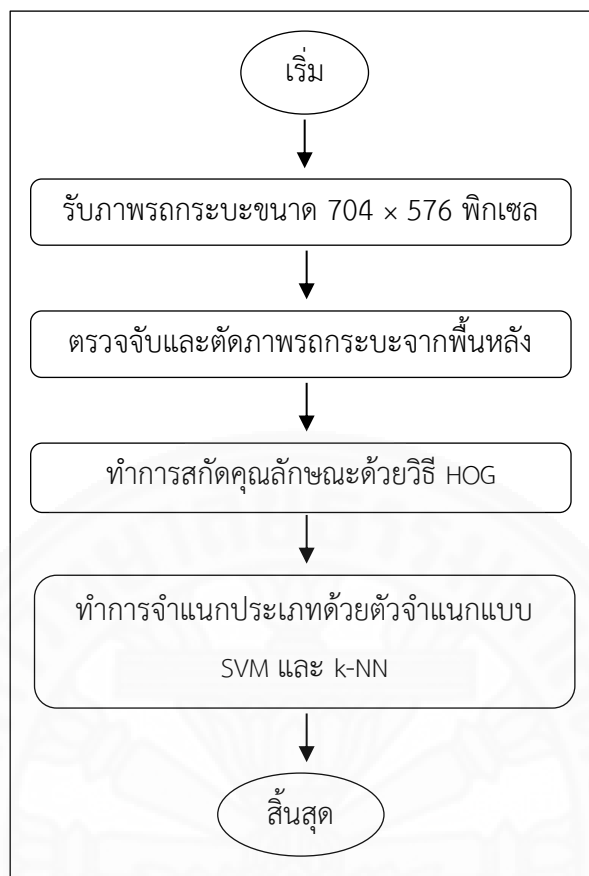
(1) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังโดยใช้การตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

(2) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าโดยใช้การตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

(3) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังโดยใช้การตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

รายละเอียดของเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง ขอบเขตการทดลอง การเตรียมข้อมูลการทดลอง และการออกแบบการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย สมมติฐานการทดลอง การเตรียมการทดลอง วิธีการทดลอง ขั้นตอนการทดลอง และการวัดผลการทดลอง

จากภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นภาพรวมของขั้นตอนวิธีการทำงานของระบบจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยเริ่มต้นจากการรับภาพรถกระบะ ทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลัง ผ่านกระบวนการสกัดคุณลักษณะ จากนั้นเข้าสู่กระบวนการจำแนกประเภทต่อไป



ภาพที่ 3.3 แสดงขั้นตอนวิธีของการจำแนกรุ่นของรถกระเบ

3.1 ขอบเขตการทดลอง

งานวิจัยนี้ทำการทดลอง ออกแบบระบบจำแนกรุ่นของรถกระเบทั้งหมด 5 ประเภท (Class) เฉพาะแบบ 2 ประตูมีแคป จากผู้ผลิต 2 ยี่ห้อ ดังแสดงในตารางที่ 3.5 จะพบว่า มีรถกระเบ 2 ประเภท ที่เป็นรุ่นโฉมปัจจุบัน (ปี 2012-2016) และมีจำนวน 3 ประเภท ที่เป็นรุ่นโฉมเก่า ได้แก่ อีซูซุ ดีแมกซ์ โฉมปี 2009 โตโยต้าไฮลักซ์ วิโก้ โฉมปี 2008 และโตโยต้าไฮลักซ์ วิโก้ แชมป์ โฉมปี 2011 จากการศึกษาและเก็บข้อมูลเบื้องต้นพบว่า รถกระเบทั้ง 3 ประเภทนี้ เป็นรุ่นที่ได้รับความนิยมในอดีต และยังมีการใช้งานจริงบนท้องถนนอยู่เป็นจำนวนมาก

ตารางที่ 3.5

ตารางแสดงรุ่นและยี่ห้อของรถกระบะแต่ละประเภทที่ใช้ในงานวิจัย

ประเภทที่	ยี่ห้อ	รุ่น	โฉมปี
หนึ่ง	อีซูซุ	ดีแมกซ์	2009
สอง	อีซูซุ	ดีแมกซ์	2012
สาม	โตโยต้า	ไฮลักซ์ เรโว	2016
สี่	โตโยต้า	ไฮลักซ์ วิโก้	2008
ห้า	โตโยต้า	ไฮลักซ์ วิโก้ แชมป์	2011

ภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นภาพสีที่ได้จากกล้องวงจรปิดริมถนนทางหลวง โดยจะได้ภาพมุมทแยงด้านหน้า จากกล้องด้านหน้า ภาพมุมทแยงด้านหลัง จากกล้องด้านหลัง เพื่อนำมาใช้สำหรับการสอน และทดสอบระบบจำแนก และภาพแผ่นป้ายทะเบียนจากกล้องสำหรับเก็บภาพแผ่นป้ายทะเบียน ดังแสดงในภาพที่ 3.4 โดยในงานวิจัยนี้ จะนำหมายเลขทะเบียนของรถกระบะในภาพไปตรวจสอบข้อมูลที่ได้จดทะเบียนไว้กับกรมการขนส่งทางบก เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องของกระบวนการจำแนก ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะใช้ภาพของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ประเภทละ 80 ภาพ แบ่งเป็นภาพมุมทแยงด้านหน้า 40 ภาพ และภาพมุมทแยงด้านหลัง 40 ภาพ รวมทั้งสิ้น 400 ภาพ โดยทำการเก็บรวบรวมจากภาพวิดีโอ ขนาด 704 x 576 พิกเซล ที่อัตรา 25 เฟรมต่อวินาที



(ก)

(ข)

(ค)

ภาพที่ 3.4 ภาพแสดง (ก) ภาพมุมทแยงด้านหน้า
(ข) ภาพมุมทแยงด้านหลัง
(ค) ภาพแผ่นป้ายทะเบียน

3.2 การเตรียมข้อมูลการทดลอง

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลของภาพวิดีโอที่บันทึกได้ จากกล้องวงจรปิดริมถนนทางหลวง ขนาด 704 x 576 พิกเซล ที่อัตรา 25 เฟรมต่อวินาที โดยรถยนต์ทุกคันที่วิ่งผ่านกล้อง จะเกิดภาพมุมทแยง ด้านหน้า จากกล้องหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง จากกล้องหลัง และภาพแผ่นป้ายทะเบียนจาก กล้องสำหรับเก็บภาพแผ่นป้ายทะเบียนโดยเฉพาะ จากนั้น ผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกภาพของ รถกระบะ 2 ประตู่ แบบมีแคปซิ่ง 5 ประเภท จากตารางที่ 3.5 ประเภทละ 40 ภาพ รวม 200 ภาพ เป็นภาพมุมทแยงด้านหน้า และอีก 200 ภาพ เป็นภาพมุมทแยงด้านหลัง ของรถกระบะคันเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 และ 3.7 ตามลำดับ เพื่อใช้ในขั้นตอนการสอนและทดสอบระบบจำแนก และ เก็บภาพแผ่นป้ายทะเบียนของรถกระบะทั้ง 200 คัน ที่ใช้ทำการทดลอง เพื่อนำหมายเลขทะเบียน ไป ใช้สืบค้นข้อมูลจากกรมการขนส่งทางบก เพื่อให้ทราบรุ่นและยี่ห้อที่ถูกต้อง ของรถกระบะทุกคันที่ใช้ ในการทดลอง (Ground Truth)

โดยทุกการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะนั้น จะทำการแบ่งชุดข้อมูลแต่ละมุมมอง ออกเป็น 5 ชุด ชุดละ 40 ภาพ โดยข้อมูลแต่ละชุด จะมีภาพรถกระบะทั้ง 5 ประเภท แสดงดังตาราง ที่ 3.6 ซึ่งในแต่ละการทดลอง จะใช้ข้อมูลสำหรับสอนระบบจำแนก จำนวน 4 ชุด และใช้สำหรับ ทดสอบ จำนวน 1 ชุด สลับกันไป จนกระทั่งข้อมูลทุกชุดถูกใช้สำหรับการทดสอบระบบ (5-Fold cross Validation)

จากตารางที่ 3.6 และ 3.7 แสดงให้เห็นภาพรถกระบะทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในการวิจัย โดยจะกำหนดให้ รถกระบะอีซูซุ ดีแมกซ์ โฉมปี 2009 เป็นรถประเภทที่ หนึ่ง , รถกระบะอีซูซุ ดีแมกซ์ โฉมปี 2012 เป็นรถประเภทที่ สอง , รถกระบะโตโยต้า ไฮลักซ์ เรโว โฉมปี 2016 เป็นรถ ประเภทที่ สาม , รถกระบะโตโยต้า ไฮลักซ์ วีโก้ เป็นรถประเภทที่ สี่ และรถกระบะโตโยต้า ไฮลักซ์ วีโก้ แชมป์ เป็นรถประเภทที่ ห้า

ตารางที่ 3.6

ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหน้าของรถกระบะทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในการวิจัย

ประเภทที่ หนึ่ง	ประเภทที่ สอง
	
ประเภทที่ สาม	ประเภทที่ สี่
	
ประเภทที่ ห้า	
	

ตารางที่ 3.7

ตารางแสดงภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภทที่ใช้ในการวิจัย



3.3 การดำเนินการทดลอง

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ผู้วิจัยพบว่าการใช้ตัวสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN สามารถจำแนกรุ่นของรถกระบะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sairoon & Watanapa, 2017) และจากการสังเกตการจำแนกรุ่นของรถกระบะด้วยสายตาพบว่า หากสามารถใช้มุมมองรถกระบะจากทุกมุมมองรอบคัน จะสามารถช่วยในการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้แม่นยำกว่าการจำแนกรุ่นจากภาพเพียงมุมมองเดียว ผู้วิจัยจึงออกแบบการทดลองโดยมีสมมติฐานดังนี้

(ก) ระบบตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ สามารถให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผลการจำแนกโดยการตัดภาพด้วยมือ

(ข) ภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดีกว่าภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว หรือภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว

(ค) ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k – NN

โดยแสดงภาพรวมของการทดลองดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8

ตารางแสดงการนำภาพมุมทแยง การตัดภาพ และตัวจำแนก มาใช้ในการออกแบบการทดลอง

การทดลอง	ภาพมุมทแยง	การตัดภาพ	ตัวจำแนก	ผลการทดลอง
3.3.1	หน้าและหลัง	ด้วยมือ	SVM	4.1.1
			k-NN	
		อัตโนมัติ	SVM	
			k-NN	
3.3.2	ด้านหน้าเพียง อย่างเดียว	ด้วยมือ	SVM	4.1.2
			k-NN	
		อัตโนมัติ	SVM	
			k-NN	
3.3.3	ด้านหลังเพียง อย่างเดียว	ด้วยมือ	SVM	4.1.3
			k-NN	
		อัตโนมัติ	SVM	
			k-NN	

**3.3.1 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมมองด้านหน้าและด้านหลังที่
ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ
k-NN**

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจำแนก โดยใช้ภาพมุมมอง
ด้านหน้าและด้านหลังของรถกระบะที่ได้จากการตรวจจับและตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ
เปรียบเทียบกับวิธีการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.1.1 การเตรียมการทดลอง

ทำการเตรียมชุดภาพสำหรับการทดลอง โดยใช้ภาพมุมมองด้านหน้า
และด้านหลังของรถกระบะทั้งหมด 5 ประเภท ประเภทละ 40 คัน รวมเป็นชุดภาพทั้งหมด 400 ภาพ
ดังแสดงในตารางที่ 3.9 เพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.9

ตารางแสดงภาพมุมมองด้านหน้าและด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง

ประเภทที่ หนึ่ง	ประเภทที่ สอง	ประเภทที่ สาม	ประเภทที่ สี่	ประเภทที่ ห้า
				
				

ตารางที่ 3.10

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมมองด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะ
ทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง

ประเภทที่ หนึ่ง	ประเภทที่ สอง	ประเภทที่ สาม	ประเภทที่ สี่	ประเภทที่ ห้า
				
				

ตารางที่ 3.11

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.12

ตารางแสดงผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ



ตารางที่ 3.13

ตารางแสดงผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ



3.3.1.2 วิธีการทดลอง

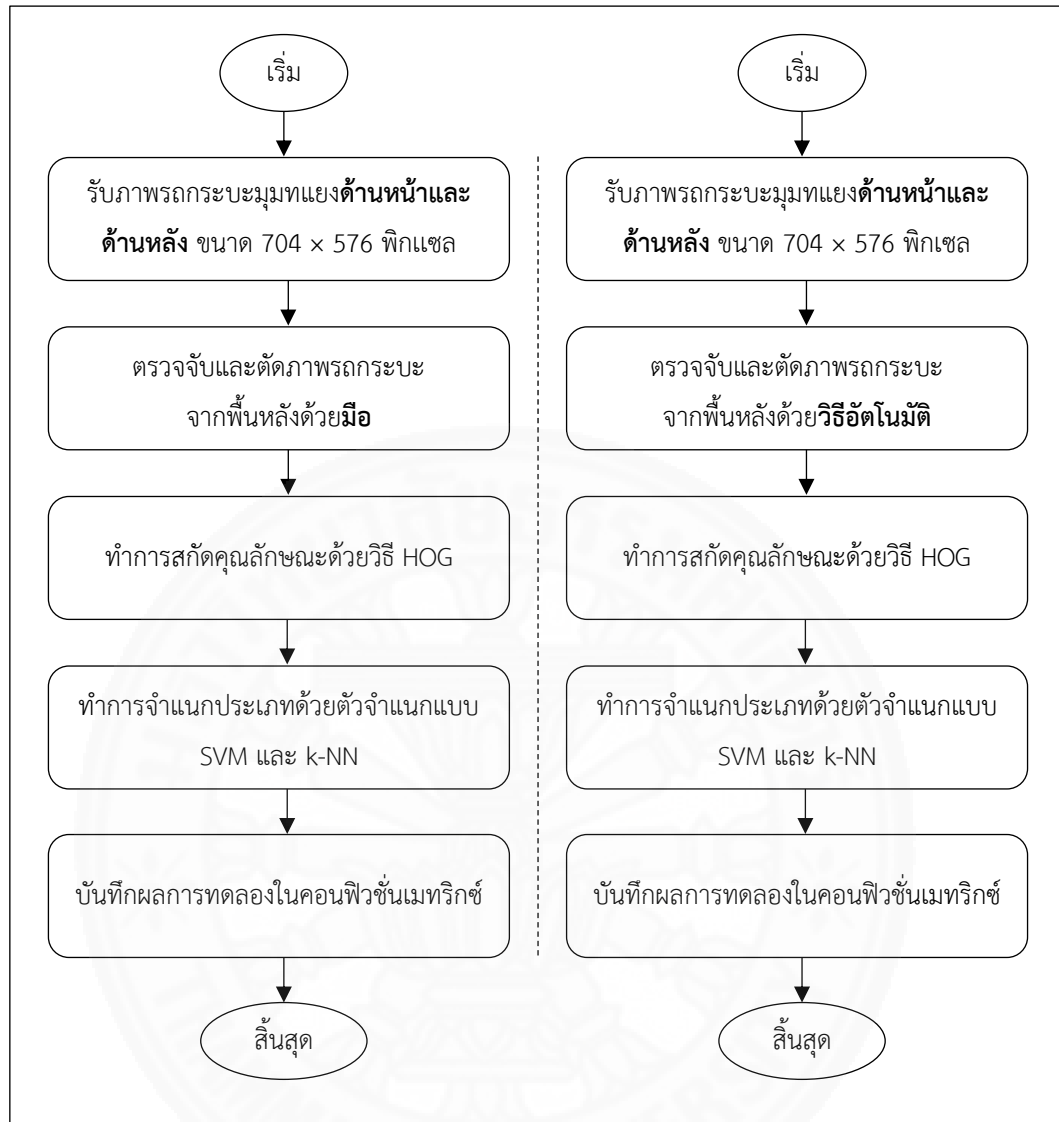
รับภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลังจากชุดภาพสำหรับการทดลอง จากนั้นทำการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ดังแสดงในตารางที่ 3.10 และ 3.11 ตามลำดับ และนำวัตถุที่ได้มาสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ดังแสดงในตารางที่ 3.12 และ 3.13 จากนั้นนำคุณลักษณะที่สกัดได้ไปใช้ในกระบวนการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกระหว่างการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

- (1) นำภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลังของรถกระบะจำนวน 400 ภาพ มาทำการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ
- (2) นำภาพที่ได้ไปทำการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
- (3) นำข้อมูลที่ได้ไปทำการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM
- (4) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนข้อ (3) เป็นการใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN โดยใช้ $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ตามลำดับ
- (5) บันทึกผลการทดลองลงในคอนฟิวชันเมตริกซ์ โดยสามารถอธิบายดังแสดงในภาพที่ 3.5

3.3.1.4 การวัดผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่บันทึกลงในคอนฟิวชันเมตริกซ์ มาคำนวณหาค่าร้อยละความถูกต้องของระบบ



ภาพที่ 3.5 ภาพแสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง

3.3.2 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจำแนก โดยใช้ภาพมุมทแยงด้านหน้าของรถกระบะที่ได้จากการตรวจจับและตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ เปรียบเทียบกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.2.1 การเตรียมการทดลอง

ทำการเตรียมชุดภาพสำหรับการทดลอง โดยใช้ภาพมุมมองทางด้านหน้าของรถกระบะทั้งหมด 5 ประเภท ประเภทละ 40 คัน ดังแสดงในตารางที่ 3.14 รวมเป็นชุดภาพทั้งหมด 200 ภาพ เพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.14

ตารางแสดงภาพมุมมองทางด้านหน้าของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.15

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมมองทางด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.16

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.17

ตารางแสดงผลภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ



ตารางที่ 3.18

ตารางแสดงผลภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ



3.3.2.2 วิธีการทดลอง

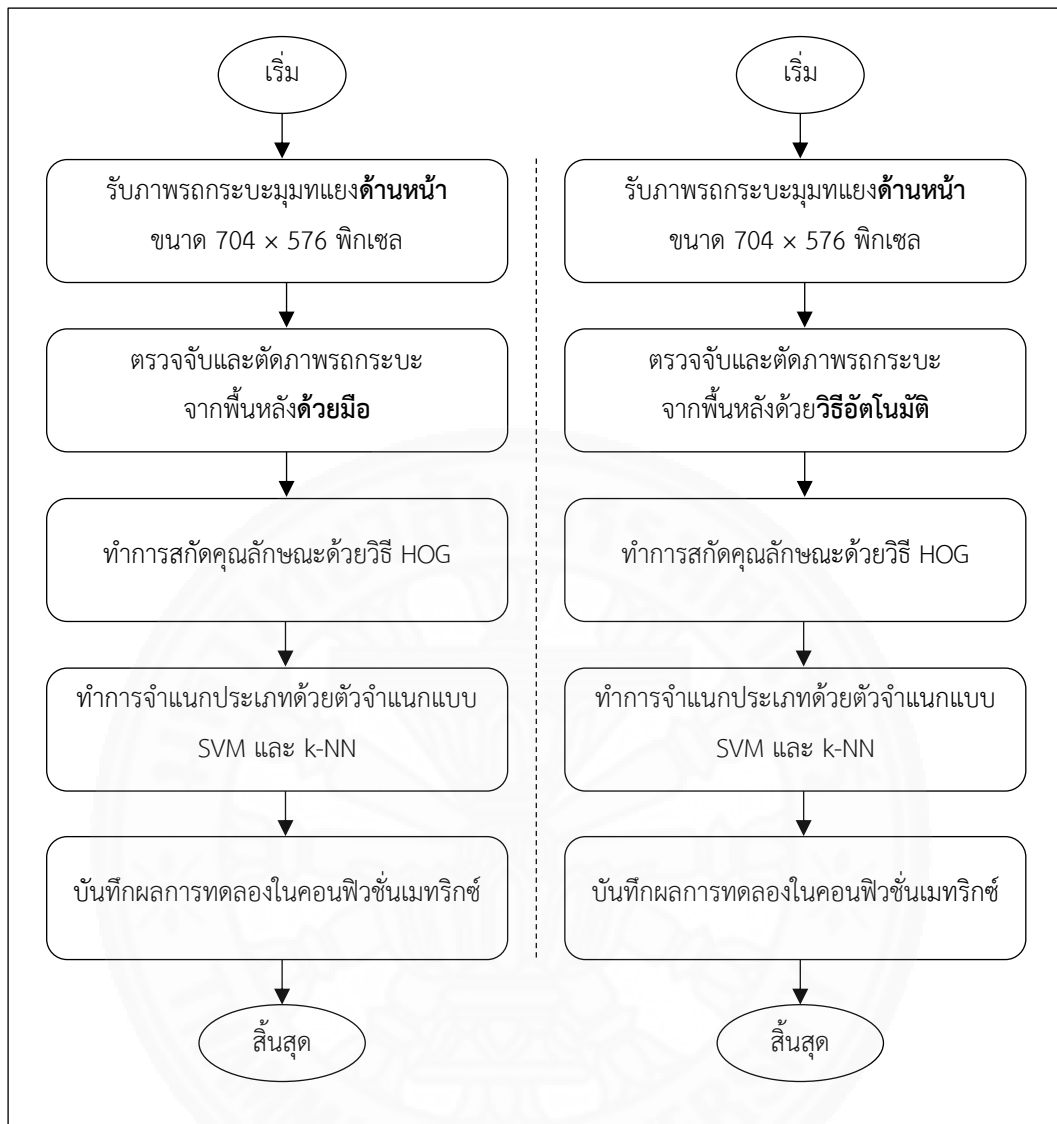
รับภาพมุกมทแยงด้านหน้าจากชุดภาพสำหรับการทดลอง จากนั้นทำการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ดังแสดงในตารางที่ 3.15 และ 3.16 ตามลำดับ และนำวัตถุที่ได้มาสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ดังแสดงภาพผลลัพธ์ในตารางที่ 3.17 และ 3.18 ตามลำดับ จากนั้นนำคุณลักษณะที่สกัดได้ไปใช้ในกระบวนการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกระหว่างการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

- (1) นำภาพมุกมทแยงด้านหน้าของรถกระบะจำนวน 200 รูป มาทำการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ
- (2) นำภาพที่ได้ไปทำการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
- (3) นำข้อมูลที่ได้ไปทำการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM
- (4) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนข้อ (3) เป็นการใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN โดยใช้ $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ตามลำดับ
- (5) บันทึกผลการทดลองลงในคอนฟิวชันเมตริกซ์ โดยสามารถอธิบายดังแสดงในภาพที่ 3.6

3.3.2.4 การวัดผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่บันทึกลงในคอนฟิวชันเมตริกซ์ มาคำนวณหาค่าร้อยละความถูกต้องของระบบ



ภาพที่ 3.6 แสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุมทแยงด้านหน้า

3.3.3 การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมมองด้านหลัง ที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบจำแนก โดยใช้ภาพมุมมองด้านหลังของรถกระบะที่ได้จากการตรวจจับและตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ เปรียบเทียบกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.3.1 การเตรียมการทดลอง

ทำการเตรียมชุดภาพสำหรับการทดลอง โดยใช้ภาพมุมมองด้านหลังของรถกระบะทั้งหมด 5 ประเภท ประเภทละ 40 คัน ดังแสดงในตารางที่ 3.19 รวมเป็นชุดภาพทั้งหมด 200 ภาพ เพื่อใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.19

ตารางแสดงภาพมุมมองด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.20

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ จากภาพมุมมองด้านหลัง ของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.21

ตารางแสดงผลการตัดภาพรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ จากภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะ ทั้ง 5 ประเภท ที่นำมาใช้ในการทดลอง



ตารางที่ 3.22

ตารางแสดงผลภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ



ตารางที่ 3.23

ตารางแสดงผลภาพผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จากภาพมุมทแยงด้านหลังของรถกระบะทั้ง 5 ประเภท ที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ



3.3.3.2 วิธีการทดลอง

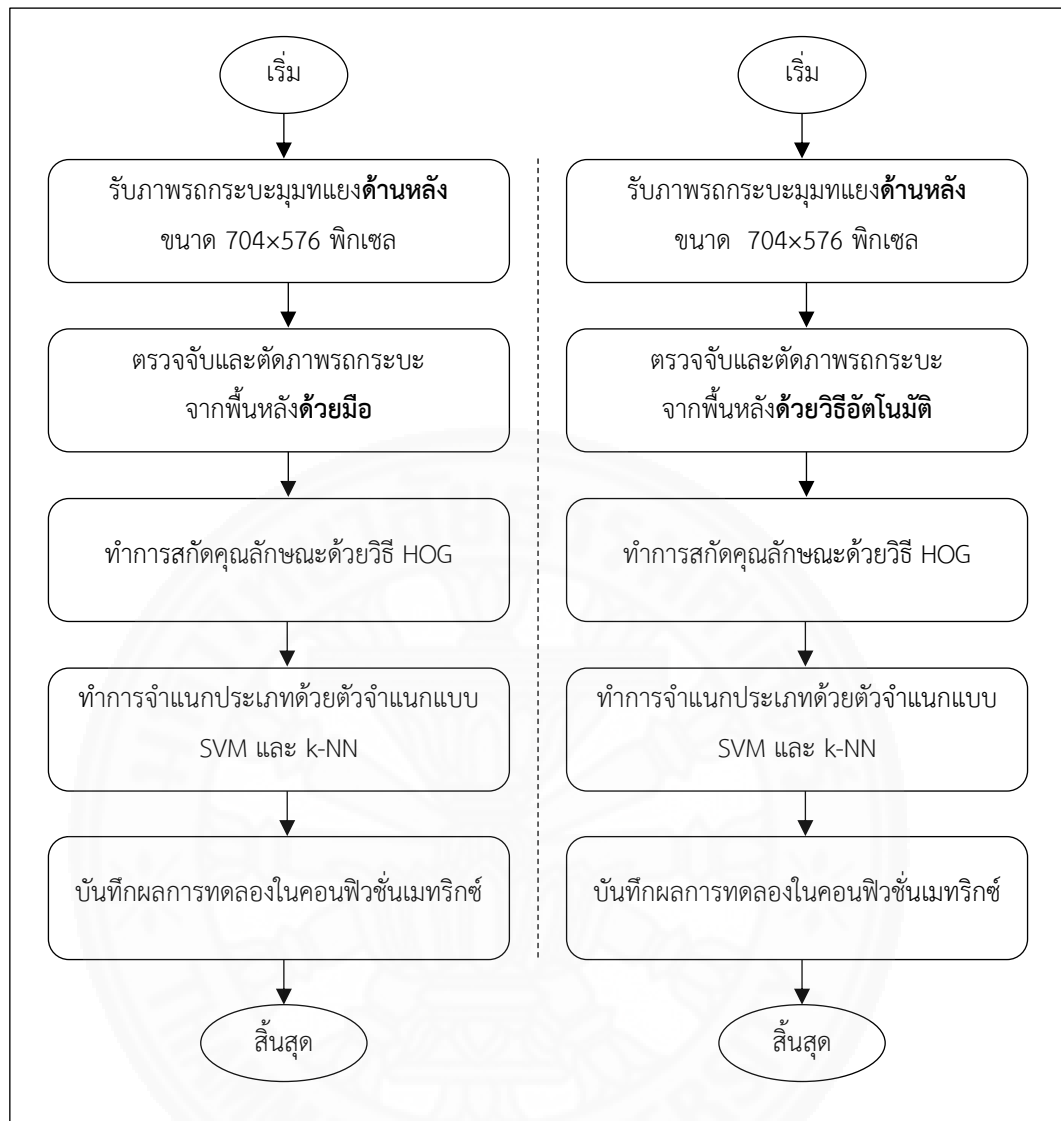
รับภาพมุกมทแยงด้านหลังจากชุดภาพสำหรับการทดลอง จากนั้นทำการตรวจจับและตัดภาพรกรกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ดังแสดงในตารางที่ 3.20 และ 3.21 ตามลำดับ และนำวัตถุที่ได้มาสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ดังแสดงภาพผลลัพธ์ในตารางที่ 3.22 และ 3.23 ตามลำดับ จากนั้นนำคุณลักษณะที่สกัดได้ไปใช้ในกระบวนการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องระหว่างการตรวจจับและตัดภาพรกรกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

3.3.3.3 ขั้นตอนการทดลอง

- (1) นำภาพมุกมทแยงด้านหลังของรกรกระบะจำนวน 200 รูป มาทำการตรวจจับรกรกระบะด้วยระบบอัตโนมัติ
- (2) นำภาพที่ได้ไปทำการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG
- (3) นำข้อมูลที่ได้ไปทำการจำแนก โดยใช้ตัวจำแนกแบบ SVM
- (4) ทำการทดลองซ้ำข้อ 1-3 โดยเปลี่ยนข้อ (3) เป็นใช้ตัวจำแนก แบบ k-NN โดยใช้ $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ตามลำดับ
- (5) บันทึกผลการทดลองลงในคอนฟิวชันเมทริกซ์ โดยสามารถอธิบายดังแสดงในภาพที่ 3.7

3.3.3.4 การวัดผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่บันทึกลงในคอนฟิวชันเมทริกซ์ มาคำนวณหาค่าร้อยละความถูกต้องของระบบ



ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนวิธีของการทดลองเปรียบเทียบการใช้วิธีการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือกับการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยใช้ภาพมุมทแยงด้านหลัง

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการออกแบบวิธีการทดลองในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงเฉพาะด้านหน้า และการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงเฉพาะด้านหลัง ซึ่งชุดภาพที่ใช้ในการทดลองเหล่านี้เป็นภาพที่ได้รับการตรวจจับและตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ผ่านกระบวนการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ที่นำไป ใช้ร่วมกับการจำแนกแบบ SVM ที่ใช้เคอร์เนลแบบเชิงเส้น และ k-NN เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบจำแนกรุ่นของรถกระบะ ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดของผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองในหัวข้อถัดไป

4.1 ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้แบ่งผลการทดลอง ออกเป็น 3 ส่วน เพื่อให้สอดคล้องกับการออกแบบการทดลองที่ได้ดำเนินการไปแล้วในบทที่ 3 โดยสรุปผลตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

4.1.1.1 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่าเมื่อตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

ตารางแสดงผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	40				
	สอง		40			
	สาม			40		
	สี่				40	
	ห้า					40

จากตารางที่ 4.1 เมื่อทำการจำแนกภาพรถกระบะทุกประเภทจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกร้อยละ 100

(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับวิธีการจำแนกรุ่นรถกระบะแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1*	97.5*
3	97.5
5	96.0
7	97.0
9	69.5

จากตารางที่ 4.2 พบว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุด ร้อยละ 97.5 เมื่อกำหนดให้ $k=1$ ซึ่งผลของการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k=1$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	40				
	สอง		40			
	สาม			40		
	ค.ม.				39	1
	ห้า				4	36

จากตารางที่ 4.3 เมื่อทำการจำแนกภาพรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ และใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN พบว่า

ระบบจำแนกภาพของรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง สอง และ สาม ได้ถูกต้องทั้งหมด แต่จำแนกภาพของรถกระบะประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 1 คัน จำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 4 คัน ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 97.5

4.1.1.2 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะแบบ HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

		ประเภทที่ระบบทำนาย					
		ประเภท	<u>หนึ่ง</u>	<u>สอง</u>	<u>สาม</u>	<u>สี่</u>	<u>ห้า</u>
ประเภทที่ถูกต้อง	<u>หนึ่ง</u>		37	1	1	1	
	<u>สอง</u>			38			2
	<u>สาม</u>				38	2	
	<u>สี่</u>			2		33	5
	<u>ห้า</u>			1	1	7	31

จากตารางที่ 4.4 เมื่อจำแนกภาพรถกระบะที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN พบว่า ระบบจำแนกภาพของรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็น

ประเภทที่ ห้า จำนวน 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ ห้า จำนวน 2 และ 5 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1 ,1 และ 7 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 88.5

(2) ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะแบบ HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับวิธีการจำแนกรุ่นรถกระบะแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1	74.5
3	70.5
5*	76.5*
7	71.5
9	70.0

จากตารางที่ 4.5 เมื่อทำการจำแนกรุ่นรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุดร้อยละ 76.5 เมื่อกำหนดให้ $k=5$ ซึ่งผลของการจำแนกแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k -NN, $k = 5$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	34	2		4	
	สอง	3	35			2
	สาม	2	2	27	5	4
	สี่	1	3	1	32	3
	ห้า		5		10	25

จากตารางที่ 4.6 เมื่อทำการจำแนกภาพรถกระบะที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และใช้ตัวจำแนกแบบ k -NN พบว่า ระบบจำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 2 และ 4 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง และ ห้า จำนวน 3 และ 2 คันตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สี่ และ ห้า จำนวน 2 , 2 , 5 และ 4 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ ห้า จำนวน 1 , 3 , 1 และ 3 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 5 และ 10 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 76.5

สรุปผลการทดลอง 4.1.1

จากผลการทดลองในข้อ 4.1.1.1 และ 4.1.1.2 สามารถสรุปและเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
ด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

การตัดภาพ	ตัวจำแนก	ร้อยละความถูกต้อง
มือ	SVM	100
	k-NN	97.5
อัตโนมัติ	SVM	88.5
	k-NN	76.5

จากตารางที่ 4.7 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง
ด้านหน้าและด้านหลังที่ผ่านการตัดภาพด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าภาพที่ผ่านการ
ตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติในทุกการทดลอง ซึ่งการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกที่สอดคล้อง
กับสมมติฐานข้อที่ 3.3 (ก) ที่ว่า ระบบตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ
สามารถให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผลการจำแนกโดยการตัดภาพ
ด้วยมือ แต่การใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN ยังให้ผลการจำแนกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในสมมติฐาน

อีกทั้ง ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและ
ด้านหลังที่ใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN
ในทุกการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3.3 (ค) ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่น
ของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k - NN

4.1.2 ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

4.1.2.1 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ผลการจำแนกแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8

ตารางแสดงผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

ประเภทที่ระบบทำนาย						
	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
ประเภทที่ถูกต้อง	หนึ่ง	40				
	สอง		40			
	สาม			40		
	สี่				40	
	ห้า					40
	หก					

จากตารางที่ 4.8 เมื่อทำการจำแนกภาพรถกระบะทุกประเภทจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100

(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับวิธีการจำแนกรุ่นรถกระบะแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1	99.0
3	99.0
5*	99.5*
7	99.5
9	99.0

จากตารางที่ 4.9 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุดร้อยละ 99.5 เมื่อกำหนดให้ $k=5$ ซึ่งผลของการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k -NN, $k = 5$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	40				
	สอง		40			
	สาม			40		
	สี่				39	1
	ห้า					40

จากตารางที่ 4.10 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k -NN พบว่า ระบบจำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ ห้า ถูกต้องทั้งหมด โดยจำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 1 คัน ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 99.5

4.1.2.2 ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

ประเภทที่ระบบทำนาย							
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า	
	หนึ่ง	38			1	1	
	สอง		38			2	
	สาม				37	3	
	สี่					37	3
	ห้า			1		6	33

จากตารางที่ 4.11 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สี่ และ ห้า ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 3 คัน และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 1 และ 6 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.5

(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับวิธีการจำแนกรุ่นรถกระบะแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมตงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1*	89.0*
3	83.0
5	81.5
7	79.5
9	77.5

จากตารางที่ 4.12 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมตงด้านหน้า โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุดร้อยละ 89.0 เมื่อกำหนดให้ $k=1$ ซึ่งผลของการจำแนกแสดงดังตาราง ที่ 4.13

ตารางที่ 4.13

ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมตงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	39			1	
	สอง	1	37		1	1
	สาม		2	34	2	2
	สี่				35	5
	ห้า		1	1	5	33

จากตารางที่ 4.13 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN พบว่าระบบจำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สี่ และ ห้า ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สอง สี่ และ ห้า ประเภทละ 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 5 คัน และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1 , 1 และ 5 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 89.0

สรุปผลการทดลอง 4.1.2

จากผลการทดลองในข้อ 4.1.2.1 และ 4.1.2.2 สามารถสรุปและเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

การตัดภาพ	ตัวจำแนก	หน้าและหลัง (%)	ด้านหน้า (%)
มือ	SVM	100	100
	k-NN	97.5	99.5
อัตโนมัติ	SVM	88.5	91.5
	k-NN	76.5	89.0

จากตารางที่ 4.14 สามารถสรุปได้ว่า ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ผ่านการตัดภาพด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าภาพที่ผ่านการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติในทุกการทดลอง ซึ่งการใช้ตัวจำแนกทั้งแบบ SVM และ k-NN ให้ผลการจำแนกที่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อ 3.3 (ก) ที่ว่า ระบบตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ สามารถให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 80 ของผลการจำแนกโดยการตัดภาพด้วยมือ

อย่างไรก็ตามผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าภาพจากมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ข) ภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว หรือภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ทำได้ยากกว่าและให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกน้อยกว่าภาพมุมทแยงด้านหน้าดังจะเห็นได้ในผลการทดลองที่ 4.1.3 ดังนั้น การนำภาพมุมทแยงด้านหน้ามาใช้ในการจำแนกร่วมกับภาพมุมทแยงด้านหลัง เป็นการเพิ่มสัญญาณรบกวนให้แก่ตัวจำแนก จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกลดลง

ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ค) ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k - NN

4.1.3 ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังที่ได้จากการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

4.1.3.1 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังโดยตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15

ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	39				1
	สอง		38	1		1
	สาม		3	34	3	
	สี่				37	3
	ห้า		1		4	35

จากตารางที่ 4.15 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยมือ พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ สาม และ ห้า ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ ประเภทละ 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 3 คัน และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 1 และ 4 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.5

(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1*	88.5*
3	83.5
5	83.0
7	82.5
9	76.5

จากตารางที่ 4.16 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุดร้อยละ 88.5 เมื่อกำหนดให้ $k=1$ ซึ่งผลของการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17

ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k=1$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	38			2	
	สอง	1	37	1	1	
	สาม		3	34	3	
	สี่				34	6
	ห้า		1	1	4	34

จากตารางที่ 4.17 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN พบว่า ระบบจำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม และ สี่ ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ ประเภทละ 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 6 คัน และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1 , 1 และ 4 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 88.5

4.1.3.2 ผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ

(1) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18

ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า	
หนึ่ง	34	1	3	2		
สอง		34	3		3	
สาม			35	2	3	
สี่			3	28	9	
ห้า	2		3	7	28	

จากตารางที่ 4.18 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1 , 3 และ 2 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ สาม และ ห้า ประเภทละ 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ และ ห้า จำนวน 2 และ 3 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ สาม และ ห้า จำนวน 3 และ 9 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม และ สี่ จำนวน 2 , 3 และ 7 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 79.5

(2) ผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ แบบ k-NN

จากการทดลองพบว่า เมื่อตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยระบบอัตโนมัติ แล้วนำภาพไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN เมื่อกำหนดค่า $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9 ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN, $k = 1, 3, 5, 7$ และ 9

k-NN	ร้อยละความถูกต้อง
1*	70.0*
3	62.5
5	62.0
7	64.0
9	64.5

จากตารางที่ 4.19 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังโดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุดร้อยละ 70.0 เมื่อกำหนดให้ $k=1$ ซึ่งผลของการจำแนก แสดงดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k -NN, $k = 1$

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	31	4		5	
	สอง	1	32		1	6
	สาม	1	3	28	6	2
	สี่	1		3	29	7
	ห้า	1	2	1	16	20

จากตารางที่ 4.20 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k -NN เมื่อกำหนดให้ $k=1$ พบว่า ระบบจำแนกภาพรถกระบะประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 4 และ 5 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สี่ และ ห้า จำนวน 1, 1 และ 6 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สี่ และ ห้า จำนวน 1, 3, 6 และ 2 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม และ ห้า จำนวน 1, 3 และ 7 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ สี่ จำนวน 1, 2, 1 และ 16 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 70.0

สรุปผลการทดลอง 4.1.3

จากผลการทดลองในข้อ 4.1.3.1 และ 4.1.3.2 สามารถสรุปและเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21

ตารางแสดงค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมูมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และภาพมูมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

		หน้าและหลัง		หน้า		หลัง	
		ด้วยมือ	อัตโนมัติ	ด้วยมือ	อัตโนมัติ	ด้วยมือ	อัตโนมัติ
SVM		100.0	88.5	100.0	91.5	91.5	79.5
k-NN	1	97.5	74.5	99.0	89.0	88.5	70.0
	3	97.5	70.5	99.0	83.0	83.5	62.5
	5	96.0	76.5	99.5	81.5	83.0	62.0
	7	97.0	71.5	99.5	79.5	82.5	64.0
	9	96.5	70.0	99.0	77.5	76.5	64.5

จากตารางที่ 4.21 สามารถสรุปได้ว่า ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมูมทแยงด้านหลังที่ผ่านการตัดภาพด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าภาพที่ผ่านการตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติในทุกการทดลอง ซึ่งการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกที่สอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ก) ระบบตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติสามารถให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผลการจำแนกโดยการตัดภาพด้วยมือ แต่การใช้ตัวจำแนกแบบ k-NN ยังให้ผลการจำแนกที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในสมมติฐาน

ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมูมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียวให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกต่ำกว่าภาพจากมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง และภาพจากมูมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ข) ภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลังให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดีกว่าภาพมูมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว หรือภาพมูมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว

ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมูมทแยงด้านหลังที่ใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ค) ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k – NN

4.2 สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ 4.1.1 – 4.1.3 พบว่าการจำแนกรุ่นของรถกระบะ จากการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ให้ผลการจำแนกได้ดีกว่าการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ เนื่องจากความแม่นยำในการตัดเส้นขอบของวัตถุ (Boundary) ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะทั้งจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว โดยตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง และการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุด ตามด้วยภาพจากมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง และภาพจากมุมทแยงด้านหลัง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN

การตัดภาพ	ตัวจำแนก	หน้าและหลัง(%)	หน้า (%)	หลัง (%)
มือ	SVM	100	100	91.5
	k-NN	97.5	99.5	88.5
อัตโนมัติ	SVM	88.5	91.5	79.5
	k-NN	76.5	89.0	70.0

จากผลการทดลองข้างต้น จะสามารถสังเกตได้ว่า การตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (Auto Crop) ยังขาดความแม่นยำ ในการตัดส่วนที่เป็นตัวรถ ส่งผลให้การทำงานของระบบจำแนกรุ่นของรถกระบะมีประสิทธิภาพลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ การตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ (Manual Crop) แสดงดังภาพที่ 4.1



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.1 (ก) แสดงการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ

(ข) แสดงการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ

เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของรถกระบะบางคันที่วิ่งอยู่บนท้องถนน อาจถูกดัดแปลง แต่งเติม หรือมีสภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากรูปแบบปกติ ทำให้ระบบอัตโนมัติไม่สามารถตัดภาพเฉพาะส่วนที่เป็นตัวรถกระบะได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น การตัดภาพด้วยมือ จึงเป็นวิธีที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามลักษณะทางกายภาพและตำแหน่งของตัวรถกระบะในภาพที่ไม่แน่นอนได้ โดยผลลัพธ์จากการทดลองตัดภาพด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องสูงกว่าการตัดภาพด้วยระบบอัตโนมัติในทุกการทดลอง

จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทของภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลังด้วยตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 สำหรับภาพที่ตัดด้วยมือ และร้อยละ 88.5 สำหรับภาพที่ตัดด้วยวิธีอัตโนมัติ (คิดเป็น ร้อยละ 88.5 ของการตัดภาพด้วยมือ) สอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ก) ที่ว่า ระบบตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ สามารถให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผลการจำแนกโดยการตัดภาพด้วยมือ

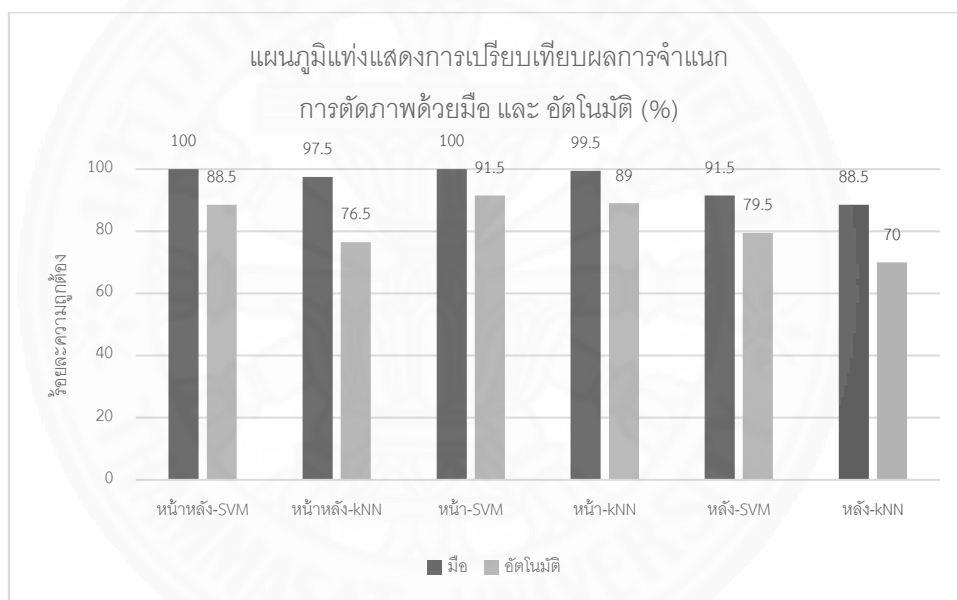
ในขณะที่ตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องของการการจำแนกภาพที่ตัดด้วยมือ ร้อยละ 97.5 และค่าความถูกต้องภาพที่ตัดด้วยระบบอัตโนมัติร้อยละ 76.5 (คิดเป็น ร้อยละ 78.46 ของการตัดภาพด้วยมือ) ซึ่งพบว่าการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมูมทแยงด้านหน้าและด้านหลังด้วยตัวจำแนกแบบ k-NN ยังให้ผลได้ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้

การจำแนกประเภทของภาพมูมทแยงด้านหน้าด้วยตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 สำหรับภาพที่ตัดด้วยมือ และร้อยละ 91.5 สำหรับภาพที่ตัดด้วยวิธีอัตโนมัติ (คิดเป็นร้อยละ 91.5 ของการตัดภาพด้วยมือ) โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับตัวจำแนกประเภทแบบ k-NN ที่ให้ค่าความถูกต้องของภาพที่ตัดด้วยมือเท่ากับร้อยละ 99.5 และภาพที่ตัดด้วยวิธีอัตโนมัติเท่ากับ ร้อยละ 89.5 (คิดเป็น ร้อยละ 89.95 ของการตัดภาพด้วยมือ) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ก)

การจำแนกประเภทของภาพมุมทแยงด้านหลังด้วยวิธี SVM ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 91.5 สำหรับภาพที่ตัดด้วยมือ และร้อยละ 79.5 สำหรับภาพที่ตัดด้วยระบบอัตโนมัติ (คิดเป็น ร้อยละ 86.89 ของการตัดภาพด้วยมือ) สอดคล้องกับสมมติฐานในข้อที่ 3.3 (ก)

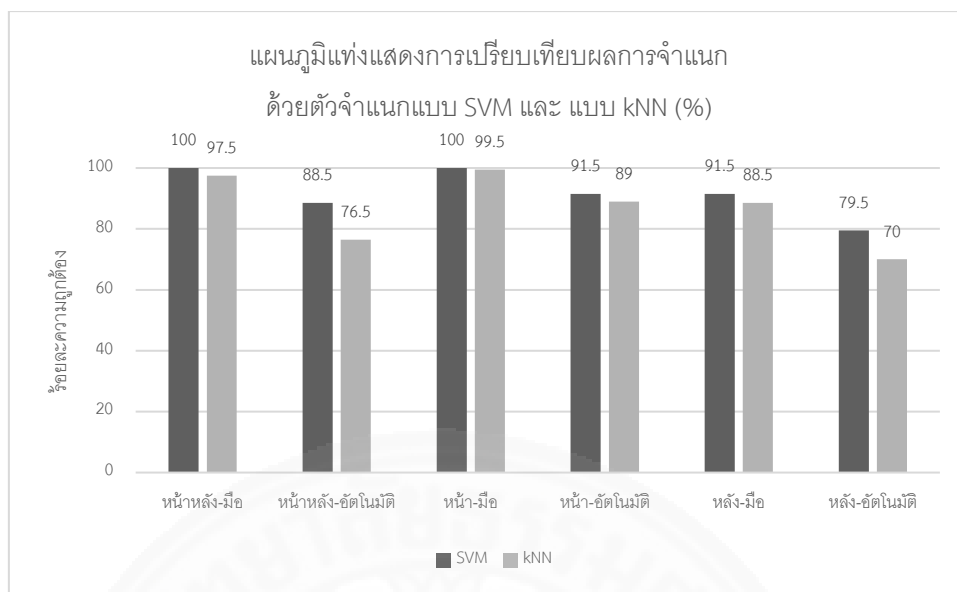
ในขณะที่ตัวจำแนกแบบ k-NN ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกภาพที่ตัดด้วยมือเท่ากับ ร้อยละ 88.5 และภาพที่ตัดด้วยระบบอัตโนมัติเท่ากับ ร้อยละ 70.0 (คิดเป็น ร้อยละ 79.10 ของภาพที่ตัดด้วยมือ) ซึ่งพบว่าการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังด้วยตัวจำแนกแบบ k-NN ยังให้ผลได้ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้

โดยแสดงการเปรียบเทียบผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะ ออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบ ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง ด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้าและภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัด ภาพด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ

นอกจากนี้ ยังสามารถสรุปจากผลการทดลองได้ว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะด้วยตัว จำแนกแบบ SVM ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกสูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง โดย แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกของ SVM และ k-NN ดังภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลการจำแนกประเภทแบบ SVM และ k-NN

จากภาพที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100 สำหรับตัวจำแนกแบบ SVM และร้อยละ 97.5 สำหรับตัวจำแนกแบบ k-NN ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกด้วยตัวจำแนกแบบ SVM สูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN คือ ร้อยละ 88.5 และ 76.5 ตามลำดับ

การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100 สำหรับตัวจำแนกแบบ SVM และร้อยละ 99.5 สำหรับตัวจำแนกแบบ k-NN ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกด้วยตัวจำแนกแบบ SVM สูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN คือ ร้อยละ 91.5 และ 89.0 ตามลำดับ

การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.5 สำหรับตัวจำแนกแบบ SVM และร้อยละ 88.5 สำหรับตัวจำแนกแบบ k-NN ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังที่ตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกด้วยตัวจำแนกแบบ SVM สูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN คือ ร้อยละ 79.5 และ 70.0 ตามลำดับ

จากผลการทดลองข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าตัวจำแนกแบบ SVM ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงสูงกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

ข้อ 3.3 (ค) ที่ว่า ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ $k - NN$

นอกจากนี้ ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของระบบในการจำแนกประเภทของภาพมุกตลกแยงด้านหน้า มีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงกว่าภาพมุกตลกแยงด้านหลัง เนื่องจากภาพในมุกตลกแยงด้านหน้าให้รายละเอียดที่ค่อนข้างชัดเจน มีตราสัญลักษณ์และรูปแบบเค้าโครงของรถแต่ละรุ่นที่เป็นเอกลักษณ์สามารถสังเกตเห็นได้ โดยแสดงตัวอย่างเปรียบเทียบภาพมุกตลกแยงด้านหน้าและด้านหลัง ดังภาพที่ 4.4 เมื่อนำไปสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG จึงสามารถให้คุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพในการจำแนก (Discrimination Power) สูงกว่าคุณลักษณะที่สกัดจากภาพมุกตลกแยงด้านหลัง และแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุกตลกแยงแต่ละด้าน แสดงดังภาพที่ 4.5



(ก)



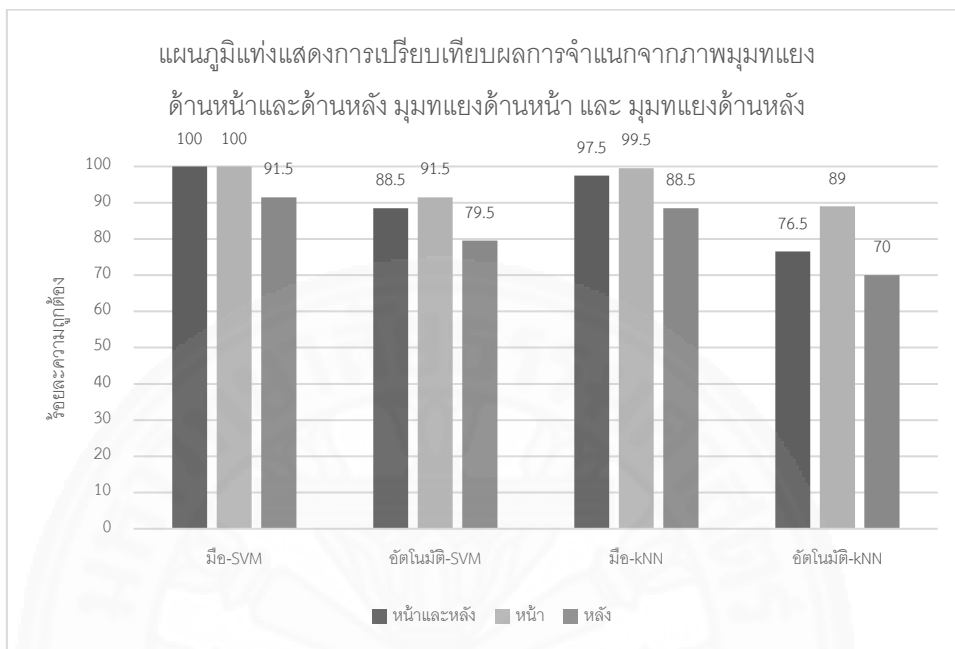
(ข)

ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงการเปรียบเทียบ (ก) ภาพมุกตลกแยงด้านหน้า (ข) ภาพมุกตลกแยงด้านหลัง

การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหน้าและด้านหลัง ร้อยละ 100 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหน้า และร้อยละ 91.5 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหลัง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกภาพมุกตลกแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุกตลกแยงด้านหน้า และภาพมุกตลกแยงด้านหลัง ร้อยละ 88.5, 91.5 และ 79.5 ตามลำดับ

ในขณะเดียวกัน การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ $k-NN$ ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 97.5 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหน้าและด้านหลัง ร้อยละ 99.5 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหน้า และร้อยละ 88.5 สำหรับภาพมุกตลกแยงด้านหลัง ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกภาพมุกตลกแยงด้านหน้าและ

ด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง ร้อยละ 76.5, 89.0 และ 70.0 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบ ผลการจำแนกประเภทของภาพมุมทแยงด้านหน้า และด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถ กระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือและด้วยวิธีอัปเดตโนมิติ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการทดลองการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และด้านหลังเพียงอย่างเดียว ด้วยวิธีการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และด้วยวิธีอัปเดตโนมิติจะพบว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าให้ผลการจำแนกสูงกว่าการใช้ภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง และการใช้ภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานในข้อ 3.3 (ข) ที่ว่า ภาพมุมทแยงด้านหน้า และด้านหลังให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะ ได้ดีกว่าภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว หรือ ภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว อันเนื่องมาจาก ภาพมุมทแยงด้านหลังนั้นมีความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่ง (Location Variation) และมุมมอง (Angle Variation) สูงกว่าภาพมุมทแยงด้านหน้า รวมทั้งมีพื้นหลังของภาพซึ่งถือเป็นสัญญาณรบกวนในการสกัดและจำแนกรุ่นของรถกระบะ ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกด้วยภาพมุมทแยงด้านหลังต่ำกว่าการใช้ภาพมุมทแยงด้านหน้า และเมื่อนำภาพมุมทแยงด้านหลังมาใช้ในการจำแนกรุ่นของรถกระบะร่วมกับภาพมุมทแยงด้านหน้า จึงเป็นการเพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าสู่ระบบจำแนก ทำให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจาก

ภาพมุกตบแต่งด้านหน้าและด้านหลังนั้นมีประสิทธิภาพน้อยกว่าการใช้ภาพมุกตบแต่งด้านหน้าเพียงอย่างเดียว

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุกตบแต่งด้านหน้า โดยการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG กับการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ สามารถนำไปใช้ในกระบวนการจำแนกรุ่นของรถกระบะอย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ที่ใช้เคอร์เนลแบบเชิงเส้น ซึ่งให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุกตบแต่งด้านหน้าได้ดีกว่าการใช้ภาพมุกตบแต่งด้านหน้าร่วมกับด้านหลัง และการใช้ภาพมุกตบแต่งด้านหลังเพียงอย่างเดียว อันเนื่องมาจาก ภาพมุกตบแต่งด้านหลังนั้น มีความเปลี่ยนแปลง (Variation) ของตำแหน่ง และมุมมองของภาพ สูงกว่าภาพมุกตบแต่งด้านหน้า รวมถึงมีภาพพื้นหลังซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนเข้ามาในกระบวนการจำแนกรุ่นของรถกระบะด้วย

เมื่อพิจารณาผลการทดลองจะพบว่า การตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ยังมีประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะต่ำกว่าการตัดภาพรถกระบะด้วยมือ ซึ่งสังเกตได้จาก กระบวนการตัดภาพอัตโนมัติมักจะตัดภาพส่วนที่เป็นตัวรถกระบะซึ่งถือเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการจำแนกออกไป หรือตัดภาพส่วนที่เป็นพื้นหลังซึ่งถือเป็นสัญญาณรบกวนเข้ามาด้วย จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะลดลง

ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติให้มีความแม่นยำ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะให้ดียิ่งขึ้น ในหัวข้อถัดไป

4.3 การพัฒนาประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะ

จากสรุปผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.2 จะพบว่า การตัดภาพรถกระบะจากพื้นหลังด้วยมือ นั้นให้ประสิทธิภาพในการจำแนกได้ดีว่า การตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ และตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ภาพมุกตบแต่งด้านหน้าเพียงอย่างเดียวให้ประสิทธิภาพในการจำแนกสูงที่สุด เมื่อเทียบกับการใช้ภาพมุกตบแต่งทั้งด้านหน้าและด้านหลัง หรือการใช้ภาพมุกตบแต่งด้านหลังเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกนำตัวจำแนกแบบ SVM มาใช้ในการทดลองกับภาพมุกตบแต่งด้านหน้าและด้านหลัง เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการจำแนกต่อไป

จากการสังเกตพบว่า ผลจากการจำแนกภาพที่ได้จากการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกน้อยกว่าการตัดภาพด้วยมือ เนื่องจากวิธีการ

ดังกล่าวยังไม่สามารถตัดส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวนในพื้นที่หลังออกไปได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิด ที่จะพัฒนาประสิทธิภาพของการตรวจจับและตัดภาพรบกวนออกจากพื้นที่หลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ให้สามารถนำไปใช้ร่วมกับตัวจำแนกได้ดียิ่งขึ้น

โดยได้ทำการออกแบบการตัดภาพรบกวนออกจากพื้นที่หลังด้วยวิธีอัตโนมัติ 3 วิธี ได้แก่

อัตโนมัติ (ก) กำหนดบริเวณที่สนใจ (ROI) แบบคงที่ แล้วทำการลบภาพพื้นที่หลัง จากนั้นสร้างพื้นที่สี่เหลี่ยมปิดล้อมวัตถุ (Bounding Box) และนำตำแหน่งของพื้นที่ดังกล่าวไปใช้ในการตัดภาพรบกวนจากภาพอินพุต ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีเดียวกันกับที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 การทดลองที่ผ่านมา แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ ดังภาพที่ 4.6 (ก)

อัตโนมัติ (ข) กำหนดบริเวณที่สนใจแบบคงที่ แล้วทำการลบภาพพื้นที่หลัง จากนั้นนำภาพที่ได้ไปใช้ในการสกัดคุณลักษณะต่อไป แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ ดังภาพที่ 4.6 (ข)

อัตโนมัติ (ค) กำหนดบริเวณที่สนใจแบบคงที่ แล้วทำการลบภาพพื้นที่หลัง โดยใช้ภาพพื้นที่หลังที่มีการกำหนดรูปแบบของบริเวณที่สนใจ (ROI Pattern) เพื่อช่วยในการตัดบริเวณพื้นที่หลังที่คาดว่าจะเป็นสัญญาณรบกวนและคงสภาพบริเวณที่เป็นตัวรถไว้ แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ ดังภาพที่ 4.6 (ค)



อัตโนมัติ (ก)



อัตโนมัติ (ข)



อัตโนมัติ (ค)

ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงผลลัพธ์จากการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) (ข) และ (ค) จากภาพมุมทแยงด้านหน้า

จากนั้น ทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตัดภาพรบกวนออกจากพื้นที่หลังด้วยวิธีอัตโนมัติทั้ง 3 วิธี ซึ่งจะทำการทดลองกับภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และด้านหลังเพียงอย่างเดียว โดยการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการทดลอง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.23

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก)

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	38			1	1
	สอง		38			2
	สาม			37	3	
	สี่				37	3
	ห้า		1		6	33

จากตารางที่ 4.23 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สี่ และ ห้า อย่างละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 2 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 3 คัน และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง และ สี่ จำนวน 1 และ 6 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.50

ตารางที่ 4.24

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข)

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	35	1	2	2	
	สอง	4	32	1		3
	สาม	2	1	33	4	
	สี่		2	1	30	7
	ห้า	1			3	36

จากตารางที่ 4.24 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1 , 2 และ 2 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม และ ห้า จำนวน 4, 1 และ 3 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง และ สี่ จำนวน 2, 1 และ 4 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ ห้า จำนวน 2, 1 และ 7 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง และ สี่ จำนวน 1 และ 3 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 83.00

ตารางที่ 4.25

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค)

ประเภทที่ระบบทำนาย							
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า	
	หนึ่ง	40					
	สอง		39			1	
	สาม				38	1	1
	สี่	1				36	3
	ห้า					3	37

จากตารางที่ 4.25 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ถูกต้องทั้งหมด จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ ห้า จำนวน 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ และ ห้า ประเภทละ 1 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง และ ห้า จำนวน 1 และ 3 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สี่ จำนวน 3 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 95.00

ตารางที่ 4.26

ตารางแสดงผลการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก)

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	34	1	3	2	
	สอง		34	3		3
	สาม			35	2	3
	สี่			3	28	9
	ห้า	2		3	7	28

จากตารางที่ 4.26 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 1, 3 และ 2 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ สาม และ ห้า อย่างละ 3 คัน จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ สี่ และ ห้า จำนวน 2 และ 3 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ สาม และ ห้า จำนวน 3 และ 9 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม และ สี่ จำนวน 2, 3 และ 7 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 79.5

ตารางที่ 4.27

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข)

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	22	5	4	7	2
	สอง	3	25	5	1	6
	สาม	4	5	18	3	10
	สี่	5	6	1	23	5
	ห้า		7	5	5	23

จากตารางที่ 4.27 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ข) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม สี่ และ ห้า จำนวน 5, 4, 7, และ 2 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม สี่ และ ห้า จำนวน 3, 5, 1 และ 6 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สี่ และ ห้า จำนวน 4, 5, 3 และ 10 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ ห้า จำนวน 5, 6, 1 และ 5 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม และ สี่ จำนวน 7, 5 และ 5 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 56.00

ตารางที่ 4.28

ตารางแสดงผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค)

ประเภทที่ระบบทำนาย						
ประเภทที่ถูกต้อง	ประเภท	หนึ่ง	สอง	สาม	สี่	ห้า
	หนึ่ง	28	1	3	5	3
	สอง	5	30	1	1	3
	สาม	1	1	25	5	8
	สี่	7	1	2	22	8
	ห้า	2	2	2	10	24

จากตารางที่ 4.28 เมื่อทำการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง ที่ผ่านการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค) พบว่า ระบบจำแนกภาพรถประเภทที่ หนึ่ง ผิดเป็นประเภทที่ สอง สาม สี่ และ ห้า จำนวน 1, 3, 5, และ 3 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สอง ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สาม สี่ และ ห้า จำนวน 5, 1, 1 และ 3 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สาม ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สี่ และ ห้า จำนวน 1, 1, 5 และ 8 คัน ตามลำดับ จำแนกภาพรถประเภทที่ สี่ ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ ห้า จำนวน 7, 1, 2 และ 8 คัน ตามลำดับ และจำแนกภาพรถประเภทที่ ห้า ผิดเป็นประเภทที่ หนึ่ง สอง สาม และ สี่ จำนวน 2, 2, 2 และ 10 คัน ตามลำดับ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 65.00

ตารางที่ 4.29

ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า และภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก), (ข) และ (ค)

การตัดภาพ	ด้านหน้า (%)	ด้านหลัง (%)
วิธีอัตโนมัติ (ก)	91.5	79.5
วิธีอัตโนมัติ (ข)	83	56
วิธีอัตโนมัติ (ค)*	95*	65

จากตารางที่ 4.29 พบว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้า โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค) ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกสูงที่สุดถึงร้อยละ 95 เนื่องมาจากการกำหนดรูปแบบของบริเวณที่สนใจ (ROI Pattern) ช่วยในการตัดพื้นหลังซึ่งถือเป็นสัญญาณรบกวนออก จึงเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนก และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอัตโนมัติ (ก) และ (ข) ที่ให้ผลในการจำแนก ร้อยละ 91.5 และ 83 ตามลำดับ พบว่าวิธีอัตโนมัติ (ข) ให้ผลการจำแนกต่ำที่สุดเนื่องจาก เมื่อสังเกตจากภาพผลลัพธ์ที่ได้ ตัวรถกระบะถูกลบออกไปอย่างมาก จึงทำให้ข้อมูลสำคัญในการจำแนกขาดหายไป ดังแสดงในภาพที่ 4.7 จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกลดลง



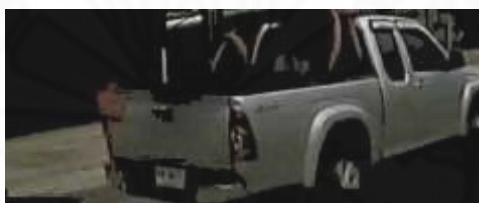
ภาพที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ข) จากภาพมุมทแยงด้านหน้า เมื่อตัวรถถูกลบขาดหายไป

เมื่อพิจารณาผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลัง โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกสูงที่สุดถึง ร้อยละ 79.5 ซึ่งสูงกว่าวิธีอัตโนมัติ (ข) ที่ให้ผลในการจำแนก ร้อยละ 56 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก ตัวรถกระบะ

จากภาพมุมทแยงด้านหลังถูกลบออกไปอย่างมาก จึงทำให้ข้อมูลสำคัญในการจำแนกขาดหายไป ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 4.8 ในขณะที่ วิธีอัตโนมัติ (ค) สามารถให้ผลการจำแนกได้ดีกว่า วิธีอัตโนมัติ (ข) เนื่องจาก รูปแบบของบริเวณที่สนใจนั้นช่วยให้สามารถรักษาบริเวณที่เป็นตัวรถเอาไว้ได้ แต่เนื่องจากภาพมุมทแยงด้านหลังมีความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งและมุมที่ค่อนข้างสูงในแต่ละภาพ จึงทำให้ รูปแบบของพื้นที่สนใจเกิดความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในตัวอย่างในภาพที่ 4.9 จึงส่งผลให้การจำแนกไม่ดีเท่าที่ควร



ภาพที่ 4.8 แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ข) จากภาพมุมทแยงด้านหลัง เมื่อตัวรถถูกลบขาดหายไป



ภาพที่ 4.9 แสดงผลลัพธ์ของวิธีอัตโนมัติ (ค) จากภาพมุมทแยงด้านหลัง เมื่อใช้รูปแบบของพื้นที่สนใจ

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อนำรูปแบบของบริเวณที่สนใจเข้าไปใช้ในการตัดภาพรถกระบะ จากภาพมุมทแยงด้านหน้า ด้วยวิธีอัตโนมัติ นั้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะด้วยวิธีอัตโนมัติ (ก) จากร้อยละ 91.5 เพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 95 ด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค) เนื่องจากการช่วยกำจัดสัญญาณรบกวนออก ก่อนที่จะนำไปสกัดคุณลักษณะและจำแนกประเภท

ในขณะที่การใช้รูปแบบของบริเวณที่สนใจกับภาพมุมทแยงด้านหลัง ด้วยวิธีอัตโนมัติ (ค) พบว่า ยังไม่สามารถช่วยในการกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดีเท่าที่ควรเนื่องจาก ภาพมุมทแยงด้านหลังนั้นมีความเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งและมุมมองค่อนข้างมาก ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละภาพ จึงทำให้การลบภาพไม่ตรงกับรูปแบบของบริเวณที่สนใจที่กำหนดไว้ จึงยังคงมีสัญญาณรบกวนเข้าไปสู่ระบบจำแนก ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น การนำรูปแบบของบริเวณที่สนใจไปช่วยในการกำจัดสัญญาณรบกวน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกก็ต่อเมื่อ วัตถุอยู่ในที่บริเวณที่สนใจเท่านั้น

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสถิติการโจรกรรมรถยนต์ที่เพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับเทคนิควิธีที่อาชญากรนำมาใช้ภายหลังการก่ออาชญากรรม เพื่อหลบหนี ปิดบัง หรือนำเอารถของกลางไปใช้ในการกระทำสิ่งผิดกฎหมาย ไม่ว่าจะเป็นการสวมแผ่นป้ายทะเบียนปลอม การสวมแผ่นป้ายทะเบียนจากรถยนต์ที่เกิดอุบัติเหตุ หรือเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของตัวรถ ทำให้เจ้าหน้าที่ตำรวจตรวจสอบติดตามและจับกุมผู้กระทำความผิดมาดำเนินคดีได้ยาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษา ออกแบบ และพัฒนา ระบบตรวจจับและรู้จำรุ่นของรถกระบะได้อย่างอัตโนมัติ โดยสามารถนำไปใช้ร่วมกับการตรวจสอบหมายเลขทะเบียน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและแบ่งเบาภาระงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจ ซึ่งหลังจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก็พบว่า มีเทคนิควิธีที่ใช้ในการสกัดคุณลักษณะ และวิธีการจำแนกประเภทมากมายที่นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และจากการทดลองเบื้องต้น พบว่า การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG เหมาะสมกับงานวิจัยเกี่ยวกับการจำแนกรุ่นของรถกระบะมากที่สุด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกรุ่นของรถกระบะ จากภาพมุมทแยงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงเฉพาะด้านหน้า และการทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงเฉพาะด้านหลัง โดยทำการทดลองเปรียบเทียบการตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยมือกับด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือส่งผลต่อประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะทั้งจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง ภาพมุมทแยงด้านหน้าเพียงอย่างเดียว และภาพมุมทแยงด้านหลังเพียงอย่างเดียว โดยตัวจำแนกแบบ SVM ให้ผลการจำแนกได้ดีกว่าตัวจำแนกแบบ k-NN ในทุกการทดลอง และการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงที่สุด ตามด้วยภาพจากมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง และภาพจากมุมทแยงด้านหลัง ตามลำดับ จากนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาระบบตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยการใช้รูปแบบของพื้นที่สนใจ ซึ่งเป็นการช่วยลดสัญญาณรบกวน และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบจำแนก

เนื้อหาในบทนี้ จะกล่าวถึง การสรุปผลการดำเนินงานวิจัย การนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคต ข้อเสนอแนะในการนำไปพัฒนา และปัญหาอุปสรรคในการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะศึกษา ออกแบบ และพัฒนา ระบบตรวจจับและรู้จำรุ่นของรถ กระบะได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ควบคู่กับระบบการตรวจจับและรู้จำป้ายทะเบียนรถยนต์ ในการสืบค้นข้อมูลรถยนต์ที่ทำการจดทะเบียนไว้กับกรมการขนส่งทางบก เพื่อช่วยให้การตรวจสอบ คัดกรอง รถยนต์ต้องสงสัยเป็นไปได้ด้วยความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

จึงได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ตลอดจนข้อมูลทางสถิติต่างๆ ทำให้ได้มาซึ่งขอบเขตของงานวิจัยที่จะมุ่งเน้นไปที่การรู้จำรุ่นและยี่ห้อของรถกระบะ เนื่องจากรถกระบะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศ มียอดขายและสถิติการโจรกรรมสูงกว่ารถยนต์ประเภทอื่น จากนั้น จึงได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเก็บรวบรวมและประมวลผลแนวคิด และเทคนิควิธีที่นิยมใช้ในงานวิจัยประเภทเดียวกัน จึงพบว่า การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT, SURF และ HOG มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการจำแนกรุ่นของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำวิธีการสกัดคุณลักษณะดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM และ k-NN ทำให้ระบบสามารถจำแนกรุ่นของรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเบื้องต้นกับตัวอย่างภาพรถกระบะจากมุมทแยงด้านหน้า พบว่าการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าสูงกว่าการสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี SIFT และ SURF อย่างมีนัยสำคัญ และเพื่อเป็นการพัฒนาระบบจำแนกรุ่นของรถกระบะให้เป็นไปอย่างอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ แทนการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ทำให้ได้ภาพรถกระบะเป็นผลลัพธ์ เพื่อนำไปใช้ในการสกัดคุณลักษณะต่อไป ซึ่งภาพรถกระบะที่จะใช้ในการทดลองประกอบด้วยภาพรถกระบะ 5 ประเภท ประเภทละ 80 ภาพ แบ่งเป็นภาพมุมทแยงด้านหน้า 40 ภาพ และภาพมุมทแยงด้านหลัง 40 ภาพ รวมทั้งสิ้น 400 ภาพ โดยทำการเก็บรวบรวมจากภาพวิดีโอ ขนาด 704 x 576 พิกเซล ที่อัตรา 25 เฟรมต่อวินาที และเพื่อเป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการจำแนกรุ่นของรถกระบะ จากภาพมุมทแยงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ซึ่งเป็นภาพที่ได้จากการตัดภาพด้วยมือและด้วยวิธีอัตโนมัติ ผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- (1) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังโดยใช้การตรวจจับและตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN และ SVM
- (2) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าโดยใช้การตรวจจับและตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN และ SVM

(3) การทดลองจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังโดยใช้การตรวจจับและตัดภาพด้วยมือเปรียบเทียบกับวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับตัวจำแนกแบบ k-NN และ SVM

จากการดำเนินการทดลองพบว่า ในการทดลองที่ 1 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM โดยให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100 ในการทดลองที่ 2 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM โดยให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 100 ในการทดลองที่ 3 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM โดยให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.5

ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ดีที่สุดของการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ พบว่า ในการทดลองที่ 1 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลังดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 88.5 ในการทดลองที่ 2 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหน้าดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM โดยให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 91.5 ในการทดลองที่ 3 การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG ให้ผลการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยงด้านหลังดีที่สุด เมื่อทำการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ร่วมกับการใช้ตัวจำแนกแบบ SVM โดยให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 79.5 จะเห็นได้ว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกน้อยกว่า การจำแนกรุ่นของรถกระบะ โดยการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ ในทั้ง 3 การทดลอง

งานวิจัยนี้ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมทแยง โดยภาพมุมทแยงด้านหน้านั้น ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกสูงกว่าภาพมุมทแยงด้านหลัง เนื่องจากภาพมุมทแยงด้านหน้าสามารถเห็นรายละเอียด ส่วนประกอบและความโค้งเว้าของตัวรถได้ชัดเจนกว่า

ในขณะที่การสกัดคุณลักษณะด้วยวิธี HOG เมื่อใช้ร่วมกับตัวจำแนกแบบ SVM นั้น มีความสามารถในการจำแนก (Discrimination Power) รุ่นของรถกระบะได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้แสดงให้เห็นในการทดลองที่ผ่านมา แต่การตรวจจับและตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ นั้นยังเกิดความผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกรุ่นของรถกระบะลดลง เมื่อ

เทียบกับการตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยมือ และเมื่อพัฒนาระบบตัดภาพรถกระบะออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติ โดยการใช้รูปแบบของพื้นที่สนใจ มาช่วยลดสัญญาณรบกวน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจำแนกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยคาดว่าจะยังสามารถพัฒนากระบวนการตรวจจับและตัดภาพด้วยวิธีอัตโนมัติให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้นได้ในอนาคต

5.2 การนำไปประยุกต์ใช้

ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำระบบการจำแนกรุ่นของรถกระบะไปใช้ในการตรวจจับ วิเคราะห์ และตรวจสอบรถยนต์ที่วิ่งผ่านกล้องวงจรปิดอย่างอัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการตรวจจับและรู้จำแผ่นป้ายทะเบียน การตรวจจับสีของรถยนต์ เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดไปประมวลผลและตรวจสอบความถูกต้องในการจดทะเบียน สถานะของรถยนต์ รวมถึงการต่อภาษีประจำปีกับกรมการขนส่งทางบก

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

จากการศึกษาวิจัย พบปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ทั้งส่วนที่เกิดจากปัจจัยที่สามารถควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ ดังนี้

- 1) ภาพเบลอ เกิดจากหลายปัจจัย เช่น สภาพแสงที่มีไม่เพียงพอ ความเร็วของรถขณะเคลื่อนที่ผ่านกล้อง และคุณภาพของกล้องที่ใช้บันทึกภาพ เป็นต้น
- 2) การเตรียมข้อมูลใช้เวลานาน เนื่องจากข้อมูลดิบที่ผู้วิจัยได้รับอยู่ในรูปแบบของภาพวิดีโอที่มีความยาวประมาณ 60 นาทีต่อ 1 ไฟล์ ดังนั้น จึงต้องใช้เวลาค่อนข้างมากในการคัดเลือกภาพของรถกระบะรุ่นที่ต้องการทั้งภาพมุมทแยงด้านหน้าและด้านหลัง
- 3) การหาภาพรถกระบะรุ่นที่ต้องการต้องใช้ระยะเวลาและความเชี่ยวชาญ หากไม่มีความเชี่ยวชาญหรือคุ้นเคยกับภาพรถกระบะที่ต้องการแล้ว อาจทำให้เลือกภาพรถกระบะผิดรุ่นได้
- 4) ภาพรถกระบะที่ได้อาจเป็นรถที่มีการดัดแปลง หรือแต่งเติมลักษณะทางกายภาพ เช่น การเติมกันชนหน้า ซุ้มล้อ หรือจุดอื่นใดที่ส่งผลกระทบต่อการจำแนก

5.4 ข้อเสนอแนะในการนำไปพัฒนา

จากการศึกษาวิจัย ตลอดจนการประมวลผลที่ได้จากการทดลอง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะบางประการที่อาจเป็นประโยชน์กับงานวิจัยในอนาคต ดังนี้

- 1) พัฒนาการตรวจจับและตัดภาพออกจากพื้นหลังด้วยวิธีอัตโนมัติให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากในการทดลองพบว่า การตรวจจับภาพรถกระบะส่งผลต่อการจำแนกรุ่นอย่างมีนัยสำคัญ
- 2) พัฒนาระบบการจำแนกให้รองรับกับสภาพแสงและเงาที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างวัน
- 3) พัฒนาระบบการจำแนกให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในสถานะแสงน้อย หรืออาจพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานร่วมกับกล้องที่สามารถถ่ายภาพได้ชัดเจนในเวลากลางคืน
- 4) พัฒนาระบบให้มีความสามารถในการจำแนกรถกระบะให้ครอบคลุมรุ่นของรถกระบะที่มีบนท้องถนนให้มากขึ้น ตลอดจนพัฒนาระบบให้มีความสามารถในการจำแนกรุ่นของรถประเภทอื่น อาทิ รถเก๋ง รถตู้ เป็นต้น
- 5) พัฒนาระบบให้สามารถจำแนกรุ่นของรถโดยใช้ภาพจากมุมกล้องที่เปลี่ยนไป

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- Gonzalez, R. C. (2001). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- ปัญญา ชุณหสวัสดิกุล. (2555). *นวัตกรรมอุตสาหกรรมยานยนต์*. กรุงเทพฯ: อินสปายร์.
- อรันตร์ จิตต์โสภักดิ์. (2552). *ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: สจวนกิจ พรินท์ แอนด์ มีเดีย.

บทความวารสาร

- Bakhtan, M., Abdullah, M., & Rahman, A. (2016). A Review on License Plate Recognition System Algorithms. *2016 International Conference on Information and Communication Technology (ICICTM)*. Kuala Lumpur.
- Bay, H., Tuyrelaars, T., & Gool, L. V. (2008). Speeded Up Robust Features. *Computer Vision and Image Understanding Volume 110 Issue 3*.
- Boyle, J., & Ferryman, J. (2015). Vehicle Subtype, Make and Model Classification from Side Profile Video. *2015 12th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*. Karlsruhe.
- Dalal, N., & Triggs, B. (2005). Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. *2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)*. CA.
- Ferryman, J., Worrall, A., Sulivan, G., & Baker, K. (1995). A Generic Deformable Model for Vehicle Recognition. *BMVC'95 Proceeding of the 1995 British Conference on Machine Vision*. Birmingham.
- Gao, Y., & Lee, H. (2015a). Deep Learning of Principal Computer for Car Model Recognition. *Int'l Conf. IP, Comp. Vision, and Pattern Recognition*.
- Gao, Y., & Lee, H. (2015b). Moving Car Detection and Model Recognition Based on Deep Learning. *Advanced Science and Technology Letters*.

- Gao, Y., & Lee, H. (2016). Local Tiled Deep Networks for Recognition of Vehicle Make and Model. *Sensors 2016*.
- Hung, N., Tran, L., Dung, N., Hoang, T., & Dzung, N. (2016). A Traffic Monitoring System for a Mixed Traffic Flow via Road Estimation and Analysis. *2016 IEEE Sixth International Conference on Communications and Electronics (ICCE)*. Ha Long.
- Kazemi, F., Samadi, S., Poorreza, H., & Akbarzadeh-T, M. (2007). Vehicle Recognition Based on Fourier, Wavelet and Curvelet Transforms - a Comparative Study. *Information Technology, 2007. ITNG '07. Fourth International Conference*. NV.
- Kim, D., Park, S., Ban, J., Lee, T., & Do, Y. (2016). Vision-Based Autonomous Detection of Lane and Pedestrians. *2016 IEEE International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)*. Beijing.
- Lee, S., Gwak, J., & Jeon, M. (2013). Vehicle Model Recognition in Video. *International Journal of Signal Processing and Pattern Recognition*.
- Llorca, D., Colas, D., Daza, I., Parra, I., & Sotelo, M. (2014). Vehicle Model Recognition Using Geometry and Appearance of Car Emblems from Rear View Images. *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. Qingdao.
- Lowe, D. G. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoint. *International Journal of Computer Vision Volume 60 Issue 2*.
- Prokaj, J., & Medioni, G. (2009). 3-D Model Based Vehicle Recognition. *2009 Workshop on Applications of Computer Vision (WACV)*. UT.
- Ren, Y., & Lan, S. (2016). Vehicle Make and Model Recognition Based on Convolutional Neural Networks. *2016 7th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. Beijing.
- Sairoon, T., & Watanapa, S. (2017). Pickup Truck Model Classification from Front Diagonal View Using Histogram of Oriented Gradient. *13th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT)*. Bangkok.
- Senthilraja, P., & Karthikeyan, T. (2014). Advanced Vehicle Tracking and Model Recognition in Rural Areas Using SURF Method. *International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology*.

- Shinozuka, Y., Miyano, R., Minagawa, T., & Saito, H. (2013). Vehicle Make and Model Recognition by Keypoint Matching of Pseudo Frontal View. *2013 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW)*. CA.
- Wang, J. (2016). Research of Vehicle Speed Detection Algorithm in Video Surveillance. *2016 International Conference on Audio, Language and Image Processing (ICALIP)*. Shanghai.
- Weon, I., Lee, S., & Moon, S. (2016). Precise Localization of a Vehicle within a Driving Lane by Combining the Vehicle Trajectory with Visio Information. , " *2016 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*. Gyeongju.
- Yang, H., Zhai, L., Liu, Z., Li, L., Luo, Y., Wang, Y., . . . Guan, M. (2013). An Efficient Vehicle Model Recognition Method Identification via Logo Recognition. *Journal of Software, Academy Publisher, 2013.*, (pp. 1080-1083). Shiyang.
- Zhang, Z., Xu, C., & Feng, W. (2016). Road Vehicle Detection and Classification Based on Deep Neural Network. *2016 7th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. Beijing.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธรรณภ สายหรั่ง
วันเดือนปีเกิด	9 พฤษภาคม 2530
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2554: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

ธรรณภ สายหรั่ง และ เสาวลักษณ์ วรรณภา. (กรกฎาคม 2560). การจำแนกรุ่นของรถกระบะจากภาพมุมแยงโดยใช้ค่าความถี่ของทิศทางตามค่าเกรเดียนท์: *Pickup Truck Model Classification from Front Diagonal View Using Histogram of Oriented Gradient (HOG)*. The 13th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT), กรุงเทพฯ