ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

VEHICLE CLASSIFICATION SYSTEM

โดย

มนัสชนก โนนทนวงศ์

MANATCHANOK NONTHANAVONGS

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

รศ.ดร. อาริต ธรรมโน

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงการศึกษากรณีพิเศษ

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2551

H006007

วน. ม165ร

เลขหมู่ 2001

เลขทะเบียน 06007

วัน เดือน ปี 25 ก.พ. 2553

b.12175985

i.

สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VEHICLE CLASSIFICATION SYSTEM

MANATCHANOK NONTHANAVONGS

A SPECIAL STUDY PROJECT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/ 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ
นักศึกษา	นางสาวมนัสชนก โนนทนวงศ์
รหัสนักศึกษา	47066303
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รศ.ดร. อาริต ธรรมโน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้กล่าวถึงการพัฒนาระบบจำแนกประเภทยานพาหนะอัตโนมัติจากวีดิทัศน์ โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชั่นมาใช้ในการวิเคราะห์สัญญาณภาพจากกล้องจราจร กรรมวิธีที่เสนอแบ่งออกเป็นสองขั้นตอนหลัก ขั้นตอนแรกเป็นการเตรียมการ เพื่อให้ได้ค่าเริ่มต้นต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะอัตโนมัติในเวลาจริง ได้แก่ การเรียนรู้สภาพแวดล้อมของฉากหลังเพื่อทำการสร้างโมเดลฉากหลัง การเทียบวัดขนาดพิกเซลในภาพกับขนาดในภาพจริง รวมถึงการคำนวนหาเส้นแบ่งเลนแบบอัตโนมัติ ส่วนขั้นตอนหลักที่สองเป็นการจำแนกประเภทยานพาหนะอัตโนมัติในเวลาจริง โดยเริ่มจากการคัดแยกภาพวัตถุที่เคลื่อนที่ออกจากฉากหลัง โดยใช้เทคนิคการลบฉากหลัง การตรวจจับหรือรู้จำยานพาหนะ จากนั้นทำการติดตามยานพาหนะ ไปพร้อมๆกับการจำแนกประเภทยานพาหนะที่ตรวจจับได้ จากการทดลองพบว่าระบบที่ได้พัฒนาทำงานที่ความเร็ว 62 เฟรมต่อวินาที และให้ความแม่นยำ 91.92 % ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะแบบอัตโนมัติต้นแบบนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในหลายระบบ เช่น ระบบวิเคราะห์สภาพการจราจร ระบบจัดการจราจร หรือการนำไปใช้เก็บค่าผ่านทางโดยอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การนับรถหรือการจำแนกประเภทยานพาหนะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Vehicle Classification System
Student	Miss Manatchanok Nonthanavongs
Student ID.	47066303
Degree	Master of Science
Programme	Information Technology Management
Academic Year	2008
Advisor	Assoc.Prof.Dr.Arit Thammano
Co-Advisor	Asst.Prof.Dr.Thanarat Chalidabhongse

ABSTRACT

This report describes a development of a automatic vehicle classification system that uses computer vision technology to analyze the image sequences of traffic scene. The method proposed is divided into 2 main steps. The first step is to initialize the system to obtain some initial parameters needed by the second step. This includes background modeling, camera calibration, and automatic traffic lane detection. The second main step is the real-time automatic vehicle classification from video. This is done by first segment the vehicles from the background scene using background subtraction method. Then, track the moving vehicles as well as classify them into 3 main classes of vehicles. From experiments, we found the system runs at 62 frames per second with 91.92 % accuracy rate. This prototype system can be employed in many applications such as traffic condition analysis, transportation's system planning, automatic toll charging, etc. The system will be able to help us in classifying vehicle more accurate and gives higher efficiency than traditional method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของโครงการนี้ ตลอดจนให้ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อโครงการ และรศ.ดร.อาริต ธรรมโน ที่ให้ความกรุณาต่อข้าพเจ้า ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบหัวข้อและโครงการ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้โครงการนี้สำเร็จลงได้

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ใน PICLAB และคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมาโดยเฉพาะอย่างยิ่ง วิธิวัฒน์ เลิศชัยมงคล ที่ช่วยในการสร้างสรรค์โปรแกรมขึ้นมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สำหรับคุณงานความดี และประโยชน์อันพึงมาจากโครงการนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

มนัสชนก โนนทนวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 1

1.3 ขอบเขตของการศึกษา..... 2

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา..... 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

1.6 เค้าโครงของโครงการศึกษากรณีพิเศษ..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิชัน..... 4

2.1.1 การแทนค่าภาพดิจิตอล..... 4

2.1.2 แบบจำลองสี..... 5

2.1.3 ภาพระดับเทา..... 6

2.1.4 ภาพสองระดับ..... 7

2.1.5 การลบฉากหลัง..... 8

2.1.6 การแปลงข้อมูลฮัฟ..... 8

2.1.7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติ..... 11

2.1.8 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาระบบ..... 13

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ..... 14

2.2.1 การจำแนกประเภทยานพาหนะโดยการใช้แบบจำลอง..... 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.2 การจำแนกประเภทยานพาหนะโดยอาศัยคุณลักษณะภายนอกของยานพาหนะ 17

บทที่ 3 กรรมวิธีที่นำเสนอ 25

3.1 การเตรียมภาพวีดีทัศน์ 26

3.2 การลบฉากหลัง 26

3.3 การหาเส้นแบ่งช่องการจราจร 27

3.4 การติดตามยานพาหนะ 33

3.5 การจำแนกประเภทยานพาหนะ 34

3.6 หน้อจอของโปรแกรมและการใช้งานโปรแกรม 39

บทที่ 4 ผลของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ 43

บทที่ 5 สรุปผล ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ 48

5.1 สรุปผลโครงการศึกษากรณีพิเศษ 48

5.2 ข้อจำกัด 48

5.2 ข้อเสนอแนะ 49

บรรณานุกรม 50

ประวัติผู้เขียน 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ตารางแสดงผลการจำแนกจากระบบเปรียบเทียบกับประเภทของยานพาหนะจริง..... 45

4.2 ตารางแสดงผลความแม่นยำในการจำแนกประเภทยานพาหนะ..... 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การแทนค่าภาพดิจิตอลบนพิกัดระนาบ	5
2.2	การสร้างภาพสีจากภาพองค์ประกอบสีทั้งสามของพิกเซล	6
2.3	แบบจำลองสี RGB	6
2.4	ภาพระดับเทาในละความละเอียด	7
2.5	แสดงตัวแปรในฮัพสเปซ (Hough Space)	9
2.6	แสดงค่า θ และ r ของจุดตัวอย่าง 3 จุด	10
2.7	แสดงกราฟค่าของเส้นตรงเมื่อถูกแทนค่าลงในระนาบ $r-\theta$	10
2.8	คุณสมบัติ μ และ σ ของการแจกแจงปกติ	12
2.9	แผนภาพแสดงแนวคิดผลงานวิจัยของ A. H. S. Lai และคณะ	15
2.10	การสร้างแบบจำลองของยานพาหนะ	16
2.11	แสดงตัวอย่างเทคนิค SIFT ของยานพาหนะแต่ละประเภท	17
2.12	ประเภทยานพาหนะที่จำแนกได้ในงานวิจัย C. L. Huang และ W. C. Liao	18
2.13	แผนภาพแสดงขั้นตอนงานวิจัยของ R. P. Avely, Y. Wang และ G. S. Rutherford	20
2.14	ภาพตัวอย่างแสดงมุมมองของกล้องที่ใช้ในงานวิจัยของ R. P. Avely และคณะ	20
2.15	ภาพตัวอย่างแสดงมุมมองของกล้องที่ใช้ในงานวิจัยของ S. Gupte และคณะ	21
2.16	แผนภาพแสดงขั้นตอนงานวิจัยของ J. W. Hsieh และคณะ	22
2.17	ความแตกต่างระหว่างเส้นขอบบนของรถบรรทุกและรถโดยสารประจำทาง	23
2.18	การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะทางเหนือยานพาหนะ	24
2.19	ภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดระยะทาง	24
3.1	แผนภาพแสดงขั้นตอนของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ	25
3.2	ภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาโครงการ	26
3.3	ภาพยานพาหนะที่มีการเคลื่อนที่ที่ได้จากการทำการลบฉากหลัง	27
3.4	ฮีสโตรแกรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ	28
3.5	แสดงการเฉลี่ยค่าของฮีสโตรแกรมที่แถว j	28
3.6	ภาพไบนารีของฮีสโตแกรมที่ผ่านการคัดกรองและแทนค่า	29
3.7	เส้นตรงทั้งหมดที่เป็นไปได้ของภาพไบนารี	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.8	แสดงมุม θ ที่เส้นตรงทำมุมกับแกน x	31
3.9	แสดงเส้นกึ่งกลางของช่องการจราจรที่หาได้จากการคำนวณ	31
3.10	เส้นแบ่งช่องการจราจรที่หาได้จากการคำนวณ	33
3.11	ประเภทของยานพาหนะที่นำมาใช้จำแนกในระบบ	34
3.12	พื้นที่ของยานพาหนะและความกว้างของช่องจราจรที่นำมาคำนวณ	35
3.13	การกระจายตัวของข้อมูลขนาดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภท	36
3.14	การแจงแจงปกติของขนาดสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท	37
3.15	จำแนกประเภทยานพาหนะจากหลายเฟรม	38
3.16	หน้อจอของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ	39
3.17	หน้าจอขณะหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ	40
3.18	หน้าจอแสดงผลการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร	41
3.19	หน้าจอแสดงผลการจำแนกประเภทยานพาหนะ	42
4.1	ผลของการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรแต่ละขั้นตอน	43
4.2	ผลการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรที่คำนวณได้จากระบบ	44
5.1	การมองเห็นของกล้องในระดับและระยะของยานพาหนะต่างๆ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพเศรษฐกิจและการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ได้มีการใช้ยานพาหนะเพื่อการคมนาคมขนส่ง ทั้งในด้านเศรษฐกิจและเพื่ออำนวยความสะดวกส่วนตัวเป็นจำนวนมาก ทำให้อัตราการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของยานพาหนะนี้ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจร จึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และวางแผนการจราจร จัดการกิจกรรมทางการจราจรต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจราจรบนท้องถนน ซึ่งในการแก้ปัญหาการจราจรได้มีการนำข้อมูลของยานพาหนะบนท้องถนน จำนวนยานพาหนะ ประเภทของยานพาหนะในแต่ละเส้นทางมาวิเคราะห์เพื่อให้สามารถจัดระบบการจราจรได้เหมาะสมกับแต่ละสภาพพื้นที่ แต่เนื่องจากในปัจจุบันการสังเกตการณ์ยานพาหนะบนท้องถนนยังใช้มนุษย์ในการสังเกตและจำแนกประเภทยานพาหนะอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจากปริมาณยานพาหนะที่มีเป็นจำนวนมากและการสังเกตการณ์เป็นเวลานาน อาจทำให้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ผิดพลาดได้ จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาระบบการจำแนกยานพาหนะขึ้นมาเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งระบบจำแนกประเภทยานพาหนะจากภาพวีดีทัศน์ จะสามารถนำมาช่วยมนุษย์ในการจำแนกประเภทยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังเป็นเทคโนโลยีที่คุ้มราคาเมื่อเทียบกับการจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยเซนเซอร์ชนิดอื่นๆ โดยได้นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชั่นมาช่วยในการประมวลผลสัญญาณภาพที่ได้จากกล้องวีดีทัศน์ที่จับภาพการจราจรในระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

โครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้มุ่งหวังที่จะศึกษาและพัฒนาระบบการจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision) เข้ามาช่วยในการประมวลผลภาพ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อศึกษาหลักการและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ
2. เพื่อการนำข้อมูลที่ได้จากระบบ ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ วางแผน และจัดระบบการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์โดยใช้มนุษย์ เป็นการเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติจากสัญญาณภาพจากกล้องวีดีทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ จะวิเคราะห์จากไฟล์ภาพวีดีทัศน์ที่จับภาพการจราจรบนท้องถนน โดยใช้เทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์วิชั่นเข้ามาช่วยในการประมวลผล ซึ่งผลที่ได้จะเป็นการจำแนกประเภทของยานพาหนะจากไฟล์ภาพวีดีทัศน์โดยอัตโนมัติ โดยมีขอบเขตของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. สามารถทำงานกับกล้องที่ได้จากภาพวีดีทัศน์ในเวลาจริง
2. ภาพจากกล้องวีดีทัศน์จะเป็นภาพในช่วงเวลากลางวัน และไม่มีฝนตก
3. ใช้กล้องหนึ่งตัวในการจับภาพการจราจร และการจับภาพต้องเป็นมุมกล้องที่เหมาะสม
4. ถนนที่กล้องจับภาพต้องมีช่องการจราจรมากกว่า 1 ช่อง และทุกช่องการจราจรมีขนาดเท่ากัน

1.4 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษาขั้นตอนวิธีการ และแบบจำลองที่ใช้ในระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ
2. ศึกษาถึงคุณลักษณะที่เหมาะสมของยานพาหนะ ที่จะสามารถนำมาใช้ในการจำแนก
3. วิเคราะห์และออกแบบระบบจำแนกประเภทยานพาหนะจากกล้องวีดีทัศน์
4. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ
5. ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ
6. สรุปผลและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบการจำแนกประเภทยานพาหนะ
2. ช่วยมนุษย์ในการจำแนกประเภทยานพาหนะได้โดยอัตโนมัติ
3. เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีที่คุ้มราคาเมื่อเทียบกับเซ็นเซอร์ประเภทอื่น
4. ผลที่ได้จากระบบสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และวางแผนการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เค้าโครงของโครงการศึกษากรณีพิเศษ

ในโครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้แบ่งออกเป็นทั้งหมด 5 บทด้วยกัน คือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของการศึกษาโครงการ ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานทางด้านคอมพิวเตอร์วิชันที่เกี่ยวข้องกับโครงการ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการ

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนและวิธีต่างๆ ที่พัฒนาระบบได้นำมาใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

บทที่ 4 กล่าวถึงผลของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะที่ได้จากไฟล์ลำดับภาพวีดิทัศน์ที่มีการใช้งานจริง ด้วยขั้นตอนที่เสนอไว้ในโครงการศึกษากรณีพิเศษฉบับนี้

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการศึกษาโครงการและข้อเสนอแนะในการพัฒนาโครงการขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆของการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) ที่นำมาใช้ในโครงการศึกษากรณีพิเศษ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยมีเนื้อหาดังนี้

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิชัน

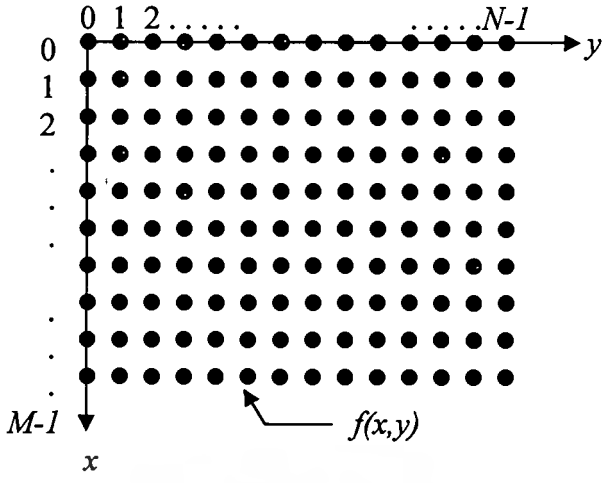
ในส่วนของการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานการประมวลผลภาพและคอมพิวเตอร์วิชันสำหระบโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้จะทำการศึกษาเฉพาะที่เกี่ยวกับโครงการศึกษากรณีพิเศษ โดยได้กล่าวครอบคลุมเนื้อหาของ การแทนค่าภาพดิจิตอล แบบจำลองสี ภาพระดับสีต่างๆ การแปลงข้อมูลฮัฟ (Hough Transform) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติ โดยรายละเอียดเนื้อหาของแต่ละส่วนมีดังนี้

2.1.1 การแทนค่าภาพดิจิตอล (Digital Image Representation) (Gonzalez, R. C. et al. 2004.)

เราสามารถแทนภาพดิจิตอลด้วยฟังก์ชั่นสองมิติ (Two-Dimensional Function) $f(x,y)$ ซึ่ง x และ y คือ ระบบพิกัดระนาบ (Spatial Coordinators) และแอมปลิจูด (Amplitude) ของ f คือความค่าความสว่าง (Brightness) หรือความเข้ม (Intensity) หรืออาจจะถูกเรียกว่าค่าระดับเทา (Gray Level) ซึ่งถูกใช้ในกรณีที่ภาพนั้นเป็นภาพสีเดียว (Monochrome Image) ในกรณีที่เป็นภาพสีจะใช้ ภาพสีเดียวหลายๆภาพมารวมกันเพื่อแสดงถึงแต่ละองค์ประกอบของสี เช่น แบบจำลองสี (Color Model) RGB ก็จะประกอบไปด้วยสามองค์ประกอบได้แก่ ภาพองค์ประกอบสีแดง ภาพองค์ประกอบสีเขียว และภาพองค์ประกอบสีน้ำเงิน เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไปในส่วนแบบจำลองสี RGB เมื่อพิจารณาถึงภาพดิจิตอลที่มีขนาด M แถวและ N หลัก เราเรียกภาพนั้นว่ามีขนาด $M \times N$ แล้วเราสามารถแทนภาพนั้นด้วยฟังก์ชั่น $f(x,y)$ โดยแต่ละคู่ของ x และ y เรียกว่าพิกเซล(Pixel) ของภาพในตำแหน่งพิกัด (x,y) และมีขนาดความสว่างที่ค่าของ $f(x,y)$ ดังแสดงในสมการที่ (2.1) และรูปที่ 2.1

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \text{K} & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \Lambda & f(1,N-1) \\ \text{M} & \text{M} & & \text{M} \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \Lambda & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การแทนค่าภาพดิจิตอลบนพิกัดระนาบ

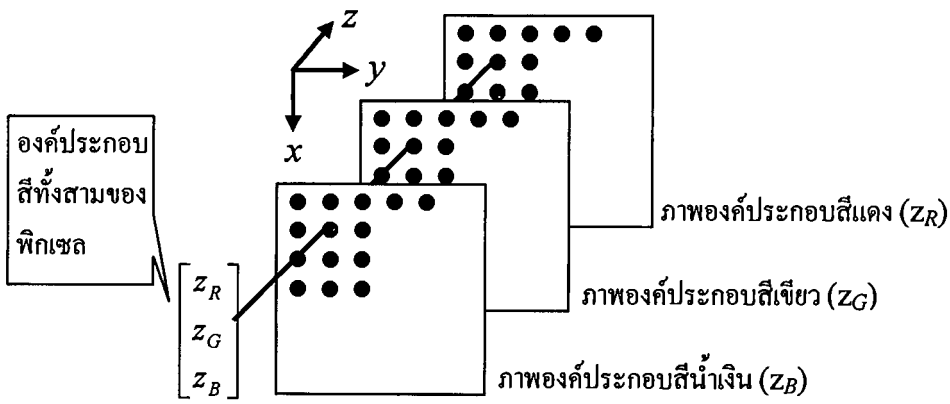
2.1.2 แบบจำลองสี (Color Model)

สีเป็นคุณสมบัติทางกายภาพอย่างหนึ่งของวัตถุ เกิดจากการรับรู้สัญญาณในรูปของคลื่นแสงที่ตกกระทบตามนุษย์และส่งสัญญาณผ่านประสาทตาไปยังสมอง จากนั้นจึงแปลงค่าเป็นค่าสีต่างๆ ในระบบสีจะมีแบบจำลองสีหลายรูปแบบให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมเช่น แบบจำลองสี XYZ ซึ่งเป็นแบบจำลองสีมาตรฐานที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission Internationale de I'Eclairage) ถูกใช้เป็นตัวกลางในการอ้างอิงและแปลงค่าระหว่างแบบจำลองสีทั้งหมด ในงานทางด้านการตีพิมพ์จะใช้แบบจำลองสี CMY ในการแสดงภาพบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จะใช้แบบจำลองสี RGB ในงานทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิกหรืองานที่ต้องคำนึงในด้านของศิลปะจะใช้แบบจำลองสี HSI หรือมาตรฐานในการวัดสีเช่นเครื่องมือในการวัดสีของผลิตผลทางการเกษตรจะใช้แบบจำลองสี L*a*b* เป็นต้น ในโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ได้อ้างอิงและศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองสี ดังนี้

- **แบบจำลองสี RGB**

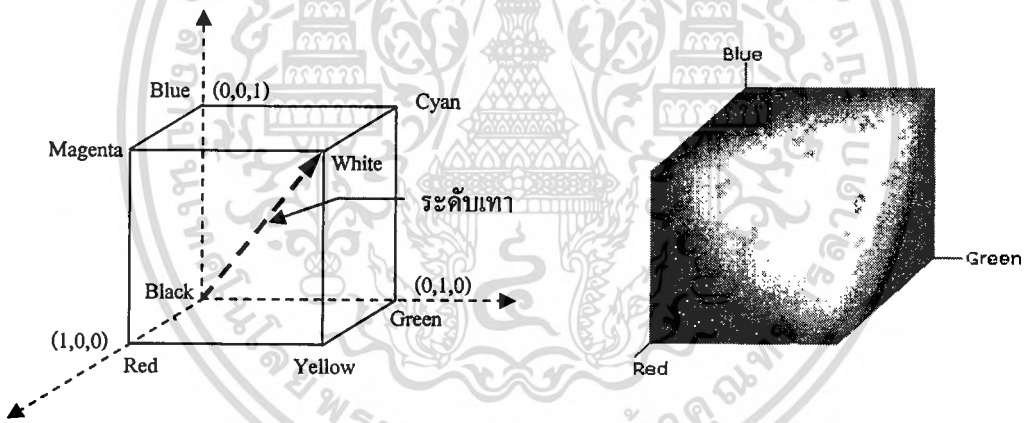
เราสามารถสร้างภาพสีขึ้นจากภาพองค์ประกอบสีพื้นฐานอันได้แก่ แดง เขียว และน้ำเงิน ในกรณีของแบบจำลองสี RGB โดยความสว่างของแต่ละสีพื้นฐานที่แตกต่างกันเมื่อนำมารวมกันทำให้เกิดสีต่างๆ ดังนั้นภาพสีขนาด $M \times N$ พิกเซล (Pixel) จึงเกิดจากการนำภาพองค์ประกอบสีพื้นฐานทั้งสามมาวางซ้อนกันในแนวแกน z ดังรูปที่ 2.2 ทำให้เกิดอาร์เรย์ (Array) สามมิติขนาด $M \times N \times 3$ ที่ใช้ในการแทนค่าภาพสีที่ใช้ในการประมวลผลภาพดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การสร้างภาพสีจากภาพองค์ประกอบสีทั้งสามของพิกเซล

การแสดงภาพสีที่เกิดจากการรวมสีพื้นฐานทั้งสามสีในแนวแกน x,y และ z เข้าด้วยกันเป็นการใช้แบบจำลองสีที่เรียกว่า แบบจำลองสี RGB (RGB Color Model) ซึ่งเมื่อความสว่างของแต่ละสีพื้นฐานมีค่าต่างๆกันก็จะทำให้เกิดสีต่างกันดังแสดงในรูปที่ 2.3

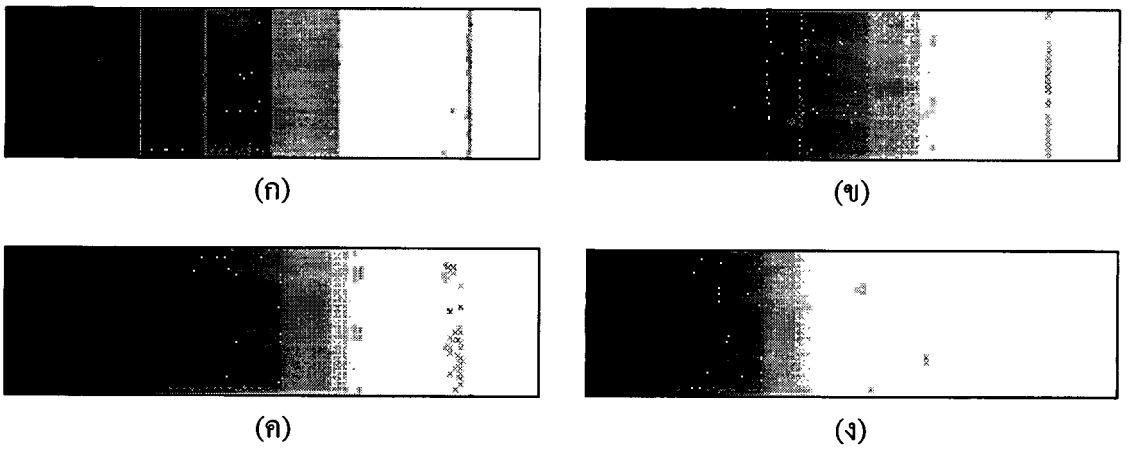


รูปที่ 2.3 แบบจำลองสี RGB

2.1.3 ภาพระดับเทา (Gray level Image)

ภาพระดับเทาหรืออาจจะเรียกว่าภาพระดับความสว่าง (Brightness Image) เป็นภาพที่พิกเซลแต่ละพิกเซลของภาพจะบ่งบอกถึงระดับความสว่างของภาพที่ตำแหน่งนั้น โดยมีค่าตั้งแต่น้อยสุด (สีดำ) ไปจนถึงมากสุด (สีขาว) ซึ่งความละเอียดขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของข้อมูลที่ใช้เก็บค่าระดับความสว่าง เช่น 3 บิตมีได้ 2^3=8 ระดับ 5 บิตมีได้ 2^5=32 ระดับ 6 บิตมีได้ 2^6=64 ระดับ และ 8 บิตมีได้ 2^8=256 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยปกติทั่วไปนิยมใช้ภาพระดับเทาขนาด 8 บิตซึ่งมีทั้งหมด 256 ระดับ ตั้งแต่ค่า 0 จนถึง 255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ภาพระดับเทาในละความละเอียด (ก) 8 ระดับ (ข) 32 ระดับ (ค) 64 ระดับ (ง) 256 ระดับ

ในการแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับเทานั้นสามารถทำได้โดยการใช้สมการที่ (2.2) หรือ (2.3)

$$gray(x,y) = 0.299R(x,y) + 0.587G(x,y) + 0.114B(x,y) \tag{2.2}$$

$$gray(x,y) = \frac{1}{3}\big(R(x,y) + G(x,y) + B(x,y)\big) \tag{2.3}$$

โดยที่ $gray(x,y)$ คือ ค่าระดับเทาของพิกเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

$R(x,y)$ คือ ระดับความสว่างของสีพื้นฐานสีแดงของพิเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

$G(x,y)$ คือ ระดับความสว่างของสีพื้นฐานสีเขียวของพิเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

$B(x,y)$ คือ ระดับความสว่างของสีพื้นฐานสีน้ำเงินของพิเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

2.1.4 ภาพสองระดับ (Binary Image)

เป็นภาพที่แต่ละพิกเซลจะเป็นได้แค่สีดำหรือสีขาวเท่านั้น เป็นการแปลงข้อมูลภาพระดับเทาให้เป็นภาพขาวดำ โดยแต่ละพิกเซลจะใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลเพียงหนึ่งบิตเท่านั้น ซึ่งมีระดับความสว่างเป็น 2 ค่า คือ 1 และ 0 ถ้ามีค่าเท่ากับ 1 พิกเซลนั้นจะเป็นสีขาว และถ้ามีค่าเท่ากับ 0 พิกเซลนั้นจะเป็นสีดำ ในการแปลงจากภาพระดับเทาไปเป็นภาพสองระดับนั้นทำได้โดยการกำหนดค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) เพื่อใช้ในการพิจารณาว่าพิกเซลนั้นมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 0 จากสมการที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$binary\ (x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad gray(x,y) > T \\ 0 & \text{if} \quad gray(x,y) \le T \end{cases} \tag{2.4}$$

โดยที่ $binary(x,y)$ คือค่าสองระดับของพิกเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

$gray(x,y)$ คือค่าระดับเทาของพิกเซลตำแหน่งพิกัด (x,y)

T คือค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold)

2.1.5 การลบฉากหลัง (Background Subtraction)

การลบฉากหลังเป็นการแยกภาพวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ของจากฉากหลัง โดยในการพัฒนาระบบนี้ในส่วนของการคัดแยกยานพาหนะได้พัฒนาตามหลักการของ Li และคณะ (2003) ซึ่งได้นำเสนอแบบจำลองภาพฉากหลังเพื่อใช้ในการแยกวัตถุฉากหน้าออกจากภาพวีดีทัศน์ภายใต้สภาวะทั้งในส่วนของภาพฉากหลังที่ไม่เคลื่อนที่และภาพฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่ โดยภาพฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งแบบค่อยเป็นค่อยไปและการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ได้อธิบายภาพฉากหลังที่ไม่มีการเคลื่อนที่โดยคุณลักษณะของสี (Color Feature) และในส่วนของภาพฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่จะสามารถอธิบายได้โดย color co-occurrence feature ภาพฉากหลังที่ไม่เคลื่อนที่ ได้แก่ กำแพง ประตู ภายในที่ร่ม ภายในอาคาร เป็นต้น และตัวอย่างของภาพฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่ แบ่งปันภาพฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่แบบค่อยเป็นค่อยไป ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของแสงตามธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงจากกลางวันเป็นกลางคืน เป็นต้น นอกจากนั้นจะเป็นภาพฉากหลังที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด

2.1.6 การแปลงข้อมูลฮัฟ (Hough Transform)(Hough. 1962)

การแปลงข้อมูลฮัฟได้นำเสนอโดย Paul Hough ในปี 1962 โดยนำเสนอการตรวจจับรูปร่าง เช่น เส้นตรง วงกลม วงรี ในภาพดิจิตอล สำหรับในการศึกษาโครงการนี้จะศึกษาเฉพาะการแปลงข้อมูลฮัฟสำหรับหาเส้นตรง (Straight Line Hough Transform) เท่านั้นโดยเราสามารถอธิบายเส้นตรงได้ด้วยสมการ

$$y = mx + b \tag{2.5}$$

โดยที่ m และ b เป็นค่าคงที่

x เป็น ตัวแปร

y เป็น ฟังก์ชันของ x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยังสามารถอธิบายสมการเส้นตรงใหม่ในระนาบของ m และ b (parameter space) ได้ดังสมการ

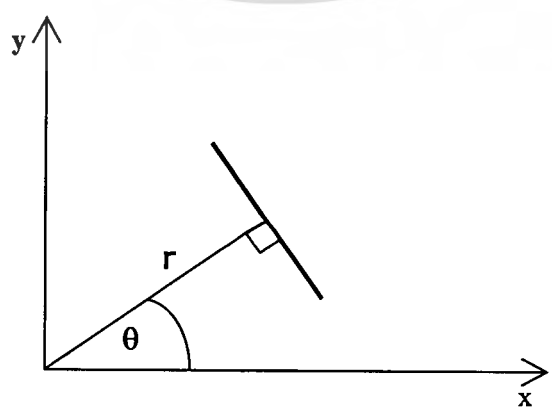
$$b = -xm + y \tag{2.6}$$

โดยที่ x และ y เป็นค่าคงที่
m เป็น ตัวแปร
b เป็น ฟังก์ชันของ m

แต่การอธิบายสมการในรูปแบบนี้จะมีข้อจำกัด คือ ค่า m อาจจะมีค่ามากหรือเข้าใกล้อินพินีตี้ จึงมีการอธิบายสมการใหม่โดยการแปลงข้อมูลฮัฟซึ่งมีการอธิบายสมการในรูปตัวแปร r และ θ โดยที่ r คือระยะจากจุดศูนย์กลางถึงเส้นตรง และ θ คือมุมระหว่าง r กับแนวแกน x แสดงได้ดังสมการ

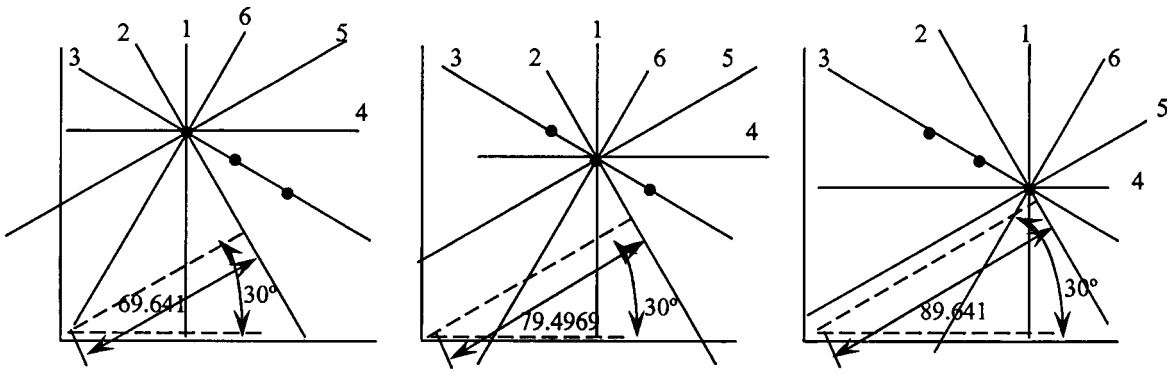
$$r = x\cos\theta + y\sin\theta \tag{2.7}$$

จากรูปที่ 2.5 แสดงค่าตัวแปรที่อยู่ในระนาบ $r-\theta$ (Hough Space) ซึ่งแต่ละจุด (x,y) จะแสดงเป็น sinusoidal curve ในระนาบ $r-\theta$ โดยจุดที่อยู่บนเส้นตรงเดียวกันในระนาบ x-y จะมีจุดตัดที่จุดเดียวกันในระนาบ $r-\theta$ และจุดตัดในสเปซนี้ คือ ค่าสำหรับสมการเส้นตรงในระนาบ x-y โดยรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของการแปลงข้อมูลไปอยู่ในระนาบ $r-\theta$ และรูปที่ 2.7 แสดงข้อมูลในระนาบ $r-\theta$ และจุดตัดของ sinusoidal curve ซึ่งเป็นจุดที่แสดงค่าของเส้นตรงที่เป็นไปได้ในระนาบ x-y ที่ลากผ่านจุด



รูปที่ 2.5 แสดงตัวแปรในฮัฟสเปซ (Hough Space)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

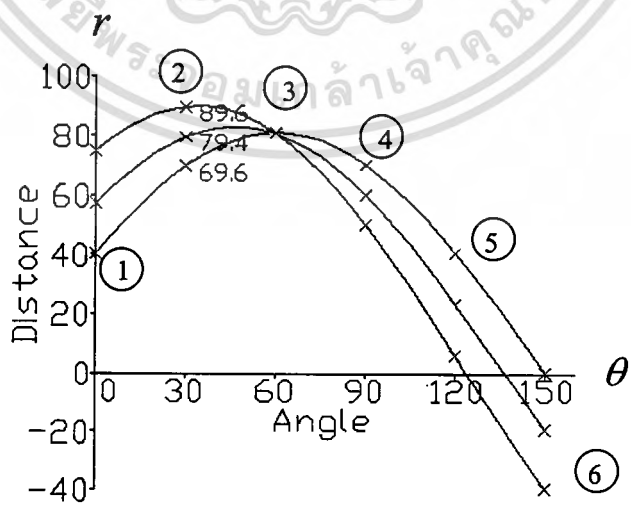


Line	Angle (θ)	Dist. (r)
1	0	40.0
2	30	69.6
3	60	81.2
4	90	70.0
5	120	40.6
6	150	0.4

Line	Angle (θ)	Dist. (r)
1	0	57.1
2	30	79.5
3	60	80.5
4	90	60.0
5	120	23.4
6	150	-19.5

Line	Angle (θ)	Dist. (r)
1	0	74.6
2	30	89.6
3	60	80.6
4	90	50.0
5	120	6.0
6	150	-39.6

รูปที่ 2.6 แสดงค่า θ และ r ของจุดตัวอย่าง 3 จุด



รูปที่ 2.7 แสดงกราฟค่าของเส้นตรงเมื่อถูกแทนค่าลงในระนาบ $r-\theta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติ (จรัญ จันทลักขณา และอนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2529)

ในการอธิบายถึงกลุ่มข้อมูลนั้นจะประกอบไปด้วยคุณสมบัติ 2 อย่างคือ แนวกลาง และการกระจายของข้อมูล ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ศึกษาสามารถเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลกลุ่มนั้นได้ โดยทั่วไปวิธีวัดแนวกลางของข้อมูลควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ แนวกลางจะเป็นศูนย์กลางของการแจกแจงไม่เบนไปข้างใดข้างหนึ่ง สามารถแสดงข้อมูลทั้งหมดอย่างทั่วถึงเพียงพอ ใช้สื่อความหมายได้และเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบข้อมูล ซึ่งวิธีวัดแนวกลางของข้อมูลมีหลายวิธีเช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ฐานนิยม (Mode) ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นต้น โดยวิธีวัดแนวกลางข้อมูลที่ใช้กันทั่วไปคือค่าเฉลี่ย ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

- **ค่าเฉลี่ย (Mean)**

ค่าเฉลี่ยคือผลรวมของค่าข้อมูลทุกค่าหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด ค่าเฉลี่ยเป็นค่าปานกลางของทุกค่าในข้อมูล นั่นคือความสูงต่ำของแต่ละค่าถูกเกลี่ยลงหรือขึ้นให้เสมอกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยจะมีสมการในการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} \tag{2.8}$$

โดย $\overline{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

X_i แทนค่าข้อมูลลำดับที่ i

i แทนลำดับข้อมูล โดยที่ i = 1, 2, 3, ..., n

n แทนจำนวนข้อมูล

- **ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)**

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการวัดการกระจายของข้อมูล ซึ่งเป็นการวัดระยะห่างของค่าข้อมูลแต่ละค่าจากค่าเฉลี่ย ทำให้สามารถศึกษาได้ถึงความแตกต่างหรือการกระจายของค่าในกลุ่มข้อมูล ซึ่งค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \tag{2.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย σ แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\overline{X}$ แทนค่าเฉลี่ย

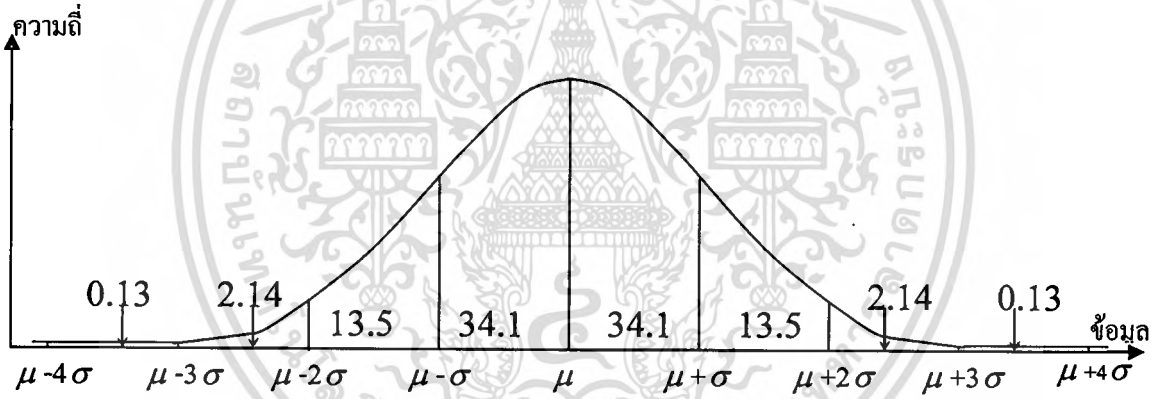
X_i แทนค่าข้อมูลลำดับที่ i

i แทนลำดับข้อมูล โดยที่ i = 1, 2, 3, ..., n

n แทนจำนวนข้อมูล

- **การแจกแจงปกติ (Normal Distribution)**

ข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบปกติคือเมื่อมีการแสดงข้อมูลเป็นแบบกราฟจะได้เส้นโค้งรูประฆังคว่ำ ซึ่งการแจกแจงปกติเป็นเส้นโค้งที่สามารถกำหนดได้โดยค่าคงที่ 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ซึ่งส่วนสูงสุดของเส้นโค้งจะอยู่ตรงกลางซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูล ส่วนด้านซ้ายและด้านขวาของเส้นโค้งจะสมมาตรหรือเท่ากัน โดยคุณสมบัติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.8 คุณสมบัติ μ และ σ ของการแจกแจงปกติ

1. ข้อมูลที่มีค่าอยู่ระหว่าง μ-σ ถึง μ+σ คิดเป็นจำนวนอย่างน้อยร้อยละ 68 ของจำนวนทั้งหมด
2. ข้อมูลที่มีค่าอยู่ระหว่าง μ-2σ ถึง μ+2σ คิดเป็นจำนวนอย่างน้อยร้อยละ 95 ของจำนวนทั้งหมด
2. ข้อมูลที่มีค่าอยู่ระหว่าง μ-3σ ถึง μ+3σ คิดเป็นจำนวนอย่างน้อยร้อยละ 99 ของจำนวนทั้งหมด

ซึ่งในการแสดงกราฟการแจกแจงปกติของข้อมูลสามารถใช้สมการของเกาส์เซียน (Gaussian) ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.10)$$

โดย X แทนข้อมูล

p(X) แทนความถี่ของข้อมูล

e แทนค่า 2.7183

2.1.8 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาระบบ

- **Microsoft Visual C++**

Microsoft Visual C++ เป็นโปรแกรมประเภท Visual ตัวหนึ่งจากบริษัทไมโครซอฟต์ โดยมีการพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นมาจากภาษา C++ และได้สนับสนุนการพัฒนาโปรแกรมหลายๆด้าน เช่น การสร้างโปรแกรมทั่วไป, การสร้างโปรแกรมจัดการฐานข้อมูล, การสร้างโปรแกรมบนระบบเครือข่ายหรือมัลติมีเดียได้อย่างครบครัน และเป็น IDE (Integrated Development Environment) ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ได้อย่างเต็มที่ รองรับการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์โดยมี MFC (Microsoft Foundation Class) เป็นไลบารีที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมบนวินโดวส์ ซึ่งเป็นคลาสที่เขียนขึ้นโดยใช้โครงสร้างของ OOP (Objected Oriented Programming) ด้วยภาษา C++ โค้ดโปรแกรมที่เขียนขึ้นโดย MFC นั้นจะมีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน (นิรุธ. 2549)

- **Intel Open Source Computer Vision Library**

OpenCV เป็นไลบรารี่สำหรับใช้ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการรับรู้ด้านการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ซึ่งเป็นไลบรารี่โอเพนซอร์ส (Open Source) สามารถดาวน์โหลดใช้งานได้ฟรี ไลบรารี่ต่างๆของ OpenCV ได้พัฒนาขึ้นด้วยบริษัทอินเทล (Intel) จุดเด่นในด้านความสามารถของไลบรารี่ OpenCV คือสามารถประมวลผลภาพดิจิตอลได้ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวเช่น ภาพจากกล้องวีดีโอ หรือไฟล์วีดีโอ เป็นต้น โดยไม่ยึดติดทางด้านฮาร์ดแวร์ทำให้ OpenCV สามารถพัฒนาโปรแกรมได้หลากหลายภาษา รวมถึงมีฟังก์ชันสำเร็จรูปสำหรับจัดการข้อมูลภาพ และการประมวลผลภาพพื้นฐานเช่น การหาขอบภาพ การกรองข้อมูลภาพ โดยฟังก์ชันต่างๆของ OpenCV จะสามารถเรียกใช้งานได้จะต้องมีการเรียก ไฟล์ส่วนหัว (Header file) และลิงค์ (Link) ไลบรารี่ต่างๆ รวมถึง DLL (Dynamic Link Library)

ไลบารีของ OpenCV สามารถแยกได้เป็นส่วนต่างๆดังนี้

- CxCore ประกอบด้วยฟังก์ชันพื้นฐานสำหรับการเขียนโปรแกรมด้วย OpenCV เช่น การจัดโครงสร้างของข้อมูล ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ การจัดการหน่วยความจำ การติดต่อไฟล์และ I/O เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cv ประกอบด้วยฟังก์ชันและอัลกอริธึมสำหรับการประมวลผลภาพและการรับรู้โดยการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นการประมวลผลภาพสี ภาพขาวดำ ภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหว ทั้งในแบบสองมิติและสามมิติ, การเปรียบเทียบภาพ, การหาพิกัดของกล้อง เป็นต้น

- CvAux ประกอบด้วยฟังก์ชันพิเศษ ฟังก์ชันที่ยังอยู่ในขั้นทดลอง และฟังก์ชันที่ไม่เป็นที่นิยมใช้แล้ว

- CvCam ประกอบด้วยฟังก์ชันที่ใช้ควบคุมกล้อง, การรับส่ง, บันทึก, และแสดงผลภาพวีดีทัศน์

- HighGUI เป็นไลบารีที่เสริมเข้ามาเพื่อให้นักพัฒนาโปรแกรมสามารถสร้างอินเตอร์เฟสแบบกาฟฟิคเพื่อแสดงผลและควบคุมภาพวีดีทัศน์ได้โดยง่าย เช่น การสร้างหน้าต่าง ปุ่มเล่นไฟล์ แทร็กบาร์ เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

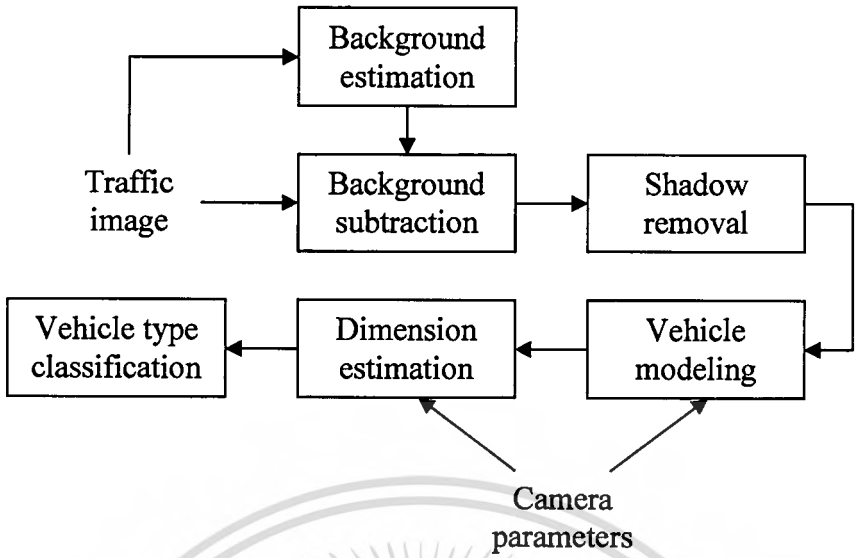
สำหรับส่วนนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยได้กล่าวถึงวิธีการ ขั้นตอน มุมกล้องที่นำมาใช้ในแต่ละงานวิจัย โดยได้แบ่งเป็นการจำแนกโดยใช้แบบจำลองและการจำแนกโดยใช้คุณลักษณะภายนอกของยานพาหนะ ในส่วนของรายละเอียดมีดังต่อไปนี้

2.3.1 การจำแนกประเภทยานพาหนะโดยการใช้แบบจำลอง

2.3.1.1 Vehicle Type Classification from Visual-Based Dimension Estimation

ผลงานวิจัยของ A. H. S. Lai และคณะ (2001) ได้นำเสนอการวิเคราะห์คาดคะเนขนาดความกว้าง ความยาว ความสูงของยานพาหนะเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทของยานพาหนะ โดยจะใช้หลักการของการในการแปลงข้อมูลระหว่าง 2 มิติ และ 3 มิติช่วยในการหาขนาด จากรูปที่ 2.9 ได้แสดงแนวคิดขั้นตอนของงานวิจัย โดยจะนำภาพมาทำการลบฉากหลังและกำจัดเงาออกไปเพื่อดึงยานพาหนะออกมา จากนั้นจะทำการสร้างแบบจำลองโดยจะทำการแปลงข้อมูล 2 มิติ ลงเป็น 3 มิติ เพื่อสร้างแบบจำลองออกมา เมื่อได้แบบจำลองออกมาก็จะนำไปคาดคะเนเพื่อหาขนาดของยานพาหนะและนำไปจำแนกประเภทยานพาหนะ

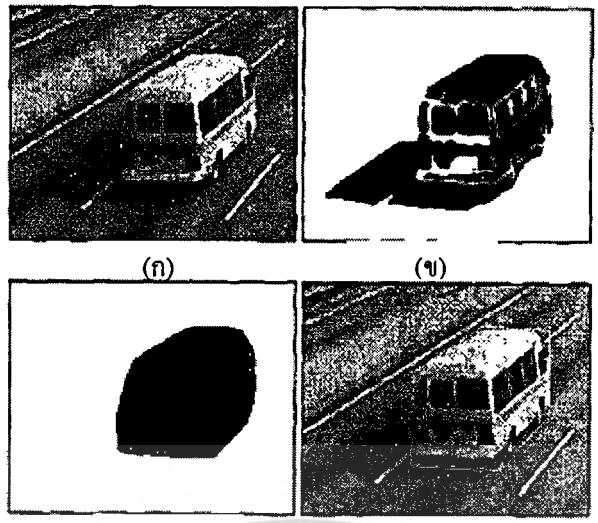
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แผนภาพแสดงแนวคิดผลงานวิจัยของ A. H. S. Lai และคณะ(2001)

งานวิจัยนี้จะต้องทำการเทียบวัดกล้องโดยใช้วิธีวาดกรอบสี่เหลี่ยมลงไปในภาพโดยยึดเส้นถนนเป็นกรอบแล้วจะได้ค่าตัวแปรซึ่งนำไปใช้หาค่าตัวแปรของกล้องต่อไป แล้วนำไปวิเคราะห์คาดคะเนขนาดของยานพาหนะ จากรูปที่2.10 จะเป็นการแสดงการสร้างแบบจำลองของยานพาหนะ โดยในรูป (ก) จะเป็นภาพยานพาหนะ รูป (ข) เป็นผลที่ได้จากการลบฉากหลังออกไปแล้ว รูป (ค) ภาพยานพาหนะไบนารี่ที่ทำการกำจัดเงาออกไป จะได้เป็นหน้ากากยานพาหนะ (Vehicle mask) รูป (ง) จากหน้ากากยานพาหนะจะทำการmapping ข้อมูลไปเป็น 3 มิติ จะได้แบบจำลองออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การสร้างแบบจำลองของยานพาหนะ

(ก) ภาพยานพาหนะ (ค) หน้ากากยานพาหนะ (Vehicle mask)

(ข) ผลหลังจากการลบฉากหลัง (ง) แบบจำลองยานพาหนะ

งานวิจัยนี้ได้ทดลองกับยานพาหนะ 3 ชนิด คือ รถแท็กซี่ รถมินิบัส และรถโดยสาร 2 ชั้น โดยมุมมองของภาพจะถ่ายเห็นยานพาหนะจากด้านหลัง โดยจะเห็นในส่วนของความสูง ความยาว และความกว้างของยานพาหนะ ค่าความถูกต้องในการคาดคะเนขนาดของยานพาหนะในงานวิจัยนี้ คือ 92.5%

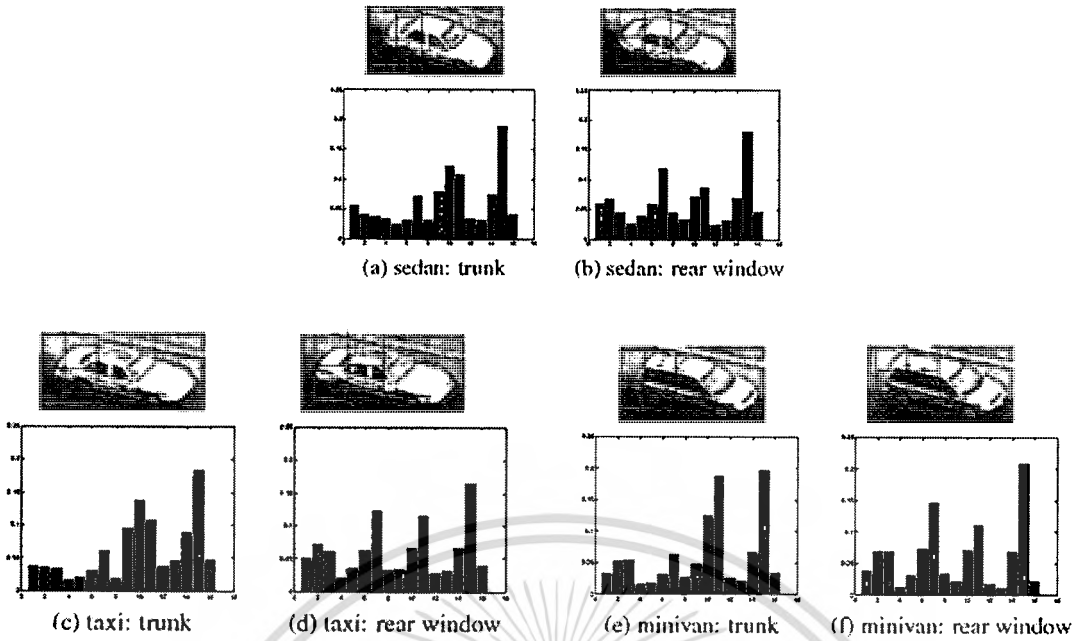
2.3.1.2 Edge-based rich representation for vehicle classification

ผลงานวิจัยของ X. Ma และ W. E. L. Grimson (2005) ได้นำเสนอการจำแนกประเภทยานพาหนะด้วยการสร้างแบบจำลองของยานพาหนะจากข้อมูล Edge-based rich representation และ Scale Invariant Feature Transform (SIFT) ที่มีการปรับปรุงใหม่โดยปรับปรุงใช้หน้าต่างขนาด 2x2 และใช้ฮีสโตแกรมทิศทางเพียง 4 ชุด งานวิจัยนี้จะทำการตรวจหาขอบโดยใช้เทคนิคการตรวจจับขอบแบบแคนนี่ (Canny edge detector) เพื่อคัดแยกขอบ

จากรูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างเทคนิค SIFT ของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยจุดสีแดงจะแสดงถึงจุดขอบ สี่เหลี่ยมสีน้ำเงินขนาด 2X2 คือ ขอบเขตที่มีการคำนวณด้วย SIFT โดยคอลัมน์ทางซ้ายมือ (a), (c) และ (e) จะแสดงถึงความแตกต่างของรถมินิแวนจากรถซีดานและรถแท็กซี่ และคอลัมน์ทางขวามือ (b), (d) และ (f) จะเป็นความแตกต่างของรถแท็กซี่กับรถซีดาน โดยดูความแตกต่างจากเวกเตอร์ SIFT ที่มีอยู่ 16 เวกเตอร์ ที่ลำดับต่างๆ ของแต่ละภาพเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างเทคนิค SIFT ของยานพาหนะแต่ละประเภท

ผลการทดลองจากกล้องที่มีการกำหนดมุมกล้อง และใช้ระบบการติดตาม ขนาดภาพยานพาหนะที่ได้จากการติดตาม 75X50 พิกเซล โดยจะตรวจจับรถ 3 ชนิด คือ ซีดาน รถมินิแวน และ รถแท็กซี่ แบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ระหว่าง คาร์ (ซีดานและแท็กซี่) และ มินิแวน มีความผิดพลาด 1.5% และระหว่างซีดานและแท็กซี่ มีความผิดพลาด 4.24%

2.3.2 การจำแนกประเภทยานพาหนะโดยอาศัยคุณลักษณะภายนอกของยานพาหนะ

2.3.2.1 A Vision-Based Vehicle Identification System

ผลงานวิจัยของ C. L. Huang และ W. C. Liao (2004) ได้นำเสนอขั้นตอนของระบบการจำแนกประเภทของยานพาหนะ โดยจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4ขั้นตอน คือ

1) การคัดแยกวัตถุ (Object extraction) จะทำการคัดแยกวัตถุด้านหน้าที่มีการเคลื่อนที่ออกมาจากฉากหลัง โดยจะทำการลบฉากหลังด้วยฉากหลังที่มีการปรับปรุง หลังจากทำการแยกฉากหลังแล้วจะทำการกำจัดสิ่งรบกวน (Noise) ที่ได้มาหลังจากการแยกฉากหลังออกไป

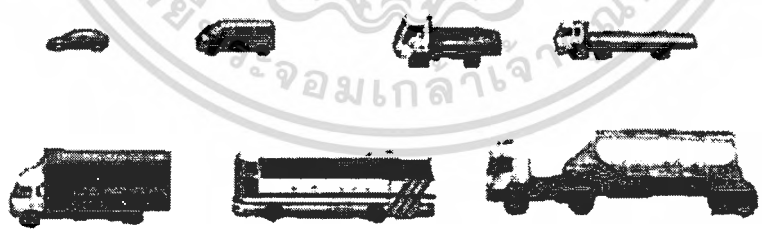
2) การติดตามวัตถุ (Object tracking) เป็นขั้นตอนในการติดตามการเคลื่อนที่และวิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ โดยอาศัยความสอดคล้องกันในแต่ละเฟรมของตำแหน่งยานพาหนะ

3) การตรวจจับวัตถุที่ทับซ้อนกันและคัดแยกออก (Occlusion detection and segmentation) ตรวจจับวัตถุที่ทับซ้อนกันได้โดยการวิเคราะห์ ฟิลด์การเคลื่อนที่ (Motion filed) และการวิเคราะห์วิถีการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และคัดแยกวัตถุที่ทับซ้อนกันด้วยพื้นที่ตัด (Cutting Region)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
06007

4) การจำแนกยานพาหนะ (Vehicle classification) จะจำแนกยานพาหนะออกเป็น 7 ชนิด ดังรูปที่2.12 คือ ซีดาน(Sedan) แวน(Van) ปิคอัพ(Pickup) รถบรรทุก(Truck) รถบรรทุกแวน(Van Truck) รถโดยสาร(Bus) และรถเทเลอร์(Trailer)โดยแยกจากคุณลักษณะ ความยาวของยานพาหนะ ความกว้างต่อความยาว (Aspect ratio) และ Compact Ratio โดยความยาวของยานพาหนะจะช่วยจำแนกยานพาหนะออกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่และขนาดเล็ก และใช้อัตราส่วนของรูปร่างยานพาหนะความสูงต่อความยาวของยานพาหนะแต่ละชนิดมาช่วยในการวิเคราะห์ในรายละเอียดด้วย รายละเอียดที่นำมาใช้วิเคราะห์ยานพาหนะมีดังนี้

- ทำการแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ออกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กและใหญ่โดยใช้ความยาวของยานพาหนะ
- ถ้าเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก (ซีดาน, แวน, ปิคอัพ) คำนวณจาก $F_1 = \alpha_1 \cdot$(aspect ratio) + $\beta_1 \cdot$(compact ratio) โดยถ้า F_1 มากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน แสดงว่าเป็นซีดาน และนอกจากนั้นจะเป็นปิคอัพหรือแวน
- ปิคอัพและแวนสามารถแยกความแตกต่างได้จากอัตราความสูงต่อความยาว (HLR)
- สำหรับยานพาหนะขนาดใหญ่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ รับโดยสารและรถบรรทุกแวน และ รถบรรทุกและรถเทเลอร์ จะแยกออกเป็นสองกลุ่มโดยกลุ่มแรกจะมี Compact Ratio ใหญ่กว่ากลุ่มที่สอง และจะแยกรถโดยสารออกจากรถบรรทุกแวนด้วย HLR
- แยกรถบรรทุกและรถเทเลอร์ได้จากการคำนวณ $F_2 = \alpha_2 \cdot$(length) + $\beta_2 \cdot$(area/length) โดยถ้า F_2 มากกว่าจุดเริ่มเปลี่ยน แสดงว่าเป็นรถเทเลอร์



รูปที่ 2.12 ประเภทยานพาหนะที่จำแนกได้ในงานวิจัย C. L. Huang และ W. C. Liao

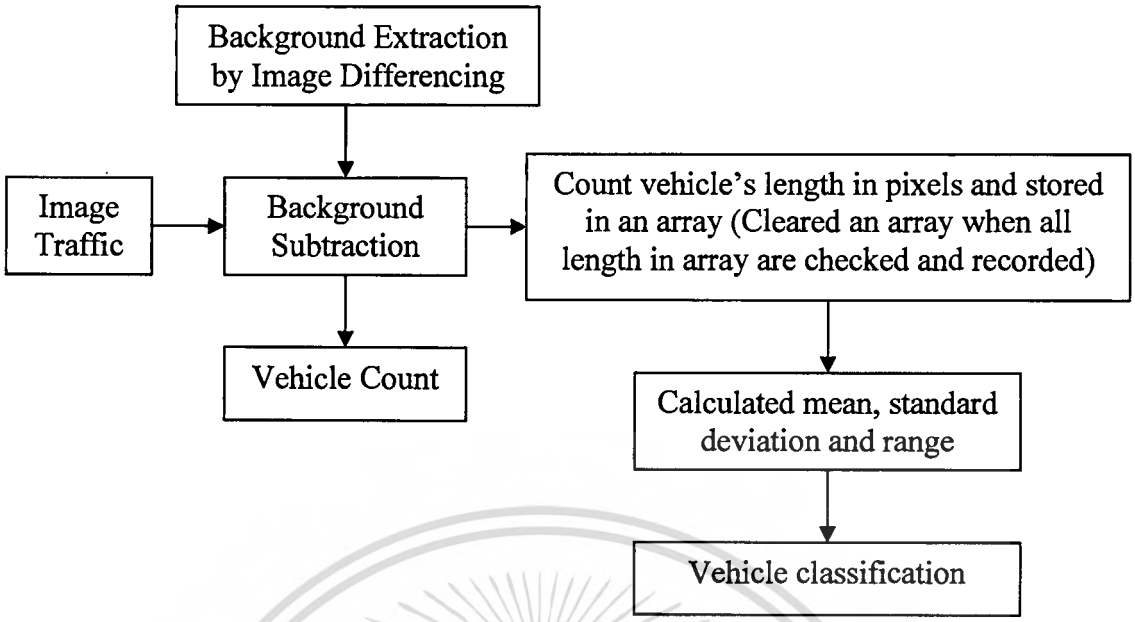
ผลการทดลองจากการใช้กล้องวีดีทัศน์ดิจิตอล CCD ความละเอียดของเฟรม 320X240 จับภาพจากการจราจรปกติ ความยาวภาพวีดีทัศน์ 463 วินาที ลักษณะยานพาหนะที่ได้จากภาพเป็นภาพด้านข้างของยานพาหนะ สามารถจำแนกประเภทยานพาหนะได้ถูกต้องเป็น 91.35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 Length-Based Vehicle Classification Using Images from Uncalibrated Video Cameras

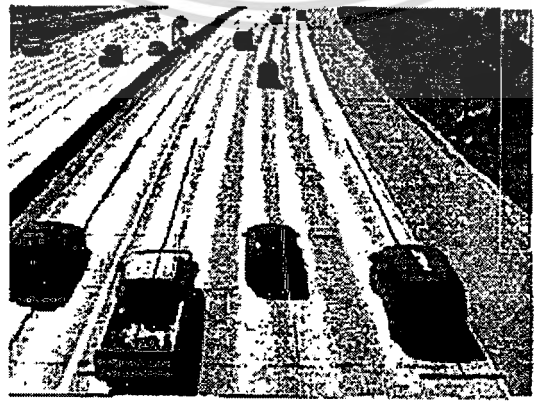
ผลงานวิจัยของ R. P. Avely, Y. Wang และ G. S. Rutherford (2004) เน้นในการจำแนกรถบรรทุกกับยานพาหนะขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการช่วยเก็บข้อมูลรถบรรทุก ด้วยเทคนิคการใช้ความยาว (Length) ของยานพาหนะใช้ในการจำแนกประเภท ซึ่งภาพวีดีทัศน์ที่นำมาใช้ในการทดลองไม่จำเป็นต้องมีการเทียบวัดกล้อง โดยจะทำการดึงฉากหลังที่เป็นพื้นผิวถนนออกมาจากภาพด้วยการเทียบพิกเซลที่อยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันจากภาพ 2 ภาพที่มีเวลาแตกต่างกันทีละพิกเซล (Frame Difference) ในงานวิจัยนี้จะอาศัยค่าสี RGB และกำหนดให้มีค่าจุดเริ่มเปลี่ยน(threshold) ต่างกันไม่เกิน 10 สำหรับใช้เพื่อการดึงฉากหลังออกมา ซึ่งจะทำซ้ำหลายรอบจนกว่าจะได้พื้นที่ฉากหลังเป็น 99.95% ของพิกเซลทั้งหมด การตรวจจับยานพาหนะจะนำฉากหลังที่ได้เปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากกล้อง ซึ่งจะกำหนดให้ค่าจุดเริ่มเปลี่ยนต้องมากกว่า 20 จึงจะตัดสินเป็นยานพาหนะ ถ้าค่าสี RGB มีค่าจุดเริ่มเปลี่ยนน้อยกว่า 20 จะถูกตัดสินให้มองว่าเป็นพื้นที่ที่เหมือนกันและมิใช่ยานพาหนะ และระบบจะทำการนับจำนวนยานพาหนะด้วยการกำหนดเส้นอ้างอิงขึ้นมาเส้นหนึ่งเพื่อใช้ในการนับจำนวน เมื่อยานพาหนะวิ่งผ่านเส้นนี้ไประบบจะทำการนับจำนวนและเก็บจำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่วิ่งผ่านไปไว้ หลังจากทำการตรวจจับยานพาหนะได้แล้ว จะทำการจำแนกโดยอาศัยความยาวของยานพาหนะ โดยอาศัยการนับพิกเซล จะเริ่มนับเมื่อพิกเซลมีความแตกต่างจากฉากหลังติดต่อกันเกิน 5 พิกเซล และจะหยุดนับเมื่อพิกเซลมีความเหมือนกับฉากหลังติดต่อกันเกิน 5 พิกเซล หลังจากนั้นจะนำความยาวของยานพาหนะแต่ละคันที่เป็นพิกเซลเก็บในรูปแบบอาร์เรย์เพื่อทำการเปรียบเทียบในภายหลัง ซึ่งอาร์เรย์จะเก็บข้อมูลได้ 15 ข้อมูล เมื่อเก็บความยาวได้ครบ 15 คันแล้วจะเปรียบเทียบข้อมูล ยานพาหนะที่มีความยาวสั้นกว่า 3 เท่าของความยาวยานพาหนะที่ยาวที่สุดจะถูกลบทิ้งไปเพราะอาจเกิดจากตรวจจับที่ผิดพลาดได้ นำค่าความยาวยานพาหนะที่ได้ไปคำนวณหา mean, standard deviation และrange เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะต่อไป และจะทำการเคลียร์อาร์เรย์เพื่อใช้เก็บข้อมูลใหม่ต่อไป ดังได้แสดงขั้นตอนของงานวิจัยไว้ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แผนภาพแสดงขั้นตอนงานวิจัยของ R. P. Avely, Y. Wang และ G. S. Rutherford (2004)

ผลการทดลองจากการใช้กล้องวีดีทัศน์ดิจิตอลเก็บเป็นไฟล์บิทแมบ (Bitmap) เก็บภาพในช่วงเวลา 11:30น. และ00:30น. จำนวน 4500 เฟรม ที่อัตรา 15 เฟรมต่อวินาที ในเวลา 300 วินาที จากรูปที่ 2.14 เป็นภาพตัวอย่างยานพาหนะ มุมมองของยานพาหนะที่นำมาวิเคราะห์เป็นภาพยานพาหนะที่ถ่ายจากด้านหลังยานพาหนะ จะเห็นความกว้างและความยาวของยานพาหนะอย่างชัดเจน งานวิจัยนี้จะใช้เฉพาะความยาวของยานพาหนะ จะแยกยานพาหนะออกเป็น 2 ประเภท คือ ยานพาหนะที่มีขนาดสั้นหรือยานพาหนะขนาดเล็กและยานพาหนะที่มีขนาดยาวซึ่งจะหมายถึงรถบรรทุก ความถูกต้องในการตรวจจับยานพาหนะเป็น 97.52% และสามารถระบุว่าเป็นรถบรรทุกได้ถูกต้อง 91.89%



รูปที่ 2.14 ภาพตัวอย่างแสดงมุมมองของกล้องที่ใช้ในงานวิจัยของ R. P. Avely และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 Detection and Classification of Vehicles

ผลงานวิจัยของ S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin และ N. P. Papanikolopoulos (2002) นำเสนอเกี่ยวกับการตรวจจับและจำแนกยานพาหนะ จะแบ่งกระบวนการออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับภาพ (Raw images), ระดับพื้นที่ (Region level) และระดับยานพาหนะ (Vehicle level) โดยระบบนี้จะแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) การคัดแยก (Segmentation) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง โดยการใช้การลบฉากหลังด้วยภาพฉากหลังที่ได้จากการวิเคราะห์

2) การติดตามขอบเขต (Region tracking) จะอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขอบเขตของเฟรมก่อนหน้าและขอบเขตของเฟรมปัจจุบัน

3) การคืนค่าตัวแปรของยานพาหนะ (Recovery of Vehicle Parameters) จะทำการเทียบวัดกล้องหาค่าตัวแปรกล้องเพื่อมาใช้หาค่าตัวแปรยานพาหนะต่างๆ เช่นความกว้าง ความยาว ค่าต่างๆที่สามารถหาได้จากภาพ 2 มิติ

4) การระบุยานพาหนะ (Vehicle Identification) จะทำจำลองยานพาหนะจากขอบเขตเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยม โดยขนาดมิติของพื้นที่สี่เหลี่ยมจะขึ้นกับองค์ประกอบของขอบเขต

5) การติดตามยานพาหนะ (Vehicle Tracking) จะทำการระบุยานพาหนะ ตำแหน่ง ความเร็วและมิติของยานพาหนะ โดยการติดตามยานพาหนะจะวิเคราะห์จากขอบเขต

6) การจำแนกประเภทยานพาหนะ (Vehicle Classification) จะจำแนกยานพาหนะโดยใช้วิธีการจำแนก (Classification Method) โดยงานวิจัยนี้จะใช้มิติของยานพาหนะจำแนกประเภทยานพาหนะออกเป็น 2 ประเภท คือ รถยนต์ และที่ไม่ใช่รถยนต์ (รถบรรทุก, รถบรรทุกขนาดเล็ก, รถแวน, รถบัส) มิติของยานพาหนะที่ใช้ในการจำแนกเป็น ความสูงและความยาวของยานพาหนะจริง โดยความสูงของยานพาหนะที่หามาได้จะเป็นความสูงและความกว้างของยานพาหนะจริง ซึ่งหาได้จากการเทียบวัดกล้อง

รูปที่ 2.15 ภาพตัวอย่างแสดงมุมมองของกล้องที่ใช้ในงานวิจัยของ S. Gupte และคณะ

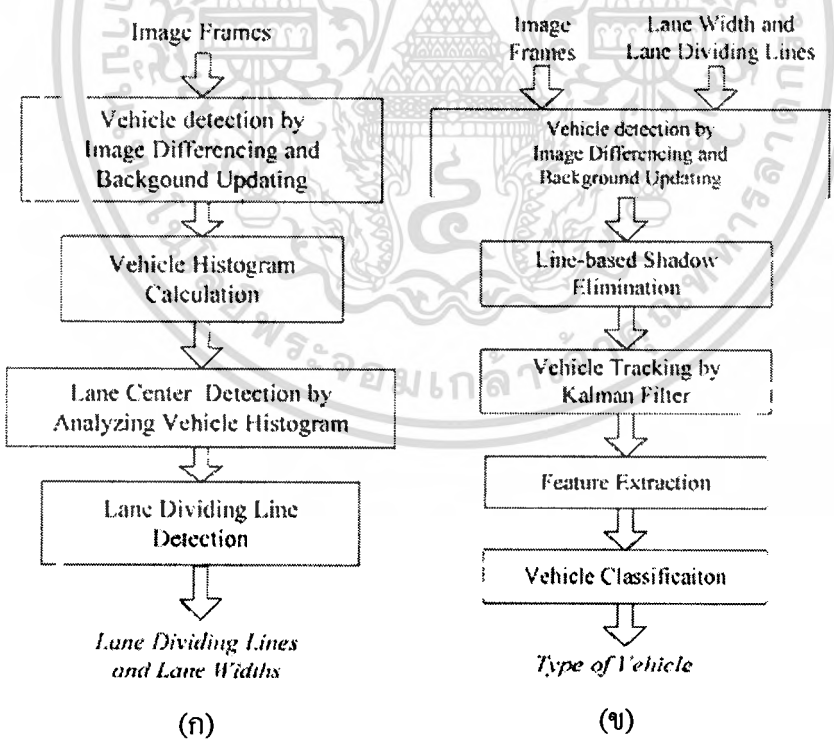
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนี้ทำการทดสอบด้วยภาพที่เก็บมาจากการจราจรตามถนนปกติจากการใช้กล้องมุมเดียวที่ติดอยู่กับที่ดังภาพตัวอย่างรูปที่2.15 เป็นเวลา 20 นาที ด้วยอัตรา 15 เฟรมต่อวินาที ภาพยานพาหนะเป็นภาพจากมุมเอียงจากด้านบน ความถูกต้องในการตรวจจับและติดตามอยู่ที่ 90% และความถูกต้องในการจำแนกประเภทของยานพาหนะเป็น 70%

2.3.2.4 Automatic Traffic Surveillance System for Vehicle Tracking and Classification

ผลงานวิจัยของ J. W. Hsieh และคณะ (2006) นำเสนอเทคนิคการตรวจจับหาเส้นแบ่งช่องการจราจรเพื่อใช้ช่วยในการตรวจจับยานพาหนะและจำแนกประเภทยานพาหนะ ซึ่งจะใช้ฮีสโตแกรมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของยานพาหนะมาใช้หาเส้นแบ่งช่องการจราจร

จากรูปที่2.14 จะแสดงแนวคิดของงานวิจัยนี้ ในรูปที่2.16 (ก) จะแสดงขั้นตอนในการหาเส้นแบ่งถนนโดยการวิเคราะห์จากฮีสโตแกรมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ รูปที่ 2.16 (ข) จะแสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์หาประเภทยานพาหนะ โดยจะทำการลบฉากหลังออกและกำจัดเงาออกไปโดยใช้เส้นแบ่งถนนช่วยในการตัดเงาในส่วนที่ไม่ต้องการออกไป และจะทำการแยกคุณลักษณะของยานพาหนะออกมาเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

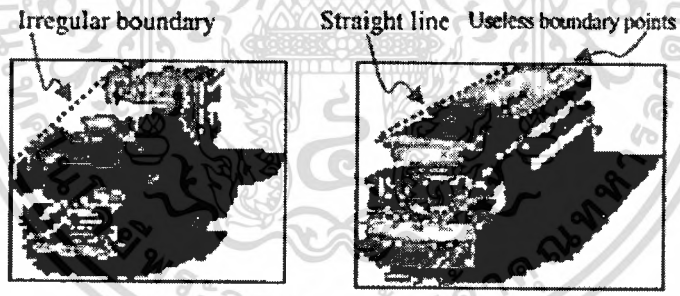


รูปที่ 2.16 แผนภาพแสดงขั้นตอนงานวิจัยของ J. W. Hsieh และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยงานวิจัยนี้จะใช้ขนาดและ เส้นแนว (Linearity) ช่วยในการจำแนก โดยขนาดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นขนาดที่ถูกทำการนอมอลไลซ์ด้วยพื้นที่ถนนสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความกว้างเท่ากับความกว้างระหว่างเส้นแบ่งถนน 2 เส้น และอีกหนึ่งคุณลักษณะคือ เส้นแนว จะใช้จำแนกระหว่างรถโดยสารประจำทางและรถบรรทุก เนื่องจากรถทั้งสองประเภทมีขนาดและความเร็วในการเคลื่อนที่ที่คล้ายกัน แต่จะมีส่วนเส้นขอบด้านบนของยานพาหนะที่มีลักษณะแตกต่างกัน ดังรูปที่2.17 หลังจากคัดแยกคุณลักษณะขนาดและเส้นแนวออกมาแล้ว ในการจำแนกประเภทยานพาหนะได้ปรับปรุงจากเดิม วิธีการนี้ใช้เพียงหนึ่งเฟรมในการจำแนกงานวิจัยนี้จะปรับปรุงโดยใช้การจำแนกจากหลายเฟรม เพื่อเพิ่มความถูกต้องให้มากขึ้น และปรับปรุงโดยการสร้างแทมแพลตของยานพาหนะแต่ละประเภทเมื่อยานพาหนะเปลี่ยนมุมมอง เพื่อเพิ่มความสามารถในการตัดสินการจำแนกประเภทยานพาหนะในมุมต่างๆ

งานวิจัยนี้ได้นำขนาด และ เส้นแนว (Linearity) มาช่วยในการจำแนก ผลการทดลองจากการใช้กล้องวีดีทัศน์ดิจิตอลที่ติดตั้งกับที่ จะจำแนกประเภทยานพาหนะเป็น 4 ประเภท คือ รถยนต์ส่วนบุคคล มินิแวน รถบรรทุก และโดยสารประจำทางหรือรถบรรทุกแวน ความถูกต้องในการจำแนกประเภทยานพาหนะเป็น 87.7% และได้ทำการทดลองนำภาพยานพาหนะหลายเฟรมมาทำการจำแนกจะได้ค่าความถูกต้องมากขึ้น คือ 94.8%



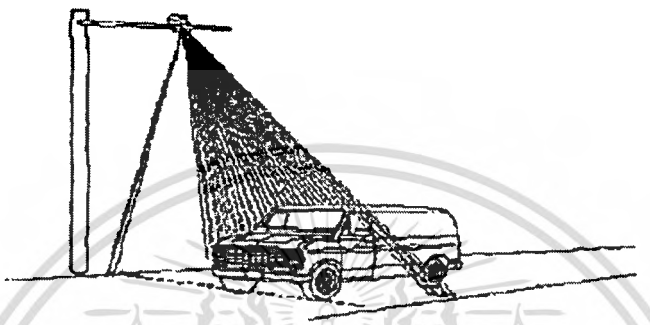
รูปที่ 2.17 ความแตกต่างระหว่างเส้นขอบบนของรถบรรทุกและรถโดยสารประจำทาง

2.3.2.5 Automatic Vehicle Classification System using Range Sensor

ผลงานวิจัยของ K. F. Hussain และ G. S. Moussa (2005) นำเสนอการจำแนกประเภทยานพาหนะโดยใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทาง โดยงานวิจัยนี้จะนำภาพความเข้มของแสงที่ได้จากเซ็นเซอร์มาใช้ในการจำแนก จากรูปที่2.18 แสดงการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะทางไว้เหนือยานพาหนะ ภาพที่ได้จากตัวตรวจจับจะสามรถนำไปประมวลผลภาพหา ความยาว ความสูง ความกว้าง และความเร็วของยานพาหนะได้ จากรูปที่2.19 จะเป็นภาพความเข้มของแสงที่ได้มาจากตัวตรวจจับ จะหาความยาวจากภาพได้โดยใช้การตรวจจับขอบ โดยขอบส่วนหน้าสุดจะแสดงเป็น L3 และ L3' ส่วนขอบของยานพาหนะส่วนหลังสุดจะแสดงเป็น L4 และ L4' โดย L3 และ L4 จะเป็น

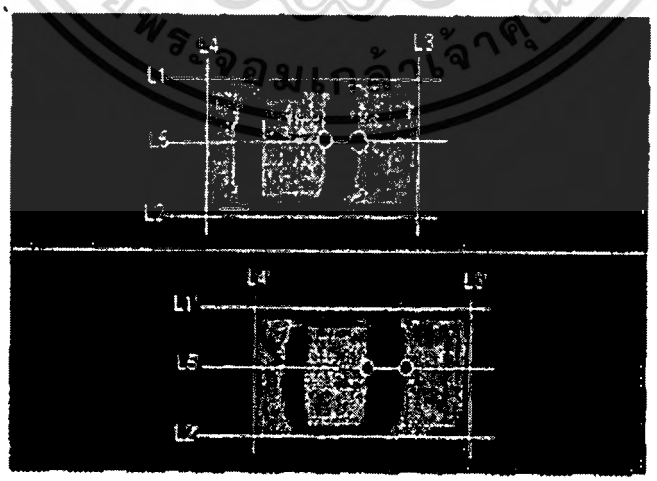
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของยานพาหนะ ความกว้างจะหาได้จากการหาค่าความแปรปรวน (Varience) ระหว่างเส้น L3 และ L4 ความกว้างจะแสดงเป็นเส้น L1, L2, L1'และ L2'ส่วนความเร็วจะหาจากความแตกต่างของเวลาของระยะทางเส้น L3 และ L3'และความสูงจะประมาณได้โดยการคำนวณทางเรขาคณิต ในการจำแนกประเภทยานพาหนะจะใช้โครงข่ายประสาทเทียมช่วยในการวิเคราะห์ โดยมี 6 อินพุทเลเยอร์ 6 เอาท์พุทเลเยอร์ 10 ฮิดเดนเลเยอร์ จะใช้ยานพาหนะจำนวน 800 คัน ได้ภาพ 3000 ภาพ มาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม



รูปที่ 2.18 การติดตั้งเซ็นเซอร์วัดระยะทางเหนือยานพาหนะ

ผลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยนี้ โดยใช้ภาพความเข้มของแสงที่ได้จากตัวตรวจจับระยะจำนวน 4,955 ภาพ ซึ่งภาพที่นำมาทดลองจะรวมถึงภาพที่มีสภาพอากาศไม่ปกติ เช่น มี หมอก มีฝน โดยใช้เครือข่ายประสาทเทียมช่วยในการจำแนกยานพาหนะออกเป็น 5 ประเภท คือ มอเตอร์ไซต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถปิคอัพหรือแวน รถบรรทุกตอนเดียวหรือรถโดยสารประจำทาง รถพ่วง และมีความผิดพลาดที่ได้จากการจำแนกประเภทยานพาหนะเป็น 8.37 %

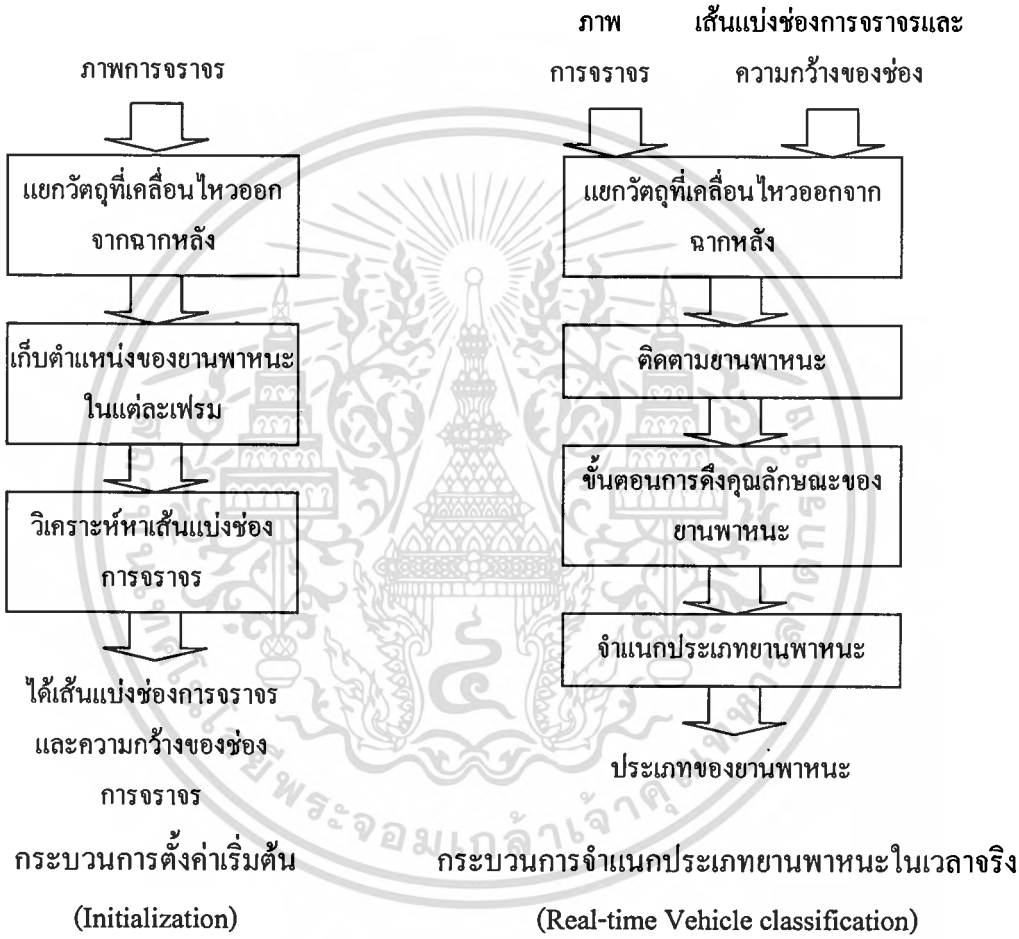


รูปที่ 2.19 ภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์วัดระยะทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
กรรมวิธีที่นำเสนอ

สำหรับการศึกษาโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ ผู้พัฒนาระบบได้นำเสนอกรรมวิธีในการจำแนกประเภทยานพาหนะซึ่งสามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงขั้นตอนของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

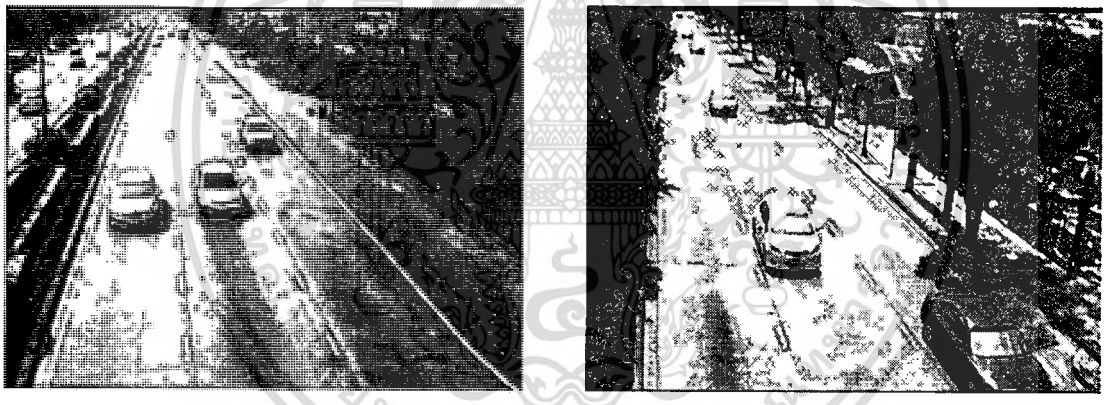
จากรูปกรรมวิธีแต่ละขั้นตอนที่จะนำมาใช้กับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของการเตรียมการและตั้งค่าเริ่มต้นก่อนที่จะนำภาพวีดีทัศน์ที่ต้องการจำแนกประเภทยานพาหนะเข้ามาใช้งาน โดยจะเป็นขั้นตอนในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรโดยอัตโนมัติจากภาพจำนวนหนึ่งเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้สำหรับในขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะ และส่วนที่สองจะเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่การจำแนกประเภทยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะนำผลจากส่วนแรกมาใช้ในการคำนวณร่วมกัน ซึ่งภาพวีดีทัศน์ที่นำมาใช้สำหรับสองส่วนนี้ต้องเป็นภาพวีดีทัศน์ที่ได้จากมุมกล้องเดียวกัน ในส่วนที่สองจะประกอบไปด้วยการลบฉากหลังเพื่อตัดแยกภาพยานพาหนะ การติดตามยานพาหนะ การดึงคุณลักษณะของยานพาหนะ และการจำแนกประเภทยานพาหนะ

3.1 การเตรียมภาพวีดีทัศน์

ภาพวีดีทัศน์ที่จะนำมาใช้ในระบบ จะสามารถเตรียมการได้จากการเก็บภาพวีดีทัศน์ในช่วงเวลากลางวันที่ไม่มีฝนตก เป็นการเก็บภาพจากกล้องหนึ่งตัวและเป็นกล้องที่ติดตั้งไว้อยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนที่ มีขนาดภาพ 320x240 พิกเซล ที่อัตรา 30 เฟรมต่อวินาที ภาพวีดีทัศน์ที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นไฟล์ภาพชนิด *.avi โดยจะมีช่องการจราจรตั้งแต่ 2 ช่องการจราจรขึ้นไป มุมกล้องจะเป็นมุมในทิศทางที่รถเคลื่อนที่ในลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากล้องในแนวตรง ภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

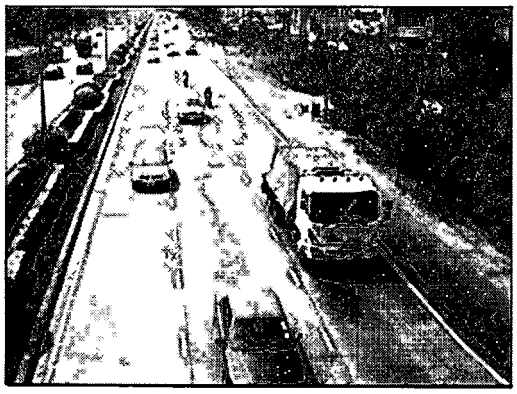


รูปที่ 3.2 ภาพตัวอย่างที่นำมาใช้ในการศึกษาโครงการ

3.2 การลบฉากหลัง

สำหรับขั้นตอนการลบฉากหลังเป็นขั้นตอนแรกของระบบ ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำภาพที่ได้จากกล้องวีดีทัศน์มาแยกฉากหลังและวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านออกจากกัน โดยได้ศึกษาวิธีการของ Li และคณะ (2003) เพื่อนำมาใช้สำหรับขั้นตอนนี้ ในขั้นตอนนี้แบบจำลองฉากหลังจะมีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน เนื่องจากมีการคิดในส่วนฉากหลังที่อยู่กับที่ และฉากหลังที่มีการเคลื่อนที่ รูปที่ 3.3 เป็นรูปวัตถุฉากหน้าซึ่งแยกออกมาจากภาพฉากหลังโดยวิธีการของ Li และคณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



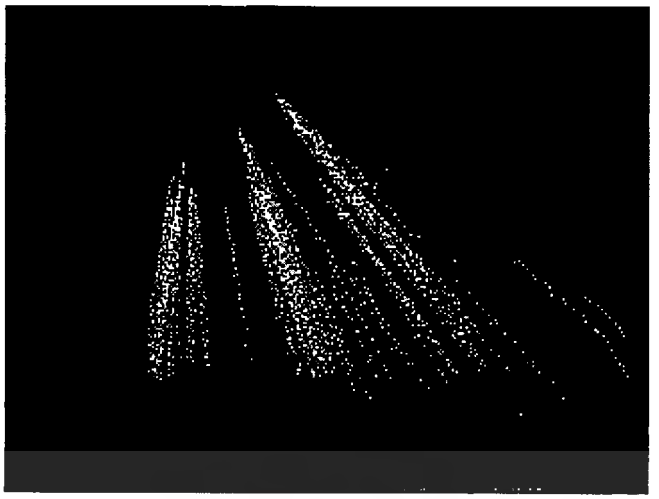
รูปที่ 3.3 ภาพยานพาหนะที่มีการเคลื่อนที่ที่ได้จากการทำการลบฉากหลัง

3.3 การหาเส้นแบ่งช่องการจราจร

จากงานวิจัยของ Hsieh et al. (2006) ได้นำเสนอการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร ซึ่งเป็นการหาโดยอัตโนมัติจากข้อมูลภาพวีดีทัศน์จำนวนหนึ่ง ในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรนี้จะใช้สมมติฐานที่ว่า ยานพาหนะส่วนมากจะเคลื่อนที่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของช่องการจราจร สามารถหาเส้นแบ่งช่องการจราจรได้ โดยตั้งสมมติฐานว่าถนนมีช่องการจราจร N_L ช่อง เมื่อมียานพาหนะ (v_k) ผ่านเข้ามา ภาพที่นำมาใช้เป็นภาพตัวอย่างในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรจะใช้ภาพตัวอย่างจำนวน 2000 เฟรม ซึ่งเป็นภาพตัวอย่างการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในตำแหน่งที่ต่างๆกัน

1. สร้างฮีสโตรแกรมที่มีขนาด $N_{col} \times N_{row}$ โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของฮีสโตรแกรมที่ทุกตำแหน่งเป็น 0 เมื่อยานพาหนะผ่านเข้ามาทำการบันทึกค่าที่ตำแหน่งนั้นๆ $H_{vehicle}(x,y)+=1$ ของยานพาหนะที่ผ่านเข้ามาทั้งหมด โดยเก็บตำแหน่งการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจากจุดศูนย์กลางของยานพาหนะ (x_{v_k}, y_{v_k})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

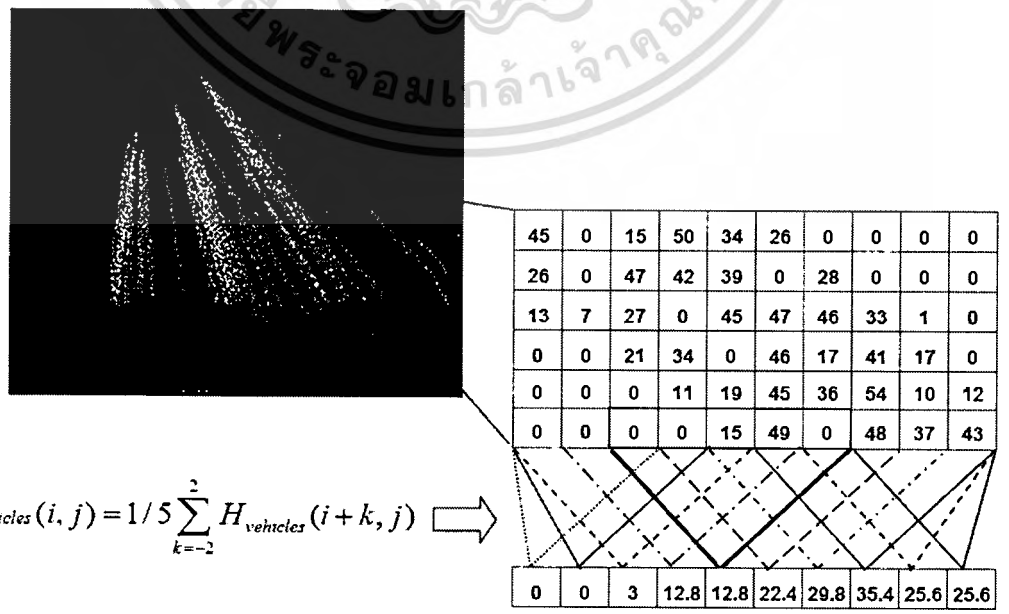


รูปที่ 3.4 ฮีสโตแกรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

2. เมื่อได้ฮีสโตรแกรมที่บันทึกค่าตำแหน่งการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจากภาพตัวอย่างทั้งหมดแล้ว เพื่อให้ฮีสโตรแกรมที่จะนำไปหาเส้นแบ่งช่องการจราจรมีค่าที่เหมาะสมกับการนำไปคำนวณมากขึ้น ทำการเฉลี่ยค่าของฮีสโตรแกรมได้ดังรูปที่ 3.5 และสมการที่ 3.1

$$\overline{H}_{vehicles}(i,j) = 1/5 \sum_{k=-2}^{2} H_{vehicles}(i+k,j) \tag{3.1}$$

โดยที่ $\overline{H}_{vehicles}$ คือ ฮีสโตแกรมที่ทำหาค่าเฉลี่ยแล้ว



รูปที่ 3.5 แสดงการเฉลี่ยค่าของฮีสโตรแกรมที่แถว j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หาค่าเฉลี่ยของ $\overline{H}_{vehicles}(i,j)$ ของแต่ละแถว และนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปใช้ในการคัดกรองจุดที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวออกไป ดังสมการ

$$T_H^j = \frac{1}{N_{col}} \sum_i \overline{H}_{vehicle}(i,j) \tag{3.2}$$

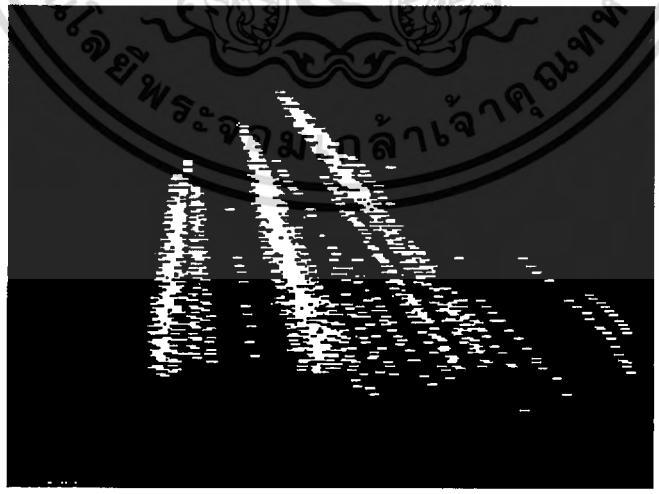
โดยที่ T_H^j คือ ค่าเฉลี่ยของแถว j ที่นำมาใช้เป็นค่าจุดเริ่มเปลี่ยน

N_{col} คือ จำนวนหลัก

$\overline{H}_{vehicle}$ คือ ฮีสโตแกรมที่ทำหาค่าเฉลี่ยแล้ว

4. ในการคัดกรองค่าออกจะทำได้โดยแต่ละพิกเซล (i,j) ของแถวที่ j ถ้าค่า $\overline{H}_{vehicles}(i,j)$ ของแต่ละพื้นที่ย่อยมีค่ามากที่สุดและมีค่ามากกว่า T_H^j ให้พิกเซลที่ตำแหน่งนั้นแทนค่าด้วย 1 และนอกเหนือจากนั้นให้กำหนดค่าที่พิกเซลนั้นเป็น 0 ดังสมการที่ 3.3 โดยพื้นที่ย่อยจะอยู่ในช่วง -2 ถึง 2 โดยพิกเซลที่พิจารณาจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0 ภาพไบนารีที่ผ่านการคัดกรองค่าแสดงได้ดังรูปที่ 3.6

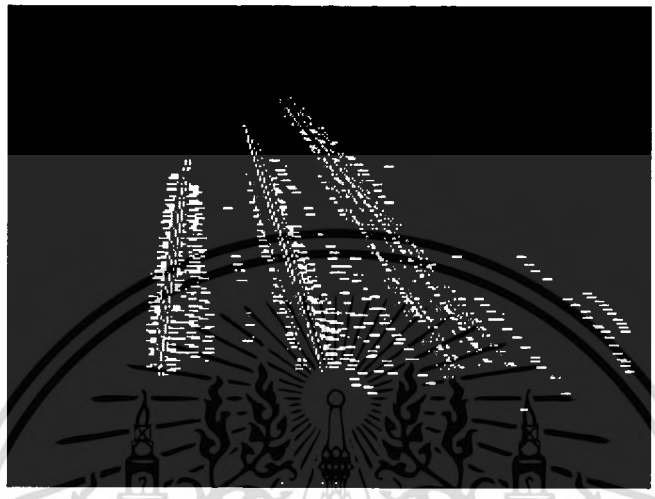
$$Binary(i,j) = \begin{cases} 1, & if\ \overline{H}_{vehicle}(i,j) > T_H^j \\ 0, & otherwise \end{cases} \tag{3.3}$$



รูปที่ 3.6 ภาพไบนารีของฮีสโตแกรมที่ผ่านการคัดกรองและแทนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่อได้ภาพไบนารีที่พิจารณาจากฮีสโตรแกรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่ผ่านการคัดกรองแล้ว นำมาตรวจหาเส้นตรงโดยใช้เทคนิคของการแปลงค่าแบบฮัฟมาใช้ในการหาเส้นตรงที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ผลการหาเส้นตรงแสดงได้ดังรูปที่ 3.7

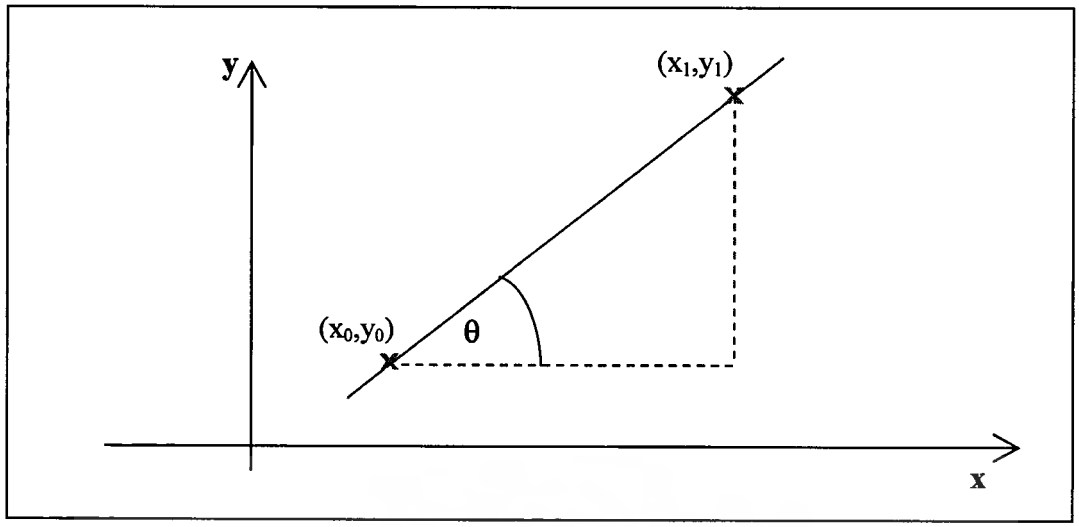


รูปที่ 3.7 เส้นตรงทั้งหมดที่เป็นไปได้ของภาพไบนารี

6. เมื่อได้ตรวจหาเส้นตรงเรียบร้อยแล้ว นำเส้นตรงทั้งหมดมาจัดกลุ่ม โดยเส้นที่อยู่ใกล้กันจะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และจะเห็นได้ว่าจากการเคลื่อนที่ในช่องการจราจรเดียวกันเส้นตรงที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกันและเส้นจะอยู่ชิดกัน จากสมการเส้นตรง $y = mx + b$ จะนำความชันของเส้นตรงมาช่วยในการจัดกลุ่ม และจากสมการความชัน $m = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$ จะนำค่าความชัน (m) มาหามุมที่เส้นตรงทำมุมกับแกน x เพื่อนำมาใช้ในการจัดกลุ่มได้ดังสมการ

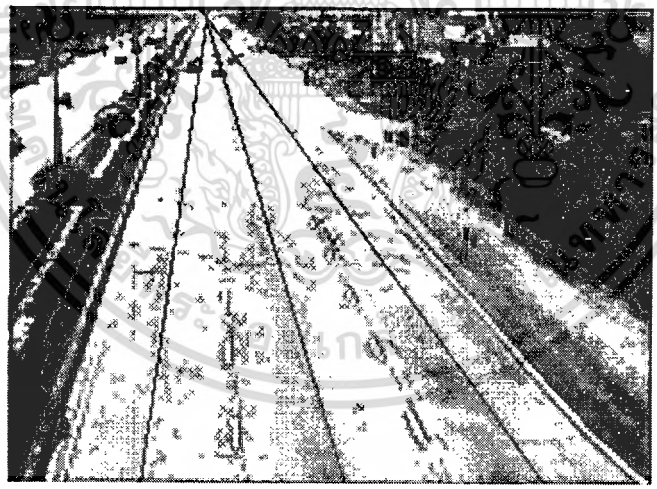
$$\theta = \arctan(\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}) = \arctan(m) \tag{3.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงมุม θ ที่เส้นตรงทำมุมกับแกน x

7. หาเส้นกลางของแนวการเคลื่อนที่ของแต่ละกลุ่มได้จากกลุ่มของเส้นตรง โดยการหาค่ากลางของกลุ่มเส้นตรงแต่ละกลุ่ม เมื่อได้เส้นกลางของแนวการเคลื่อนที่ของแต่ละกลุ่มแล้วจะสังเกตได้ว่าเส้นกลางของการเคลื่อนที่ก็คือแนวกึ่งกลางของแต่ละช่องการจราจรดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงเส้นกึ่งกลางของช่องการจราจรที่หาได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เมื่อได้เส้นกึ่งกลางของช่องการจราจรแล้วจะนำมาคำนวณหาเส้นแบ่งช่องการจราจร ในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรจะเป็นการหาเส้นที่อยู่ตรงกลางระหว่างเส้นกึ่งกลางช่องการจราจรสองเส้นที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะได้เส้นแบ่งช่องการจราจรยกเว้นเส้นขอบด้านซ้ายสุดและขวาสุด สามารถหาได้จากสมการเส้นตรง ดังสมการที่ 3.5

$$y = \frac{(m_{CL_{k-1}} + m_{CL_k})}{2}x + \frac{(b_{CL_{k-1}} + b_{CL_k})}{2} \tag{3.5}$$

โดยที่ m_{CL_k} คือ ความชันของเส้นกึ่งกลางช่องการจราจรเส้นที่ k

b_{CL_k} คือ ค่า b ของสมการเส้นตรงของเส้นกึ่งกลางช่องการจราจรเส้นที่ k

สำหรับเส้นแบ่งช่องการจราจรที่ DL_0 และ DL_N คือตำแหน่งของเส้นแบ่งช่องการจราจรซ้ายสุดและขวาสุด จะสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$y = (2m_{CL_0} - m_{DL_1})x + (2b_{CL_0} - b_{DL_1}) \tag{3.6}$$

$$y = (2m_{CL_{N-1}} - m_{DL_{N-1}})x + (2b_{CL_{N-1}} - b_{DL_{N-1}}) \tag{3.7}$$

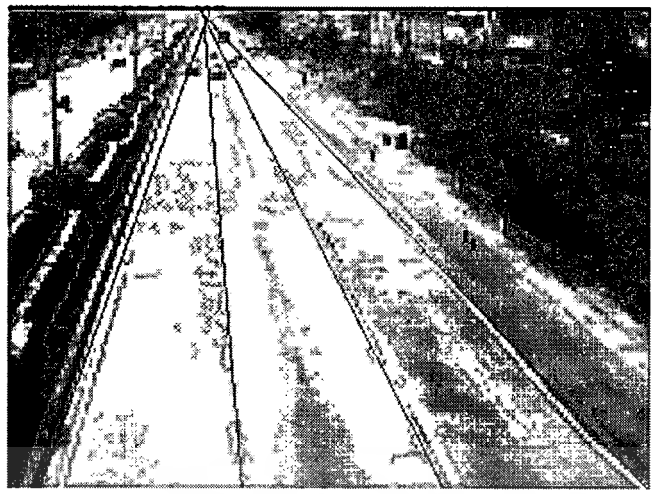
โดยที่ m_{CL_0} คือ ความชันของเส้นกึ่งกลางช่องการจราจรเส้นแรก

m_{DL_N} คือ ความชันของเส้นแบ่งช่องการจราจรที่ช่องการจราจรซ้ายสุด

b_{CL_0} คือ ค่า b ของสมการเส้นตรงของเส้นกึ่งกลางช่องการจราจรเส้นแรก

b_{DL_N} คือ ค่า b ของสมการเส้นตรงของเส้นแบ่งช่องการจราจรช่องการจราจรขวาสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เส้นแบ่งช่องการจราจรที่หาได้จากการคำนวณ

3.4 การติดตามยานพาหนะ

การติดตามยานพาหนะเป็นขั้นตอนของการติดตามยานพาหนะจากเฟรมหนึ่งไปยังอีกเฟรมหนึ่ง เพื่อให้ทราบว่าเป็นยานพาหนะคันเดียวกัน สำหรับขั้นตอนของการติดตามยานพาหนะนี้นำหลักการของความน่าจะเป็นและสถิติมาใช้เพื่อทำการคาดการณ์ล่วงหน้าว่ายานพาหนะจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางใด โดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่ช่วยในการคาดการณ์ และเมื่อได้ข้อมูลตำแหน่งจริงของวัตถุจากเซ็นเซอร์จะนำข้อมูลมาเก็บเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาตำแหน่งในเฟรมถัดไป ในขั้นตอนนี้จะทำการเก็บข้อมูลเส้นทางการตำแหน่งของยานพาหนะไว้ เพื่อช่วยในการคาดการณ์แนวโน้มของตำแหน่งที่ยานพาหนะจะเคลื่อนที่ในเฟรมถัดไป โดยในกรณีที่ยานพาหนะไม่ปรากฏในเฟรมถัดไป จะทำการติดตามยานพาหนะต่อไปอีกช่วงเวลาหนึ่ง โดยใช้การวิเคราะห์แนวโน้มจากข้อมูลที่มีอยู่ ถ้ายานพาหนะไม่ปรากฏภายในเวลาที่กำหนดจะให้หยุดการติดตามยานพาหนะคันนั้น โดยจะนำตำแหน่งที่ได้มาคำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่เพื่อใช้ในการทำนายตำแหน่ง ดังสมการ

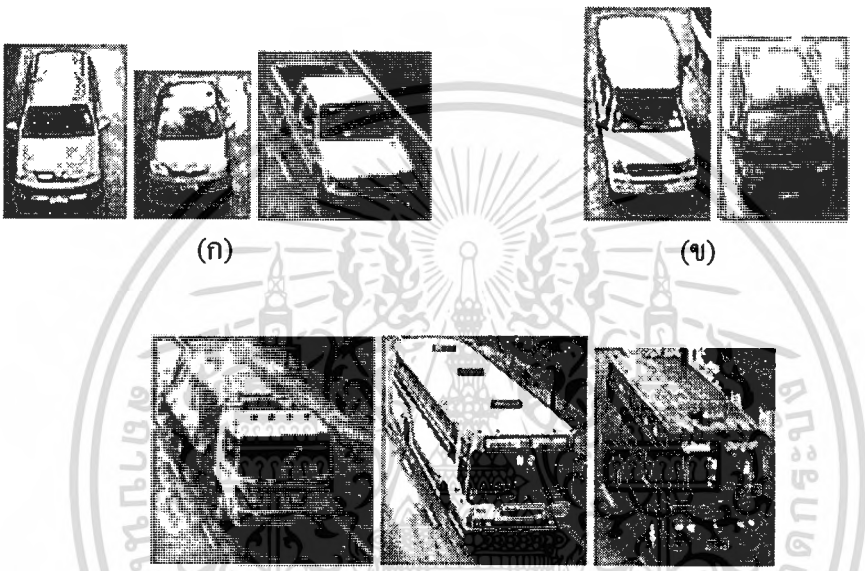
$$v = \frac{s}{t} \tag{3.8}$$

โดยที่ v คือ ความเร็วของยานพาหนะ
s คือ ระยะทาง
t คือ เวลาที่ยานพาหนะเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การจำแนกประเภทยานพาหนะ

จากงานวิจัยของ Hsieh et al. (2006) ได้กล่าวถึงการจำแนกประเภทของยานพาหนะโดยการใช้ขนาดเป็นคุณลักษณะในการจำแนก โดยในขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะ จะจำแนกประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท คือ ยานพาหนะขนาดเล็ก เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถเก๋ง รถกะบะ ยานพาหนะขนาดกลาง เช่น รถแวน รถกะบะที่ต่อเติมหลังคาสูงสำหรับขนของ และยานพาหนะขนาดใหญ่ เช่น รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง ดังรูปที่ 3.11



(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 3.11 ประเภทของยานพาหนะที่นำมาใช้จำแนกในระบบ

(ก) ยานพาหนะขนาดเล็ก

(ข) ยานพาหนะขนาดกลาง

(ค) ยานพาหนะขนาดใหญ่

สำหรับในขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะนี้จะมีขนาดเป็นคุณลักษณะสำคัญในการใช้จำแนกความแตกต่างของยานพาหนะ ซึ่งขนาดของยานพาหนะที่ตำแหน่งต่างในภาพมีขนาดไม่คงที่ ซึ่งสามารถใช้พื้นที่ความกว้างของช่องการจราจรมาเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบกับขนาดของยานพาหนะเพื่อแก้ไขขนาดของยานพาหนะในตำแหน่งต่างๆให้เป็นค่าเดียวกัน โดยความกว้างของช่องการจราจรที่จะนำมาใช้ในการเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบขนาดของยานพาหนะแต่ละคันจะหาได้จากระยะห่างระหว่างเส้นแบ่งช่องการจราจรที่ i และเส้นแบ่งช่องการจราจร i+1 ที่ตำแหน่งที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางยานพาหนะคันนั้น ได้ดังสมการต่อไปนี้

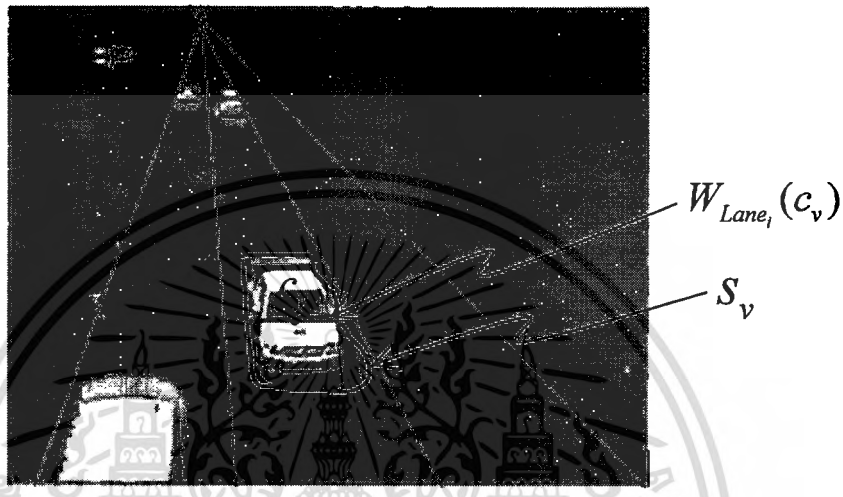
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_{Lane_i}(p) = | X_{DL_i}(y_p) - X_{DL_{i+1}}(y_p) | \quad (3.9)$$

โดยที่ $W_{Lane_i}(p)$ คือ ความกว้างของช่องการจราจรที่จุด p

$X_{DL_i}(y_p)$ คือ ตำแหน่งของจุดบนเส้นแบ่งช่องการจราจร

$X_{DL_{i+1}}(y_p)$ คือ ตำแหน่งของจุดบนเส้นแบ่งช่องการจราจรถัดไป



รูปที่ 3.12 พื้นที่ของยานพาหนะและความกว้างของช่องจราจรที่นำมาคำนวณ

จากรูปที่ 3.12 แสดงขนาดของยานพาหนะและความกว้างของช่องการจราจรที่ตำแหน่งศูนย์กลางของยานพาหนะ เมื่อได้ความกว้างของช่องการจราจรที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางยานพาหนะและขนาดของยานพาหนะ (s_v) แล้ว นำมาหาขนาดสัดส่วนของยานพาหนะ เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ ดังสมการต่อไปนี้

$$\overline{s}_v = s_v / W^2_{Lane_i}(c_v) \quad (3.10)$$

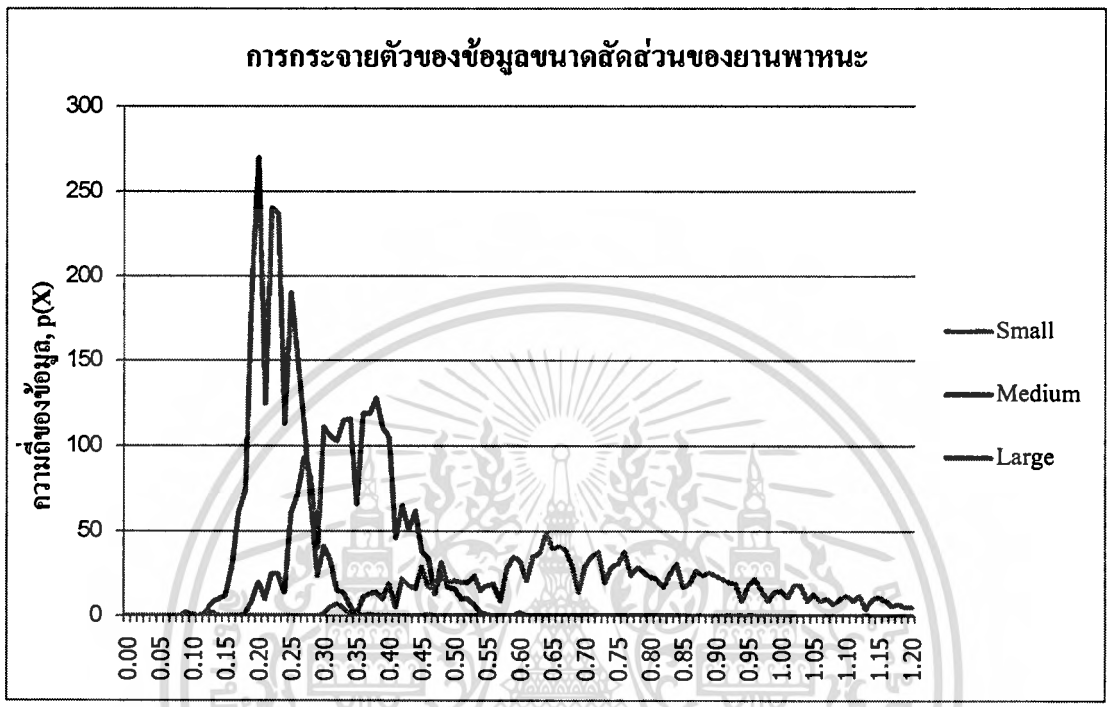
โดยที่ $\overline{s}_v$ คือ ขนาดสัดส่วนของยานพาหนะ

s_v คือ ขนาดของยานพาหนะเป็นพิกเซล

$W^2_{Lane_i}(c_v)$ คือ พื้นที่ความกว้างของช่องการจราจรที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประเภทยานพาหนะ 3 ประเภท ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้จะนำข้อมูลขนาดสัดส่วนของยานพาหนะที่หามาได้ของแต่ละประเภทมาหารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล โดยรูปที่ 3.13 แสดงการกระจายตัวของข้อมูลขนาดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภท



รูปที่ 3.13 การกระจายตัวของข้อมูลขนาดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภท

จากข้อมูลการกระจายตัวของขนาดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภท นำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ตามสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.7 ตามลำดับ เพื่อที่จะนำมาหาขอบเขตของยานพาหนะแต่ละประเภทสำหรับการนำไปจำแนกประเภท การแจกแจงของข้อมูลปกติสามารถแสดงเป็นสมการเกาส์เซียน (Gaussian) ดังสมการที่ 3.11 และแสดงกราฟการแจกแจงข้อมูลปกติของขนาดสัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทได้ดังรูปที่ 3.14

$$p(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\frac{-(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{3.11}$$

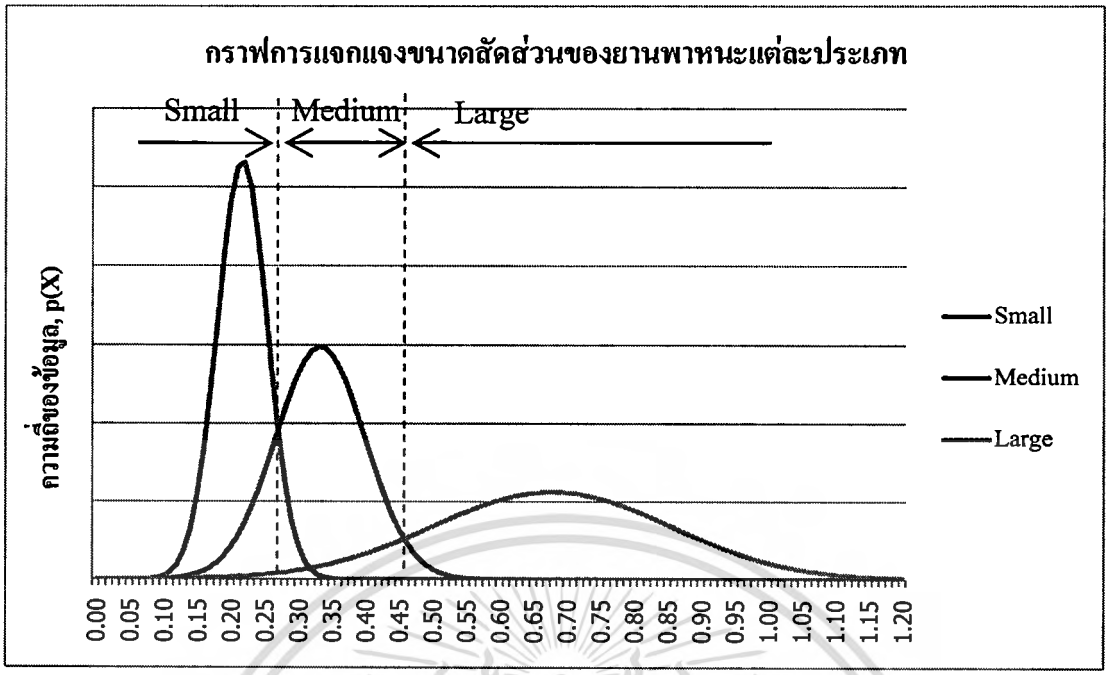
โดย X แทนข้อมูล

$p(X)$ แทนความถี่ของข้อมูล

σ แทนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

μ แทนค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 การแจงแจงปกติของขนาดสัดส่วนยานพาหนะแต่ละประเภท

จากกราฟแจกแจงปกติเราสามารถหาขอบเขตของยานพาหนะแต่ละประเภท โดยการหาจุดตัดของกราฟแต่ละประเภท โดยหาจุดตัดระหว่างกราฟของยานพาหนะขนาดเล็กกับยานพาหนะขนาดกลาง และจุดตัดของกราฟะหว่างยานพาหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่

จากกราฟจะหาค่าขนาดสัดส่วนของยานพาหนะที่จุดตัดระหว่างกราฟยานพาหนะขนาดเล็กและยานพาหนะขนาดกลาง ที่จุดตัดระหว่างกราฟจะได้

$$p(X_s) = p(X_m) \tag{3.12}$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} e^{\frac{-(X-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} e^{\frac{-(X-\mu_m)^2}{2\sigma_m^2}} \tag{3.13}$$

$$\frac{\sigma_m}{\sigma_s} = \frac{e^{\frac{-(X_m-\mu_m)^2}{2\sigma_m^2}}}{e^{\frac{-(X_s-\mu_s)^2}{2\sigma_s^2}}} = e^{\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_m^2(X_s-\mu_s)^2-\sigma_s^2(X_m-\mu_m)^2}{\sigma_s^2\sigma_m^2}\right)} \tag{3.14}$$

$$2\sigma_s^2\sigma_m^2 \ln\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_s}\right) = \sigma_m^2(X-\mu_s)^2 - \sigma_s^2(X-\mu_m)^2 \tag{3.15}$$

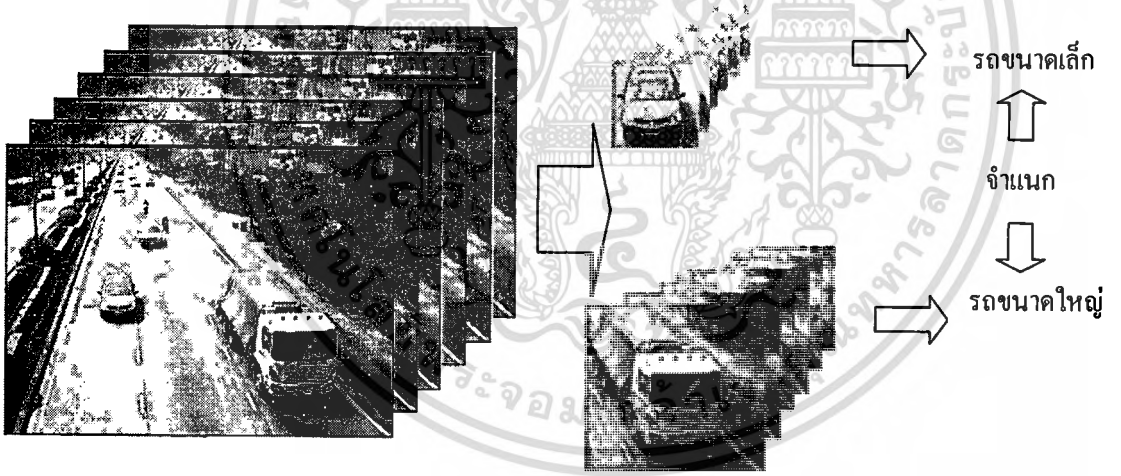
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเป็นจุดตัดของกราฟ เพราะฉะนั้น $X_s = X_m$ แทนค่าเป็น X จะได้

$$X^2 + \frac{(\sigma_s^2\mu_m - \sigma_m^2\mu_s)}{(\sigma_m^2 - \sigma_s^2)}X + \frac{\sigma_m^2\mu_s^2 - \sigma_s^2\mu_m^2}{(\sigma_m^2 - \sigma_s^2)} - 2\sigma_s^2\sigma_m^2 \ln(\frac{\sigma_m}{\sigma_s}) = 0 \qquad (3.16)$$

หาค่า X จากสมการกำลังสองดังสมการที่ 3.16 เมื่อได้ค่า X นำมาใช้เป็นค่าขอบเขตในการแบ่งประเภทระหว่างยานพาหนะขนาดเล็กและยานพาหนะขนาดกลาง และในส่วนของขอบเขตของยานพานหนะขนาดกลางและยานพาหนะขนาดใหญ่จะหาได้จากจุดตัดกราฟของทั้งสองประเภท

สำหรับขั้นตอนในการจำแนกยานพาหนะจะเริ่มการจำแนกประเภทยานพาหนะตั้งแต่เริ่มมีการตรวจจับยานพาหนะได้และจะจำแนกต่อมาอีกทุกๆเฟรมที่ตรวจจับยานพาหนะได้ และเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ออกจากภาพ จะนำผลการจำแนกประเภทยานพาหนะคันนั้นในแต่ละเฟรมมาวิเคราะห์ว่าจำแนกเป็นยานพาหนะประเภทไหนมากกว่ากัน ถ้าจำแนกได้ยานพาหนะประเภทไหนมากกว่าก็จะจำแนกยานพาหนะคันนั้นเป็นประเภทนั้น

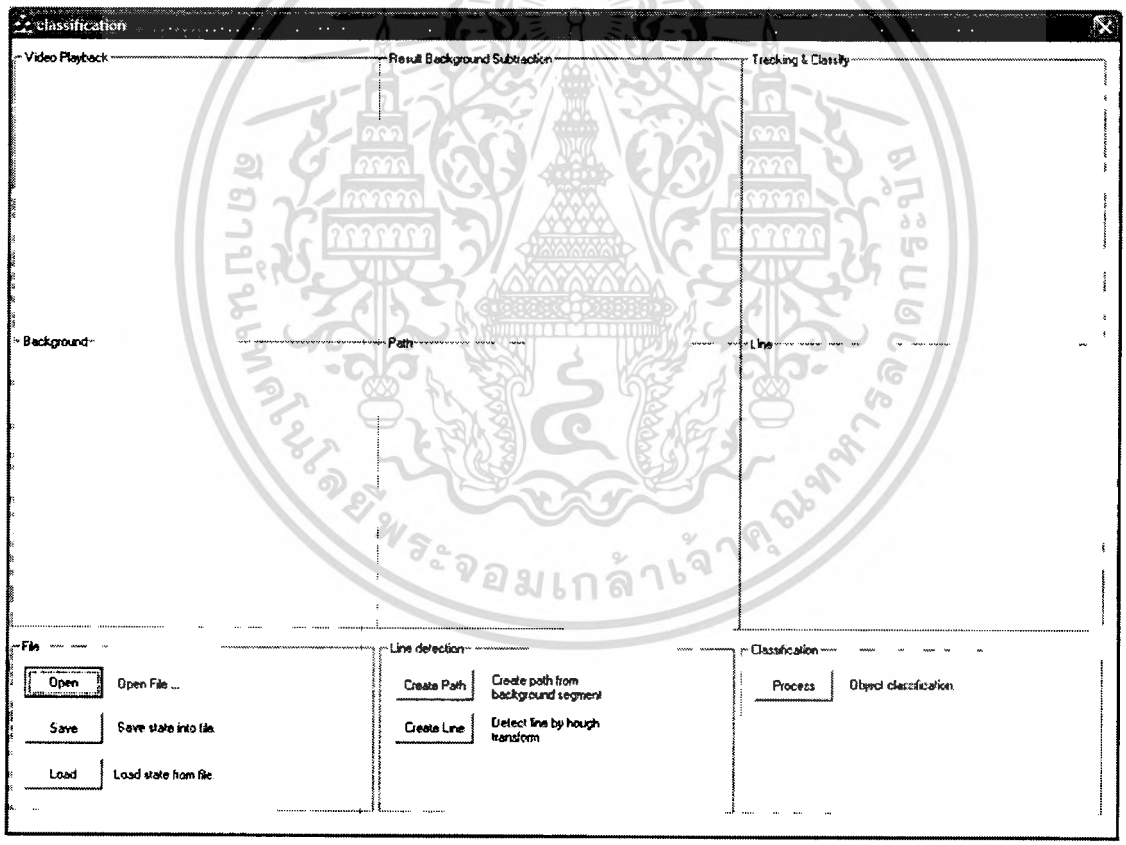


รูปที่ 3.15 จำแนกประเภทยานพาหนะจากหลายเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 หน้าจอของโปรแกรมและการใช้งานโปรแกรม

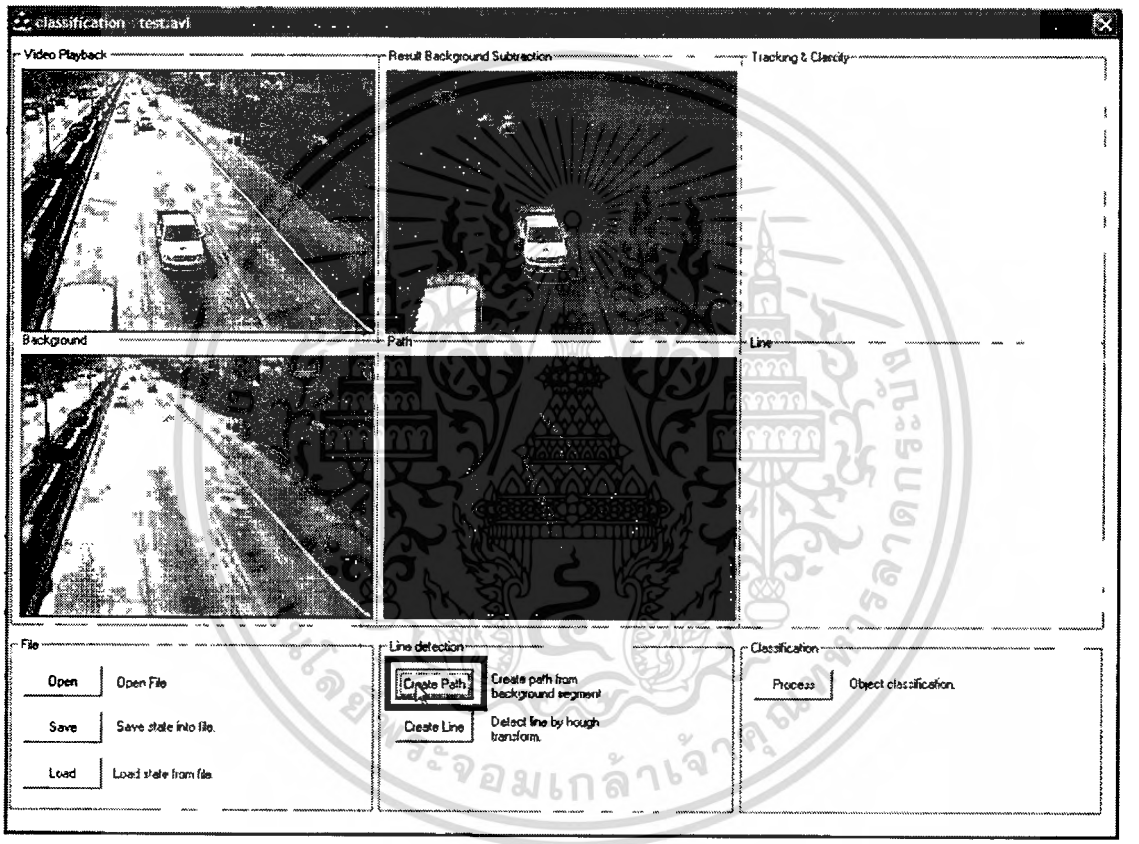
ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะได้จัดแสดงผลออกทางหน้าจอของโปรแกรม โดยได้จัดแสดงผลในส่วนของผลของการลบฉากหลัง ผลของการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะภาพฉากหลัง ผลของการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร ผลของการติดตามยานพาหนะและจำแนกประเภทยานพาหนะ แสดงได้ดังรูปที่ 3.16 การใช้งานโปรแกรมจะเริ่มจากการเปิดไฟล์ภาพวีดีทัศน์จากในส่วนของช่อง File โดยดำเนินการเลือกไฟล์จากการกดที่ปุ่ม Open ในส่วนของปุ่ม Save จะใช้หลังจากที่ทำการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรเสร็จสิ้นแล้ว และเมื่อต้องการใช้งานไฟล์วีดีทัศน์ในชุดนั้นสามารถโหลดข้อมูลการหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะมาใช้โดยไม่จำเป็นต้องทำการหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอีก โดยกดที่ปุ่ม Load



รูปที่ 3.16 หน้าจอของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

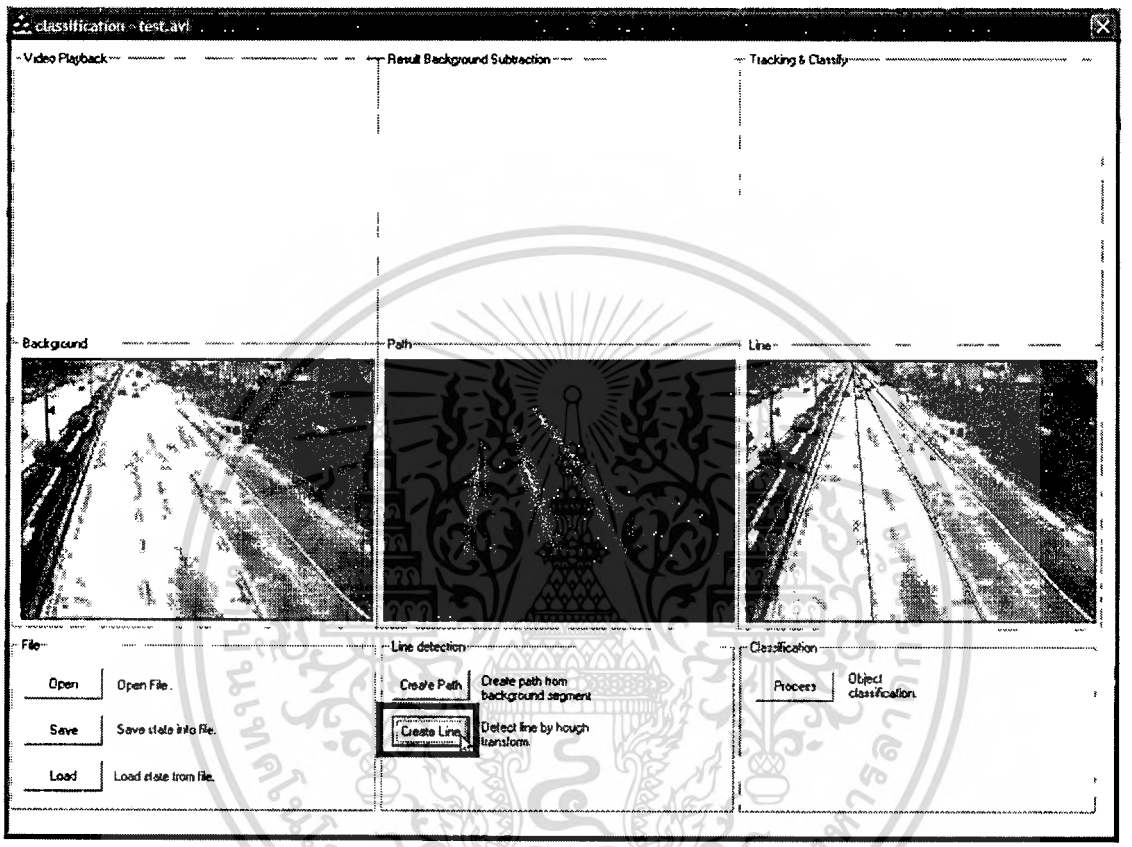
ส่วนของช่อง Line detection จะทำการประมวลผลในส่วนของการหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร การหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทำได้โดยการเลือกไฟล์วีดีทัศน์ที่เตรียมไว้สำหรับหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ แล้วกดปุ่ม Create Path สำหรับการหาแนวการเคลื่อนที่ โดยแสดงผลหน้าจอขณะประมวลผลดังรูปที่ 3.17 โดยจะแสดงภาพจากไฟล์วีดีทัศน์ที่ทำการเลือกในช่องหน้าจอ Video Playback แสดงผลการลบฉากหลังในช่องหน้าต่าง Result Background Subtraction แสดงผลการหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในหน้าต่าง Path และแสดงผลแบบจำลองฉากหลังในช่องหน้าต่าง Background



รูปที่ 3.17 หน้าจอขณะหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

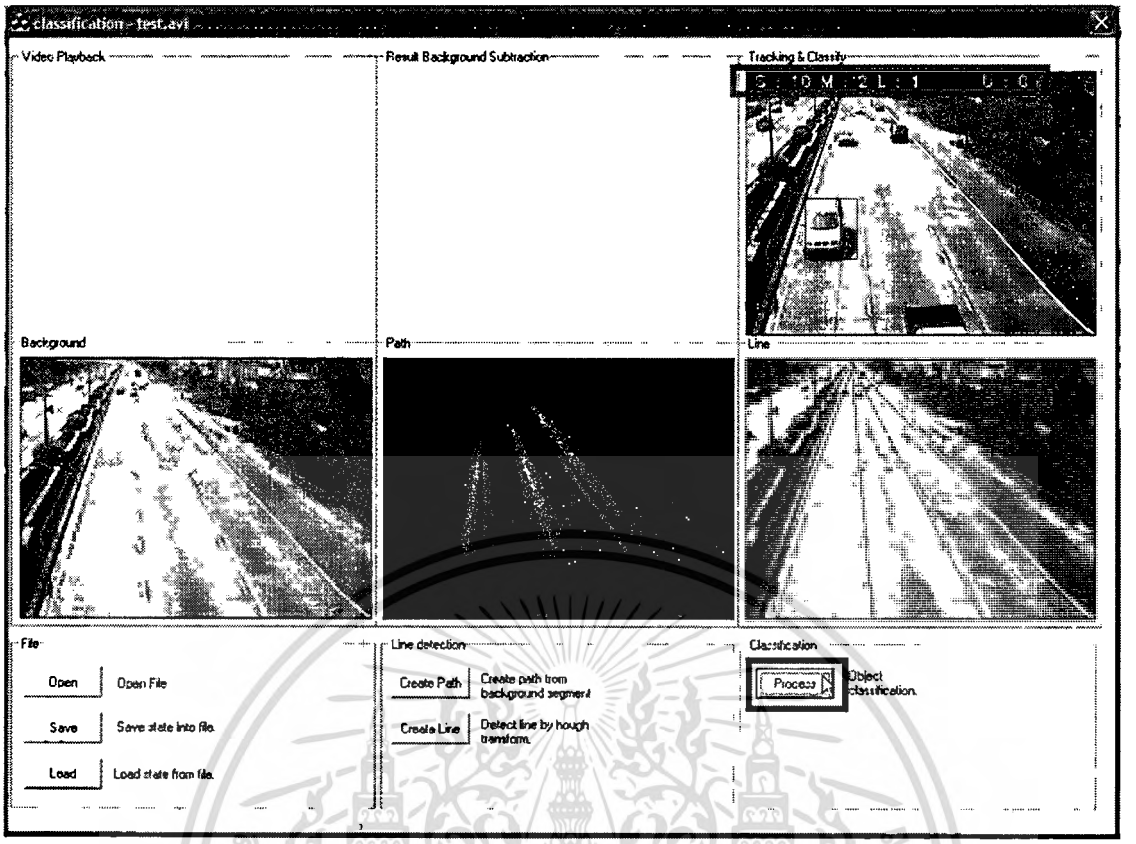
เมื่อสิ้นสุดการหาแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะซึ่งนำไปใช้ในการสร้างฮีสโตแกรม จะดำเนินการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรได้โดยการกดปุ่ม Create Line และผลของการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรจะแสดงผลทางหน้าจอดังรูปที่ 3.18 โดยแสดงผลเส้นแบ่งช่องจราจรในช่องหน้าต่าง Line



รูปที่ 3.18 หน้าจอแสดงผลการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร

ในส่วนช่องของ Classification จะเป็นส่วนของการดำเนินการจำแนกยานพาหนะออกเป็นแต่ละประเภท จะประมวลผลในส่วนของการจำแนกประเภทยานพาหนะโดยกดปุ่ม Process จากรูปที่ 3.19 แสดงผลการประมวลผลการจำแนกประเภทยานพาหนะในช่องหน้าต่าง Tracking & Classify ในกรอบส่วนบนของช่องหน้าจอนี้ดังที่อยู่ในกรอบสีแดงจะแสดงจำนวนยานพาหนะแต่ละชนิดที่ทำการจำแนกประเภทแล้ว โดย S หมายถึง ยานพาหนะขนาดเล็ก M หมายถึงยานพาหนะขนาดกลาง L หมายถึงยานพาหนะขนาดใหญ่ U หมายถึงยานพาหนะที่ไม่ได้วิ่งอยู่ในช่องการจราจรซึ่งจะไม่สามารถจำแนกประเภทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



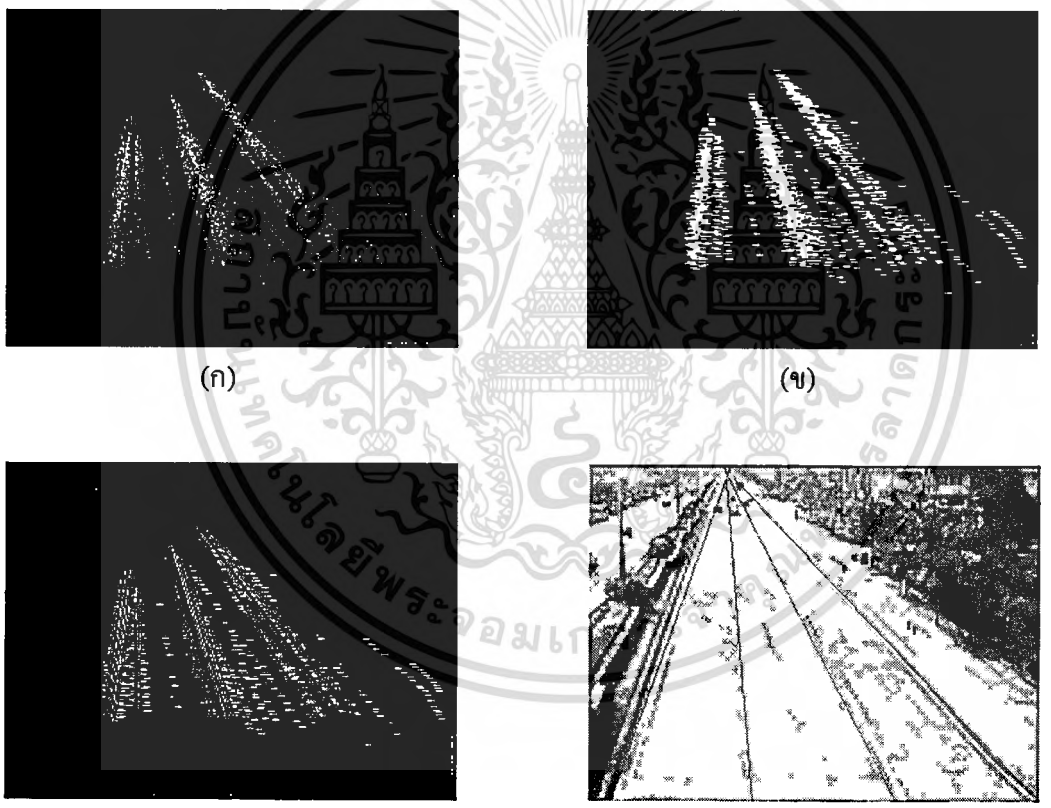
รูปที่ 3.19 หน้าจอแสดงผลการจำแนกประเภทยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ

ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะมีการแบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 3 ประเภท คือ ยานพาหนะขนาดเล็ก ยานพาหนะขนาดกลาง และยานพาหนะขนาดใหญ่ ได้ทำการศึกษาโครงการจากภาพจากกล้องวีดีทัศน์ที่จับภาพการจราจรขนาดภาพ 320x240 พิกเซล ที่อัตรา 30 เฟรมต่อวินาที

จากขั้นตอนการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร หาได้จากภาพวีดีทัศน์จำนวน 2,000 เฟรม ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 แสดงเส้นแบ่งช่องการจราจรที่คำนวณได้จากภาพวีดีทัศน์ที่บนถนนจริง



(ก) (ข)

(ค) (ง)

รูปที่ 4.1 ผลของการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรแต่ละขั้นตอน

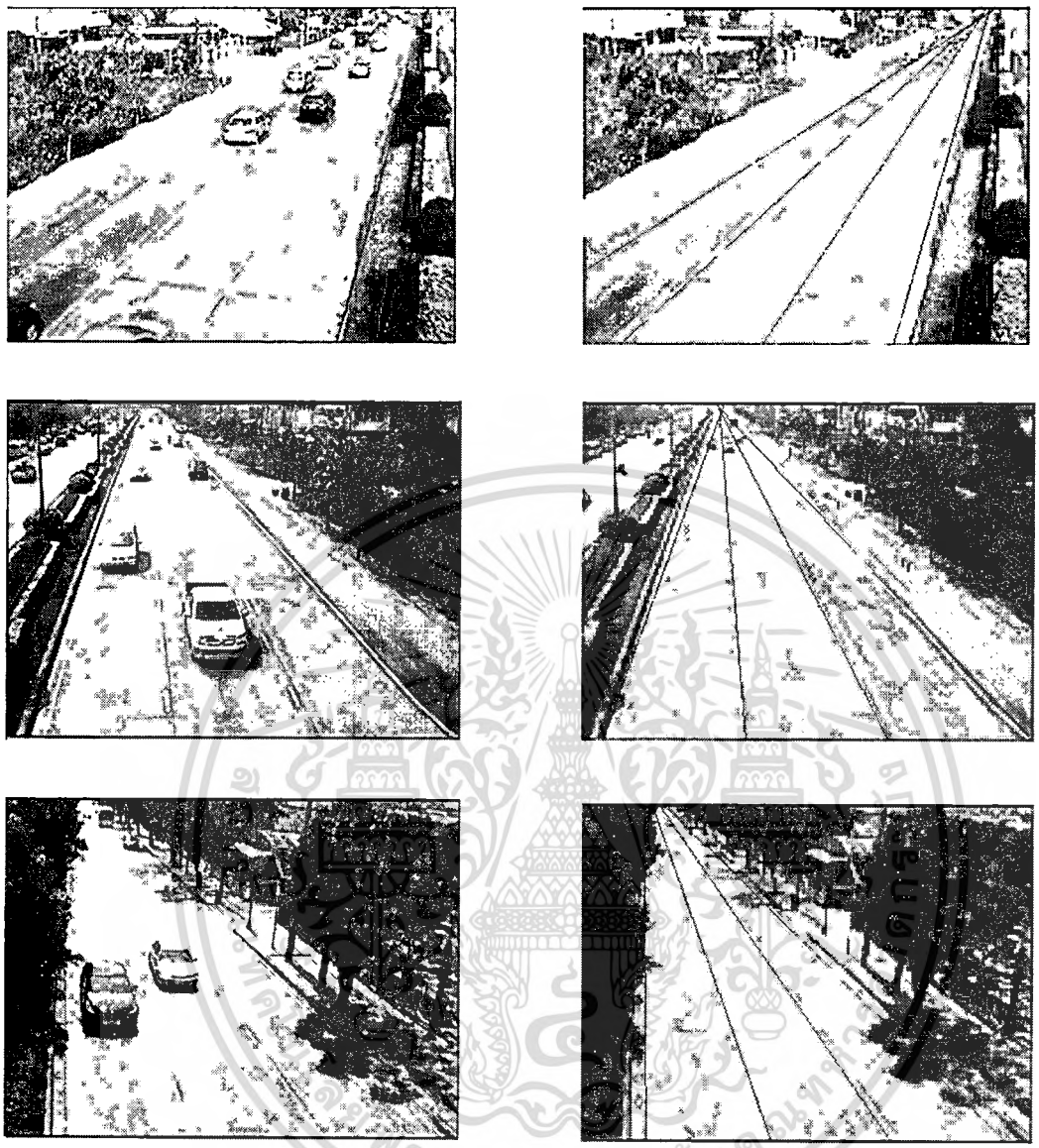
(ก) ภาพแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

(ข) ภาพไบนารีจากฮีสโตรแกรมการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

(ค) ภาพแสดงเส้นตรงที่เป็นไปได้จากภาพไบนารี

(ง) ภาพแสดงเส้นแบ่งช่องการจราจรที่หาได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 ผลการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรที่คำนวณได้จากระบบ

(ก) ภาพการจราจร

(ข) ผลการหาเส้นแบ่งช่องการจราจร

ในการศึกษาระบบนี้ได้นำภาพวีดีทัศน์จำนวน 5 ชุด จากสถานที่ 3 แห่ง มาใช้ในการทดลองผล แบ่งยานพาหนะที่นำมาใช้ในการทดลอง คือ ยานพาหนะขนาดเล็กจำนวน 2,959 คัน ยานพาหนะขนาดกลาง 325 คัน และยานพาหนะขนาดใหญ่ 184 คัน จะเก็บวีดีทัศน์ในช่วงเวลากลางวันและไม่มีฝนตก ผลจากระบบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 ซึ่งแถวแนวตั้งจะแสดงจำนวนที่ระบบจำแนกออกมาได้ในแต่ละประเภทและแถวแนวนอนจะแสดงจำนวนจริงของยานพาหนะแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการจำแนกจากระบบเปรียบเทียบกับประเภทของยานพาหนะจริง

			ผลการจำแนกประเภทยานพาหนะจากระบบ															รวม
			ขนาดเล็ก					ขนาดกลาง					ขนาดใหญ่					
			Video1	Video2	Video3	Video4	Video5	Video1	Video2	Video3	Video4	Video5	Video1	Video2	Video3	Video4	Video5	
จำนวนยานพาหนะจริง	ขนาดเล็ก	Video1	341					10					0					351
		Video2		218					31					0				249
		Video3			993					5					0			998
		Video4				159					9					0		168
		Video5					982					70					2	1054
	ขนาดกลาง	Video1	8					33					3					44
		Video2		10					15					1				26
		Video3			30					40					6			76
		Video4				7					33					2		42
		Video5					49					57					14	120
	ขนาดใหญ่	Video1	0					1					23					24
		Video2		0					2					14				16
		Video3			0					3					41			44
		Video4				0					0					17		17
		Video5					0					2					50	52
													รวม					3281

จากผลของระบบภาพวีดีทัศน์ชุดที่ 1 มีจำนวนยานพาหนะขนาดเล็ก 351 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กถูกต้อง 341 คันและจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 10 คัน, ยานพาหนะขนาดกลาง 44 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดกลางถูกต้อง 33 คัน จำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก 8 คันและขนาดใหญ่ 3 คัน, และยานพาหนะขนาดใหญ่ 24 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ถูกต้อง 23 คัน จำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 1 คัน

ภาพวีดีทัศน์ชุดที่ 2 มียานพาหนะขนาดเล็กจำนวน 249 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กถูกต้อง 218 คันและจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 31 คัน, ยานพาหนะขนาดกลาง 26 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดกลางถูกต้อง 15 คัน จำแนกผิดพลาดเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานพาหนะขนาดเล็ก 10 คันและขนาดใหญ่ 1 คัน, และยานพาหนะขนาดใหญ่ 16 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ถูกต้อง 14 คัน และจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 2 คัน

ภาพวีดีทัศน์ชุดที่ 3 มียานพาหนะขนาดเล็กจำนวน 998 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กถูกต้อง 993 คันและจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 5 คัน, ยานพาหนะขนาดกลาง 76 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดกลางถูกต้อง 40 คัน จำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก 30 คันและขนาดใหญ่ 6 คัน, และยานพาหนะขนาดใหญ่ 44 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ถูกต้อง 41 คัน และจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 3 คัน

ภาพวีดีทัศน์ชุดที่ 4 มียานพาหนะขนาดเล็กจำนวน 168 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กถูกต้อง 159 คันและจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 9 คัน, ยานพาหนะขนาดกลาง 42 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดกลางถูกต้อง 33 คัน จำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก 7 คันและขนาดใหญ่ 2 คัน, และยานพาหนะขนาดใหญ่ 17 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ถูกต้องทั้งหมด 17 คัน

ภาพวีดีทัศน์ชุดที่ 5 มียานพาหนะขนาดเล็กจำนวน 1,054 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดเล็กถูกต้อง 982 คันและจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 70 คัน และขนาดใหญ่ 2 คัน, ยานพาหนะขนาดกลาง 120 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดกลางถูกต้อง 57 คัน จำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดเล็ก 49 คันและขนาดใหญ่ 14 คัน, และยานพาหนะขนาดใหญ่ 52 คัน ระบบจำแนกเป็นยานพาหนะขนาดใหญ่ถูกต้อง 50 คัน และจำแนกผิดพลาดเป็นยานพาหนะขนาดกลาง 2 คัน

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลความแม่นยำในการจำแนกประเภทยานพาหนะ

	ความแม่นยำในการจำแนกประเภทยานพาหนะ		
	ขนาดเล็ก	**ขนาดกลาง**	**ขนาดใหญ่**
Video1	**97.15%**	**75%**	**95.83%**
Video2	**87.55%**	**57.69%**	**87.5%**
Video3	**99.49%**	**52.63%**	**93.18%**
Video4	**94.64%**	**78.57%**	**100%**
Video5	**93.16%**	**47.5%**	**96.15%**
รวม	**95.49%**	**57.79%**	**94.77%**
	91.92%		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลความแม่นยำของระบบจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยภาพรวมยานพาหนะทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง ยานพาหนะขนาดเล็กที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 2,820 คัน จำแนกถูกต้อง 2,693 คัน และจำแนกผิดพลาดทั้งหมด 127 คัน คิดเป็นความถูกต้องในการจำแนกประเภทยานพาหนะขนาดเล็ก 95.49%, จำนวนยานพาหนะขนาดกลางที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 308 คัน จำแนกถูกต้อง 178 คัน และจำแนกผิดพลาดทั้งหมด 130 คัน คิดเป็นความถูกต้องในการจำแนกประเภทยานพาหนะขนาดกลาง 57.79%, จำนวนยานพาหนะขนาดใหญ่ที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 153 คัน จำแนกถูกต้อง 145 คัน และจำแนกผิดพลาดทั้งหมด 8 คัน คิดเป็นความถูกต้องในการจำแนกประเภทยานพาหนะขนาดใหญ่ 94.77%, ทั้งระบบรวมใช้ยานพาหนะในการทดลองทั้งหมด 3281 คัน จำแนกถูกต้อง 3016 คัน และจำแนกผิดพลาดทั้งหมด 265 คัน ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะสามารถจำแนกประเภทยานพาหนะคิดเป็นความถูกต้องได้ 91.92%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผล ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการศึกษากรณีพิเศษ

โครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะเป็นการจำแนกประเภทยานพาหนะ โดยจะทำการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรจากข้อมูลเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ เพื่อนำมาใช้ช่วยในการหาขนาดสัดส่วนของยานพาหนะซึ่งเมื่อตำแหน่งของยานพาหนะในภาพเปลี่ยนไปค่าขนาดสัดส่วนจะไม่เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และนำขนาดสัดส่วนที่ได้มาใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะ ในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรจะมีข้อดี คือ ในสภาพที่เส้นแบ่งช่องการจราจรเลือนไปหรือไม่มี ก็ยังสามารถหาเส้นแบ่งช่องการจราจรได้ ในส่วนของการติดตามยานพาหนะจะมีการเก็บข้อมูลของยานพาหนะไว้เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มตำแหน่งถัดไปที่ยานพาหนะจะเคลื่อนที่ไป และขั้นตอนการจำแนกประเภทยานพาหนะจำแนกโดยอาศัยคุณลักษณะของขนาดเป็นตัวจำแนก ความแม่นยำโดยรวมของระบบเป็น 91.92% ซึ่งผลที่ได้นับว่าเป็นที่พอใจ เพราะสามารถจำแนกประเภทยานพาหนะได้ตามขอบเขตของการศึกษาที่วางไว้

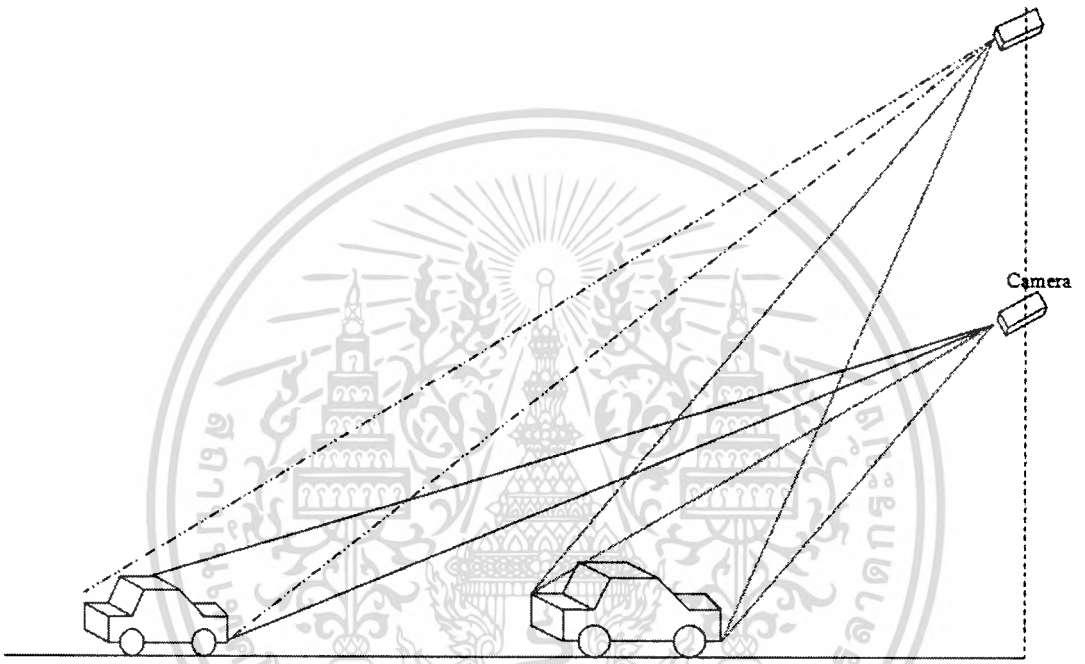
อย่างไรก็ระบบที่ศึกษายังมีปัญหาอีกหลายจุดในการนำมาใช้งาน ปัญหาแรกคือเมื่อยานพาหนะสองคันหรือมากกว่าติดกันตั้งแต่เริ่มเข้ามาในภาพจนออกจากภาพไป ระบบจะไม่สามารถแยกยานพาหนะออกจากกันได้และจะวิเคราะห์เป็นยานพาหนะคันเดียว ในขั้นตอนการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรอาจเกิดความผิดพลาด ถ้าภาพวีดีทัศน์ที่นำมาใช้ในการหาเส้นแบ่งช่องการจราจรมียานพาหนะวิ่งไม่ตรงช่องการจราจรเป็นจำนวนมากจะทำให้เส้นแบ่งช่องการจราจรที่หามาได้เบี้ยวไปจากความเป็นจริง ในขั้นตอนนี้จะต้องเลือกช่วงของภาพวีดีทัศน์มาใช้งานในการเริ่มต้นระบบ ซึ่งขั้นตอนการเส้นแบ่งช่องการจราจรจะมีผลต่อการดึงคุณลักษณะมาใช้ในการจำแนกด้วย

5.2 ข้อจำกัด

สำหรับระบบจำแนกประเภทยานพาหนะที่ได้ศึกษาในโครงการศึกษากรณีพิเศษนี้ ได้พบข้อจำกัดที่เกิดขึ้นกับระบบ ในเรื่องแสงและมุมมองของกล้อง ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญที่มีผลต่อการคัดแยกยานพาหนะ โดยในเรื่องของแสง ถ้ามีความเข้มของแสงมากเกินไปจะมีผลต่อการคัดแยกยานพาหนะคือจะทำให้สีของยานพาหนะจริงและฉากหลังผิดเพี้ยนไปและอาจทำให้การคัดแยกภาพมีการผิดพลาดเกิดขึ้นได้มาก ในส่วนของมุมมองของกล้อง เนื่องจากในการศึกษาได้ติดตั้งกล้องจากบนสะพานลอย ซึ่งมีความสูงไม่มากทำให้การมองเห็นภาพของยานพาหนะที่เห็นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะไกลและระยะใกล้มีการมองเห็นที่แตกต่างกัน โดยในระยะไกลจะมองเห็นยานพาหนะได้เป็นบางส่วน แต่เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้กล้องมากขึ้นจะเห็นยานพาหนะได้มากส่วนขึ้น ทำให้ขนาดสัดส่วนในระยะไกลและใกล้มีค่าคาดเคลื่อนไป ดังรูปที่ 5.1 ซึ่ง แสดงการมองเห็นของกล้อง 2 ระดับ คือที่ระดับต่ำและระดับสูง จะเห็นได้ว่ากล้องในระดับสูง เมื่อยานพาหนะอยู่ไกลก็ยังมองเห็นยานพาหนะได้มากส่วนใกล้เคียงกันเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้ามาในระยะใกล้ ในส่วนของมุมมองของกล้องสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งกล้องในตำแหน่งที่สูงขึ้นหรืออาจจะกดมุมกล้องให้การมองเห็นแคบลง



รูปที่ 5.1 การมองเห็นของกล้องในระดับและระยะของยานพาหนะต่างๆ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะนี้เนื่องจากเส้นแบ่งช่องการจราจรหาได้จากแนวการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ซึ่งจะสามารถประยุกต์ระบบไปใช้ในเวลากลางคืนร่วมกับเซ็นเซอร์ประเภทอื่นได้ เช่น อินฟราเรดเซ็นเซอร์

ระบบจำแนกประเภทยานพาหนะนี้เนื่องจากได้ศึกษาในส่วนของวิธีที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภทยานพาหนะเป็นหลัก ซึ่งในส่วนของการคัดแยกส่วนที่เป็นยานพาหนะจริงและการตัดเงาก็เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่จะทำให้ผลที่จะนำไปจำแนกประเภทยานพาหนะมีความแม่นยำมากขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่น่าสนใจหากจะมีการทำการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จรัญ จันทลักขณา และอนันต์ชัย เชื่อนธรรม. 2529. **สถิติเบื้องต้นแบบประยุกต์.** พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

นิรุธ อำนวยศิลป์. 2549. **สร้างโปรแกรมบน Windows ด้วย Visual C++ Version6.0.** พิมพ์ครั้งที่ 10 กรุงเทพฯ : ซัคเซส มีเดีย

Avely, R. P. et al. 2004. "Length-Based Vehicle Classification Using Images from Uncalibrated Video Cameras." 737-742. In **IEEE intelligent Transportation Systems Conference.** Washington.

Gonzalez, R. C. et al. 2004. **Digital Image Processing Using MATLAB®.** New Jersey : Pearson Prentice Hall.

Gupte, S. 2002. "Detection and Classification of Vehicles", vol3: 37-47. In **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.**

Hough, P. 1962. **Hough Transform.** [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Hough_transform

Hsieh, J. W. et al. 2006 "Automatic Traffic Surveillance System for Vehicle Tracking and Classification." Vol7: 175-187. In **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.**

Huang, C. L. and Liao, W. C. 2004. "A Vision-Based Vehicle Identification System." In **Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04).** Cambridge.

Hussain, K. F. and Moussa, G. S. 2005. "Automatic Vehicle Classification System using Range Sensor." Vol2: 107-112. In **Proceeding of the International Conference on Information Technology.** Washington.

Lai, A. H. S. et al. 2001. "Vehicle Type Classification from Visual-Based Dimension Estimation." 201-206. In **IEEE intelligent Transportation Systems Conference Proceedings.** Oakland(CA).

Li, L. et al. 2003. "Foreground Object Detection from Videos Containing Complex Background." In **Proceedings the eleventh ACM international conference on Multimedia.** Berkeley.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ma, X. and Grimson, W. E. L. 2005. "Edge-based rich representation for vehicle classification." In **Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05)**. Beijing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวมนัสชนก โนนทนวงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	14 ธันวาคม พ.ศ.2522
ที่อยู่	เลขที่ 46/89 หมู่บ้านบุรีรมย์ ถนนเลียบคลองสอง แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานครฯ 10510
ประวัติการศึกษา	2542 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้