สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพ

TRAFFIC SCENE ANALYSIS

พิพัฒน์พล ลาภอมรภิญโญ
สถิตพร ยอดนาราศรี

ลน
w 6997
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82022
วัน,เดือน,ปี - 4 ก.ค. 2551

.b 11913737
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพ

TRAFFIC SCENE ANALYSIS

ผู้จัดทำ

1. นายพิพัฒน์พล	ลาภอมรภิญโญ	รหัสนักศึกษา 47010521
2. นางสาวสถิตพร	ยอดนาราศรี	รหัสนักศึกษา 47010796

อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์วัชระ ฉัตรวิริยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพ

นายพิพัฒน์พล	ลาภอมรภิญโญ	47010521
นางสาวสถิตพร	ยอดนาราศรี	47010796
ดร. วัชระ	ฉัตรวิริยะ	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพ โดยการประมวลหาภาพพื้นหลังก่อนแล้วจึงนำภาพที่ต้องการตรวจหายานพาหนะมาหาค่าความต่าง จากนั้นนำภาพผลต่างที่ได้ไปแปลงเป็นภาพขาวดำ เพื่อนำไปใช้ในการตรวจหายานพาหนะต่อไป การตรวจหายานพาหนะในที่นี้ใช้เส้นตรวจจับสองเส้นในการกำหนดขอบเขตที่ต้องการให้ตรวจหายานพาหนะ และติดตามการเคลื่อนที่ โดยใช้กรอบสี่เหลี่ยมในการตรวจหายานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นตรวจจับเข้ามา และใช้กรอบสี่เหลี่ยมติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะไปจนถึงเส้นตรวจจับเส้นที่สอง แล้วคำนวณหาความเร็ว

ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ได้มีการสร้างชุดทดลองขึ้นมาทดสอบ ซึ่งผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนต่างกันไป ตามสภาพแวดล้อมต่างๆที่ต่างกัน เช่น มุมกล้อง ขนาดของภาพยานพาหนะ เป็นต้น ระบบนี้นอกจากจะนำมาใช้ในการตรวจนับยานพาหนะและวัดความเร็วได้แล้ว ยังสามารถนำมาใช้ในการตรวจจับสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนท้องถนนได้อีกด้วย ซึ่งในระบบที่ถูกสร้างขึ้นนี้ สามารถตรวจจับได้ 3 สถานการณ์ คือ การขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วเกินกำหนด การฝ่าสัญญาณไฟจราจร และการหยุดอยู่กับที่ของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Traffic Scene Analysis

Mr. Pipatphon	Lapamonpinyo	46010596
Ms. Sathidporn	Yodnarasri	46010596
Dr. Watchara	Chatwiriya	Advisor

Academic Year 2007

ABSTRACT

This thesis suggests a way to analyze traffic through image processing. First a background must be found from sequence images to find a differentiated image that made from subtraction between the background image and the image that wanted to detect vehicles. Then the differentiated image will be converted to a black and white image to detect vehicles. In vehicle-detection process uses two boundary lines those determine the detection and tracking boundary. A square frame is used to detect vehicles those pass the upper boundary line and to track those vehicles until they reach the lower boundary line and then the speeds is computed.

To test the system, test cases were made. Results those were got from each test case had many error rates up to different environments such as camera's angles, sizes of vehicle pictures, etc. Besides of counting vehicles and detecting speeds, this system also detects some situations those happened on the road too. This system detects 3 situations those are speed limit violated, red light signal violated and stopped vehicles.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วัชระ ฉัตรวิริยะ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ศุภกร สิทธิชัย และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลภาพถ่ายจราจร และคำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางการทดลองและพัฒนาระบบ

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวเป็นอย่างสูงที่ได้ให้การเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน โอกาสในการศึกษารวมทั้งสิ่งต่างๆที่ได้มอบให้ด้วยความรักและหวังดีเสมอมา

พิพัฒน์พล ลาภอมรภิญโญ
สถิตพร ยอดนาราศรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....4

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....4

1.5 ส่วนประกอบของรายงาน.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....6

2.1 การวิเคราะห์การจราจร.....6

2.1.1 สภาพจราจร.....6

2.1.2 อุบัติเหตุบนท้องถนน.....6

2.1.3 การทำผิดกฎจราจร.....6

2.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ประมวลผลภาพ.....7

2.2.1 ตั้งกล้องเก็บภาพเหนือพื้นถนนเป็นแนวระนาบ.....7

2.2.2 ตั้งกล้องโดยทำมุมค่าใดค่าหนึ่งกับพื้นถนน.....8

2.3 การคำนวณขนาดของวัตถุจากภาพ.....8

2.4 การประมวลผลภาพสี.....11

2.4.1 มาตรฐานของสี.....11

2.4.2 การแปลงค่าสีระหว่างระบบสีต่างๆ.....13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การตรวจหายานพาหนะ.....14
2.5.1 การตรวจหาแบบละเอียดถี่ถ้วน (Exhaustive Detection).....14
2.5.2 การตรวจหาโดยใช้วิธีการคัดเลือก (Selective Detection).....14
2.6 การกรอง (Filtering) 15
2.6.1 ตัวกรองเชิงเส้น (Linear Filter).....15
2.6.2 ตัวกรองแบบเป็นมิติ (Spatial Filter) 19
2.7 เรขาคณิตของภาพ (Image Geometry)) 20
2.7.1 การประมาณค่าของข้อมูลที่หายไป (Interpolation of Data).....20
2.7.2 การประมาณส่วนที่หายไปของภาพ (Image Interpolation).....23
2.7.3 การประมาณค่าแบบทั่วไป (General Interpolation) 26
2.8 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding).....29
2.8.1 การหาค่าขีดแบ่งเชิงเดี่ยว (Single threshold).....29
2.8.2 การหาค่าขีดแบ่งแบบหลายเชิง (Multiple threshold).....29

บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา.....31
3.1 การตรวจหายานพาหนะ.....31
3.1.1 ตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่.....31
3.1.2 ตรวจหาวัตถุจากภาพพื้นหลังที่หาได้.....37
3.2 การตรวจนับยานพาหนะ และคำนวณความเร็ว 48
3.2.1 วิธีการเริ่มต้น.....48
3.2.2 ตรวจจับยานพาหนะโดยใช้พื้นที่ของวัตถุ.....51
3.2.3 การกำหนดขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่จะนำมาใช้ตรวจหายานพาหนะ.....52
3.2.4 การตรวจหาขนาดของยานพาหนะ.....53
3.2.5 การเทียบขนาดของยานพาหนะที่หาได้ กับขนาดของยานพาหนะที่กำหนดไว้.....54
3.2.6 การติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ.....56
3.2.7 การตรวจจับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นบนท้องถนน.....58
3.3 การสร้างแบบจำลองจราจร 6I
3.3.1 แบบจำลองจราจรเพื่อทดสอบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะและความเร็ว.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2 แบบจำลองจราจรการเกิดอุบัติเหตุยานพาหนะชนกัน.....62
3.3.3 แบบจำลองจราจรเมื่อมีการแซงกันของยานพาหนะ.....62

บทที่ 4 การทดลองและผมการทดลอง.....63
4.1 การทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ.....63
4.1.1 ชุดทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ.....63
4.1.2 ผลการทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ.....67
4.1.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ.....69
4.2 การทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง).....70
4.2.1 ชุดทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง).....70
4.2.2 ผลการทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนกฎจราจร (ผ่าไฟแดง).....70
4.2.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง)ใ.....71
4.3 การทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ.....71
4.3.1 ชุดทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ.....71
4.3.2 ผลการทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ.....72
4.3.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ.....72
4.4 ความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ.....73
4.4.1 ความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ.....73
4.4.2 ความผิดพลาดในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ.....74

บทที่ 5 บทสรุป และวิจารณ์.....75
5.1 บทสรุป.....75
5.2 ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาต่อ.....76

เอกสารอ้างอิง.....77

ภาคผนวก ก.....79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยวิธีต่างๆ.....2

2.1 ค่า Hue อยู่ในรูปองศา.....13

3.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการนำภาพต่อเนื่องมาลบกันเพื่อหาวัตถุเคลื่อนที่ในภาพ.....35

3.2 แสดงภาพที่ได้จากการกรองโดยใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยขนาดต่างๆ.....36

3.3 แสดงภาพพื้นหลังที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพในลำดับภาพต่อเนื่อง.....41

3.4 แสดงภาพที่ได้จากการลบภาพกับภาพพื้นหลังเพื่อตรวจหาวัตถุ แล้วแปลงเป็นภาพขาวดำ.....43

3.5 แสดงภาพขาว-ดำที่ได้จากการใช้ค่าเทรชโชลด์ต่างๆ.....45

4.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 1.....67

4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 2.....67

4.3 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 3.....68

4.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 4.....68

ก.1 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 2.....80

ก.2 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 3.....82

ก.3 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 4.....83

ก.4 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 5.....83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

1.1 การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยวิธี Inductive Loop.....1

1.2 การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยวิธีการประมวลผลภาพ.....2

2.1 แสดงภาพถ่ายจากเฮลิคอปเตอร์ 7

2.2 แสดงตัวอย่างภาพที่ถ่ายโดยตั้งกล้องทำมุมค่าใดค่าหนึ่งกับพื้นถนน.....8

2.3 ค่าอ้างอิงต่างๆ (World Plane) 9

2.4 ค่าระยะอ้างอิงต่างๆ โดยมีหน่วยเป็นจำนวนจุดภาพ (Image Plane) 9

2.5 สามเหลี่ยมที่ใช้กฎของไซน์ในการคำนวณความสูง t 10

2.6 ระบบสี RGB.....11

2.7 ระบบสีแบบลบ (Subtractive Colors System) 12

2.8 ระบบสี HSV.....13

2.9 แสดงค่าสีในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด.....16

2.10 แสดงค่าสีของจุดภาพที่อยู่ติดกับค่าสีที่แสดงในรูป 2.9.....16

2.11 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพภายในพื้นที่ขนาด 3X3.....16

2.12 แสดงค่าของจุดภาพในพื้นที่ขนาด 5X5.....17

2.13 แสดงกรอบล้อมรอบพื้นที่ส่วนที่สนใจขนาด 3X3.....17

2.14 แสดงกรอบล้อมรอบพื้นที่ส่วนที่สนใจขนาด 3X3.....17

2.15 แสดงค่าเฉลี่ยที่หาได้.....18

2.16 แสดงสมการการหาค่าเฉลี่ยเมื่อใช้ตัวกรอง (2.14) 19

2.17 *แสดงการขยายจุดภาพจาก* 4 *จุดภาพ เป็น* 8 *จุดภาพ*.....20

2.18 แสดงการประมาณค่าส่วนที่หายไปด้วยวิธี Nearest-Neighbor Interpolation.....21

2.19 แสดงการประมาณค่าส่วนที่หายไปด้วยวิธี Linear Interpolation.....22

2.20 แสดงวิธีการคำนวณค่าแบบ Linear Interpolation.....22

2.21 แสดงการประมาณค่าเพื่อเปลี่ยนรูปขนาด 4X4 ให้เป็นขนาด 8X8.....23

2.22 แสดงการประมาณค่าให้กับจุดที่เพิ่มขึ้นมา.....24

2.23 การใช้ฟังก์ชันการประมาณค่าแบบทั่วไป.....26

2.24 ฟังก์ชันการประมาณค่าสองแบบ.....26

2.25 กราฟแสดงฟังก์ชั่น $R_3(u)$.....28

2.26 ภาพแสดงการใช้ $R_3(u)$ ในการประมาณค่า.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.27 แสดงวิธีการใช้ Bicubic Interpolation 29
2.28 การหาค่าขีดแบ่งจากฮิสโทแกรมของค่าระดับเทา.....30
3.1 แสดงวิธีการตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่.....32
3.2 แสดงการหาภาพพื้นหลังจากค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพในลำดับภาพเคลื่อนไหว.....38
3.3 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการหาภาพพื้นหลังเมื่อมีวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่เป็นระยะเวลานาน.....40
3.4 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการหาภาพพื้นหลังเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ช้าเกินไป.....40
3.5 แสดงเส้นขอบเขตที่กำหนดเพื่อตรวจนับรถ.....49
3.6 แสดงขั้นตอนการนับยานพาหนะที่ผ่านเส้นตรวจจับ.....50
3.7 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้ตรวจหายานพาหนะบนเส้นตรวจจับ.....51
3.8 แสดงค่าจุดพิกัดในเฟรม.....53
3.9 แสดงตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมเมื่อตรวจพบวัตถุ.....53
3.10 ภาพแสดงขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมเมื่อขยายตัวตามแนวแกน X.....53
3.11 แสดงขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมเมื่อขยายตัวตามแนวแกน Y ขึ้นไปด้านบน.....54
3.12 แสดงขนาดของกรอบสี่แหลี่ยมเมื่อเลื่อนขอบด้านล่างขึ้นไป.....54
3.13 ตัวอย่างที่ 1 เปรียบเทียบกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้กับกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้.....55
3.14 ตัวอย่างที่ 2 เปรียบเทียบกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้กับกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้.....56
3.15 แสดงการตรวจหาตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะ.....57
3.16 การแสดงความเร็วของยานพาหนะเมื่อเคลื่อนที่มาถึงเส้นตรวจจับด้านล่าง.....58
3.17 แสดงการตรวจพบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร.....59
3.18 แสดงการตรวจพบการขับขี่ยานพาหนะด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด.....60
3.19 แสดงการตรวจพบยานพาหนะที่หยุดอยู่กับที่เกิน 5 วินาที.....60
3.20 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรเพื่อทดสอบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ และความเร็ว.....61
3.21 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรการเกิดอุบัติเหตุยานพาหนะชนกัน.....62
3.22 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรเมื่อมีการแซงกันของยานพาหนะ.....62
4.1 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 1.....63
4.2 ภาพแสดงการกำหนดเส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 1.....63
4.3 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 2.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.4 ภาพแสดงการกำหนดแส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 2.....64
4.5 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 3.....65
4.6 ภาพแสดงการกำหนดแส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 3.....65
4.7 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 4.....66
4.8 ภาพแสดงการกำหนดแส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 3.....66
4.9 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบการฝ่าฝืนสัญญาณไปจราจร.....70
4.10 ภาพตัวอย่างที่แอพพลิเคชั่นตรวจจับเจอยานพาหนะฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร.....71
4.11 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ.....72
4.12 ภาพตัวอย่างที่แอพพลิเคชั่นตรวจจับเจออุบัติเหตุ.....72
ก.1 ภาพแสดงหน้าหลักของแอพพลิเคชั่น.....79
ก.2 ตัวอย่างการรายงานผลที่ได้จากการประมวลผลภาพวีดีโอ.....80
ก.3 แสดงหน้าต่างที่ใช้แสดงผลย้อนหลังที่ได้จากการประมวลผล.....80
ก.4 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่า Environment.....84
ก.5 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดจำนวนขนาดของยานพาหนะ.....84
ก.6 แสดงเส้นตรวจจับพิกัด.....85
ก.8 แสดงกล่องข้อความที่ใช้แสดงค่าที่กำหนด.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

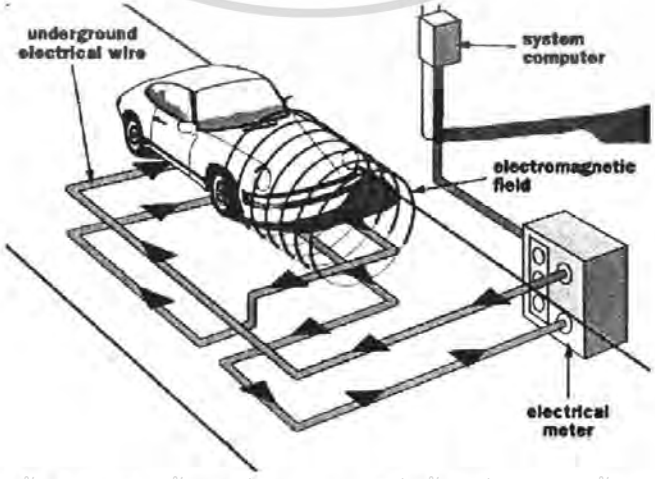
1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การเดินทางและการขนส่งเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการดำเนินธุรกิจ และเป็นส่วนสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ในการทำให้ระบบการคมนาคมขนส่งมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีการบริหารจัดการที่ดี นอกเหนือจากการบริหารจัดการด้านนโยบายและวิธีการควบคุมแล้ว ยังต้องรู้สภาพหรือสถานการณ์จราจรเพื่อจะนำมาใช้ในการบริหารแบบทันกาลด้วย ดังนั้นการรับรู้สภาพจราจรทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การบริหารระบบจราจรประสบความสำเร็จ

วิธีการรับรู้สภาพการจราจรโดยทั่วไปมี 3 วิธีคือ การตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนนด้วยบุคคล การตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนนด้วยอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งฝังลงไปใต้ผิวถนน และอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งอยู่เหนือถนนซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบที่หนึ่ง การตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนนด้วยบุคคล ทำได้โดยการส่งคนไปสังเกตการณ์เพื่อตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนน ณ บริเวณต่างๆที่ต้องการรับรู้สภาพการจราจร

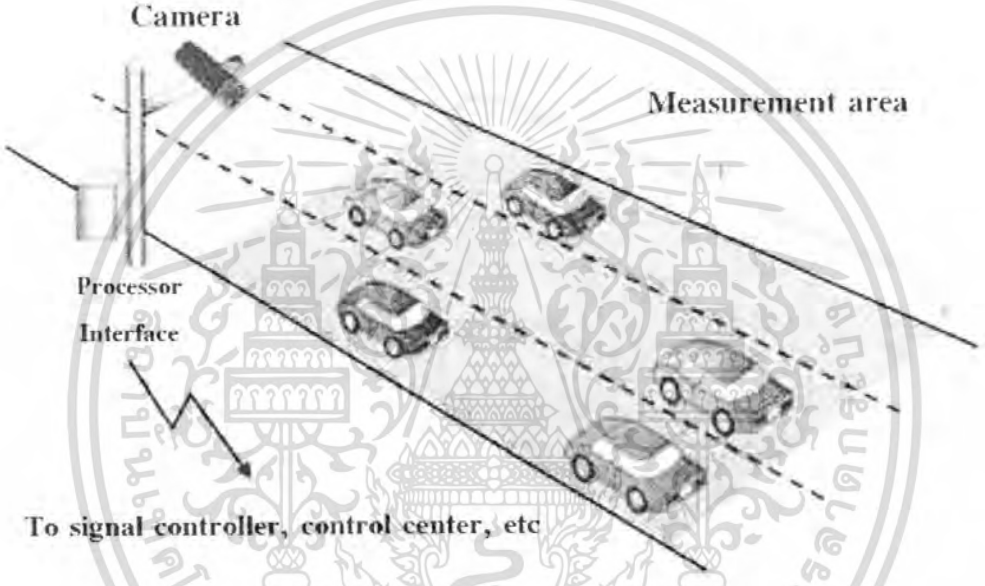
แบบที่สอง การตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนนด้วยอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งฝังลงไปใต้ผิวถนน (Intrusive Sensors) เช่น Inductive Loop [2] ซึ่ง Inductive Loop จะมีลักษณะเป็นขดลวดฝังไว้ใต้ผิวถนน เมื่อยานพาหนะเคลื่อนผ่านอุปกรณ์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าในขดลวด แล้วส่งไปที่วงจรที่ต่อไว้ ทำให้สามารถตรวจนับจำนวนยานพาหนะ วัดความเร็ว และแยกแยะประเภทยานพาหนะได้ อุปกรณ์เหล่านี้มีความยุ่งยากในการติดตั้ง ซ่อมแซมและดูแลรักษา



รูปที่ 1.1 การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยวิธี Inductive Loop [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่สาม การตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนนด้วยอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งอยู่เหนือถนน (Non-Intrusive Sensors) เช่น การประมวลผลจากภาพถ่าย ซึ่งวิธีนี้เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการประมวลผลภาพ (Image Processing) หลักการทำงานคือ ถ่ายภาพการจราจรบนท้องถนน (ด้วยกล้องถ่ายภาพหรือดาวเทียม) แล้วส่งภาพถ่ายไปยังระบบคอมพิวเตอร์เพื่อทำการตรวจนับยานพาหนะบนท้องถนน อีกทั้งวิธีนี้ยังสามารถเพิ่มเติมความสามารถของระบบเข้าไปได้อีกเช่น การตรวจจับป้ายทะเบียน การตรวจจับอุบัติเหตุบนท้องถนน เป็นต้นทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละระบบ



รูปที่ 1.2 การวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยวิธีการประมวลผลภาพ [13]

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยวิธีต่างๆ

	การรายงานสภาพการจราจรด้วยบุคคล (Human Counting)	**การตรวจวัดด้วยอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งฝังลงไปใต้ผิวถนน (Inductive Loop)**	**การตรวจวัดด้วยการประมวลผลจากภาพถ่าย (Image Processing)**
สภาพแวดล้อมที่สามารถทำงานได้	วิเคราะห์ได้ทุกสภาวะแวดล้อม	ได้บางสภาวะแวดล้อม	ได้บางสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยวิธีต่างๆ

	การรายงานสภาพการจราจรด้วยบุคคล (Human Counting)	**การตรวจวัดด้วยอุปกรณ์รับรู้ประเภทติดตั้งฝังลงไปใต้ผิวถนน (Inductive Loop)**	**การตรวจวัดด้วยการประมวลผลจากภาพถ่าย (Image Processing)**
การตรวจนับปริมาณยานพาหนะ	สามารถทำได้	สามารถทำได้	สามารถทำได้
การตรวจจับความเร็ว	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้	สามารถทำได้
การตรวจจับอื่นๆ เช่น ป้ายทะเบียน อุบัติเหตุ	สามารถทำได้	ไม่สามารถทำได้	สามารถทำได้
ความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือ	มีความผิดพลาดและอาจได้ข้อมูลเท็จ	มีความผิดพลาดแต่จะไม่รายงานข้อมูลที่เป็นเท็จ	มีความผิดพลาดแต่จะไม่รายงานข้อมูลที่เป็นเท็จ
ค่าใช้จ่าย	ตามอัตราจ้างต่อบุคคล	เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งครั้งแรกและค่าบำรุงรักษา	เสียค่าใช้จ่ายในการติดตั้งครั้งแรกและค่าบำรุงรักษา
ช่วงเวลาการทำงาน	มีช่วงเวลาการทำงานที่จำกัดและต้องหยุดพัก	ทำงานได้ต่อเนื่องในสภาวะที่ทำงานได้	ทำงานได้ต่อเนื่องในสภาวะที่ทำงานได้
การซ่อมแซมบำรุงรักษา	ไม่มี	การซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาต้องปิดกั้นถนน	การซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาไม่ต้องปิดกั้นถนน

จากวิธีการรับรู้สภาพการจราจรทั้ง 3 วิธีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบตามตารางที่ 1.1 จะเห็นว่าการตรวจวัดด้วยการประมวลผลจากภาพถ่ายเป็นวิธีการที่มีข้อดีในเรื่องของการรายงานข้อมูลที่ไม่เป็นเท็จ การซ่อมแซมหรือบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยไม่ต้องปิดกั้นถนน สามารถทำงานได้ตลอดเวลาในสภาวะที่ทำงานได้ และที่สำคัญยังสามารถเพิ่มความสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการตรวจจับอื่นๆนอกเหนือจากการตรวจจับยานพาหนะและความเร็วได้อีกด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์สภาพการจราจรด้วยวิธีการประมวลผลจากภาพถ่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนการตรวจจับตำแหน่งและขอบเขตของยานพาหนะบนถนนในบริเวณที่กำหนดจากภาพ

1.2.2 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนการวิเคราะห์สภาพการจราจร จากลำดับภาพวิดีโอ

1.2.3 เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ส่วนการวิเคราะห์ความผิดปรกติบนถนนจากลำดับภาพวิดีโอ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถนำระบบไปวิเคราะห์สภาพการจราจรจากไฟล์วิดีโอแบบออฟไลน์ ในสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อนหรือภาพใต้สภาพควบคุมได้

1.3.2 สามารถนำระบบไปตรวจนับจำนวนยานพาหนะได้

1.3.3 สามารถนำระบบไปตรวจวัดความเร็วและความเร็วเฉลี่ยได้

1.3.4 สามารถนำระบบไปตรวจจับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ฝ่าสัญญาณไฟจราจรได้

1.3.5 สามารถนำระบบไปตรวจจับยานพาหนะที่ หยุดกลางถนนนานเกินไป หรือ เกิดการชนกันได้

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1 ภาพที่นำมาประมวลผลเป็นภาพถ่ายภายใต้สภาวะปกติของถนนในเวลากลางวัน ไม่มีสัญญาณรบกวน อันเนื่องมาจากการถ่ายโอนข้อมูลที่ผิดปกติ หรือจากสภาพแวดล้อม เช่น หมอก ควัน ฝนตก วัตถุกีดขวางหรือบดบังยานพาหนะ เป็นต้น

1.4.2 ภาพที่นำมาประมวลผลเป็นภาพถ่ายจากมุมมองระดับสูงที่ขนานหรือทำมุมกับพื้นถนน

1.5 ส่วนประกอบของรายงาน

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ประโยชน์ ขอบเขต และขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดของโครงงา

บทที่ 2 กล่าวถึงนิยามต่างๆที่สำคัญ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ และแนวทางการนำมาประยุกต์ใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษา ออกแบบและพัฒนาระบบที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สภาพจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดสอบจากการวิเคราะห์สภาพจราจร ด้วยการตรวจนับจำนวนและความเร็วยานพาหนะกับชุดทดสอบต่างๆ

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปของโครงงานรวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงนิยามต่างๆที่สำคัญ ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการประมวลผลภาพ และแนวทางการนำมาประยุกต์ใช้

2.1 การวิเคราะห์สภาพจราจร

การวิเคราะห์สภาพการจราจร เป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้สามารถรับรู้เหตุการณ์ต่างๆบนท้องถนนได้ เช่น สภาพการจราจร อุบัติเหตุที่เกิดขึ้น หรือการทำผิดกฎจราจร เป็นต้น

2.1.1 สภาพจราจร

สภาพจราจรอาจหาได้จากปริมาณความหนาแน่นของยานพาหนะบนท้องถนน หรือความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่วิ่งบนพื้นถนนที่ต้องการตรวจวัดสภาพจราจร สภาพจราจรเป็นสิ่งชี้บอกสภาพคล่องของการจราจร ในช่วงเวลาใดๆ ถ้าความหนาแน่นของยานพาหนะมีมาก หรือความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะมีค่าน้อย ก็แสดงว่า ช่วงเวลานั้นๆการจราจรกำลังติดขัด ไม่คล่องตัว แต่ถ้าความหนาแน่นของยานพาหนะต่ำ หรือความเร็วเฉลี่ยมีค่าสูง ก็หมายความว่า ขณะนั้นการจราจรคล่องตัว

2.1.2 อุบัติเหตุบนท้องถนน

อุบัติเหตุบนท้องถนนอาจเกิดจากหลายๆสาเหตุ แต่ผลสุดท้ายจะทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ใกล้เคียงกันขึ้นบนท้องถนน เช่น

2.1.2.1 ยานพาหนะหยุดการเคลื่อนที่แบบทันทีขณะกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

2.1.2.2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผิดปกติ เช่น เคลื่อนที่ย้อนศร เคลื่อนที่ขัดกับแนวล้อ เป็นต้น

2.1.2.3 ยานพาหนะมีการหมุน หรือพลิกคว่ำ

2.1.2.4 มียานพาหนะหยุดการเคลื่อนที่บนถนนเพียงหนึ่งหรือสองคัน ในขณะที่ยานพาหนะคันอื่นๆเคลื่อนที่ตามปกติ

2.1.2.5 มีการชนกันของยานพาหนะตั้งแต่ 2 คันขึ้นไป

หากสามารถตรวจจับเหตุการณ์เหล่านี้ได้ ก็จะทำให้คาดเดาได้ว่าอาจมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น

2.1.3 การทำผิดกฎจราจร

การวิเคราะห์สภาพจราจรสามารถนำมาใช้ในการตรวจจับการขับขี่ที่ผิดกฎจราจรได้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.1 *ขับขี่ด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด* หากมีการจำกัดความเร็วของยานพาหนะไว้ แล้วตรวจจับได้ว่ามียานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าที่กำหนด

2.1.3.2 *ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร* ในกรณีที่สัญญาณไฟจราจรสั่งให้ยานพาหนะหยุด แต่กลับตรวจจับได้ว่า มียานพาหนะเคลื่อนที่ฝ่าฝืน

2.1.3.3 *หยุดในที่ห้ามหยุด* หากมีพื้นที่ห้ามหยุดบนพื้นถนน แล้วตรวจจับได้ว่ามียานพาหนะหยุดอยู่บนพื้นที่นั้น

2.1.3.4 *การแซง* ในกรณีห้ามแซง หากสามารถตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะว่ามีการแซงกันเกิดขึ้นได้

2.1.3.5 *การเคลื่อนที่ฝ่าฝืนทิศทางที่กำหนด* หากสามารถตรวจจับเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะได้ว่ามีการฝ่าฝืนเกิดขึ้น

เหตุการณ์ที่เป็นการฝ่าฝืนกฎจราจรมีมากมาย แต่บางกรณีก็ไม่สามารถวิเคราะห์เพื่อตรวจจับได้ เช่น ไม่คาดเข็มขัดนิรภัย เมาแล้วขับ เป็นต้น แต่ในกรณีที่ได้กล่าวไป หากสามารถตรวจจับได้ก็อาจสรุปได้ว่ามีการฝ่าฝืนกฎจราจรเกิดขึ้น

2.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพ

ในการประมวลผลภาพต้องใช้ข้อมูลที่เป็นภาพนิ่ง หรือภาพเคลื่อนไหวในระบบดิจิตอล เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ จาก [1] ได้แบ่งประเภทของภาพถ่ายจราจรที่นำมาใช้ในการประมวลผลภาพไว้ 2 แบบ โดยแบ่งตามสถานที่ที่ใช้ตั้งกล้อง ดังนี้

2.2.1 ตั้งกล้องเก็บภาพเหนือพื้นถนนเป็นแนวระนาบ

รูปที่ 2.1 แสดงภาพถ่ายจากเฮลิคอปเตอร์ [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสำหรับใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ และตรวจจับความเร็ว [3], [4] เป็นผลงานที่ใช้ข้อมูลแบบนี้ในการประมวลผล

2.2.2 ตั้งกล้องโดยทำมุมค่าใดค่าหนึ่งกับพื้นถนน

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างภาพที่ถ่ายโดยตั้งกล้องทำมุมค่าใดค่าหนึ่งกับพื้นถนน [1]

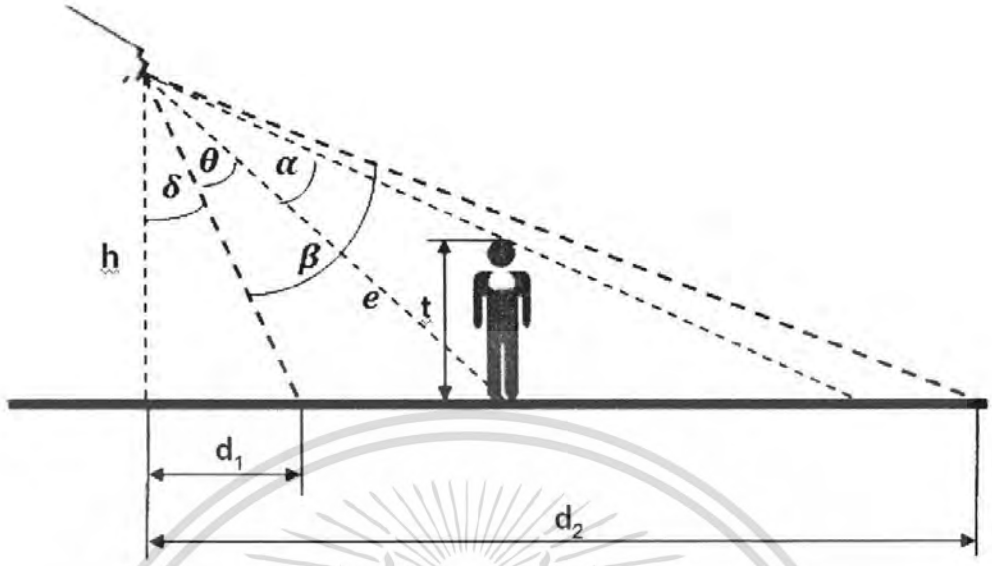
ในการตั้งกล้องแบบนี้ไม่จำกัดเพียงการจับภาพด้านหน้าของยานพาหนะเท่านั้น ใน [2] เป็นการจับภาพด้านหลังของยานพาหนะเพื่อตรวจนับจำนวน

การจับภาพตามแบบ 2.2.2 สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากกว่าแบบ 2.2.1 เพราะนอกจากจะนำมาใช้ตรวจนับจำนวนยานพาหนะ หรือตรวจจับความเร็วแล้ว ยังสามารถตรวจจับป้ายทะเบียน ตรวจจับลักษณะยานพาหนะ หรืออื่นๆ ได้อีก แต่ในการประมวลผลภาพโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการจับภาพแบบ 2.2.1 มีข้อดีตรงที่จะไม่มีปัญหาเรื่องเงา ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการประมวลผลภาพ

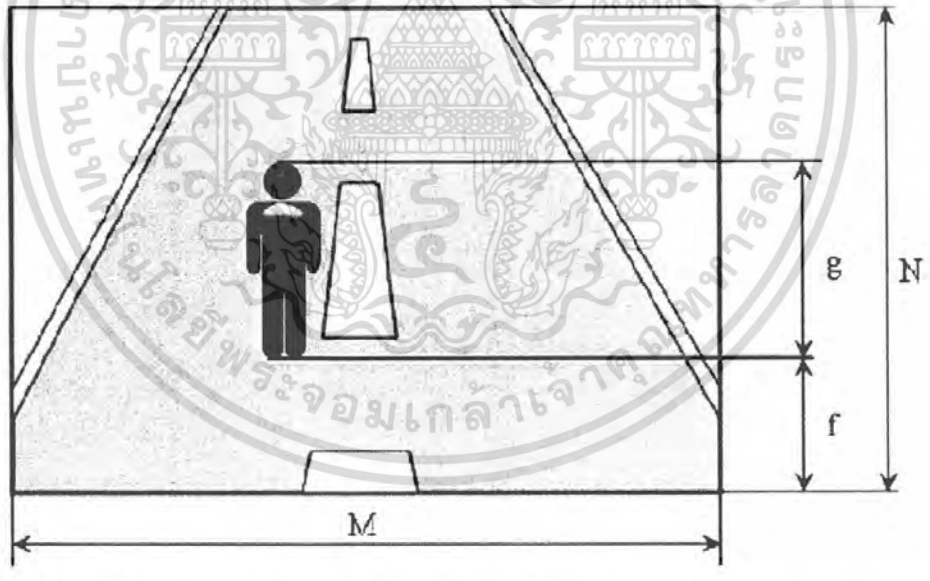
2.3 การคำนวณขนาดของวัตถุจากภาพ [11]

การคำนวณขนาดของวัตถุในภาพสามารถทำได้โดยการวัดระยะอ้างอิงต่างๆ ในฉากหลังนั้นๆ สำหรับกล้องตัวหนึ่งๆ โดยถือว่ากล้องถูกติดไว้ตายตัว และไม่มีการเคลื่อนไหว ค่าอ้างอิงที่จำเป็นสำหรับการคำนวณแสดงไว้ในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ค่าอ้างอิงต่างๆ (World Plane) [11]



รูปที่ 2.4 ค่าระยะอ้างอิงต่างๆโดยมีหน่วยเป็นจำนวนจุดภาพ (Image Plane) [11]

จากรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 สามารถคำนวณหาค่ามุมต่างๆได้ดังนี้

$$\delta = \arctan\left(\frac{d_1}{h}\right) \qquad \beta = \arctan\left(\frac{d_2}{h}\right) - \delta$$

$$\theta = \beta\left(\frac{f}{N}\right) \qquad \propto = \beta\left(\frac{g}{N}\right)$$

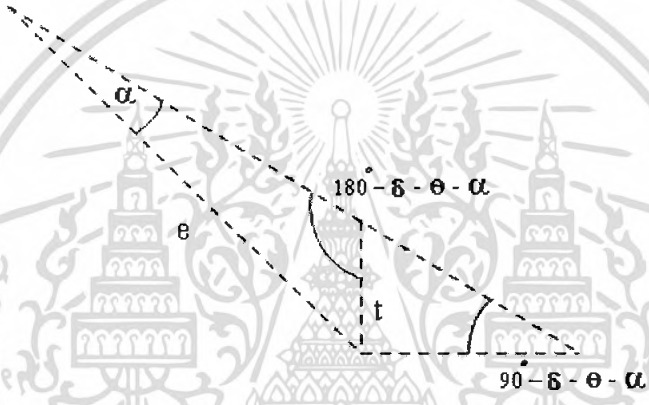
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อหาค่ามุมต่างๆได้แล้ว จึงสามารถคำนวณหาความยาวด้าน e ได้ดังนี้

$$e = \frac{h}{\cos(\delta+\theta)} \tag{2.1}$$

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.3 เมื่อ t คือความสูงของวัตถุในภาพ อาศัยกฎของไซน์ (Sine Law) จะได้

$$\frac{t}{\sin\alpha} = \frac{e}{\sin(180^\circ-\delta-\theta-\alpha)} \tag{2.2}$$



รูปที่ 2.5 สามเหลี่ยมที่ใช้กฎของไซน์ในการคำนวณความสูง t [11]

ลดรูปพจน์ที่เป็นตัวส่วนทางขวามือได้เป็น

$$\frac{t}{\sin\alpha} = \frac{e}{\sin(\delta+\theta+\alpha)} \tag{2.3}$$

ดังนั้นจึงสามารถคำนวณความสูง t ได้เป็น

$$t = e\,\frac{\sin\alpha}{\sin(\delta+\theta+\alpha)} \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

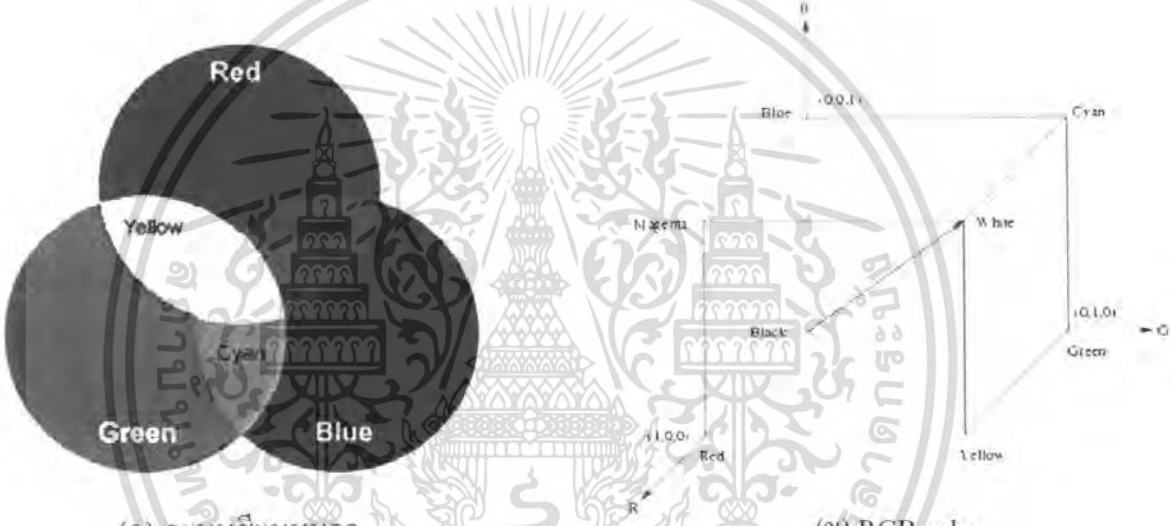
2.4 การประมวลผลภาพสี [2]

2.4.1 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีแบ่งออกเป็น 4 ระบบดังต่อไปนี้

2.4.1.1 ระบบสี RGB (Red Green Blue)

ระบบสี RGB เป็นสีที่ใช้สำหรับการใช้งานกับจอภาพคอมพิวเตอร์ และเป็นระบบสีที่เกิดจากการผสมสีของแสงที่ประกอบด้วยแม่สีหลักของแสง 3 สี คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มของแม่สีแต่ละตัวที่แตกต่างกัน เป็นแบบจำลองสี RGB เมื่อสีเหล่านี้มีการผสมกันแล้วเกิดเป็นสีสันต่างๆ จึงเรียกว่า "สีแบบบวก" (Additative Colors)



(ก) ระบบสีแบบบวก (ข) RGB cube

รูปที่ 2.6 ระบบสี RGB [2]

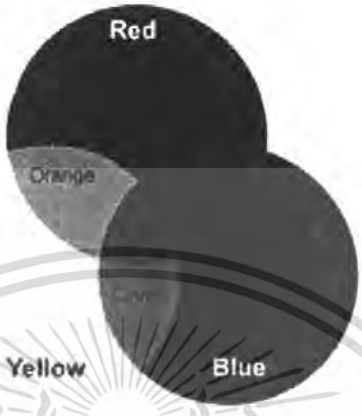
แบบจำลองนี้สามารถแทนได้โดยใช้รูปลูกบาศก์ขนาด 1 หน่วย ดังรูปที่ 2.6 (ข) โดยที่สี RGB เป็นแกนทั้ง 3 ของรูปลูกบาศก์ โดยแต่ละสีมีค่าอยู่ในช่วง [0, 1] 0 แสดงถึงความมืด และ 1 แสดงถึงความสว่าง ภาพที่ได้จากแบบจำลอง RGB จะประกอบด้วยระนาบภาพสี RGB 3 ระนาบ ภาพที่เป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นถ้าต้องการสร้างภาพจำลองบนจอภาพจะต้องอาศัยการผสมกันของระนาบภาพทั้งสาม จึงจะทำให้เกิดสีต่างๆ บนจอภาพ

2.4.1.2 ระบบสี CMYK (Cyan Magenta Yellow Black)

ระบบสี CMYK เป็นสีที่ใช้สำหรับการใช้งานกับเครื่องพิมพ์ และเป็นการถูกดูดกลืนแสงสะท้อนจากวัตถุของสี เมื่อแสงสีขาวตกกระทบกับวัตถุสีต่างๆ วัตถุนั้นจะดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นบางระดับไว้แล้วสะท้อนออกมาแสดงให้เห็นปริมาณที่ลดลง ประกอบด้วยสีม่วงแดง (Magenta) สีน้ำเงินแกมเขียว (Cyan) สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black) เมื่อถูกผสมเข้าด้วยกันจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นเป็นสีดำ จึงเรียกระบบสีนี้ว่า "ระบบสีแบบลบ" (Subtractive Colors System) แสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถแทนแบบจำลองนี้ในรูปลูกบาศก์ขนาด 1 หน่วยได้การกำหนดมุม 3 มุมที่เหลือในแบบจำลอง RGB



รูปที่ 2.7 ระบบสีแบบลบ (Subtractive Colors System) [2]

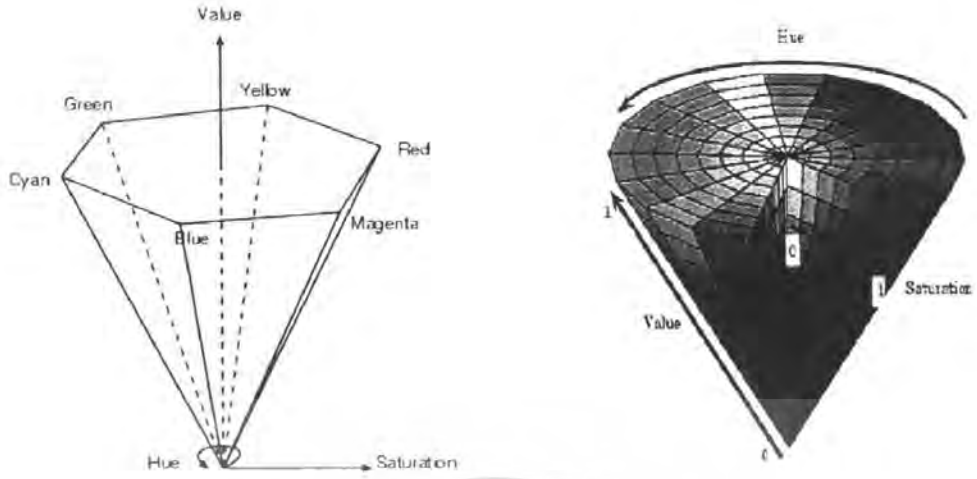
2.4.1.3 ระบบสี HSV (Hue Saturation Value)

ระบบสี HSV เป็นสีพื้นฐานสำหรับการมองเห็นสีในสายตามนุษย์ และเป็นแบบจำลองสีอีกแบบหนึ่งที่พิจารณาสีโดยใช้ Hue Saturation และ Value แสดงดังรูปที่ 2.8 ซึ่ง H (Hue) คือค่าสีของสีหลัก (แดง เขียว และน้ำเงิน) สีเหล่านี้จะถูกจัดเป็นระเบียบด้วยการสร้างเป็นวงล้อสีที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ซึ่งถ้าค่า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อ Hue มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตาม Spectrum ของสีจนถึง 256 จึงจะกลับมาเป็นแดงอีกครั้ง โดยสามารถแสดงให้อยู่ในรูปขององศาได้ตามตารางที่ 2.1 ส่วน S (Saturation) คือความเข้ม-ความอ่อนของสีที่วัดเป็นระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของวงล้อสี เมื่อสีที่มี S=0 จะได้เป็นสีขาว เมื่อสีที่มีค่า S=1 จะได้สีที่มีความเข้มมากของสีนั้น และ V (Value) คือปริมาณแสงหรือปริมาณความสว่างของสี ถ้าค่าความสว่างสูงจะได้สีที่มีความสว่างมาก เมื่อ V=0 จะได้เป็นสีดำ V=1 จะได้สีที่สว่างมาก

2.4.1.4 ระบบสี YIQ

ระบบสี YIQ เป็นระบบที่ใช้ใน TV Broadcasting เพื่อใช้งานกับโทรทัศน์แบบขาวดำ โดยที่ค่า y คือความเข้มแสง ส่วน I และ Q เป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ระบบสี HSV

ตารางที่ 2.1 ค่า Hue อยู่ในรูปองศา

สี	องศา
แดง	0
เหลือง	60
เขียว	120
ฟ้า	180
น้ำเงิน	240
ม่วง	320

2.4.2 การแปลงค่าสีระหว่างระบบสีต่างๆ

การแปลงค่าสีในส่วนนี้จะอธิบายถึงการแปลงค่าภาพสี RGB เป็นระบบสีต่างๆ

2.4.2.1 การแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับเทา

เนื่องจากการประมวลผลภาพสีค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นจึงนิยมที่จะแปลงภาพสีเป็นภาพระดับเทาก่อนการประมวลผลภาพ โมเดลสีที่พยายามแยกส่วนประกอบของสีกับส่วนประกอบของความเข้มแสงออกจากกัน และส่วนประกอบของความเข้มแสงนี้เองที่เป็นส่วนแสดงค่าระดับเทาของสีแต่ละภาพ โมเดลสีที่เป็นภาพระดับเทาที่ใช้กันได้แก่ โมเดลสี YIQ ซึ่งมีค่า Y เป็นค่าแสดงความเข้มแสง คำนวณได้จากสมการ

$$Y = 0.212671R + 0.715160G + 0.072169B \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 การแปลงภาพสี RGB เป็น HSV

สามารถคำนวณแต่ละสีได้ดังนี้

Hue $$H = \cos^{-1}\left\{\frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}}\right\} \quad (2.6)$$

Saturation $$S = 1 - \frac{3}{R+G+B}(\min(R+G+B)) \quad (2.7)$$

Value $$V = \frac{R+G+B}{3} \quad (2.8)$$

2.5.1.3 การแปลงภาพสี RGB เป็น CMY

สามารถคำนวณแต่ละสีได้ดังนี้

$$C = 255 - R \quad (2.9)$$

$$M = 255 - G \quad (2.10)$$

$$Y = 255 - B \quad (2.11)$$

2.5 การตรวจหายานพาหนะ

การตรวจหายานพาหนะเป็นขั้นตอนในการแยกยานพาหนะออกมาจากพื้นถนน เราเรียกพื้นที่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมของวัตถุที่สนใจ ซึ่งในการศึกษานี้หมายถึงยานพาหนะว่า Region of Interest (ROI) [6] ใน [5] ได้จำแนกวิธีในการหา ROI ภายในภาพไว้เป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.5.1 การตรวจหาแบบละเอียดถี่ถ้วน (Exhaustive Detection)

เป็นการกำหนดกรอบสี่เหลี่ยมขนาดต่างๆกันล้อมรอบพื้นที่ภายในภาพ แล้วตรวจสอบว่าพื้นที่ที่ถูกล้อมรอบนั้นใช่ ROI หรือไม่ โดยจะเลื่อนกรอบสี่เหลี่ยมนั้นไปเรื่อยๆทั่วทั้งภาพ วิธีการแบบนี้ใช้ทรัพยากรมากไม่สามารถนำมาใช้กับโปรแกรมประยุกต์แบบทันกาลได้ โดยปกติแล้วระบบที่ใช้วิธีการนี้จะเป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อประมวลผลภาพนิ่ง [5]

2.5.2 การตรวจหาโดยใช้วิธีการคัดเลือก (Selective Detection)

เป็นวิธีการที่ใช้ข้อมูลเฉพาะช่วยในการหาพื้นที่ที่มีโอกาสเป็น ROI สูง ซึ่งทำให้ความเร็วในการตรวจหาเพิ่มขึ้น วิธีการที่ใช้ในการหาพื้นที่เหล่านี้มีหลายวิธีด้วยกัน ใน [5] ได้สรุปไว้เป็น 2 ประเภทคือ

2.5.2.1 วิธีการที่อาศัยการลบ (Subtraction-based Method)

วิธีการนี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1.1. การนำภาพพื้นหลังมาลบกับภาพที่ต้องการตรวจหายานพาหนะ เพื่อให้เหลือพื้นที่ใกล้เคียงกับ ROI มากที่สุด วิธีการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีภาพพื้นหลัง หรือสามารถหาภาพพื้นหลังที่มีปริมาณแสง มุมกล้อง สภาพแวดล้อม เหมือนกับพื้นหลังที่อยู่ในภาพที่ต้องการตรวจหามากที่สุด

2.5.2.1.2. การนำเฟรมที่ต่อเนื่องกันในลำดับภาพเคลื่อนไหวมาลบกัน เพื่อตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ [1] แต่วิธีการนี้ไม่สามารถนำมาตรวจหาวัตถุที่อยู่นิ่งได้

2.5.2.2 วิธีการที่อาศัยความรู้ (Knowledge-based Method)

เป็นการใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติของวัตถุ ซึ่งในการศึกษานี้หมายถึงยานพาหนะ เช่น ความสมมาตร สี เส้นขอบ พื้นผิว เป็นต้น เพื่อตรวจหาตำแหน่งของยานพาหนะในภาพ [5]

ตัวอย่างเช่น ใน [2] เป็นการตรวจหายานพาหนะจากไฟท้ายในเวลากลางคืน เนื่องจากยานพาหนะทุกคันย่อมมีไฟท้าย หากสามารถตรวจหาไฟท้ายได้ก็เท่ากับว่าสามารถตรวจหายานพาหนะได้เช่นกัน

2.6 การกรอง (Filtering)

จากวิธีการ 2.5.2.1 ภาพที่ได้หลังจากการลบอาจมีจุด หรือพื้นที่ส่วนเกินเล็กๆที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของ ROI เหลืออยู่ในการศึกษานี้จะเรียกจุด หรือพื้นที่เล็กๆ เหล่านั้นว่าจุดรบกวน

จุดรบกวนเป็นสาเหตุหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้ฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆกับภาพเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เช่น หากจุดรบกวนไปบดบังให้ภาพของวัตถุชิ้นเดียวกันขาดออกจากกันก็จะทำให้การนับจำนวนวัตถุผิดพลาดได้ เป็นต้น วิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้กำจัดจุดรบกวนเรียกว่า การกรอง (Filtering)

การกรอง เป็นการทำงานแบบ Neighborhood Processing แนวคิดคือกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยม (โดยปกติจะใช้ความกว้าง หรือยาวเป็นเลขคี่) ล้อมรอบจุดภาพที่กำหนด แล้วคำนวณค่าสีใหม่ให้กับจุดภาพนั้น โดยการคำนวณจะคำนวณจากค่าสีของจุดภาพจุดอื่นๆที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยม ทำเช่นนี้กับทุกๆจุดในภาพ เราเรียกการกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยม และการทำงานนี้ว่า ตัวกรอง (Filter) [7]

2.6.1 ตัวกรองเชิงเส้น (Linear Filter)

เป็นตัวกรองที่คำนวณค่าสีโดยใช้สมการเชิงเส้นกับค่าสีทั้งหมดในพื้นที่สี่เหลี่ยม ทำงานโดยคูณค่าสีของจุดภาพในพื้นที่สี่เหลี่ยมทั้งหมดด้วยค่าสีของจุดภาพที่อยู่ติดกัน แล้วนำผลลัพธ์ทั้งหมดบวกรวมกันเช่น สมมติให้ค่าสีในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนดไว้เป็นดังนี้ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$m(-1,-2)$	$m(-1,-1)$	$m(-1,0)$	$m(-1,1)$	$m(-1,2)$
$m(0,-2)$	$m(0,-1)$	$m(0,0)$	$m(0,1)$	$m(0,2)$
$m(1,-2)$	$m(1,-1)$	$m(1,0)$	$m(1,1)$	$m(1,2)$

รูปที่ 2.9 แสดงค่าสีในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนด [7]

และค่าสีของจุดภาพที่ติดกันคือ

$p(i-1,j-2)$	$p(i-1,j-1)$	$p(i-1,j)$	$p(i-1,j+1)$	$p(i-1,j+2)$
$p(i,j-2)$	$p(i,j-1)$	$p(i,j)$	$p(i,j+1)$	$p(i,j+2)$
$p(i+1,j-2)$	$p(i+1,j-1)$	$p(i+1,j)$	$p(i+1,j+1)$	$p(i+1,j+2)$

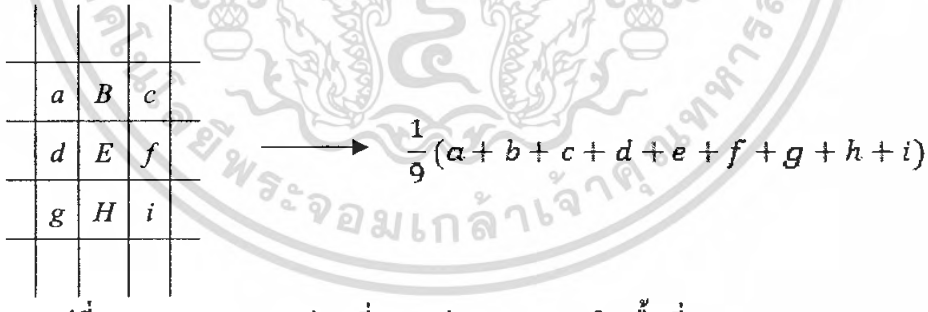
รูปที่ 2.10 แสดงค่าสีของจุดภาพที่อยู่ติดกับค่าสีที่แสดงในรูป 2.9 [7]

จากนั้นนำมาคูณและบวกกันดังสมการ

$$\sum_{s=-1}^{1}\sum_{t=-2}^{2} m(s,t)p(i+s,j+t) \qquad (2.12)$$

ตัวอย่าง [7]

ตัวกรองเชิงเส้นที่สำคัญแบบหนึ่งคือ ใช้พื้นที่ขนาด 3X3 แล้วหาค่าเฉลี่ยของค่าทั้ง 9 ภายในพื้นที่ ค่าที่ได้จะนำมาใช้เป็นค่าขาว-ดำของจุดภาพที่ต้องการนั้นในรูปใหม่ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของค่าจุดภาพภายในพื้นที่ขนาด 3X3 [7]

เมื่อ e เป็นค่าขาว-ดำของจุดในภาพเริ่มต้น และค่าเฉลี่ยที่ได้จะเป็นค่าของจุดภาพที่ตำแหน่งเดียวกันกับ e ในภาพใหม่

สมมติให้ภาพ x มีขนาด 5X5 ดังรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

170	240	10	80	150
230	50	70	140	160
40	60	130	200	220
100	120	190	210	30
110	180	250	20	90

รูปที่ 2.12 แสดงค่าของจุดภาพในพื้นที่ขนาด 5X5 [7]

พิจารณาส่วนบนซ้ายพื้นที่ 3X3 ของรูปที่ 2.12

170	240	10	80	150
230	50	70	140	160
40	60	130	200	220
100	120	190	210	30
110	180	250	20	90

รูปที่ 2.13 แสดงกรอบล้อมรอบพื้นที่ส่วนที่สนใจขนาด 3X3 [7]

จากนั้นหาค่าเฉลี่ยจะได้คำตอบเท่ากับ 111.1111 ซึ่งประมาณค่าได้ 111 แล้วย้ายพื้นที่สี่เหลี่ยมไปจัดการกับจุดภาพถัดไป

170	240	10	80	150
230	50	70	140	160
40	60	130	200	220
100	120	190	210	30
110	180	250	20	90

รูปที่ 2.14 แสดงกรอบล้อมรอบพื้นที่ส่วนที่สนใจขนาด 3X3 [7]

แล้วหาค่าเฉลี่ยอีกครั้งได้ 108.8889 ซึ่งสามารถปัดค่าลงได้เท่ากับ 108 หรือประมาณค่าได้ 109 ถ้าทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจะได้ผลลัพธ์ดังนี้

82022
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

111.1111	108.8889	128.8889
110.0000	130.0000	150.0000
131.1111	151.1111	148.8889

รูปที่ 2.15 แสดงค่าเฉลี่ยที่หาได้ [7]

สัญลักษณ์ [7]

เพื่อให้ง่ายขึ้น สามารถอธิบายตัวกรองเชิงเส้นได้โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าขาว-ดำของจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนดดังนี้

ค่าเฉลี่ยของตัวกรองในตัวอย่างที่ได้กล่าวมาสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{1}{9}a+\frac{1}{9}b+\frac{1}{9}c+\frac{1}{9}d+\frac{1}{9}e+\frac{1}{9}f+\frac{1}{9}g+\frac{1}{9}h+\frac{1}{9}i \tag{2.13}$$

ซึ่งทำให้ตัวกรองนี้เขียนแทนได้ด้วยเมทริกซ์

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix} = \frac{1}{9}\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \tag{2.14}$$

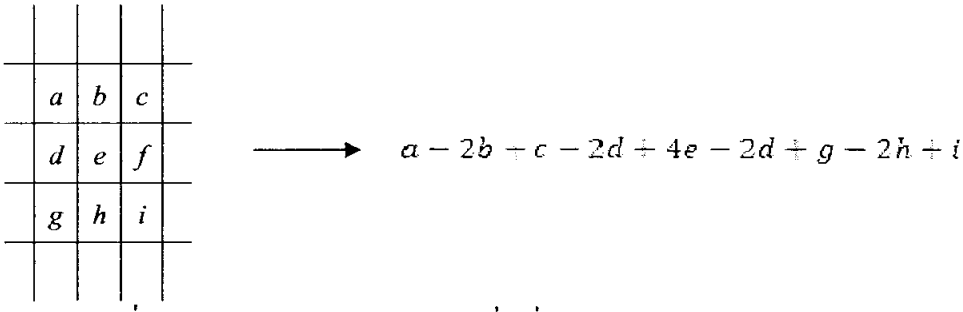
ตัวอย่าง [7]

ถ้าใช้ตัวกรอง

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \tag{2.15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปใช้กับค่าขาว-ดำได้ดังนี้



รูปที่ 2.16 แสดงสมการการหาค่าเฉลี่ยเมื่อใช้ตัวกรอง (2.14) [7]

ขอบของภาพ [7]

ปัญหาที่เห็นได้ชัดเจนอย่างหนึ่งของการกรองคือ เมื่อกำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยมล้อมรอบจุดภาพบริเวณขอบจะมีพื้นที่บางส่วนเกินขอบของภาพออกไป ทำให้ค่าขาว-ดำที่ใช้ในการกรองขาดหายไป วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหานี้มีดังนี้

- **ไม่สนใจขอบ** กำหนดพื้นที่สี่เหลี่ยมให้กับจุดภาพที่จะทำให้พื้นที่ที่กำหนดนั้นอยู่ภายในภาพได้อย่างครบถ้วนเท่านั้น ซึ่งหมายความว่ากำหนดพื้นที่ลงไปกับทุกจุดภาพยกเว้นช่วงขอบ ภาพที่เป็นผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่าภาพเดิม ถ้าพื้นที่สี่เหลี่ยมที่กำหนดมีขนาดใหญ่เกินไปอาจทำให้ส่วนสำคัญของภาพหายไปได้ด้วยวิธีการนี้ ตัวอย่างที่ได้ยกมาข้างต้นก็เป็นการใช้วิธีการนี้
- **เติมส่วนที่หายไปด้วยค่าศูนย์ (Zero Padding)** เป็นการสมมติให้ส่วนที่หายไปภายนอกภาพทั้งหมดมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้มีขนาดเท่ากับภาพเดิม แต่อาจส่งผลให้เกิดสิ่งที่ไม่ต้องการขึ้นรอบๆภาพได้ เช่น เส้นขอบ เป็นต้น

2.6.2 ตัวกรองแบบเป็นมิติ (Spatial Filter)

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการกรองแบบมิติ คือการบิดงอแบบมิติ (Spatial Convolution) วิธีการที่นำมาใช้เหมือนกับการกรอง แต่จะต้องหมุน 180 องศา ก่อนการคูณ และการบวก ถ้าใช้สัญลักษณ์ $m(i,j)$ และ $p(i,j)$ เช่นเดิม จะได้ผลลัพธ์ของการบิด เมื่อใช้พื้นที่สี่เหลี่ยมขนาด 3X5 กับแต่ละจุดภาพดังนี้

$$\sum_{s=-1}^{1}\sum_{t=-2}^{2} m(-s,-t)p(i+s,j+t) \tag{2.16}$$

หรือเมื่อกำจัดเครื่องหมายลบออกจากตำแหน่งของ m จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sum_{s=-1}^{1}\sum_{t=-2}^{2} m(s,t)\,p(i-s,j-t) \tag{2.17}$$

เมื่อหมุนจุดภาพของรูปไป 180 องศาแล้วจะยังไม่ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เปลี่ยนแปลงไปมากนัก แต่จะเห็นผลอย่างชัดเจนก็ต่อเมื่อตรวจสอบด้วยการเปลี่ยนรูปแบบ Fourier หรือเมื่อใช้ทฤษฎีบทการบิดงอ (Convolution Theorem) ในทางปฏิบัติพื้นที่สี่เหลี่ยมที่ใช้ในการกรองส่วนใหญ่มักจะหมุนอย่างสมมาตร ดังนั้นการกรองแบบมิติและการบิดงอแบบมิติจะให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน [7]

2.7 เรขาคณิตของภาพ (Image Geometry)

บางครั้งการประมวลผลกับภาพขนาดใหญ่ต้องใช้ทรัพยากรมาก และใช้เวลานาน หากต้องการนำมาใช้ในการทำงานแบบทันกาลจะไม่สามารถทำได้ วิธีการหนึ่งที่นำมาช่วยได้คือใช้การประมวลผลแบบขนาน แต่การประมวลผลแบบขนานที่สมบูรณ์นั้นก็เป็นไปไม่ได้ เพราะต้องใช้โพรเซสเซอร์จำนวนมาก ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องลดขนาดของข้อมูลลงเพื่อให้ระบบมูลค่าต่ำสามารถประมวลผลแบบทันกาลได้ [8]

วิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการลดขนาดข้อมูลภาพได้คือลดขนาดของภาพลงกระบวนการต่างๆที่จะกล่าวถึงต่อไปสามารถเป็นแนวคิดนำมาใช้ได้ทั้งการย่อ และขยายขนาดภาพ [7]

2.7.1 การประมาณค่าของข้อมูลที่หายไป (Interpolation of Data)

เมื่อต้องการขยายข้อมูลจาก 4 ค่า ให้เป็น 8 ค่า โดยให้เริ่มต้นมีจุด x_1, x_2, x_3 และ x_4 ซึ่งมีระยะห่างเท่ากัน และแต่ละจุดมีค่า $f(x_1), f(x_2), f(x_3)$ และ $f(x_4)$ ตามลำดับต้องการขยายให้เป็น 8 จุด คือ $x_1', x_2', \ldots, x_8'$ ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.17 แสดงการขยายจุดภาพจาก *4* จุดภาพ เป็น *8* จุดภาพ [7]

สมมติให้ระยะระหว่างแต่ละจุด x_i เป็น 1 หน่วยจะได้ความยาวของทั้งเส้นเป็น 3 หน่วย แต่เนื่องจากมีจุดเพิ่มขึ้นมาเป็น x_1' ถึง x_8' ดังนั้นระยะทางระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ติดกันจึงกลายเป็น $3/7 \approx 0.4286$ หน่วย

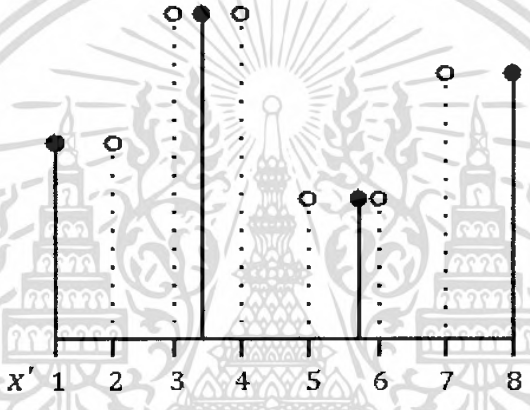
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่าง x และ x' ได้ดังนี้

$$x' = \frac{1}{3}(7x - 4) \tag{2.18}$$

$$x = \frac{1}{7}(3x' + 4) \tag{2.19}$$

จากภาพด้านบนจะเห็นว่าไม่มีจุดของ x_i' ใดอยู่ตรงกับจุดของ x_j เลย ยกเว้นจุดแรกและจุดสุดท้าย ดังนั้นการประมาณค่าของ $f(x_i')$ จึงทำได้โดยใช้ค่าของ $f(x_i)$ ที่อยู่ใกล้ การประมาณค่าโดยใช้ค่าอื่นที่อยู่โดยรอบนี้ เรียกว่า Interpolation



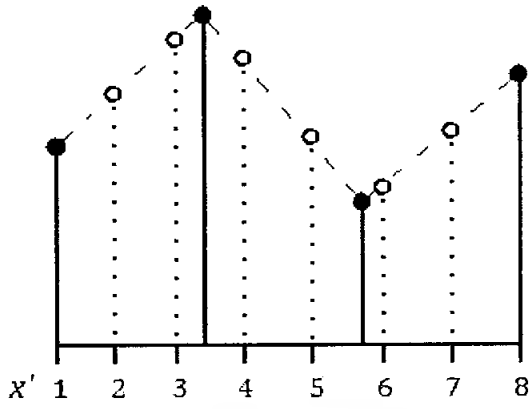
รูปที่ 2.18 แสดงการประมาณค่าส่วนที่หายไป
ด้วยวิธี Nearest-Neighbor Interpolation [7]

ภาพด้านบน เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประมาณค่า โดยให้ $f(x_i') = f(x_j)$ ซึ่ง x_j เป็นจุดเดิมที่อยู่ใกล้กับจุด x_i' ที่สุด วิธีการนี้เรียกว่า Nearest-Neighbor Interpolation

วงกลมทึบใช้แทนค่าฟังก์ชั่นเดิม $f(x_i)$ ส่วนวงกลมโปร่งใช้แทนค่าฟังก์ชั่นที่ประมาณขึ้นมาใหม่ $f(x_i')$

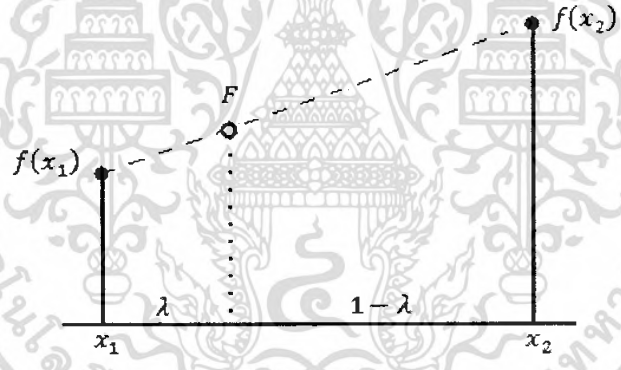
อีกวิธีหนึ่ง เป็นการประมาณค่าโดยใช้เส้นตรง ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงการประมาณค่าส่วนที่หายไป
ด้วยวิธี *Linear Interpolation [7]*

วิธีการนี้เรียกว่า Linear Interpolation
ในการคำนวณค่าด้วยวิธี Linear Interpolation ให้พิจารณารูปที่ 2.21



รูปที่ 2.20 แสดงวิธีการคำนวณค่าแบบ *Linear Interpolation [7]*

จากรูปที่ 2.21 ให้ $x_2 = x_1 + 1$ และ F เป็นค่าที่ต้องการหา พิจารณาที่ความชัน

$$\frac{F - f(x_1)}{\lambda} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{1} \tag{2.20}$$

จัดรูปสมการจะได้

$$F = \lambda f(x_2) + (1-\lambda) f(x_1) \tag{2.21}$$

ยกตัวอย่างการใช้สมการนี้โดยสมมุติให้มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x_1) = 2, f(x_2) = 3, f(x_3) = 1.5 \text{ และ } f(x_4) = 2.5$$

พิจารณาจุด x_4' ซึ่งอยู่ระหว่าง x_2 และ x_3 ค่าของ λ คือ 2/7 จะได้

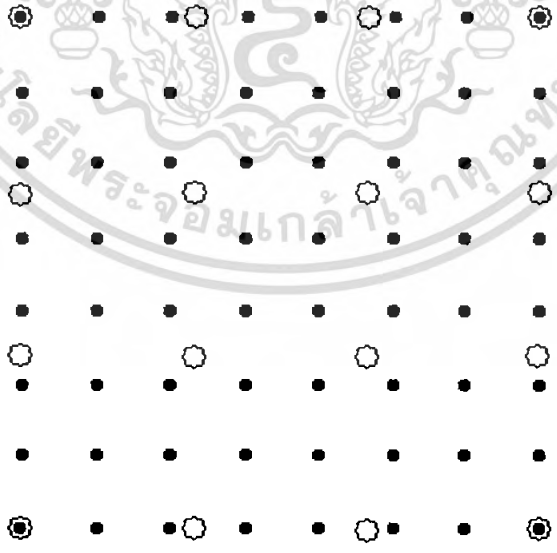
$$\begin{aligned} f(x_4') &= \frac{2}{7} f(x_3) + \frac{5}{7} f(x_2) \\ &= \frac{2}{7}(1.5) + \frac{5}{7}(3) \\ &\approx 2.5714 \end{aligned} \tag{2.22}$$

ส่วน x_7' ซึ่งอยู่ระหว่าง x_3 และ x_4 มีค่า $\lambda = 4/7$ จะได้

$$\begin{aligned} f(x_7') &= \frac{4}{7} f(x_4) + \frac{3}{7} f(x_3) \\ &= \frac{4}{7}(2.5) + \frac{3}{7}(1.5) \\ &\approx 2.0714 \end{aligned} \tag{2.23}$$

2.7.2 การประมาณส่วนที่หายไปของภาพ (Image Interpolation)

จากวิธีการที่ได้กล่าวไป สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับภาพได้

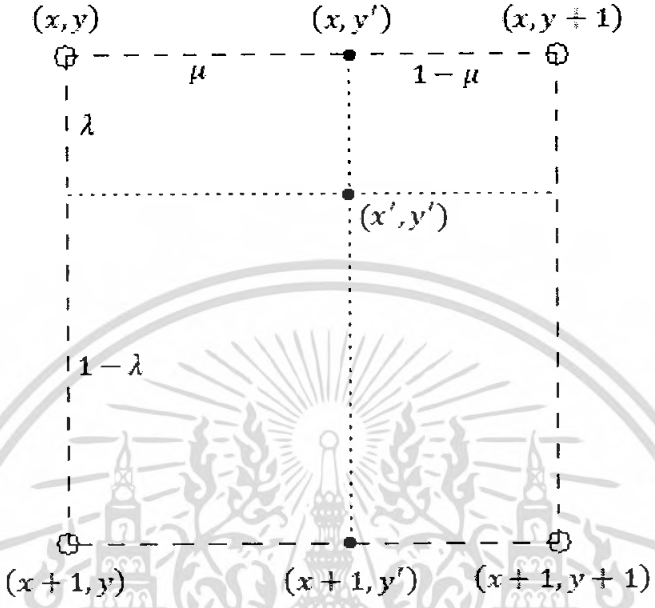


รูปที่ 2.21 แสดงการประมาณค่า
เพื่อเปลี่ยนรูปขนาด 4X4 ให้เป็นขนาด 8X8 [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.22 วงกลมโปร่งที่มีขนาดใหญ่กว่าใช้แทนจุดเดิมที่มีอยู่ ส่วนวงกลมทึบที่มีขนาดเล็กกว่าใช้แทนจุดใหม่ที่สร้างขึ้น

ในการประมาณค่าให้กับจุดที่เพิ่มขึ้นมา ให้พิจารณารูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 แสดงการประมาณค่าให้กับจุดที่เพิ่มขึ้นมา [7]

การหาค่า $f(x',y')$ สามารถใช้วิธีที่กล่าวมาได้ทั้ง 2 วิธี คือกำหนดให้เท่ากับค่าของจุดที่อยู่ใกล้ที่สุดในรูป หรือ ใช้ Linear Interpolation ก็ได้ การใช้ Linear Interpolation ทำได้โดยหาค่า $f(x,y')$ จากแถวตามแนวนอนแถวบนสุด แล้วหาค่า $f(x+1,y')$ จากแถวตามแนวนอนแถวล่างสุด จากนั้นใช้การประมาณค่าตามแถวแนวตั้ง y' ระหว่างค่าที่ได้ทั้งสองเพื่อหา $f(x',y')$ ใช้สูตรที่หาได้จากรูปที่ 2.18 จะได้

$$f(x,y') = \mu f(x,y+1) + (1-\mu)f(x,y) \tag{2.24}$$

และ

$$f(x+1,y') = \mu f(x+1,y+1) + (1-\mu)f(x+1,y) \tag{2.25}$$

ตามแถวแนวตั้ง y' มี

$$f(x',y') = \lambda f(x+1,y') + (1-\lambda)f(x,y') \tag{2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าด้วยสมการที่หาได้ จะได้

$$\begin{aligned} f(x',y') &= \lambda\big(\mu f(x+1,y+1)+(1-\mu)f(x+1,y)\big) \\ &\quad +(1-\lambda)\big(\mu f(x,y+1)+(1-\mu)f(x,y)\big) \\ &= \lambda\mu f(x+1,y+1)+\lambda(1-\mu)f(x+1,y)+(1-\lambda)\mu f(x,y+1) \\ &\quad +(1-\lambda)(1-\mu)f(x,y) \end{aligned} \tag{2.27}$$

สมการ (2.27) ที่ได้เป็นสูตรของ Bilinear Interpolation

ในการปรับเปลี่ยนขนาดรูปภาพก็สามารถทำได้ จากตัวอย่างที่ได้กล่าวมาข้างต้น ภาพเดิมมีขนาด 4X4 ให้เป็นอาร์เรย์ (x,y) ขยายขนาดเป็น 2 เท่าได้อาร์เรย์ (x',y') ขนาด 8X8 จากภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง (x,y) และ (x',y') คือ

$$(x',y') = \left(\tfrac{1}{3}(7x-4),\tfrac{1}{3}(7y-4)\right) \tag{2.30}$$

$$(x,y) = \left(\tfrac{1}{7}(3x'+4),\tfrac{1}{7}(3y'+4)\right) \tag{2.31}$$

ค่าของจุดในอาร์เรย์ (x',y') แต่ละจุดสามารถประมาณได้ทั้งด้วยวิธี Nearest-Neighbor หรือวิธี Bilinear Interpolation

ในทฤษฎีที่ได้กล่าวมาไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการขยายขนาดภาพเท่านั้น ยังสามารถนำมาใช้ในการย่อส่วนภาพได้ด้วย พิจารณาภาพที่ 5 ถ้าวงกลมทึบที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นจุดของภาพเดิม ส่วนวงกลมโปร่งที่มีขนาดใหญ่กว่าเป็นจุดของภาพที่ถูกย่อส่วนลง ก็สามารถประมาณค่าให้จุดเหล่านั้นได้เช่นกัน

ในแมทแลปมีฟังก์ชั่น imresize ในการทำงานเหล่านี้ เรียกใช้ด้วยคำสั่ง

```
>> resize(A, k, 'method')
```

ซึ่ง A เป็นชนิดของรูปภาพ k เป็นอัตราส่วนของภาพเดิม และ 'method' เป็นได้ทั้ง 'nearest' หรือ 'bilinear' (หรือวิธีการอื่น ซึ่งจะอธิบายต่อไปภายหลัง) คำสั่งอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถเรียกใช้ได้คือ

```
>> resize(A, [m,n], 'method')
```

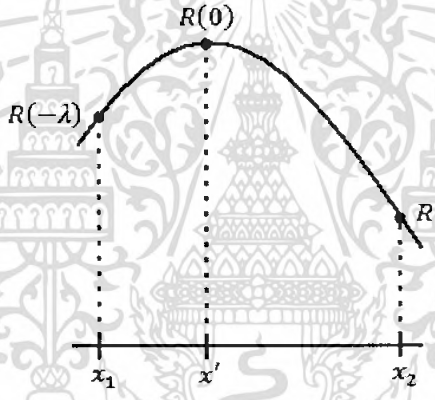
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[m,n] เป็นขนาดของภาพผลลัพธ์ที่ต้องการ ยังมีตัวเลือกอื่นๆอีกเช่น ขนาด หรือประเภทของตัวกรอง ให้นำไปใช้ก่อนทำการย่อ หรือขยายขนาดภาพ สามารถดูรายละเอียดได้จากตัวช่วยของแมทแลป

2.7.3 การประมาณค่าแบบทั่วไป (General Interpolation)

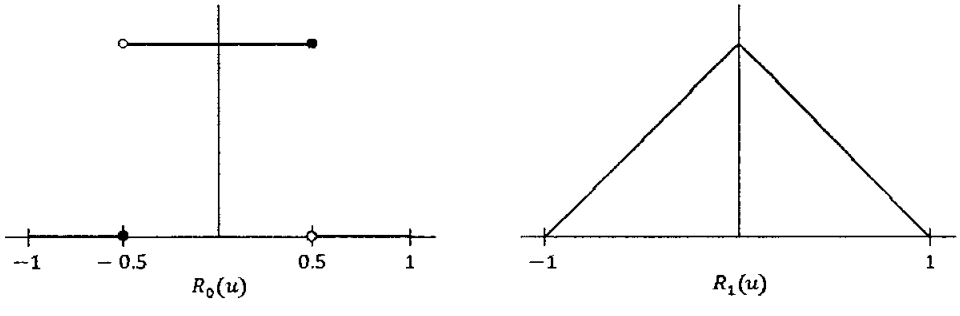
ในการประมาณค่านอกจากสองวิธีที่ได้กล่าวไปคือ Nearest Neighbor และ Bilinear Interpolation แล้ว ยังมีกรณีพิเศษที่ใช้กับวิธีการทั่วไปอีกแบบหนึ่งอยู่อีก แนวคิดคือ สมมติให้ต้องการประมาณค่า $f(x')$ สำหรับ $x_1 \leq x' \leq x_2$ และ $x' - x_1 = \lambda$ ให้ฟังก์ชั่นของการประมาณค่าเป็น $R(u)$ และกำหนด

$$f(x') = R(-\lambda)f(x_1) + R(1-\lambda)f(x_2) \tag{2.32}$$



รูปที่ 2.23 การใช้ฟังก์ชันการประมาณค่าแบบทั่วไป [7]

รูปที่ 2.24 แสดงการทำงาน ฟังก์ชั่น $R(u)$ คือตำแหน่ง x' จะได้ x_1 มีค่าตาม $u = -\lambda$ และ x_2 มีค่าตาม $u = 1 - \lambda$ จากนั้นพิจารณาฟังก์ชั่น $R_0(u)$ และ $R_1(u)$ ดังภาพด้านล่าง จะเห็นว่าค่าทั้งสองอยู่ในช่วง $-1 \leq u \leq 1$ เท่านั้น



รูป 2.24 ฟังก์ชันการประมาณค่าสองแบบ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รูปแบบสมการดังนี้

$$R_0(u) = \begin{cases} 0 & if\ u \leq -0.5 \\ 1 & if -0.5 < u \leq 0.5 \\ 0 & if\ u > 0.5 \end{cases} \tag{2.33}$$

และ

$$R_1(u) = \begin{cases} 1+u & if\ u \leq 0 \\ 1-u & if\ u \geq 0 \end{cases} \tag{2.34}$$

ฟังก์ชั่น $R_1(u)$ สามารถเขียนเป็น $1-|x|$ ก็ได้ จากนั้นแทนค่า $R(u)$ ใน (2.32) ด้วย $R_0(u)$ จะทำให้ได้ Nearest-Neighbor Interpolation

เพื่อให้เห็นภาพ พิจารณา 2 กรณี คือ $\lambda < 0.5$ และ $\lambda \geq 0.5$ แยกจากกัน ถ้า $\lambda < 0.5$ แล้ว $R_0(-\lambda) = 1$ และ $R_0(1-\lambda) = 0$ จะได้

$$f(x') = (1)f(x_1) + (0)f(x_2) = f(x_1) \tag{2.35}$$

ถ้า $\lambda \geq 0.5$ แล้ว $R_0(-\lambda) = 0$ และ $R_0(1-\lambda) = 1$ จะได้

$$f(x') = (0)f(x_1) + (1)f(x_2) = f(x_2) \tag{2.36}$$

ในแต่ละกรณี $f(x')$ เป็นค่าฟังก์ชั่นของจุดที่อยู่ใกล้ x' มากที่สุด

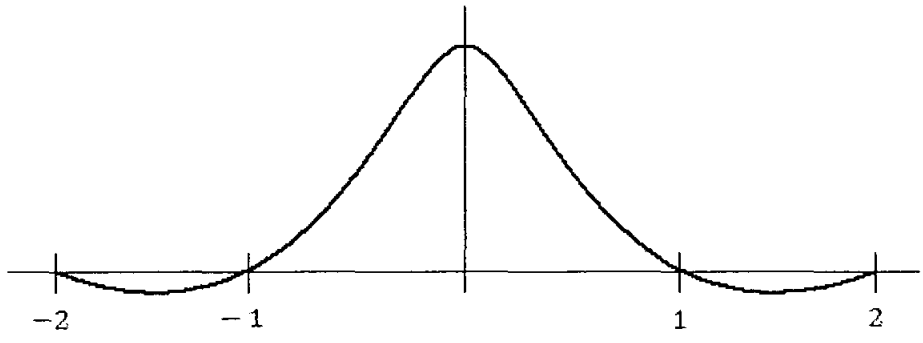
เช่นเดียวกัน แทนค่า $R(u)$ ในสมการ 6.2 ด้วย $R_1(u)$ จะทำให้ได้ Linear Interpolation

$$\begin{aligned} f(x') &= R_1(-\lambda)f(x_1) + R_1(1-\lambda)f(x_2) \\ &= (1-\lambda)f(x_1) + \lambda f(x_2) \end{aligned} \tag{2.37}$$

ฟังก์ชั่น $R_0(u)$ และ $R_1(u)$ เป็นเพียงสมาชิกของกลุ่มฟังก์ชั่นการประมาณค่าที่เป็นไปได้อีกมาก หนึ่งในนั้นคือ Cubic Interpolation ซึ่งอธิบายได้ด้วยสมการ

$$R_3(u) = \begin{cases} 1.5|u|^3 - 2.5|u|^2 + 1 & if\ |u| \leq 1 \\ -0.5|u|^3 + 2.5|u|^2 - 4|u| + 2 & if\ 1 < |u| \leq 2 \end{cases} \tag{2.38}$$

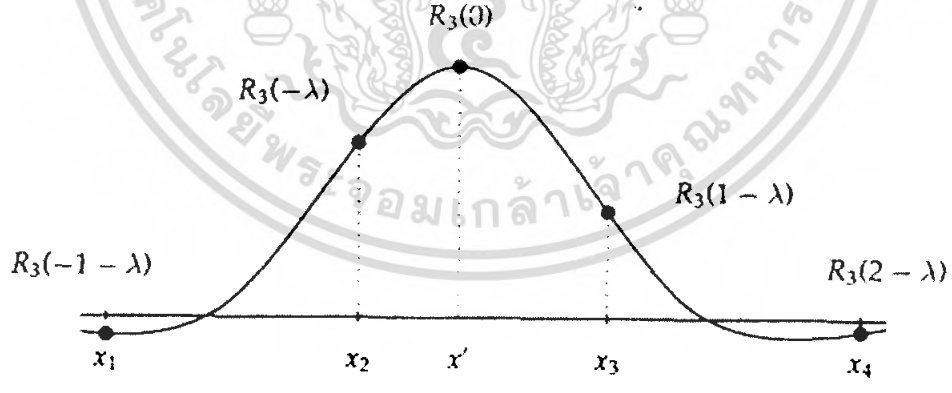
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 กราฟแสดงฟังก์ชั่น $R_3(u)$ [7]

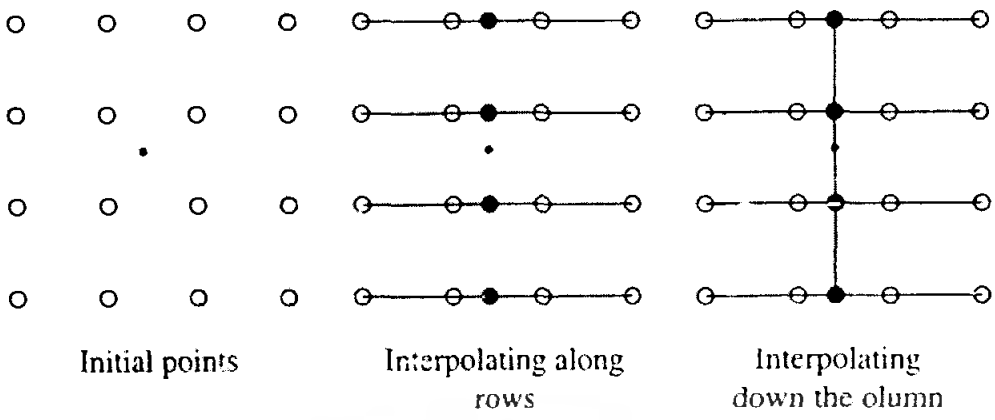
จากรูปที่ 2.26 ฟังก์ชั่นถูกกำหนดให้อยู่ในช่วง $-2 \leq u \leq 2$ ซึ่งการใช้งานต่างจากฟังก์ชั่น $R_0(u)$ และ $R_1(u)$ เล็กน้อย การใช้ฟังก์ชั่น $f(x_1)$ และ $f(x_2)$ สำหรับ x_1 และ x_2 ที่อยู่ข้าง x' ทั้งสองข้างก็เช่นกัน ค่าของ x ที่ใช้ จะเป็นค่าที่อยู่ห่างออกไปอีก สูตรที่ใช้เพิ่มเติมจากสมการ 2.32 ดังนี้

$$f(x') = R_3(-1-\lambda)f(x_1) + R_3(-\lambda)f(x_2) + R_3(1-\lambda)f(x_3) + R_3(2-\lambda)f(x_4) \quad (2.39)$$



รูปที่ 2.26 ภาพแสดงการใช้ $R_3(u)$ ในการประมาณค่า [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงวิธีการใช้ Bicubic Interpolation [7]

ซึ่ง x' อยู่ระหว่าง x_2 และ x_3 และค่า $x - x_2 = \lambda$ ดังรูปที่ 2.27

การประยุกต์ใช้วิธีการนี้กับภาพ ใช้ค่าที่รู้ค่า 16 ค่า รอบจุด (x', y') ทำการประมาณค่ากับแถวตามแนวนอนและแถวตามแนวตั้ง โดยจะเริ่มจากแนวใดก่อนก็ได้ ดังรูปที่ 2.26 เราเรียกการประมาณค่าทั้งสองแนวโดยใช้ Cubic Interpolation นี้ว่า Bicubic Interpolation

2.8 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding) [2]

เป็นการพิจารณาความเข้มของจุดต่างๆภายในภาพ (pixel) ซึ่งผลของการแบ่งส่วนภาพจะขึ้นอยู่กับวิธีการเทรชโฮลด์ (Threshold) ของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มหรือสีของภาพ โดยการหาค่าขีดแบ่ง ซึ่งเป็นค่าความเข้มให้มีค่าที่สามารถแยกความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลัง มีหลายแบบดังนี้

2.8.1 การหาค่าขีดแบ่งเชิงเดี่ยว (Single threshold)

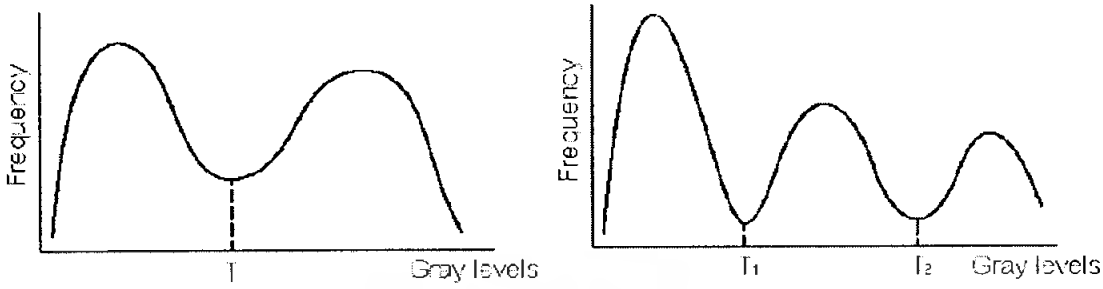
สมมติว่าภาพมีลักษณะของวัตถุที่มีความเข้มคงที่เมื่อเทียบกับพื้นหลัง เช่นภาพที่ประกอบด้วยวัตถุสว่างอยู่ในพื้นหลังที่มืด จะมีกลุ่มของค่าระดับเทา 2 กลุ่ม นั่นคือจุดภาพที่เป็นวัตถุ และจุดภาพที่เป็นพื้นหลัง ซึ่งจะสามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจน สามารถแสดงฮิสโทแกรมของภาพ $f(x, y)$ ได้ดังรูปที่ 2.28(ก) การแบ่งแยกวัตถุออกจากพื้นหลังทำโดยหาค่าขีดแบ่ง T ที่สามารถแบ่ง 2 กลุ่มดังกล่าวออกจากกัน โดยพิจารณาค่าขีดแบ่งจากฮิสโทแกรมที่อยู่จุดต่ำที่สุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุดจากนั้นกำหนดให้จุดภาพ (x, y) ที่มีค่าระดับเทา $f(x, y) > T$ เป็นจุดภาพของวัตถุ ส่วนจุดอื่นที่เหลือเป็นจุดภาพพื้นหลัง

2.8.2 การหาค่าขีดแบ่งแบบหลายเชิง (Multiple threshold)

สมมติว่าภาพประกอบด้วยหลายๆวัตถุ เช่นภาพที่มีวัตถุสว่าง 2 อันอยู่ในพื้นหลังที่มืด การหาค่าขีดแบ่งเมื่อรูปภาพมีฮิสโทแกรมแบบ 3 ฐานนิยม ดังรูปที่ 2.28(ข) จะจำแนกจุดภาพ(x, y)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าเป็นจุดภาพของวัตถุแรกถ้า $T_1 < f(x,y) < T_2$ และเป็นจุดภาพของวัตถุที่สองถ้า $f(x,y) > T_2$ และเป็นจุดภาพพื้นหลังถ้า $f(x,y) \leq T_1$



ก. การหาค่าขีดแบ่งแบบเชิงเดี่ยว *ข. การหาค่าขีดแบ่งแบบหลายเชิง*

รูปที่ 2.28 การหาค่าขีดแบ่งจากฮิสโทแกรมของค่าระดับเทา [2]

การหาค่าขีดแบ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันได้ดังสมการที่ 2.40

$$T = T[x, y, p(x,y), f(x,y)] \tag{2.40}$$

เมื่อ $f(x,y)$ เป็นค่าระดับเทาของภาพ ณ จุด (x,y) และ $p(x,y)$ แสดงสมบัติเชิงท้องถิ่น (Local property) ของจุดดังกล่าว เช่น ค่าระดับเทาเฉลี่ยของจุดภาพใกล้เคียงที่มีจุดศูนย์กลาง ณ ตำแหน่ง (x,y) โดยทั่วไปภาพลักษณ์ฐานสอง $g(x,y)$ ที่ได้หลังจากการทำขีดแบ่งกับภาพระดับเทา $f(x,y)$ ด้วยค่าขีดแบ่ง T มีค่าดังสมการที่ 2.41

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & if\ f(x,y) > T \\ 0 & if\ f(x,y) \leq T \end{cases} \tag{2.41}$$

จุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 1 คือจุดภาพที่เป็นวัตถุ ขณะที่จุดภาพที่มีค่าเท่ากับ 0 คือจุดภาพที่เป็นพื้นหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการพัฒนา

ในการศึกษานี้ใช้แมทแลป (Matlab) เป็นเครื่องมือหลักในการศึกษา และทดลองในการประมวลผลภาพจราจร ในการศึกษาและทดลองมีขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาทฤษฎี และหลักการต่างๆ ที่จะต้องนำมาใช้ในการประมวลผลภาพ
- ศึกษาโครงงานวิจัย หรือการทดลองต่างๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบ และใช้เป็นแนวทางในการศึกษาทดลอง
- ทดลองทำจริง ตามที่ได้ศึกษาและทำความเข้าใจมา โดยข้อมูลที่นำมาใช้กับโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานในแมทแลป มีทั้งที่เป็นข้อมูลที่เก็บมาจากสถานการณ์จริง และข้อมูลที่ได้มาจากการจำลองสถานการณ์
- เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทำงานแบบต่างๆ

3.1 การตรวจหายานพาหนะ

เป็นการแยกยานพาหนะแต่ละคันออกมาจากพื้นถนนให้ได้ ในการศึกษานี้ใช้การตรวจหาโดยใช้วิธีการคัดเลือกแบบอาศัยการลบ (Subtraction-based Method) ดังที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2 หัวข้อ 2.5.2.1

3.1.1 ตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่

เมื่อนำเฟรมที่ต่อเนื่องกันในภาพเคลื่อนไหวมาลบออกจากกัน แล้วลบจุดภาพที่มีค่าส่วนต่างต่ำกว่าค่าที่จำกัดไว้ออก จะเหลือภาพในส่วนที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งอาจเป็นยานพาหนะที่ต้องการตรวจจับได้ โดยในการประมวลผลจะทำกับภาพสี RGB เพื่อให้แยกแยะรายละเอียดได้ชัดเจน

ในการลบจะเป็นการเปรียบเทียบค่าสีแต่ละสีของจุดภาพในภาพเฟรมที่ต่อเนื่องกัน 2 ภาพ ถ้าจุดภาพใดมีผลต่างของค่าสีทั้งสามสีน้อยกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้ก็จะถูกลบออกไปจากเฟรมใดเฟรมหนึ่งในสองเฟรม

เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น จะยกตัวอย่างเป็นเมทริกซ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

123	120	125	127	122	121	126	122
124	125	129	124	123	123	120	127
233	234	234	211	121	126	129	122
177	164	153	99	98	56	123	44
99	234	211	189	188	190	211	89
4	75	34	5	98	78	44	95
50	1	34	56	134	243	66	98
123	145	188	104	111	222	49	134

เฟรม A

120	128	122	125	124	121	122	127
120	121	126	123	122	124	128	125
123	132	142	143	120	135	127	120
125	164	153	132	214	235	177	181
90	188	235	153	88	90	49	35
124	89	76	4	134	249	70	100
58	4	40	132	249	249	70	101
127	140	180	99	115	220	55	129

เฟรม B

รูปที่ 3.1 แสดงวิธีการตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3	-8	3	2	-2	0	4	-5
4	4	3	1	1	-1	-8	2
100	102	92	68	1	-9	2	2
52	0	0	-33	-116	-179	-54	-137
9	46	-24	36	100	100	162	55
-120	-14	-42	1	-36	-171	26	-5
-8	-3	-6	-76	-115	-6	-4	-3
-4	5	8	5	-4	2	-6	5

เฟรม A-เฟรม B

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
233	234	234	211	0	0	0	0
177	0	0	99	98	56	123	44
0	234	211	189	188	190	211	89
4	75	34	0	98	78	44	0
0	0	0	56	134	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

ภาพผลลัพธ์

รูปที่ 3.1 (ต่อ) แสดงวิธีการตรวจหาวัตถุที่มีการเคลื่อนที่

จากรูปที่ 3.1 ภาพผลลัพธ์ที่ได้ ได้มาจากการแทนจุดที่มีค่าต่างในเฟรมไม่ถึงค่าที่จำกัด ซึ่งในการศึกษาให้เป็น 10 ด้วย 0 ส่วนจุดสีที่มีค่าเกิน 10 ก็ให้เป็นค่าเดิมจากเฟรม A ส่วนเฟรม B นั้นค่ายังคงเหมือนเดิมเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับเฟรมต่อไป

เมื่อได้ภาพผลลัพธ์ออกมาแล้ว ก่อนนำไปใช้ในการประมวลผล ในการศึกษานี้ได้ทำการแปลงเป็นภาพขาว-ดำก่อน เพื่อให้จัดการได้ง่ายและเร็วขึ้น

ในการจำกัดค่าส่วนต่าง ยิ่งจำกัดไว้ด้วยค่าน้อย ก็ยิ่งทำให้ส่วนที่เหลืออยู่ในภาพผลลัพธ์มีมากขึ้น ซึ่งจะส่งทั้งผลดี และผลเสียคือ จะได้รายละเอียดของวัตถุมากขึ้น แต่จะทำให้เหลือส่วนที่ไม่ต้องการในภาพนอกเหนือจากที่เป็นวัตถุมากขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

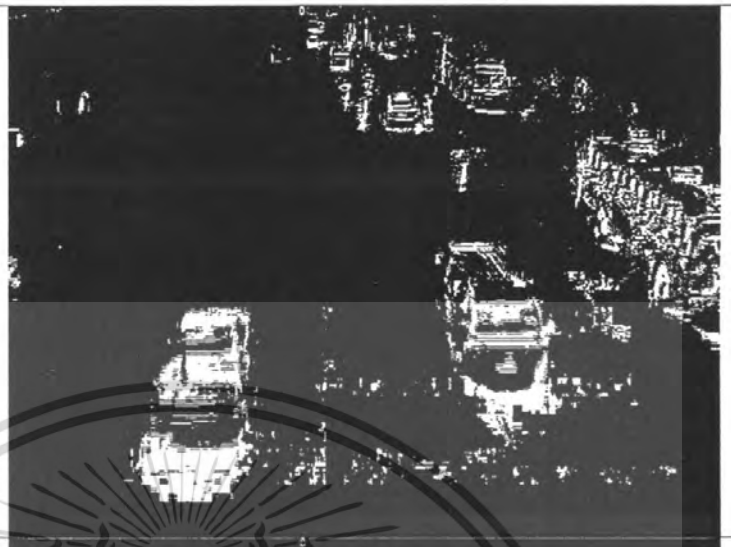
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการนำภาพต่อเนื่องมาลบกันเพื่อหาวัตถุเคลื่อนที่ในภาพ

ภาพเริ่มต้น เป็นภาพสี RGB ขนาด 640X480	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้ โดยใช้ค่าที่จำกัด = 0	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้ โดยใช้ค่าที่จำกัด = 5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการนำภาพต่อเนื่องมาลบกันเพื่อหาวัตถุเคลื่อนที่ในภาพ

ภาพผลลัพธ์ที่ได้ โดยใช้ค่าที่จำกัด = 7	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้ โดยใช้ค่าที่จำกัด = 15	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้ โดยใช้ค่าที่จำกัด = 26	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้ยังมีจุดรบกวนอยู่มาก ในการศึกษานี้จึงได้ใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยของแมทแลป กรองจุดรบกวนออกไป โดยใช้คำสั่ง

```
>> pic = medfilt2(frame,FilterSize) ;
```

pic คือตัวแปรที่ใช้เก็บภาพที่กรองจุดรบกวนแล้ว

frame คือภาพที่ต้องการกรองจุดรบกวนออกไป

FilterSize คือขนาดของตัวกรอง มีค่าเป็นเมทริกซ์ 1X2 คือขนาดกว้างและยาว

เมื่อทดลองทำการกรองด้วยตัวกรองขนาดต่างๆ ก็จะได้ภาพผลลัพธ์ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงภาพที่ได้จากการกรองโดยใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยขนาดต่างๆ

ภาพเริ่มต้น ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้า โดยจำกัดค่าความต่าง = 7	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกรอง ด้วยตัวกรองขนาด [5 5]	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) แสดงภาพที่ได้จากการกรองโดยใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ยขนาดต่างๆ

ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรองขนาด [7 7]	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการกรองด้วยตัวกรองขนาด [9 9]	

เมื่อได้ภาพผลลัพธ์ออกมาแล้วอาจสามารถตรวจจับยานพาหนะได้จากการตรวจหาวัตถุหรือกลุ่มจุดภาพสีขาวที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของยานพาหนะในภาพ จะเห็นว่าภาพที่ได้ยังมีปัญหาเรื่องเงาอยู่มาก ใน [9], [10] เป็นการศึกษาเรื่องการตรวจหาเงา

การตรวจหายานพาหนะด้วยวิธีนี้มีข้อเสียคือ เมื่อยานพาหนะจอดนิ่งอยู่กับที่จะไม่สามารถตรวจจับได้ เพราะจะถูกลบออกไปพร้อมกับพื้นหลัง วิธีการนี้ตรวจหาได้เฉพาะวัตถุที่มีการเคลื่อนที่เท่านั้น

3.1.2 ตรวจหาวัตถุจากภาพพื้นหลังที่หาได้

วิธีการนี้เป็นการลบภาพพื้นหลังออกจากภาพที่ต้องการตรวจหาวัตถุ ในการศึกษานี้ทำการหาภาพพื้นหลังจากลำดับภาพเคลื่อนไหวที่มีอยู่นั่นเอง โดยการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพในภาพของลำดับภาพเคลื่อนไหว ยกตัวอย่างด้วยเมทริกซ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0	4	3	0	0
0	2	3	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

เฟรมที่ 1

0	0	0	0	0
0	4	3	0	0
0	2	3	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

เฟรมที่ 2

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	4	3	0	0
0	2	3	0	0
0	0	0	0	0

เฟรมที่ 3

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	4	3	0	0
0	2	3	0	0

เฟรมที่ 4

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	4	3	0	0

เฟรมที่ 5

0	0.8	0.6	0	0
0	1.2	1.2	0	0
0	1.2	1.2	0	0
0	1.2	1.2	0	0
0	1.2	1.2	0	0

ภาพพื้นหลังซึ่งได้จากการหาค่าเฉลี่ย

รูปที่ 3.2 แสดงการหาภาพพื้นหลังจากค่าเฉลี่ยของแต่ละจุดภาพในลำดับภาพเคลื่อนไหว

ในการศึกษานี้ ก่อนที่จะหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาพื้นหลังของภาพเคลื่อนไหวได้ทำการแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา (Grayscale) ก่อน เพื่อให้การทำงานเร็วขึ้น เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่การประมวลผลทำได้เร็วขึ้นมาก

เมื่อแปลงภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา ข้อมูลของจุดภาพจะมีค่าเป็น 0 ถึง 255 คือแต่ละจุดภาพเป็นข้อมูล Unsigned Integer ขนาด 8 บิต ดังนั้นถ้าจุดภาพใดมีค่าเป็น 255 จะไม่สามารถบวกค่าเพิ่มได้อีก เมื่อต้องการจะหาค่าเฉลี่ยจึงต้องแปลงให้ข้อมูลมีขนาดเพิ่มขึ้นก่อน ในการศึกษานี้ได้แปลงข้อมูลของแต่ละจุดภาพให้เป็น Unsigned Integer ขนาด 32 บิตก่อนจะนำมาบวกกันเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าเฉลี่ย ซึ่งหมายความว่า ค่าสูงสุดของแต่ละจุดภาพจะเพิ่มขึ้นเป็น 4,294,967,295 สามารถนำภาพมาบวกกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยได้ทั้งหมด 16,843,009 ภาพ

คำสั่งในแมทแลปที่ใช้ในการแปลงข้อมูลของแต่ละจุดภาพในตัวแปรที่ใช้เก็บภาพให้เป็นข้อมูล Unsigned Integer ขนาด 32 บิตคือ

```
>> pic32bit = uint32(pic8bit) ;
```

pic32bit คือตัวแปรที่จะใช้เก็บข้อมูลภาพ 32 บิต

pic8bit คือตัวแปรที่ใช้เก็บข้อมูลภาพ 8 บิต

ส่วนคำสั่งที่ใช้ในการแปลงข้อมูลให้กลับมาเป็นข้อมูลภาพ Unsigned Integer ขนาด 8 บิต เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยเสร็จแล้วคือ

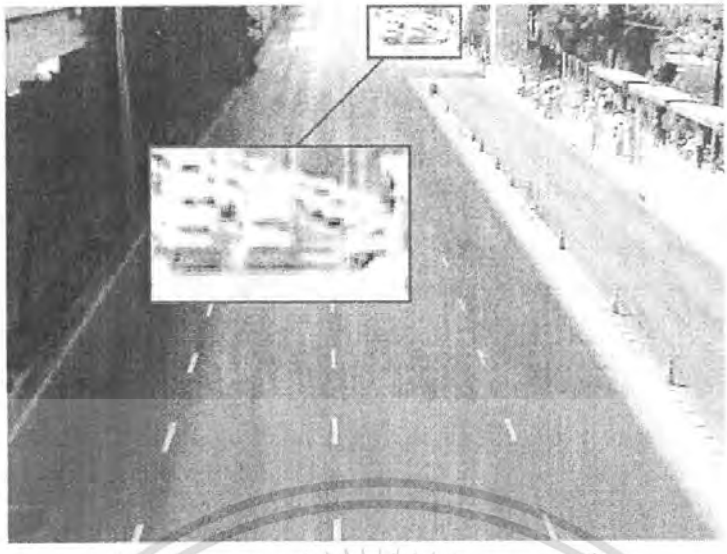
```
>> pic8bit = uint8(pic32bit) ;
```

ในการหาภาพพื้นหลังโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่หามาจากภาพต่อเนื่องหลายๆภาพนั้น จะได้ผลก็ต่อเมื่อวัตถุที่ต้องการตรวจหาไม่ได้หยุดอยู่ที่ใดที่หนึ่งในลำดับภาพที่เลือกมาหาค่าเฉลี่ย มิเช่นนั้นแล้ววัตถุนั้นก็จะถูกรวมเป็นพื้นหลังด้วย เมื่อตรวจหาก็จะทำให้วัตถุนั้นถูกลบออกไปเช่นเดียวกับวิธีก่อนหน้า (3.1.1)

ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นนี้การเลือกภาพที่จะนำมาใช้หาค่าเฉลี่ยจึงควรเว้นช่วงตามความเหมาะสม เช่น อาจจะดึงมาคำนวณ 1 ภาพ ในทุกๆ 50 ภาพ เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความยาวของลำดับภาพเคลื่อนไหวด้วย ว่ามีทั้งหมดกี่ลำดับภาพ

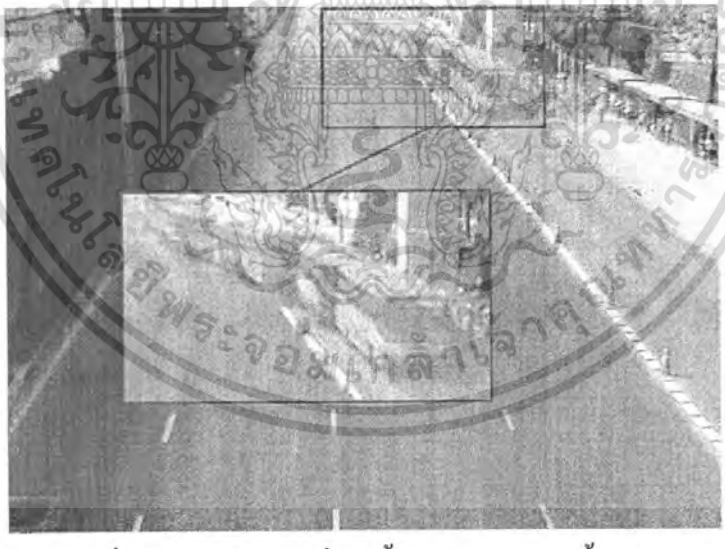
อย่างไรก็ตาม ถ้าวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่เป็นระยะเวลานาน เมื่อเทียบกับช่วงระยะเวลาของลำดับภาพทั้งหมด เช่น วัตถุอยู่นิ่งเป็นเวลา 30 นาที จากลำดับภาพเคลื่อนไหวที่มีความยาว 35 นาที เป็นต้น ปัญหานี้ก็จะยังคงอยู่ คือในภาพพื้นหลังที่คำนวณออกมาจะยังปรากฏวัตถุที่อยู่นิ่งกับที่นั้นอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการหาภาพพื้นหลัง
เมื่อมีวัตถุหยุดนิ่งอยู่กับที่เป็นระยะเวลานาน

และหากวัตถุเคลื่อนที่ช้าก็จะเกิดปัญหาขึ้นเช่นกัน เพราะเมื่อหาค่าเฉลี่ยวัตถุจะถูกลบออกไปไม่หมด และเป็นร่องรอยหลงเหลือ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในการหาภาพพื้นหลัง
เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ช้าเกินไป

เช่นเดียวกรณีแรก วิธีแก้ไขคือต้องเลือกภาพที่จะนำมาใช้คำนวณโดยเว้นช่วงเวลาให้เหมาะสม โดยต้องคำนึงถึงจำนวนภาพที่จะนำมาใช้หาค่าเฉลี่ย และความยาวของภาพเคลื่อนไหวด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างหาภาพ Background จากภาพถ่าย

รายละเอียดไฟล์ภาพถ่ายที่นำมาใช้

Resolution 640X480

Frame rate 29 frames/second

Video sample size 24 bit

$$\text{จำนวนภาพที่ใช้หาภาพพื้นหลัง} = \frac{\text{จำนวนไฟล์ภาพทั้งหมด}(\text{frame})}{\text{อัตราการเลือกภาพมาใช้หาภาพพื้นหลัง}(\text{frame}/\text{ภาพ})} \qquad (3.1)$$

ตารางที่ 3.3 แสดงภาพพื้นหลังที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพในลำดับภาพต่อเนื่อง

อัตราการเลือกภาพมาใช้หาภาพพื้นหลัง (frame/ภาพ)	จำนวนภาพที่ใช้หาภาพพื้นหลัง (ภาพ)	ภาพพื้นหลังที่ได้
200	5	
100	10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ) แสดงภาพพื้นหลังที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพในลำดับภาพต่อเนื่อง

1	40	
10	40	
4	100	
1	400	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ภาพพื้นหลังมาแล้ว ขั้นต่อไปคือนำภาพพื้นหลังที่ได้ไปลบกับภาพที่ต้องการตรวจหาวัตถุ จะเหลือส่วนที่เป็นวัตถุในภาพ แล้วแปลงภาพนั้นเป็นภาพขาว-ดำเพื่อให้การจัดการกับภาพง่ายและเร็วขึ้น จะได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงภาพที่ได้จากการลบภาพกับภาพพื้นหลังเพื่อตรวจหาวัตถุ แล้วแปลงเป็นภาพขาวดำ

ภาพเริ่มต้น	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 200, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 5	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 100, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 10	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) แสดงภาพที่ได้จากการลบภาพกับภาพพื้นหลังเพื่อตรวจหาวัตถุแล้วแปลงเป็นภาพขาวดำ

ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 1, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 40	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 10, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 40	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 4, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 100	
ภาพผลลัพธ์ที่ได้เมื่อใช้ภาพพื้นหลังที่หาได้โดยใช้อัตราการเลือกภาพ = 1, จำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ย = 400	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลลัพธ์จะเห็นว่าจำนวนภาพที่นำมาหาค่าเฉลี่ยไม่ใช่ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ชัดเจน กล่าวคือไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนภาพมากๆ แต่สิ่งที่ส่งผลถึงภาพผลลัพธ์มากกว่าคืออัตราการเลือกภาพ ถ้าใช้จำนวนภาพเท่ากัน ภาพพื้นหลังที่ได้มาจากอัตราการเลือกภาพที่มากกว่า จะให้ภาพผลลัพธ์ที่ดีกว่า

อย่างไรก็ตาม อัตราการเลือกภาพที่มากกว่าก็ไม่ได้ส่งผลดีกว่าเสมอไป หากลำดับภาพวีดีโอมีความยาวมาก แสงมีการเปลี่ยนมากตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป การเลือกภาพมาหาค่าเฉลี่ยก็ต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมด้วย นั่นคือควรหาภาพพื้นหลังใหม่เป็นช่วงๆ ตามแสงที่เปลี่ยนไปตามระยะเวลา

ค่าเทรชโชลด์ (Threshold) ในการแปลงภาพเป็นขาว-ดำ

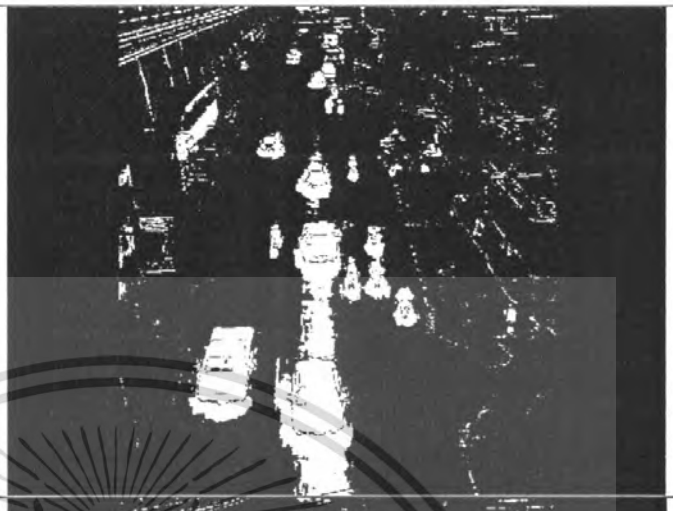
บางครั้งขณะที่ถนนว่างไม่มียานพาหนะ ถ้าใช้ค่าเทรชโชลด์ที่หามาแบบอัตโนมัติ ค่าที่ได้จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ ทำให้การตรวจหายานพาหนะ และการติดตามการเคลื่อนที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงได้มีการทดลองเพื่อหาค่าเทรชโชลด์ที่เหมาะสม และเนื่องจากค่าเทรชโชลด์นี้จะนำมาใช้กับภาพที่เป็นผลต่างของภาพพื้นหลัง กับภาพที่ต้องการตรวจหายานพาหนะ ซึ่งอยู่ในช่วงเวลากลางวัน และภาพพื้นหลัง กับภาพที่ต้องการตรวจหายานพาหนะก็อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้ค่าเทรชโชลด์ที่หาได้นี้สามารถนำไปใช้ได้ทั่วไป

ตารางที่ 3.5 แสดงภาพขาว-ดำที่ได้จากการใช้ค่าเทรชโชลด์ต่างๆ

ภาพเริ่มต้น	

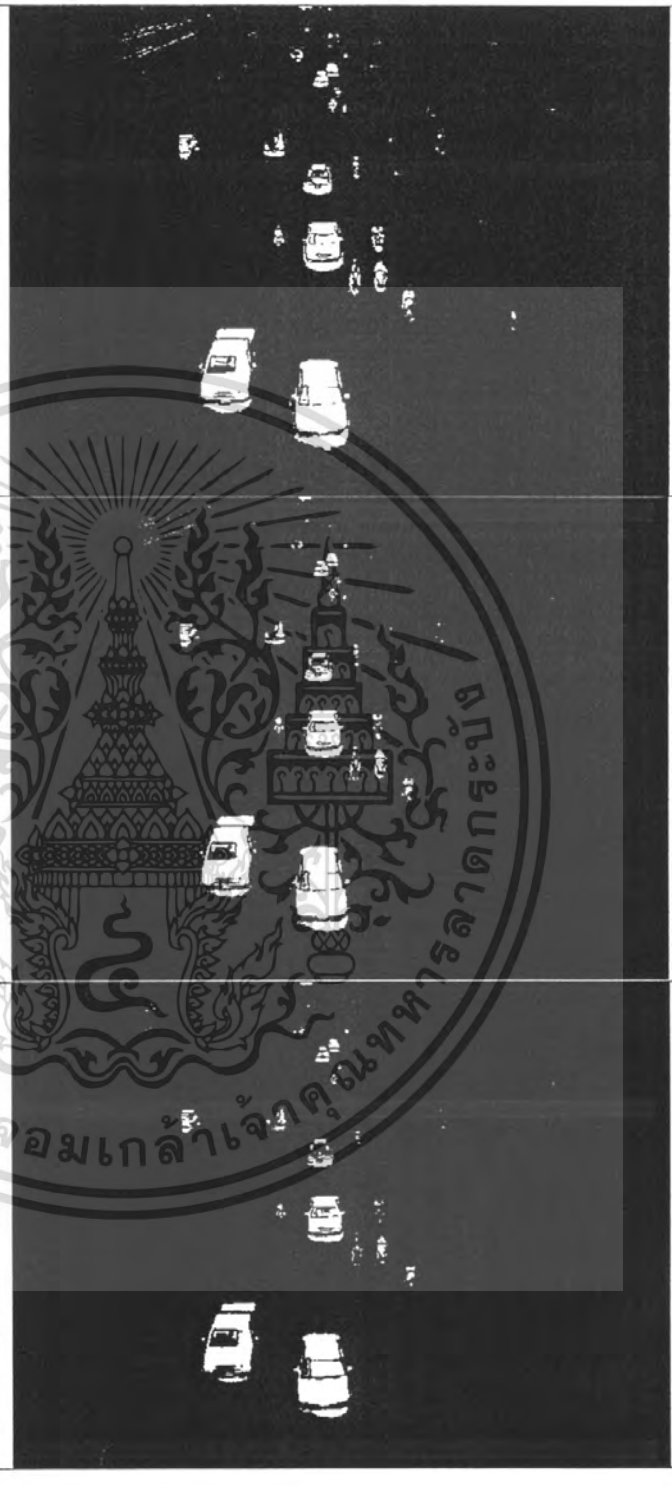
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) แสดงภาพขาว-ดำที่ได้จากการใช้ค่าเทรชโชลด์ต่างๆ

ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.05	
ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.07	
ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.1	

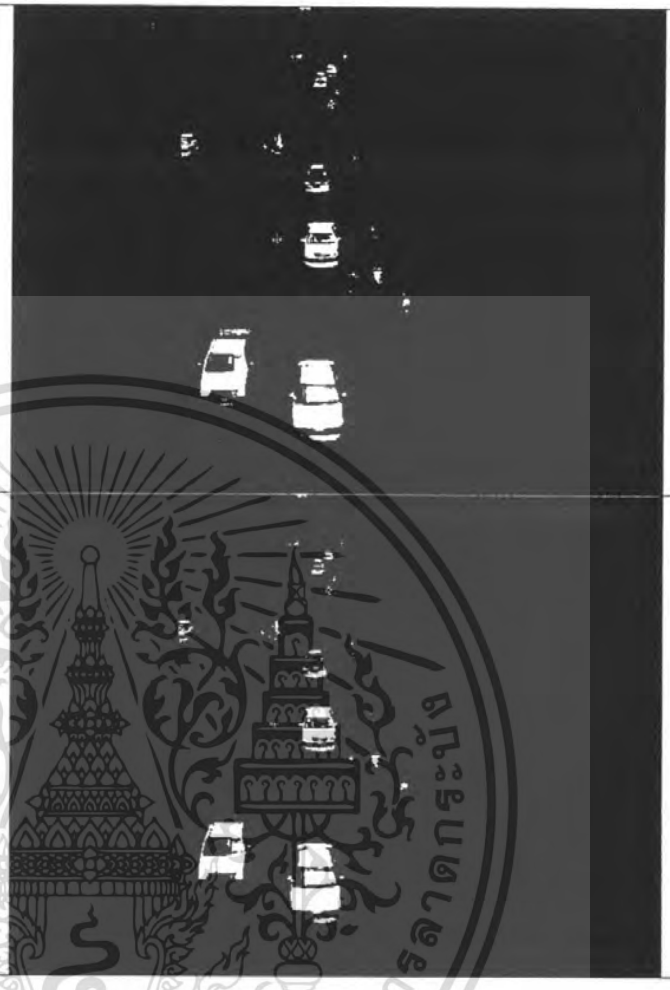
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) แสดงภาพขาว-ดำที่ได้จากการใช้ค่าเทรชโชลด์ต่างๆ

ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.14	
ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.17	
ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.2	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ) แสดงภาพขาว-ดำที่ได้จากการใช้ค่าเทรชโชลด์ต่างๆ

ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.24	
ภาพที่ได้เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์ = 0.27	

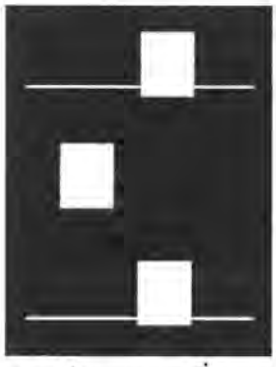
จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่า เมื่อใช้ค่าเทรชโชลด์น้อยเกินไปจะลบพื้นถนนออกไปไม่หมด แต่ถ้าใช้ค่าเทรชโชลด์มากเกินไปภาพยานพาหนะจะถูกลบออกไปด้วย ในที่นี้จึงเลือกใช้ค่าเทรชโชลด์เท่ากับ 0.17 เพราะให้ภาพผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3.2 การตรวจนับยานพาหนะ และคำนวณความเร็ว

3.2.1 วิธีการเริ่มต้น

ในการตรวจนับยานพาหนะ และคำนวณความเร็วในการศึกษานี้ใช้การกำหนดเส้นขอบเขตของผู้ใช้ และระบุระยะระหว่างเส้นทั้งสองนั้น เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงเส้นขอบเขตที่กำหนดเพื่อตรวจนับรถ

เส้นขอบเขตเป็นตัวตรวจจับการเข้าและออกของยานพาหนะ เมื่อมียานพาหนะเข้ามาระบบจะเก็บหมายเลขเฟรมที่ยานพาหนะนั้นเข้ามาไว้ และเมื่อยานพาหนะนั้นผ่านออกจากเส้นขอบเขตเส้นที่สองระบบก็จะนำหมายเลขเฟรมที่ยานพาหะเคลื่อนที่ออกจากเส้นขอบเขตนั้น กับหมายเลขเฟรมที่เก็บไว้ก่อนหน้ามาคำนวณหาความเร็ว โดยใช้จำนวนเฟรมต่อวินาทีของภาพเคลื่อนไหวมาคำนวณด้วย ดังสมการ

$$V = \frac{S}{F_{out} - F_{in}} \times Fps \tag{3.2}$$

V คือ ความเร็วของยานพาหนะที่ต้องการหา

S คือ ระยะทางระหว่างเส้นขอบเขตทั้งสอง

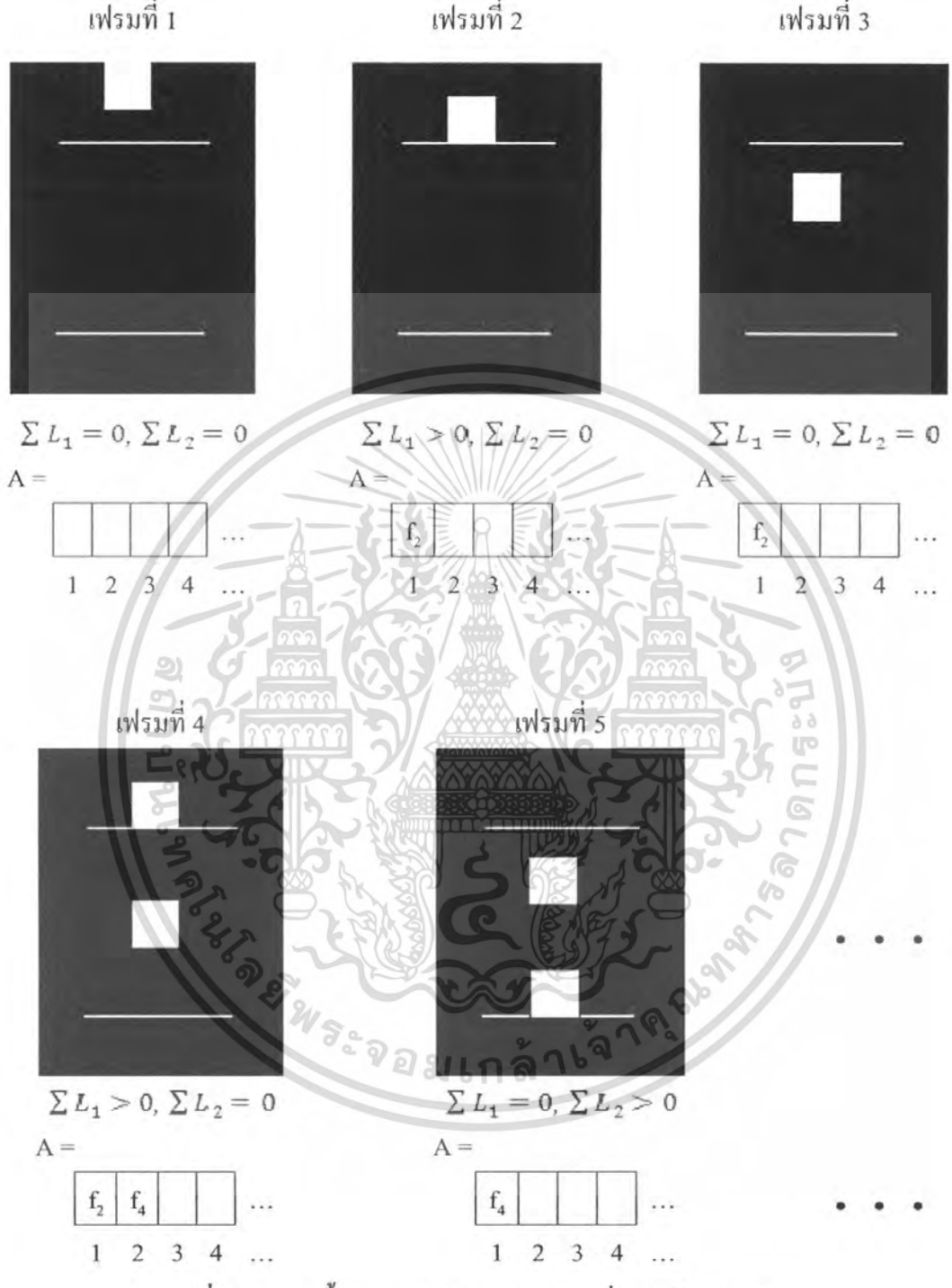
F_{in} คือ หมายเลขเฟรมที่ยานพาหนะผ่านเส้นขอบเขตเส้นที่หนึ่งเข้ามา

F_{out} คือ หมายเลขเฟรมที่ยานพาหนะออกจากเส้นขอบเขตเส้นที่สอง

FPS คือ จำนวนเฟรมต่อวินาทีของภาพเคลื่อนไหว

วิธีการตรวจจับยานพาหนะของเส้นขอบเขตคือ หาผลบวกของค่าของจุดภาพที่เป็นเส้นขอบเขตทั้งหมด ขณะที่ผลบวกนั้นเป็นศูนย์ หมายความว่า ขณะนั้นยังไม่มียานพาหนะใดๆผ่านเส้นขอบเขต แต่หากผลบวกที่ได้ไม่ใช่ศูนย์แล้วแสดงว่าขณะนั้นกำลังมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเส้นขอบเขต เมื่อผลรวมกลับมาเป็นศูนย์อีกครั้งหมายความว่าวัตถุนั้นเคลื่อนที่ผ่านพ้นเส้นขอบเขตไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงขั้นตอนการนับยานพาหนะที่ผ่านเส้นตรวจจับ

L_1 คือ ค่าของจุดภาพบนเส้นขอบเขตที่วัตถุผ่านก่อนเป็นเส้นแรก

L_2 คือ ค่าของจุดภาพบนเส้นขอบเขตที่วัตถุผ่านหลังจากผ่านเส้นแรกมาแล้ว

A คือ ตัวแปรเป็นอาร์เรย์ใช้เก็บหมายเลขเฟรมเมื่อมีวัตถุผ่านเส้นขอบเขต

เส้นแรกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเส้นขอบเขตเส้นที่สอง ระบบจะดึงเอาข้อมูลหมายเลขเฟรมที่เก็บไว้มาคำนวณหาความเร็ว ดังภาพในเฟรมที่ 5 โดยการดึงข้อมูลออกมานั้นจะเป็นแบบเข้าก่อนออกก่อน (First In First Out) และเพื่อให้สามารถตรวจจับยานพาหนะที่เข้ามาพร้อมกันแต่อยู่คนละช่องทางเดินรถได้ จึงได้แบ่งเส้นขอบเขตสำหรับการตรวจนับไว้สำหรับแต่ละช่องทางเดินรถ ดังนั้นอีกหนึ่งตัวแปรที่จะต้องระบุเพิ่มลงไปด้วยคือจำนวนช่องทางเดินรถ เพื่อให้ระบบแยกเส้นตรวจจับสำหรับแต่ละช่องทาง

ข้อจำกัด

จากวิธีการที่ได้กล่าวไปจะเห็นว่า ในการตรวจนับยานพาหนะ และวัดความเร็วของยานพาหนะแต่ละคันด้วยวิธีการนี้ มีข้อจำกัดคือ ภายในช่วงขอบเขตที่กำหนด ยานพาหนะต้องไม่แซงกัน การเข้าและออกในช่วงตรวจจับจะต้องเข้าและออกที่ช่องทางเดินรถเดียวกัน ต้องไม่มีจุดรบกวนเกิดขึ้นบนเส้นขอบเขต และวัตถุจะต้องไม่ขาดออกจากกันขณะที่ผ่านเส้นตรวจนับ

3.2.2 ตรวจจับยานพาหนะโดยใช้พื้นที่ของวัตถุ

จากวิธีการเริ่มต้นที่ได้กล่าวมาในหัวข้อ 3.2.1 พบว่าเป็นวิธีการที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดมากเนื่องจากภาพวัตถุที่ขาดออกจากกัน ดังนั้นจึงได้ใช้วิธีใหม่ในการตรวจจับยานพาหนะ โดยยังคงใช้เส้นตรวจจับทั้งสองเป็นขอบเขตในการตรวจจับ แต่มีสิ่งที่เพิ่มเข้ามาคือใช้กรอบสี่เหลี่ยมเป็นเครื่องมือในการตรวจจับยานพาหนะที่ผ่านเส้นขอบเขตเข้ามา

รูปที่ 3.7 แสดงกรอบสี่เหลี่ยมที่ใช้
ตรวจหายานพาหนะบนเส้นตรวจจับ

ในแต่ละเฟรม กรอบสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากับขนาดยานพาหนะที่เล็กที่สุดที่ได้กำหนดไว้ ที่อยู่ด้านบนของเส้นตรวจจับเส้นแรกจะเลื่อนจากขวาไปซ้ายเพื่อตรวจหาวัตถุที่จะผ่านเส้นตรวจจับเข้ามา เมื่อพบวัตถุ กรอบสี่เหลี่ยมจะขยายขนาดเพื่อตรวจหาขนาดของวัตถุ แล้วนำมาเทียบกับขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่กำหนดไว้ว่าตรงกับขนาดเท่าไร จากนั้นจะใช้กรอบสี่เหลี่ยมขนาดนั้นในการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในเฟรมต่อๆไป

3.2.3 การกำหนดขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่จะนำมาใช้ตรวจหายานพาหนะ

เนื่องจากในการจับภาพเคลื่อนไหว กล้องวีดีโอไม่ได้จับภาพทำมุมระนาบกับพื้นถนน ทำให้ขนาดภาพของยานพาหนะขยายขึ้นตลอดเวลาเมื่อยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ใกล้เข้ามาจากระยะไกล ดังนั้นในการกำหนดขนาดให้กับยานพาหนะแต่ละประเภท จะต้องกำหนดขนาดให้กับสองตำแหน่งคือ ขนาดของยานพาหนะขณะผ่านเส้นตรวจจับด้านบน และขนาดของยานพาหนะขณะผ่านเส้นตรวจจับด้านล่าง เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้คำนวณขนาดของภาพยานพาหนะที่อยู่ในแต่ละตำแหน่งบนพื้นถนนภายในเส้นขอบเขตทั้งสอง โดยใช้สมการ

$$Width = StartW + {(PosY - StartY)} \Big/ {\frac{EndY - StartY}{EndW - StartW}} \tag{3.3}$$

และ

$$Height = StartH + {(PosY - StartY)} \Big/ {\frac{EndY - StartY}{EndH - StartH}} \tag{3.4}$$

เมื่อ $Width$ และ $Height$ คือความกว้าง และความยาวของภาพยานพาหนะ ณ ตำแหน่ง $PosY$

$PosY$ คือตำแหน่งตามแนวแกน Y ของยานพาหนะบนเฟรม

$StartW$ และ $StartH$ คือความกว้าง และความยาวของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับด้านบน

$EndW$ และ $EndH$ คือความกว้าง และความยาวของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับด้านล่าง

$StartY$ คือ ตำแหน่งตามแนวแกน Y ของเส้นตรวจจับเส้นบน

$EndY$ คือ ตำแหน่งตามแนวแกน Y ของเส้นตรวจจับเส้นล่าง

โดยค่าจุดพิกัดในเฟรมมีจุด (0, 0) อยู่ที่มุมซ้ายบนดังรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

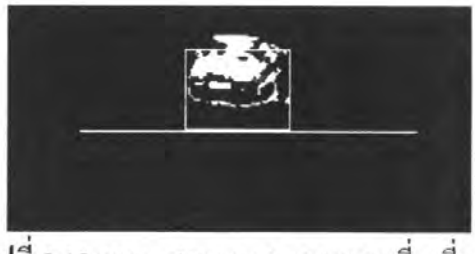
รูปที่ 3.8 แสดงค่าจุดพิกัดในเฟรม

3.2.4 การตรวจหาขนาดของยานพาหนะ

เมื่อกรอบสี่เหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากับขนาดของยานพาหนะขนาดเล็กที่สุดที่ได้กำหนดไว้ตรวจเจอวัตถุแล้ว และขนาดของวัตถุใหญ่กว่าขนาดของกรอบสี่เหลี่ยม ตามอัลกอริทึมแล้วตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมจะเป็นดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมเมื่อตรวจพบวัตถุ

เมื่อตรวจพบวัตถุแล้วกรอบสี่เหลี่ยมจะขยายตัวตามแกน X ไปทางด้านขวาจนกว่าขอบทางด้านขวาจะพบพื้นที่ว่างที่ไม่มีส่วนของวัตถุที่เป็นสีขาวอยู่ ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ภาพแสดงขนาดของกรอบสี่เหลี่ยม
เมื่อขยายตัวตามแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นกรอบสี่เหลี่ยมจะขนายขนาดตามแนวตั้งขึ้นไปด้านบน จนกว่าขอบทางด้านบนจะพบพื้นที่ว่าง ไม่มีส่วนของวัตถุที่เป็นสีขาวอยู่ ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 แสดงขนาดของกรอบสี่เหลี่ยม
เมื่อขยายตัวตามแนวแกน Y ขึ้นไปด้านบน

ขั้นต่อไป เส้นขอบด้านล่างที่อยู่ในพื้นที่ว่างจะเลื่อนขึ้นไปด้านบนจนกว่าจะถึงส่วนที่เป็นวัตถุดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แสดงขนาดของกรอบสี่เหลี่ยม
เมื่อเลื่อนขอบด้านล่างขึ้นไป

เมื่อตรวจหาขนาดของวัตถุได้แล้วก็นำขนาดที่หาได้นั้นไปเทียบกับขนาดที่กำหนดไว้ เพื่อหาว่ายานพาหนะนั้นจัดอยู่ในกลุ่มที่มีขนาดเท่าไร และจะใช้กรอบสี่เหลี่ยมตามขนาดนั้นๆ ในการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

3.2.5 การเทียบขนาดของยานพาหนะที่หาได้ กับขนาดของยานพาหนะที่กำหนดไว้

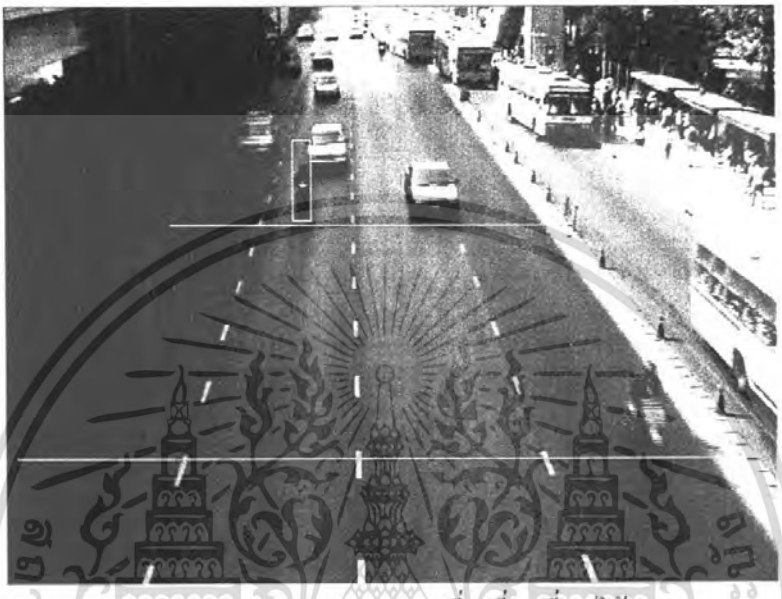
เมื่อได้ความกว้างและความยาวของยานพาหนะมาแล้วก็นำมาเทียบกับขนาดของยานพาหนะที่ได้กำหนดเอาไว้ โดยจะเทียบความกว้างก่อน ถ้าความกว้างที่ได้กำหนดไว้มีขนาดใกล้เคียงกัน ก็จะเทียบตามความยาวต่อไป

ข้อดีของการใช้ขนาดของยานพาหนะที่ได้กำหนดไว้แล้ว โดยใช้ขนาดที่หามาได้ไปเทียบ คือ

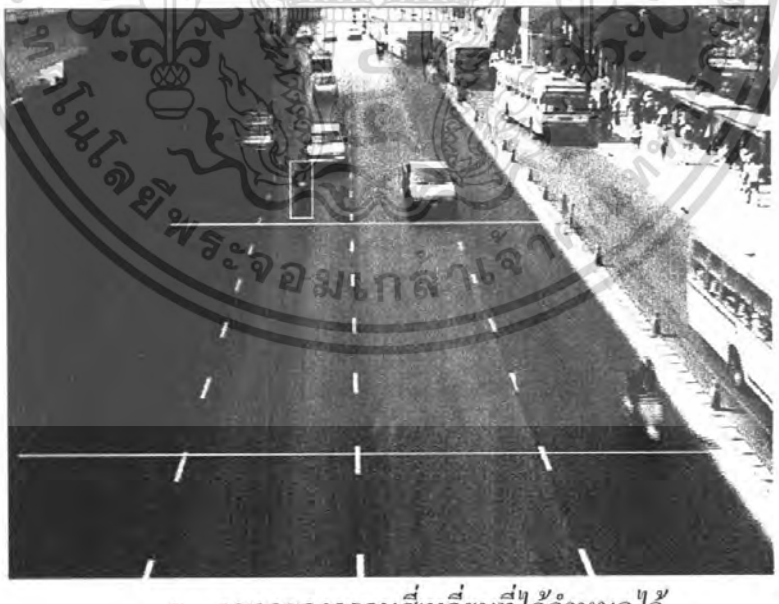
- สามารถจัดกลุ่มให้กับยานพาหนะที่ตรวจพบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในกรณีที่ยานพาหนะคันหน้าบดบังบางส่วนของยานพาหนะที่ตามมาทำให้ดูเหมือนเป็นวัตถุเดียวกัน การใช้ขนาดที่ได้กำหนดไว้ จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เนื่องจากในการเทียบขนาด จะเทียบขนาดตามแนวแกน X (ความกว้าง) ก่อน ดังตัวอย่างตามรูปที่ 3.13 และ 3.14



ก. ขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้

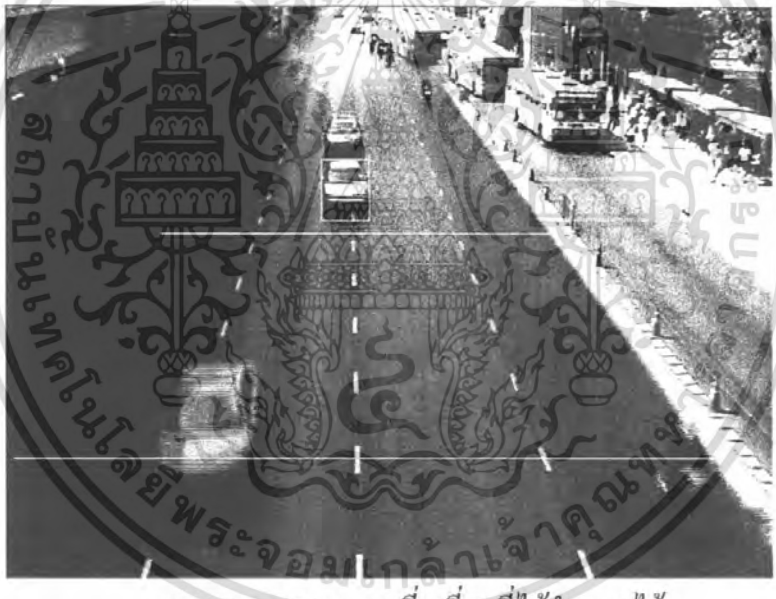


ข. ขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างที่ 1 เปรียบเทียบกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้กับกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้



ข. ขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้

รูปที่ 3.14 ตัวอย่างที่ 2 เปรียบเทียบกรอบสี่เหลี่ยมที่หาได้กับกรอบสี่เหลี่ยมที่ได้กำหนดไว้

- ทำให้ประมวลผลเร็วขึ้น เนื่องจากไม่ต้องหาขนาดของยานพาหนะใหม่เมื่อยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ แต่ใช้คำนวณขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมตามระยะทางได้เลย
- การก้ม-เงย ของมุมกล้องไม่ส่งผลให้การตรวจจับยานพาหนะผิดพลาด เนื่องจากไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณ

3.2.6 การติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

เมื่อหาขนาดของกรอบสี่เหลี่ยมได้แล้วก็เก็บพารามิเตอร์ต่างๆของยานพาหนะนั้นไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

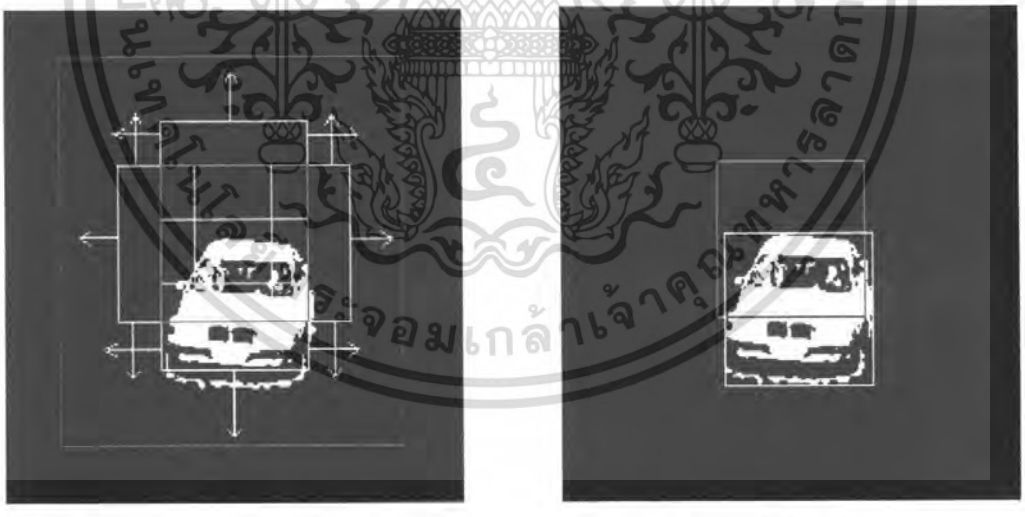
พารามิเตอร์ที่สำคัญต่างๆ ที่เก็บไว้เมื่อตรวจพบยานพาหนะมีดังนี้

- ตำแหน่ง X,Y ของยานพาหนะ (มุมซ้ายล่างของกรอบสี่เหลี่ยม)
- หมายเลขเฟรมที่ตรวจพบยานพาหนะ
- หมายเลขของยานพาหนะ (เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่ละ 1 เมื่อตรวจพบยานพาหนะ)
- ขนาดของยานพาหนะ

ฯลฯ (และพารามิเตอร์ที่สำคัญอื่นๆ ที่จะนำมาใช้ในการตรวจจับสถานการณ์ต่างๆ และแสดงผล)

เมื่อประมวลผลเฟรมหนึ่งๆ เสร็จแล้ว ก็จะประมวลผลเฟรมถัดไป หากยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ ตำแหน่งของยานพาหนะในเฟรมถัดไปก็จะเปลี่ยนไปด้วย เมื่อทำการประมวลผลในส่วนของการตรวจหายานพาหนะที่บริเวณเส้นตรวจจับด้านบนเสร็จแล้ว ขั้นต่อไปคือการตรวจหาตำแหน่งที่อาจเปลี่ยนไปของยานพาหนะที่ตรวจหามาได้ในเฟรมก่อนหน้า

วิธีการที่ใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะคือ จะตรวจหาโดยเริ่มจากตำแหน่งที่มียานพาหนะอยู่แล้วในเฟรมก่อนหน้า แล้วเลื่อนกรอบสี่เหลี่ยมไปรอบๆเพื่อตรวจหาตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะ โดยจะดูว่าตำแหน่งใดมีพื้นที่ของวัตถุอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมมากที่สุด ดังรูปที่ 3.15



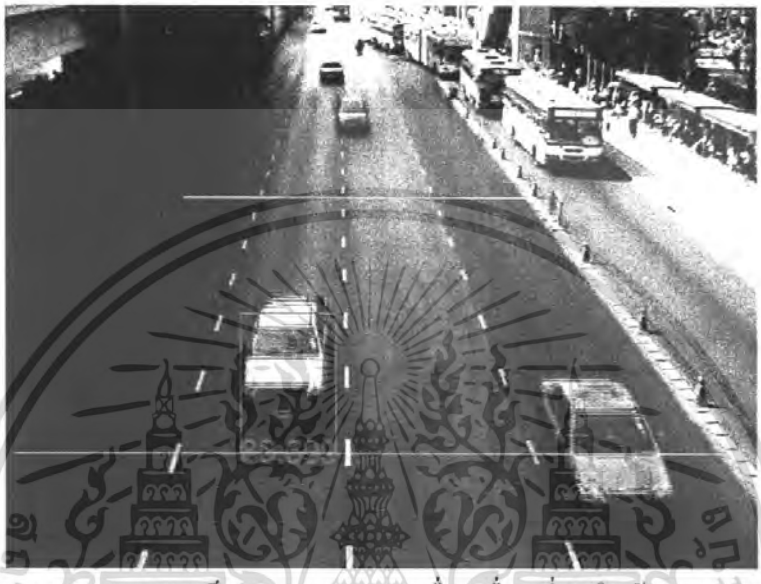
ก. แสดงทิศทางการตรวจหาตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะ (กรอบสีฟ้าคือตำแหน่งเดิมของยานพาหนะ, กรอบสีเขียวคือการจำกัดพื้นที่ในการหาตำแหน่งใหม่, กรอบสีส้มแสดงทิศทางในการตรวจหาตำแหน่งใหม่)

ข. แสดงตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะ (กรอบสีฟ้าคือตำแหน่งเดิมของยานพาหนะ, กรอบสีส้มคือตำแหน่งใหม่ที่หาได้)

รูปที่ 3.15 แสดงการตรวจหาตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อตรวจหายานพาหนะได้แล้วก็จะจัดเก็บค่าตำแหน่งใหม่ของยานพาหนะแทนที่ตำแหน่งเดิม การติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะจะทำไปเรื่อยๆจนกว่ายานพาหนะจะเคลื่อนที่ไปถึงเส้นตรวจจับด้านล่าง เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ถึงเส้นตรวจจับด้านล่างแล้ว ระบบจะคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะนั้นตามวิธีที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.2.1



รูปที่ 3.16 การแสดงความเร็วของยานพาหนะเมื่อเคลื่อนที่มาถึงเส้นตรวจจับด้านล่าง

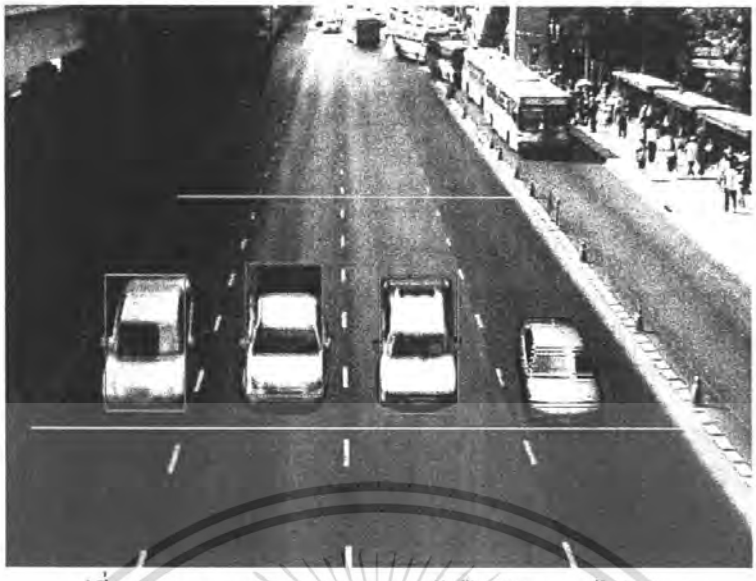
3.2.7 การตรวจจับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นบนท้องถนน

ระบบนี้สามารถตรวจจับได้ 3 สถานการณ์ คือ การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร, การขับรถด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด และ ยานพาหนะหยุดอยู่กับที่

3.2.7.1 การฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

เมื่อพารามิเตอร์ที่บ่งบอกว่ามีไฟแดงถูกเซตขึ้น ยานพาหนะคันใดๆก็ตามที่ผ่านเส้นตรวจจับด้านล่างออกมาหมายความว่าผู้ขับขี่ยานพาหนะคันนั้นได้ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงการตรวจพบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

เมื่อมีการตรวจพบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร ระบบจะบันทึก และรายงานผลเป็นวินาทีที่ตรวจพบนับจากวินาทีเริ่มต้นที่ให้ตรวจนับ เป็นข้อความ "6.25 Red Light Signal Violated" หมายความว่า วินาทีที่ 6.25 เกิดการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรขึ้น และระบบจะทำการบันทึกหมายเลขเฟรมเพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลย้อนหลังต่อไป

3.2.7.2 การขับรถด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด

เมื่อตรวจพบยานพาหนะที่มีความเร็วเกินค่าความเร็วสูงสุด (Max Speed) ที่ได้กำหนดไว้ ระบบจะบันทึก และรายงานผลเป็นวินาทีที่ตรวจพบนับจากวินาทีเริ่มต้นที่ให้ตรวจนับ เป็นข้อความ "6.04 Over Speed Limit Violated" หมายความว่า วินาทีที่ 6.04 มีการตรวจพบยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด และระบบจะทำการบันทึกหมายเลขเฟรมเพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลย้อนหลังต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 แสดงการตรวจพบการขับขี่ยานพาหนะด้วยอัตราเร็วเกินกำหนด

3.2.7.3 ยานพาหนะหยุดอยู่กับที่

ยานพาหนะอาจหยุดอยู่กับที่เมื่อมีอุบัติเหตุ หรือเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้น ระบบจะตรวจพบว่ามียานพาหนะหยุดอยู่กับที่เมื่อมียานพาหนะหยุดอยู่กับที่เกิน 5 วินาทีภายในเส้นขอบเขตทั้งสอง และขณะนั้นไม่มีสัญญาณไฟแดง ระบบจะบันทึก และรายงานผลเป็นวินาทีที่ตรวจพบนับจากวินาทีเริ่มต้นที่ให้ตรวจนับ เป็นข้อความ "9.47 Stopped" หมายความว่า วินาทีที่ 9.47 มีการตรวจพบยานพาหนะที่หยุดนิ่งกับที่เกิน 5 วินาที และระบบจะทำการบันทึกหมายเลขเฟรมเพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลย้อนหลังต่อไป

รูปที่ 3.19 แสดงการตรวจพบยานพาหนะที่หยุดอยู่กับที่เกิน 5 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างแบบจำลองจราจร

การสร้างแบบจำลองจราจร ในการศึกษานี้ก็เพื่อใช้พัฒนา ตรวจสอบ และทดสอบความสามารถของระบบ เนื่องจากไม่สามารถหาภาพถ่ายจราจรบนท้องถนนจริงในแบบที่ต้องการได้ หาได้ยากหรืออาจหาได้แต่มีส่วนที่ไม่ต้องการติดมาด้วยทำให้ไม่สะดวกต่อการนำมาศึกษาทดลอง ดังนั้นจึงได้สร้างแบบจำลองจราจรอย่างง่ายที่สามารถนำมาใช้ทดสอบความสามารถของระบบได้ทันที ก่อนที่จะนำภาพถ่ายจราจรบนท้องถนนจริงมาทดสอบกับระบบอีกครั้ง ซึ่งแบบจำลองจราจรที่ได้จำลองไว้ในการศึกษานี้จะสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมแมทแลปซึ่งมีรายละเอียดดังจะกล่าวต่อไปนี้

3.3.1 แบบจำลองจราจรเพื่อทดสอบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะและความเร็ว

รูปแบบของแบบจำลองนี้คือ ยานพาหนะวิ่งบนถนนสองเลน ด้วยอัตราเร็วคงที่ ไม่มีเหตุการณ์อื่นๆเช่น การแซงกันของยานพาหนะ อุบัติเหตุ เป็นต้นปรากฏขึ้น

ส่วนสำคัญของแบบจำลองนี้คือสามารถระบุจำนวนยานพาหนะทั้งหมด (คัน) และความเร็วที่ต้องการได้ (pixel/frame) เพื่อนำแบบจำลองที่ได้ไปทดสอบกับระบบว่าจำนวนยานพาหนะทั้งหมด และความเร็วที่ระบบตรวจนับได้ตรงกับที่ได้สร้างขึ้นในแบบจำลองหรือไม่

อีกทั้งยังทดสอบความสามารถของระบบในส่วนการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ และความเร็ว แบบแยกตามเลนที่มีอยู่จริงในภาพ โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจราจรดังต่อไปนี้

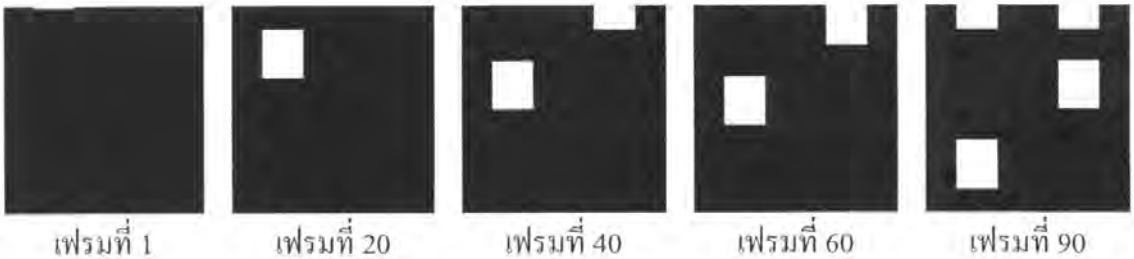
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองจราจร

3.3.1.3 ระบุจำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่ต้องการ

3.3.1.4 ระบุความเร็ว (pixel/frame) ของยานพาหนะที่ต้องการ

3.3.1.5 ระบุไดเร็กทอรี่ที่ต้องการบันทึกแบบจำลอง

3.3.1.6 รันโปรแกรม (โปรแกรมจะสร้างแบบจำลองจราจรที่มีรายละเอียดตามที่ระบุไว้ในข้อ 1 และ 2 เป็นไฟล์ภาพไปเก็บไว้ไดเร็กทอรี่ที่ระบุไว้ในข้อ 4 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่3.7)



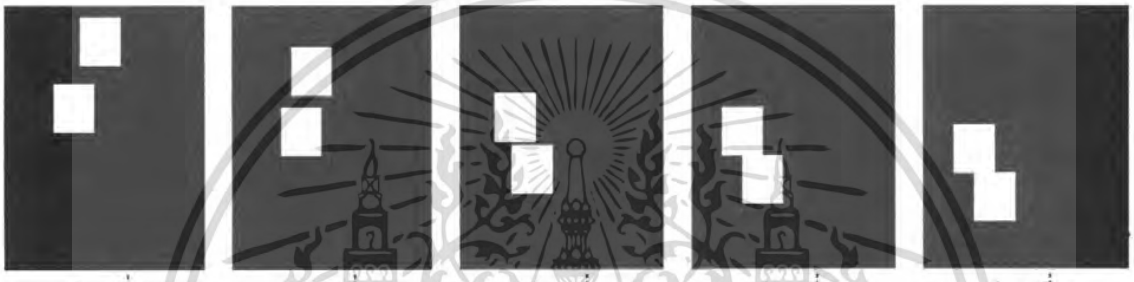
รูปที่ 3.19 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรเพื่อทดสอบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะและความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 แบบจำลองจราจรการเกิดอุบัติเหตุยานพาหนะชนกัน

แบบจำลองนี้เป็นการจำลองการเกิดอุบัติเหตุยานพาหนะชนกันอย่างง่ายเพื่อให้เห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของยายานพาหนะเมื่อเกิดอุบัติเหตุชนกัน ซึ่งแบบจำลองนี้มีสวนสำคัญในการนำไปพัฒนาความสามารถของระบบเพิ่มเติมเพื่อให้ระบบตรวจจับอุบัติเหตุได้เมื่อเกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้

รูปแบบของแบบจำลองนี้ คือ มียานพาหนะสองคันโดยยานพาหนะคันแรกวิ่งมาตามปกติ (เฟรมที่ 1 2 และ 3) หลังจากนั้นยานพาหนะคันที่สองก็วิ่งมาชนกับยานพาหนะคันแรก (เฟรมที่ 4) แล้วยานพาหนะทั้งสองคันก็ไถลไปข้างหน้าเล็กน้อยแล้วหยุดลง (เฟรมที่ 5) ดังแสดงดังภาพที่ 3.8



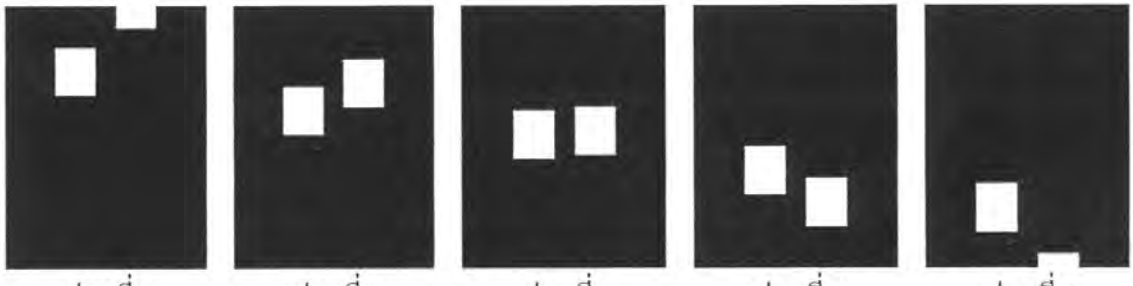
เฟรมที่ 1 เฟรมที่ 2 เฟรมที่ 3 เฟรมที่ 4 เฟรมที่ 5

รูปที่ 3.20 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรการเกิดอุบัติเหตุยานพาหนะชนกัน

3.3.3 แบบจำลองจราจรเมื่อมีการแซงกันของยานพาหนะ

แบบจำลองนี้เป็นการจำลองการแซงของยานพาหนะสองคันในช่วงที่มีการตรวจนับจำนวนยานพาหนะและความเร็ว ซึ่งแบบจำลองนี้จะมีส่วนสำคัญในการทดสอบและพัฒนาความสามารถของระบบเมื่อเกิดเหตุการณ์ในลักษณะนี้จะยังสามารถตรวจนับจำนวนรถ และความเร็วได้ถูกต้องหรือไม่

รูปแบบของแบบจำลองนี้ คือ มียานพาหนะสองคัน ยานพาหนะคันแรกวิ่งมาตามปกติ หลังจากนั้นก็มียานพาหนะคันที่สองเคลื่อนที่มาด้วยอัตราเร็ว หรืออัตราเร่งที่มากว่ายานพาหนะคันแรกทำให้ยานพาหนะคันที่สองเคลื่อนที่แซงยานพาหนะคันแรกในที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.9



เฟรมที่ 1 เฟรมที่ 2 เฟรมที่ 3 เฟรมที่ 4 เฟรมที่ 5

รูปที่ 3.21 แสดงภาพตัวอย่างจากแบบจำลองจราจรเมื่อมีการแซงกันของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงการทดสอบและผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ (แอพพลิเคชั่น) ในการวิเคราะห์สภาพจราจรจากการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ รวมทั้งการตรวจจับอุบัติเหตุและการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรอีกด้วย โดยทำการทดสอบกับภาพถ่ายจราจรบนท้องถนนจริง และภาพเคลื่อนไหวซึ่งเป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้น

4.1 การทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความแม่นยำของระบบ (แอพพลิเคชั่น) ในการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใดเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะที่ได้จากการตรวจนับโดยมนุษย์ โดยจะทำการทดสอบกับชุดทดสอบ 4 ชุด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ชุดทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ

ชุดทดสอบที่ 1 ได้จากการสร้างขึ้นด้วยแบบจำลองการจราจรที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 4.1 สำหรับแบบทดสอบชุดนี้มีจุดประสงค์เพื่อทดสอบอัลกอริธึมของระบบในการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ โดยตัดเรื่องสัญญาณรบกวนต่างๆ หรือวัตถุอื่นๆ นอกเหนือจากยานพาหนะออกไป

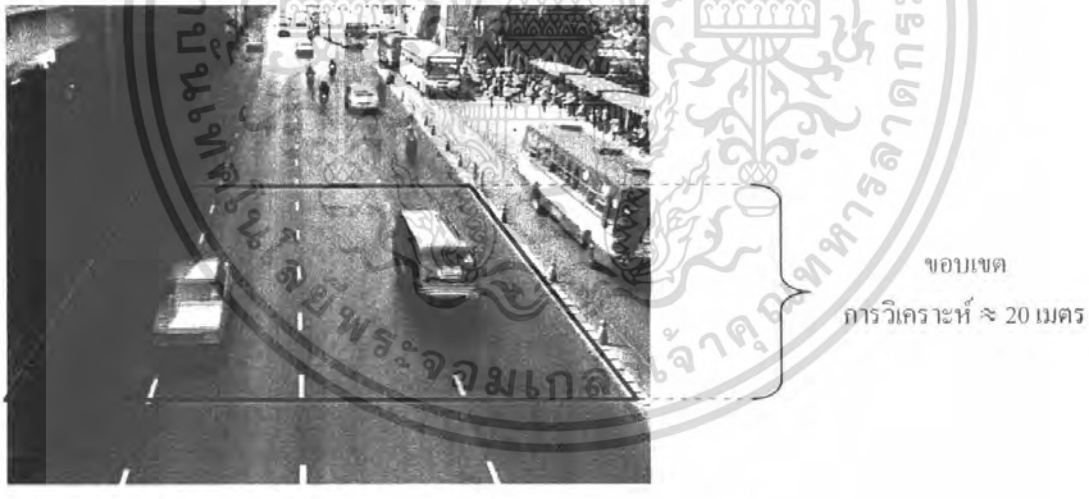
รูปที่ 4.1 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 1

รูปที่ 4.2 ภาพแสดงการกำหนดเส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดทดสอบที่ 2 ได้จากการถ่ายภาพแบบทำมุมกับพื้นถนน ซึ่งถ่ายบริเวณถนนพญาไทดังแสดงในรูปที่ 4.3

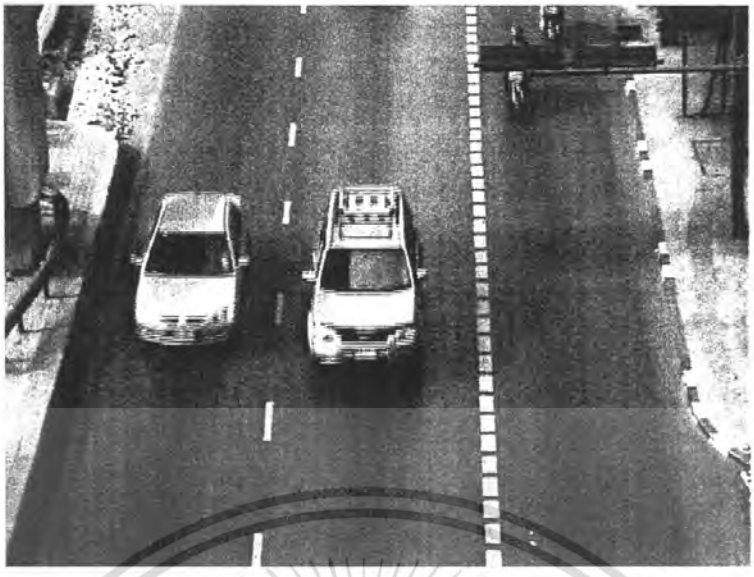
รูปที่ 4.3 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.4 ภาพแสดงการกำหนดเส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 2

ชุดทดสอบที่ 3 ได้จากการถ่ายภาพแบบทำมุมกับพื้นถนนโดยทำมุมมากกว่าชุดทดสอบที่ 2 ซึ่งถ่ายบริเวณถนนอ่อนนุชดังแสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

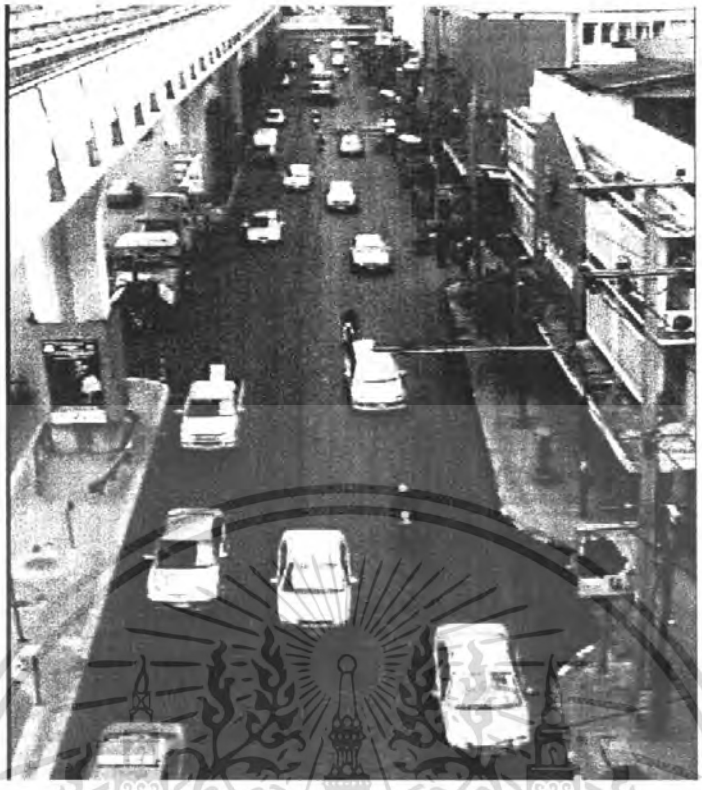


รูปที่ 4.5 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 3

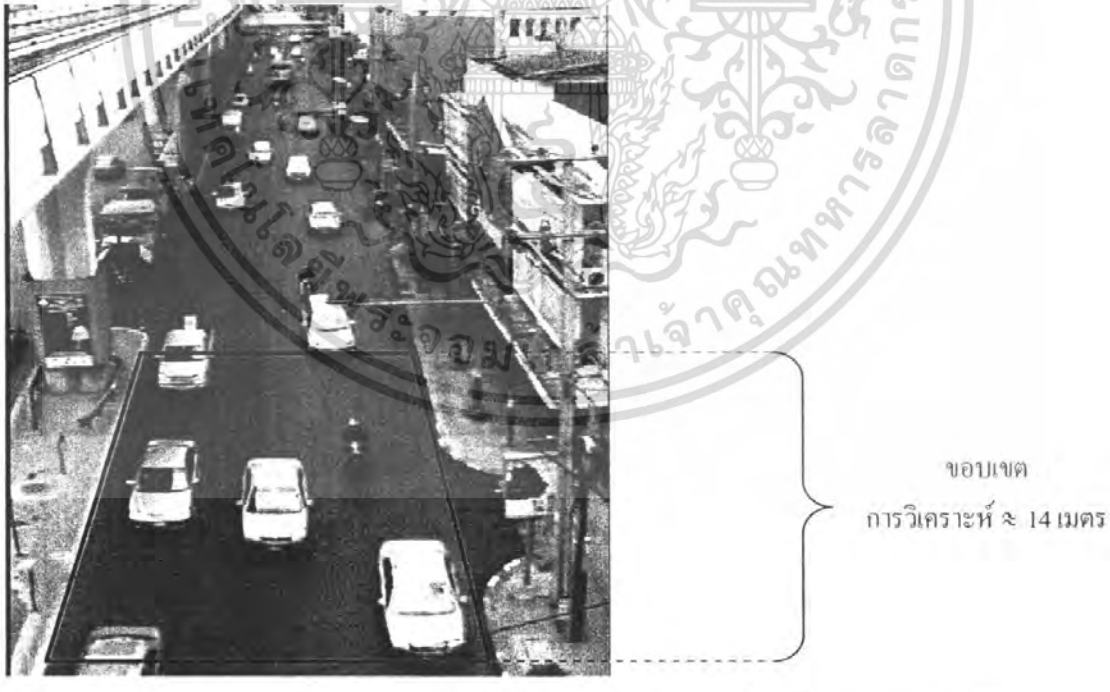
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงการกำหนดเส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 3

ชุดทดสอบที่ 4 ได้จากการถ่ายภาพแบบทำมุมกับพื้นถนน บริเวณถนนอ่อนนุช ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งเป็นบริเวณเดียวกับชุดทดสอบชุดที่ 3 แต่การตั้งกล้องทำมุมกับพื้นถนนน้อยกว่าจึงทำให้เก็บภาพถนนได้กว้างกว่า แต่คุณภาพและขนาดของยานพาหนะก็ลดลงด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบที่ 4



รูปที่ 4.8 ภาพแสดงการกำหนดเส้นขอบเขตการวิเคราะห์สำหรับชุดทดสอบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ

4.1.2.1 ผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบที่ 1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 1

ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		ความเร็วเฉลี่ย	
	ตรวจนับด้วยมนุษย์ (คัน)	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชั่น (คัน)	ตรวจวัดด้วยมนุษย์ (km/hr)	ตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชั่น (km/hr)
1	10	10	28.72	28.72
2	15	15	24.66	24.66
3	12	12	25.24	25.24
4	6	6	22.08	22.08
5	8	8	25.03	25.03

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ 100 %

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ 100 %

4.1.2.2 ผลการทดสอบด้วยชุดทดสอบที่ 2

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 2

ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		ความเร็วเฉลี่ย	
	ตรวจนับด้วยมนุษย์ (คัน)	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชั่น (คัน)	ตรวจวัดด้วยมนุษย์ (km/hr)	ตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชั่น (km/hr)
1	100	101	53.39	42.74
2	101	98	56.73	42.87
3	107	106	58.08	45.56
4	105	110	52.40	43.74
5	101	97	50.93	43.45

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ 97.28 %

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ 80.57 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ผลการทดสอบที่ 3

ตารางที่ 4.3 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 3

ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		ความเร็วเฉลี่ย	
	ตรวจนับด้วยมนุษย์ (คัน)	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชั่น (คัน)	ตรวจวัดด้วยมนุษย์ (km/hr)	ตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชั่น (km/hr)
1	76	51	27.23	24.24
2	49	32	41.46	33.01
3	38	36	47.44	35.28
4	50	39	37.36	28.16
5	41	29	27.05	21.98

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ 75.18 %

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ 79.93 %

4.1.2.4 ผลการทดสอบที่ 4

ตารางที่ 4.4 ตารางบันทึกผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 4

ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		ความเร็วเฉลี่ย	
	ตรวจนับด้วยมนุษย์ (คัน)	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชั่น (คัน)	ตรวจวัดด้วยมนุษย์ (km/hr)	ตรวจวัดด้วยแอพพลิเคชั่น (km/hr)
1	70	69	33.38	*35.78
2	86	89	27.54	24.66
3	130	130	27.99	25.24
4	90	91	26.54	22.08
5	78	80	29.15	25.03

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ 98.28 %

ค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ 86.97 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจนับจำนวน และความเร็วเฉลี่ยยานพาหนะ

ผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 1 เนื่องจากชุดทดสอบนี้มีจุดประสงเพื่อทดสอบอัลกอริธึมของระบบโดยเป็นชุดทดสอบที่ได้มาจากการสร้างแบบจำลองจราจร ซึ่งเป็นภาพการจราจรที่มีเฉพาะยานพาหนะเท่านั้น และไม่มีปัญหาในเรื่องของเงา สัญญาณรบกวนหรือวัตถุอื่นๆที่ไม่สนใจ ดังนั้นจากผลการทดสอบตามตารางที่ 4.1 จึงได้ค่าความแม่นยำร้อยละ 100

ผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 2 และ 4 จากตารางบันทึกผลการทดสอบที่ 4.2 และ 4.4 ซึ่งมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะอยู่ที่ 97.28% และ 98.28% ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าระบบ (แอพพลิเคชั่น) สามารถตรวจนับจำนวนยานพาหนะได้ใกล้เคียงกับการตรวจนับโดยมนุษย์ โดยสาเหตุความผิดพลาดที่มีอยู่นั้นมาจากหลายสาเหตุ เช่นปัญหาในเรื่องของเงา การเคลื่อนที่ติดกันของยานพาหนะ เป็นต้น โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดพลาดจะกล่าวถึงโดยละเอียดต่อไปในหัวข้อ 4.4 ความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ

สำหรับความสามารถในการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะจากการทดสอบมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 80.57 % และ 86.97 % ตามลำดับทั้งนี้สาเหตุความผิดพลาดที่ทำให้การตรวจวัดความเร็วยานพาหนะคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่มาจากปัญหาในเรื่องเงาของยานพาหนะที่ทอดออกมาทำให้ระบบตรวจจับยานพาหนะได้เร็วกว่าที่ควรจะเป็น อีกทั้งถ้าเงาของยานพาหนะข้างเคียงทอดทับหรือบดบังซึ่งกันและกันก็ยิ่งทำให้การตรวจวัดความเร็วผิดพลาดมากยิ่งขึ้น และเมื่อความเร็วของยานพาหนะที่ตรวจวัดในแต่ละคันผิดพลาดไปแล้วจึงทำให้ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะทั้งหมดผิดพลาดไปด้วย

ผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 3 จากตารางบันทึกผลการทอสอบที่ 4.3 ซึ่งมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะอยู่ที่ 75.18 % และมีค่าความแม่นยำเฉลี่ยสำหรับการตรวจวัดความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะอยู่ที่ 79.93 % ทั้งนี้จะสังเกตได้ว่าค่าความแม่นยำทั้งสองมีค่าน้อยกว่าค่าความแม่นยำที่ได้จากการทดสอบที่ 2 และ 4 ทั้งนี้สาเหตุความผิดพลาดที่ทำให้ค่าความแม่นยำน้อยกว่าการทดสอบที่ 2 และ 4 นั่นเกิดจากปัญหาในเรื่องของระยะที่ติดตั้งกล้องอยู่สูงจากพื้นถนนน้อยเกินไปจึงทำให้พื้นที่ของถนนที่กล้องถ่ายภาพเก็บภาพได้มีบริเวณน้อยเกิน (เก็บภาพถนนได้แคบ) ทำให้ต้องใช้พื้นที่หรือขอบเขตในการวิเคราะห์น้อยลงไปด้วย สำหรับพื้นที่การวิเคราะห์ของการทดสอบนี้ใช้พื้นที่ในการวิเคราะห์เพียง 12 เมตรซึ่งเมื่อมียานพาหนะที่มีความยาวมากกว่า 12 เมตรเช่น รถประจำทาง หรือรถบัส เป็นต้นวิ่งเข้ามาในพื้นที่การวิเคราะห์ จึงทำให้ยานพาหนะเหล่านั้นวิ่งคร่อมเส้นเริ่มและเส้นสิ้นสุดการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงทำให้การตรวจนับจำนวนยานพาหนะและความเร็วผิดพลาดมากกว่าการทดสอบที่ 2 และ 4 ที่มีพื้นที่ในการวิเคราะห์มากกว่า (เก็บภาพถนนได้พื้นที่กว้างกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความสามารถในการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง) ของระบบ นั่นคือเมื่อมีสัญญาณไฟแดงแจ้งมายังระบบ (สำหรับแอพพลิเคชั่นที่สร้างขึ้นนี้ ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้กำหนดเองว่ามีสัญญาณไฟแดงเข้ามา) ระบบก็จะตรวจจับยานพาหนะที่ยังคงเคลื่อนที่เลยเส้นหยุดรถหรือฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรนั่นเอง

4.2.1 ชุดทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง)

สำหรับชุดทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง) เป็นชุดทดสอบที่ได้จำลองขึ้นเพื่อการทดสอบโดยเฉพาะดังแสดงในรูปที่ 4.9 ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บภาพการจราจรที่มีการเคลื่อนที่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรในความเป็นจริงนั้นทำได้ยาก

รูปที่ 4.9 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบการฝ่าฝืนสัญญาณไปจราจร

4.2.2 ผลการทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนกฎจราจร (ผ่าไฟแดง)

เมื่อมีการตรวจพบการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรระบบจะบันทึก และรายงานผลเป็นวินาทีที่ตรวจพบนับจากวินาทีเริ่มต้นที่ให้ตรวจนับดังแสดงในรูปที่ 4.10 และระบบจะทำการบันทึกหมายเลขเฟรมเพื่อนำมาใช้ในการแสดงผลย้อนหลังต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ภาพตัวอย่างที่แอพพลิเคชั่นตรวจจับเจอยานพาหนะฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร

4.2.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร (ผ่าไฟแดง)

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้ในขอบเขตการวิเคราะห์ ทั้งนี้ยังสามารถเรียกดูไฟล์ภาพในเฟรมที่มีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรได้ โดยรายละเอียดการใช้แอพพลิเคชั่นทั้งหมดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก คู่มือการใช้แอพพลิเคชั่น

4.3 การทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบความสามารถในการตรวจจับอุบัติเหตุของระบบ นั่นคือ เมื่อระบบตรวจจับได้ว่ามียานพาหนะที่เคลื่อนที่เข้ามาในพื้นที่การวิเคราะห์ได้ระยะหนึ่งแล้วหยุดนิ่ง แสดงว่ายานพาหนะนั้นๆมีการเคลื่อนที่ที่ผิดปกติ และอาจสันนิษฐานต่อได้ว่าอาจมีหรือเหตุการณ์บางอย่างที่ทำให้ยานพาหนะต้องหยุดการเคลื่อนที่ได้เช่น อุบัติเหตุ เครื่องยนต์ของยานพาหนะขัดข้อง เป็นต้น ระบบก็จะบันทึกเฟรมที่ยานพาหนะหยุดการเคลื่อนที่ไว้แล้วแจ้งให้ผู้ใช้ระบบ(แอพพลิเคชั่นทราบ) ทราบ โดยรายระเอียดการใช้โปรแกรมส่วนนี้สามารถดูได้ที่ภาคผนวก คู่มือการใช้แอพพลิเคชั่น

4.3.1 ชุดทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ

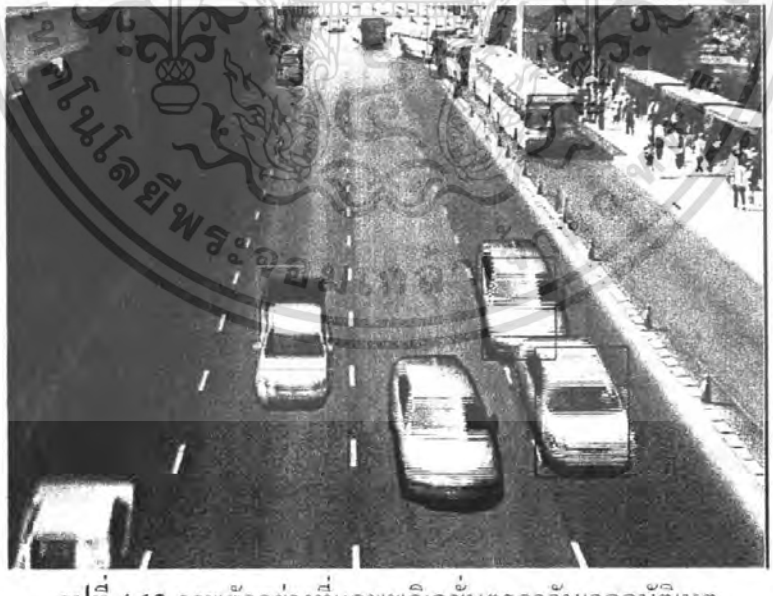
สำหรับชุดทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ เป็นชุดทดสอบที่ได้จำลองขึ้นเพื่อการทดสอบโดยเฉพาะดังแสดงในรูปที่ 4.11 ทั้งนี้เนื่องจากการเก็บภาพการจราจรที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นจริงนั้นทำได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11 ภาพตัวอย่างจากชุดทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ

4.3.2 ผลการทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ

เมื่อระบบตรวจจับเจออุบัติเหตุหรือยานพาหนะที่หยุดการเคลื่อนที่ก็จะตีกรอบสีแดงล้อมรอบยานพาหนะดังกล่าวดังแสดงดังรูที่ 4.12 และบันทึกหมายเลขเฟรมภาพที่ยานพาหนะหยุดการเคลื่อนที่



รูปที่ 4.12 ภาพตัวอย่างที่แอพพลิเคชั่นตรวจจับเจออุบัติเหตุ

4.3.3 สรุปผลการทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุ

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตรวจจับอุบัติเหตุหรือตรวจจับยานพาหนะที่หยุดการเคลื่อนที่ได้ในขอบเขตการวิเคราะห์ ทั้งนี้ยังสามารถเรียกดูไฟล์ภาพในเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีการเกิดอุบัติเหตุหรือยานพาหนะหยุดการเคลื่อนที่ได้ โดยรายละเอียดการใช้แอพพลิเคชั่นทั้งหมดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก คู่มือการใช้แอพพลิเคชั่น

4.4 ความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ

ความผิดพลาดในการในการตรวจนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ ความผิดพลาดเชิงลบ (False Negative) เกิดจากการนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะได้ต่ำกว่าความเป็นจริง และความผิดพลาดเชิงบวก (False Positive) เกิดจากการนับจำนวนและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะได้มากกว่าความเป็นจริง ซึ่งสาเหตุความผิดพลาดอาจเกิดได้จาดหลายสาเหตุดังต่อไปนี้

4.4.1 ความผิดพลาดในการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ

4.4.1.1 ความผิดพลาดเชิงลบ

กรณีที่ 1 ขนาดของยานพาหนะมีขนาดเล็กเกินไปทำให้ระบบ (แอพพลิเคชั่น) คิดว่ายานพาหนะนั้นๆเป็นสัญญาณรบกวนและถูกลบออกไป

กรณีที่2 สีของยานพาหนะกลมกลืนกับสีของพื้นถนนทำให้ระบบ (แอพพลิเคชั่น) คิดว่ายานพาหนะนั้นๆเป็นพื้นถนนและถูกลบออกไปเช่นกัน

กรณีที่ 3 ยานพาหนะถูกเงาบดบังทำให้สีของยานพาหนะมืดลงและมีลักษณะหรือสีใกล้เคียงกับสีของพื้นถนนจึงทำให้ยานพาหนะนั้นๆถูกลบออกไปเช่นเดียวกัน

กรณีที่ 4 ยานพาหนะมากว่าหนึ่งคันเคลื่อนที่ติดกัน (เสมือนเคลื่อนที่ติดกันด้วยมุมมองจากภาพถ่ายมิใช่เคลื่อนที่ติดกันจริงๆ) ทำให้ระบบคิดว่ายานพาหนะกลุ่มนั้นเป็นยานพาหนะคันเดียวกันจึงนับยานพาหนะทั้งกลุ่มนั้นเพียงหนึ่งคัน แต่ระบบอาจจะสามารถแยกนับยานพาหนะกลุ่มนั้นเป็นคันๆที่ถูกต้องได้ถ้ายานพาหนะกลุ่มนั้นเคลื่อนที่แยกจากกัน (โดยมุมมองภาพถ่ายที่มีช่องว่างระหว่างยานพาหนะกลุ่มนั้น) ระบบก็จะตรวจนับได้ถูกต้องแต่ในทางกลับกันถ้ายานพานะเคลื่อนที่ติดกันเป็นกลุ่มตั้งแต่เส้นขอบเขตเริ่มต้นขอบเขตการวิเคราะห์จนสิ้นสุดขอบเขตการวิเคราะห์ การตรวจนับจำนวนยานพาหนะกลุ่มนั้นก็จะผิดพลาด

กรณีที่ 5 ยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่บดบังยานพาหนะที่มีขนาดเล็กกว่ามากจึงทำให้ระบบตรวจนับผิดพลาด ซึ่งกรณีนี้คล้ายกับกรณีที่ 4 และอาจเรียกได้ว่าเป็นกรณีนี้เป็นกรณีย่อยของกรณีที่ 4

กรณีที่ 6 เงาของยานพาหนะที่ทอดทับหรือบดบังซึ่งกันและกันทำให้ระบบคิดว่ายานพาหนะและเงาระหว่ายานพาหนะทั้งสองนั้นเป็นกลุ่มยานพาหนะเช่นเดียวกันกับกรณีที่ 4

4.4.1.2 ความผิดพลาดเชิงบวก

กรณีที่ 1 ยานพาหนะมีความยาวตลอดคันมากกว่าขอบเขตการวิเคราะห์จึงทำให้ยานพาหนะนั้นเคลื่อนที่คร่อมเส้นเริ่มและสิ้นสุดการวิเคราะห์ ระบบจึงตรวจนับยานพาหนะนั้นๆมากกว่าหนึ่งได้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 เงาของยานพาหนะที่ทอดออกไปมากจนทำให้ระบบคิดว่าเงาของยานพาหนะนั้นเป็นยานพาหนะจริงๆอีกหนึ่งคัน

4.4.2 ความผิดพลาดในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ

4.4.2.1 ความผิดพลาดเชิงลบ

เงาของยานพาหนะที่ทอดออกไปทำให้ระบบตรวจจับยานพาหนะได้ก่อนที่ยานพาหนะจะมาถึงเส้นเริ่มต้นขอบเขตการวิเคราะห์ ทำให้เวลาที่ระบบตรวจนับหรือเจอยานพาหนะคันนั้นๆมีค่ามากกว่าความเป็นจริง เมื่อนำไปหาความเร็วของยานพาหนะจึงได้ค่าที่น้อยความเป็นจริง

4.4.2.2 ความผิดพลาดเชิงบวก

เกิดจากลักษณะการเคลื่อนที่ของยานพาหนะสองคัน โดยยานพาหนะคันแรกเคลื่อนที่นำไปก่อนแล้วยานพาหนะคันที่สองเคลื่อนที่ไปเสมือนติดกับยานพาหนะคันแรกด้วยมุมมองจากภาพถ่ายมิใช้การเคลื่อนที่ไปติดกันจริงๆ ทำให้ระบบตรวจจับเฟรมที่ยานพาหนะคันที่สองถึงเส้นสิ้นสุดการวิเคราะห์เท่าเฟรมที่ยานพาหนะคันแรกถึงเส้นสิ้นสุดการวิเคราะห์ จึงทำให้ความเร็วที่ได้ของยานพาหนะคันที่สองมีค่าน้อยกว่าความเป็นจริง

นอกจากสาเหตุสาเหตุความผิดพลาดที่ทำให้หารตรวจวัดความเร็วยานพาหนะผิดพลาดซึ่งที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 4.4.2.1 และ 4.2.2.2 ยังมีสาเหตุอื่นๆอีกที่ทำให้การตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะผิดพลาดอีกนั่นคือสาเหตุเดียวกับที่ทำให้การตรวจนับจำนวนยานพาหนะผิดพลาดที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป และวิจารณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของโครงงาน ความสามารถและประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ สภาพจราจรของระบบ(แอพพลิเคชั่น) รวมถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาระบบการวิเคราะห์สภาพจราจรด้วยการประมวลผลภาพต่อไป

5.1 บทสรุป

โครงงานนี้ได้นำเสนอวิธีการ ขั้นตอน และกระบวนการ การวิเคราะห์สภาพจราจรโดยอาศัยการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะ อีกทั้งความสามารถในการตรวจจับอุบัติเหตุ และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร รวมทั้งการทดสอบความสามารถของระบบ(แอพพลิเคชั่น) ในด้านต่างๆกับชุดทดสอบ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

การทำงานของระบบเริ่มต้นจากการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์โดยการกำหนดเส้นเริ่มต้นและสิ้นสุดการวิเคราะห์สำหรับการตรวจนับจำนวนและวัดความเร็วยานพาหนะ โดยภาพถ่ายจราจรที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้นก่อนเพื่อลบภาพพื้นหลังและวัตถุที่ไม่สนใจออกไป ให้ได้ภาพขาวดำที่เหลือเฉพาะวัตถุที่สนใจนั้นคือยานพาหนะเท่านั้น แล้วนำภาพที่ผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้นไปทำการตรวจนับจำนวนและความเร็วยานพาหนะที่อยู่ในขอบเขตการวิเคราะห์ด้วยอาศัยวิธีการตรวจจับยานพาหนะโดยใช้พื้นที่ของวัตถุ

ทดสอบความสามารถและประสิทธิภาพของระบบในการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะกับชุดทดสอบที่มีมุมกล้องและรูปแบบถนนที่แตกต่างกันออกไป จากผลการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 2 และ 4 พบว่าระบบมีค่าความแม่นยำในการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะโดยมนุษย์อยู่ที่ร้อยละ 97.28 ถึง 98.28 สำหรับการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ และร้อยละ 80.57 ถึง 86.97 สำหรับการตรวจวัดความเร็วยานพาหนะ แต่สำหรับค่าความแม่นยำที่ได้จากการทดสอบกับชุดทดสอบที่ 3 มีค่าความแม่นยำของการตรวจนับจำนวนยานพาหนะอยู่ที่ร้อยละ 75.18 และค่าความแม่นยำของการตรวจวัดความเร็วอยู่ที่ 79.93 ทั้งนี้เนื่องมาจากภาพที่ได้จากชุดทดสอบนี้เป็นภาพที่ ถ่ายภาพถนนได้แคบเกินไปจึงทำให้ขอบเขตการวิเคราะห์ที่ใช้น้อยกว่าความยาวของยานพาหนะที่ยาวที่สุดที่วิ่งผ่านจึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะและทำให้ค่าความแม่นยำลดลงเมื่อเทียบกับค่าความแม่นยำที่ได้จากชุดทดสอบที่ 2 และ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับชุดทดสอบที่ 1 เป็นชุดทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริธึมในการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะเท่านั้นดังนั้นค่าความแม่นยำในการตรวจนับยานพาหนะและวัดความเร็วจึงเป็นร้อยละ 100 และเช่นเดียวกับชุดทดสอบเพื่อการทดสอบการตรวจจับอุบัติเหตุและการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรที่สร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการตรวจจับอุบัติเหตุหรือรถหยุดการเคลื่อนที่ และการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจร จากผลการทดสอบสรุปได้ว่าระบบสามารถตรวจจับอุบัติเหตุหรือรถหยุดการเคลื่อนที่ และการการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรโดยจะบันทึกหมายเลขเฟรมที่ระบบตรวจจับได้ไว้

5.2 ข้อเสนอแนะ และแนวทางการพัฒนาต่อ

จากการพัฒนาระบบ(แอพพลิเคชั่น) และการทดสอบที่ได้นำเสนอในโครงงานนี้พบว่ายังมีส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้การตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะ ร่วมทั้งความสามารถในการตรวจจับอื่นไม่ว่าจะเป็นการตรวจจับอุบัติเหตุหรือการฝ่าฝืนสัญญาณไฟจราจรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีดังต่อไปนี้

1) ในขั้นตอนการประมวลผลภาพพบว่ายังปัญหาในเรื่องของเงาเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจนับและวัดความเร็วยานพาหนะ ถ้าแก้ปัญหาเรื่องเงาได้ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบเพิ่มมากขึ้น

2) สำหรับระบบหรือแอพพลิเคชั่นที่ได้พัฒนานี้ผู้ใช้ต้องเป็นผู้กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโปรแกรมเองไม่ว่าจะเป็น ขนาดของรถ เส้นเริ่มและสิ้นสุดการตรวจจับเพื่อกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ ในส่วนนี้ถ้าพัฒนาต่อไปให้ระบบสามารถตรวจหาหรือกำหนดเองแบบอัตโนมัติจะทำให้ระบบใช้งานได้ง่ายและเป็นอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น

3) นอกจากจะแก้ปัญหาที่ได้กล่าวไปแล้ว โครงงานนี้สามารถพัฒนาต่อได้อีกมาก เช่น สามารถนำไปพัฒนาเพื่อตรวจหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของรถ หรือนำไปรวมกับระบบตรวจจับป้ายทะเบียน เพื่อทำเป็นระบบตรวจจับการทำผิดกฎจราจรแล้วรายงานผลอัตโนมัติ หรือจะนำไปประยุกต์ทำเป็นระบบรายงานสภาพจราจรอัตโนมัติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] E. Atkoˇci¯unas, R. Blake, A. Juozapaviˇcius, M. Kazimianec, "**Image Processing in Road Traffic Analysis**", Nonlinear Analysis: Modelling and Control, Vol. 10, No. 4, pp. 315-332, 2005.

[2] นางสาวเมทินี วัฒนเมธานนท์. "**การตรวจนับจำนวนยานพาหนะในเวลากลางคืนแบบทันกาลจากวีดีทัศน์ด้านหลังรถ**", วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547.

[3] C. K. Toth[a], D. Grejner-Brzezinska[b], "**TRAFFIC FLOW ESTIMATION FROM AIRBORNE IMAGING SENSORS:A PERFORMANCE ANALYSIS**", [a]OSU, Center for Mapping, 1216 Kinnear Road, Columbus, OH 43212-1154, USA, [b]OSU, Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, Columbus, USA, 2005

[4] Matthieu Molinier, Tuomas HÄame, Heikki Ahola, "**3D-Connected Components Analysis for Traffic Monitoring in Image Sequences Acquired from a Helicopter**", VTT Technical Research Center of Finland, Remote Sensing Group, P.O.Box 1201, FIN-02044 VTT, Finland, 2005

[5] LE THANH SACH, "**BACK-VIEW CAR MODEL RECOGNITION**", A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of master of engineering in computer engineering school of graduate studies King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 2007

[6] Yan Zhang, S.J. Kiselewish, W.A. Bauson, "**Legedre and gabor moments for vehicle recognition in forward collision warning**", Proceedings. 2006 IEEE on Intelligent Transportation Systems, pp. 1185-1190, 2006.

[7] Alasdair McAndrew, "**Introduction to Digital Image Processing With Matlab**", School of Computer Science and Mathematics, Victoria University, Malbourne, Victoria, Australia

[8] B.D. Stewart, I.A.D. Reading, M.S. Thomson,C.L. Wan, T.D. Binnie, "**DIRECTING ATTENTION FOR TRAFFIC SCENE ANALYSIS**", VLSI Vision Ltd and Napier University. UK.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[9] Andrea Prati, Ivans Mikib, Costantino Grana and Mohan M. Trivedi, "**Shadow Detection Algorithms for Traffic Flow, Analysis: a Comparative Study**", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Proceedings - Oakland (CA), USA, pp. 340-345, 2001.

[10]Andrea Prati, Ivana Mikic, Mohan M. Trivedi, and Rita Cucchiara, "**Detecting Moving Shadows: Algorithms and Evaluation**", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, Vol. 25, No. 7, pp. 918-923, 2003.

[11]ข้อมูลจาก ดร. ศุภกร สิทธิไชย, NECTEC. 2550.

[12]HowStruffWorks. "**The Trigger**" [Traffic Control].
Available : http://auto.howstuffworks.com/rcd-light-camera1.htm

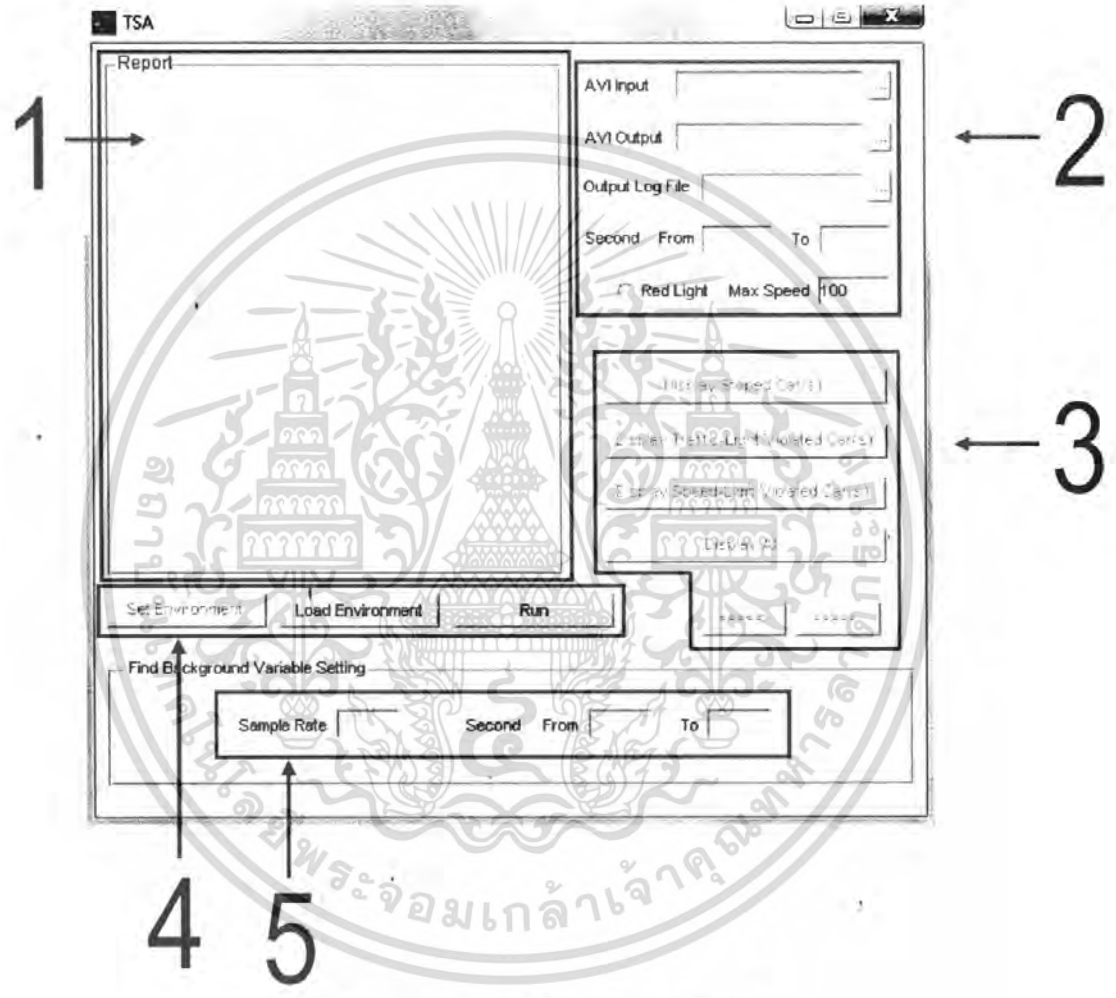
[13]Yoichiro ANZAI, Takehiko KATO, Masakatsu HIGASHIKUBO, Kayo TANAKA , Toshio HINENOYA, "**Development of an Integrated Video Imaging Vehicle Detector**", Japan. 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่น

ส่วนประกอบแอพพลิเคชั่น



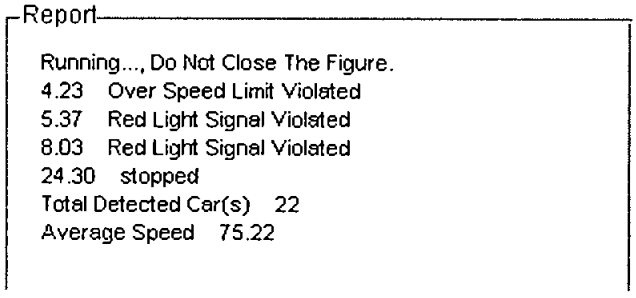
รูปที่ ก.1 ภาพแสดงหน้าหลักของแอพพลิเคชั่น

ส่วนที่ 1

เป็นส่วนรายงานผลที่ได้จากการประมวลผลภาพวีดีโอ ใช้รายงานผลลัพธ์ต่างๆดังนี้

1. สถานการณ์ต่างๆที่ตรวจจับได้
2. ความเร็วเฉลี่ยที่ตรวจวัดได้
3. จำนวนยานพาหนะที่นับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ตัวอย่างการรายงานผลที่ได้จากการประมวลผลภาพวีดีโอ

จากรูปที่ 1 ข้อความต่างๆมีความหมายดังนี้

"4.23 Over Speed Limit Violated" หมายความว่า วินาทีที่ 4.23 นับจากวินาทีที่ให้ตรวจนับเกิดการขับขี่ยานพาหนะด้วยความเร็วเกินกำหนดขึ้น

"5.37 Red Light Signal Violated" หมายความว่า วินาทีที่ 5.37 นับจากวินาทีที่ให้ตรวจนับมีการฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดงเกิดขึ้น

"24.30 Stopped" หมายความว่า วินาทีที่ 24.30 นับจากวินาทีที่ให้ตรวจนับมียานพาหนะหยุดอยู่กับที่ โดยที่ไม่มีสัญญาณไฟแดง

"Total Detected Car(s) 22" หมายความว่า ระบบตรวจนับยานพาหนะได้ทั้งหมด 22 คัน

"Average Speed 75.22" หมายความว่า ความเร็วเฉลี่ยที่หาได้จากความเร็วของยานพาหนะทุกคันที่ตรวจพบมีค่า 75.22 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ส่วนที่ 2

เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกไฟล์ที่จะใช้เป็นไฟล์เริ่มต้น และไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล ทั้งที่เป็นไฟล์วีดีโอ และไฟล์ข้อความรายงานผล ใช้เลือกช่วงเวลาของไฟล์เริ่มต้นที่จะนำมาประมวลผล กำหนดสัญญาณไฟจราจร และค่าความเร็วสูงสุด

รายละเอียดของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

ตารางที่ ก.1 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 2

AVI Input	ใช้เลือกไฟล์วีดีโอเริ่มต้น (.AVI) ที่จะนำมาประมวลผล
AVI Output	ใช้เลือกไฟล์ หรือชื่อไฟล์ที่จะใช้เก็บไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ (.AVI) ที่จะได้จากการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 (ต่อ) ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 2

Output Log File ...	ใช้เลือกไฟล์ หรือชื่อไฟล์ที่จะใช้เก็บไฟล์ (.TXT) ข้อความรายงานผลซึ่งข้อความภายในไฟล์นี้จะเหมือนกับข้อความที่แสดงในส่วนที่ 1
...	ใช้คลิกเพื่อเปิดหน้าต่างที่ใช้เลือกไฟล์
Second From To	ใช้เลือกช่วงเวลาในไฟล์เริ่มต้นที่จะให้ประมวลผล "From" หมายถึง วินาทีเริ่มต้นที่จะให้ระมวลผล "To" หมายถึง เวลาเป็นวินาทีในไฟล์เริ่มต้นต้องการให้หยุดประมวลผล ค่าเริ่มต้นของ "From" และ "To" คือ 0 และค่าความยาวเป็นวินาทีของไฟล์เริ่มต้นตามลำดับ
Red Light	ใช้กำหนดสัญญาณไฟจราจร หากถูกเลือกหมายความว่าขณะนั้นเป็นสัญญาณไฟแดงแต่ถ้าไม่ถูกเลือกหมายความว่าขณะนั้นเป็นสัญญาณไฟเขียว
Max Speed 100	ใช้กำหนดความเร็วสูงสุดที่ผู้ขับขี่ห้ามฝ่าฝืนหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมงค่าเริ่มต้นคือ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ส่วนที่ 3

ใช้ในการแสดงผลเหตุการณ์ต่างๆที่ตรวจพบ และใช้แสดงไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล เมื่อกดปุ่มระบบจะเปิดหน้าต่างส่วนที่ใช้แสดงผลขึ้นมา ดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 แสดงหน้าต่างที่ใช้แสดงผลย้อนหลังที่ได้จากการประมวลผล

รายละเอียดของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

ตารางที่ ก.2 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 3

Display stopped Car(s)	ใช้คลิกเพื่อแสดงส่วนของไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ที่ตรวจพบยานพาหนะที่หยุดอยู่กับที่โดยไม่มีสัญญาณไฟแดง
Display Traffic-Light Violated Car(s)	ใช้คลิกเพื่อแสดงส่วนของไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ที่ตรวจพบยานพาหนะที่ฝ่าฝืนสัญญาณไฟแดง
Display Speed-Limit Violated Car(s)	ใช้คลิกเพื่อแสดงส่วนของไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ที่ตรวจพบยานพาหนะที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเกินกำหนด
Display All	ใช้คลิกเพื่อแสดงไฟล์วีดีโอผลลัพธ์ทั้งหมด
<<<<< >>>>>	ใช้คลิกเพื่อเลื่อนลำดับเหตุการณ์ที่ต้องการให้แสดงผล ในกรณีที่ตรวจพบเหตุการณ์ประเภทเดียวกันหลายๆครั้ง โดยจากรูปที่ 2 ตัวเลขสีชมพูที่มุมบนซ้ายมือเป็นตัวเลขบอกลำดับเหตุการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 4

เป็นส่วนที่ใช้กำหนดขนาดของยานพาหนะ เส้นขอบเขต และระยะระหว่างเส้นขอบเขต และยังมีปุ่มที่ใช้รันแอปพลิเคชั่น

รายละเอียดของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

ตารางที่ ก.3 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 4

Set Environment	ใช้คลิกเพื่อเปิดหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดขนาด เส้นขอบเขต และระยะระหว่างเส้นขอบเขตของไฟล์วีดีโอเริ่มต้น ซึ่งในการกำหนดค่าต่างๆที่ได้กล่าวไปนั้นจะอธิบายอย่างระเอียดต่อไปในหัวข้อ “Set Environment”
Load Environment	ใช้คลิกเพื่อเปิดหน้าต่างเลือกไฟล์ Environment ที่มีอยู่แล้ว
Run	ใช้คลิกเพื่อให้ระบบทำการประมวลผล

ส่วนที่ 5

เป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการกับการหาภาพพื้นหลัง

รายระเอียดของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

ตารางที่ ก.4 ตารางอธิบายรายละเอียดปุ่มคำสั่งของแอพพลิเคชั่นส่วนที่ 5

Sample Rate 10	ใช้กำหนดอัตราการดึงภาพมาใช้ในการหาภาพพื้นหลัง มีค่าเริ่มต้นเป็น 10 หมายความว่า ทุกๆ 10 เฟรม จะดึงภาพมาใช้ในการหาภาพพื้นหลัง 1 เฟรม (ค่านี้ยิ่งมาก ความเร็วในการหาภาพพื้นหลังจะมากขึ้น)
Second From 0 To 38	ใช้กำหนดช่วงที่จะใช้หาภาพพื้นหลัง “From” หมายถึงวินาทีเริ่มต้นของช่วงที่จะให้หาภาพพื้นหลัง “To” คือวินาทีสิ้นสุดของช่วงที่จะให้หาภาพพื้นหลัง ค่าเริ่มต้นของ “From” และ “To” คือ 0 และ ค่าความยาวเป็นวินาทีของไฟล์เริ่มต้นตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Set Environment

รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดค่า Environment

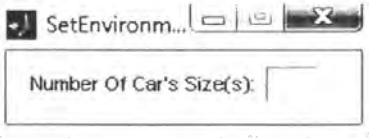
เมื่อคลิกปุ่ม "Set Environment" ในแอปพลิเคชัน จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ก.4 ขึ้นมาเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดค่า Environment

ค่า Environment ในที่นี้ประกอบด้วยขนาดของยานพาหนะ เส้นขอบเขต และระยะระหว่างเส้นขอบเขต

รายละเอียดของส่วนต่างๆเป็นดังนี้

เฟรมในการแสดงผลภาพ สามารถเลื่อนเปลี่ยนเฟรมได้ด้วยการหมุนสกอลล์เมาส์ (Scroll Mouse)

Set Car Size(s) ใช้กำหนดขนาดของยานพาหนะ เมื่อคลิกจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดจำนวนขนาดของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ใส่ตัวเลขซึ่งเป็นจำนวนขนาดของยานพาหนะที่ต้องการกำหนดลงไปแล้วกดปุ่ม "Enter" เช่น หากต้องการกำหนดขนาดของรถยนต์ และรถมอเตอร์ไซด์ ก็ให้ใส่หมายเลข 2 ลงไป

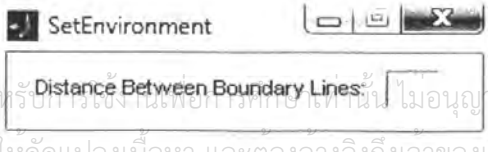
เมื่อกดปุ่ม "Enter" ที่ส่วนแสดงผลภาพจะปรากฏเส้นที่ใช้ในการตรวจจับพิกัด 2 เส้น ดังรูปที่ ก.6

รูปที่ ก.6 แสดงเส้นตรวจจับพิกัด

ในการกำหนดขนาดของยานพาหนะแต่ละประเภท ต้องกำหนดขนาดขณะที่ยานพาหนะอยู่ 2 บริเวณคือ บริเวณเส้นตรวจจับด้านบน และบริเวณเส้นตรวจจับด้านล่าง

ในการกำหนดขนาดให้คลิกที่มุมซ้ายบน และขวาล่างของยานพาหนะตามลำดับ และกำหนดขนาดของยานพาหนะขณะผ่านเส้นตรวจจับด้านบนก่อน แล้วจึงกำหนดขนาดของยานพาหนะขณะผ่านเส้นตรวจจับด้านล่าง ดังนั้น หากกำหนดขนาดของยานพาหนะ 2 ประเภท ก็จะต้องมีการคลิกที่ภาพทั้งหมด 8 ครั้ง

Set Boundary Lines ใช้กำหนดเส้นขอบเขตทั้งสองเส้น ในการคลิกให้คลิกที่ปลายเส้นขอบเขตทั้งสอง เมื่อกำหนดเส้นขอบเขตแล้วจะประกฏหน้าต่างดังรูปที่ ก.7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 แสดงหน้าต่างที่ใช้ในการกำหนดระยะระหว่างเส้นขอบเขต

ให้ใส่ตัวเลขซึ่งเป็นระยะทางระหว่างเส้นขอบเขตทั้งสอง (มีหน่วยเป็นเมตร) ลงไป แล้วกด "Enter"

Save ใช้คลิกเพื่อบันทึกไฟล์ .cnv เมื่อกำหนดค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว โดยไฟล์จะเก็บอยู่ในรูปแบบไฟล์ข้อความซึ่งมีข้อความเหมือนกับที่แสดงอยู่ในกล่องข้อความด้านล่าง ดังรูปที่ 7 ซึ่งหากต้องการแก้ค่าใด ก็สามารถแก้ในกล้องข้อความได้เช่นกัน

25/211-393-139-451-223-466-34,40,61,80,

รูปที่ ก.8 แสดงกล่องข้อความที่ใช้แสดงค่าที่กำหนด

ความหมายของค่าต่างๆในรูปที่ ก.8 เป็นดังนี้

25	ระยะระหว่างเส้นตรวจจับ
211	จุดพิกัดตามแนวแกน X ทางด้านซ้ายมือของเส้นตรวจจับเส้นบน
393	จุดพิกัดตามแนวแกน X ทางด้านขวามือของเส้นตรวจจับเส้นบน
139	จุดพิกัดตามแนวแกน X ทางด้านซ้ายมือของเส้นตรวจจับเส้นล่าง
451	จุดพิกัดตามแนวแกน X ทางด้านขวามือของเส้นตรวจจับเส้นล่าง
223	จุดพิกัดตามแนวแกน Y ของเส้นตรวจจับเส้นบน
466	จุดพิกัดตามแนวแกน Y ของเส้นตรวจจับเส้นล่าง
34	ความกว้างของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับเส้นบน หน่วยเป็นพิกเซล
40	ความยาวของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับเส้นบน หน่วยเป็นพิกเซล
61	ความกว้างของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับเส้นล่าง หน่วยเป็นพิกเซล
80	ความยาวของภาพยานพาหนะขณะอยู่บริเวณเส้นตรวจจับเส้นล่าง หน่วยเป็นพิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้