สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์

TRAFFIC MONITORING SYSTEM FROM VIDEO

โดย

ทัชนก วิริยะรัตนกุล

วาสนา ณ น่าน

ศิรินทร์ อัคคอิชยา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์

สจ.
ว3413
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73059
วัน,เดือน,ปี 2 ก.ค. 2550

.b 11779883
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRAFFIC MONITORING SYSTEM FROM VIDEO

THATCHANOK WIRIYARATTANAKUL

WASANA NA NAN

SIRIN AGGAITCHAYA

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2007

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2549

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์

Traffic Monitoring System from Video

ผู้จัดทำ

1. นางสาวทัชนก วิริยะรัตนกุล รหัสประจำตัว 46060067
2. นางสาววาสนา ณ น่าน รหัสประจำตัว 46060086
3. นางสาวศิรินทร์ อัคคอิชยา รหัสประจำตัว 46060089



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ดร.ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	ระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์		
นักศึกษา	นางสาวทัชนก	วิริยะรัตนกุล	46060067
	นางสาววาสนา	ณ น่าน	46060086
	นางสาวศิรินทร์	อัคคอิชยา	46060089
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ		
ปีการศึกษา	2549		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์		

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้กล่าวถึงโครงงานพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์ (Traffic Monitoring System from Video) โดยใช้ทฤษฎีประมวลผลภาพและเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิชั่น เนื้อหาในรายงานครอบคลุม ผลการศึกษางานวิจัยต่างๆ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบดังกล่าว กรอบแนวคิดในการออกแบบระบบ รวมถึงผลการพัฒนาระบบเบื้องต้น ระบบดังกล่าวจะทำการประมวลและวิเคราะห์วีดิทัศน์ของสภาพจราจรบนท้องถนน เพื่อให้สามารถตรวจจับและติดตามยานพาหนะบนท้องถนน จากนั้นทำการคำนวณหาอัตราความเร็วเฉลี่ย เพื่อประมาณสภาพคล่องของการจราจรในขณะนั้น ในการพัฒนาระบบได้ใช้ Visual C/C++ และ OpenCV ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ไลบารี่เกี่ยวกับงานทางด้านคอมพิวเตอร์วิชั่นเป็นเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Traffic Monitoring System from Video	
Student	Miss. Thatchanok Wiriyarattanakul	46060067
	Miss. Wasana Nanan	46060086
	Miss. Sirin Aggaitchaya	46060089
Degree	Bachelor of Science	
Programme	Information Technology	
Academic Year	2006	
Advisor	Asst. Prof. Dr. Thanarat Chalidabhongse	

ABSTRACT

This paper presents a development of Traffic Monitoring System from Video using image processing theory and computer vision technology. This report includes research works and the study of related technology, the preliminary system design, and the implementation progress. This system processes and analyses video stream of traffic, tracks the vehicles, and calculates the average speed of the vehicles to evaluate traffic flow. This system is developed using Visual C/C++ and OpenCV which is the library supporting computer vision works.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาระบบงานนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผศ. ดร. ธนารัตน์ ชลิดาพงศ์ ผู้ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการพัฒนาระบบนี้ในทุกๆ ด้าน

ผู้เขียนขอขอบคุณ บิดามารดาผู้เป็นกำลังใจให้เสมอมา ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณดนุวัฒน์ แสวงผล ผู้คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับไลบารี่ OpenCV รวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือต่างๆ จนทำให้ผู้เขียนสามารถพัฒนาโครงการนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณความดีอันใดที่เกิดจากโครงการพัฒนาระบบงานนี้ ผู้เขียนขอมอบให้กับบิดามารดาอันเป็นที่รักและเคารพยิ่งของผู้เขียน ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้เขียน

ทัชนก วิริยะรัตนกุล
วาสนา ณ น่าน
ศิรินทร์ อัคคอิชยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตของระบบ 2

1.4 แผนการดำเนินงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากระบบ 2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจสอบสภาพจราจร 3

2.1.1 การตรวจสอบสภาพจราจรในสภาวะความสว่างแตกต่างกัน 3

2.1.1.1 หลักการที่ใช้ในส่วนการประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางวัน 3

2.1.1.2 หลักการที่ใช้ในส่วนการประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางคืน 4

2.1.2 การประมาณความเร็วเฉลี่ยของสภาพจราจรโดยใช้กล้องที่ไม่มีการปรับค่า 4

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดแยกภาพในระบบตรวจสอบสภาพจราจร 5

2.2.1 การตัดแยกวัตถุโดยวิธีลบฉากหลัง 5

2.2.2 การตัดแยกวัตถุด้วยวิธีลบฉากหลังโดยมีการปรับปรุง 5

2.2.3 การตัดแยกวัตถุโดยวิธีการกรอง ด้วยการพยากรณ์รูปจากฉากหลังระหว่างช่วงเวลา ปรับปรุง สั้นๆ 6

2.2.3.1 การตัดแยกวัตถุ 6

2.2.3.2 การปรับปรุงฉากหลัง 6

2.2.3.3 การแยกฉากหลังโดยอัตโนมัติ 6

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามยานพาหนะในระบบตรวจสอบสภาพจราจร 7

2.3.1 การติดตามยานพาหนะโดยวิธีติดตามพื้นที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.2 การติดตามยานพาหนะ 7
2.3.3 การติดตามยานพาหนะโดยการแยกประเภทรถยนต์ 8

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 9
3.1 ทฤษฎีพื้นฐาน 9
3.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมต่อกันของภาพ 9
3.1.1.1 แบบสี่เพื่อนบ้าน 10
3.1.1.2 แบบแปดเพื่อนบ้าน 10
3.1.1.3 แบบหกเพื่อนบ้าน 10
3.1.2 การนับจำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน 11
3.1.3 การจับคู่กับแม่แบบ 11
3.1.4 การกรองข้อมูลภาพ 12
3.1.4.1 การกรองโดยการเฉลี่ยจากหลายภาพ 12
3.1.4.1.1 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ 12
3.1.4.1.2 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน 13
3.1.4.1.3 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม 13
3.1.4.2 การกรองโดยใช้หน้าต่าง 13
3.1.4.2.1 การหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ 14
3.1.4.2.2 การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน 14
3.1.4.2.3 การหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยม 15
3.1.4.2.4 การหาค่าเฉลี่ย K-Closest Averaging 15
3.1.4.3 การกรองโดยวิธีคอนโวลูชัน 15
3.1.4.4 การกรองโดยวิธีเก๊าส์เซี่ยน 16
3.1.5 ทฤษฎีที่ว่าด้วยการกำจัดสิ่งรบกวนเทรซโฮลด์ 16
3.1.6 ทฤษฎีการหาบริเวณ 17
3.1.7 ทฤษฎีการหาขอบ 17
3.1.8 ทฤษฎีสีและเงา 18
3.1.8.1 ระบบสี RGB 18
3.1.8.2 ระบบสี CMY 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.8.3 ระบบสี HIS 20
3.1.9 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ 21
3.1.9.1 อีรอชัน 21
3.1.9.2 ไดเลชัน 22
3.1.9.3 โอเพนนิง 23
3.1.9.4 โคลสซิง 23
3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการตัดแยกภาพ 24
3.2.1 การตัดแยกภาพโดยความแตกต่างของเฟรม 24
3.2.2 การตัดแยกภาพออกจากฉากหลังโดยการลบฉากหลัง 25
3.2.3 การตัดแยกภาพที่มี 2 วัตถุซ้อนทับกัน 26
3.2.3.1 การตัดแยกภาพโดยการหาเส้นขอบ 26
3.2.3.2 การตัดแยกภาพโดยใช้สี 26
3.2.3.2.1 ฮีสโทแกรม 27
3.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการติดตามยานพาหนะ 28
3.3.1 การติดตามยานพาหนะโดยใช้อัลกอริทึม Camshift 28
3.3.2 การติดตามยานพาหนะ โดยใช้ทิศทางการเคลื่อนที่ 30
3.4 ไลบารี่ OpenCV 32
3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง OpenCV กับ ไลบารี่อื่นๆ 32
3.4.2 ความต้องการด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ 32
3.4.3 คำอธิบายฟังก์ชัน 33
3.4.4 สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนโปรแกรมทั้งหมดในไลบารี่ OpenCV 33
3.4.4.1 รูปแบบตัวอักษรในไลบารี่ OpenCV 33
3.4.4.2 การกำหนดชื่อในไลบารี่ OpenCV 33
3.4.4.3 การเขียนชื่อฟังก์ชันในไลบารี่ OpenCV 33

บทที่ 4 การออกแบบระบบการตรวจสอบสภาพการจราจร 34
4.1 ความต้องการของระบบ 34
4.2 การออกแบบภาพรวมของระบบ 34
4.3 ส่วนการออกแบบโครงสร้างการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาระบบ 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.1 การเตรียมและปรับปรุงวีดิทัศน์อินพุต 36
4.3.2 ส่วนการตัดแยกภาพเพื่อแยกภาพจากฉากหลัง 36
4.3.2.1 การพัฒนาเริ่มต้น 36
4.3.2.2 การพัฒนาเฟสสอง 38
4.3.2.3 การพัฒนาเฟสสาม 40
4.3.2.4 การพัฒนาล่าสุด 42
4.3.3 ส่วนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน 43
4.3.3.1 การพัฒนาเริ่มต้น 43
4.3.3.2 การพัฒนาเฟสสอง 44
4.3.3.3 การพัฒนาล่าสุด 46
4.3.4 ส่วนการติดตามยานพาหนะ 47
4.3.4.1 การพัฒนาเริ่มต้น 48
4.3.4.2 การพัฒนาเฟสสอง 50
4.3.4.3การพัฒนาล่าสุด 53
4.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 53
4.3.6 สรุป 56

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58
5.1 สรุปผล 58
5.2 ปัญหาและข้อจำกัดของการทำงานของระบบ 58
5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป 69

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก คู่มือการใช้งานระบบ 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงอัลกอริทึมที่ใช้ในการพัฒนาระบบในแต่ละช่วงของการพัฒนา 56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 องค์ประกอบของภาพที่เป็นกลุ่มของพิกเซลที่เรียงกันเป็นตัวอักษร 9

3.2 (a)-(c) ลักษณะของพิกเซลเพื่อนบ้าน 10

3.3 ลักษณะการบอกพิกเซลที่อยู่ติดกัน 11

3.4 การกรองข้อมูลภาพ 12

3.5 ผลของการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน 13

3.6 ผลของการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม 13

3.7 การกรองโดยใช้หน้าต่าง 14

3.8 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง 15

3.9 (a) รูปต้นฉบับและ (b) รูปที่ทำการ Gaussian Filter 16

3.10 ขั้นตอนการทำงานของ เส้นขอบ Growing (รูปกลาง เริ่มขยายตัว) 17

3.11 แสดงระบบสี RGB 19

3.12 แสดงระบบสี CMY 20

3.13 แบบจำลองสี HIS สามารถนำมาแสดงในระบบพิกัดปริภูมิสีด้วยพิกัดทรงกรวย 20

3.14 การทำอีรอชัน $A \ominus B$ 22

3.15 การทำไดเลชัน $A \oplus B$ 22

3.16 การทำโอเพนนิง $A \circ B$ 23

3.17 การทำโคลสซิง $A \bullet B$ 24

3.18 อัลกอริทึมการตัดแยกภาพโดยใช้ความแตกต่างของเฟรม 25

3.19 แสดงขั้นตอนการทำ Background subtraction 26

3.20 อัลกอริทึมการตัดแยกวัตถุโดยใช้สี 27

3.21 ฮิสโทแกรมแสดงผลของข้อมูลในรูปของกราฟแท่งสี่เหลี่ยม 28

3.22 อัลกอริทึมการติดตามวัตถุโดยใช้ CamShift 29

3.23 รูปแบบการเคลื่อนที่ของ Motion field และ Optical flow 30

3.24 ทิศทางการเคลื่อนที่ของ Motion field และ Optical flow 31

4.1 แสดงโครงสร้างของระบบตรวจสอบการจราจร 34

4.2 เฟรมปัจจุบันที่นำมาใช้ในการตัดแยกภาพเพื่อแยกภาพจากฉากหลัง 37

4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกภาพจากฉากหลัง 37

4.4 แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากผ่านวิธีการ Opening 38

4.5 แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากผ่านวิธีการ Closing 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6 การตัดแยกภาพออกจากวัตถุ 40
4.7 ภาพที่ได้หลังจากการทำ FloodFill 41
4.8 แสดงจำนวนวัตถุทั้งหมดในภาพหลังจากการ Flood Fill 41
4.9 แสดงขั้นตอนการทำ Background Subtraction 42
4.10 แสดงภาพที่ทำการลบฉากหลังออกแล้ว, ภาพที่ทำการอินเวิร์ตเพื่อลบวัตถุยานพาหนะ และ ภาพฉากหลังใหม่เพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้ 43
4.11 แสดงผลลัพธ์ในส่วนของการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยเส้นขอบ 44
4.12 (a)-(c) แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกวัตถุสองวัตถุที่ซ้อนทับกัน 45
4.13 แสดงอินพุตของระบบที่นำมาใช้แทนอินพุตจำลอง 46
4.14 แสดงค่าความถี่สะสมของค่า Hue ของแต่ละพิกเซลในวัตถุอินพุต 47
4.15 แสดงตำแหน่งแรกในการติดตามยานพาหนะ 48
4.16 (a)-(h) แสดงการติดตามยานพาหนะในเฟรมที่ต่อเนื่องกัน 49
4.17 ผลลัพธ์ของตำแหน่งของยานพาหนะของแต่ละเฟรม 50
4.18 ระยะของเสาไฟฟ้าต้นแรกและต้นที่สอง 51
4.19 ยานพาหนะที่ 1 ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 51
4.20 ยานพาหนะคันที่ 1 ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 52
4.21 แสดงเวลาและค่าความเร็วของยานพาหนะคันที่ 1 52
4.22 (a)-(d) แสดงการติดตามยานพาหนะที่ตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง โดยใช้อัลกอริทึมของ Optical Flow และมีลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ 53
4.23 แสดงตัวอย่างรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 (a) และต้นที่ 2 (b) 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันปัญหาสภาพการจราจรติดขัดบนท้องถนน เป็นปัญหาสำคัญของทุกเมืองใหญ่ รวมถึงกรุงเทพมหานคร หลายหน่วยงานพยายามพัฒนาวิธีการจัดการจราจรให้มีประสิทธิภาพเพื่อบรรเทาปัญหา ระบบรายงานสภาพจราจรในปัจจุบันจัดทำโดยการติดตั้งกล้องเพื่อใช้ในการจับภาพวีดิทัศน์ของการจราจรตามท้องถนนต่างๆ และใช้เจ้าหน้าที่ทำการตรวจดูสภาพจราจรทางหน้าจอมอนิเตอร์ ซึ่งอาจทำให้เกิดความตรึงเครียดและเมื่อยล้า เป็นเหตุให้การบริหารจัดการการจราจรมีประสิทธิภาพต่ำลง ผู้จัดทำโครงการจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนนแบบอัตโนมัติจากสัญญาณวีดิทัศน์ โดยนำทฤษฎีและเทคโนโลยีการประมวลผลภาพจากวีดิทัศน์มาประยุกต์ใช้ ซึ่งระบบจะทำหน้าที่วิเคราะห์สัญญาณวีดิทัศน์ที่รับจากกล้อง มาทำการตรวจจับและติดตามยานพาหนะในท้องถนน

จากนั้นทำการประมาณความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ เพื่อรายงานผลสภาพคล่องของการจราจรผ่านระบบคอมพิวเตอร์ และข้อมูลสภาพคล่องนี้สามารถนำไปช่วยในการบริหารจัดการจราจรของเจ้าหน้าที่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น สามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมสัญญาณไฟตามสี่แยกเพื่อช่วยระบายยานพาหนะในเส้นทางที่คับคั่ง อีกทั้งผู้ใช้ถนนสามารถนำข้อมูลนี้ใช้ในการตัดสินใจวางแผนการเดินทาง เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของระบบ

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการและเทคโนโลยีประมวลผลภาพ

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการจราจร ซึ่งสามารถตรวจสอบและวิเคราะห์หาสภาพคล่องของการจราจรบนท้องถนนจากสัญญาณวีดิทัศน์ได้

1.2.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากระบบ นำไปประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของระบบ

1.3.1 ระบบสามารถทำงานกับวีดิทัศน์ในเวลาจริงได้

1.3.2 ระบบสามารถทำงานได้ในสภาพแสงและสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมเท่านั้น

1.4 แผนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 1: กำหนดวัตถุประสงค์ของระบบ และตัวแปรปัจจัยต่างๆ

ขั้นที่ 2: ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับหลักการวิเคราะห์สภาพจราจรจากวีดิทัศน์ , การตัดแยกวัตถุออกจากฉากหลัง , การติดตามวัตถุ และ ไลบารี่ OpenCV รวมถึงการใช้งานโปรแกรม Visual Studio

ขั้นที่ 3: วิเคราะห์และออกแบบระบบตรวจสอบสภาพการจราจร

ขั้นที่ 4: พัฒนาโปรแกรมต้นแบบของระบบตรวจสอบสภาพการจราจร

ขั้นที่ 5: ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรมต้นแบบระบบตรวจสอบสภาพการจราจร

ขั้นที่ 6: สรุปผลและเสนอความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการพัฒนาระบบ

ระบบตรวจสอบสภาพการจราจร เป็นระบบที่ช่วยสำหรับการติดตามสภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลา แล้วนำมาวิเคราะห์หาสภาพคล่อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการจัดการและบริหารการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ในช่วงเวลา 15.00-18.00 น. การจราจรบนถนนหนักหนาแน่น เราควรจัดการระบายรถยนต์ไปยังถนนรองต่อไป อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการทำงาน ให้กับเจ้าหน้าที่ทางหลวง การทำงานเป็นไปอย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย

ในส่วนผู้พัฒนา ได้รับความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการประมวลผลภาพ ตั้งแต่เรื่องการตัดแยกวัตถุ, การติดตามวัตถุ และไลบารี่ OpenCV และสามารถนำระบบนี้ไปพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่มีประโยชน์ เช่น ระบบจัดการและบริหารไฟจราจร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจสอบสภาพจราจร

เนื่องจากระบบตรวจสอบสภาพจราจรเป็นระบบที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่การทำงานของเจ้าหน้าที่ในการจัดการจราจรและมีประโยชน์อีกมากมายหลายด้าน ดังนั้นจึงมีบทความและงานวิจัยต่างๆ ที่คิดค้นเทคนิควิธีที่ใช้กับการตรวจสอบสภาพจราจรมากมาย ผู้พัฒนาโครงการได้ศึกษาบทความบางส่วน และนำมาสรุปดังนี้

2.1.1 การตรวจสอบสภาพจราจรในสภาวะความสว่างแตกต่างกัน

จากงานวิจัยของ Rita Cucchiara ในเรื่องการวิเคราะห์ภาพและกฎพื้นฐานของเหตุผลที่ใช้สำหรับระบบตรวจสอบสภาพจราจร (Image Analysis and Rule-Based Reasoning for a Traffic Monitoring System) ได้นำเสนอระบบตรวจสอบสภาพจราจรที่สามารถที่จะทำงานได้ในสภาวะความสว่างแตกต่างกันหรือสามารถทำงานได้ 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงแบ่งส่วนการประมวลผลเป็น 2 ลักษณะคือ ส่วนประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางวันและส่วนการประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีหลักการดังนี้

2.1.1.1 หลักการที่ใช้ในส่วนการประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางวัน

ช่วงเวลากลางวันเป็นสภาพแวดล้อมที่สามารถมองเห็นได้ทั้งยานพาหนะและสิ่งที่ไม่ใช่ยานพาหนะ (บ้าน, ถนน, โคมไฟ, ต้นไม้, ยานพาหนะที่จอดอยู่ข้างถนน) ซึ่งในการตรวจจับสภาพจราจรนั้น จะใช้การเคลื่อนที่เป็นลักษณะในการแบ่งแยกเพื่อให้ได้ส่วนของยานพาหนะเป้าหมาย แต่จะต้องมีการคำนึงถึงยานพาหนะที่หยุดนิ่งชั่วคราวด้วย (เช่น ตอนสัญญาณไฟแดง) วัตถุที่มีการเคลื่อนที่จะถูกจัดกลุ่มและกำหนดได้ว่าเป็นยานพาหนะ โดยถ้าขนาดของมัน (มองเป็นระดับพิกเซล) มีขนาดที่สอดคล้องกับขนาดในฉากแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 หลักการที่ใช้ในส่วนการประมวลผลสำหรับช่วงเวลากลางคืน

สิ่งหลักที่ใช้ในการตรวจสอบสภาพจราจรในเวลากลางคืนคือจุดเด่นของยานพาหนะในเวลากลางคืน ซึ่งก็คือ ไฟหน้ายานพาหนะ และในเวลากลางคืนระดับสีเทา ต่ำกว่าฉากในช่วงเวลากลางวันมาก ซึ่งทำให้ทำภาพแบบขาว-ดำ ได้ง่ายขึ้น

เป้าหมายหลักก็คือการระบุคู่ไฟหน้ายานพาหนะให้ได้ ซึ่งก็จะต้องรวมไปถึงยานพาหนะที่มีไฟหน้าเพียงดวงเดียวด้วย (เช่น มอเตอร์ไซด์) แต่ในกรณีนี้จะไม่กล่าวถึง เพราะมอเตอร์ไซด์ไม่ได้มีผลโดยตรงกับสภาพคล่องของสภาพจราจร การตรวจจับยานพาหนะในช่วงเวลากลางคืนจะไม่สามารถใช้การตรวจจับโดยการเคลื่อนที่ได้ แต่จะเน้นการระบุรูปร่างของไฟหน้ายานพาหนะในแต่ละเฟรมเป็นหลัก

2.1.2 การประมาณความเร็วเฉลี่ยของสภาพจราจรโดยใช้กล้องที่ไม่มีการปรับค่า

จากงานวิจัย An Algorithm to Estimate Mean Traffic Speed Using Uncelebrated Cameras ของ Daniel J. Dailey ได้ทำการประมาณความเร็วเฉลี่ยของสภาพการจราจรภายใต้สมมติฐานที่ว่า ความเร็วของรถเป็นจำนวนจำกัด การเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นไปอย่างราบรื่นและไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่อย่างกะทันหัน การติดตามยานพาหนะเป็นแบบระนาบ 1 มิติ ยานพาหนะมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและเคลื่อนที่ออกจากกล้อง โดยทำการรับข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกันเข้ามา นำมาทำเป็นภาพสีเทา (grey scale) และเก็บภาพเป็น ไฟล์ JPEG แล้วนำแต่ละภาพไปทำการกำจัดสิ่งรบกวนด้วยวิธี median-filtering ซึ่งใช้หน้าต่าง 3x3 พร้อมทั้งปรับปรุงความคมชัดและความสว่าง จากนั้นทำการระบุยานพาหนะที่มีการเคลื่อนที่ในภาพ ซึ่งก่อนจะทำระบุตำแหน่งของยานพาหนะได้จะต้องทำการลบฉากหลังออกจากภาพก่อน ซึ่งในงานวิจัยได้เสนอไว้สองวิธี คือ วิธีแรกจะนำภาพที่มีเฉพาะฉากหลังมาลบออกจากภาพที่มียานพาหนะรวมอยู่ด้วย ซึ่งภาพทั้งสองจะต้องมีความสว่างที่สอดคล้องกัน วิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ยาก แต่ก็อาจใช้ไม่ได้กับสภาพการจราจรติดขัด เพราะยากต่อการกำหนดระดับความสว่างและจับภาพที่ไม่มีฉากหลัง วิธีที่สองใช้ความต่อเนื่องของเฟรมในการหาความแตกต่างทั้งในเฟรมก่อนหน้าและเฟรมถัดไป ซึ่งจะได้เป็นเส้นขอบที่เป็นเคลื่อนที่ของยานพาหนะในภาพ จากนั้นทำการติดตามการเคลื่อนที่ยานพาหนะนั้นๆ ระหว่างเฟรมที่ต่อเนื่องกัน แล้วจึงทำการประมาณค่าแฟกเตอร์ขนาดต่อพิกเซลเพื่อใช้ในการประมาณความเร็วจากระยะทางที่เคลื่อนที่ในระหว่างเฟรม โดยการคำนวณความเร็วจะคำนวณภายใต้ 3 เงื่อนไข คือ พิจารณายานพาหนะที่ขนาดของพิกเซลเกินจำนวนที่กำหนด แฟกเตอร์ขนาดและการประมาณการของความเร็ว และมุมของทางโค้งของถนนอยู่ในระหว่าง 50 - 130 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตัดแยกภาพในระบบตรวจสอบสภาพจราจร

2.2.1 การตัดแยกวัตถุโดยวิธีลบฉากหลัง

ในงานวิจัย Effective Object Segmentation in a Traffic Monitoring Application ของ Alessandro Bevilacqua เริ่มต้นการตัดแยกวัตถุด้วยการลบฉากหลังของภาพอินพุท โดยการนำเฟรมปัจจุบันและเฟรมฉากหลังมาเปรียบเทียบกันแล้วลบฉากหลังออกจากภาพ แล้วนำภาพที่ผ่านการลบฉากหลังมาทำการ Threshold จากนั้นนำภาพที่ได้จากการทำการ Threshold มาลบพิกเซลที่ไม่ได้เป็นส่วนของวัตถุที่สนใจออก รวมถึงสิ่งรบกวนต่างๆ ในภาพด้วย แล้วจึงทำการรวมกลุ่มพิกเซลของวัตถุที่สนใจโดยรวมวัตถุชิ้นเดียวกันไว้ด้วยกัน จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตของวัตถุแต่ละชิ้น เพื่อให้สามารถแยกแยะพื้นที่ของวัตถุแต่ละชิ้นออกจากกันได้

2.2.2 การตัดแยกวัตถุด้วยวิธีลบฉากหลังโดยมีการปรับปรุง

จากงานวิจัย BACKGROUND MODELING AND SUBTRACTION BY CODEBOOK CONSTRUCTION ของ Kyungnam Kim, Thanarat H. Chalidabhongse, David Harwood, Larry Davis นี้ ใช้การลบฉากหลังโดยวิธี codebook (CB) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่สามารถรองรับการสร้างแบบจำลองฉากหลัง ด้วยภาพที่ต่อเนื่องได้ยาวนาน ซึ่งทำให้ทราบโครงสร้างของฉากหลังที่แท้จริง เนื่องจากบางช่วงเวลาฉากหลังอาจมีการเปลี่ยนแปลง อัลกอริทึม CB นี้สามารถรองรับฉากหลังที่มีการเคลื่อนไหวและความสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงได้และยังสามารถใช้ได้กับวีดิทัศน์ที่มีการบีบอัดได้ด้วย

อัลกอริทึม CB นี้ ปรับปรุงและพัฒนามาจากเทคนิค quantization/clustering ซึ่งใช้ในการสร้างแบบจำลองฉากหลังจะทำโดยนำแต่ละพิกเซลมาจัดเป็นกลุ่มที่เรียกว่า codeword และทำการเข้ารหัสพื้นฐานทีละพิกเซลทุกพิกเซล

ลักษณะเด่นที่สำคัญของอัลกอริทึม CB คือ (1) หลีกเลี่ยงผลกระทบจากสัญญาณดิจิตอลและการบีบอัดของ (2) ความสามารถจับค่าความสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลง (3) สามารถปรับปรุงและสร้างแบบจำลองฉากหลังจากฉากหลังมีการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง ภายใต้หน่วยความจำที่มีจำกัด (4) สามารถเรียนรู้ได้อย่างไม่มีเงื่อนไข ซึ่งทำให้วัตถุในฉากเคลื่อนที่ได้ในช่วงเริ่มต้นของการเรียนรู้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การตัดแยกวัตถุโดยวิธีการกรอง ด้วยการพยากรณ์รูปจากฉากหลังระหว่างช่วงเวลา ปรับปรุง สั้นๆ

จากงานวิจัยของ Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F.K. Martin, Nikolaos P. Papanikolopoulos,ในเรื่องการตรวจจับ และการ การจำแนกประเภท ของรถยนต์ (Detection and Classification of Vehicles) ได้นำเสนอเมดตอด EM-expectation maximization ที่แยกแต่ละ พิกเซล ออกจากวัตถุ, เงา หรือ พื้นหลัง และเมดตอด EM นี้ไม่ตอบสนองต่อแสงและไม่ต้องการภาพเริ่มต้นของฉากหลังและให้เส้นขอบที่มีขนาดเล็ก จึงยากที่จะแยกออกจากสิ่งรบกวนต่างๆประกอบไปด้วยการทำงาน 3 ขั้นตอนดังนี้

2.2.2.1 การตัดแยกวัตถุ

สำหรับแต่ละเฟรมของภาพวีดีโอ (หมายถึงภาพปัจจุบัน) เราทำการหาภาพที่แตกต่างจากความแตกต่างระหว่างภาพปัจจุบันกับภาพฉากหลังจากนั้นเก็บภาพที่แตกต่างในไลบารี่ Object mask คือการเก็บ พิกเซลของวัตถุด้านหน้าด้วยค่า 1 และพิกเซลอื่นๆ ด้วยค่า 0

2.2.2.2 การปรับปรุงฉากหลัง

การลบฉากหลังปัจจุบันเพื่อให้ได้ภาพฉากหลังเหมือนกับการมอง ฉากหลังในเฟรมวีดีโอปัจจุบัน เราปรับปรุงฉากหลังโดยการใส่ค่าเฉลี่ยวัตถุของ ฉากหลังปัจจุบันและเฟรมปัจจุบันของวีดีโอ อย่างไรก็ตามภาพปัจจุบันก็ประกอบไปด้วยฉากหลังของวัตถุ ดังนั้นก่อนที่เราจะทำการปรับปรุงเราจำเป็นต้องแยกพิกเซลของฉากหลังและฉากหลังออกจากกัน และใช้เพียงพิกเซลของฉากหลังจากภาพปัจจุบันในการปรับปรุง ฉากหลังปัจจุบันมิเช่นนั้น ภาพฉากหลังอาจจะส่งผลกระทบกับฉากหลังของวัตถุ ส่วนไลบารี่ Object mask เป็นการจำแนกความแตกต่างพิกเซลของฉากหลังจากฉากหลังและเป็นฟังก์ชันช่วยในการตัดสินใจสำหรับการปรับปรุงฉากหลัง

2.2.2.3 การแยกฉากหลังโดยอัตโนมัติ

ภาพต่อเนื่องจราจรที่ได้จากกล้องวีดิทัศน์บนถนนทางหลวงไม่สามารถที่จะแยกเป็นภาพฉากหลังได้ ดังนั้นกระบวนนี้จึงเข้ามาช่วยทำงานปรับปรุงได้อย่างอัตโนมัติโดยแยกภาพฉากหลังออกจากภาพวีดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามยานพาหนะในระบบตรวจสอบสภาพจราจร

2.3.1 การติดตามยานพาหนะโดยวิธีติดตามพื้นที่

จากงานวิจัยของ Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F.K. Martin, Nikolaos P. Papanikolopoulos,ในเรื่องการตรวจจับและการการจำแนกประเภทของรถยนต์ (Detection and Classification of Vehicles) เสนอว่า ความต้องการพื้นฐานของระบบตรวจจับจราจรคือสามารถ track รถยนต์ผ่านทางวีดีโอที่ต่อเนื่อง ข้อมูลที่ได้จากการติดตามวัตถุสามารถใช้บอกชนิดของรถยนต์และแก้ไขให้ถูกต้องสำหรับส่วนที่ซ้อนทับกัน

ซึ่งผลลัพธ์ที่จากขั้นตอนการตัดแยกจะสังเกตพบปัญหาต่อไปนี้

- ไม่พบ เส้นขอบ สาเหตุเกิดจาก ภาพวัตถุรถยนต์ที่พบในภาพปรากฏเพียงระยะเวลาสั้นๆ, แสงเป็นสิ่งรบกวนที่กระทบกับรถยนต์ส่งผลกับรูปทรงของรถยนต์เปลี่ยนแปลงภาพฉากหลังที่ได้ไม่มีรถยนต์ทั้งๆ ที่มีรถยนต์อยู่, ฉากหลัง หรือรถยนต์คันอื่นบังอยู่
- พบหรือเกิดเส้นขอบใหม่เพราะ มีรถยนต์คันใหม่วิ่งเข้ามา
- เส้นขอบในเฟรมปัจจุบันให้หลายเส้นขอบเกิดจากรถยนต์มากกว่าสองคันผ่านเข้าใกล้รถยนต์คันอื่นซึ่งบังมันอยู่ เมื่อทำการแยกรถยนต์จะได้เพียงเส้นขอบเดียวที่เชื่อมต่อกันอยู่ และเมื่อรถยนต์แยกออกจากกันจะได้หลายเส้นขอบในเฟรมถัดไป
- เกิดการรวมตัวกันของหลายเส้นขอบอาจเกิดจากรถยนต์ที่อยู่ใกล้กันเมื่อทำการแยกจะได้ เส้นขอบก้อนเดียว

รูปแบบความสัมพันธ์ของเส้นขอบจากกราฟระหว่างเฟรมก่อนหน้ากับเฟรมปัจจุบันเราจะพบปัญหาเรื่องการหาน้ำหนักของกราฟมากที่สุด

2.3.2 การติดตามยานพาหนะ

จากงานวิจัยของ Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F.K. Martin, Nikolaos P. Papanikolopoulos,ในเรื่องการตรวจจับ และการ การจำแนกประเภท ของรถยนต์ (Detection and Classification of Vehicles) รถยนต์มีรูปร่างสี่เหลี่ยมสองมิติซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของภาพ รถยนต์ประกอบไปด้วยเส้นขอบหนึ่งหรือมากกว่าและเส้นขอบหนึ่งอาจจะหมายถึงรถยนต์หนึ่งคันหรือไม่มีเลย สถานะการแยกเพิ่ม conflict-free สามารถอธิบายได้โดยความสัมพันธ์ของกราฟระหว่างเส้นขอบของเฟรมก่อนหน้าและเส้นขอบของเฟรมปัจจุบัน การปรับปรุงตำแหน่ง, ความเร็ว และมิติของแต่ละรถยนต์เป็นพื้นฐานความสัมพันธ์ของกราฟ ตำแหน่งและมิติของรถยนต์เป็นการคำนวณจากเส้นขอบของทุกส่วนประกอบรถยนต์ ความเร็วเป็นการคำนวณน้ำหนักเฉลี่ยของรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การติดตามยานพาหนะโดยการแยกประเภทรถยนต์

จากงานวิจัยของ Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F.K. Martin, Nikolaos P. Papanikolopoulos,ในเรื่องการตรวจจับ และการ การจำแนกประเภท ของรถยนต์ (Detection and Classification of Vehicles) บอกว่าประโยชน์ของระบบแยกประเภทรถยนต์ คือช่วยจำแนกรถยนต์ ซึ่งจำนวนรถยนต์ที่ต้องการจำแนกมีปริมาณมากขึ้น ดังนั้นกระบวนการนี้จำเป็นต้องมีการทำงานที่รวดเร็ว

เราใช้มิติในการแยกรถยนต์ ซึ่งแบ่งเป็นสองประเภทคือรถยนต์ และไม่ใช่รถยนต์(หมายถึงรถอื่นๆที่ไม่ใช่รถเก๋งเช่น รถตู้ รถบรรทุก รถพ่วง รถประจำทาง) เพราะการแยกประเภทรถยนต์ได้อย่างชัดเจนนั้นจะต้องใช้ประสบการณ์และเทคนิคพื้นฐานเกี่ยวกับรูปทรง

การแยกประเภทของรถยนต์ใช้ค่าอัตราส่วนความกว้างกับความยาวที่คำนวณได้ ค่าเฉลี่ยมิติของรถบรรทุกมากกว่าค่าเฉลี่ยของมิติของรถเก๋งเพียงเล็กน้อย รถเก๋งบางคันมีความกว้างและความยาวมากกว่ารถบรรทุกเสียอีก (เช่น Cadillac เป็นรถปิคอัพขนาดเล็ก)

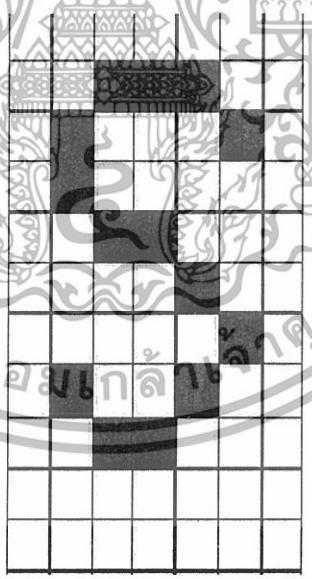
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

3.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมต่อกันของภาพ (Connected Components)

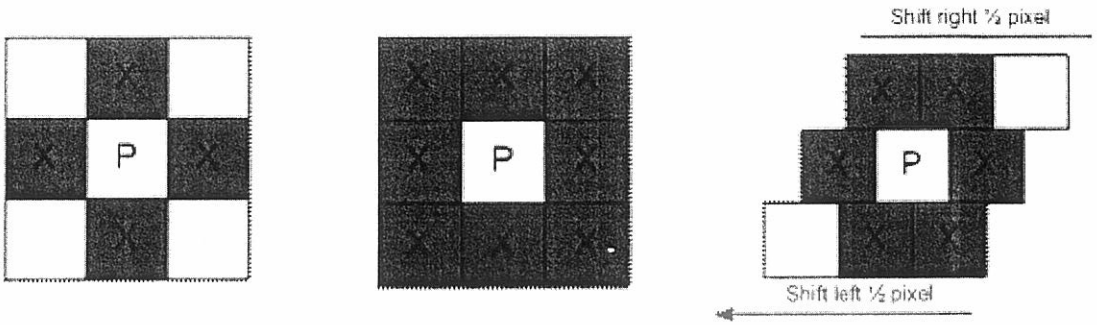
ในภาพหนึ่งๆ อาจจะมีองค์ประกอบอยู่วัตถุเดียวหรือมากกว่าหนึ่งวัตถุขึ้นไปโดยในแต่ละวัตถุอาจจะอยู่ในตำแหน่งที่ต่อเนื่องกัน ซ้อนทับกัน หรือแยกออกจากกัน ซึ่งในภาพที่เป็นแบบไบนารีจะมีการพิจารณาการเชื่อมต่อของวัตถุโดยพิจารณาจากพิกเซลที่เป็นส่วนของวัตถุกับพิกเซลรอบข้าง (Neighborhoods) ว่ามีการเชื่อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ทั้งใน 4 ทิศทาง (4 – connected Neighborhoods), 8 ทิศทาง (8 Neighborhoods) และ 6 ทิศทาง (6 Neighborhoods) ซึ่งถ้าพิกเซลที่เป็นส่วนของวัตถุมีการเชื่อมต่อกันจะถือว่าเป็นวัตถุเดียวกัน ตัวอย่างขององค์ประกอบของภาพที่เป็นกลุ่มพิกเซลที่เรียงกันเป็นตัวอักษรแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของภาพที่เป็นกลุ่มของพิกเซลที่เรียงกันเป็นตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตีความว่าพิกเซลใดอยู่ติดกันทำได้ 3 แบบหลักๆ คือ



(a) สี่เพื่อนบ้าน (b) แปดเพื่อนบ้าน (c) หกเพื่อนบ้าน

รูปที่ 3.2 (a)-(c) ลักษณะของพิกเซลเพื่อนบ้าน

3.1.1.1 แบบสี่เพื่อนบ้าน (4 - Neighborhoods)

แบบสี่เพื่อนบ้าน จะถือว่าแต่ละพิกเซลอยู่ติดกับสี่พิกเซลที่อยู่ด้านบน, ล่าง, ซ้าย และขวา ดังในรูปที่ 3.2 (ก) เราจะถือว่าพิกเซล P อยู่ติดกับพิกเซลที่เป็นสีดำส่วนที่เป็นสีขาวจะไม่ถือว่าเป็นที่ติดกับพิกเซล P

3.1.1.2 แบบแปดเพื่อนบ้าน (8 - Neighborhoods)

แบบแปดเพื่อนจะถือ จะถือว่าแต่ละพิกเซลอยู่ติดกับทั้งแปดพิกเซลที่อยู่ล้อมรอบทั้งหมด ดังรูปที่ 3.2(ข)

3.1.1.3 แบบหกเพื่อนบ้าน (6 - Neighborhoods)

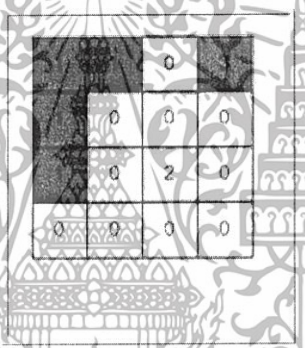
ทั้งสองแบบที่กล่าวมาขั้นต้นไม่สอดคล้องบางประการกับเรขาคณิตที่เราคุ้นเคย กล่าวคือ จากทฤษฎีเส้นโค้งของจอร์แดน (Jordan's curve theorem) เส้นโค้งบนระนาบที่ลากเป็นวงปิดจะแบ่งระนาบออกเป็นสองส่วนที่ไม่ติดกัน คือ ส่วนที่อยู่ภายในวงและส่วนที่อยู่นอกวง ดังนั้น วิธี

แก้ปัญหาวิธีหนึ่งก็คือ การเปลี่ยนไปใช้พิกเซลที่เป็นแบบหกเพื่อนบ้าน ตามรูปที่ 3.2 (ค) (6-Neighborhoods) โดยกระทำได้โดยกำหนดให้พิกเซลที่อยู่ แถวบนเลื่อนไปทางขวา ½ พิกเซลอยู่ แถวล่างเลื่อนไปทางซ้าย ½ พิกเซล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การนับจำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน

โดยทั่วไปเราไม่สนใจพิกเซลเดี่ยวๆ แยกกันไป แต่เราจะสนใจกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน กลุ่มของพิกเซลเหล่านี้อาจเป็นภาพของตัวอักษรในเอกสาร หรืออาจเป็นภาพของสิ่งที่เราสนใจอื่นๆ ก็ได้ ข้อมูลที่เราต้องการทราบอยู่บ่อยๆ อย่างหนึ่งก็คือ จำนวนกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน เช่น จำนวนตัวอักษรในภาพเอกสาร การที่เราจะทราบจำนวนดังกล่าวได้ เราต้องสามารถแยกพิกเซลออกเป็นกลุ่มๆ ที่ติดกัน เรานิยามกลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกันในลักษณะคล้ายๆ กับนิยามของ Connected component จานั่นก็คือทุกๆ คู่ของพิกเซลในกลุ่มเดียวกันจะต้องมีเส้นทางเชื่อมที่ประกอบไปด้วยพิกเซลอื่นๆในกลุ่มที่เรียงต่อกัน โดยต้องไม่มีเส้นทางระหว่างคู่พิกเซลต่างกลุ่ม วิธีนับที่จะเสนอนี้ ทำงานโดยแจกหมายเลขกลุ่มให้กับแต่ละพิกเซล พิกเซลที่อยู่คนละกลุ่มจะได้หมายเลขต่างกันในอัลกอริทึมนี้ จะใช้ภาพไบนารีที่จะนำมาประมวลผล ถูกเก็บในแถวลำดับสองมิติ



รูปที่ 3.3 ลักษณะการบอกพิกเซลที่อยู่ติดกัน

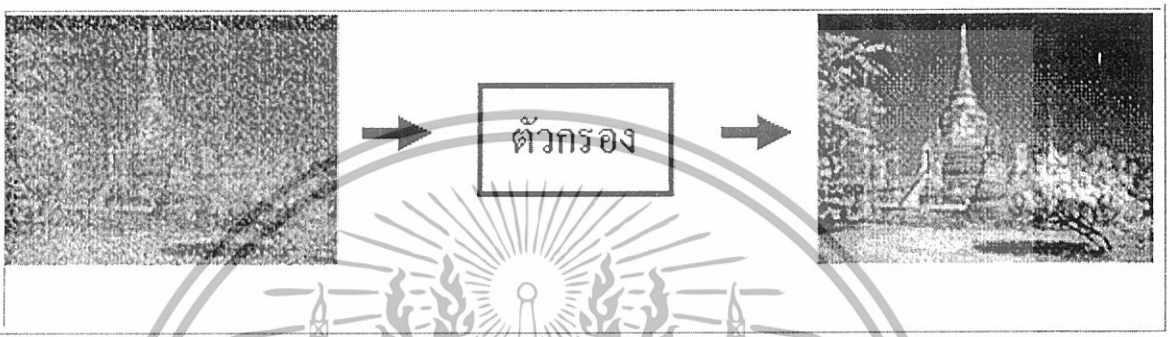
3.1.3 การจับคู่กับแม่แบบ

การใช้แม่แบบเป็นส่วนประกอบสำคัญของหลายๆ เทคนิคในการประมวลผลภาพ แม่แบบก็คือภาพอย่างหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปจะนำไปวางทาบกับภาพที่พิจารณาและทำการประมวลผลโดยใช้ค่าของพิกเซลของภาพและของแม่แบบที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ก็คือการตรวจสอบว่ามีส่วนของภาพที่ตำแหน่งใดที่เหมือนกับแม่แบบ โดยหลักการแล้วการจับคู่กับแม่แบบก็เหมือนกับการค้นแบบอนุกรมนั่นก็คือเราจะไล่เปรียบเทียบไปเรื่อยๆ ตามลำดับจนหมด แต่เนื่องจากภาพของเราเป็นสองมิติ การไล่เปรียบเทียบก็จะทำโดยเลื่อนแม่แบบจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างทีละพิกเซลจนครบทั้งภาพ ส่วนการตรวจสอบว่าส่วนของภาพนั้นมีความเหมือนกับแม่แบบเท่าไรนั้น ในกรณีภาพไบนารีเราอาศัยวิธีนับว่ามีพิกเซลที่มีค่าตรงกับแม่แบบกี่พิกเซล ตำแหน่งของการเลื่อนแม่แบบที่ได้จำนวนพิกเซลที่ตรงกับแม่แบบมากพอก็คือตำแหน่งที่มีภาพเหมือนแม่แบบปรากฏอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การกรองข้อมูลภาพ

การกรองข้อมูลภาพ (Image Filtering) คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ภาพผลลัพธ์ที่ได้จะมีคุณสมบัติแตกต่างจากภาพเริ่มต้น วัตถุประสงค์หลักของการกรองข้อมูลภาพคือการเน้น (enhance) หรือลดทอน (attenuate) คุณสมบัติบางประการของภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามต้องการ



รูปที่ 3.4 การกรองข้อมูลภาพ

3.1.4.1 การกรองโดยการเฉลี่ยจากหลายภาพ

หากเรามีชุดของภาพคุณภาพต่ำหลาย ๆ ภาพซึ่งถ่ายจากมุมกล้องเดียวกัน เราสามารถสร้างภาพใหม่ที่มีคุณภาพสูงกว่าจากชุดภาพนั้นได้ หากสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นแบบสุ่ม ภาพที่เก็บแต่ละครั้งย่อมมีลักษณะแตกต่างกัน หากความเข้มแสงของจุดในภาพหนึ่งถูกรบกวน เราสามารถนำข้อมูลความเข้มแสงของจุด จากภาพอื่น ณ ตำแหน่งเดียวกันมาแทน แต่ละจุดในภาพผลลัพธ์ที่ได้จะเกิดจากการเฉลี่ย (หรือเลือก) จากจุดที่ตรงกันของภาพต่าง ๆ ในชุดของภาพ

3.1.4.1.1 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (mean filtering)

วิธีการนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ของจุดทั้งหมด หากมีภาพขนาด NxM ทั้งหมด K ภาพ เราสามารถคำนวณหาภาพใหม่ได้ดังนี้

$$\hat{I}(x,y) = \frac{1}{K}\sum_{j=1}^{K} I_j(x,y) \tag{3.1}$$

$\hat{I}(x,y)$ คือความเข้มแสงของจุด ณ ตำแหน่ง (x, y) ในภาพผลลัพธ์

$I_j(x,y)$ คือความเข้มแสงของจุด ณ ตำแหน่ง (x, y) ในภาพที่ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.1.2 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (median filtering)

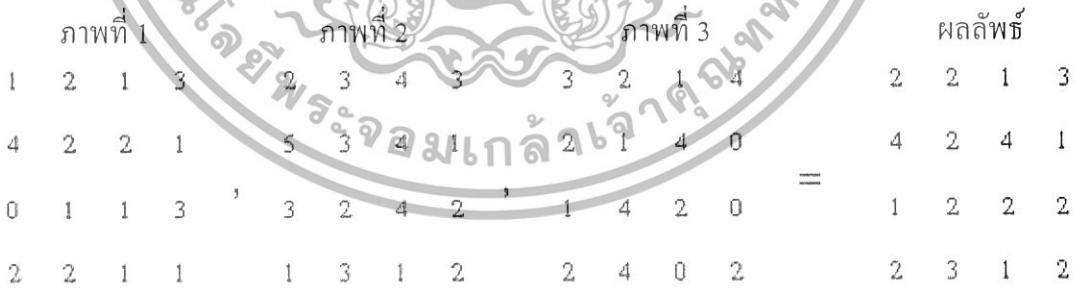
วิธีการนี้จะนำเอาความเข้มแสงของจุดที่ตรงกันในภาพต่างๆ มาเรียงลำดับ (Sort) จากน้อยไปหามาก จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางไปใช้ หากจำนวนภาพทั้งหมดเป็นจำนวนคู่ ค่าทั้งสองที่อยู่ตรงกลางจะนำมาหาค่าเฉลี่ย วิธีการนี้จะต้องใช้การเรียงลำดับซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาในการคำนวณสูง แต่ข้อดีคือไม่สูญเสียความคมชัดโดยตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 ผลของการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน

3.1.4.1.3 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม (modal filtering)

วิธีการนี้คล้ายกับวิธีใช้ค่ามัธยฐาน แต่ไม่ใช้การเรียงลำดับข้อมูล ระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดจะถูกเลือกไปใช้ วิธีนี้เสมือนการลงคะแนนเสียง ผู้ที่ได้คะแนนเสียงสูงที่สุดคือผู้ชนะ วิธีนี้เหมาะสำหรับการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นไม่บ่อย โดยตัวอย่างต่อไปนี้



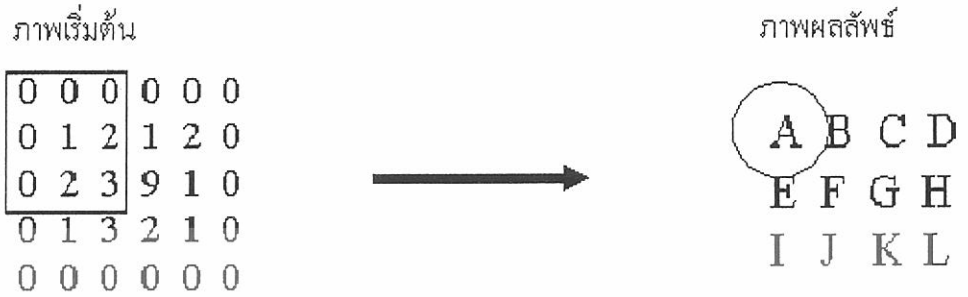
รูปที่ 3.6 ผลของการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม

3.1.4.2 การกรองโดยใช้หน้าต่าง

การกรองข้อมูลภาพวิธีนี้จะใช้หน้าต่างในการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาเพื่อหาระดับความเข้มแสงของจุดต่างๆ ในภาพผลลัพธ์ ความเข้มแสงของจุดที่อยู่รอบๆ จุดกึ่งกลางของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หน้าต่างจะถูกเลื่อนไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในภาพจนครบทุกจุดโดยตัวอย่างต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 การกรองโดยใช้หน้าต่าง

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่ามีหน้าต่างขนาด 3x3 ครอบอยู่ที่มุมบนด้านซ้ายของภาพเริ่มต้น ความเข้มแสง ณ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มแสงของจุดภาพในภาพผลลัพธ์ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับกึ่งกลางของหน้าต่างที่ครอบอยู่บนภาพเริ่มต้น (จุด A) สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่าง การหาค่าเฉลี่ยสามารถทำได้ 4 แบบคือ

3.1.4.2.1 การหาค่าเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์

ทำได้โดยการหาผลรวมของค่าความเข้มแสงของจุดทุกจุดในหน้าต่าง แล้วหารด้วยจำนวนจุดทั้งหมดในหน้าต่าง จากตัวอย่างในรูปที่ 3.7 ความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ (0+0+0+0+1+2+0+2+3) / 9 = 8/9 ค่าความเข้มแสงที่จุดอื่นๆ สามารถคำนวณได้โดยการเลื่อนหน้าต่างให้จุดกึ่งกลางตรงกับจุดที่ต้องการหาค่า

3.1.4.2.2 การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน

ทำได้โดยการนำค่าทั้งหมดในตารางมาเรียงลำดับ (Sort) จากน้อยไปหามาก (หรือจากมากไปหาน้อยก็ได้) จากนั้นจะเลือกค่าที่อยู่ตรงกลางของลำดับเป็นค่าความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ หากจำนวนจุดในหน้าต่างเป็นจำนวนคู่ ผลลัพธ์จะคำนวณได้จากการเฉลี่ยค่าระหว่างจุดกึ่งกลางทั้งสอง จากตัวอย่างในรูปที่ 3.7 เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 0 1 2 2 3) ค่าที่อยู่ตรงกลางคือ 0 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.2.3 การหาค่าเฉลี่ยแบบฐานนิยม

ทำได้โดยการเลือกระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดในหน้าต่างมาเป็นคำตอบ ปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้วิธีนี้คือ มีระดับความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดมากกว่า (มีหลายคำตอบ) วิธีการแก้ไขคือการหาค่าเฉลี่ย หรือเปลี่ยนไปใช้การหาค่าเฉลี่ยแบบมัธยฐาน จากตัวอย่างในรูป 3.7 ค่าความเข้มแสงที่ใช้บ่อยที่สุดคือ 0 ดังนั้นความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ 0

3.1.4.2.4 การหาค่าเฉลี่ยแบบ K-Closet Averging

จากจุด k จุดที่มีค่าความเข้มใกล้กับค่าความเข้มแสงของจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง วิธีนี้เรียกว่า K-Closest averaging การคำนวณหาผลลัพธ์เริ่มจากการนำค่าความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่างมาเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก จากนั้นค่าที่อยู่รอบๆ ค่าของจุดกึ่งกลางหน้าต่างจำนวน k ค่าจะถูกเลือกมาเพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยนี้คือความเข้มแสงของจุดในภาพผลลัพธ์ ในการหาค่าเฉลี่ย อาจนำค่าของความเข้มสีที่จุดกึ่งกลางมาคิดด้วยก็ได้ จากตัวอย่างในรูปที่ 3.8 เมื่อเรียงลำดับความเข้มแสงจะได้ลำดับดังนี้ (0 0 0 0 0 1 2 2 3) หากกำหนดให้ k = 4 และไม่นำค่าที่จุดกึ่งกลาง (1) มาคิด ค่าความเข้มแสงที่จุด A มีค่าเท่ากับ (0+0+2+2)/4 = 1 หากนำค่าที่จุดกึ่งกลางมาคิด ค่าความเข้มแสงที่จุด A จะมีค่าเท่ากับ (0+0+1+2+2)/5 = 1

(a)				(b)				(c)				(d)			
1	2	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	2	1	3
1	2	2	2	1	2	2	1	0	2	2	1	2	2	3	1
1	2	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	4	2	1

รูปที่ 3.8 การกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่าง

(a) ใช้การเฉลี่ยแบบคณิตศาสตร์ (แสดงผลลัพธ์หลังการปัดเศษ)

(b) ใช้มัธยฐาน

(c) ใช้ฐานนิยม (ใช้มัธยฐานแทนสำหรับจุดที่มีปัญหา)

(d) ใช้ K-closest averaging (แสดงผลลัพธ์หลังจากการปัดเศษ)

3.1.4.3 การกรองโดยวิธีคอนโวลูชัน (Convolution)

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักของการหาค่าเฉลี่ย โดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดเดียวกันจากภาพหลายๆ ภาพ หรืออาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยจากจุดต่างๆ ที่อยู่รอบๆ จุดที่เราสนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล วิธีการที่ผ่านมาจึงใช้ได้ดีกับการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เป็นสัญญาณความถี่สูง ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การกรอง

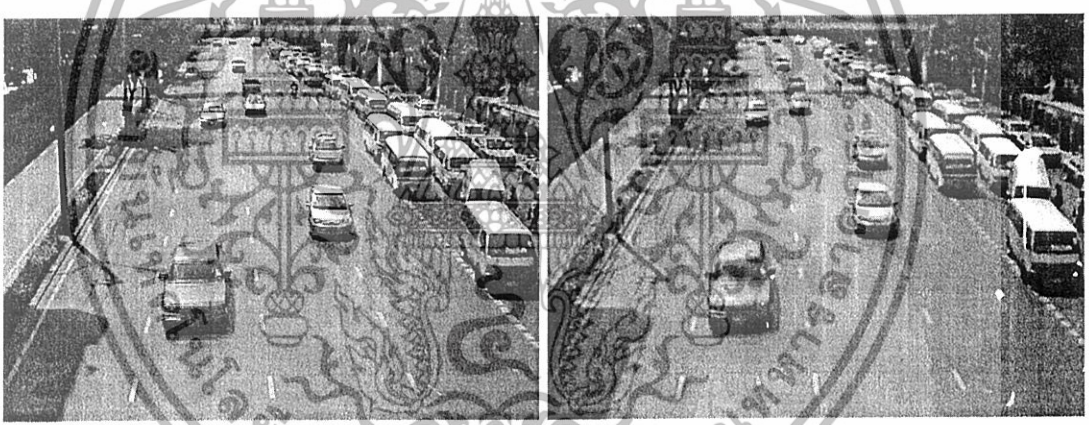
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณมีวัตถุประสงค์เพื่อเน้นคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในขณะที่ลดทอนคุณสมบัติที่ไม่ต้องการลง หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดต่างๆ ภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น ในที่นี้จะเสมือนกับการกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านเราจะไม่สามารถใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือการคอนโวลูชัน (Convolution)

3.1.4.4 การกรองโดยวิธีเก๊าส์เซี่ยน (Gaussian Filter)

การกรองโดยวิธีเก๊าส์เซี่ยนเป็นฟิลเตอร์ที่เป็นเชิงเส้น(Linear Filter) ที่ซึ่งค่าน้ำหนัก (Weight) นั้นจะเป็นไปตามลักษณะของฟังก์ชันก์เก๊าส์ซึ่งก็คือตัว Gaussian Filter นั้นจะให้ความสำคัญของแต่ละ Neighbor ไม่เท่ากัน โดยที่จะให้ความสำคัญกับบริเวณที่อยู่ตรงกลางที่สุดแล้วก็จะให้ความสำคัญหรือให้น้ำหนักน้อยๆลงไปเรื่อยๆ ตามลักษณะของฟังก์ชั่นเก๊าส์เซี่ยน

คุณสมบัติที่เด่นของวิธีการกรองแบบเก๊าส์เซี่ยน คือ สามารถที่จะจัดการกับสัญญาณรบกวนแบบ Gaussion Noise ได้ดีมาก ดังรูปที่ 3.9



(a) (b)

รูปที่ 3.9 (a) รูปต้นฉบับและ (b) รูปที่ผ่านการทำ Gaussian Filter

3.1.5 ทฤษฎีที่ว่าด้วยการกำจัดสิ่งรบกวนเทรซโฮลด์

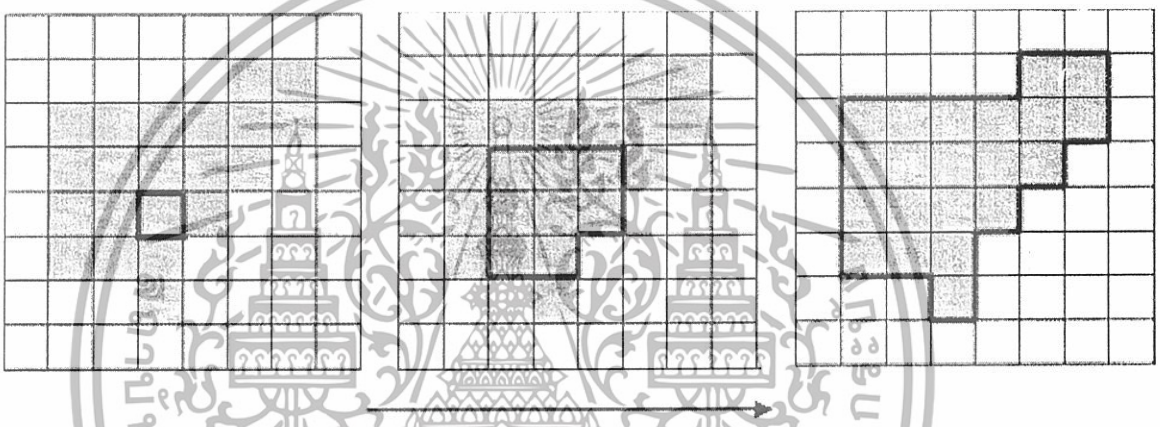
เทรซโฮลด์ **(Thresholding Techniques)** มีอยู่หลายแบบที่มีการใช้งานในเกี่ยวกับงานด้านคอมพิวเตอร์วิชั่นอย่างกว้างขวาง เช่น การทำเซกเมนเตชั่นกับภาพเพื่อหาส่วนที่ต้องการจากภาพหรือกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออกไปตัวอย่างการใช้งานที่ง่ายที่สุด คือ เทรซโฮลด์แบบเดี่ยวที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจกับหลายๆรูปภาพนอกจากนี้ยังมีเทรซโฮลด์แบบที่เป็นแบบตัวแปรหรือ รูปแบบที่มีหลายระดับและยังใช้สถิติมาช่วยใช้ร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 ทฤษฎีการหาบริเวณ

ทฤษฎีการหาบริเวณ (เส้นขอบ Segmentation methods) เป็นวิธีการแยกองค์ประกอบของภาพโดยดูจากตำแหน่งของพิกเซลและความเหมือนกันของคุณสมบัติของพิกเซลภายในพื้นที่ โดยถ้าพิกเซลที่อยู่ติดกันและมีคุณสมบัติเหมือนกันจะถูกจัด ให้เข้ากลุ่มเดียวกัน ข้อดีของการทำแช่นนี้จะได้พื้นที่ที่ต่อเนื่อง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เส้นขอบ Growing เริ่มจาก seed พิกเซล ทำการรวมกลุ่มพิกเซลข้างเคียงที่มีคุณสมบัติเหมือนกันให้พื้นที่โตขึ้นเรื่อยๆ การทำงานจะหยุดเมื่อไม่สามารถขยายพื้นที่ออกไปได้มากกว่านี้ (เมื่อชน กับขอบของวัตถุ)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการทำงานของ เส้นขอบ Growing (รูปกลาง เริ่มขยายตัว)

ปัญหาอุปสรรคของวิธีการ เส้นขอบ Growing

- การกำหนดกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมที่ใช้ตรวจสอบว่าพิกเซลนั้น "มีคุณสมบัติเหมือนกัน"เพื่อใช้ในการรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน
- การกำหนด Seed พิกเซล มีความสำคัญมาก ต้องกำหนดไว้ภายในพื้นที่ที่จะทำการแยกองค์ประกอบ
- การกำหนดกฎเกณฑ์ที่เหมาะสมในการให้โปรแกรมหยุดการทำงานเมื่อพื้นที่ขยายไปถึงขอบของวัตถุ

3.1.7 ทฤษฎีการหาขอบ

การหาขอบ (Edge Detection Methods) ของภาพเป็นการทำที่มีความสำคัญในการประมวลผลภาพที่มีตัวเลขขนาดใหญ่ เช่น การทำเซกเมนเตชั่นกับภาพ การจดจำตัวอักษร และการวิเคราะห์ภาพเคลื่อนไหว ขอบของภาพ คือเส้นรอบรูปที่เกิดจากความสว่างของภาพที่เปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

73059

ทันทีโดยดูจากขนาดหรืออัตราการเปลี่ยนขนาด การหาขอบนั้นมีอยู่หลายวิธี แบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มคือ

ก) การสร้างกรอบอย่างง่ายเพื่อหาขอบของวัตถุ
ข) การเปลี่ยนแปลงโดยประมาณค่าของแกรเดียน
ค) การเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทมเพลตที่มีทิศทาง
ง) การเปลี่ยนแปลงที่ใช้ความหนาแน่นของโมเดลของขอบที่เป็นพาราเมตริก

3.1.8 ทฤษฎีสีและเงา

สี (Colors) คือ ลักษณะความเข้มของแสงที่ปรากฏแก่สายตาให้เห็นเป็นสี โดยผ่านกระบวนการรับรู้ด้วยตา มองจะรับข้อมูลจากตา โดยที่ตาได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานแสงมาแล้ว ผ่านประสาท สัมผัสการมองเห็น ผ่านศูนย์สับเปลี่ยนในสมอง ไปสู่ศูนย์การมองเห็นภาพ การสร้างภาพ หรือการมองเห็นก็คือ การที่ข้อมูลได้ผ่านการวิเคราะห์ แยกแยะให้เรารับรู้ถึงสรรพสิ่งรอบตัว โดยการมองเห็นภาพจากคอมพิวเตอร์นั้นเป็นการประกอบขึ้นของจุดภาพ (พิกเซล) ที่มีค่าของสีอยู่ในจุดภาพนั้น จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุด มากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

1	บิต	=	21	=	2 สี
2	บิต	=	22	=	4 สี
4	บิต	=	24	=	16 สี
8	บิต	=	28	=	256 สี
16	บิต	=	216	=	65539 สี

ซึ่งมาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในเสปช 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในเสปชซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ระบบสีมีทั้งหมด 3 แบบดังนี้

3.1.8.1 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงินโดยมีการรวมกันแบบ Additive ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode ray tube) ในการใช้

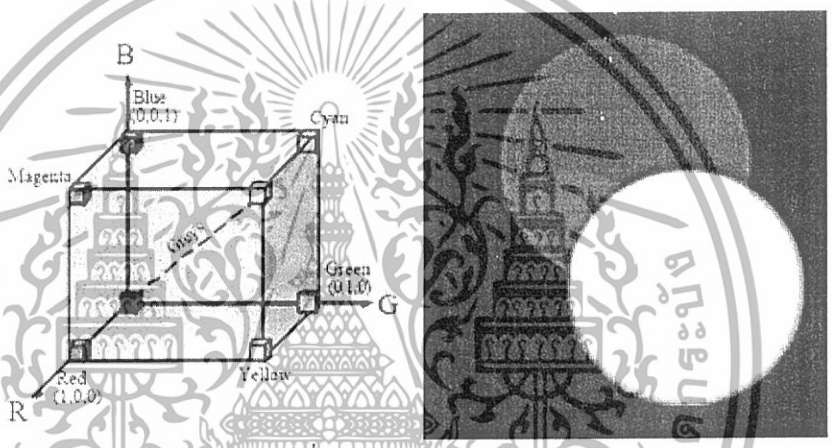
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานระบบสี RGB ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดความสนใจขององค์ประกอบความสว่างทิ้งไป โดยหากค่าจุดภาพในปริภูมิสี RGB นั้นมีสีเดียวกันแต่ความสว่างต่างกัน จะถูกกำหนดเป็นค่าเดียวกันในปริภูมิสีนอร์แมลไลซ์ RGB โดยแต่ละค่าสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$r = \frac{R}{(R+G+B)} \tag{3.2}$$

$$g = \frac{G}{(R+G+B)} \tag{3.3}$$

$$b = \frac{B}{(R+G+B)} \tag{3.4}$$



รูปที่ 3.11 แสดงระบบสี RGB

ตัวอย่างเช่น 1. ค่าในปริภูมิสี RGB (0,0,255) ทำการแปลงไปสู่ rgb จะได้ (0,0,1)

2. ค่าในปริภูมิสี RGB (0,0,100) ทำการแปลงไปสู่ rgb จะได้ (0,0,1)

จากตัวอย่าง องค์ประกอบของสีแดงและสีเขียวถูกละทิ้งไป มีเฉพาะองค์ประกอบของสีน้ำเงินเพียงอย่างเดียว ดังนั้นภาพที่แสดงจะเป็นภาพสีน้ำเงินที่มีความเข้มของแสงต่างกัน

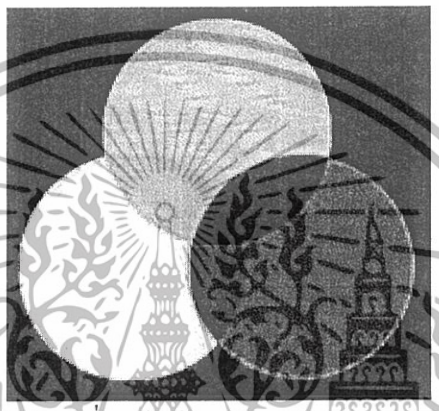
3.1.8.2 ระบบสี CMY

CMY (Cyan Magenta Yellow) เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีโดยมีสีหลักคือสี Cyan, Magenta และ Yellow ซึ่งเรียกว่า Subtractive primaries Color (สีแดง เขียวและน้ำเงิน เรียกว่า Additive primaries Color) ระบบสีแบบ CMY สามารถหาได้โดยการนำเอาสีในระบบ RGB ลบกับสีขาวดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

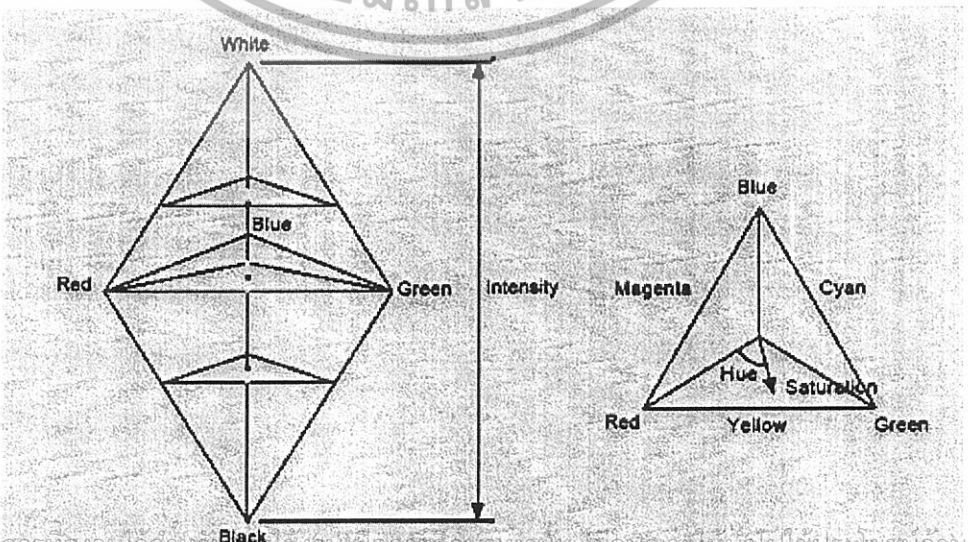
ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนโดย K = min(C, M, Y) เมื่อ K แทนด้วยสีดำและ C = C – K, M = M – K, Y = Y – K



รูปที่ 3.12 แสดงระบบสี CMY

3.1.8.3 ระบบสี HIS

ค่าสี (Hue) ความอิ่มสี (Saturation) และความเข้มสี (Intensity) เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการแสดงสี ซึ่งเป็นแบบจำลองสีที่สื่อความหมายในการรับรู้ของมนุษย์ได้ดีกว่าแบบจำลองสี RGB



รูปที่ 3.13 แบบจำลองสี HIS สามารถนำมาแสดงในระบบพิกัดปริภูมิสีด้วยพิกัดทรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H ใช้แสดงสีสันซึ่งสีต่างๆ ถูกนำมาจัดด้วยการสร้างเป็นวงล้อสี โดยกำหนดค่าสีด้วยมุม ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 องศา โดยที่ H = 0 คือค่าสีแดง H = 120 คือค่าสีเขียว H = 240 คือค่าสีน้ำเงิน

S ใช้กำหนดความอิ่มสี เป็นระดับความสดหรือความหมองที่เกิดขึ้นจากการผสมกันระหว่างสีที่อยู่ตรงข้ามในวงล้อสี โดยระดับสีที่สดที่สุดคือสีที่ไม่ถูกนำมาผสมเลยเลย S = 1 และระดับสีที่หมองที่สุดคือสีที่ถูกผสมกันในอัตราส่วนครึ่งต่อครึ่งระหว่างสีที่อยู่ตรงข้ามกันในวงล้อสี S = 0

I ใช้กำหนดความมืดหรือความสว่างของสี โดยระดับที่สว่างที่สุดของทุกสีคือสีขาว I = 1 และระดับที่มืดที่สุดของทุกสีคือสีดำ I = 0

ในการแปลงค่าสีจากแบบจำลองสี RGB เป็นแบบจำลองสี HIS สามารถทำได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{3.6}$$

$$S = 1 - \frac{3\min(R,G,B)}{R+G+B} \tag{3.7}$$

$$H = \cos^{-1}\left[\frac{\frac{1}{2}\left[(R-G)+(R-B)\right]}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}}\right] \tag{3.8}$$

3.1.9 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์

มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Morphology) เป็นวิธีที่นำหลักการทางคณิตศาสตร์คือทฤษฎีเซต มาใช้ในการนำเสนอรูปแบบหรือโครงสร้างของวัตถุในภาพ ซึ่งสามารถเป็นวิธีที่จะนำมาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย (Salt-and –pepper Noise) ที่เกิดขึ้นบนภาพไบนารีได้

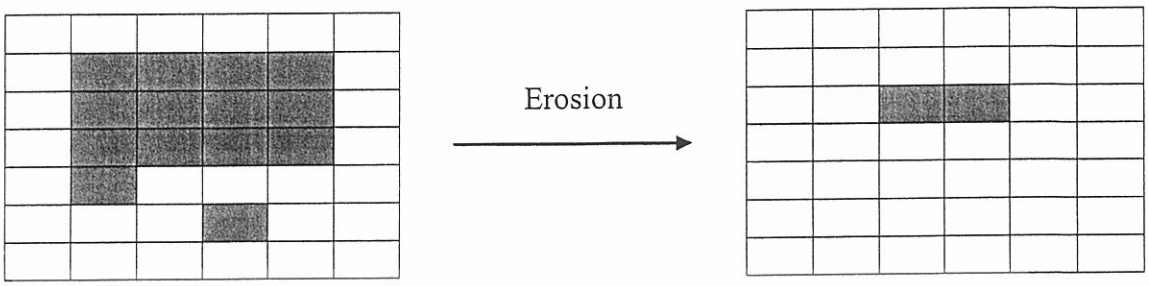
3.1.9.1 อีรอชัน(Erosion)

การทำอีรอชันของเซต A กับสตักเจอร์อิลิเมนต์ B เขียนแทนด้วย $A\Theta B$ มีนิยามดังนี้

$$A\Theta B = \{X|(B)_x \subseteq A\} \tag{3.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการลดจำนวนจุดภาพดำในเซต A ซึ่งจะเพิ่มช่วงห่างให้กว้างขึ้นระหว่างแต่ละกลุ่มของจุดภาพดำที่อยู่ตำแหน่งใกล้กัน หรือเป็นการกำจัดจุดภาพดำที่มีขนาดเล็กมากออกไป ดังรูปที่ 3.14



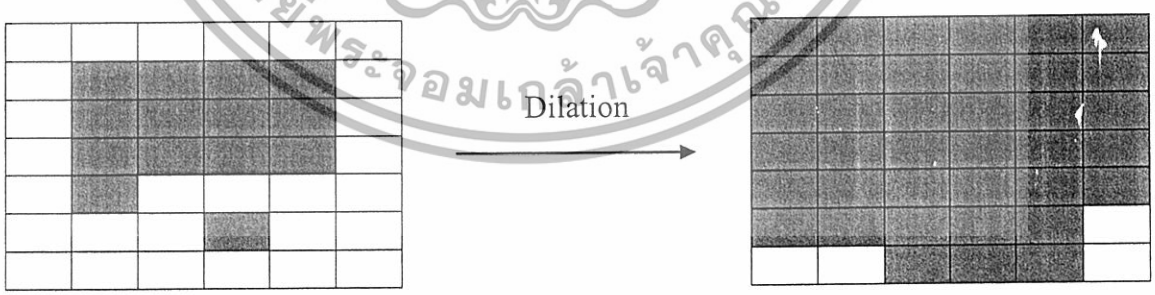
รูปที่ 3.14 การทำอีรอชัน $A \ominus B$

3.1.9.2 ไดเลชัน (Dilation)

การทำไดเลชันของเซต A กับสตรักเจอร์อิลิเมนต์ B เขียนแทนด้วย $A \oplus B$ มีนิยายดังนี้

$$A \oplus B = \{X \mid (\hat{B})_x \subseteq A \neq \varnothing\} \tag{3.10}$$

เป็นการทำงานตรงข้ามกับอีรอชันคือ เป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำเพื่อขยายขนาดกลุ่มของจุดภาพดำในเซต A ทำให้เป็นการลดช่วงห่างให้คบแสง หรืออาจเกิดการเชื่อมต่อกันระหว่างแต่ละกลุ่มจุดภาพดำที่อยู่ตำแหน่งใกล้กัน ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การทำไดเลชัน $A \oplus B$

ในการเพิ่มประสิทธิภาพของเมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์สามารถรวมการทำงานของทั้งสอง พื้นฐานเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดวิธีการ โอเพนนิง (Opening) และ โคลสซิง (Closing)

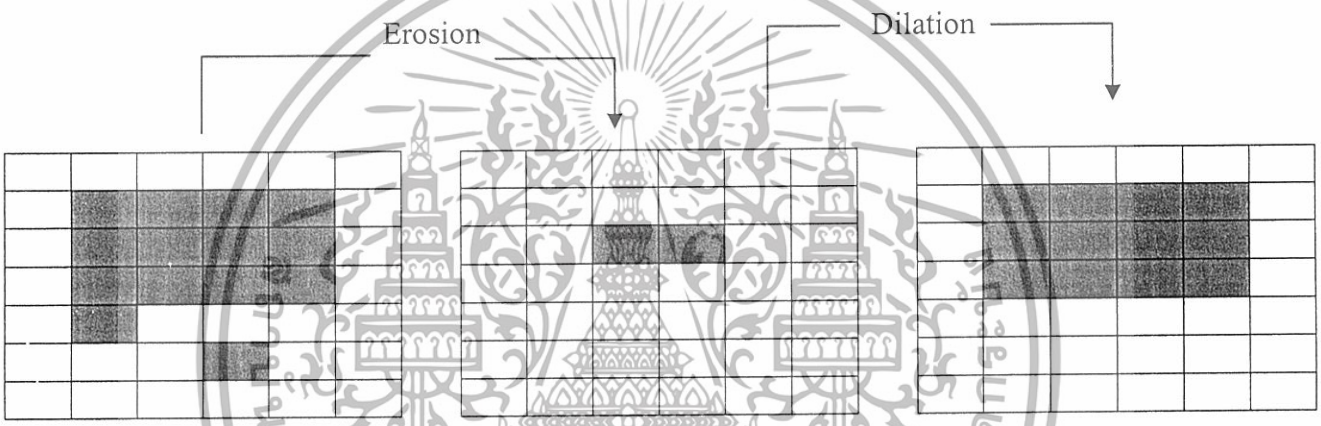
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9.3 โอเพนนิง (Opening)

การทำโอเพนนิงของเซต A กับสตรักเจอร์อิลิเมนต์ B เขียนแทนด้วย $A^{o}B$ มีนิยายดังนี้

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{3.11}$$

เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างการทำอีรอชันและไดเลชันตามลำดับ คือการเริ่มจากการทำอีรอชันโดยลดจำนวนจุดภาพดำ แล้วตามด้วยการทำไดเลชัน โดยเพิ่มจำนวนจุดดำลงไปในภาพให้เท่ากับจำนวนรอบของการทำอีรอชัน ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การทำโอเพนนิง $A \circ B$

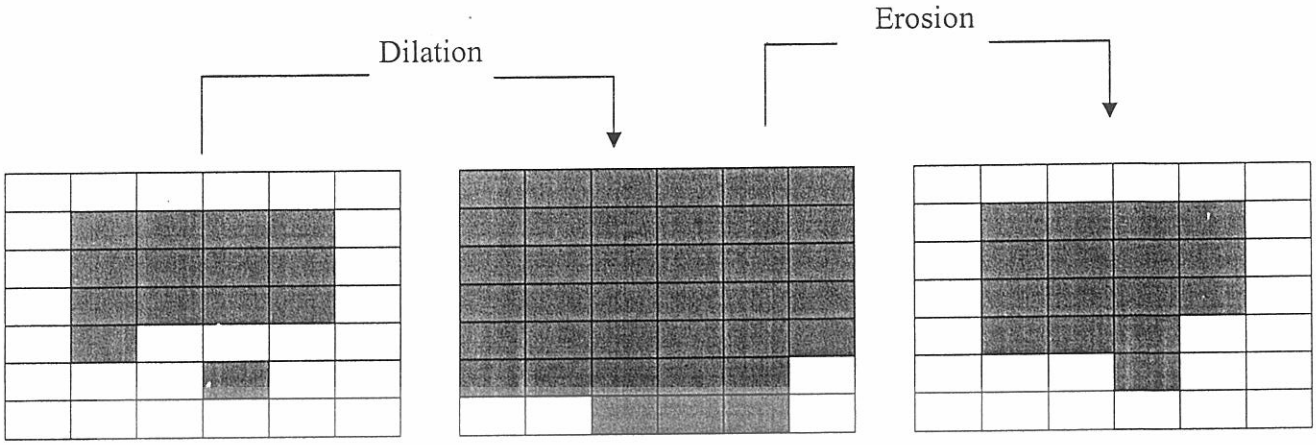
3.1.9.4 โคลสซิง (Closing)

การทำโคลสซิงของเซต A กับสตรักเจอร์อิลิเมนต์ B เขียนแทนด้วย $A \bullet B$ มีนิยามดังนี้

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \tag{3.12}$$

เป็นการทำงานที่มีลำดับตรงข้ามกับการทำโอเพนนิง โดยจะทำไดเลชันและอีรอชันตามลำดับคือจะเริ่มจากการทำไดเลชันโดยเพิ่มจำนวนจุดภาพดำ แล้วตามด้วยการทำอีรอชันโดยลดจำนวนจุดภาพดำของภาพให้เท่ากับจำนวนรอบของการทำไดเลชัน ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การทำโคลสซิง $A \bullet B$

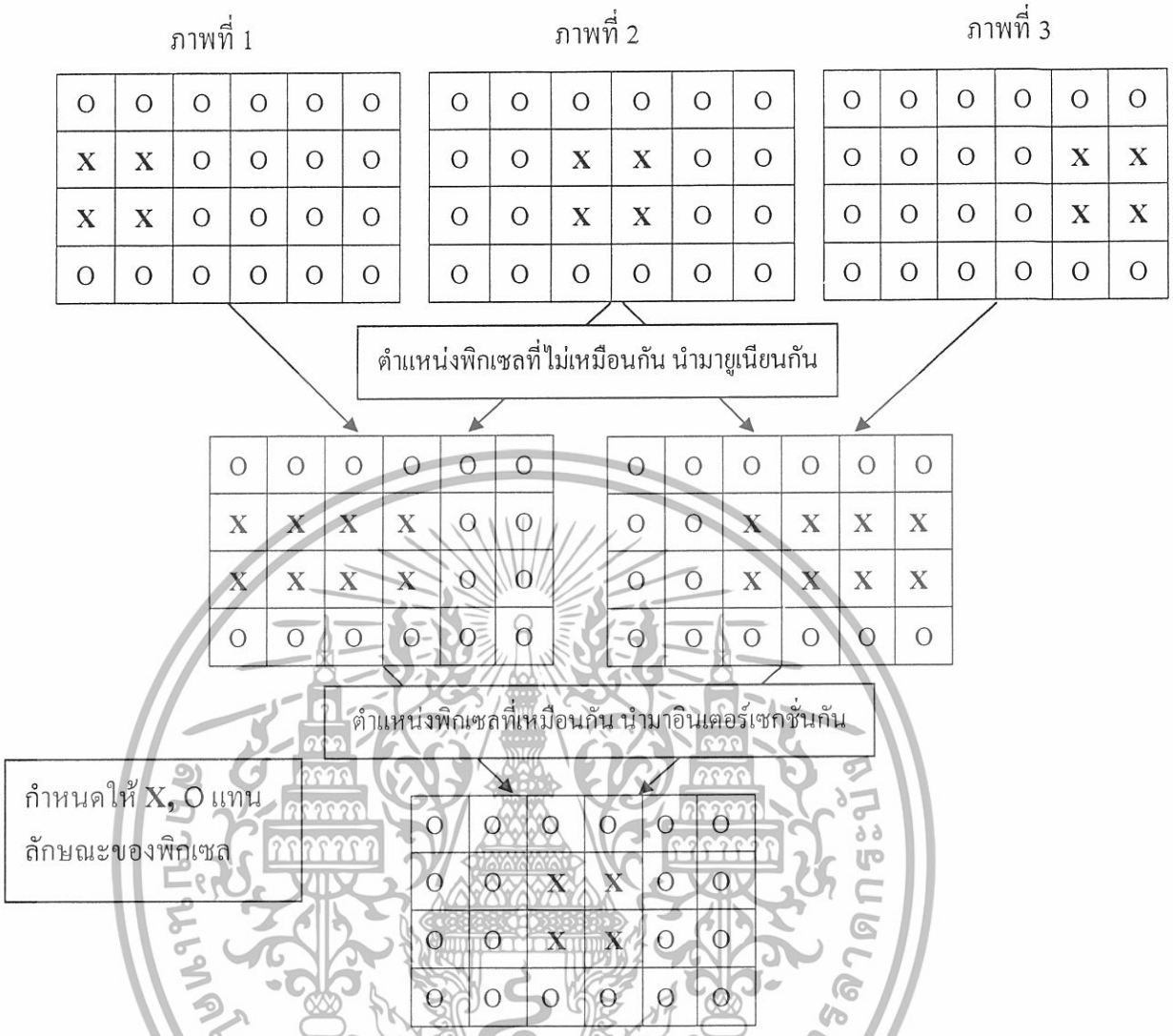
จากวิธีการทำโอเพนนิงและโคลสซิงข้างต้น อาจยังไม่ครอบคลุมพอในการกำจัดสัญญาณรบกวนแบบเกลือและพริกไทย จึงมีการพัฒนาผลลัพธ์ที่ได้จากการทำโอเพนนิงและโคลสซิง โดยนำทั้งสองการทำงานนี้มาทำงานร่วมกันคือ อาจจะทำโอเพนนิงก่อนแล้วตามด้วยโคลสซิงซึ่งเรียกว่า หรือในทางตรงกันข้าม อาจจะทำโคลสซิงก่อนแล้วตามด้วยโอเพนนิง ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการตัดแยกภาพ

3.2.1 การตัดแยกภาพโดยความแตกต่างของเฟรม

ความแตกต่างของเฟรม (Frame Difference) เป็นการตัดแยกภาพวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวในเฟรมที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งจะทำการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของพิกเซลโดยใช้เฟรมภาพชุดละ 3 ภาพ ซึ่งในขั้นตอนแรกจะทำการจับคู่เฟรมภาพที่ 1 กับ 2 และเฟรมภาพที่ 2 กับ 3 จากนั้นนำมาพิจารณาเป็นคู่ๆ ซึ่งคู่แรกคือ ภาพที่ 1 กับภาพที่ 2 คู่ที่สองคือ ภาพที่ 2 กับภาพที่ 3 นำแต่ละคู่มาพิจารณาความแตกต่างระดับพิกเซล โดยพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันของแต่ละคู่ที่มีค่าสีพิกเซลต่างกันจะนำมายูเนียนกัน ส่วนพิกเซลที่ค่าสีไม่ต่างกันก็จะกำหนดเป็นฉากหลัง ในขั้นตอนต่อมาคือ นำผลที่ได้จากการยูเนียนของแต่ละคู่มาทำการอินเตอร์เซกชั่นกัน ซึ่งผลที่ได้คือวัตถุที่มีอยู่ในเฟรมภาพตรงกลาง คือภาพที่ 2 นั่นเอง ดังรูปที่ 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

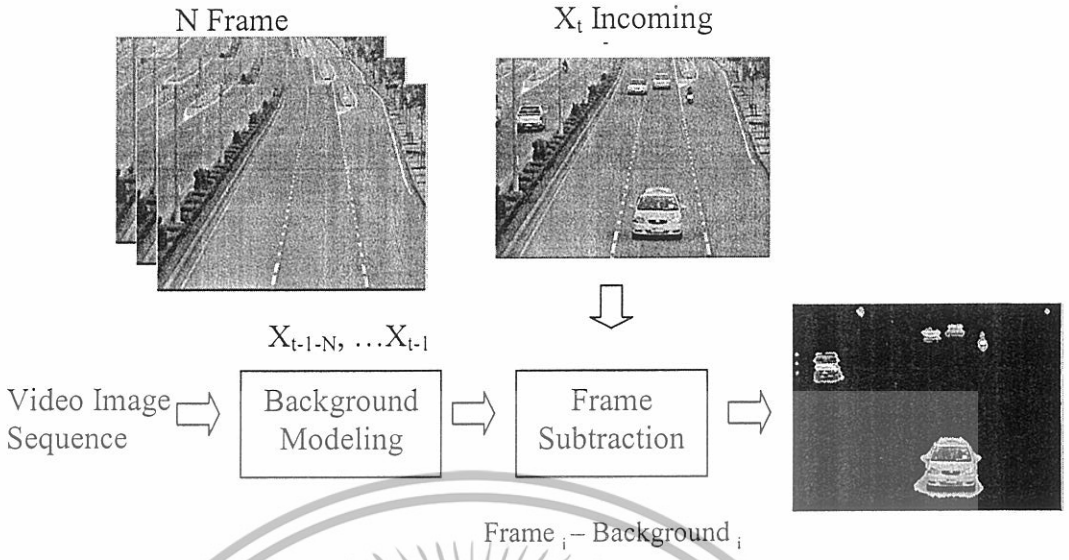


รูปที่ 3.18 อัลกอริทึมการตัดแยกภาพโดยใช้ความแตกต่างของเฟรม

3.2.2 การตัดแยกภาพออกจากฉากหลังโดยการลบฉากหลัง

การตัดแยกวัตถุออกจากฉากหลัง (Background Subtraction) คือ การแยกวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามาใหม่ออกจากฉากหลัง โดยฉากหลังสร้างมาจากแบบจำลอง ซึ่งมีการเรียนรู้ภาพวีดิทัศน์ที่ต่อเนื่องกันจนได้เป็นภาพจำลองฉากหลัง เมื่อรับภาพใหม่เข้ามาให้ทำการเปรียบเทียบกับภาพฉากหลังที่สร้างขึ้น ถ้าพิกเซลตำแหน่งใดเปลี่ยนแปลงไปหมายถึงวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามา ซึ่งส่วนใหญ่พิกเซลที่เปลี่ยนแปลงจะมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อน เช่น ภาพรถยนต์ที่วิ่งเคลื่อนที่เข้ามาเมื่อเปรียบเทียบกับฉากหลังแล้ว จะได้รถยนต์ดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แสดงขั้นตอนการทำ Background subtraction

เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด เช่น ระดับของแสงสว่าง ดังนั้น ถ้าในสภาพแวดล้อมที่เป็นบริเวณฉากหลังนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้กระบวนการลบฉากหลังมีความผิดพลาดได้

3.2.3 การตัดแยกภาพที่มี 2 วัตถุซ้อนทับกัน

3.2.3.1 การตัดแยกภาพโดยการหาเส้นขอบ (Edge Detection)

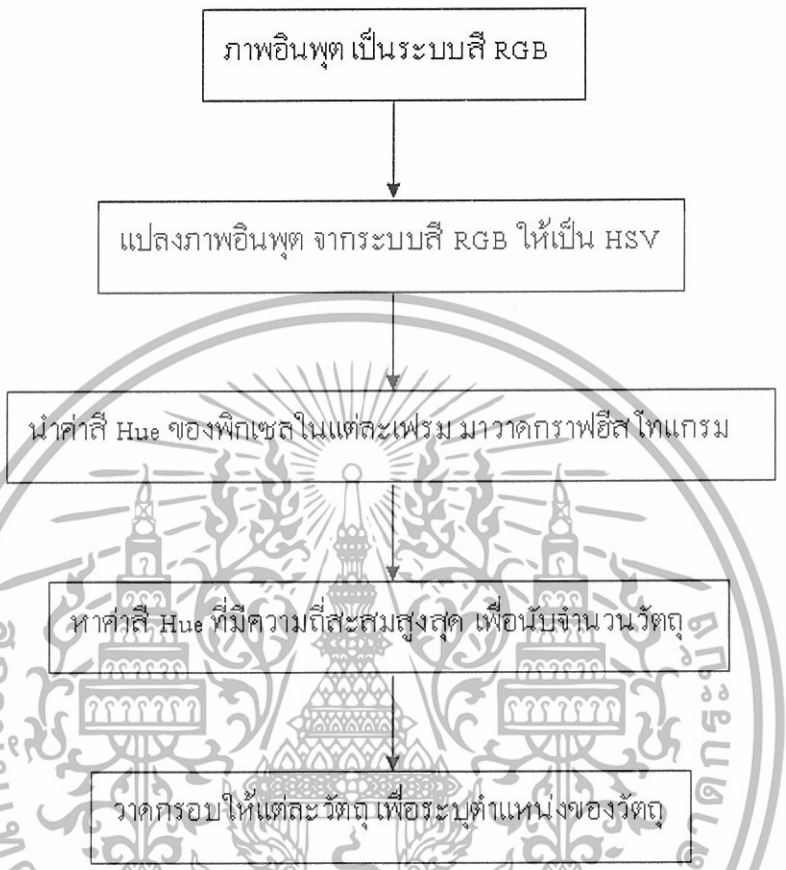
การตัดแยกวัตถุโดยการหาเส้นขอบ (edge detection) คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการตัดแยกภาพโดยการหาเส้นขอบ ซึ่งมีการลดจำนวนพิกเซลที่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของวัตถุที่สนใจออกจากภาพก่อน โดยใช้การกรองแบบใช้หน้าต่างของ Gaussian จากนั้นนำภาพไปหาเส้นขอบโดยใช้วิธี Sobel ซึ่งใช้หน้าต่างขนาด 3x3 เพื่อหาพิกเซลที่เป็นเส้นขอบและหาทิศทางของเส้นขอบ เพื่อติดตามเส้นขอบทั้งหมดในภาพได้ เมื่อทราบทิศทางของเส้นขอบในภาพแล้วจะทำการกำหนดค่าพิกเซลอื่นๆ ที่ไม่ใช่พิกเซลเส้นขอบให้มีค่าเป็น 0 ดังนั้นภาพผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงเส้นขอบของวัตถุในภาพและมีฉากหลังเป็นสีดำ

3.2.3.2 การตัดแยกภาพโดยใช้สี (Color Segmentation)

วิธีการที่เกี่ยวข้องในการตัดแยกวัตถุโดยใช้สี คือ การนำค่าสี (Hue) ซึ่งเป็นค่าตัวแทนสีที่ถูกแทนด้วยองศาต่างๆ ของแต่ละพิกเซล มาวาดกราฟฮีสโทแกรม (Histogram) เพื่อใช้ในการพิจารณานับจำนวนของสีในภาพ โดยจะต้องทำการแปลงภาพอินพุทที่เป็นระบบสี RGB ให้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ HSI หรือ HSV ก่อน จากนั้นทำการหาความถี่สะสมของค่าสี Hue แต่ละสี เพื่อ ไปวาดกราฟฮีสโทแกรมออกมา ทำให้สามารถพิจารณาหาจำนวนของวัตถุในภาพได้ ดังรูปที่ 3.21

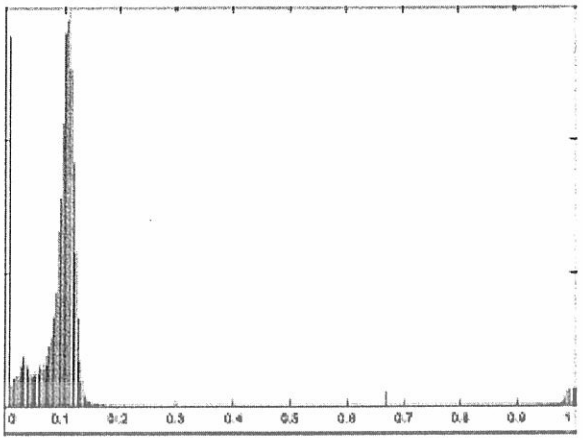


รูปที่ 3.20 อัลกอริทึมการตัดแยกวัตถุโดยใช้สี

3.2.3.2.1 ฮีสโทแกรม

ฮิสโทแกรม (Histogram) คือกราฟแท่งสี่เหลี่ยมที่ใช้แสดงความถี่ของข้อมูล โดยอาศัยพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าคล้ายกับการนำเสนอข้อมูลแบบกราฟแท่ง โดยที่แต่ละแท่งจะติดกัน เพราะใช้ขอบเขตล่างและขอบเขตบนของข้อมูลแต่ละชั้น มาแบ่งหน่วยบนแกนแนวนอน (แกน X) ส่วนแกนแนวตั้ง (แกน Y) แสดงความถี่ของข้อมูล ฮิสโทแกรมถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาพอย่างกว้างขวางด้วยเหตุผลที่ว่า ฮิสโทแกรมสามารถแสดงผลของข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างกระชับ โดยแสดงผลในรูปของกราฟแท่งสี่เหลี่ยมที่ดังรูป 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



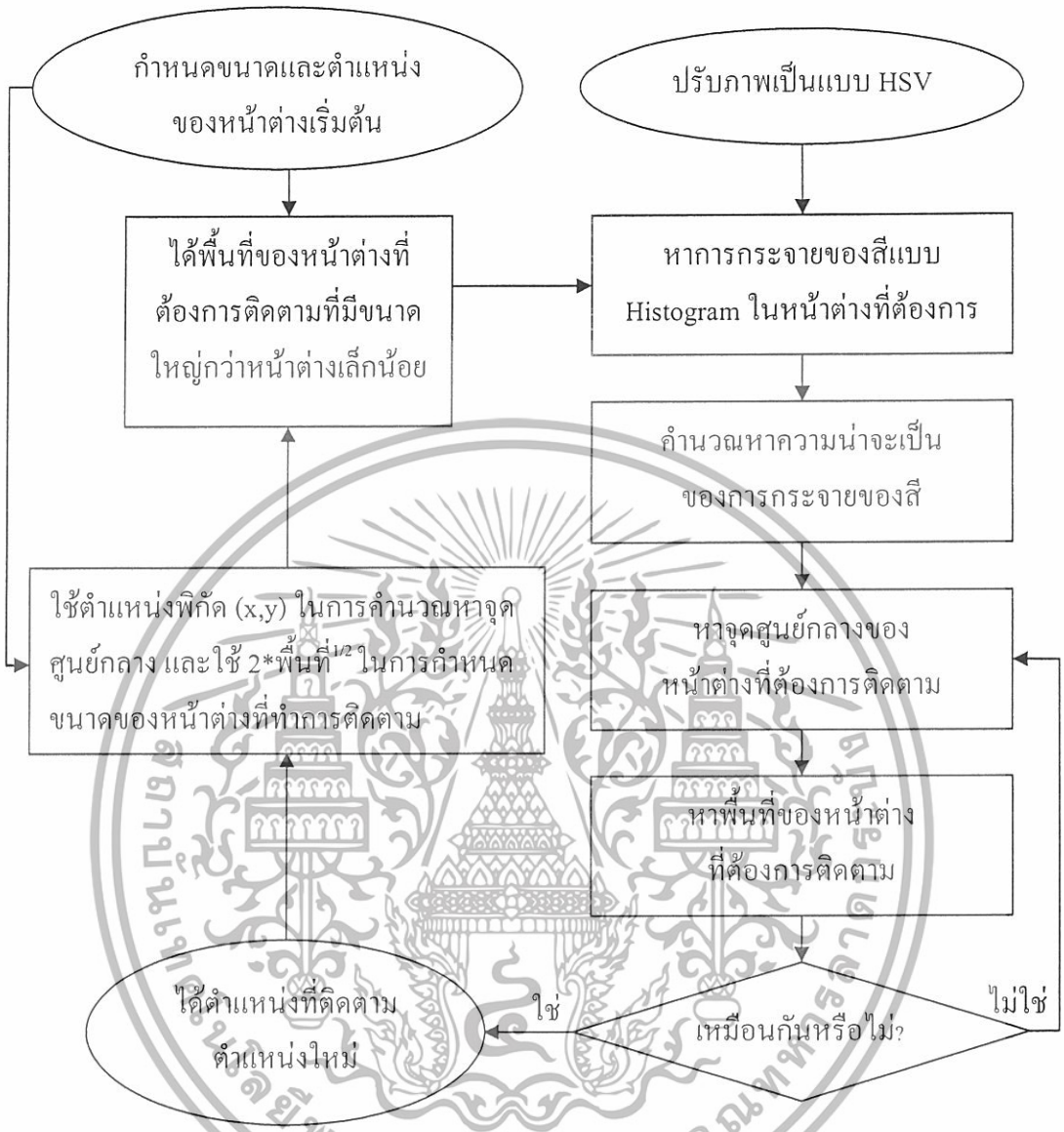
รูปที่ 3.21 ฮิสโทแกรมแสดงผลของข้อมูลในรูปของกราฟแท่งสี่เหลี่ยม

3.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการติดตามยานพาหนะ

3.3.1 การติดตามยานพาหนะโดยใช้อัลกอริทึม Camshift

CamShift เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่ใช้ในการติดตามยานพาหนะ ซึ่งอัลกอริทึมนี้จะทำการติดตามยานพาหนะที่เคลื่อนที่ โดยนำภาพแต่ละเฟรมมาปรับเป็นการกระจายของสีโดยใช้ฮีสโทรแกรมและใช้ตำแหน่งและค่าสีของยานพาหนะในการติดตามยานพาหนะ ซึ่งมีขั้นตอนดังภาพรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



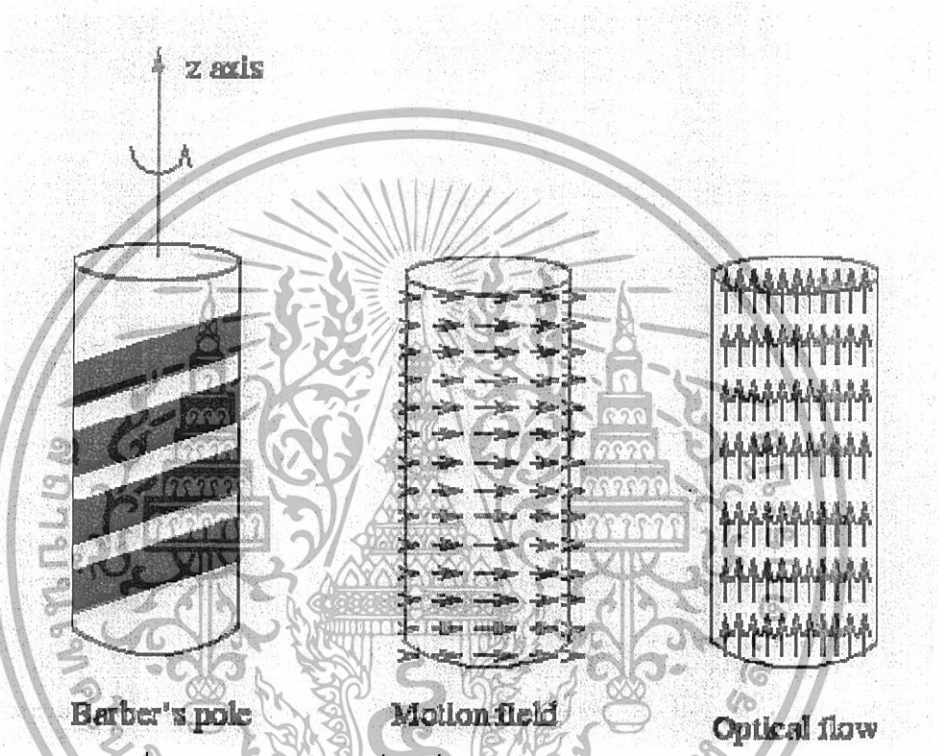
รูปที่ 3.22 อัลกอริทึมการติดตามวัตถุโดยใช้ CamShift

จากภาพ เป็นการติดตามวัตถุโดยใช้อัลกอริทึมของ CamShift ซึ่งจะต้องทำการ กำหนดขนาดและตำแหน่งของหน้าต่างที่ต้องการติดตามเริ่มต้น จากนั้นจะนำไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางและพื้นที่ โดยพื้นที่คำนวณจาก 2 * พื้นที่ที่กำหนดตอนเริ่มต้น ซึ่งจะได้เป็นหน้าต่างที่มีพื้นที่ใหญ่กว่าเล็กน้อยเพื่อใช้ในการประมาณค่าสีรอบข้างในเฟรมถัดไป จากนั้นจะทำภาพให้เป็นแบบ HSV แล้วหาการกระจายของสีแบบฮีสโทรแกรม แล้วนำไปหาความน่าจะเป็นของการกระจายของสีเพื่อนำไปหาจุดศูนย์กลางและพื้นที่ในตำแหน่งใหม่ ซึ่งเมื่อได้ตำแหน่งใหม่แล้วก็นำไปเปรียบเทียบกับตำแหน่งเดิมสอดคล้องกันหรือไม่ ถ้าสอดคล้องกันก็จะได้ตำแหน่งที่ใช้ติดตามวัตถุใหม่ แต่ถ้าไม่สอดคล้องกันก็จะต้องกลับไปหาจุดศูนย์กลางและพื้นที่ตำแหน่งใหม่อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การติดตามยานพาหนะโดยใช้ทิศทางการเคลื่อนที่

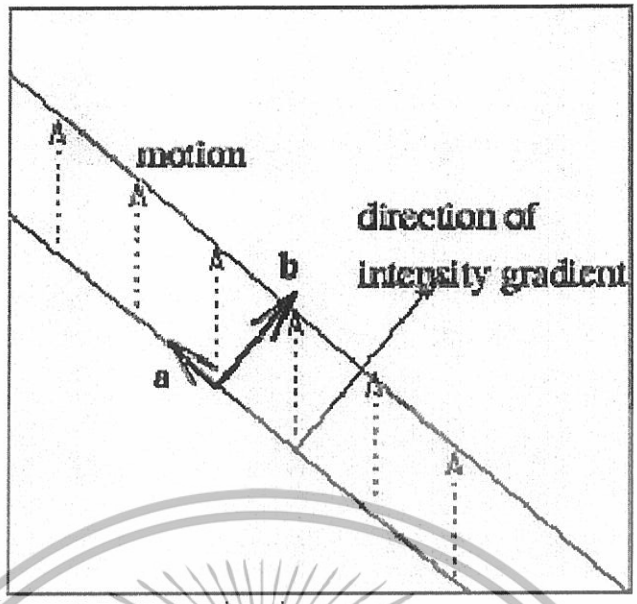
Optical flow เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่ใช้ในการติดตามยานพาหนะ ซึ่งจะจับการเคลื่อนที่โดยใช้ส่วนที่เป็นแสงสว่าง โดยปกติแล้ว Optical flow จะมีลักษณะเช่นเดียวกับแนวการเคลื่อนที่ปกติ (Motion field) แต่ก็ไม่เสมอไป ยกตัวอย่างเช่น Motion field และ Optical flowของการหมุนของแท่งกลม ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 รูปแบบการเคลื่อนที่ของ Motion field และ Optical flow

ปัญหาก็คือ เราจะสามารถหาได้เฉพาะ Optical flow เชิง 2 มิติว่าเป็นไปในทิศทางใด แต่จะไม่สามารถบอกเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบ 3 มิติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 ทิศทางการเคลื่อนที่ของ Motion field และ Optical flow

กำหนดให้ความเข้มคือ I(x, y, t) เป็นฟังก์ชั่นของตัวแปร x, y, t เพื่อที่จะบอกได้ว่า I ที่จุด (x, y) ใดเปลี่ยนตามเวลา จึงทำการหาอนุพันธ์เทียบกับเวลา

$$\Delta I = \frac{dI}{dx}\Delta x + \frac{dI}{dy}\Delta y + \frac{dI}{dt}\Delta t \tag{3.13}$$

หรือเขียนให้อยู่ในรูป Partial Derivative ได้

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\partial I}{\partial x}\frac{dx}{dt} + \frac{\partial I}{\partial y}\frac{dy}{dt} + \frac{\partial I}{\partial t} \tag{3.14}$$

และตั้งสมการว่าความเข้มแสงของ Image intensity function มี lighting condition คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้น จึงได้

$$\frac{dI}{dt} = 0 \tag{3.15}$$

ดังนั้น

$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \tag{3.16}$$

สมการนี้เรียกว่า Optical flow constraint equation ซึ่งจะแสดงถึงค่าคงที่ของ u (ความเร็วในแนวของแกน x) และ v (ความเร็วในแนวของแกน y) ใน optical flow หรืออาจจะเขียนได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\left(I_x, I_y\right)\cdot\left(u, v\right) = I_t \tag{3.17}$$

จากสมการนี้ มี 2 ตัวแปรและมี 1 สมการ ซึ่งเรียกว่าเป็น aperture problem ซึ่งมีคำตอบมากมาย ซึ่งมี 2 วิธีหลักที่จะประมาณค่าคือ

ก) เปลี่ยน Motion problem ให้เป็น stereo problem และหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวเลขสองจุดในรูปที่เวลา t ณ เวลา t + δt

ข) คำนวณ optical flow และใช้คุณสมบัติทางเรขาคณิตมาพิจารณาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่

3.4 ไลบารี่ OpenCV

จากที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลจากเอกสารคู่มืออธิบายรายละเอียดของโครงสร้าง , หน้าที่การทำงานและบทบาทของ OpenCV (the Open Source Computer Vision Library) สำหรับสถาปัตยกรรมแบบอินเทล จุดประสงค์หลักเพื่อใช้สำหรับคอมพิวเตอร์วิชั่นแบบเวลาจริง ได้แก่ การระบุวัตถุ การทำการตัดแยกวัตถุและการจดจำวัตถุ, การจดจำใบหน้า, การจดจำท่าทาง ฯลฯ การทำงานของ OpenCV กับภาพที่เป็นอินพุต มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง และมีค่าใช้จ่ายต่ำ ซึ่งเอกสารนี้ได้กล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง OpenCV กับ ไลบารี่อื่นๆ

OpenCV ออกแบบมาให้ใช้งานร่วมกับอินเทล IPL (Image Processing Library) และยังขยายการทำงานไปยังการวิเคราะห์ภาพและรูปแบบ ดังนั้น OpenCV จึงสามารถใช้งานร่วมกับรูปแบบภาพอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกับ IPL ได้ OpenCV ยังใช้ Intel Integrated Performance Primitives (IPP) ในระดับต่ำอีกด้วย IPP ปรากฏบนหลายสภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการ รวมถึง IA32, IA64, และ Strong-Arm เป็นต้น OpenCV สามารถใช้งาน IPP บนสภาพแวดล้อมของระบบปฏิบัติการเหล่านี้ได้

3.4.2 ความต้องการด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์

ซอฟแวร์ OpenCV ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งอยู่บนพื้นฐานของหน่วยประมวลผลสถาปัตยกรรมอินเทลและยังสามารถทำงานบนไมโครซอฟวินโดว์ 95, 98, 2000 หรือ NT และสามารถใช้งานบนโปรแกรมประยุกต์ หรือ ไลบรารี่ในภาษา C/C++

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 คำอธิบายฟังก์ชัน

กล่าวถึงชื่อฟังก์ชันและคำอธิบายว่าฟังก์ชันใช้เพื่ออะไรอย่างคร่าวๆ ซึ่งคำอธิบายจะกล่าวถึงความบ่อยครั้งของการเรียกใช้งานฟังก์ชัน คำจำกัดความของอาร์กิวเมนต์ของฟังก์ชัน คำอธิบายเพิ่มเติมว่าฟังก์ชันใช้เพื่ออะไร ตามลำดับ นอกจากนี้คำอธิบายยังประกอบด้วย

-Arguments บอกถึงอาร์กิวเมนต์ทุกตัวของฟังก์ชัน

-Discussion ระบุกระบวนการที่ถูกใช้โดยฟังก์ชันรวมถึงการอธิบายถึงฟังก์ชันด้วย

3.4.4 สัญลักษณ์ที่ใช้เขียนโปรแกรมทั้งหมดใน OpenCV

3.4.4.1 รูปแบบตัวอักษรในไลบารี่ OpenCV

THIS TYPE STYLE: เป็นแบบอักษรที่ใช้แสดงข้อความ สำหรับคำอธิบายใน OpenCV เช่น CV_SEQ_KIND_GRAPH

This type style: เป็นการรวมระหว่างตัวพิมพ์ใหญ่และเล็ก เป็นแบบอักษรที่ใช้ในการเขียนชื่อฟังก์ชัน, ตัวอย่าง การเขียนโปรแกรม, ส่วนเรียกฟังก์ชันอื่น เช่น int cvFindContours().

This type style: เป็นแบบอักษรที่ใช้ในการเขียนชื่อตัวแปรในอาร์กิวเมนต์

3.4.4.2 การกำหนดชื่อในไลบารี่ OpenCV

OpenCV ใช้การกำหนดชื่อสำหรับ

- ตัวกำหนดค่าคงที่ (constant identifier) ใช้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด
- ชื่อของฟังก์ชันในโปรแกรม ขึ้นต้นด้วย cv
- ฟังก์ชันภายนอกขึ้นต้นด้วย cv ส่วนชื่อของโครงสร้างขึ้นต้นด้วย Cv

แต่ละคำของชื่อฟังก์ชันจะขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่โดยไม่ใช้ "_" (underscore) เช่น cvContourTree

3.4.4.3 การเขียนชื่อฟังก์ชันในไลบารี่ OpenCV

ชื่อของฟังก์ชันในไลบารี่ของ OpenCV จะขึ้นต้นด้วย cv และตามด้วยรูปแบบดังนี้ cv <action> <target> <mod> () เมื่อ

action คือ แสดงหน้าที่หลักของฟังก์ชัน

target คือ ระบุพื้นที่ที่จะใช้ในการประมวลผลภาพ

mod คือ จะมีหรือไม่ก็ได้ จะแสดงการเปลี่ยนแปลงแก่หน้าที่หลักของฟังก์ชัน เช่น cvFindExtrinsicCameraParams_64d, _64d แสดงถึงฟังก์ชันเฉพาะสำหรับค่าคงที่ 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

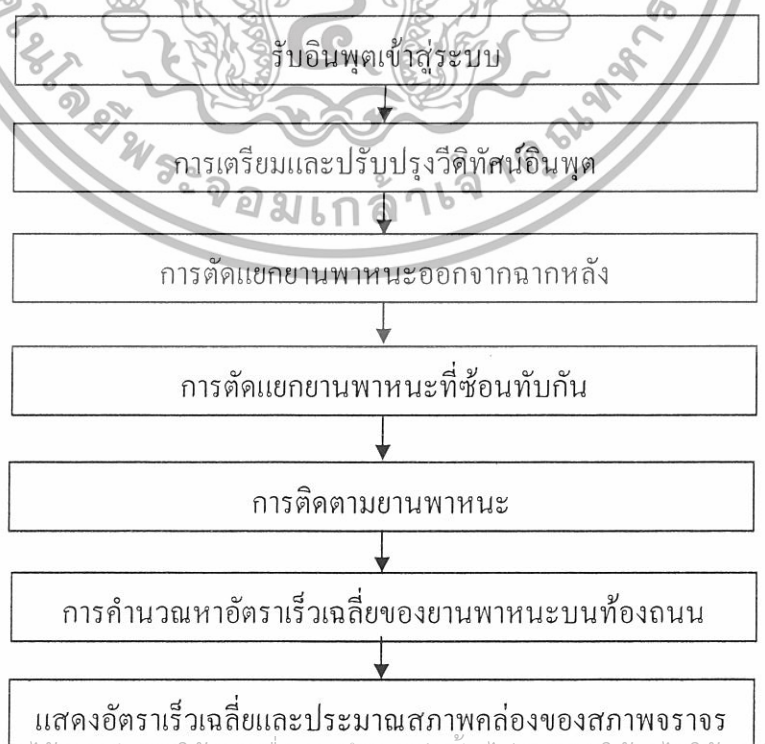
บทที่ 4
การพัฒนาระบบการตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์

4.1 ความต้องการของระบบ

เนื่องจากระบบการตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์จะทำการรับอินพุตเป็นภาพวีดิทัศน์การจราจรเข้ามาประมวลผลทางภาพ (image processing) เพื่อคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยของรถในขณะนั้น แล้วจึงรายงานสภาพคล่องการจราจรออกมา ดังนั้น จึงเริ่มพัฒนาระบบตั้งแต่ส่วนการเตรียมและปรับปรุงวีดิทัศน์อินพุต กระบวนการตัดแยกยานพาหนะ กระบวนการติดตามยานพาหนะ กระบวนการคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยและประมาณสภาพคล่องการจราจรของระบบ

4.2 การออกแบบภาพรวมของระบบ

กระบวนการทำงานของระบบตรวจสอบสภาพการจราจรนั้นประกอบไปด้วย ขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยเริ่มจากรับวีดิทัศน์อินพุตสภาพการจราจร แล้วจึงนำภาพไปประมวลผลโดยใช้หลักการการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง การตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน และการติดตามยานพาหนะ แล้วจึงทำการคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ เพื่อนำความเร็วเฉลี่ยที่ได้ไปทำการประมาณสภาพคล่องของการจราจร



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของระบบตรวจสอบการจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 การเตรียมอินพุตจากกล้องวีดิทัศน์ จะต้องทำการเชื่อมต่อกล้องกับระบบ จากนั้น เมื่อรับอินพุตวีดิทัศน์เข้าสู่ระบบ แล้วนำอินพุตวีดิทัศน์นั้นมาผ่านการฟิลเตอร์เพื่อลดสัญญาณรบกวนต่างๆ และเพื่อความง่ายในการนำภาพไปประมวลผลในกระบวนการลำดับถัดไป เมื่อทำการปรับปรุงภาพอินพุตแล้วจึงนำมาประมวลผลในขั้นตอนการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง โดยการจับความเคลื่อนที่ ถ้าวัตถุที่มีการเคลื่อนที่จะถือว่าเป็นยานพาหนะ และส่วนที่ไม่มีการเคลื่อนที่จะถือว่าเป็นฉากหลัง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ได้เป็นวัตถุยานพาหนะที่ยังคงสีและลักษณะของยานพาหนะเดิมอยู่ซึ่งไม่มีฉากหลังอยู่ แต่ในขั้นตอนนี้ยังไม่สามารถตัดแยกยานพาหนะที่ติดกันหรือซ้อนทับกันได้ จึงต้องนำมาประมวลผลต่อในขั้นตอนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน ซึ่งขั้นตอนนี้จะนำผลลัพธ์จากขั้นตอนการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง มาเป็นอินพุต ซึ่งจะมุ่งเน้นในการแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันออกจากกัน และได้ผลลัพธ์คือยานพาหนะที่แยกกันอิสระ และมีคุณลักษณะของแต่ละยานพาหนะได้แก่ ตำแหน่ง, ขนาด, สี ซึ่งนำผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้ไปใช้ในขั้นตอนการติดตามยานพาหนะ การติดตามยานพาหนะนี้จะทำการติดตามวัตถุตำแหน่ง, ขนาด, สี โดยทำการเปรียบเทียบวัตถุยานพาหนะในเฟรมปัจจุบันกับเฟรมถัดไป ถ้าวัตถุมีตำแหน่ง, ขนาด, สี ที่สอดคล้องกันก็จะถือว่าเป็นยานพาหนะคันเดียวกัน และทำการติดตามยานพาหนะโดยวิธีการเปรียบเทียบเฟรมดังกล่าว จนกระทั่งยานพาหนะนั้นหลุดออกจากฉากไป ส่วนการคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนท้องถนนจะคำนวณจากระยะทางเทียบกับเวลา ซึ่งหาระยะทางได้จากระยะห่างมาตรฐานของเสาไฟฟ้า (40 เมตร) และเวลาได้จากจำนวนเฟรมที่เริ่มตั้งแต่เสาไฟฟ้าเริ่มต้นจนกระทั่งเสาไฟฟ้าถัดไป แล้วนำไปหารด้วยจำนวนเฟรมต่อวินาทีของกล้องวีดิทัศน์ ซึ่งจะได้อัตราเร็วของยานพาหนะคันนั้น แล้วนำความเร็วของยานพาหนะแต่ละคันมาคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ย จากนั้นจึงนำอัตราเร็วเฉลี่ยมาประมาณสภาพคล่องของการจราจร

4.3 ส่วนการออกแบบโครงสร้างการเขียนโปรแกรมเพื่อพัฒนาระบบ

จากการที่ทำการพัฒนาในแต่ละส่วนงานแล้ว จากนั้นจะต้องนำในแต่ละส่วนมารวมกันหรือทำงานร่วมกัน จึงได้สร้างไฟล์ซึ่งจะเป็นไฟล์หลักที่จะเรียกเพื่อใช้งานโปรแกรมทำงาน โดยไฟล์จะประกอบด้วยโครงสร้างการเก็บข้อมูลและฟังก์ชันการทำงาน ได้แก่ ส่วนการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง, ส่วนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันและส่วนการติดตามยานพาหนะ, ส่วนการคำนวณความเร็วของยานพาหนะ โดยมีการทำงานเรียงตามลำดับ ซึ่งมีโครงสร้างโปรแกรมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
struct Vehicle{
    . . .
    Center;
    Size;
    Hist;
    Speed;
    . . .
} CarObject;
Main{
        Segment(vedioInput)
            Return  ForegroundObject;
        Analyze(ForegroundObject)
            Return  CarObject;
        Track(CarObject)
            Return  Time;
        Calculate(Time)
            Return  Speed;
}
```

4.3.1 การเตรียมและปรับปรุงวีดิทัศน์อินพุต

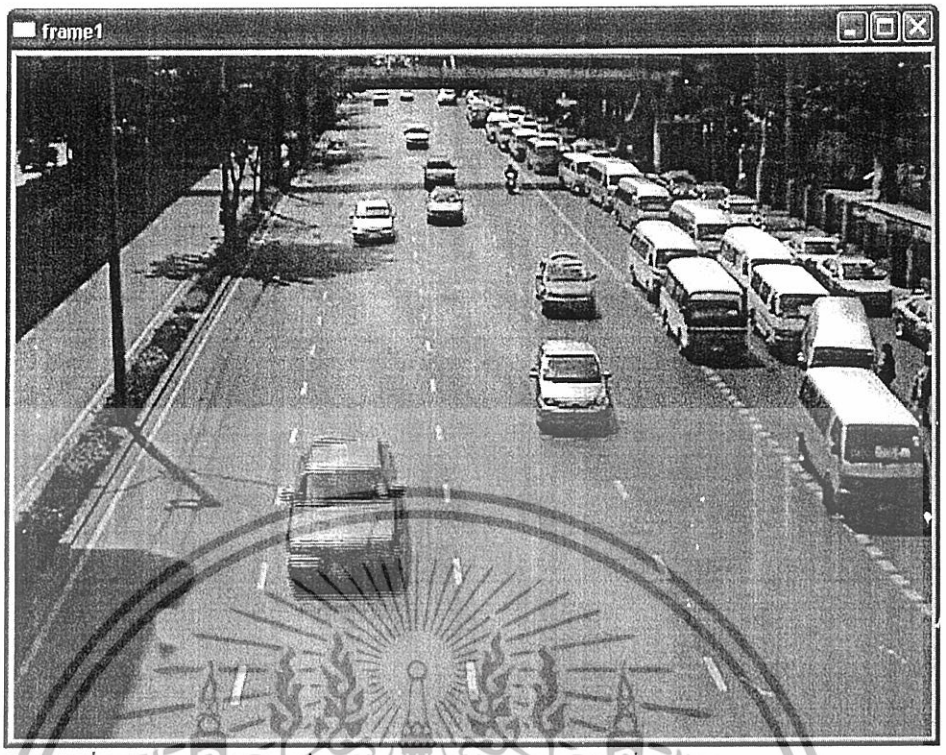
ได้ทำการเตรียมวีดิทัศน์ที่จะเป็นอินพุตของระบบ โดยสามารถเชื่อมต่อกล้องวีดิทัศน์เข้ากับโปรแกรมระบบตรวจสอบสภาพจราจร

4.3.2 ส่วนการตัดแยกภาพเพื่อแยกภาพจากฉากหลัง

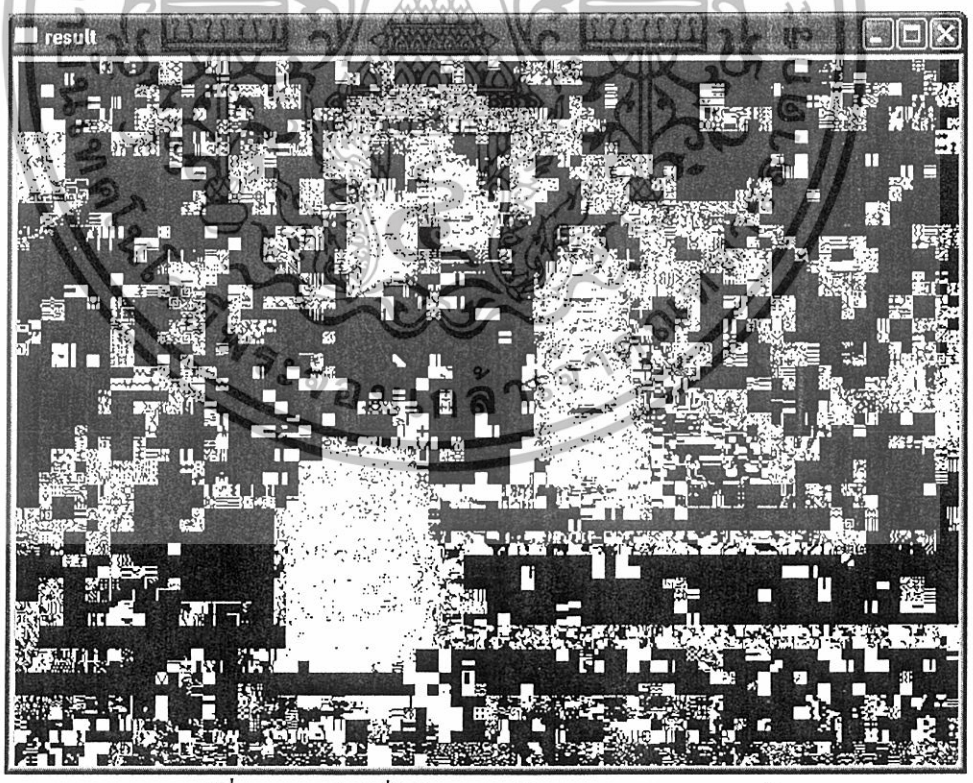
4.3.2.1 การพัฒนาเริ่มต้น

การตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลังได้พัฒนา โดยใช้หลักการของความแตกต่างของเฟรมปัจจุบันกับเฟรมถัดไป ซึ่งถ้าค่าสีในระดับพิกเซลของเฟรมปัจจุบันกับเฟรมถัดไปมีค่าเท่ากัน จะให้ค่าเป็นสีดำเพื่อแทนเป็นฉากหลัง และถ้าค่าสีในระดับพิกเซลของเฟรมปัจจุบันกับเฟรมถัดไปมีค่าไม่เท่ากัน จะให้ค่าเป็นสีขาวเพื่อแทนเป็นวัตถุยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เฟรมปัจจุบันที่นำมาใช้ในการตัดแยกภาพเพื่อแยกภาพจากฉากหลัง



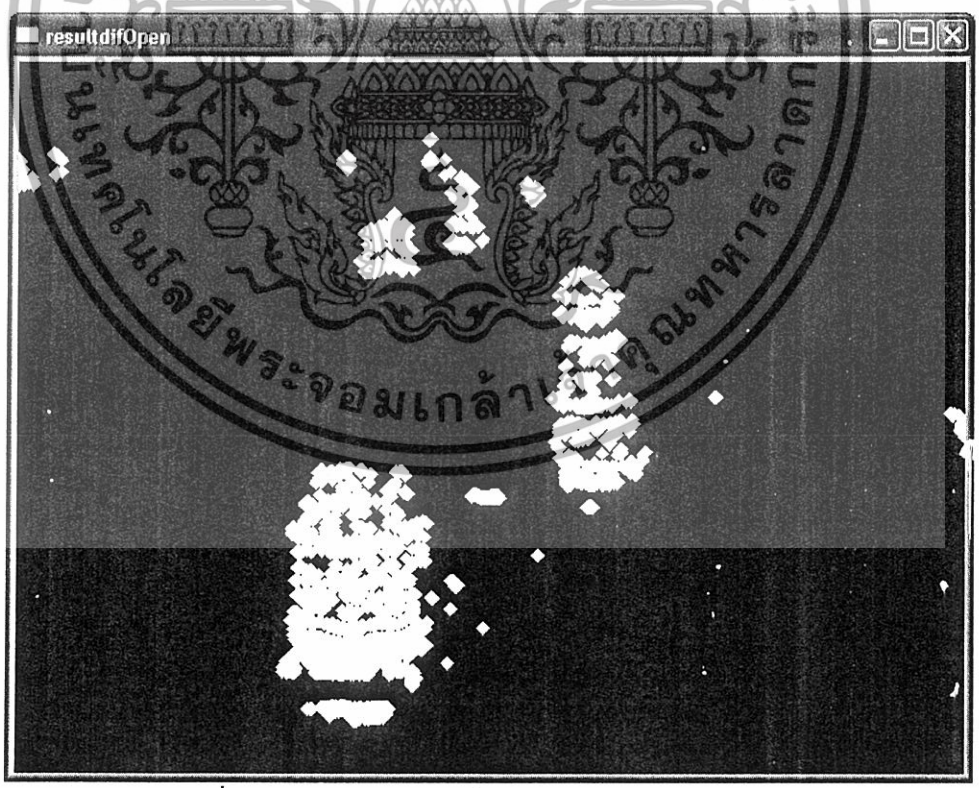
รูปที่ 4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกภาพจากฉากหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพัฒนาในส่วนของการตัดแยกยานพานหะออกจากฉากหลัง ยังมีข้อผิดพลาดอยู่มากเนื่องจาก วัตถุที่เคลื่อนที่นั้นไม่ใช่เพียงเป็นยานพาหนะอย่างเดียว ทำให้มีการจับส่วนอื่นที่ไม่ใช่ยานพาหนะมาด้วย ซึ่งในการพัฒนาต่อไปจะทำการปรับปรุงภาพก่อนนำมาทำการตัดแยกภาพ เพื่อลดสิ่งรบกวนในภาพ ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่เพียงเล็กน้อยของวัตถุที่ไม่ใช่ยานพาหนะออกไป

4.3.2.2 การพัฒนาเฟสสอง

ได้พัฒนาต่อจากการพัฒนาเริ่มต้นที่มีปัญหาเรื่องสิ่งรบกวนในภาพทำให้การตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง ค่อนข้างหยาบตามรูปที่ 4.3 ดังนั้นก่อนที่จะนำภาพเข้าตัดแยกต้องทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพเสียก่อน เพื่อนลดสิ่งรบกวนได้แก่ การทำให้ภาพเรียบ(Smooth) เป็นเทคนิคหนึ่งของการปรับปรุงภาพ จากนั้นนำภาพไปเข้ากระบวนการเหมือนขั้นตอนการพัฒนาในเฟสเริ่มต้น เมื่อได้ผลลัพธ์ตามรูปที่ 4.3 แล้วต่อไปจะใช้วิธีการตัดสิ่งรบกวนโดยการทำโอเพนนิง (Opening) หลักการตามที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 3.1.9.3 คือลดจำนวนจุดลงก่อนแล้วค่อยเพิ่มจำนวนจุดให้เท่ากับจำนวนรอบ จะได้ตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากผ่านวิธีการ Opening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

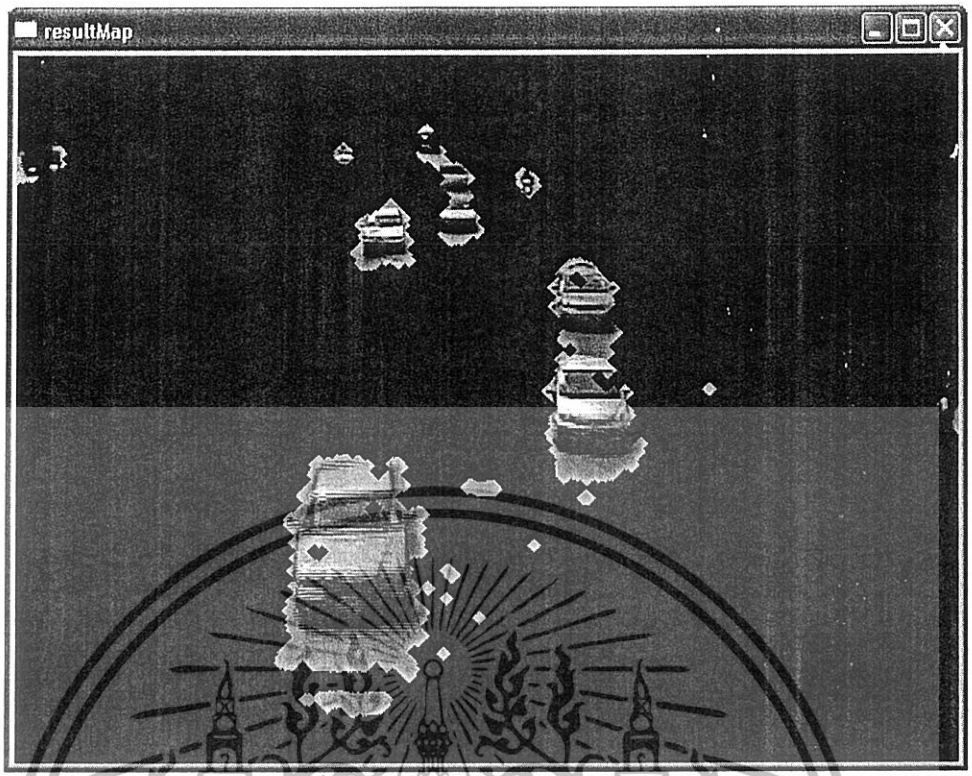
จากรูป 4.4 สังเกตว่าภาพผลลัพธ์ที่ได้แต่ละกลุ่มสีขาวคล้ายกับลักษณะของรถยนต์ที่ไม่ต่อเนื่องพอ จึงควรลดจำนวนช่องว่างภายในภาพโดยทำให้ภาพเชื่อมติดกันหรือปิดช่องว่างภายในกลุ่มด้วยวิธีการโคลสซิง (Closing) ตามหัวข้อ 3.1.9.4 ที่ได้กล่าวมาแล้ว คือเพิ่มจำนวนจุดภาพดำแล้วตามด้วยการลดจำนวนจุดภาพดำของภาพในจำนวนครั้งที่เท่ากัน ซึ่งผลที่ได้แต่ละกลุ่มก้อนเป็นหนึ่งวัตถุ อาจจะหมายถึงยานพาหนะหรือสิ่งรบกวนที่ยังเหลืออยู่



รูปที่ 4.5 แสดงภาพผลลัพธ์หลังจากผ่านวิธีการ Closing

จากนั้นทำการเปรียบเทียบระหว่างช่องว่างที่เราคิดว่าเป็นตัวรถยนต์กับรูปต้นแบบ ผลที่ได้ตามรูปที่ 4.6 เพื่อที่จะนำผลลัพธ์นี้ไปทำในขั้นตอนต่อไปคือการแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันโดยการใช้สี (Color Segmentation) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

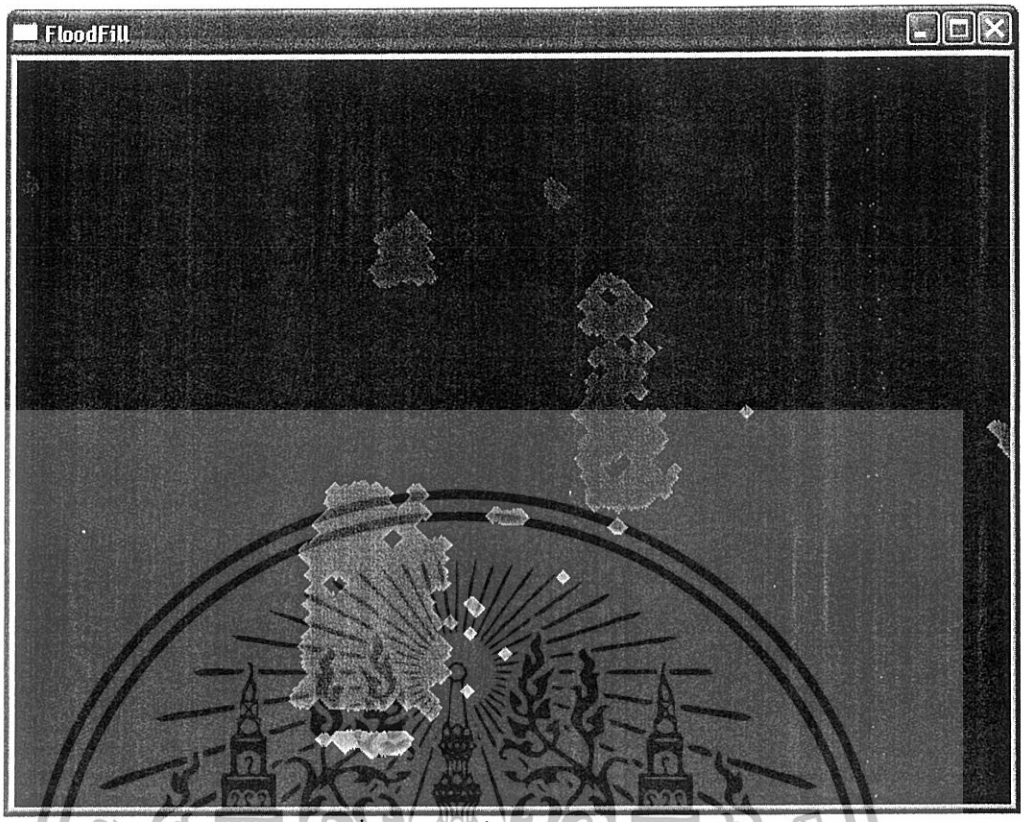


รูปที่ 4.6 การตัดแยกภาพออกจากวัตถุ

4.3.2.3 การพัฒนาเฟสสาม

จากการทำการพัฒนาในส่วนงานที่แล้ว การตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง ได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งเกิดข้อผิดพลาดในเรื่องการแยกพาหนะที่มีการจับส่วนอื่นที่ไม่ใช่ยานพาหนะมาด้วย ในขั้นตอนการพัฒนาเฟสนี้จะทำการปรับปรุงภาพโดยใช้เทคนิค FloodFill คือ การเทสีลงบนพิกเซลที่ติดกันในลักษณะเป็นกลุ่ม เพื่อระบุพิกเซลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ในที่นี้เรากำหนดให้เทสีระดับขาว-เทา โดยเพิ่มค่าของระดับสี ทีละ +10 ดังนั้นจะได้ค่าสีที่ต่างกันในแต่ละกลุ่มก้อน ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ภาพที่ได้หลังจากการทำ FloodFill



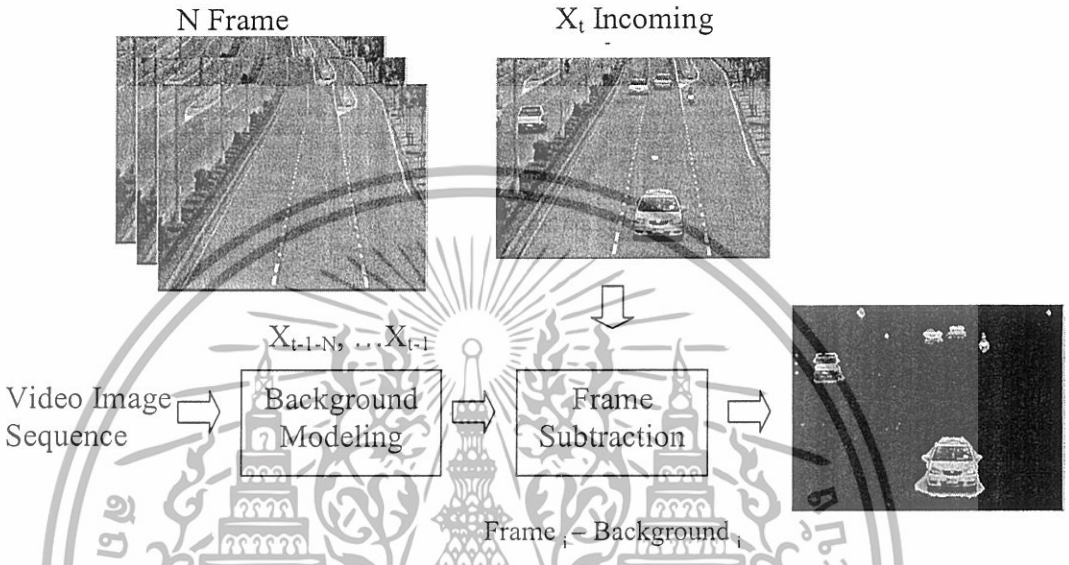
รูปที่ 4.8 แสดงจำนวนวัตถุทั้งหมดในภาพหลังจากการทำ FloodFill

สิ่งที่พัฒนามาแล้วจนถึงเฟสนี้ คือ การลงสีในวัตถุ Foreground ที่ทำการตัดแยกได้ ให้เป็นสีที่แตกต่างกันโดยใช้การ FloodFill และสามารถนับจำนวนวัตถุ Foreground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 การพัฒนาล่าสุด

ได้นำการลบฉากฉากหลัง (Background Subtraction) มาประยุกต์ใช้เพื่อหาฉากหลัง โดยการจำลองฉากหลัง แล้วนำอินพุตที่เป็นไฟล์วีดิทัศน์มาเปรียบเทียบจะได้วัตถุโฟล์กราว (Foreground Object) คือวัตถุที่ไม่มีฉากหลัง ตามรูปที่ 4.9

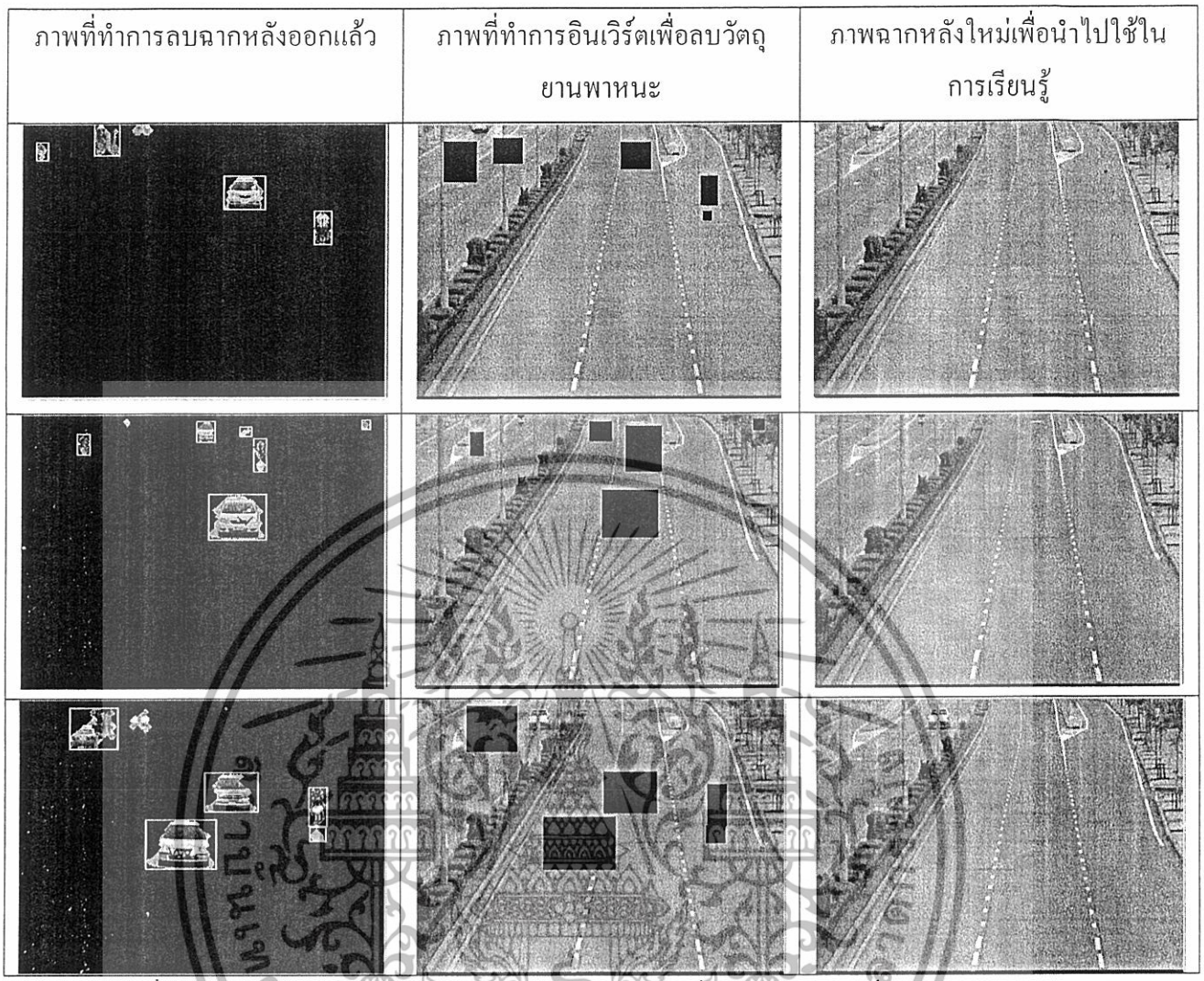


รูปที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการทำ Background Subtraction

จากนั้นนำวัตถุโฟล์กราวหรือยานพาหนะมาหาเส้นขอบ เพื่อกำหนดตำแหน่ง จะได้วัตถุตามรูปที่ 4.10 ภาพที่ทำการลบฉากหลังออกแล้ว ที่มีเส้นขอบที่เกิดจากการใช้เทคนิคคอนทัวร์ คือการหาเส้นขอบของวัตถุแล้วเลือกจุดที่อยู่ริมสุดทั้งซ้ายขวาและบนล่าง วาดเป็นรูปสี่เหลี่ยม

การปรับปรุงฉากหลัง จะทำการปรับปรุงเป็นระยะๆ โดยจากภาพที่ทำการลบฉากหลังออกแล้ว นำมาทำการอินเวิร์ตเพื่อเอาเฉพาะฉากหลังที่ไม่มียานพาหนะอยู่ แล้วนำภาพที่การตัดยานพาหนะออกแล้วไปทำการเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลองฉากหลังใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงภาพที่ทำการลบฉากหลังออกแล้ว, ภาพที่ทำการอินเวิร์ตเพื่อลบวัตถุยานพาหนะ และภาพฉากหลังใหม่เพื่อนำไปใช้ในการเรียนรู้

4.3.3 ส่วนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน

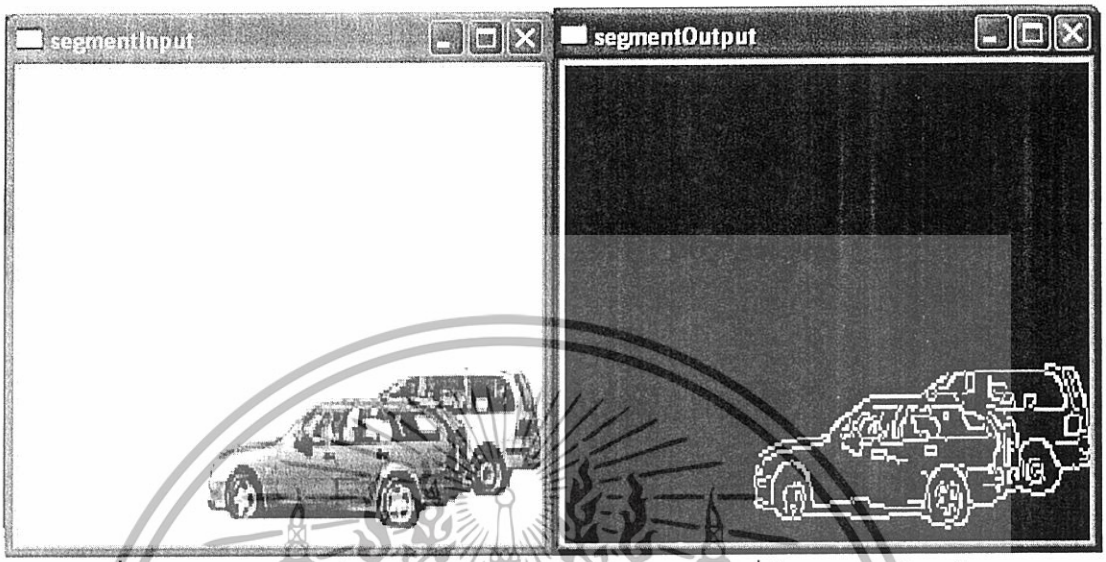
4.3.3.1 การพัฒนาเริ่มต้น

การตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันนั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักการหลายๆ หลักการประกอบกันในการพิจารณาว่า ภาพอินพุตที่ได้มานั้น เป็นภาพของวัตถุเพียง 1 วัตถุ หรือเป็นภาพของวัตถุมากกว่า 1 วัตถุซ้อนทับกันอยู่ ได้แก่ หลักการแยกวัตถุด้วยเส้นขอบ, หลักการแยกวัตถุด้วยสีของวัตถุ, หลักการแยกวัตถุโดยอาศัยโครงร่างของวัตถุต้นแบบ เป็นต้น

นำหลักการแยกวัตถุด้วยเส้นขอบของวัตถุมาใช้ในการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน โดยใช้ฟังก์ชัน cvCanny ที่อยู่ในไลบารี่ OpenCV เพื่อหาเส้นขอบของวัตถุในภาพ เนื่องจากเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบมีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยเมื่อแสงเปลี่ยน และข้อมูลเส้นขอบเป็นเลขฐานสองซึ่งมีขนาดเล็ก ทำให้ประมวลผลได้รวดเร็ว ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงผลลัพธ์ ในส่วนของการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยเส้นขอบ

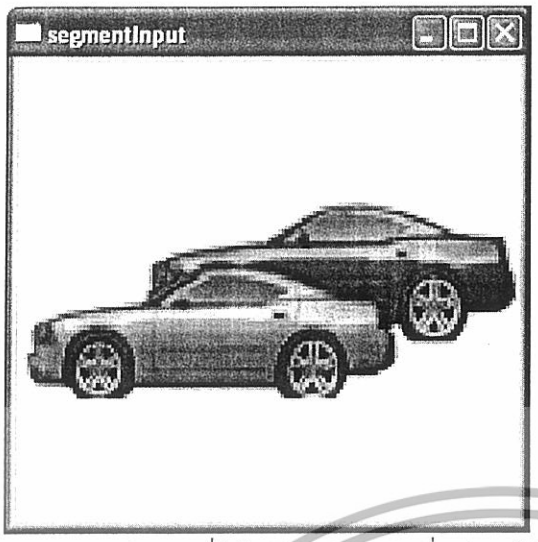
จากรูปที่ 4.11 จะเห็นว่า ภาพในหน้าต่างทางซ้ายมือ (segmentInput window) เป็นภาพอินพุตที่รับเข้าสู่โปรแกรม ในขณะที่ภาพในหน้าต่างทางขวามือ (segmentOutput window) เป็นภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยเส้นขอบ

จะเห็นว่า จากการทำการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยเส้นขอบนั้น จะทำให้สามารถแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันออกจากกันได้ในกรณีที่ ผลลัพธ์แสดงเส้นขอบของวัตถุแต่ละชิ้นเพียงเส้นเดียว แต่จากการทดลองพบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกวัตถุนั้น แสดงเส้นขอบของวัตถุที่มากกว่า 1 เส้นสำหรับวัตถุแต่ละชิ้น จึงเป็นการยากที่จะนำเอาเส้นขอบของวัตถุมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อตัดแยกยานพาหนะซ้อนทับกันออกจากกัน จึงทำให้เกิดการพัฒนาต่อในเฟสที่สอง

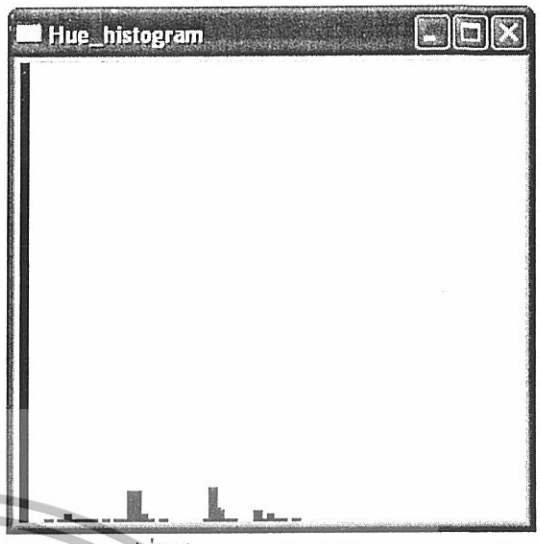
4.3.3.2 การพัฒนาเฟสสอง

ในส่วนของการพัฒนาในเฟสที่สอง ได้ทำการพัฒนาต่อในส่วนของการตัดแยกภาพเพื่อแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยสี โดยนำกราฟฮีสโทรแกรมที่ได้จากการนำค่าสี Hue ของพิกเซลในภาพมาวาด มาหาค่าสี Hue ที่มีความถี่สะสมของจำนวนพิกเซล (ที่มีค่าสี Hue นั้น) สูงสุด โดยมีสมมติฐานว่า ค่าสี Hue ที่มีความถี่สะสมสูงจะเป็นสีของวัตถุ (ยานพาหนะ) ก็จะทำการระบายสีตามที่กำหนดไว้ ลงไปยังพิกเซลนั้นแทน แล้วแสดงผลออกมา ดังในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a) ภาพอินพุทที่ได้จากการจำลองเพื่อนำมาใช้การพัฒนาระบบในส่วนของการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน



b) ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำค่าสี Hue ของแต่ละพิกเซลในภาพมาวาดกราฟฮีสโทรแกรม



c) ผลลัพธ์ที่ได้จากการระบายสีเพื่อแยกยานพาหนะออกจากกัน

รูปที่ 4.12 (a)-(c) แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน

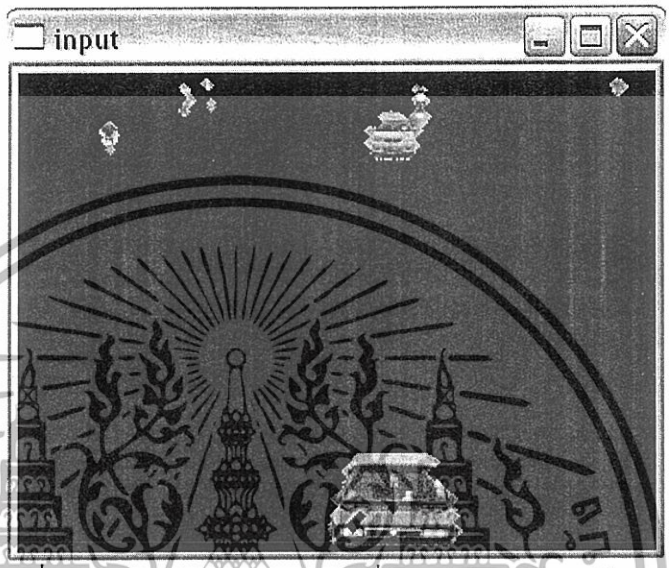
จากรูปที่ 4.12 จะเห็นว่า เมื่อนำผลลัพธ์จากการทำการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลังเบื้องต้น มาผ่านกระบวนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยสี จะทำให้ทราบว่า วัตถุที่1 ชิ้นที่ได้จากการตัดแยกวัตถุเบื้องต้นนั้น ที่จริงแล้วมียานพาหนะที่ซ้อนทับกันอยู่ จากนั้นจะทำการระบายสีลงไปที่พิกเซลของวัตถุแต่ละชิ้น ด้วยสีที่แตกต่างกัน

สิ่งที่พัฒนามาแล้วจนถึงเฟสนี้ คือ การทำการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันโดยใช้สีในภาพที่มีความถี่สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3.3 การพัฒนาล่าสุด

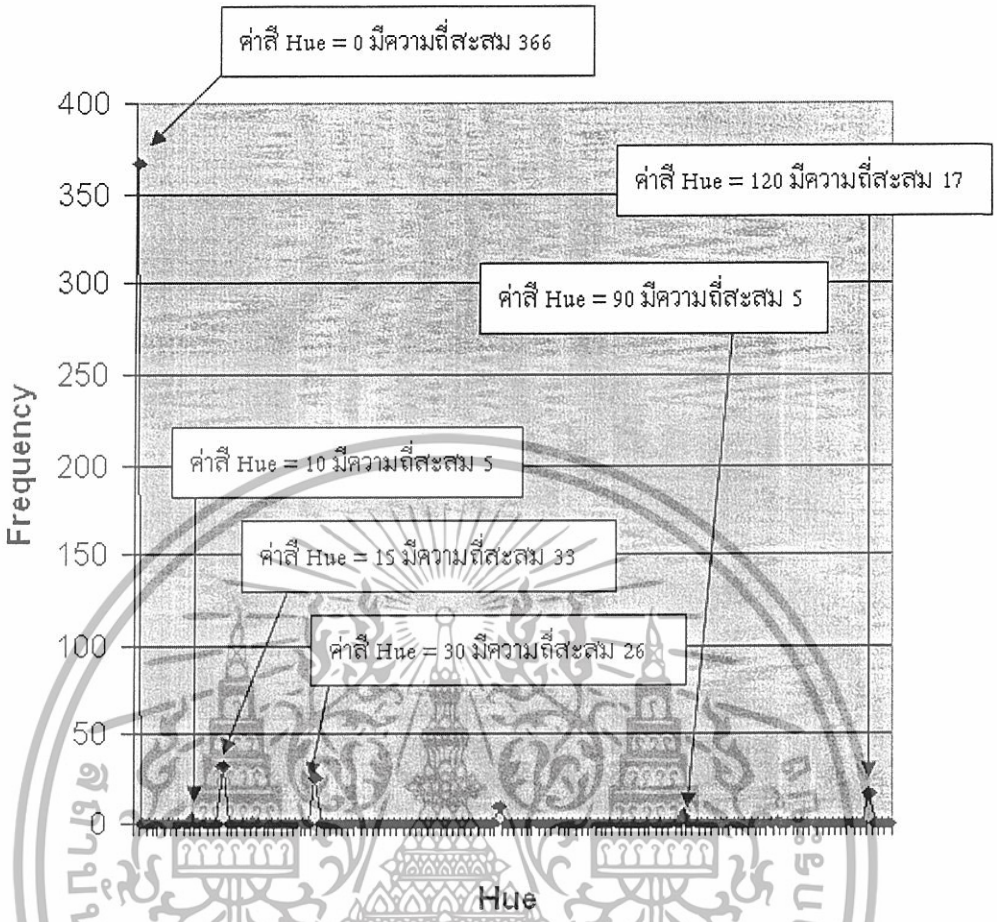
ในส่วนของการพัฒนาในเฟสสุดท้าย ได้ทำการพัฒนาต่อในส่วนของการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยสี โดยนำเอาอินพุตของระบบมาเป็นอินพุตของการทดลองแทนอินพุตจำลองที่ได้ใช้ในเฟสที่สอง ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 แสดงอินพุตของระบบที่นำมาใช้แทนอินพุตจำลอง

จากนั้นจึงนำวัตถุอินพุตมาผ่านกระบวนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนของวัตถุในภาพที่อาจซ้อนทับกัน ซึ่งในกระบวนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันนั้นยังคงใช้ความถี่สะสมของค่าสี Hue ในการพิจารณาหาจำนวนของวัตถุ โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่าค่าสี Hue ที่มีความถี่สะสมสูงสุดจะเป็นสีของยานพาหนะและแต่ละค่าสีที่มีความถี่สะสมสูงสุดนั้นจะต้องเป็นค่าสีที่มีความแตกต่างจากค่าสีที่เป็นสีของวัตถุอยู่ค่าหนึ่ง ที่ไม่ทำให้ค่าสีทั้งสองค่ามีความใกล้เคียงกันมากจนเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 4.14 ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงค่าความถี่สะสมของค่า Hue ของแต่ละพิกเซลในวัตถุอินพุต

จากรูปที่ 4.14 เป็นการนำเอาค่าสี Hue ของแต่ละพิกเซลในวัตถุอินพุตมาพิจารณาหาจำนวนยานพาหนะที่อาจซ้อนทับกัน โดยมีสมมติฐานที่ว่า วัตถุแต่ละชิ้นจะมีค่าสี Hue มากกว่า ค่าๆ หนึ่ง ซึ่งในการทดลองกำหนดให้มีค่าเป็น 20 ซึ่งแปลว่า ค่าสีที่มีความถี่สะสมมากกว่า 20 จะเป็นค่าสีของวัตถุ จากนั้น นำมาพิจารณาต่อไปว่า ค่าสีที่อาจเป็นสีของวัตถุนั้น ใช่ค่าสีของวัตถุจริงหรือไม่ โดยมีสมมติฐานที่ว่า ค่าสีที่เป็นสีของวัตถุจริงต้องเป็นค่าสีที่มีความแตกต่างกันมากกว่า 10 สี (พิจารณาในแนวแกนนอน ต้องห่างกันมากกว่า 10) จึงทำให้สรุปได้ว่า วัตถุอินพุตที่ผ่านการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันนั้น พบว่าในวัตถุอินพุตประกอบด้วยยานพาหนะ 2 คัน

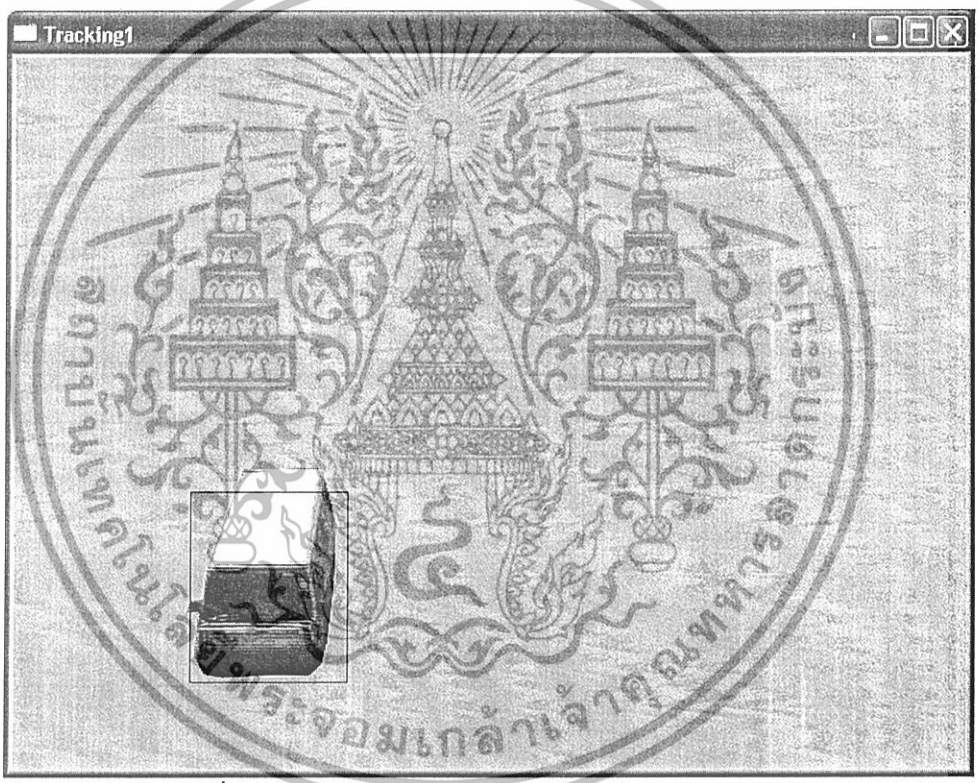
4.3.4 ส่วนการติดตามยานพาหนะ

การติดตามยานพาหนะ (Tracking) คือ การหาตำแหน่งของยานพาหนะที่เคลื่อนที่แต่ละคัน

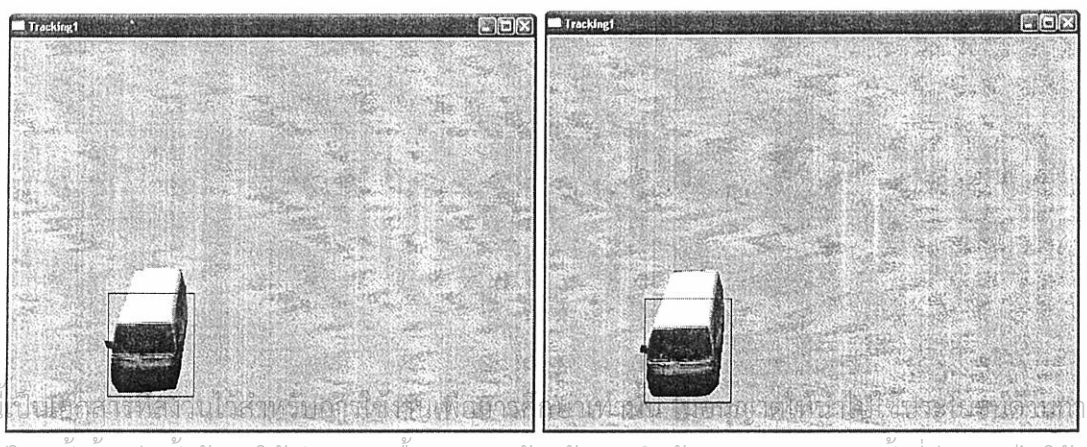
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.1 การพัฒนาเริ่มต้น

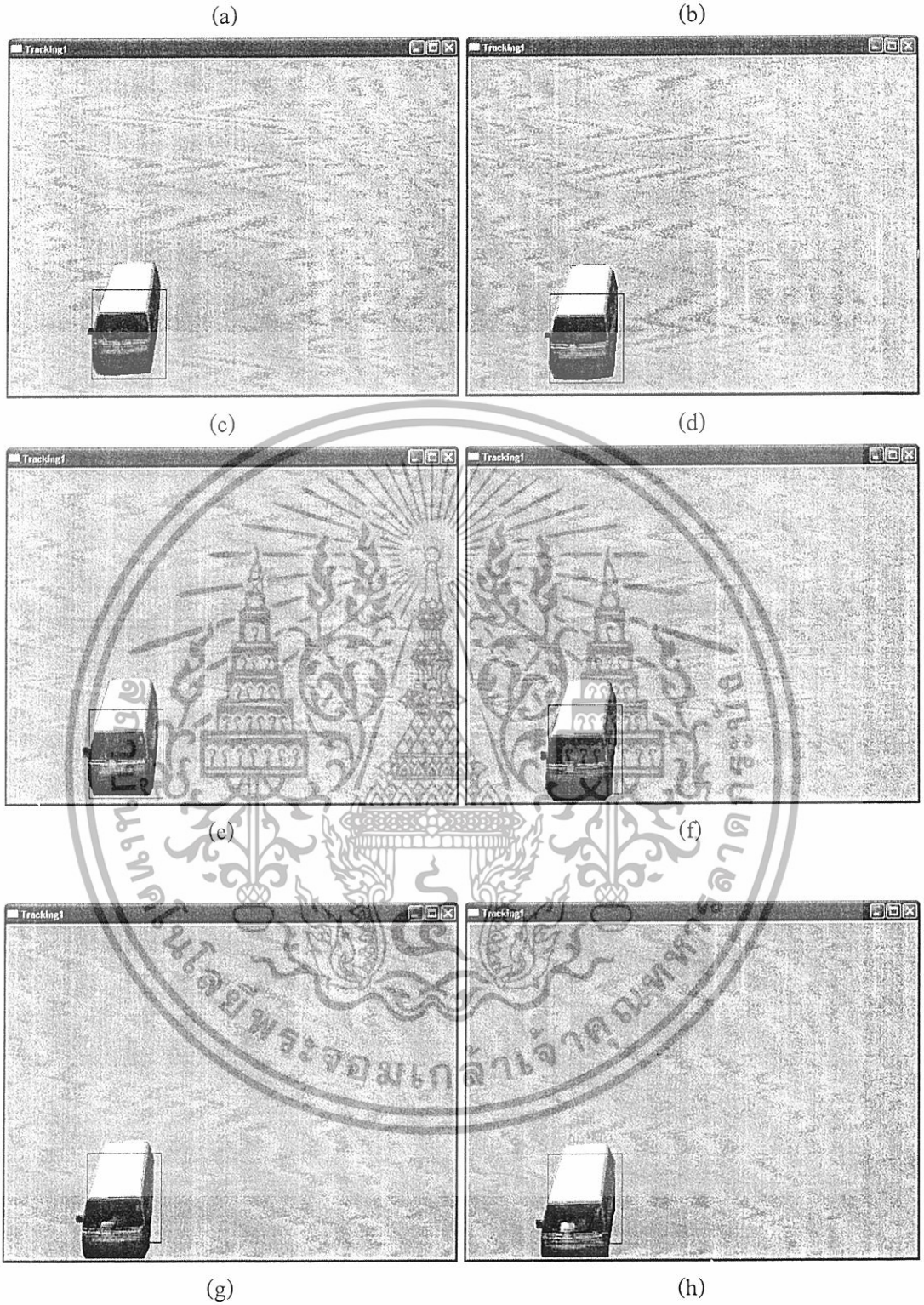
การติดตามยานพาหนะนั้น ต้องนำผลลัพธ์จากขั้นตอนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน มาเป็นอินพุต แต่เนื่องจากได้แบ่งการทำงานเป็นส่วนๆ แยกกัน จึงได้ทำการจำลองอินพุตขึ้นเอง โดยจำลองให้มียานพาหนะเพียงคันเดียวและไม่มีฉากหลัง จากนั้นนำมาเข้าสู่กระบวนการติดตามยานพาหนะโดยนำตำแหน่งและสีของยานพาหนะมาใช้ในการติดตาม กล่าวคือ ทำการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของยานพาหนะ และติดตามยานพาหนะนั้นด้วยค่าสีที่ใกล้เคียงกับยานพาหนะนั้นๆ ในเฟรมภาพถัดไป ซึ่งได้นำฟังก์ชัน cvCamShift ในไลบารี่ OpenCV มาใช้การติดตามยานพาหนะ



รูปที่ 4.15 แสดงตำแหน่งแรกในการติดตามยานพาหนะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 (a)- (h) แสดงการติดตามยานพาหนะในเฟรมที่ต่อเนื่องกัน

จากการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการติดตามยานพาหนะที่มีเพียงคันเดียวในเฟรม โดยใช้ฟังก์ชัน cvCamShift ในไลบารี่ OpenCV ยังมีข้อจำกัดอยู่คือจับค่าสีได้ค่าเดียวเท่านั้น ซึ่งจากผลลัพธ์ จะเห็นว่า ตำแหน่งของกรอบสี่เหลี่ยมที่ติดตามยานพาหนะนั้น จะติดตามค่าสีดำซึ่งมีพื้นที่

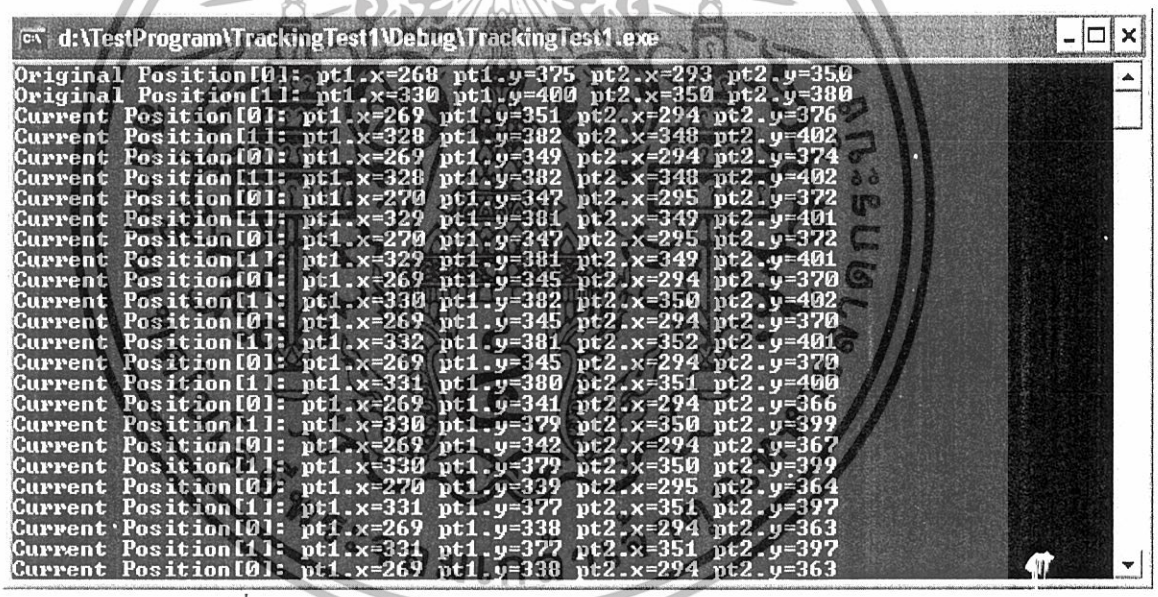
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า ซึ่งในการพัฒนาต่อไปจะทำโดยการเติมสีให้ยานพาหนะก่อนนำมาทำการติดตามยานพาหนะเพื่อให้ยานพาหนะนั้นมีสีค่าเดียวและพัฒนาให้สามารถติดตามยานพาหนะได้หลายคัน

4.3.4.2 การพัฒนาเฟสสอง

ได้ทำการพัฒนาต่อ โดยมีการปรับปรุงการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของการเก็บข้อมูล ซึ่งทำการสร้างโครงสร้างข้อมูลของแต่ละยานพาหนะในลักษณะ Structure Type แล้วนำมาเก็บรวมกันในรูปแบบของ Array ซึ่งจากที่ได้ทำการทดลอง ทำให้พบปัญหา คือ ไม่ทราบว่าจะกำหนดขนาดของ Array เท่าไร ให้เพียงพอโดยไม่ให้มากหรือน้อยจนเกินไปและไม่เปลืองพื้นที่การทำงาน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการเก็บข้อมูลในลักษณะ Linked-List เพื่อจะใช้ในการพัฒนาต่อไป

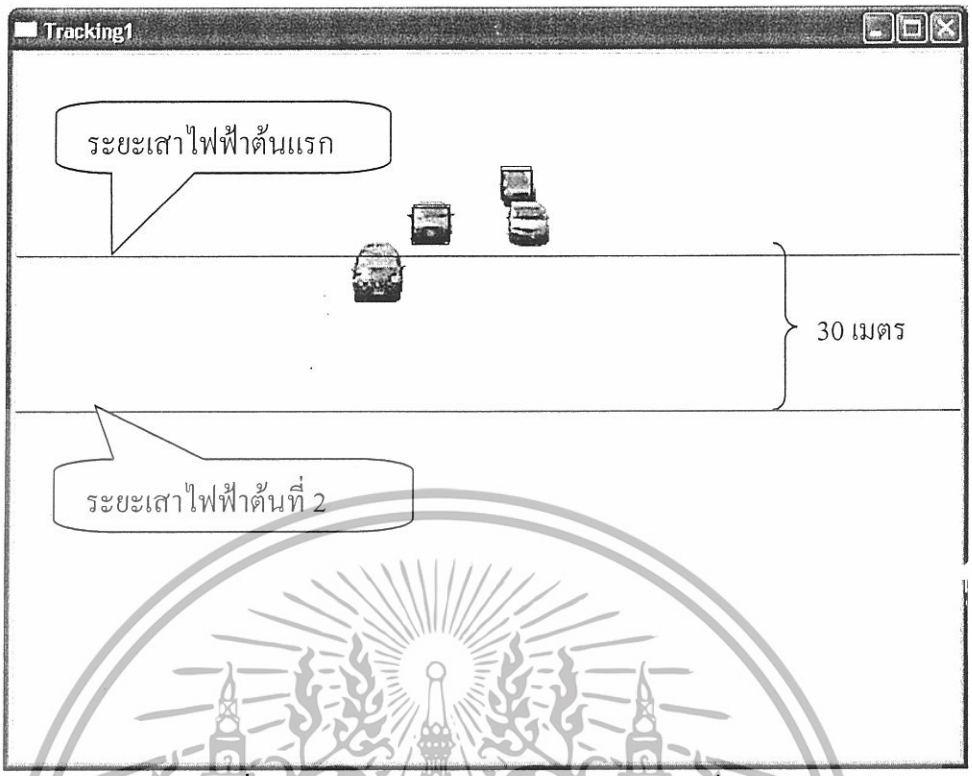
ในเฟสนี้ได้ทำการติดตามยานพาหนะ 2 คัน และหาตำแหน่งที่ยานพาหนะแต่ละคันเคลื่อนที่ในแต่ละเฟรมจะได้ผลลัพธ์ปรากฏดังนี้



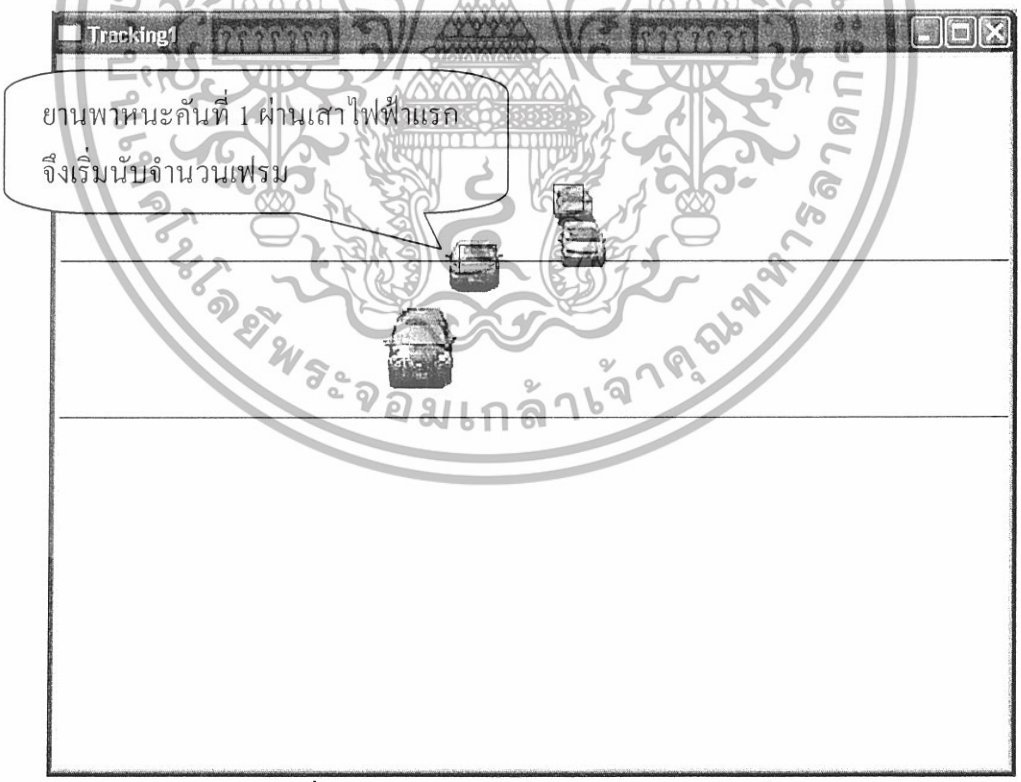
รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์ของตำแหน่งของยานพาหนะของแต่ละเฟรม

จากนั้นทำการหาความเร็วของยานพาหนะแต่ละคัน โดยหาอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลา ซึ่งจะใช้ระยะห่างระหว่างเสาไฟฟ้ามาตรฐานคือประมาณ 40 เมตร ส่วนเวลาหาได้จากจำนวนเฟรมที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จากเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 ไปยังเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 แล้วจะนำไปเทียบกับอัตราความเร็วของเฟรม(Frame rate) ของไฟล์วีดิทัศน์ เพื่อหาเป็นเวลาออกมา แล้วทำการหาความเร็วของยานพาหนะแต่ละคัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ระยะของเสาไฟฟ้าต้นแรกและต้นที่สอง



รูปที่ 4.19 ยานพาหนะที่ 1 ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 ยานพาหนะคันที่ 1 ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 2



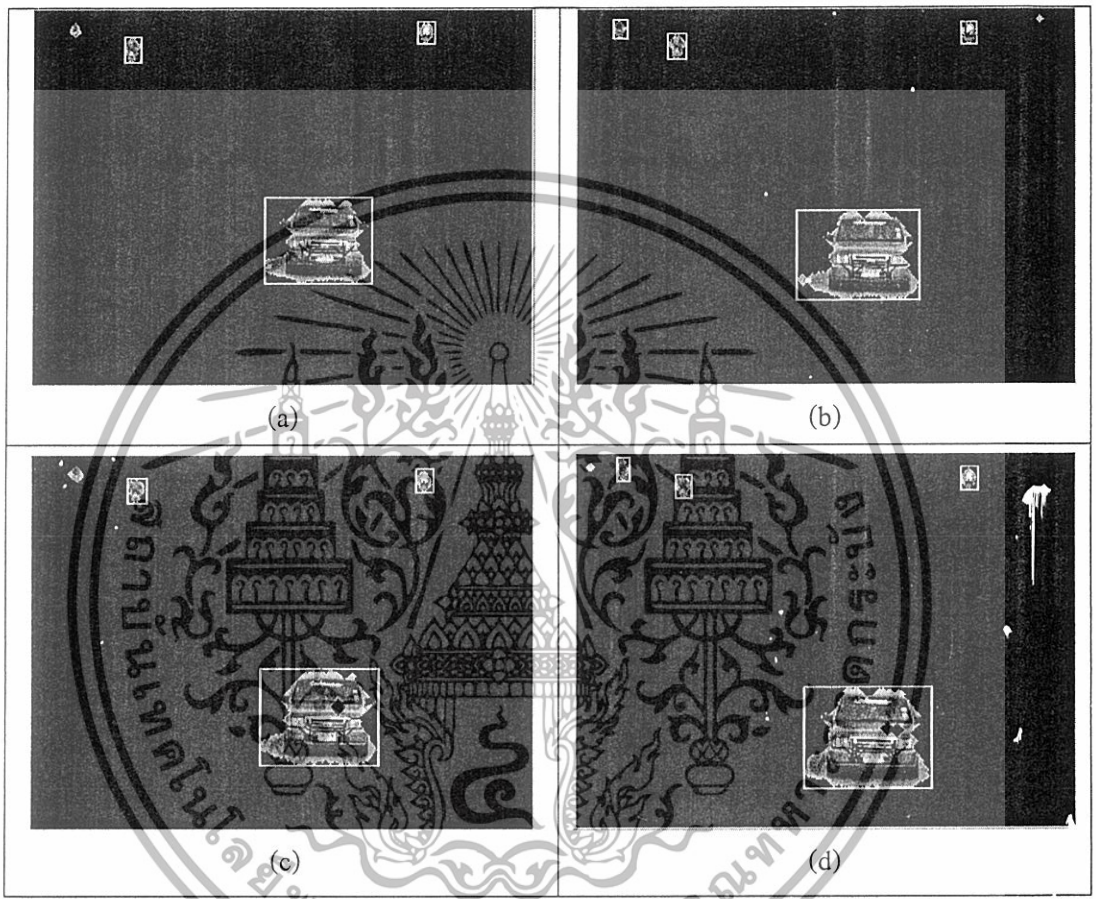
รูปที่ 4.21 แสดงเวลาและค่าความเร็วของยานพาหนะคันที่ 1

สิ่งที่พัฒนามาแล้วจนถึงเฟสนี้ คือ สร้างโครงสร้างในการเก็บข้อมูล (Structure Type) แล้วเก็บในลักษณะ Array และคำนวณเวลาเพื่อนำไปหาความเร็วของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.3 การพัฒนาล่าสุด

การติดตามยานพาหนะใช้อัลกอริทึมของ Optical Flow โดยพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ ถ้ายานพาหนะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันและมีระยะห่างจากจุดแรกไปยังจุดที่สองห่างไม่มากนัก จะถือว่าเป็นยานพาหนะคันเดียวกัน



รูปที่ 4.22 (a)-(d) แสดงการติดตามยานพาหนะที่ตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งโดยใช้อัลกอริทึมของ Optical Flow และมีลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่

จากการติดตามยานพาหนะจะทำให้ทราบแนวการเคลื่อนที่ และทราบตำแหน่งของยานพาหนะในแต่ละเฟรม ว่ายานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่สนใจหรือไม่ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะต่อไป

4.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

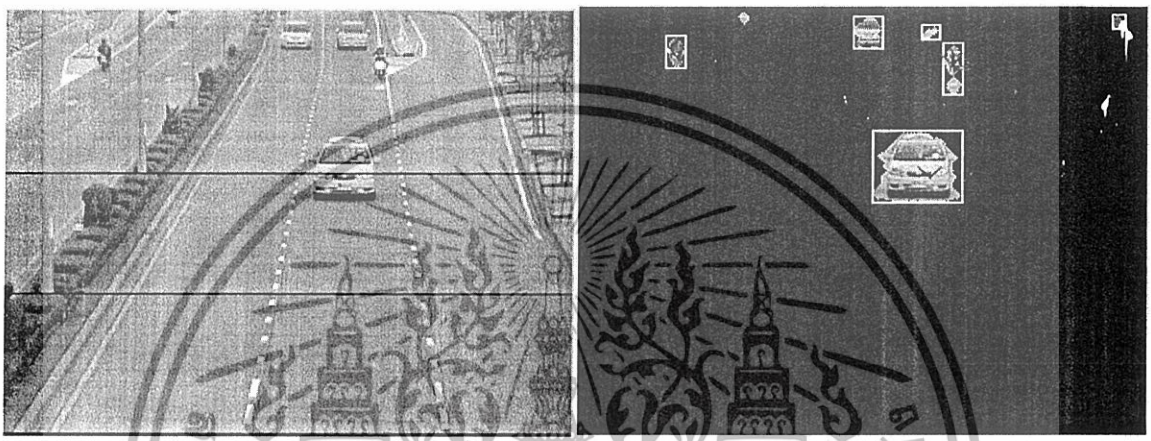
การวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วของรถยนต์เพื่อนำไปวิเคราะห์สภาพคล่องของรถยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

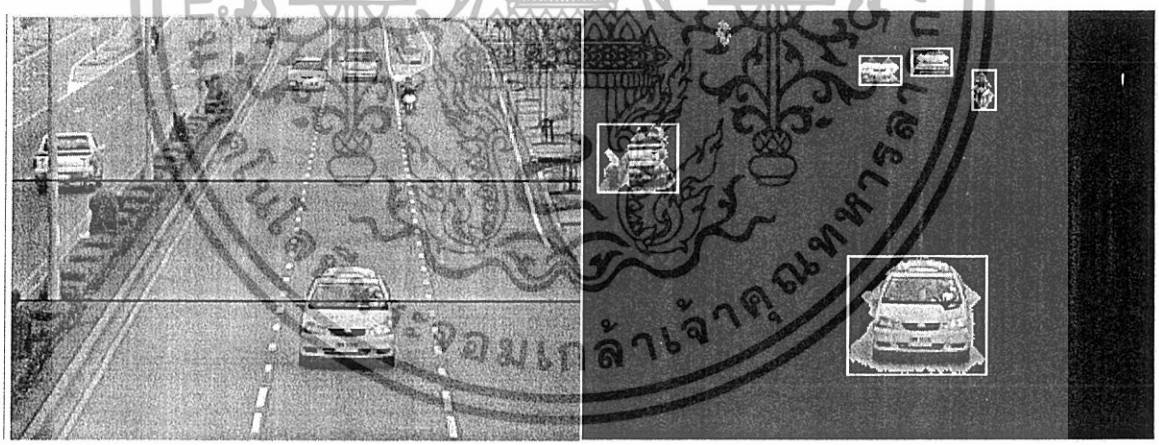
ขั้นที่ 1) หาช่วงเวลาที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จากเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 ไปยังเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 ซึ่งมีมาตรฐานระยะห่างระหว่างเสาไฟอยู่แล้วคือ 40 เมตร

ขั้นที่ 2) คำนวณโดยใช้สูตรความเร็วเท่ากับระยะทางเทียบกับเวลา

จากการติดตามยานพาหนะจะได้ เวลา t จาก frame rate คือ 25 เฟรมต่อวินาที แล้วหาลำดับของเฟรมที่ยานพาหนะอยู่ที่เส้นแนวเสาต้นที่ 1 (f_begin) ใช้เส้นสีน้ำเงินเป็นมาตรฐาน และลำดับของเฟรมที่ยานพาหนะอยู่ที่เส้นแนวเสาต้นที่ 2 (f_end) ใช้เส้นสีแดงเป็นมาตรฐาน ดังรูปที่ 4.23



(a) รถยนต์ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 และการติดตามยานพาหนะเพื่อหาลำดับเฟรม



(b) รถยนต์ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 และการติดตามยานพาหนะเพื่อหาลำดับเฟรม

รูปที่ 4.23 แสดงตัวอย่างรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 (a) และต้นที่ 2 (b)

ดังนั้นจำนวนเฟรมทั้งหมดที่ยานพาหนะอยู่ระหว่างเสาไฟฟ้าสองต้นคือ

$$\text{Frame Range} = \text{f_end} - \text{f_begin}$$

จะได้

$$\text{เวลา t(s.)} = \text{frame_range/frame rate}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การใช้ฟังก์ชั่น Camshift ให้ผลการติดตามยานพาหนะคลาดเคลื่อน เช่น ยานพาหนะที่มีสีคล้ายกันฟังก์ชั่น Camshift จะติดตามเสมือนว่าเป็นคันเดียวกันคือไม่สามารถแยกสีได้ ซึ่งในอัลกอริทึมของ Optical Flow จะได้ผลที่แม่นยำกว่า ดังนี้

```
f1=13,f2=63
D Carlist2 : CarObject[0] speed = 72.00 km/hr.
f1=390,f2=458
D Carlist2 : CarObject[1] speed = 52.94 km/hr.
f1=439,f2=468
D Carlist2 : CarObject[2] speed = 124.14 km/hr.
f1=791,f2=840
D Carlist2 : CarObject[3] speed = 73.46 km/hr.
1=1001,f2=1046
D Carlist2 : CarObject[4] speed = 80.00 km/hr.
f1=1169,f2=1208
D Carlist2 : CarObject[5] speed = 92.30 km/hr.
Average speed = 82.47 km/hr.
```

ความหมาย

f1=13,f2=63

D Carlist2 : CarObject[0] speed = 54.00 km/hr.

คือยานพาหนะเมื่อผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 เป็นเฟรมลำดับที่ 13 ดังรูปที่ 4.23 และเมื่อยานพาหนะดังกล่าวผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 2 เป็นเฟรมลำดับที่ 63 เมื่อหาผลต่างของทั้งสองเฟรมจะได้ Frame Range เท่ากับ 50 และ Frame Rate ได้จากวีดิทัศน์ (อัตราการบันทึกภาพต่อวินาที) แล้วที่ 25 เฟรมต่อวินาที ดังนั้นค่าเวลาจะได้

เวลา T (s) = Frame Range/Frame Rate

= 50/25

= 2 วินาที

ดังนั้นความเร็วหาได้จาก ระยะทางเทียบกับเวลา โดยระยะทางหาได้จากระยะห่างของเสาไฟฟ้าทั้งสองต้นคือ 40 เมตร จะได้

ความเร็ว V (m/s) = ระยะทาง (เมตร) / เวลา (วินาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 40/2

= 20 เมตร/วินาที

จากนั้น นำค่าความเร็วที่ได้ปรับค่าเป็นหน่วย กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยคูณด้วยค่า 3600/1000 หรือ 3.6 จะได้

ความเร็ว V (km/hr) = 20 * (3600/1000)

= 72 กิโลเมตร/ชั่วโมง

4.3.6 สรุป

การพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากกล้องวีดิทัศน์ได้นำอัลกอริทึมต่างๆ มาใช้ในการพัฒนาระบบแต่ละส่วน ดังตารางที่ 4.1

	ระยะเริ่มต้น	ระยะสุดท้าย	
ส่วนการตัดแยกภาพเพื่อแยกภาพจากฉากหลัง	Frame Difference	Background Subtraction	Adaptive Background Subtraction
ส่วนการตัดแยกภาพเพื่อแยกวัตถุ 2 วัตถุที่ซ้อนทับกัน	Edge Detection	Color Segmentation	
การติดตามยานพาหนะ	CamShift	Optical Flow	

ตารางที่ 4.1 แสดงอัลกอริทึมที่ใช้ในการพัฒนาระบบในแต่ละช่วงของการพัฒนา

ในช่วงแรกของการพัฒนาส่วนการตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลังใช้อัลกอริทึม Frame Difference เป็นการตัดแยกภาพโดยอาศัยหลักการของความแตกต่างของค่าสีระดับพิกเซลระหว่างเฟรมปัจจุบันกับเฟรมถัดไป ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดแยกวัตถุหากมีวัตถุอื่นที่ไม่ใช่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วย จึงนำอัลกอริทึม Background Subtraction ซึ่งเป็นการจำลองฉากหลังขึ้นมาจากภาพวีดิทัศน์ที่ต่อเนื่อง แล้วจึงหาความแตกต่างระหว่างเฟรมอินพุตกับฉากหลัง ก็จะได้ส่วนที่เป็นยานพาหนะออกมา และได้ทำการพัฒนาให้เป็น Adaptive Background Subtraction โดยจะทำการปรับปรุงแบบจำลองฉากหลังเป็นระยะๆ แล้วนำฉากหลังใหม่ที่ได้ไปทำการเรียนรู้เพื่อสร้างแบบจำลองฉากหลังใหม่ ทำให้การตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลังมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในส่วนการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันเริ่มต้นพัฒนาโดยใช้อัลกอริทึม Edge Detection เป็นการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยเส้นขอบของยานพาหนะ ซึ่งจะสามารถแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อยานพาหนะแต่ละชิ้นมีเส้นขอบเพียงเส้นเดียว จึงได้นำอัลกอริทึม Color Segmentation ที่เป็นการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยสี ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้การตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันออกจากกันได้มากขึ้น แต่ยังพบว่าความแม่นยำในการตัดแยกยานพาหนะจะลดลงในกรณีที่สีของยานพาหนะมีความใกล้เคียงกันมากเกินไป

ในส่วนการติดตามยานพาหนะใช้อัลกอริทึม CamShift ที่ติดตามยานพาหนะโดยใช้การพยากรณ์ค่าสีที่ใกล้เคียงของยานพาหนะจากเฟรมปัจจุบันไปยังเฟรมถัดไป ทำให้เกิดความผิดพลาดในการติดตามได้หากยานพาหนะมีสีใกล้เคียงกันมากเกินไป จึงนำอัลกอริทึม Optical Flow มาใช้ซึ่งเป็นการติดตามยานพาหนะโดยพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ถ้ายานพาหนะเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกันและมีระยะห่างจากจุดแรกไปยังจุดที่สองห่างไม่มากก็จะถือว่าเป็นยานพาหนะคันเดียวกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงงาน

โครงงานพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์ (Traffic Monitoring System from Video) เป็นระบบที่ใช้ในการตัดแยกยานพาหนะเพื่อนำมาคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยและประมาณสภาพคล่องของการจราจรแล้วแสดงผลออกมา โดยระบบประกอบด้วยกระบวนการต่างๆ คือ การตัดแยกยานพาหนะออกจากฉากหลัง การตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน การติดตามยานพาหนะ การคำนวณหาและแสดงผลอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ และการประมาณสภาพคล่องของการจราจร ซึ่งทางผู้พัฒนาได้ทำการศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบในส่วนต่างๆ เพื่อพัฒนาให้ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของระบบที่ได้กำหนดขึ้น

จากการทดสอบระบบที่ผ่านมาพบว่า ระบบมีความแม่นยำในการตัดแยก ติดตาม และคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะค่อนข้างถูกต้อง จากการทดสอบโดยใช้วีดิทัศน์ของการจราจรที่แตกต่างกัน 4 แห่ง โดยความแม่นยำของการติดตามและการคำนวณหาอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะจะขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการตัดแยกยานพาหนะเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิด อาจเนื่องมาจากความสว่างที่มีการเปลี่ยนแปลง และยังพบว่าระบบจะไม่สามารถตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันได้อย่างถูกต้อง หากสีของยานพาหนะมีความใกล้เคียงกันมากเกินไป ซึ่งอาจทำให้การระบุตำแหน่งของยานพาหนะเกิดความผิดพลาด ส่งผลให้การติดตามยานพาหนะมีความแม่นยำลดลง นอกจากนี้ยังพบปัญหาและข้อจำกัดของการทำงานของระบบดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

5.2 ปัญหาและข้อจำกัดของการทำงานของระบบ

การพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้เกิดข้อจำกัดของการทำงานของระบบ ดังนี้

1. ข้อจำกัดของสภาพแวดล้อมและปัจจัยเรื่องอากาศที่จะต้องมีความเหมาะสม มีทัศนวิสัยที่ดี จึงจะทำให้ระบบทำงานได้อย่างถูกต้อง
2. ข้อจำกัดเรื่องแสงที่จะต้องไม่มากเกินไปจนทำให้เกิดเงาของยานพาหนะเป็นแนวยาว ซึ่งจะทำให้การตัดแยกยานพาหนะจากฉากหลังมีความแม่นยำลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หากกล้องวีดิทัศน์ที่มีการเคลื่อนไหว อาจจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดได้

4. เนื่องจากระบบทำงานแบบตอบสนองแบบเวลาจริง (real time) จึงต้องใช้ทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์สูง จึงจำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและหน่วยความจำสูงในการทำงานของระบบ

5.3 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบต่อไป

ในส่วนของการพัฒนาระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากกล้องวีดิทัศน์ต่อไปนั้น สามารถพัฒนาในส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ในส่วนของการตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกัน สามารถนำอัลกอริทึมการตัดแยกภาพด้วยวัตถุแม่แบบ (model) มาใช้ร่วมกับอัลกอริทึมตัดแยกยานพาหนะที่ซ้อนทับกันด้วยสีเพื่อความแม่นยำในการ

2. ทำการเชื่อมต่อกล้องวีดิทัศน์ที่ติดตั้งในถนนหลายๆ สาย แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อหาเส้นทางในการระบายยานพาหนะ เป็นการลดการสภาพการจราจรที่ติดขัดได้

3. มีการเก็บสถิติสภาพคล่องของการจราจรในแต่ละช่วงเวลาเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการวางแผนสร้างเส้นทางการจราจรได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Alessandro Bevilacqua, Member, IEEE. "Effective Object Segmentation in a Traffic Monitoring Application." **Department of Electronics, Computer Science and System University of Bologna.,** August 2003

Kyungnam Kim, Thanarat H. Chaildabhongse, David Harwood, Larry Davisl. "Background Modeling and Subtraction by CodeBook Construction"

Raman Valliappan, Putra Sumari , Hailiza Kamarulhaili, "An Analysis of Traffic Monitoring by License Plate Recognition Method." **Transactions on engineering, computing and Technology,** Vol.3 December 2004 ISSN 1305-5313

Rita Cucchiara, Massimo Piccardi, Paola Mello, Member, IEEE. "Image Analysis and Rule-Based Reasoning for a Traffic Monitoring System" **IEEE Transactions on intelligent transportation system.,** Vol. 1, No. 2, June 2000

Shu-Ching Chen, Mei-Ling Shyu, Srinivas Peeta, and Chengcui Zhang. "Spatio Temporal Vehicle Tracking." **IEEE Robotic & Automatic Magazine.,** March 2005

Surendra Gupte, Osama Masoud, Robert F.K. Martin, and Nikolaos P. Papanikolopoulos. Member, IEEE. "Detection and Classification of Vehicles." **IEEE Transactions on intelligent Transportation Systems.,** Vol. 3, No. 1, March 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



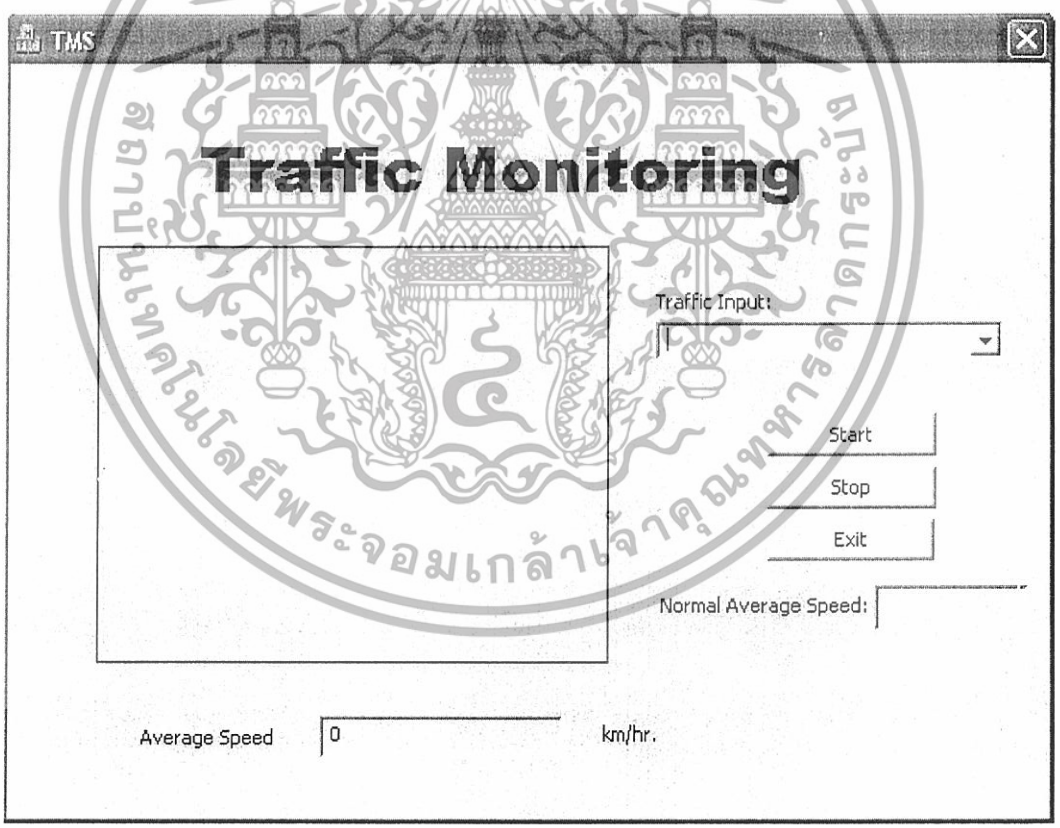
ภาคผนวก
คู่มือการใช้งานระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานระบบ

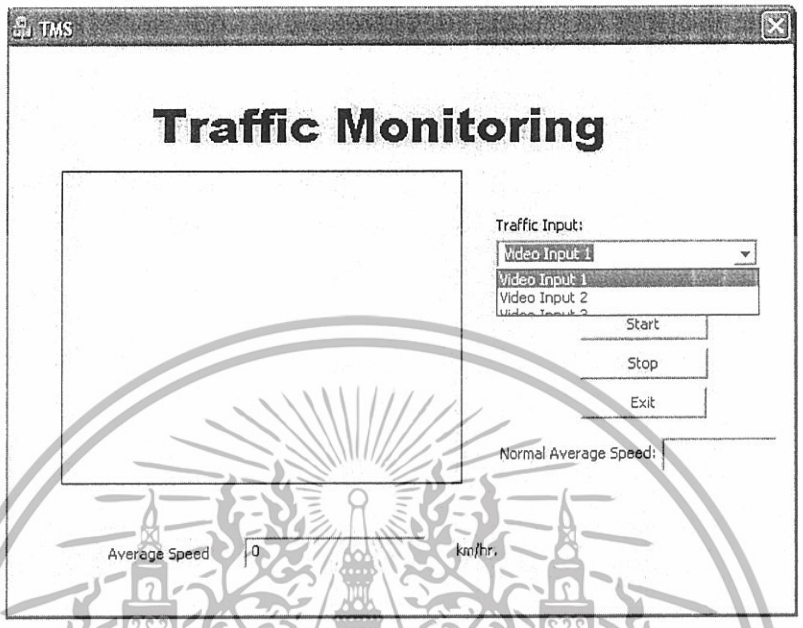
ระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์ เป็นระบบที่พัฒนาโดยใช้ Visual C/C++ และ OpenCV ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักคือ การใช้ระบบคอมพิวเตอร์คำนวณอัตราเร็วของยานพาหนะและประมาณสภาพคล่องของการจราจรโดยอัตโนมัติ เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกให้เจ้าหน้าที่ทางหลวงทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรายละเอียดของการใช้งานระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจาก
วีดิทัศน์ เป็นดังนี้

1. หน้าจอแรกของระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์

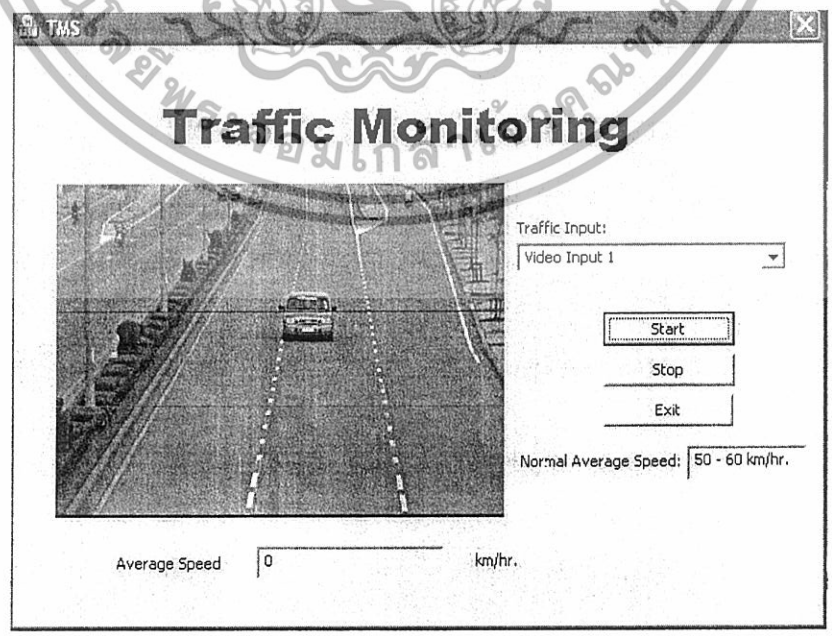


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ที่ Traffic Input ทำการเลือกวีดิทัศน์อินพุตซึ่งวีดิทัศน์ของสภาพการจราจรบนถนนสายต่างๆ จากนั้นคลิกที่ปุ่ม Start เพื่อเริ่มการทำงาน

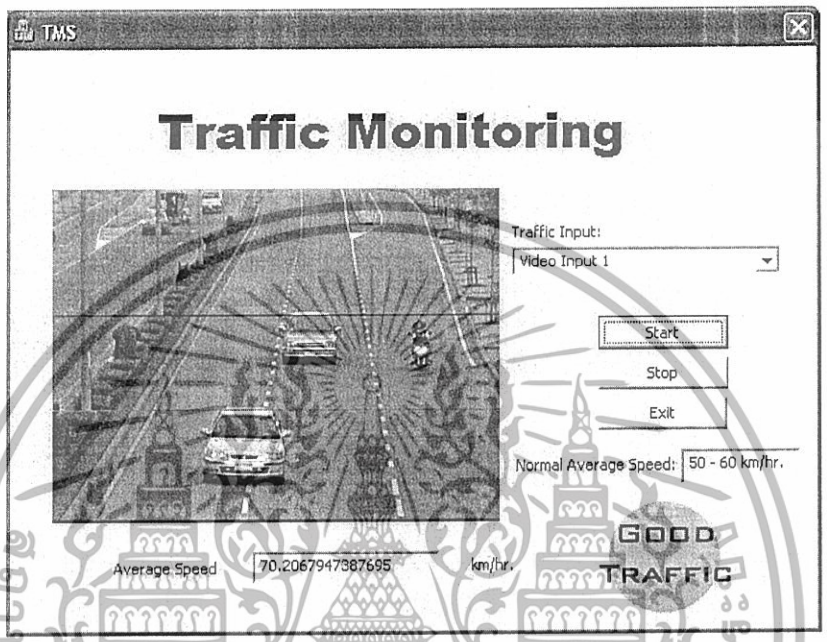


3. ที่ Normal Average Speed ระบบจะแสดงช่วงของความเร็วเฉลี่ยปกติของถนนสายนั้นๆ ซึ่งในที่นี้เป็น 50 – 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง จากนั้นระบบจะเริ่มทำการประมวลผลอย่างอัตโนมัติเพื่อคำนวณอัตราเร็วของเฉลี่ยของยานพาหนะและประมาณสภาพคล่องของการจราจรขณะนั้น

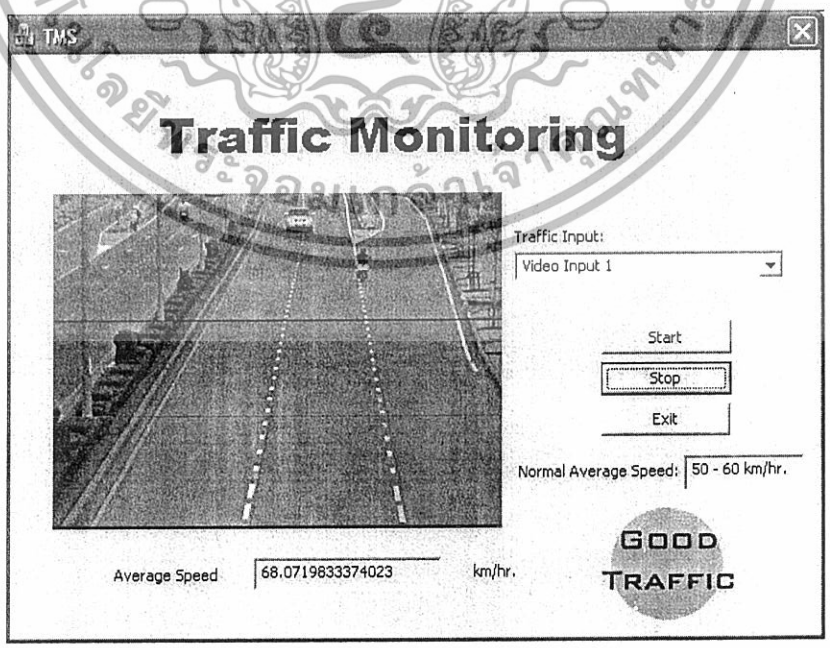


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบบทำการคำนวณอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะ แล้วแสดงอัตราเร็วเฉลี่ยที่คำนวณได้ที่ Average Speed จากนั้นระบบจะทำการประมาณสภาพคล่องของการจราจร โดยถ้าอัตราเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะขณะนั้นมากกว่าช่วงของความเร็วเฉลี่ยปกติจะประมาณสภาพคล่องของการจราจรอยู่ในเกณฑ์ดี (ดังแสดงที่มุมขวาล่างของหน้าจอการทำงาน)

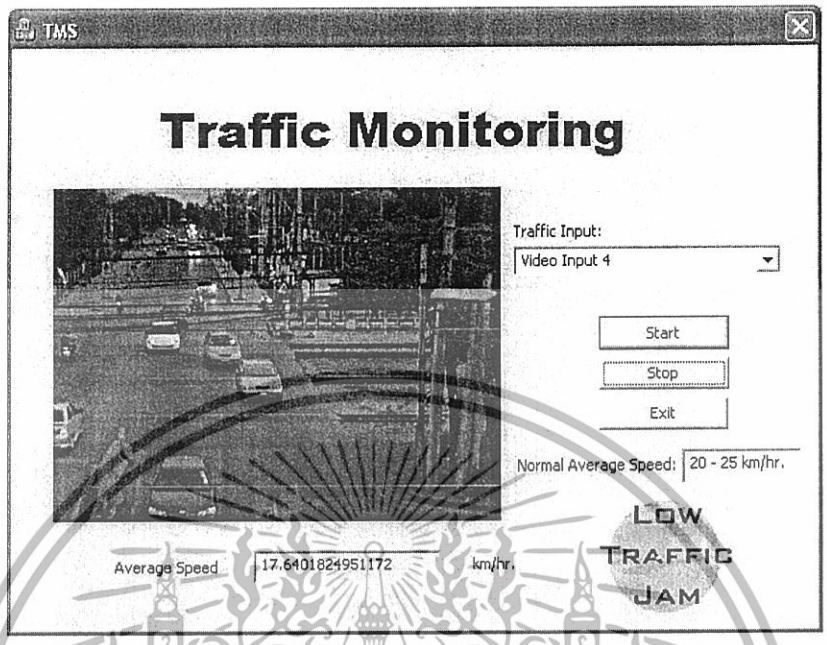


5. คลิกที่ปุ่ม Stop เพื่อหยุดการประมวลผลวีดิทัศน์อินพุตปัจจุบัน

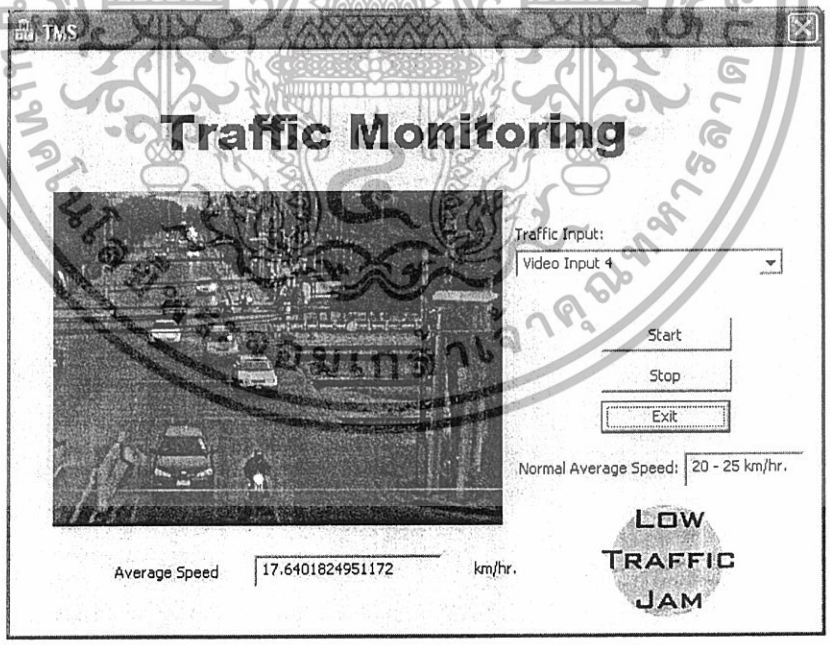


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สามารถเปลี่ยนวีดิทัศน์ใหม่ได้โดยเลือกวีดิทัศอินพุตใหม่ได้ที่ Traffic Input



7. คลิกปุ่ม Exit เพื่อออกจากระบบตรวจสอบสภาพการจราจรจากวีดิทัศน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้