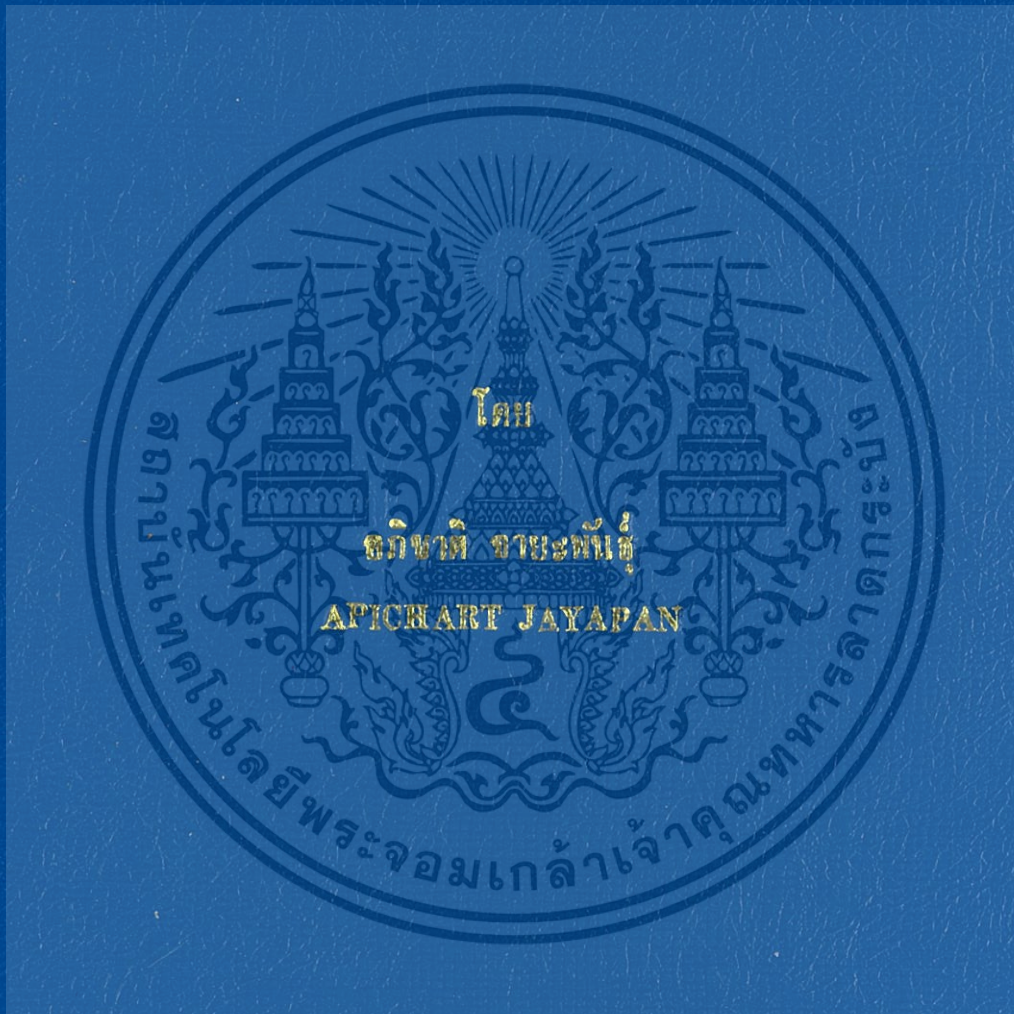


การตรวจวัดความเร็วรถโดยใช้การประมวลผลภาพ
VEHICLE SPEED MEASUREMENT USING IMAGE PROCESSING



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ ๑
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

การตรวจวัดความเร็วรถโดยใช้การประมวลผลภาพ

VEHICLE SPEED MEASUREMENT USING IMAGE PROCESSING



T146519

โดย

อภิชาติ จายะพันธุ์

APICHART JAYAPAN

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุเมธ ประภาวัต

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 146519
วันเดือนปี 23 พ.ค. 2560

1001221471
b.....
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VEHICLE SPEED MEASUREMENT USING IMAGE PROCESSING



A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2/2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้คนอื่นใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (Independent Study 2)

เรื่อง


การตรวจวัดความเร็วรถโดยใช้การประมวลผลภาพ

Vehicle Speed Measurement using Image Processing

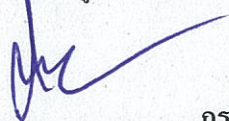
นายอภิชาติ จายะพันธ์

รหัสประจำตัว 54660531

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด
รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาวិชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร.สุเมธ ประภาวัต)

.....กรรมการสอบ
(รศ.ดร.จันทร์บุรณ สติตวิริยวงศ์)

.....กรรมการสอบ
(ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรณปัญญา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การตรวจวัดความเร็วรถโดยใช้การประมวลผลภาพ
นักศึกษา	นายอภิชาติ จายะพันธ์
รหัสนักศึกษา	54660531
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีระบบสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.สุเมธ ประภาวัต

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการประมวลผลภาพเพื่อให้ได้ข้อมูลความเร็วของรถจากกล้องที่ใช้ดูสภาพจราจร โดยมีการศึกษาทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมในส่วนของอัลกอริทึมสำหรับการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่ไม่มีโมเดลพื้นหลัง Static Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่มีโมเดลพื้นหลังแบบคงที่ และ Mixture of Gaussians เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่มีโมเดลพื้นหลังที่อัปเดตตลอดเวลา โดยโปรแกรมจะทำการหาความเร็วของรถที่มีการเคลื่อนที่เข้าหากกล้องและเคลื่อนที่ออกจากกล้อง แล้วทำการเปรียบเทียบกับความเร็วรถที่ได้จากอุปกรณ์เรดาร์กัน โดยผลลัพธ์ของการทดสอบ Mixture of Gaussians เป็นอัลกอริทึมสำหรับการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งทำให้โปรแกรมมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 77.81%

Title Vehicle Speed Measurement using Image Processing
Student Mr.Apichart Jayapan
Student ID 54660531
Degree Master of Science
Program Information Technology
Major Information System Technology
Academic Year 2015
Advisor Asst. Prof. Dr. Sumet Prabhavat

ABSTRACT

This project is to develop a prototype of image processing application which can calculate speed of cars from traffic monitoring cameras. We study background subtraction algorithms: Frame Difference, Static Frame Difference and Mixture of Gaussians. Frame Difference is the pattern of using no background model. Static Frame Difference is the pattern of using fixed background model and Mixture of Gaussians is the pattern of using updated background model. In this work, we measure traffic rate in both directions (i.e. inbound traffic and outbound traffic) and then compare with traffic rate measured by a radar gun. The findings indicated that Mixture of Gaussians was the best performance of the background subtraction algorithm. Therefore, our work applied Mixture of Gaussians can achieve 77.81% of accuracy.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระในหัวข้อเรื่องการตรวจวัดความเร็วรถโดยใช้การประมวลผลภาพ ที่จัดทำขึ้นนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยผู้จัดทำต้องกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ผศ. ดร.สุเมธ ประภาวัต อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเทคนิค และช่วยเหลือในการจัดทำ ในทุกด้านที่เกี่ยวข้อง และกราบขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา เพื่อให้ผู้จัดทำสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำการศึกษาค้นคว้าอิสระ และการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ รศ.ดร.จันทร์บุรณัฐ สถิตวิริยวงศ์ และอาจารย์ ผศ.ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรณรัตน์ปัญญา ที่กรุณาสละเวลาในการเป็นกรรมการร่วมในการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ พร้อมทั้งแนะนำ ให้คำปรึกษา เพื่อให้งานที่ได้มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน กองวิจัยและพัฒนาวิศวกรรมระบบทางพิเศษ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ที่สนับสนุนให้การศึกษาค้นคว้าอิสระสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อน และบุคคลที่ยังมิได้กล่าวถึงทั้งหลายที่คอยแนะนำช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจทั้งในด้านการเรียนและการทำงาน ส่งผลให้การเรียนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณประโยชน์ที่เกิดขึ้นแก่บุคคลที่กล่าวถึงข้างต้น รวมถึงผู้เกี่ยวข้อง และมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้

อภิชาติ จายะพันธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 วิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2.1 กระบวนการหาบริเวณของวัตถุที่สนใจ (Pre-Processing).....	6
2.2.2 กระบวนการติดตามวัตถุ (Tracking).....	10
2.2.3 กระบวนการหาความเร็ว (Speed Measurement).....	10
2.3 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.3.1 Radar Gun.....	12
2.3.2 การวัดค่าความคลาดเคลื่อน.....	13
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.....	14
3.1 การทำงานในปัจจุบัน.....	14
3.2 ปัญหาที่พบในระบบงานปัจจุบัน.....	14
3.3 การออกแบบระบบใหม่.....	15
3.4 ภาพรวมของโปรแกรม.....	16
3.4.1 Setting.....	17
3.4.2 Pre-Processing.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4.3 Object Tracking.....	19
3.4.4 Speed Measurement	20
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล	21
4.1 วิธีการทดสอบ	21
4.2 การเก็บข้อมูล.....	21
4.3 การทดสอบวัดความเร็วรถ	22
4.4 ผลการทดสอบ.....	24
4.4.1 ความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ.....	24
4.4.2 ความแม่นยำของความเร็ว.....	25
4.5 ความผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรม.....	39
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	40
5.1 บทสรุป.....	40
5.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน.....	40
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	41
บรรณานุกรม.....	42
ประวัติผู้เขียน	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อัลกอริทึมในการคัดแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง	6
4.1 ผลทดสอบการตรวจนับรถเมื่อรถวิ่งเข้าหากล้อง	24
4.2 ผลทดสอบการตรวจนับรถเมื่อรถวิ่งออกจากกล้อง	24
4.3 ค่าความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งเข้าหากล้อง	25
4.4 ค่าความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งออกจากกล้อง	27
4.5 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Frame Difference	30
4.6 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Static Frame Difference	33
4.7 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Mixture of Gaussians	35
4.8 ผลสรุปความถูกต้องของโปรแกรมในแต่ละอัลกอริทึม	38



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงกระบวนการตรวจวัดความเร็วของ Adi และคณะ.....	3
2.2 แสดงขั้นตอนการนับและวัดความเร็วยานพาหนะของ I. Sina และคณะ.....	4
2.3 กระบวนการตรวจวัดความเร็วด้วยการประมวลผลภาพ.....	5
2.4 แสดงตัวแปรของสมการ Pin-Hole.....	11
2.5 แสดงแบบจำลอง (a) Euclidean Distance (b) Pin-Hole model.....	12
2.6 การใช้ Radar Gun ในการตรวจวัดความเร็วรถ.....	12
3.1 ผังการทำงานของระบบปัจจุบัน.....	14
3.2 แผนผังระบบใหม่.....	15
3.3 แผนภาพแสดงภาพรวมการทำงานของโปรแกรม.....	16
3.4 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Frame Difference.....	17
3.5 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Static Frame Difference.....	18
3.6 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Mixture of Gaussian.....	18
4.1 การตั้งกล้องวิดีโอ เพื่อบันทึกภาพรถ.....	22
4.2 ตั้งกล้องวิดีโอ เพื่อบันทึกภาพความเร็วที่วัดได้จากเรดาร์.....	22
4.3 ไฟล์วิดีโอที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งเข้าหากล้อง.....	23
4.4 ไฟล์วิดีโอที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งออกจากกล้อง.....	23
5.1 หน้าตาโปรแกรมที่พัฒนาและใช้ทดสอบ.....	41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากปัจจุบันปริมาณรถที่เพิ่มมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านการจราจร ดังนั้นหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจึงได้หาวิธีดำเนินการ เพื่อแก้ไขและบรรเทาปัญหาสภาพจราจรที่ติดขัดอย่างต่อเนื่อง โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับการขนส่งเข้ากับระบบขนส่งและจราจรอัจฉริยะ (Intelligent Transportation Systems : ITS) คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำ การตรวจวัด การประมวลผล อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และระบบสื่อสารผนวกเข้ากับกลยุทธ์การจัดการระบบที่ดีในลักษณะของการบูรณาการองค์ประกอบของระบบขนส่งเข้าด้วยกัน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการขนส่ง ซึ่งเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้ ได้แก่ การนำเทคโนโลยีระบบการจัดการจราจร การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นข้อมูลเพื่อวางแผนการเดินทาง เป็นต้น

จากการพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลจราจรอัจฉริยะตั้งแต่ ปี 2556 ทำให้ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) สามารถรายงานสภาพจราจรผ่านระบบแสดงเส้นสีแดงความติดขัดบนทางพิเศษ โดยสีเขียวหมายถึงการจราจรคล่องตัว สีเหลืองหมายถึงการจราจรชะลอตัว และสีแดงหมายถึงการจราจรติดขัด กทพ. จึงหาแนวทางพัฒนาข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการประมาณระยะเวลาการเดินทาง โดยมีการศึกษาเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์หาตัวเลขความเร็วที่จะมาใช้เป็นตัวแทนของแต่ละสี ซึ่งเมื่อใช้ค่าความเร็วที่ได้จากการศึกษาข้อมูลระยะเวลาการเดินทางที่แสดงให้แก่ผู้ใช้ทางนั้น ให้ค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการเดินทางจริงมากขึ้น แม้ตัวเลขความเร็วที่ได้จากการศึกษาจะสามารถประยุกต์ใช้ให้เกิดความแม่นยำได้มากขึ้นแต่ข้อมูลระยะเวลาการเดินทาง ก็อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ เมื่อสภาพการจราจรมีการเปลี่ยนแปลงไป แต่หากมีระบบตรวจวัดสภาพจราจรอัตโนมัติมารองรับในจุดนี้ จะช่วยให้ข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงตามสภาพจราจรได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยลดภาระและเวลาในการเฝ้าดูระบบ

ดังนั้นผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาเพื่อพัฒนาการเก็บข้อมูลความเร็วของรถ โดยการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการวิเคราะห์ภาพจาก ไฟล์วิดีโอ เพื่อให้ได้ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ สำหรับเป็นข้อมูลหนึ่งในการพัฒนาระบบรายงานสภาพจราจร

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสำหรับใช้ในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ
2. เพื่อทดสอบทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ อัลกอริทึม Frame Difference, Static Frame Difference และ Mixture of Gaussians

1.3 ขอบเขตการศึกษา

การพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการวิเคราะห์ภาพเพื่อคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะ มีขอบเขตดังนี้

1. การตรวจวัดจะทำใน 2 ทิศทางจราจร คือ รถวิ่งออกจากกล้อง และรถวิ่งเข้าหากกล้อง
2. นำภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอมาใช้ในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ
3. ภาพที่ใช้ต้องเป็นภาพที่ถ่ายภายใต้สภาวะปกติของถนนในเวลากลางวัน ที่ไม่มีหมอก ควัน หรือฝนตก
4. การเปรียบเทียบความเร็วจะเปรียบเทียบกับความเร็วที่วัดได้จากเรดาร์กัน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาทฤษฎีและเทคนิคที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ
2. ออกแบบขั้นตอนวิธีการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ
3. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบเพื่อตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ
4. ทดสอบและวิเคราะห์ผล
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

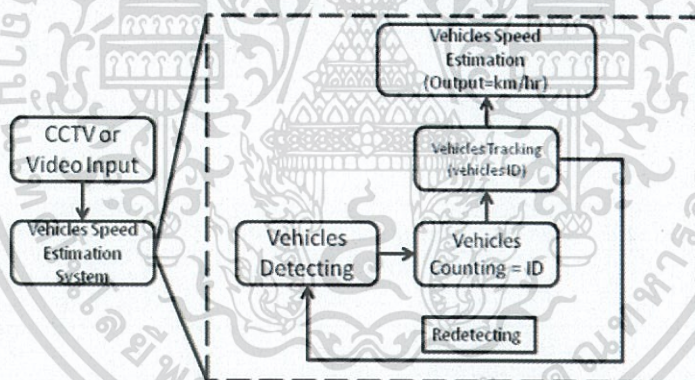
1. โปรแกรมต้นแบบเพื่อใช้ในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ
2. สามารถนำโปรแกรมต้นแบบมาต่อยอดใช้งานกับระบบรายงานสภาพจราจร
3. ได้ศึกษาทฤษฎีและเทคนิคที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ
4. ได้ศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดความเร็วของรถยนต์ ถึงแนวคิด หลักการ และทฤษฎี

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wang และ Xu ได้นำเสนอวิธีการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะแบบทันที โดยมีส่วนนี้ ขั้นตอนแรกจะทำการเลือกภาพที่จะใช้เป็นภาพพื้นหลัง และกำหนดเส้นตรง 2 เส้น สำหรับใช้ในการตรวจวัดความเร็ว โดยระยะห่างระหว่างสองเส้นต้องเหมาะสมไม่ชิดกันหรือห่างมากเกินไป ขั้นตอนที่สองใช้เทคนิค background differencing เพื่อทำการเปรียบเทียบภาพในเฟรมปัจจุบันกับภาพพื้นหลังที่กำหนดไว้ว่ามียานพาหนะวิ่งผ่านเส้นแรกที่กำหนดไว้หรือไม่ เมื่อมียานพาหนะวิ่งผ่านจะทำการบันทึกเวลาที่วิ่งผ่านไว้ ขั้นตอนที่สามจะทำเหมือนขั้นตอนที่สอง แต่เปลี่ยนเป็นตรวจสอบยานพาหนะที่วิ่งผ่านเส้นที่สองที่กำหนดไว้ ขั้นตอนสุดท้ายคือการคำนวณหาความเร็วยานพาหนะจากเวลาที่ทำการบันทึกไว้

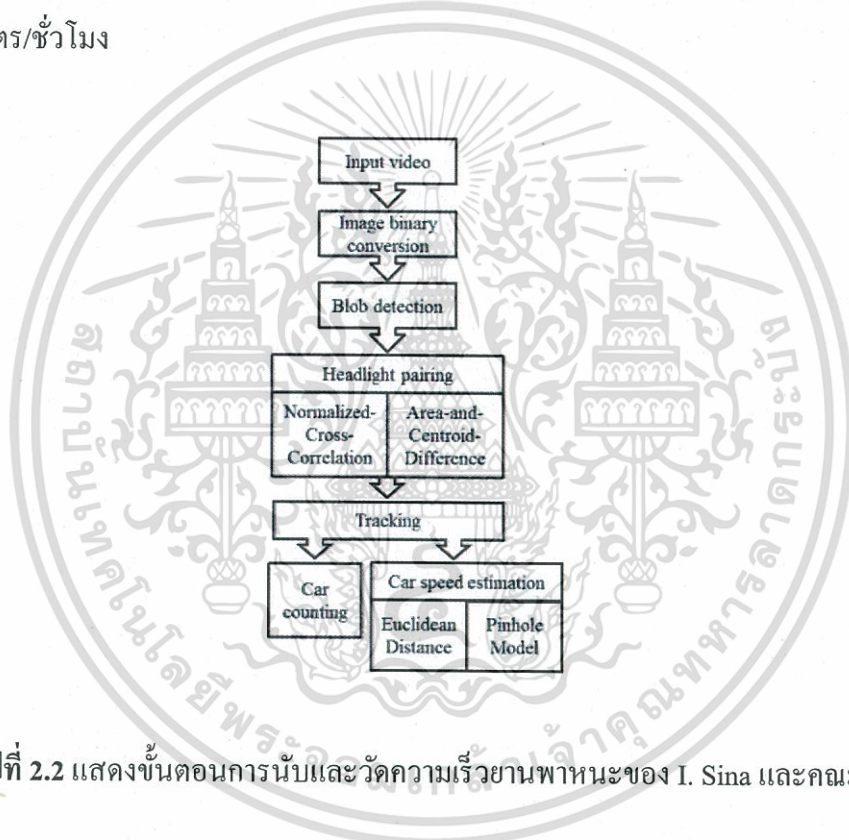


รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการตรวจวัดความเร็วของ Adi และคณะ

Adi และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะแบบทันที โดยมีกระบวนการทำงานหลัก 3 กระบวนการ ดังรูปที่ 2.1 ขั้นตอนแรกจะนำเอาภาพจากวิดีโอหรือจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดเข้ามาในระบบแล้วทำการตรวจจับยานพาหนะแต่ละคันด้วยวิธีการที่ชื่อว่า Principal Component Analysis (PCA) ขั้นตอนที่สองเมื่อระบบตรวจจับยานพาหนะได้แล้วจะทำการสร้างหมายเลขประจำรถแต่ละคันขึ้นมา ขั้นตอนสุดท้ายคือการติดตามรถแต่ละคันจากหมายเลขประจำตัวรถที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการ Kalman filter แล้วทำการคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะ

จากวิธีการ Euclidean Distance โดยที่ Adi และคณะ ทำการทดสอบกับวิดีโอจำนวน 15 วิดีโอ ซึ่งความถูกต้องของการตรวจวัดความเร็วอยู่ระหว่าง 63 - 99.5%

M.Jyothi kiran และ K.S. Roy นำเสนอวิธีการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการใช้ shrinking algorithm ในการหาวัตถุที่เคลื่อนที่ ผลจากอัลกอริทึมจะทำให้ทราบถึงจุดมุมบนซ้ายจาก spatial bounding box ซึ่งจะใช้อ้างอิงเมื่อวัตถุผ่านเส้นที่กำหนดไว้ ซึ่ง M.Jyothi kiran และ K.S. Roy ได้ทำการกำหนดเส้นไว้ด้วยกัน 2 เส้น เมื่อวัตถุผ่านเส้นแรกก็จะทำการบันทึกเวลาและจุดมุมบนซ้ายเอาไว้ เมื่อวัตถุผ่านเส้นที่สองก็จะทำการบันทึกเวลาและจุดมุมบนซ้ายเอาไว้เช่นกัน แล้วนำจุดกับเวลาที่บันทึกไว้มาคำนวณหาความเร็ว ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบ ความเร็วที่ได้จากการประมวลผลภาพแตกต่างจากความเร็วจริงโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.66 กิโลเมตร/ชั่วโมง



รูปที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการนับและวัดความเร็วยานพาหนะของ I. Sina และคณะ

Sina และคณะ ได้นำเสนอวิธีการนับและวัดความเร็วยานพาหนะ ด้วยการตรวจจับไฟหน้ารถ (Headlight Detection) โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 2.2 การหาตำแหน่งของไฟหน้ารถในแต่ละเฟรมจะใช้วิธีการ Blob Detection :ซึ่งเป็นวิธีการหากลุ่มของสีขาบนพื้นสีดำ การทำ Blob Detection จะทำให้ทราบขอบเขต จุดกึ่งกลาง และขนาดของวัตถุ ซึ่งจะนำไปใช้ในการจับคู่ของไฟหน้ารถ โดยวิธีการ normalized cross-correlation กับ วิธีการ centroid-area-difference เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจับคู่ของไฟหน้ารถ normalized cross-correlation มีประสิทธิภาพดีกว่า centroid-area-difference ในส่วนของกระบวนการวัดความเร็วนั้น ถูกนำเสนอด้วยวิธีการแบบ

pin-hole และ Euclidean distance ซึ่ง pin-hole มีความแม่นยำกว่าแบบ Euclidean distance โดยถ้าจะใช้ pin-hole จะต้องทราบค่าตัวแปรในการติดตั้งกล้องทั้งความสูงจากกล้องถึงพื้น ระยะระหว่างกล้องกับจุดโฟกัส ของเราของกล้อง

Kiran Kumar KV และคณะ นำเสนอวิธีการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะด้วย Corner detection โดยกระบวนการเริ่มจากใช้ median filtering ในการลดสิ่งรบกวน (high-frequency noise) ออกจากภาพ หลังจากนั้นจะทำการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง (background subtraction) โดยนำภาพแต่ละเฟรมไปเทียบกับเฟรมอ้างอิงที่กำหนดเป็นภาพพื้นหลัง แล้วทำการหาขอบของวัตถุด้วย Canny Edge Detected แล้วต่อด้วยการปรับปรุงภาพ (Morphological Operation) เพื่อลบช่องว่างให้ขอบเชื่อมต่อกันมากขึ้น หลังจากนั้นให้เทคนิค simple masking .ในการระบุขอบเขตของยานพาหนะ แล้วใช้อัลกอริทึม Moravec corner detection ในการหาตำแหน่งของมุมวัตถุเพื่อนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างเฟรม และใช้ค่าของ sampling rate และ sampling constant มาเป็นตัวแปรเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการคำนวณหาความเร็ว ผลลัพธ์ที่ได้มีความเร็วมีความผิดพลาด +/- 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง

Shweta Joshi นำเสนอวิธีการตรวจวัดความเร็วด้วยการประมวลผลภาพ โดยกระบวนการเริ่มจากนำภาพแต่ละเฟรมมาทำการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง (background subtraction) ด้วยค่า Thresholding รวมกับการปรับปรุงภาพ (Morphological Operation) แล้วทำการหาขอบเขตและ centroid ของวัตถุ ด้วย Connected Component Method แล้วใช้ centroid ที่หาได้มาติดตามวัตถุ สำหรับการหาความเร็วนั้น จะมีการกำหนดพื้นที่ที่สนใจ (ROI) ขึ้นมาเพื่อหาจำนวนเฟรมที่วัตถุเคลื่อนที่เข้ามาใน ROI จนออกพ้น ROI ไป แล้วนำไปคำนวณกับเฟรมเรทเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ แล้วไปคำนวณกับระยะทางจริงเพื่อให้ได้ความเร็วออกมา

2.2 วิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 2.3 กระบวนการตรวจวัดความเร็วด้วยการประมวลผลภาพ

การศึกษาค้นคว้านี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมต้นแบบสำหรับใช้ในการตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ โดยใช้ภาพที่ได้จากกล้องวิดีโอ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาเมื่อมองภาพรวมของการทำงานแล้ว สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 กระบวนการหลักๆ คือ ส่วนแรกเป็นกระบวนการหาบริเวณของวัตถุที่สนใจในภาพและนำบริเวณที่ได้ส่งไปยังกระบวนการที่สอง ซึ่งจะทำหน้าที่ในการติดตามวัตถุ กระบวนการสุดท้ายเป็นการคำนวณหาความเร็วของวัตถุนั้น ๆ ดังรูปที่ 2.3

2.2.1 กระบวนการหาบริเวณของวัตถุที่สนใจ (Pre-Processing)

เป็นการประมวลผลภาพที่ได้รับจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด หรือจากไฟล์วิดีโอ เพื่อทำการตัดแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง (Background Subtraction)

Background Subtraction คือ การแยกวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ออกจากฉากหลัง โดยการลบฉากหลัง ด้วยการนำภาพสองเฟรม ณ บริเวณเดียวกันในเวลาที่แตกต่างกัน มาทำการลบกัน หากมีการเคลื่อนที่เข้ามาของวัตถุในภาพเฟรมที่สอง เมื่อนำภาพทั้งสองเฟรมมาลบกัน ฉากหลังจะลบหักล้างกันระหว่างภาพสองเฟรม และมีส่วนผลต่างระหว่างภาพทั้งสองเฟรม ซึ่งผลต่างนี้เองคือการเคลื่อนที่ไหลของวัตถุที่เข้ามายังภาพเฟรมที่สอง เป็นไปตามสมการ 2.1

$$\text{Object} = |\text{foreground}(x,y) - \text{background}(x,y)| \quad (2.1)$$

จากงานวิจัยของ Sobral Andrews และ Vacavant Antoine ได้ทำการรวบรวมอัลกอริทึมในการตัดแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัลกอริทึมในการตัดแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง

Basic methods, mean and variance over time
Static Frame Difference
Frame Difference
Weighted Moving Mean
Weighted Moving Variance
Adaptive Background Learning
Temporal Mean
Adaptive Median of McFarlane and Schofield (1995)
Temporal Median of Cucchiara et al (2003) and Calderara et al (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

Fuzzy based methods
Fuzzy Sugeno Integral (with Adaptive-Selective Update) of Hongxun Zhang and De Xu
Fuzzy Choquet Integral (with Adaptive-Selective Update) of Baf et al
Fuzzy Gaussian of Laurence Bender
Statistical methods using one gaussian
Gaussian Average of Wren (1997)
Simple Gaussian of Benezeth et al (2008)
Statistical methods using multiple Gaussians
Gaussian Mixture Model of Stauffer and Grimson (1999)
Gaussian Mixture Model of KadewTraKuPong and Bowden (2001)
Gaussian Mixture Model of Zivkovic (2004)
Gaussian Mixture Model of Zivkovic (2004)
Gaussian Mixture Model implemented by Laurence Bender
Type-2 Fuzzy based methods
Type-2 Fuzzy GMM-UM of Baf et al (2008)
Type-2 Fuzzy GMM-UV of Baf et al (2008)
Type-2 Fuzzy GMM-UM with MRF of Zhao et al (2012)
Type-2 Fuzzy GMM-UV with MRF of Zhao et al (2012)
Statistical methods using color and texture features
Multi-Layer BGS of Jian Yao and Jean-Marc Odobez (2007)
Non-parametric methods
Pixel-Based Adaptive Segmenter (PBAS) of Hofmann et al (2012)
GMG of Godbehere et al (2012)
VuMeter of Goyat et al (2006)
Methods based on eigenvalues and eigenvectors
Eigenbackground / SL-PCA of Oliver et al (2000)
Neural and neuro-fuzzy methods
Adaptive SOM of Maddalena and Petrosino (2008)
Fuzzy Adaptive SOM of Maddalena and Petrosino (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frame Difference

การแยกวัตถุที่มีการเคลื่อนที่ออกจากฉากหลัง โดยการลบฉากหลัง ด้วยการนำภาพสองเฟรม ณ บริเวณเดียวกันในเวลาที่แตกต่างกัน มาทำการลบกัน หากมีการเคลื่อนที่เข้ามาของวัตถุในภาพเฟรมที่สอง เมื่อนำภาพทั้งสองเฟรมมาลบกัน ฉากหลังจะลบหักล้างกันระหว่างภาพสองเฟรม ได้ส่วนผลต่างระหว่างภาพทั้งสองเฟรม ถ้ามีค่ามากกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ผลต่างนี้เองคือการเคลื่อนไหวนของวัตถุที่เข้ามายังภาพเฟรมที่สอง ซึ่งสามารถกำหนดเป็นไปดังสมการ 2.2

$$| \text{frame}_i - \text{frame}_{i-1} | > T \quad (2.2)$$

โดยที่ frame_i คือ frame ที่ i
 frame_{i-1} คือ frame ที่ $i - 1$
 T คือ ค่าขีดเริ่มเปลี่ยน

Static Frame Difference

เป็นการหาวัตถุที่เคลื่อนที่ในแต่ละเฟรมภาพเหมือนกับ Frame Difference แต่จะแตกต่างกันตรงที่เฟรมทุกเฟรมจะทำการเทียบกับภาพพื้นหลังที่เตรียมไว้เท่านั้น ซึ่งภาพพื้นหลังจะตายตัวไม่สามารถปรับให้เป็นปัจจุบันได้เองตลอดเวลา

Mixture of Gaussians

เป็นการหาวัตถุหรือยานพาหนะที่เคลื่อนที่ในแต่ละเฟรมภาพ ซึ่งเทคนิคนี้เป็นการสร้างโมเดลของภาพพื้นหลัง ที่สามารถปรับค่าพื้นหลังให้เป็นปัจจุบันได้ตลอดเวลา เพื่อให้เหมือนกับพื้นหลังของทุก ๆ เฟรมปัจจุบัน ที่มีวัตถุเคลื่อนที่เกิดขึ้นภายในเฟรมนั้น ๆ เนื่องจากสภาพแวดล้อมจริงจะมีความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อมเกิดขึ้น เช่น สภาพภูมิอากาศ ความเข้มแสงเงาจากวัตถุต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อค่าของจุดสี ณ ตำแหน่งเดิมของในแต่ละเฟรมภาพที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมได้ โดยแต่ละจุดสีของเฟรมภาพจะถูกจำแนกออกเป็นจุดสีของภาพพื้นหลังหรือจุดสีของวัตถุด้วยวิธีเกาส์เซียน (Gaussians Distribution) ที่มีมากกว่า 1 ดิสทริบิวชัน เพื่อเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์หาพื้นหลังของภาพที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

การสร้างโมเดลการหาพื้นหลังของภาพที่มีหลายๆ ค่านั้น เพื่อแก้ปัญหาเรื่องของจุดสีที่อยู่บนภาพพื้นหลังที่มีหลายค่า ทำให้การแบ่งประเภทของจุดสีมีความใกล้เคียงตามสภาพแวดล้อมจริงมากยิ่งขึ้น ซึ่งความน่าจะเป็นของการพิจารณาค่าของจุดสี พิจารณาได้ดังสมการที่ 2.3

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} \eta(x_t - \mu_{i,t} \Sigma_{i,t}) \quad (2.3)$$

โดยที่	K	คือ จำนวน Gaussians Distribution
	$\omega_{i,t}$	คือ ค่าน้ำหนักของ Gaussians ตัวที่ i ณ เวลา t
	$\mu_{i,t}$	คือ ค่าเฉลี่ยของ Gaussians ตัวที่ i ณ เวลา t
	$\Sigma_{i,t}$	คือ ค่าความแปรปรวนร่วมของ Gaussians ตัวที่ i ณ เวลา t
	η	คือ Gaussians Probability Density Function
	X_t	คือ จุดสี ณ เวลา t

ซึ่ง
$$\eta(X_t, \mu, \Sigma) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}} |\Sigma|^{\frac{1}{2}}} e^{-\frac{1}{2} (X_t - \mu)^T \Sigma^{-1} (X_t - \mu)}$$

โดยที่
$$\begin{aligned} \Sigma_{kt} &= \sigma_k^2 I \\ \omega_{kt} &= (1 - \alpha) \omega_{kt-1} + \alpha (M_{kt}) \\ \mu_t &= (1 - \rho) \mu_{t-1} + \rho X_t \\ \sigma_t^2 &= (1 - \rho) \sigma_{t-1}^2 + \rho (X_t - \mu_t)^T (X_t - \mu_t) \end{aligned}$$

โดยที่
$$\rho = \alpha \eta(X_t | \mu_k, \sigma_k)$$

ทั้งนี้ เกณฑ์ในการพิจารณาแยกจุดสีใดเป็นของภาพพื้นหลังหรือจุดสีใดเป็นของวัตถุ หาได้จาก การพิจารณาค่าแอมพลิจูดสูงสุดของทุก ๆ ดิสทริบิวชันจะมีค่าเป็น ω_i และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น σ_i โดยที่

$$\sum_{i=1}^B \omega_i > T$$

เมื่อ T คือ เทรสโฮลด์

ถ้าแอมพลิจูดของดิสทริบิวชันมีค่ามากกว่าเทรสโฮลด์แสดงว่าดิสทริบิวชันนั้นจะเป็นส่วนของพื้นหลังและจากนั้นจะทำการปรับค่าพารามิเตอร์ $(\omega_{i,t}, \mu_{i,t}, \sigma_{i,t})$ ให้เป็นปัจจุบัน แต่ด้านนอกเหนือจากนี้ ดิสทริบิวชันนั้นก็คือส่วนของวัตถุหรือยานพาหนะ

2.2.2 กระบวนการติดตามวัตถุ (Tracking)

เป็นขั้นตอนการติดตามรถ (Vehicle tracking) โดยการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถ (Vehicle motion analysis) ที่ตรวจหาได้จากกระบวนการหาบริเวณของวัตถุที่สนใจ (Pre-Processing) สำหรับหลักการทั่วไปของการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของรถ หรือวัตถุใด ๆ ที่สนใจที่จะติดตาม เริ่มต้นจากการรับข้อมูลจากกล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Video Digital Camera) กรณีต้องการติดตามแบบออนไลน์ (Real time tracking) หรืออ่านจากแฟ้มข้อมูลภาพดิจิทัล (video file) กรณีตรวจสอบแบบออฟไลน์ (off-line tracking) การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว คือ การหาความแตกต่างกันของข้อมูลภาพในเฟรมภาพต้นฉบับกับเฟรมภาพถัดไป ซึ่งคุณลักษณะที่นำมาหาความต่างของข้อมูลระหว่างเฟรม เช่น คุณลักษณะของสี (color) ค่าความเข้มแสง (intensity) ขอบของวัตถุที่สนใจ (edge) และลักษณะของกราฟเชิงความถี่ (histogram) เป็นต้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว คือ ตำแหน่งของวัตถุเป้าหมายที่ต้องการติดตาม (target representation and localization) จากการค้นคว้ามัลติอิมเมจพื้นฐานสำหรับติดตามวัตถุเช่น BLOB Analysis, Kalman Filters, Simple Masking เป็นต้น

การวิเคราะห์กลุ่มของจุดภาพที่เป็นไบนารี (BLOB Analysis) การวิเคราะห์หากลุ่มสีของวัตถุหรือเป้าหมายที่เป็นไบนารี คือ แยกกลุ่มของจุดภาพที่แตกต่างกัน ด้วยการคำนวณหาตำแหน่งและขนาดวัตถุ การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบของจุดเชื่อมต่อ (Region growing) ทำได้ด้วยวิธีกำหนดจุดเชื่อมต่อแบบ 4-connected หรือ แบบ 8-connected จากแนวคิดของ Grassfire โดยที่ Region growing เกิดจากผลรวมของค่า Thresholding และค่า connected component analysis

2.2.3 กระบวนการหาความเร็ว (Speed Measurement)

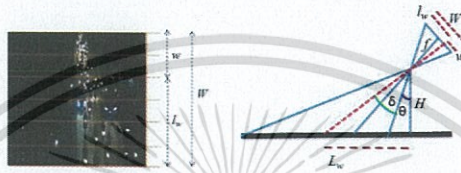
จากงานวิจัยที่ผ่านมาการหาความเร็วมีด้วยกัน 2 แบบคือ

- 1) Euclidean distance เป็นการประมาณค่าความเร็วของรถ ที่สามารถคำนวณได้จากค่า $d_{coordinate}$ ซึ่งวิธีการนี้ เป็นวิธีการที่ไม่ต้องมีตัวแปรใด ๆ บนสมมุติฐานที่ไม่ทราบว่าสภาพแวดล้อมในการบันทึกเป็นอย่างไร ซึ่งตัวแปรที่ไม่ต้องทราบ เช่น องศาของกล้อง จุดโฟกัสของกล้อง ความสูงระหว่างกล้องไปถึงพื้น ซึ่งสามารถใช้ค่าสัมประสิทธิ์ k ซึ่งอาจจะกำหนดด้วยค่าบางอย่าง เช่น เฟรมเรทของวิดีโอ ความละเอียดของวิดีโอ เป็นต้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$S_{vehicle} = \frac{d_{coordinate} * k}{f_2 - f_1} \quad (2.4)$$

โดยที่ f_2 คือหมายเลขเฟรมปัจจุบัน และ f_1 คือหมายเลขเฟรมก่อนหน้า

- 2) Pin-Hole คือการหาค่าระยะทางจริงของวัตถุในลำดับภาพ เราจำเป็นต้องทราบค่าตัวแปรบางอย่างก่อนการบันทึกภาพ ดังรูปที่ 2.4 ได้แก่ ค่า H ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างตัวกล้องกับพื้นในหน่วยเมตร ค่า f ซึ่งเป็นค่าระยะทางระหว่างระนาบภาพกับจุดโฟกัสของกล้อง และ θ คือมุมองศาที่เป็นจุดยอดของกล้อง หลังจากนั้นจะสามารถหาค่า L_w ที่เป็นการประมาณค่าระยะทางจริงบนถนนเทียบกับระยะทางในภาพดังสมการที่ 2.5 และ 2.6



รูปที่ 2.4 แสดงตัวแปรของสมการ Pin-Hole

$$L_w = H \tan(\delta + \theta) \quad (2.5)$$

$$\delta = \arctan\left(\frac{W/2}{f}\right) - \arctan\left(\frac{w-W/2}{f}\right) \quad (2.6)$$

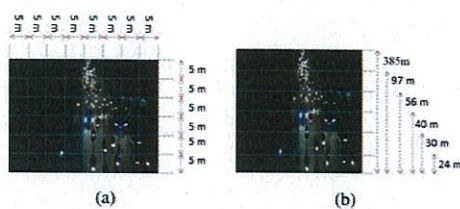
โดยที่ W คือ จำนวนทั้งหมดของ pixel row ในรูปภาพ
 w คือ ตำแหน่งของ pixel row ในรูปภาพ

และสมการของ Pin-hole ดังสมการที่ 2.7

$$S_{vehicle} = \frac{(L_{w1} - L_{w2}) * F_r * 3.6}{f_2 - f_1} \quad (2.7)$$

โดยที่ w_2 คือ ค่าตำแหน่งของเฟรม $f_2 = n$
 w_1 คือ ค่าตำแหน่งของเฟรม $f_2 = n-1$
 L_{w2}, L_{w1} คือ ระยะที่ได้จากการเปรียบเทียบพิกเซล
 F_r คือ เฟรมเรทของวิดีโอ
 3.6 คือ ค่าคงที่ในการแปลงจาก m/s เป็น km/hr

โดยแบบจำลองระหว่าง Euclidean Distance and Pin-Hole model แสดงดังรูปที่ 2.5

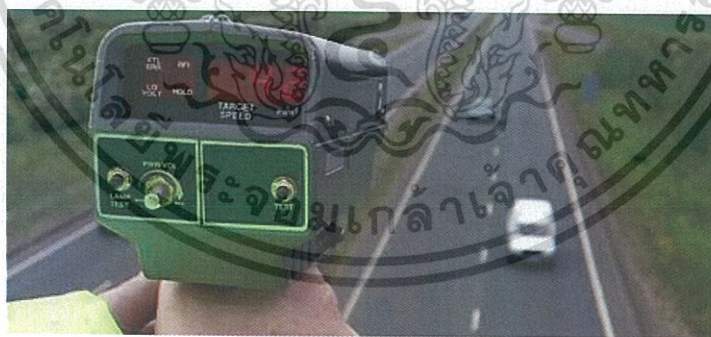


รูปที่ 2.5 แสดงแบบจำลอง (a) Euclidean Distance (b) Pin-Hole model

2.3 ทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 Radar Gun

อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วรถ ขณะใช้จะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เราอาจจะเรียกว่า คลื่นเรดาร์ ส่งออกไป (คลื่นเรดาร์ที่ใช้กันมากคือ คลื่นไมโครเวฟและคลื่นวิทยุ) จากเครื่องเรดาร์ ถ้ามีวัตถุเช่น รถยนต์ขวางทางเรดาร์ คลื่นเรดาร์ก็จะสะท้อนจากวัตถุนั้นกลับคืนสู่เครื่องเรดาร์ จากนั้นจะทำการจับเวลาทั้งหมดที่คลื่นเรดาร์เดินทางจากเครื่องออกไปจนกระทั่งกลับคืนสู่เครื่องเรดาร์อีกครั้ง เครื่องเรดาร์ก็จะสามารถบอกได้ว่าวัตถุเช่นรถยนต์ นั้นกำลังอยู่ห่างจากเครื่องเรดาร์ เป็นระยะเท่าใด และ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใด



รูปที่ 2.6 การใช้ Radar Gun ในการตรวจวัดความเร็วรถ

ปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีระบบเรดาร์ก้าวหน้าขึ้น มีการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้งานร่วมกับเรดาร์ และกล้องความเร็วสูง เพื่อบันทึกภาพแบบอัตโนมัติกับผู้ที่ขับรถด้วยความเร็วบนถนน ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีการนำเอาแสงเลเซอร์มาใช้แทนเรดาร์อีกด้วย เนื่องจากเรดาร์มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่กระจายที่กว้างไกลและสะท้อนวัตถุประสงค์ต่างๆ สามารถตรวจพบการใช้งานได้ง่าย จึงมีผู้พัฒนาอุปกรณ์แจ้งเตือนออกจำหน่ายอย่างมาก ปัจจุบันในหลายๆ ประเทศได้เปลี่ยนมาใช้ในการตรวจจับแบบใช้แสงเลเซอร์กันมากขึ้น น้ำหนักที่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าเรดาร์ที่ใช้คลื่นไมโครเวฟหรือคลื่นวิทยุมาก

2.3.2 การวัดค่าความคลาดเคลื่อน

- 1) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error : RMSE) ตามสมการ 2.8

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(E)^2}{n}} \quad (2.8)$$

โดยที่ RMSE คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

- 2) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ตามสมการ 2.9

$$MAPE = \frac{\sum\left(\frac{|E|}{Ref}\right)}{n} \times 100 \quad (2.9)$$

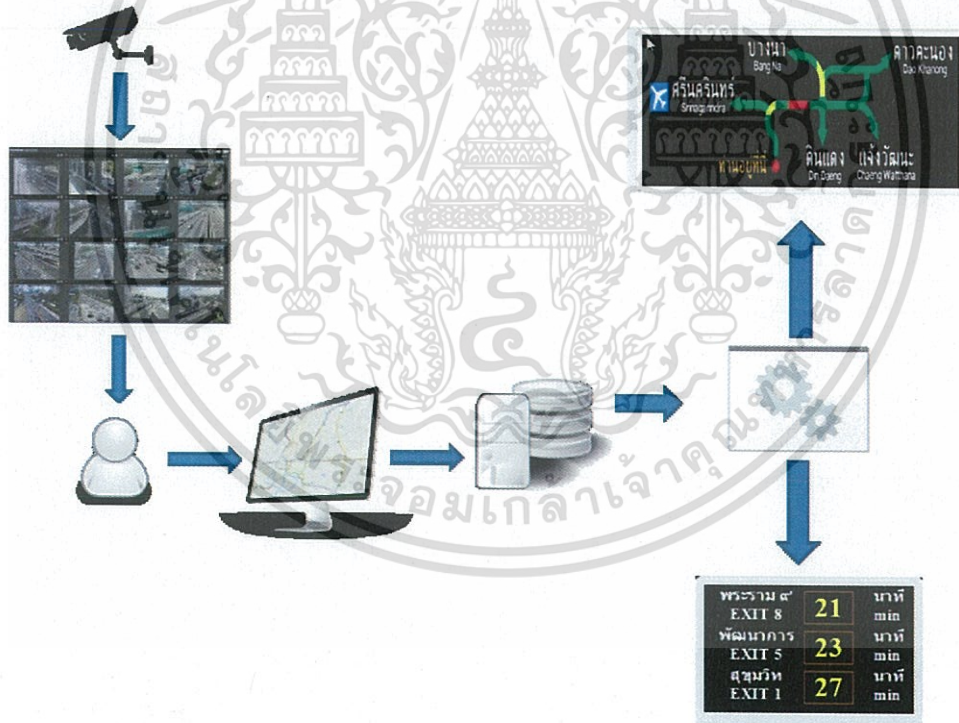
โดยที่ MAPE คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน
Ref คือ ค่าอ้างอิง

บทที่ 3

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

3.1 การทำงานในปัจจุบัน

ในปัจจุบันการรายงานสภาพจราจรผ่านระบบแสดงเส้นสีแสดงความติดขัดบนทางพิเศษ จะเริ่มจากข้อมูลที่เกิดจากการสังเกตการณ์สภาพจราจรบนทางพิเศษของเจ้าหน้าที่จากศูนย์ควบคุมจราจร โดยทำการดูสภาพจราจรในแต่ละจุดผ่านกล้องโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) แล้วทำการป้อนข้อมูลเส้นสีลงในแผนที่ ที่พัฒนาขึ้นแล้วจัดเก็บลงฐานข้อมูล โดยสีเขียวแทนการจราจรคล่องตัว สีเหลืองแทนการจราจรชะลอตัว และสีแดงแทนการจราจรติดขัด หลังจากนั้นจะนำข้อมูลมาประมวลผล แล้วแสดงเส้นสีและระยะเวลาการเดินทางออกทางป้ายรายงานสภาพจราจรดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของระบบปัจจุบัน

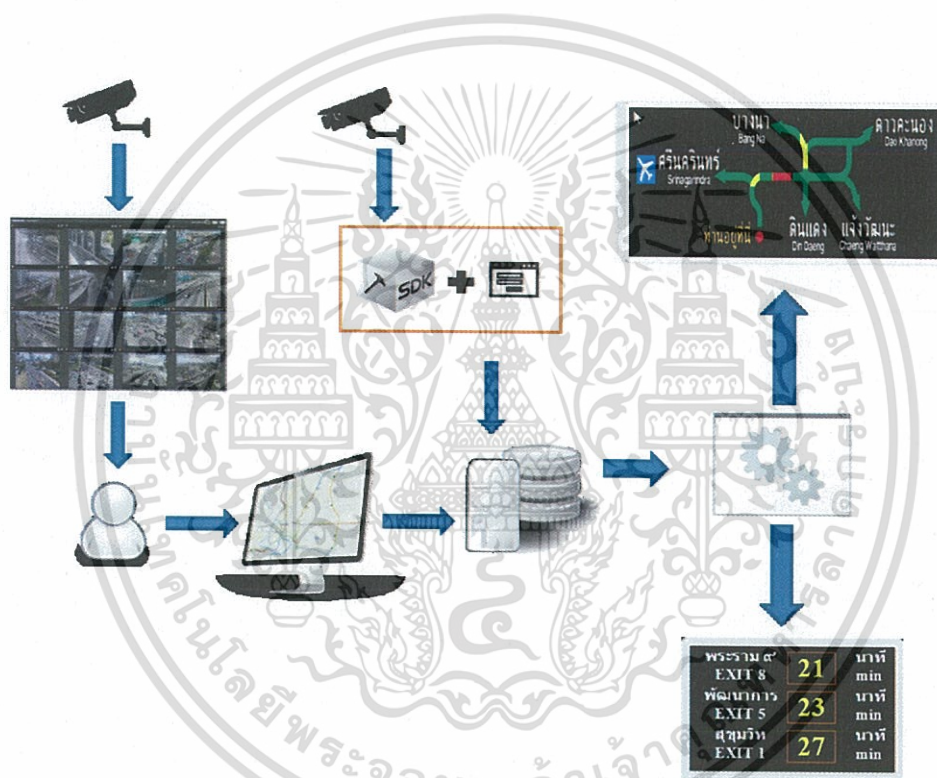
3.2 ปัญหาที่พบในระบบงานปัจจุบัน

ถึงแม้ระบบในปัจจุบันจะสามารถรายงานสภาพจราจรและระยะเวลาการเดินทางได้ แต่ระบบดังกล่าวก็เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่แสดงไม่ตรงกับสภาพจราจรจริงบนท้องถนน ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากข้อมูลตั้งต้นที่เข้ามาในระบบเกิดจากการบันทึกของเจ้าหน้าที่ ซึ่งคุณสมบัติของเจ้าหน้าที่แต่ละคนจะแตกต่างกันออกไป ในการที่จะบันทึกเส้นสีของสภาพจราจร หรือบางครั้งเจ้าหน้าที่ปฏิบัติหน้าที่หลักอยู่ในขณะนั้น ทำให้ไม่สามารถปรับปรุงเส้นสีได้ตลอดเวลา

3.3 การออกแบบระบบใหม่

สำหรับการปรับปรุงระบบ จะทำการเพิ่มตัวโปรแกรมสำหรับตรวจวัดความเร็วของรถเข้าไปในระบบ โดยตัวโปรแกรมมีหน้าที่ตรวจจับความเร็วของรถแต่ละคัน แล้วส่งผลไปเก็บยังฐานข้อมูล เพื่อรอนำไปประมวลผลต่อไปดังรูปที่ 3.2

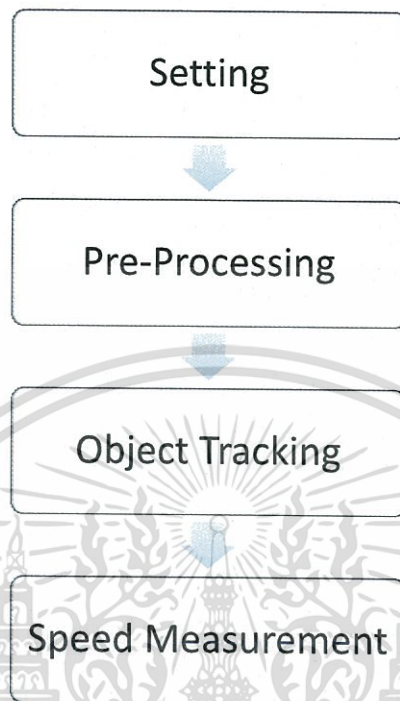


รูปที่ 3.2 แผนผังระบบใหม่

จากระบบใหม่ข้างต้นจึงต้องมีการศึกษา เพื่อพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการวิเคราะห์ภาพจากไฟล์วิดีโอ เพื่อให้ได้ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ ซึ่งจะมีการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานของโปรแกรมในส่วนของการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ อัลกอริทึม Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่ไม่มีโมเดลพื้นหลัง อัลกอริทึม Static Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่มีโมเดลพื้นหลังแบบคงที่ และอัลกอริทึม Mixture of Gaussians เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่มีโมเดลพื้นหลังที่อัปเดตตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ภาพรวมของโปรแกรม



รูปที่ 3.3 แผนภาพแสดงภาพรวมการทำงานของโปรแกรม

ภาพรวมขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมตรวจวัดความเร็ว จะเริ่มต้นจากการนำไฟล์วิดีโอเข้าโปรแกรม แล้วทำการกำหนดเส้นอ้างอิง ทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ และระยะห่างระหว่างเส้นอ้างอิง เมื่อเริ่มสั่งให้โปรแกรมทำงาน ทำการอ่านภาพทีละเฟรมจากไฟล์วิดีโอ จากนั้นเฟรมภาพจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง โดยจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างภาพ foreground กับ background หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการหาตำแหน่งและขนาดของวัตถุด้วยการวิเคราะห์หีบสี่เหลี่ยม (Blob analysis) ซึ่งจะทำการแยกกลุ่มของจุดสีที่ต่อเนื่องกันเป็นกลุ่ม เมื่อทำการวิเคราะห์เสร็จ จะได้ค่าของตำแหน่ง จุดกึ่งกลางและขนาดของของยานพาหนะแต่ละคัน ซึ่งจะนำไปใช้ประโยชน์ในการติดตามยานพาหนะและตรวจสอบว่ายานพาหนะวิ่งผ่านเส้นอ้างอิงเริ่มต้นและสิ้นสุดหรือยัง โดยจะทำการเก็บหมายเลขเฟรมเมื่อวิ่งผ่านเส้นอ้างอิงสำหรับใช้คำนวณหาความเร็ว

3.4.1 Setting

หลังจากทำการเลือกไฟล์วิดีโอที่จะใช้ทำการประมวลผลเสร็จแล้ว โปรแกรมจะทำการอ่านเฟรมภาพขึ้นมาแสดง หลังจากนั้นให้กำหนดค่า ดังนี้

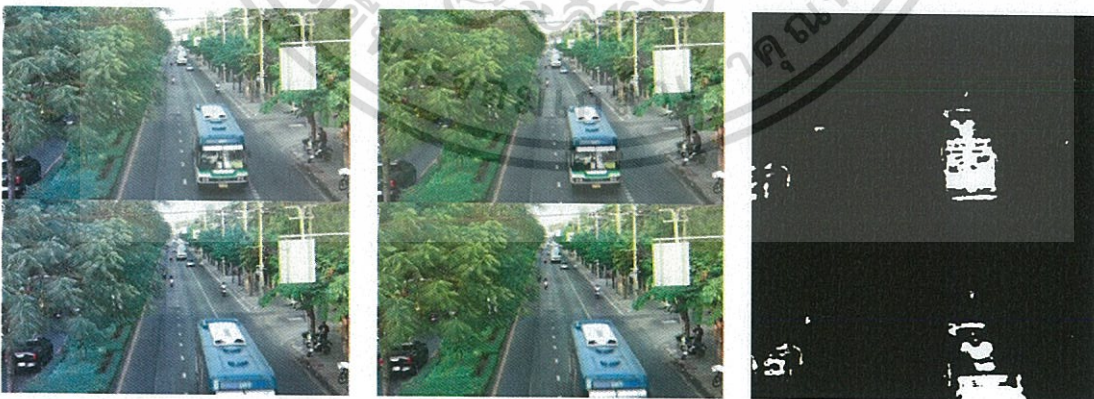
- 1) ทำการกำหนดเส้นอ้างอิงเริ่มต้นและสิ้นสุด โดยการคลิกเมาส์ที่ภาพ หากมีการตั้งค่าเก่าอยู่แล้ว โปรแกรมจะดึงมาแสดงให้อัตโนมัติ หากต้องการตั้งค่าใหม่ให้ที่คลิกที่ปุ่มตำแหน่ง x, y ของแต่ละเส้น แล้วกลับมาเลือกตำแหน่งที่ภาพอีกครั้ง
- 2) กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของรถในวิดีโอ
- 3) กำหนดระยะห่างระหว่างเส้นอ้างอิงในหน่วยเมตร
- 4) คลิกที่ปุ่ม Start เพื่อเริ่มการประมวลผล

3.4.2 Pre-Processing

เมื่อโปรแกรมถูกสั่งให้ประมวลผล จะทำการอ่านเฟรมภาพจากไฟล์วิดีโอ หากไม่สามารถอ่านเฟรมภาพได้อีก โปรแกรมจะหยุดทำงาน หากยังมีจะทำการลดขนาดเฟรมภาพ แล้วส่งเฟรมภาพเข้าสู่กระบวนการแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง

โดยขั้นแรกจะทำการแปลงภาพสี ให้เป็นภาพระดับสีเทา แล้วแปลงภาพจากระดับสีเทาไปเป็นภาพขาวดำ โดยทำการเปรียบเทียบแต่ละจุดสีกับค่า threshold ที่กำหนดไว้ ถ้าจุดสีใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ให้จุดนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเป็นสีดำ และถ้าจุดใดมีค่ามากกว่า threshold ให้จุดนั้นมีค่าเป็น 1 หรือเป็นสีขาว

ซึ่งในส่วนนี้มีการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานอัลกอริทึมของโปรแกรมในส่วนของ การแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ



รูปที่ 3.4 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Frame Difference

อัลกอริทึม Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่ไม่มีโมเดลพื้นหลัง โดยจะทำการเปรียบเทียบเฟรมปัจจุบันกับเฟรมก่อนหน้า เช่น เฟรมที่ 2 จะเปรียบเทียบกับเฟรมที่ 1 เฟรมที่ 3 จะเปรียบเทียบกับเฟรมที่ 2 วนอย่างนี้จะหมดเฟรม



รูปที่ 3.5 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Static Frame Difference

อัลกอริทึม Static Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในรูปแบบที่มีโมเดลพื้นหลังแบบคงที่ โดยจะทำการอ่านเฟรมแรกเก็บไว้เป็นพื้นหลังอ้างอิง ไว้เทียบกับเฟรมที่เหลือทั้งหมด



รูปที่ 3.6 ผลการแยกวัตถุออกจากพื้นหลังของอัลกอริทึม Mixture of Gaussian

อัลกอริทึม Mixture of Gaussian เป็นอัลกอริทึมในแบบที่มีโมเดลพื้นหลังที่อัปเดตตลอดเวลา โดยจะทำการเปรียบเทียบเฟรมภาพปัจจุบัน กับเฟรมภาพที่เก็บเป็นภาพพื้นหลังไว้ เมื่อเปรียบเทียบเสร็จจะทำการอัปเดตภาพพื้นหลังเพื่อใช้เปรียบเทียบต่อไป

3.4.3 Object Tracking

เมื่อโปรแกรมทำการแยกส่วนที่เป็นวัตถุออกจากพื้นหลังเสร็จแล้ว จะส่งต่อเฟรมภาพให้กระบวนการหาขอบเขตของวัตถุ ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้ Blob Analysis ในการแยกกลุ่มของจุดสีขาวออกจากสีดำ ซึ่งจะทำให้ได้จำนวนกลุ่มของจุดสีทั้งหมด รวมทั้งขนาด ตำแหน่ง จุดกึ่งกลางของกลุ่มสี ซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มสีทั้งที่เป็นวัตถุที่เราสนใจและไม่สนใจ จึงทำการกรองด้วยการเปรียบเทียบขนาดของกลุ่มสีตามที่มีขนาดระหว่าง 500 ถึง 20000 ซึ่งจะทำให้ได้กลุ่มสีที่คาดว่าจะเป็วัตถุที่เราต้องการทั้งหมด หลังจากนั้นจะนำกลุ่มสีแต่ละอันมาเช็คว่าวัตถุอยู่ที่ตำแหน่งใด ดังนี้

- 1) ทำการหาความชันของเส้นอ้างอิงจากสมการ 3.1

$$\text{ความชันของเส้นอ้างอิง} = \frac{\text{ระยะแนวตั้ง}}{\text{ระยะแนวนอน}} \quad (3.1)$$

- 2) ทำการหาค่า Y ที่อยู่บนเส้นตรงที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของกลุ่มสีจากสมการ 3.2

$$Y = m(X - x) + y \quad (3.2)$$

โดยที่	Y	คือ เป็นค่า y บนเส้นตรงที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของกลุ่มสี
	m	คือ ค่าความชันที่หาได้จากสมการ 3.1
	X	คือ ค่า x ของเส้นอ้างอิง
	x	คือ ค่า x ของจุดกึ่งกลางของกลุ่มสี
	y	คือ ค่า y ของจุดกึ่งกลางของกลุ่มสี

- 3) นำเอาค่า Y มาเทียบกับค่า y ของเส้นอ้างอิงดังนี้

- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ $Y < \text{ค่า } y$ ของเส้นอ้างอิงเริ่มต้น ตำแหน่ง คือ Bstart
- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ Y อยู่ระหว่าง ค่า y ของเส้นอ้างอิงทั้งสอง ตำแหน่ง คือ Track
- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ $Y > \text{ค่า } y$ ของเส้นอ้างอิงสิ้นสุด ตำแหน่ง คือ Aend

- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ $Y >$ ค่า y ของเส้นอ้างอิงเริ่มต้น ตำแหน่ง คือ Bstart
- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ Y อยู่ระหว่าง ค่า y ของเส้นอ้างอิงทั้งสอง ตำแหน่ง คือ Track
- ถ้าทิศทางเข้าหากล้อง และ $Y <$ ค่า y ของเส้นอ้างอิงสิ้นสุด ตำแหน่ง คือ Aend

3.4.4 Speed Measurement

เมื่อทราบค่าของตำแหน่งของวัตถุแล้ว

- 1) ถ้าตำแหน่งก่อนหน้าของวัตถุมีค่าเป็น Bstart และตำแหน่งปัจจุบันมีค่าเป็น Track จะทำการเก็บค่าเฟรมเข้าไว้
- 2) ถ้าตำแหน่งก่อนหน้าของวัตถุมีค่าเป็น Track และตำแหน่งปัจจุบันมีค่าเป็น Aend จะทำการเก็บค่าเฟรมออกไว้แล้วทำการหาจำนวนเฟรมที่หายไปทั้งหมด จากสมการ 3.3

$$TF = EF - SF \quad (3.3)$$

โดยที่ TF คือ จำนวนเฟรมทั้งหมดที่วัตถุใช้เคลื่อนที่ผ่าน
 EF คือ หมายเลขเฟรมที่ผ่านเส้นสิ้นสุด
 SF คือ หมายเลขเฟรมที่ผ่านเส้นเริ่มต้น

- 3) ทำการหาเวลาที่ใช้ไปทั้งหมดจากสมการ 3.4

$$\text{เวลา} = \frac{\text{จำนวนเฟรมทั้งหมดที่วัตถุใช้เคลื่อนที่ผ่าน}}{\text{framerate}} \quad (3.4)$$

- 4) นำค่าระยะที่กำหนดไว้ตอนแรก มาทำการหาความเร็วจากสมการ 3.5

$$\text{ความเร็ว} = \frac{\text{ระยะทาง}}{\text{เวลา}} \quad (3.5)$$

บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 วิธีการทดสอบ

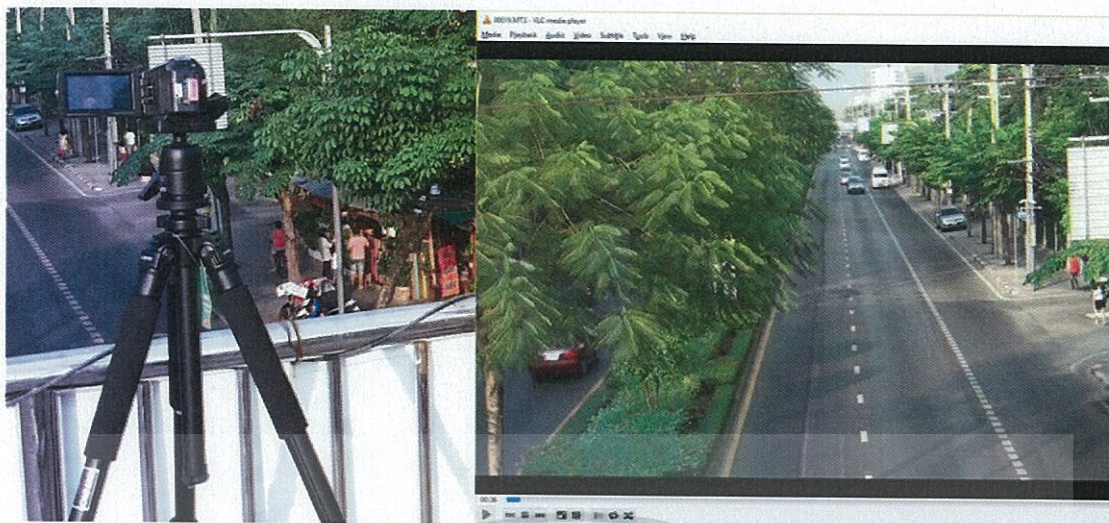
การทดสอบที่ได้ทำนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบที่ 1 จะทำการทดสอบกับไฟล์วิดีโอ ที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งเข้าหากล้อง การทดสอบที่ 2 จะทำการทดสอบกับไฟล์วิดีโอที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งออกจากก้อง โคนสภาวะแวดล้อมที่ทำการบันทึกนั้นเป็นเวลาที่มืดและมีแสงแดด ที่บริเวณสะพานลอยคนข้าม หน้าการทางพิเศษแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่ โดยทำการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอที่ติดตั้งบนสะพานลอย

4.2 การเก็บข้อมูล

ในการทดสอบ ได้เก็บข้อมูลการจราจรในบริเวณหน้าการทางพิเศษแห่งประเทศไทย สำนักงานใหญ่ ได้ใช้ผู้เก็บข้อมูลจำนวน 4 คน ผู้เก็บข้อมูลจะอยู่บนสะพานลอยทำการตั้งกล้องวิดีโอบนสะพานลอยเพื่อบันทึกภาพรถ โดยปล่อยให้กล้องทำการบันทึกภาพของรถแต่ละคันไปเรื่อย ๆ ทำการวัดความเร็วรถที่แล่นมาด้วยอุปกรณ์เรดาร์กัน โดยทำการตั้งกล้องวิดีโอเพื่อบันทึกภาพความเร็วของรถที่วัดได้ด้วยอุปกรณ์เรดาร์กันไว้ โดยทำการเก็บข้อมูลรถที่แล่นผ่านในลักษณะวิ่งเข้าหากล้องและรถวิ่งออกจากก้อง สภาพการจราจรในขณะนั้นการจราจรไม่หนาแน่นนัก รถแล่นมาเป็นระยะ ๆ

อุปสรรคที่พบในการเก็บข้อมูลนั้นที่สำคัญได้แก่การติดตั้งอุปกรณ์ต้องใช้พื้นที่ทางเดินบนสะพานลอย ทำให้เวลาคนเดินผ่านต้องระวังไม่ให้ชนอุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้

หลังจากเก็บข้อมูลภาคสนามแล้วจะนำข้อมูลที่บันทึก มาทำการทดสอบความสามารถของตัวโปรแกรมในด้านการตรวจวัดความเร็วซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 4.1 การตั้งกล้องวิดีโอ เพื่อบันทึกภาพรถ



รูปที่ 4.2 ตั้งกล้องวิดีโอ เพื่อบันทึกภาพความเร็วที่วัดได้จากเรดาร์กัน

4.3 การทดสอบวัดความเร็วรถ

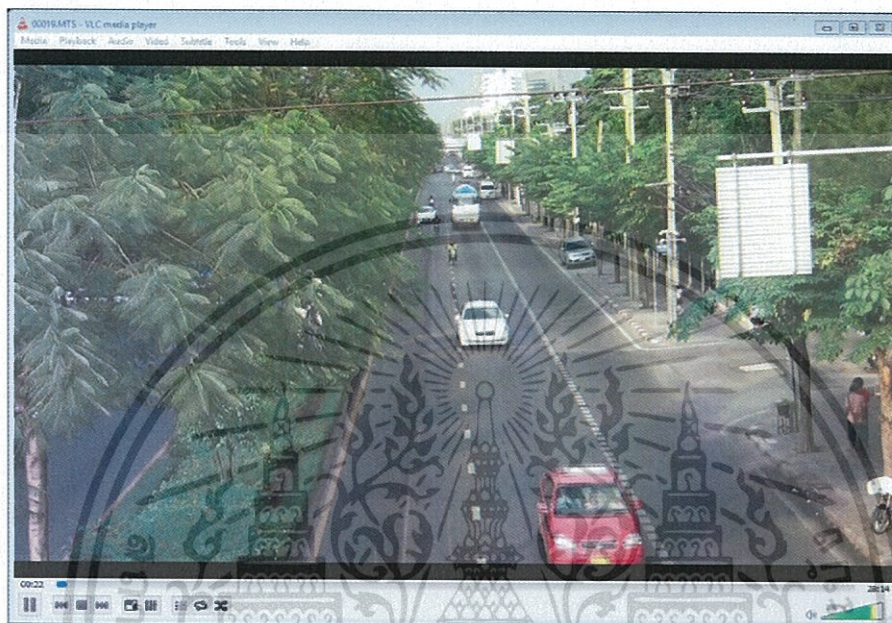
การทดสอบได้เน้น 2 ประเด็นที่สำคัญคือ ความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ และความถูกต้องของตัวเลขความเร็ว

ความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ คือ ประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ ของอัลกอริทึม Frame Difference, Static Frame Difference และ Mixture of Gaussians โดยการทดสอบกับการนับจำนวนรถด้วยตาเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถูกต้องของตัวเลขความเร็ว คือ ความสามารถที่โปรแกรมให้ผลลัพธ์ความเร็วที่คำนวณได้ออกมาถูกต้องเพียงใด โดยตรวจสอบเทียบกับค่าความเร็วที่ได้จากเรดาร์ห้กัน

โดยจะทำการทดสอบด้วยวิดีโอที่ลักษณะของวัตถุวิ่งเข้าหากล้อง และลักษณะของวัตถุวิ่งออกจากกล้อง



รูปที่ 4.3 ไฟล์วิดีโอที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งเข้าหากล้อง



รูปที่ 4.4 ไฟล์วิดีโอที่ทำการบันทึกภาพของรถที่มีลักษณะการวิ่งออกจากกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบ

4.4.1 ความถูกต้องในการตรวจจับวัตถุ

เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจจับวัตถุ ของอัลกอริทึม Frame Difference, Static Frame Difference และ Mixture of Gaussians โดยเทียบผลการทดสอบตรวจจับวัตถุด้วยโปรแกรมกับการนับจำนวนวัตถุด้วยตาเปล่า

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบการตรวจนับรถเมื่อรถวิ่งเข้าหากล้อง

อัลกอริทึม	จำนวนรถ (คัน)
Real	50
Frame Difference	45
Static Frame Difference	26
Mixture of Gaussians	46

จากผลการทดสอบ ตารางที่ 4.1 เป็นการตรวจนับรถที่วิ่งอยู่ในเลนกลางในลักษณะที่รถวิ่งเข้าหากล้อง เมื่อตรวจนับรถด้วยโปรแกรมโดยเลือกอัลกอริทึม Frame Difference สามารถนับรถได้ 45 คัน Static Frame Difference สามารถนับรถได้ 26 คัน และ Mixture of Gaussians สามารถนับรถได้ 46 คัน จากรถทั้งหมดที่นับด้วยตาเปล่า 50 คัน

ตารางที่ 4.2 ผลทดสอบการตรวจนับรถเมื่อรถวิ่งออกจากก้อง

อัลกอริทึม	จำนวนรถ (คัน)
Real	36
Frame Difference	28
Static Frame Difference	30
Mixture of Gaussians	28

จากผลการทดสอบ ตารางที่ 4.2 เป็นการตรวจนับรถที่วิ่งอยู่ในเลนกลางในลักษณะที่รถวิ่งออกจากก้อง เมื่อตรวจนับรถด้วยโปรแกรมโดยเลือกอัลกอริทึม Frame Difference สามารถนับรถได้ 28 คัน Static Frame Difference สามารถนับรถได้ 30 คัน และ Mixture of Gaussians สามารถนับรถได้ 28 คัน จากรถทั้งหมดที่นับด้วยตาเปล่า 36 คัน

4.4.2 ความแม่นยำของความเร็ว

เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องของตัวเลขความเร็วที่โปรแกรมคำนวณได้ในแต่ละอัลกอริทึม ว่าให้ผลลัพธ์ความเร็วที่ออกมาถูกต้องเพียงใด โดยตรวจสอบเทียบกับค่าความเร็วที่ได้จากเรดาร์หัดกัน

ตารางที่ 4.3 ค่าความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งเข้าหากล้อง

รถคันที่	ความเร็วจากเรดาร์หัดกัน	ความเร็วจากโปรแกรม		
		Frame Difference	Static Frame Difference	Mixture of Gaussians
1	46	49	43	57
2	48	47	45	64
3	47	45	42	51
4	36	-	-	-
5	48	49	-	57
6	41	43	-	42
7	60	51	57	77
8	53	57	54	83
9	60	64	57	68
10	45	54	-	64
11	56	47	51	72
12	50	3	3	51
13	70	-	-	-
14	43	10	54	22
15	43	49	-	45
16	41	51	40	54
17	50	51	-	51
18	42	49	42	39
19	49	45	-	45
20	45	51	43	47
21	51	60	49	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

รถคันที่	ความเร็วจากเรดาร์หักกัน	ความเร็วจากโปรแกรม		
		Frame Difference	Static Frame Difference	Mixture of Gaussians
22	38	45	-	31
23	40	51	-	45
24	35	11	-	45
25	39	34	5	45
26	58	68	-	68
27	59	-	-	60
28	44	47	45	49
29	41	49	22	64
30	46	11	23	57
31	47	54	47	60
32	54	57	54	54
33	54	51	47	64
34	50	54	47	51
35	49	90	-	68
36	35	32	-	39
37	31	34	-	37
38	32	42	-	36
39	42	42	42	47
40	50	37	-	32
41	43	7	7	36
42	49	49	45	49
43	60	21	5	28
44	63	-	-	-
45	40	-	-	-
46	38	28	-	45
47	41	43	-	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

รถคันที่	ความเร็วจากเรดาร์หักกัน	ความเร็วจากโปรแกรม		
		Frame Difference	Static Frame Difference	Mixture of Gaussians
48	42	12	11	72
49	62	57	-	49
50	53	72	-	64

จากผลการทดสอบ ตารางที่ 4.3 เป็นผลความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งในเลนกลางของรถที่วิ่งเข้าหากล้องจำนวน 50 คัน โดยแสดงค่าความเร็วของรถแต่ละคันของแต่ละอัลกอริทึมเทียบกับค่าความเร็วจากเรดาร์หักกัน

ตารางที่ 4.4 ค่าความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งออกจากก้อง

รถคันที่	ความเร็วจากเรดาร์หักกัน	ความเร็วจากโปรแกรม		
		Frame Difference	Static Frame Difference	Mixture of Gaussians
1	44	33	-	28
2	37	40	24	27
3	33	20	27	24
4	37	-	40	36
5	47	51	45	45
6	46	51	45	36
7	45	40	45	42
8	52	40	45	42
9	41	33	25	30
10	45	33	-	-
11	44	-	-	-
12	43	36	36	36
13	41	60	51	36
14	37	-	45	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

รถคันที่	ความเร็วจากเรดาร์หักกัน	ความเร็วจากโปรแกรม		
		Frame Difference	Static Frame Difference	Mixture of Gaussians
15	55	-	-	-
16	61	-	-	-
17	51	40	36	36
18	44	51	45	-
19	60	60	60	51
20	56	51	51	51
21	61	51	45	51
22	46	-	60	60
23	46	60	60	52
24	64	-	-	-
25	47	36	30	-
26	33	45	51	51
27	49	-	60	60
28	49	40	33	40
29	39	40	30	-
30	45	60	51	51
31	48	60	51	45
32	33	33	26	19
33	36	45	45	45
34	31	17	16	26
35	32	20	19	18
36	37	20	19	18

จากผลการทดสอบ ตารางที่ 4.4 เป็นผลความเร็วของรถแต่ละคันที่วิ่งในเลนกลางของรถที่วิ่งออกจากกล้องจำนวน 36 คัน โดยแสดงค่าความเร็วของรถแต่ละคันของแต่ละอัลกอริทึมเทียบกับค่าความเร็วจากเรดาร์หักกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าความเร็วที่ได้จะนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนของความเร็วของรถแต่ละคัน โดยเทียบความเร็วจากอัลกอริทึมกับความเร็วจากเรดาร์กันตามสมการ 4.1

$$E = \text{Speed} - \text{Speed}_p \quad (4.1)$$

โดยที่ E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน
 Speed คือ ความเร็วจากเรดาร์กัน
 Speed_p คือ ความเร็วจากโปรแกรม

แล้วนำค่า E ไปหาค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error : RMSE) ตามสมการ 4.2

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum(E)^2}{n}} \quad (4.2)$$

โดยที่ RMSE คือ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง
 E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

และหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ตามสมการ 4.3

$$\text{MAPE} = \frac{\sum\left(\frac{|E|}{\text{Speed}}\right)}{n} \times 100 \quad (4.3)$$

โดยที่ MAPE คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์
 E คือ ค่าความคลาดเคลื่อน
 Speed คือ ความเร็วจากเรดาร์กัน

โดยค่า E แสดงแยกตามอัลกอริทึมดังตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Frame Difference

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
1	46	49	-3
2	48	47	1
3	47	45	2
4	48	49	-1
5	41	43	-2
6	60	51	9
7	53	57	-4
8	60	64	-4
9	45	54	-9
10	56	47	9
11	50	3	47
12	43	10	33
13	43	49	-6
14	41	51	-10
15	50	51	-1
16	42	49	-7
17	49	45	4
18	45	51	-6
19	51	60	-9
20	38	45	-7
21	40	51	-11
22	35	11	24
23	39	34	5
24	58	68	-10
25	44	47	-3
26	41	49	-8
27	46	11	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
28	47	54	-7
29	54	57	-3
30	54	51	3
31	50	54	-4
32	49	90	-41
33	35	32	3
34	31	34	-3
35	32	42	-10
36	42	42	0
37	50	37	13
38	43	7	36
39	49	49	0
40	60	21	39
41	38	28	10
42	41	43	-2
43	42	12	30
44	62	57	5
45	53	72	-19
46	44	33	11
47	37	40	-3
48	33	20	13
49	47	51	-4
50	46	51	-5
51	45	40	5
52	52	40	12
53	41	33	8
54	45	33	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
55	43	36	7
56	41	60	-19
57	51	40	11
58	44	51	-7
59	60	60	0
60	56	51	5
61	61	51	10
62	46	60	-14
63	47	36	11
64	33	45	-12
65	49	40	9
66	39	40	-1
67	45	60	-15
68	48	60	-12
69	33	33	0
70	36	45	-9
71	31	17	14
72	32	20	12
73	37	20	17

จากตารางที่ 4.5 จากการทดสอบโปรแกรมด้วยการเลือกใช้อัลกอริทึม Frame Difference จากจำนวนรถ 73 คัน มีค่าเฉลี่ยของความเร็วจากเรดาร์เท่ากับ 45.38 km/hr มีค่าเฉลี่ยจากความเร็วที่วัดได้เท่ากับ 43 km/hr มีค่าเฉลี่ยของ RMSE เท่ากับ 14.52 และมีค่าเฉลี่ยของ MAPE เท่ากับ 23.40

ตารางที่ 4.6 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Static Frame Difference

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
1	46	43	3
2	48	45	3
3	47	42	5
4	60	57	3
5	53	54	-1
6	60	57	3
7	56	51	5
8	50	3	47
9	43	54	-11
10	41	40	1
11	42	42	0
12	45	43	2
13	51	49	2
14	39	5	34
15	44	45	-1
16	41	22	19
17	46	23	23
18	47	47	0
19	54	54	0
20	54	47	7
21	50	47	3
22	42	42	0
23	43	7	36
24	49	45	4
25	60	5	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
26	42	11	31
27	37	24	13
28	33	27	6
29	37	40	-3
30	47	45	2
31	46	45	1
32	45	45	0
33	52	45	7
34	41	25	16
35	43	36	7
36	41	51	-10
37	37	45	-8
38	51	36	15
39	44	45	-1
40	60	60	0
41	56	51	5
42	61	45	16
43	46	60	-14
44	46	60	-14
45	47	30	17
46	33	51	-18
47	49	60	-11
48	49	33	16
49	39	30	9
50	45	51	-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
51	48	51	-3
52	33	26	7
53	36	45	-9
54	31	16	15
55	32	19	13
56	37	19	18

จากตารางที่ 4.6 จากการทดสอบโปรแกรมด้วยการเลือกใช้อัลกอริทึม Static Frame Difference จากจำนวนรถ 56 คัน มีค่าเฉลี่ยของความเร็วจากเรดาร์หักกันเท่ากับ 45.63 km/hr มีค่าเฉลี่ยจากความเร็วที่วัดได้เท่ากับ 39.21 km/hr มีค่าเฉลี่ยของ RMSE เท่ากับ 15.49 และมีค่าเฉลี่ยของ MAPE เท่ากับ 23.56

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า E ของอัลกอริทึม Mixture of Gaussians

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
1	46	57	-11
2	48	64	-16
3	47	51	-4
4	48	57	-9
5	41	42	-1
6	60	77	-17
7	53	83	-30
8	60	68	-8
9	45	64	-19
10	56	72	-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
11	50	51	-1
12	43	22	21
13	43	45	-2
14	41	54	-13
15	50	51	-1
16	42	39	3
17	49	45	4
18	45	47	-2
19	51	83	-32
20	38	31	7
21	40	45	-5
22	35	45	-10
23	39	45	-6
24	58	68	-10
25	59	60	-1
26	44	49	-5
27	41	64	-23
28	46	57	-11
29	47	60	-13
30	54	54	0
31	54	64	-10
32	50	51	-1
33	49	68	-19
34	35	39	-4
35	31	37	-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
36	32	36	-4
37	42	47	-5
38	50	32	18
39	43	36	7
40	49	49	0
41	60	28	32
42	38	45	-7
43	41	43	-2
44	42	72	-30
45	62	49	13
46	53	64	-11
47	44	28	16
48	37	27	10
49	33	24	9
50	37	36	1
51	47	45	2
52	46	36	10
53	45	42	3
54	52	42	10
55	41	30	11
56	43	36	7
57	41	36	5
58	37	23	14
59	51	36	15
60	60	51	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ลำดับที่	ความเร็วอ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่วัดได้ (km/hr)	ความคลาดเคลื่อน (E)
61	56	51	5
62	61	51	10
63	46	60	-14
64	46	52	-6
65	33	51	-18
66	49	60	-11
67	49	40	9
68	45	51	-6
69	48	45	3
70	33	19	14
71	36	45	-9
72	31	26	5
73	32	18	14
74	37	18	19

จากตารางที่ 4.7 จากการทดสอบโปรแกรมด้วยการเลือกใช้อัลกอริทึม Mixture of Gaussians จากจำนวนรถ 74 คัน มีค่าเฉลี่ยของความเร็วจากเรดาร์ที่กันเท่ากับ 45.49 km/hr มีค่าเฉลี่ยจากความเร็วที่วัดได้เท่ากับ 47.15 km/hr มีค่าเฉลี่ยของ RMSE เท่ากับ 12.47 และมีค่าเฉลี่ยของ MAPE เท่ากับ 22.19

ตารางที่ 4.8 ผลสรุปความถูกต้องของโปรแกรมในแต่ละอัลกอริทึม

อัลกอริทึม	จำนวนรถ (คัน)	ความเร็ว อ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่ วัดได้ (km/hr)	RMSE	MAPE	%ACC
Frame Difference	73	45.38	43	14.52	23.40	76.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

อัลกอริทึม	จำนวนรถ (คัน)	ความเร็ว อ้างอิง (km/hr)	ความเร็วที่ วัดได้ (km/hr)	RMSE	MAPE	%ACC
Static Frame Difference	56	45.63	39.21	15.49	23.56	76.44
Mixture of Gaussians	74	45.49	47.15	12.47	22.19	77.81

จากตารางที่ 4.8 ค่าความถูกต้องของโปรแกรมในการตรวจวัดความเร็ว เมื่อเลือกใช้อัลกอริทึม Frame Difference มีค่าความถูกต้อง 76.60% อัลกอริทึม Static Frame Difference มีค่าความถูกต้อง 76.44% และอัลกอริทึม Mixture of Gaussians มีค่าความถูกต้อง 77.81%

เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยความเร็วอ้างอิงกับค่าเฉลี่ยความเร็วที่วัดได้ในแต่ละอัลกอริทึม นั้น มีค่าต่างกันเท่ากับค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน (E) ซึ่งเกิดจากการรวมกันของค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละคันที่มีทั้งค่าบวกและค่าลบ ทำให้เกิดการหักล้างกันเกิดขึ้น แต่สำหรับการหาค่า MAPE นั้นเกิดจากการรวมกันของค่าสัมประสิทธิ์ความคลาดเคลื่อน ทำให้การรวมกันของค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละคันไม่เกิดการหักล้างกันเกิดขึ้น เนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนถูกแปลงให้มีแต่ค่าบวกเท่านั้น ทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้มีค่าสูงขึ้น ซึ่งเมื่อค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นจะทำให้ค่า MAPE มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

4.5 ความผิดพลาดในการทำงานของโปรแกรม

การทำงานที่ผิดพลาดทำให้โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับรถได้คือ การที่รถวิ่งมาติด ๆ กัน ทำให้โปรแกรมมองเป็นรถคันเดียวกัน

การทำงานที่ผิดพลาดทำให้โปรแกรมไม่สามารถตรวจวัดความเร็วรถได้คือ ไม่สามารถตรวจจับรถได้ก่อนที่จะถึงเส้นอ้างอิงเริ่มต้น หรือเส้นอ้างอิงสิ้นสุด ทำให้ไม่ทราบจำนวนเฟรมทั้งหมดที่รถเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณหาความเร็ว

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

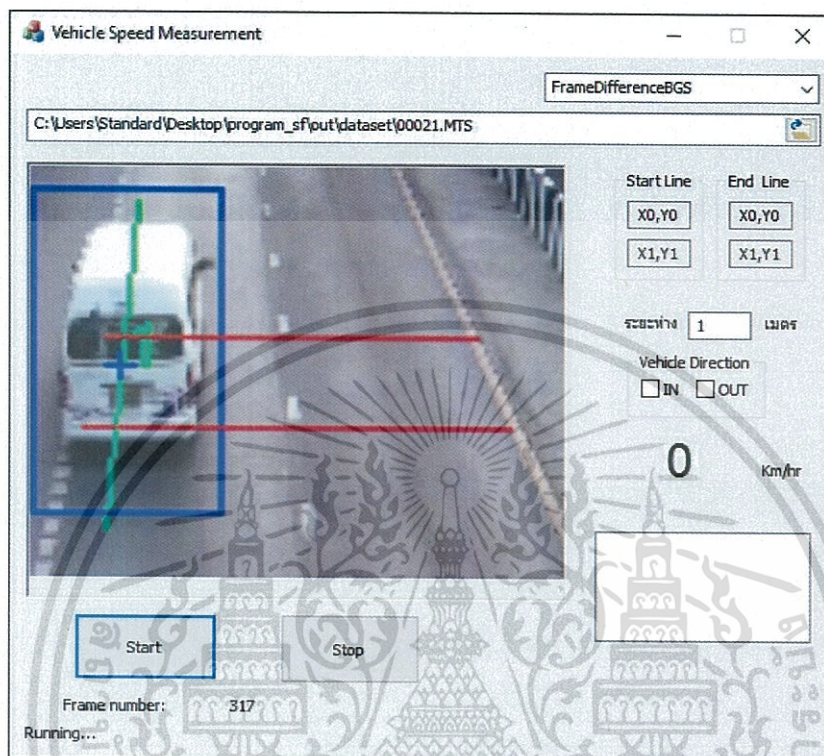
งานศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาการเก็บข้อมูลความเร็วของรถ โดยการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบในการวิเคราะห์ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด โดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพมาช่วยเพื่อให้ได้ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ โดยกำหนดเส้นอ้างอิง 2 เส้น เป็นจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเพื่อนับจำนวนเฟรมภาพทั้งหมดที่รถเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งใช้อัลกอริทึมในการตรวจจับรถ ด้วยวิธี background subtraction และอัลกอริทึม Blob Analysis ในการติดตามรถ แล้วใช้พิกัดกึ่งกลางของวัตถุที่ได้จากการทำ Blob Analysis มาประมวลผลว่าวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเส้นอ้างอิงเริ่มต้นและเส้นอ้างอิงสิ้นสุดที่เฟรมภาพใด เมื่อได้จำนวนเฟรมภาพทั้งหมดที่ใช้ในการเคลื่อนที่แล้ว จะทำการหาเวลาที่ใช้โดยเทียบกับเฟรมเรทของไฟลวีดีโอ เมื่อได้เวลาแล้วก็จะนำไปคำนวณหาความเร็วกับระยะห่างระหว่างเส้นอ้างอิงที่กำหนด ก็จะได้ความเร็วของรถคันนั้น ๆ โดยมีการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานอัลกอริทึมของโปรแกรมในส่วนของกาแยกวัตถุออกจากพื้นหลัง คือ อัลกอริทึม Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในแบบที่ไม่มีโมเดลพื้นหลัง อัลกอริทึม Static Frame Difference เป็นอัลกอริทึมในแบบที่มีโมเดลพื้นหลังแบบคงที่ และอัลกอริทึม Mixture of Gaussians เป็นอัลกอริทึมในแบบที่มีโมเดลพื้นหลังที่อัปเดตตลอดเวลา

5.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาการเก็บข้อมูลความเร็วของรถ โดยการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ โดยใช้กระบวนการประมวลผลภาพมาช่วยเพื่อให้ได้ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ โดยหน้าตาโปรแกรมต้นแบบแสดงดังรูปที่ 5.1

โดยผลของการทดสอบเปรียบเทียบการทำงานอัลกอริทึมของโปรแกรมในส่วนของกาแยกวัตถุออกจากพื้นหลังในครั้งนี้ อัลกอริทึม Mixture of Gaussians เป็นอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด 74 คัน จากรถทั้งหมด 86 คัน เมื่อเทียบค่าความเร็วเฉลี่ยจากโปรแกรมกับความเร็วอ้างอิงมีความต่างอยู่ที่ 1.66 km/hr เมื่อประเมินค่าความคลาดเคลื่อนของโปรแกรมด้วยค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Squared Error : RMSE) มีค่าเท่ากับ 12.47 และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) เท่ากับ 22.19% นั้นหมายความว่าเมื่อโปรแกรมที่ใช้

อัลกอริทึม Mixture of Gaussians ในการตรวจวัดความเร็วรถ จะให้ความถูกต้องของความเร็วอยู่ที่ 77.81%



รูปที่ 5.1 หน้าตาโปรแกรมที่พัฒนาและใช้ทดสอบ

5.3 ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่ได้ยังคงเป็นเพียงต้นแบบ ที่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้เต็มที่ เช่น ในช่วงเวลากลางคืน ในช่วงเวลาที่เกิดเงาของตัวรถ เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องพัฒนาในส่วนการทำงานที่เป็นลักษณะการดึงภาพจากกล้องจริงต่อไป

บรรณานุกรม

- Jing-zhong, W. and Xiaoqing, X. 2009. "A real-time detection of vehicle's speed based on vision principle and differential detection". 493-496. In **SOLI '09**. Chicago: IEEE.
- Joshi, S. 2014. "Vehicle Speed Determination Using Image Processing". **International Journal of Research in Management, Science & Technology**. 2(1): 57-60.
- Kiran, M. J. and Roy, K. S. 2013. "A Video Surveillance System for Speed Detection in Vehicles". **International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)**. 4(5): 1437-1441.
- Kumar, K. V. K. Chandrakant, P. Kumar, S. and Kushal, K. J. 2014. "Vehicle Speed Detection in Video frames using Corner detection". 253-258. In **ICSIP**. Jeju Island: IEEE.
- Nurhadiyatna, A. Hardjono, B. Wibisono, A. Jatmiko, W. and Mursanto, P. 2012. "ITS Information Source: Vehicle Speed Measurement Using Camera as Sensor". 179-184. In **ICACISIS**. Depok: IEEE.
- Sina, I. Wibisono, A. Nurhadiyatna, A. Hardjono, B. Jatmiko, W. and Mursanto, P. 2013. "Vehicle Counting and Speed Measurement Using Headlight Detection". 149-154. In **ICACISIS**. Bali: IEEE.
- Sobral, A. and Vacavant, A. 2014. "A comprehensive review of background subtraction algorithms evaluated with synthetic and real videos". **Computer Vision and Image Understanding**. 122(May 2014): 4-21.
- Svoboda, T. Kybic, J. Hlavac, V. 2008. **Image Processing Analysis and Machine Vision**. Connecticut: Thomson Learning.

ประวัติผู้เขียน

นายอภิชาติ จายะพันธุ์ เกิดวันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2552 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ. 2556



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้