สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจจับยานพาหนะ

VEHICLE DETECTION

ดวงนเดร วิชานนะ

วุฒินันท์ เนียนนัดดุ์

สุภณัฐ ทฤฒชนม์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การตรวจจับยานพาหนะ

VEHICLE DETECTION

ผู้จัดทำ

1.	นางสาวดวงเนตร	วิชานนะ	รหัสนักศึกษา	48010290
2.	นายวุฒินันท์	เนียมนัดถุ์	รหัสนักศึกษา	48010858
3.	นายสุภณัฐ	ทฤฆชนม์	รหัสนักศึกษา	48011005

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. อำนาจ ขาวเนตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับยานพาหนะ

นางสาวดวงเนตร	วิชานนะ	48010290
นายวุฒินันท์	เนียมนัดถุ์	48010858
นายสุภณัฐ	ทฤฆชนม์	48011005
อ. อำนาจ	ขาวเน	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่องและประชากรส่วนใหญ่นิยมใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่ารถประจำทาง หรือรถไฟฟ้า ทำให้ปริมาณความหนาแน่นของรถยนต์ที่อยู่บนถนนมีจำนวนมากและประกอบกับนิสัยคนไทยในช่วงเวลาที่เร่งรีบมักจะมีการขับรถฝ่าฝืนกฎจราจร เช่น การขับรถด้วยความเร็วที่เกินกำหนด การฝ่าสัญญาณไฟจราจร สาเหตุเหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดและการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน คณะผู้จัดทำแลเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นบนท้องถนนและพบว่าระบบในการจัดการสัญญาณไฟจราจรนั้นยังเป็นระบบที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณความหนาแน่นของรถยนต์แต่ยังคงเป็นระบบที่ควบคุมด้วยตำรวจจราจรจึงได้สร้างระบบตรวจจับยานพาหนะเพื่อนำไปใช้ในการจัดการกำหนดสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณความหนาแน่นของรถยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้บรรยายถึงหลักการและวิธีที่ในการคำนวณการออกแบบสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณความหนาแน่นของรถยนต์ และได้นำเสนอวิธีการในการตรวจจับยานพาหนะจากภาพวีดีโอ ซึ่งต้องใช้พื้นฐานทางด้าน Image Processing โดยทำการหาภาพพื้นหลังเพื่อนำมาหักลบกับภาพปัจจุบัน เพื่อกรองหาเฉพาะวัตถุเคลื่อนไหวที่เราสนใจ ติดตามวัตถุ พร้อมทั้งนับจำนวนยานพาหนะเพื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟจราจรและนำผลแสดงออกหน้าจอ

ระบบตรวจจับยานพาหนะยังสามารถช่วยบรรเทาหน้าที่ของตำรวจจราจรในการกำหนดสัญญาณไฟจราจรและช่วยลดปัญหาการติดขัด การฝ่าฝืนกฎจราจร การเกิดอุบัติเหตุ ณ บริเวณทางแยกต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VEHICLE DETECTION

Ms.Duangnet	Wichanna	48010290
Mr.Wuttinan	Neamnad	48010858
Mr.Supanut	Tarikachon	48011005
Mr.Amnach	Khawnae	Advisor

Academic Year 2008

ABSTRACT

Nowadays, the population has been continuously increased over time especially in a big city. Since majority people in social prefer using their own personal car rather than public transportation (namely bus, subway etc.), density of car in traffic become crowded. Moreover, there are plenty of driver that do not obey the traffic regulations, for example, driving over limited speed. These are reasons which lead the traffic to a heavy condition and unpremeditated accident. We find that traffic light systems used in many intersections are not flexible according to the density of traffic in the present time but they are adjusted by traffic police. Hence, we decide to develop a vehicle detection system in order to count the vehicles in traffic and automatically control traffic light system.

This thesis not only describes a principle for computing light time in traffic light system that conforms to the density of the car but also the way to detect vehicles from video sequence using image processing techniques. Vehicles could be extracted from video frame by subtracting reference background picture from current frame so that the number of car could be counted and use that information to calculate light time for displaying

Vehicle detection system could help traffic polices and other authorities to manage timing of traffic light as well as reducing density of traffic and accident rate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา อ.อำนาจ ขาวเน ที่คอยแนะนำ และให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณคณาจารย์ที่ให้ความรู้ทางการศึกษา และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่ได้อำนวยความสะดวกในการจัดเตรียมห้องเน็ตเวิร์คและให้งบไว้สำหรับการทำโครงงาน

ขอขอบคุณพี่กุ๊ก นิสิตปริญญาโทวิศวกรรมโยธา สาขาการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษาทางด้านการออกแบบสัญญาณไฟจราจรพร้อมทั้งให้หนังสือของกรมทางหลวงมาใช้เป็นข้อมูลในการศึกษา

สุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวเป็นอย่างสูงที่ได้ให้การเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และให้โอกาสในการศึกษา รวมทั้งสิ่งต่างๆที่ได้มอบให้ด้วยความรักและความหวังดีเสมอมา

ดวงเนตร วิชานนะ
วุฒินันท์ เนียมนัดถุ์
สุภณัฐ หฤมชนม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.4 ขอบเขตของโครงงาน.....2

1.5 ส่วนประกอบของรายงาน.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 มาตรฐานของสี.....4

2.1.1 ระบบสีแบบ RGB.....4

2.1.2 ระบบสีแบบ CMY.....4

2.1.3 ระบบสีแบบ HIS.....5

2.1.4 ระบบสีแบบ YIQ.....6

2.2 ความรู้พื้นฐานสำหรับการประมวลผลภาพดิจิตอล.....6

2.2.1 จุดภาพ (Pixel).....6

2.2.2 ระดับเทา (Gray Level).....7

2.2.3 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ (Thresholding).....7

2.2.4 ฮีสโตแกรม (Histogram).....8

2.3 กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่.....9

2.3.1 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลง (Change Detection).....9

2.3.2 การแบ่งกลุ่มส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวกับส่วนภาพพื้นหลังออกจากกัน (Background and foreground Classification).....10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 การคัดเฉพาะส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวออกจากภาพ
(Foreground object segmentation).....12
2.3.4 การเรียนรู้และจดจำภาพพื้นหลัง
(Background learning and maintenance).....12
2.3.4.1 การอัพเดทตารางที่เก็บสถิติของคุณลักษณะ.....12
2.3.4.1.1 การอัพเดทค่าคุณลักษณะเมื่อภาพพื้นหลังที่ค่อยๆ
เปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป.....13
2.3.4.1.2 การอัพเดทค่าคุณลักษณะเมื่อภาพพื้นหลังที่
เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน.....13
2.3.4.2 การอัพเดทภาพพื้นหลัง.....13
2.4 การควบคุมการจราจรโดยใช้สัญญาณไฟ.....14
2.5 นิยามและคำจำกัดความเบื้องต้นสำหรับสัญญาณไฟจราจร.....15
2.5.1 รอบสัญญาณไฟ (Cycle Length หรือ Cycle Time).....15
2.5.2 จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phasing).....15
2.5.3 ระยะเวลาที่สูญเสีย (Lost Time).....15
2.5.4 ระยะเวลา Inter-green (Inter-green Period).....16
2.6 ประเภทของสัญญาณไฟจราจร.....17
2.6.1 สัญญาณไฟประเภทรอบสัญญาณไฟคงที่
(Pretimed/Fixed Time Signal).....17
2.6.2 สัญญาณไฟประเภทที่เปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณการจราจร
(Vehicle Actuated Signal).....18
2.7 การคำนวณและวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจร.....18
2.7.1 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธีของ DREW.....18
2.7.2 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธี Basic Principle.....21
2.7.3 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธีของ WEBSTER(1966).....24
2.8 การเลือกรอบสัญญาณไฟจราจรและการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจร.....27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การออกแบบและการพัฒนา....29
3.1 ภาพรวมการทำงานของโครงงาน....29
3.1.1 ข้อจำกัดในการถ่ายภาพวีดีโอ....30
3.2 ส่วนของการนำภาพวีดีโอมาตรวจจับยานพาหนะ....31
3.2.1 กระบวนการหาภาพพื้นหลังและหาส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่....33
3.3 การคำนวณสัญญาณไฟจราจร....34
3.4 ภาพหน้าจอโปรแกรมระบบตรวจจับยานพาหนะ....35

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง....36
4.1 การทดลอง....36
4.1.1 การทดลองที่ 1....36
4.1.1.1 ทดลองวีดีโอที่ 1....37
4.1.1.2 ทดลองวีดีโอที่ 2....38
4.1.1.3 ทดลองวีดีโอที่ 3....38
4.1.1.4 ทดลองวีดีโอที่ 4....39
4.1.2 การทดลองที่ 2....39
4.1.2.1 ทดลองวีดีโอที่ 1....40
4.1.2.2 ทดลองวีดีโอที่ 2....40
4.1.2.3 ทดลองวีดีโอที่ 3....41
4.1.2.4 ทดลองวีดีโอที่ 4....41
4.2 สรุปผลการทดลอง....42

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์....43
5.1 บทสรุป....43
5.2 ปัญหาและอุปสรรค....43
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ....44

บรรณานุกรม....45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก คู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่น.....47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 มาตรฐานปริมาณการจราจรอิ่มตัวตามค่าความกว้างของถนน.....26

4.1 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนทางด่วน
วีดีโอที่ 1.....37

4.2 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนทางด่วน
วีดีโอที่ 2.....38

4.3 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนทางด่วน
วีดีโอที่ 3.....38

4.4 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนทางด่วน
วีดีโอที่ 4.....39

4.5 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยก
วีดีโอที่ 1.....40

4.6 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยก
วีดีโอที่ 2.....40

4.7 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยก
วีดีโอที่ 3.....41

4.8 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยก
วีดีโอที่ 4.....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ระบบสี RGB....4

2.2 ระบบสี CMY....5

2.3 (ก) พิกัดภาพแนวนอนและตั้ง....7

2.3 (ข) จุดภาพซึ่งมีค่าระดับสีเทา....7

2.4 (ก) ภาพ RGB....8

2.4 (ข) ภาพระดับสีเทา....8

2.5 ระยะเวลาที่สูญเสีย....16

2.6 ระยะ Inter-green....17

3.1 ภาพรวมของโครงงาน....29

3.2 ขั้นตอนการตรวจจับและนับจำนวนยานพาหนะ....31

3.3 ขั้นตอนการหาภาพพื้นหลังและหาส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่....33

3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาสัญญาณไฟจราจร....34

3.5 หน้าจอของโปรแกรม....35

4.1 การถ่ายภาพวีดีโอจากมุมสูง....36

4.2 การนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนมอเตอร์เวย์....37

4.3 การนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนเข้าทางแยก....39

4.4 สาเหตุที่ทำให้การนับยานพาหนะของระบบผิดพลาด....42

ก.1 หน้าหลักของแอพพลิเคชั่น....47

ก.2 ส่วนอินพุท (Input)....48

ก.3 Combo Box สำหรับเลือกรูปแบบของจังหวะ....48

ก.4 ส่วนป้อนข้อมูลค่า Width และ Lane....49

ก.5 ส่วนเลือกไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล....49

ก.6 การเลือกเปิดไฟล์....49

ก.7 เอาท์พุท (Output)....50

ก.8 ภาพจากไฟล์วิดีโอ....50

ก.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล....51

ก.10 การเลือกจำนวนจังหวะจาก Combo Box....51

ก.11 ทำการป้อนข้อมูลและเลือกไฟล์ที่ต้องการ....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.12 การประมวลผลไฟล์วิดีโอ.....52
ก.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล.....53
ก.14 ผลที่ได้จากการกดปุ่มเคลียร์ (Clear).....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ณ บริเวณทางแยกจะพบปัญหาการเคลื่อนตัวของจราจรอยู่เสมอโดยเฉพาะเมื่อทางแยกนั้นมีปริมาณการจราจรสูง แต่หากทางแยกนั้นไม่ได้มีการจัดระบบสัญญาณไฟจราจรไว้รองรับการเคลื่อนตัวของจราจรจะก่อให้เกิดปัญหาการติดขัดหรืออุบัติเหตุ เนื่องมาจากการการตัดกันของการจราจรที่ไม่มีการควบคุมและจุดที่ตัดกันดังกล่าวเรียกว่า จุดปัญหา (Conflict Points) จุดปัญหานี้จะเป็นบริเวณที่จะเกิดการชนกันของยานพาหนะมากที่สุด แต่จุดปัญหา สามารถแก้ไขหรือกำจัดไปได้ด้วยการติดตั้งระบบสัญญาณไฟที่เหมาะสม ณ บริเวณทางแยก แต่ถ้าหากยังใช้การติดตั้งระบบสัญญาณไฟแบบเดิมคือเป็นการตั้งเวลาเอาไว้เท่าๆกันทุกแยก แล้วทำการปล่อยรถตามลำดับ อาจเป็นวิธีที่ดีและเสมอภาคกันในการใช้ถนน แต่มันมีข้อจำกัดคือถ้าเป็นแยกที่ช่องการจราจรมีจำนวนยานพาหนะไม่เท่ากัน แต่กลับใช้เวลาเท่ากัน จะส่งผลให้แยกที่มีจำนวนยานพาหนะหนาแน่น ไม่สามารถระบายรถออกจากแยกได้ แล้วส่งผลกระทบต่อๆ ไปยังแยกอื่นๆ จนตำรวจจราจรต้องทำการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าโดยการไประบายรถออกด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการกระทำที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายอย่างมาก ในโครงงานนี้จึงได้สร้างระบบนี้เพื่อทำการนับจำนวนยานพาหนะและบันทึกสถิติจำนวนยานพาหนะและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้คำนวณสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณยานพาหนะที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

การคำนวณและการออกแบบสัญญาณไฟจราจรสามารถคำนวณได้หลายวิธีแต่โครงงานฉบับนี้จะกล่าวเกี่ยวกับทฤษฎีวิธีการออกแบบและจัดระบบสัญญาณไฟจราจรของทางแยกเมื่อทราบปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกและจำนวนช่องจราจรของทางแยกเป็นระบบสัญญาณไฟแบบเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยก (Vehicle Actuated Signal) โดยจะเน้นการคำนวณของ WEBSTER (1966) พร้อมทั้งได้กล่าวถึงองค์ประกอบอื่นๆ ของระบบสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยก ซึ่งได้แก่ สัญญาณไฟเหลือง สัญญาณไฟแดงและพิจารณาเลือกและปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม

ระบบนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแสดงผลออกทางหน้าจอเพื่อเป็นข้อมูลให้กับประชาชนผู้ใช้ถนนได้รู้ถึงการจราจรและสามารถทำการตัดสินใจในการหยุดยานพาหนะได้ทันท่วงทีที่เมื่อเห็นสัญญาณไฟแดงเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อพัฒนาระบบการควบคุมการจราจร การออกแบบ การใช้งานให้รองรับกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของจราจรตลอดเวลา
2. เพื่อนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรมาใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟแบบระบบอัตโนมัติ
3. เพื่อเป็นข้อมูลให้ตำรวจจราจรในการตัดสินใจเลือกใช้วิธี การควบคุมการจราจรแบบต่างๆได้ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพการจราจร
4. นำเทคโนโลยีทางด้านการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการจราจรและการขนส่ง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำระบบไปตรวจจับยานพาหนะ และนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณและออกแบบสัญญาณไฟจราจร
2. สามารถนำระบบที่พัฒนาไปใช้เพื่อลดภาระหน้าที่ของตำรวจจราจรในการควบคุมสัญญาณไฟ ณ บริเวณทางแยก
3. สามารถลดปัญหาและอุบัติเหตุต่างๆที่เกิดขึ้น ณ บริเวณทางแยกได้
4. เพื่อเป็นการอำนวยความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ถนน ณ บริเวณทางแยก
5. สามารถสร้างโปรแกรมและอัลกอริทึม สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลภาพจราจรจากกล้องตรวจการณ์แบบช่วงเวลาจริงเพื่อตรวจ วัดความหนาแน่นการจราจร และให้สอดคล้องกับการใช้งานจริงกับหน่วยงานที่ต้องการ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. สามารถแยกยานพาหนะออกจากภาพวิดีโอได้
2. สามารถติดตามยานพาหนะในบริเวณที่กำหนดได้
3. สามารถนับจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่กำหนดได้โดยที่จะต้องเกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด
4. กล้องที่ใช้ถ่ายภาพจะต้องเป็นกล้องที่ถูกติดตั้งอยู่กับที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายขณะถ่ายภาพได้โดยที่กล้องนั้นจะติดตั้งสูงจากถนน และมีมุมกล้องที่เฉียงลงมาหาถนน
5. ชนิดของไฟล์วิดีโอเป็นไฟล์ .AVI
6. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจจับยานพาหนะมาใช้ในการออกแบบและคำนวณสัญญาณไฟจราจรและแสดงผลบนหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ส่วนประกอบของรายงาน

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาของปัญหา วัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และขอบเขตของโครงงาน

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่อง มาตรฐานของสี ความรู้พื้นฐานสำหรับการประมวลผลภาพดิจิตอล กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ การควบคุมการจราจรโดยใช้สัญญาณไฟ นิยามและคำจำกัดความเบื้องต้นสำหรับสัญญาณไฟจราจร ประเภทของสัญญาณไฟจราจร การคำนวณและวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจรและการเลือกรอบสัญญาณไฟจราจรและการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสม

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบและการพัฒนา และ Flow Chart ที่แสดงถึงขั้นตอนการทำงาน

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลอง และผลการทดลองที่ได้

บทที่ 5 กล่าวถึง บทสรุปและวิจารณ์ของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

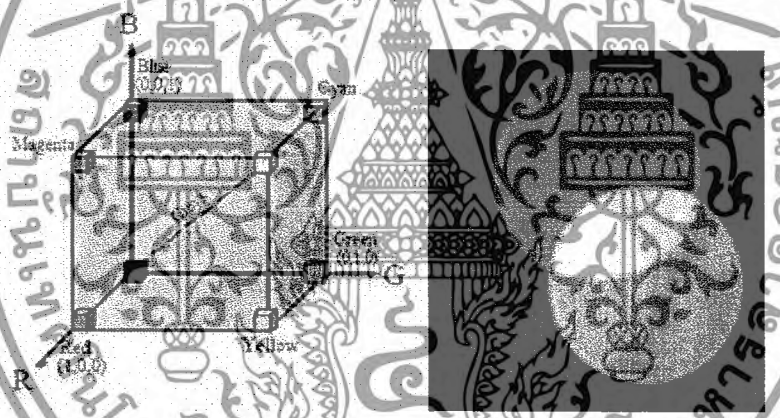
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกันทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในปริภูมิ (Space) 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในปริภูมิซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน

2.1.1 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบบวก (Additive) ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode ray tube) ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แก่ RGBCIE และ RGBNTSC



รูปที่ 2.1 ระบบสี RGB

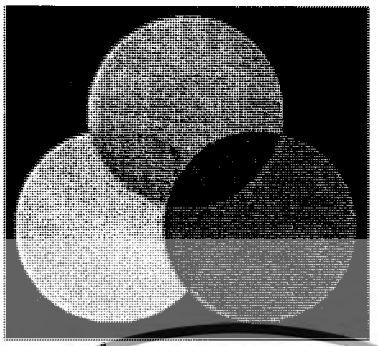
2.1.2 ระบบสีแบบ CMY

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

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{2.1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบสี CMY จะนำไปใช้สำหรับการพิมพ์ภาพสีแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากยังไม่สามารถสร้างสีดำได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงมีการใช้ระบบ CMYK แทนโดย



รูปที่ 2.2 ระบบสี CMY

$$K = \min(C, M, Y)$$

Kแทนด้วยสีดำ

$$C = C - K$$

$$M = M - K$$

$$Y = Y - K$$

2.1.3 ระบบสีแบบ HIS

HIS (Hue/Saturation/Intensity) เป็นการพิจารณาสีโดยใช้องค์ประกอบต่างๆดังนี้

ก) Hue (สี) เป็นค่าตัวแทนสีที่ถูกแทนด้วย องศาต่างๆ Saturation เป็นค่าความเข้มของสี

$$H = \begin{cases} \theta & ;B \le G \\ 360 - \theta & ;B > G \end{cases} \tag{2.2}$$

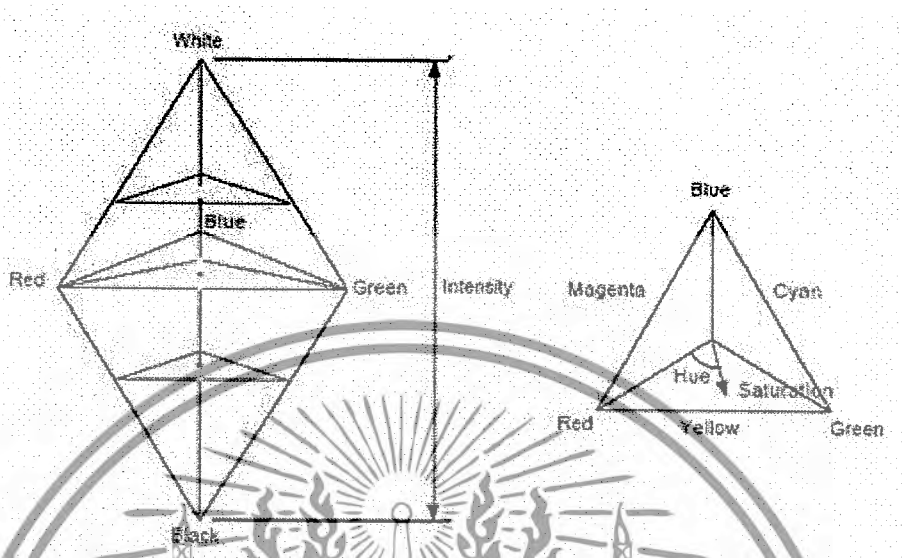
$$\theta = \cos^{-1}\left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G)+(R-B)]}{[(R-G)^2+(R-B)(G-B)]^{\frac{1}{2}}} \right\} \tag{2.3}$$

ข) Saturation เป็นค่าความเข้มของสีจะมีค่าไม่เกิน 1

$$s = 1 - \frac{3}{(R+G+B)}[\min(R,G,B)] \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค) Intensity (ค่าความสว่างของสี) ซึ่งสามารถวัดได้โดยค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกัน



$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \tag{2.5}$$

2.1.4 ระบบสีแบบ YIQ

ระบบสีแบบ YIQ (luminance-inphase-quadrature) เป็นระบบที่ใช้ในระบบแพร่ภาพโทรทัศน์ ระบบ NTSC ประโยชน์หลักก็เพื่อให้ใช้งานได้กับโทรทัศน์แบบขาว-ดำ โดยที่ y คือความสว่างของภาพ ส่วน I และ Q จะเป็นสัญญาณที่เข้ารหัสสีของภาพไว้ ดังนั้นสำหรับโทรทัศน์ขาว-ดำ นั้นสามารถใช้ค่า Y ค่าเดียวก็สามารถได้ภาพที่สมบูรณ์ซึ่งสามารถเปลี่ยนจากระบบ RGB เป็น ระบบ YIQ ได้โดยใช้สมการดังนี้

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{pmatrix} \bullet \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \tag{2.6}$$

2.2 ความรู้พื้นฐานสำหรับการประมวลผลภาพดิจิตอล

2.2.1 จุดภาพ (Pixel)

จุดภาพ คือ พื้นที่เล็กๆจุดหนึ่งในภาพ โดยในแต่ละจุดนั้นจะมีค่าตัวเลขกำกับ ซึ่งตัวเลขเหล่านี้จะมาจากค่าของแม่สีสามสี สีแดง (R) สีเขียว (G) สีน้ำเงิน (B) ใช้บอกระดับความเข้มของแต่ละเฉดสี หากมีจุดภาพหลายๆจุดมาต่อกันจะกลายเป็นภาพซึ่งมีขนาด จำนวนจุดภาพด้านกว้างคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับจำนวนจุดภาพด้านยาว ยกตัวอย่าง เช่น รูปภาพขนาด 800 x 600 พิกเซล หมายความว่า รูปภาพนี้มีความกว้าง 800 พิกเซล และมีความยาว 600 พิกเซล เป็นต้น

2.2.2 ระดับเทา (Gray Level)

เป็นค่าซึ่งระบุความสว่างหรือความเข้ม ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-255 (0 คือระดับความมืดหรือสีดำ 255 คือระดับสว่าง) รวมทั้งพิกัดแนวนอนและแนวตั้ง ซึ่งใช้ระบุตำแหน่งในแถวลำดับภาพ (Image Array) เช่นจากรูปตัวอย่างที่ 2.3(ก) และ 2.3(ข) จุดภาพแถวนอนที่ 3 และแนวตั้งที่ 2 ในรูป 2.3 (ข) ซึ่งมีค่าระดับเทา 40

วิธีการหาค่าระดับเทา

$$Gray\ Level = \frac{R+G+B}{3} \qquad (2.7)$$

40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	200	200	200	200	200	200	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	200	200	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

รูปที่ 2.3 (ก) พิกัดภาพแนวนอนและตั้ง **รูปที่ 2.3 (ข) จุดภาพซึ่งมีค่าระดับสีเทา 40**

2.2.3 การแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ (Thresholding)

เป็นกระบวนการแปลงภาพสีให้มีการแสดงผลได้แค่ 2 ระดับ คือ ขาว และดำ โดยจะแปลงข้อมูลภาพให้เป็นภาพไบนารี่ (Binary Image) มีกระบวนการแปลงภาพที่มีความเข้มหลายระดับ (Multilevel Image) ให้เป็นภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับ หรือ 1 บิต (bit) คือ 0 และ 1 โดย 0 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีขาว และ 1 แทนด้วยจุดที่มีภาพสีดำ

เทคนิคการทำเทรชโชลด์ (Thresholding Technique) คือการพิจารณาจุดภาพในภาพว่าจุดใดควรจะเป็นจุดภาพที่มีสีขาว หรือจุดใดควรจะเป็นจุดที่มีค่าเท่ากับ 1 (จุดภาพที่มีสีดำ) โดยจะทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ (f(x,y)) กับค่าคงที่ที่เรียกว่าเทรชโชลด์ (Threshold Value) เทคนิคนี้นิยมใช้กันมากในกรณีที่ความแตกต่างระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าจุดภาพในภาพที่มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโชลด์จะถูกกำหนดเป็น 1 (จุดภาพที่มีสีดำ) และถ้าค่าของจุดภาพใด ๆ ในภาพมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโชลด์จะถูกกำหนดให้เป็น 0 (จุดภาพที่มีสีขาว)

ในการทำภาพไบนารี่โดยการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว-ดำ ให้ได้ภาพดีและคมชัด ต้องเกิดจากการเลือกค่าเทรชโชลด์ที่ถูกต้องและเหมาะสม ถ้าเลือกค่าเทรชโชลด์ไม่เหมาะสม เช่น ค่าเทรชโชลด์ที่มากหรือน้อยจนเกินไป ภาพที่ได้จะขาดความคมชัดหรืออาจทำให้รายละเอียดของภาพขาดหายไป หรือภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป หรือสว่างเกินไป หรืออาจจะเป็นภาพที่มีสิ่งรบกวน (Noise) เกิดขึ้น ทำให้ภาพผลลัพธ์ที่ได้ไม่ชัดเจน

2.2.4 ฮีสโตแกรม (Histogram)

ฮีสโตแกรม คือ มาตรวัดที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับเทาในภาพทั้งภาพ โดยการนำภาพสี (RGB) ที่มีอยู่มาทำการแปลงค่าของสีภาพเป็นระดับเทา เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งการวิเคราะห์จากฮีสโตแกรมนี้จะได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.4 (ก) จะเป็นภาพ RGB ปกติ เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นภาพระดับเทา และสร้างเป็นกราฟฮีสโตแกรมจะได้ดัง รูปที่ 2.4 (ข)

รูปที่ 2.4 (ก) ภาพ RGB

รูปที่ 2.4 (ข) ภาพระดับสีเทา

จากรูปที่ 2.4 (ข) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการสร้างกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกจะมีปริมาณความเข้มสูงและมีปริมาณมากเนื่องมาจากเป็นบริเวณสีของท้องฟ้าที่มีความทึบของสีฟ้า และถัดมาเป็นช่วงของภูเขาที่มีพื้นที่มาก แต่ความเข้มของระดับเทาน้อยกว่าช่วงของท้องฟ้า และสุดท้ายช่วงของพื้นที่มีระดับความสว่างและพื้นที่ค่อนข้างน้อยจึงมีปริมาณแท่งน้อยกว่าทั้งสองกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ (Moving object detection)

กระบวนการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประมวลผลภาพวีดีโอเพื่อนำไปใช้ในการตรวจจับวัตถุ เช่น รถ วิธีที่นิยมใช้ในการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่จากภาพวีดีโอ คือ การนำภาพพื้นหลังมาลบกับภาพปัจจุบัน (Background subtraction) แต่วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่เมื่อภาพพื้นหลังบางส่วนประกอบไปด้วยวัตถุที่เคลื่อนไหว แทนที่จะมีแต่เพียงวัตถุอยู่นิ่งเพียงอย่างเดียว เช่น เงาของรถ กิ่งไม้ที่ปลิวไปตามลม หรือแม้กระทั่งระดับความเข้มแสงที่เปลี่ยนไป

วิธีการที่จะได้มาซึ่งส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่นั้นประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆอยู่ 4 ขั้นตอนดังนี้

การตรวจจับการเปลี่ยนแปลง (Change Detection) เป็นการคัดเลือกจุดภาพ ที่มีค่าไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมออกไปโดยใช้ภาพพื้นหลังและความแตกต่างชั่วคราว (Temporal differences) ส่วนจุดภาพที่ค่าเปลี่ยนไปจากเดิมจะถูกแบ่งออกเป็นจุดภาพที่เป็นส่วนที่หยุดนิ่ง กับส่วนที่เคลื่อนไหวขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงระหว่างเฟรม (Inter-frame changes)

การแบ่งกลุ่มส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวกับส่วนภาพพื้นหลังออกจากกัน (Background and foreground classification) จากขั้นตอนที่ 1 จุดภาพที่เกี่ยวข้องกับส่วนที่หยุดนิ่ง กับส่วนที่เคลื่อนไหว จะถูกนำมาแบ่งแยกว่าเป็นส่วนที่เป็นภาพพื้นหลังจริงๆ หรือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุที่เคลื่อนที่ โดยอ้างอิงจากค่าสถิติของสี และค่าของสีที่เกิดขึ้นร่วมกันตามลำดับ โดยใช้กฎการตัดสินใจของเบย์ (Bayes decision rule)

การคัดเฉพาะส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวออกจากภาพ (Foreground object segmentation) เป็นการรวมผลจากการแบ่งกลุ่มส่วนจากขั้นตอนที่ผ่านมาจากทั้งส่วนที่หยุดนิ่งและส่วนที่เคลื่อนที่เพื่อแยกส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวที่เราต้องการ

การเรียนรู้และจดจำภาพพื้น (Background learning and maintenance) เป็นขั้นตอนการอัพเดท (Update) ภาพพื้นหลังทั้งจุดภาพที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงค่าสีไป พร้อมทั้งจุดภาพที่แปลงไปอย่างรวดเร็วจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อเก็บค่าคุณลักษณะทางสถิติไว้ เพื่อให้ได้ภาพพื้นหลังที่มีความถูกต้องแม่นยำและมีความยืดหยุ่นสูงต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างบ่อยครั้งของภาพพื้นหลัง

2.3.1 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลง (Change Detection)

ในขั้นตอนแรกนี้จุดภาพที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หรือเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อยจะถูกกรองออกไปด้วยการหักลบกับภาพพื้นหลัง และการหาค่าความแตกต่างชั่วคราว กำหนดให้ $I(s,t)=\{I_c(s,t)\}$ เป็นภาพอินพุท (Input) และ $B(s,t)=\{B_c(s,t)\}$ เป็นภาพพื้นหลังที่ถูกอ้างถึงอยู่ซึ่งเก็บอยู่ในระบบ ณ ขณะเวลา t และ $c\in\{r,g,b\}$ แสดงถึงองค์ประกอบของสี ซึ่งการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการหาค่าความแตกต่างของค่าในจุดภาพระหว่างภาพปัจจุบันกับภาพที่ผ่านมาโดยแยกหาในทั้งสามองค์ประกอบสี แดง เขียว น้ำเงินด้วยวิธีเทรชโชลด์ที่ปรับค่าได้ (Adaptive thresholding) จากนั้นนำค่าที่ได้จากทั้งสามองค์ประกอบมารวมกันได้เป็นค่าความแตกต่างของภาพพื้นหลัง $F_{bd}(s,t)$ และ $F_{fd}(s,t)$ ตามลำดับ การหาความแตกต่างของภาพ (Image difference) เพื่อใช้ในการกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ ส่วนจุดภาพที่เปลี่ยนแปลงนั้นจะนำไปแบ่งแยกในขั้นตอนต่อไป

2.3.2 การแบ่งกลุ่มส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวกับส่วนภาพพื้นหลังออกจากกัน (Background and foreground classification)

ในการประมวลผลภาพวีดีโอทั่วไปแล้ว ภาพพื้นหลังมักจะถูกพิจารณาเป็นภาพฉากหลังที่ไม่มีวัตถุที่เราสนใจอยู่ ภาพพื้นหลังมักจะประกอบไปด้วยวัตถุที่ไม่มีชีวิตอยู่นิ่งๆในภาพวีดีโอ แต่ในความเป็นจริงแล้วภาพพื้นหลังนั้นประกอบไปด้วยทั้งวัตถุที่อยู่นิ่งๆและวัตถุที่เคลื่อนไหว ในขณะเดียวกันลักษณะการเปลี่ยนแปลงของภาพพื้นหลังก็ประกอบไปด้วย 2 ลักษณะ ประเภทแรกเป็นลักษณะจุดภาพที่เปลี่ยนไปอย่างช้าซึ่งอาจจะเกิดได้จากการที่ความเข้มของแสงเปลี่ยนไป ส่วนอีกประเภทเป็นการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วของจุดภาพ ซึ่งอาจเกิดได้หลายกรณี เช่น กล้องมีการเคลื่อนไหวหรือสั่น หรือส่วนที่เป็นภาพพื้นหลังเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม หรือกิ่งไม้ไหว เป็นต้น ดังนั้นในการหาภาพพื้นหลังของวีดีโอที่มีสิ่งแวดล้อมที่มีความซับซ้อน ภาพพื้นหลังแต่ละส่วนควรจะอธิบายได้ด้วยคุณลักษณะที่ต่างกัน

สำหรับภาพพื้นหลังลักษณะหนึ่ง ก็จะมีคุณลักษณะที่สำคัญที่ใช้ในการแบ่งแยกภาพพื้นหลังและวัตถุเคลื่อนที่ออกจากกัน กำหนดให้ v_t เป็นเวกเตอร์คุณลักษณะของค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Value Feature Vector) ที่หามาได้จากภาพวีดีโอจากจุดภาพ $s(x,y)$ ใดๆ ณ ขณะเวลา t โดยใช้กฎของเบย์ (Bayes Rule) จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นโดยประสบการณ์ (Posterior Probability) ของ v_t จากภาพพื้นหลัง b ภาพส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่ f ได้ดังนี้

$$P(C \mid v_t,s) = \frac{P(v_t \mid C,s)P(C \mid s)}{P(v_t \mid s)}, \quad C = b \text{ or } f \tag{2.8}$$

โดยใช้กฎการตัดสินใจของเบย์ ที่จุดภาพนั้นจะถือว่าเป็นภาพพื้นหลังก็ต่อเมื่อ

$$P(b \mid v_t,s) > P(f \mid v_t,s) \tag{2.9}$$

ทั้งนี้ทั้งนั้นเวกเตอร์คุณลักษณะ (Feature Vector) ที่เกี่ยวข้องกับจุดภาพ s ที่มาจากทั้งภาพพื้นหลัง และภาพส่วนวัตถุเคลื่อนที่นั้นจะได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P(v_t,s) = P(v_t \mid b,s)\cdot P(b \mid s) + P(v_t \mid f,s)\cdot P(f \mid s) \qquad (2.10)$$

เมื่อแทนที่สมการ (2.8) และ (2.10) ลงใน (2.9) จะได้

$$2P(v_t \mid b,s)\cdot P(b \mid s) > P(v_t,s) \qquad (2.11)$$

แสดงให้เห็นว่าการหาค่าความน่าจะเป็นโดยหลักเกณฑ์ (Prior Probability) $P(b \mid s)$ ค่าความน่าจะเป็นที่มีเงื่อนไข (Conditional Probability) $P(v_t \mid b,s)$ เราจะสามารถตัดสินใจได้ว่า v_t นั้นเป็นส่วนของวัตถุเคลื่อนที่หรือส่วนของภาพพื้นหลัง

รูปแบบทางคณิตศาสตร์ของทั้ง $P(v_t \mid b,s)$ และ $P(v_t,s)$ ในสมการ (2.11) สามารถแสดงได้โดยใช้ฮีสโตแกรมของเวกเตอร์คุณลักษณะบนพื้นที่คุณลักษณะทั้งหมด (Feature Space) สำหรับเวกเตอร์คุณลักษณะที่มีทั้งหมด n มิติ และมี L ระดับของการควอนไตซ์ (Quantize) ฮีสโตแกรมของ $P(v_t \mid b,s)$ หรือ $P(v_t,s)$ ร่วมกันจะมีขนาด L^n ซึ่งถ้าค่าของทั้ง L และ n มีค่ามากแล้วละก็จะส่งผลให้การประมวลผลทำได้ช้า

เราสามารถใช้ประโยชน์จากความแตกต่างของภาพพื้นหลังกับภาพส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่เพื่อลดจำนวนคุณลักษณะที่จะนำมาประมวลผลได้ เนื่องจากว่าภาพพื้นหลังประกอบไปด้วยวัตถุที่อยู่นิ่งๆ คุณลักษณะ ณ จุดภาพ s จะใช้คุณลักษณะในปริภูมิย่อย (Subspace) ในฮีสโตแกรมเพียงเล็กน้อย ในขณะที่จุดภาพส่วนที่เป็นวัตถุที่เคลื่อนไหวนั้นจะใช้มาก ซึ่งหมายความว่าถ้าเราเลือกเฉพาะคุณลักษณะมาใช้ได้เหมาะสม ก็จะเป็นไปได้ว่าเราจะใช้เวกเตอร์คุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับภาพพื้นหลังได้ครอบคลุม โดยใช้จำนวนฮีสโตแกรมน้อย

กำหนดให้ $P(v_t^i \mid b,s)$, $i = 1,2,...,N$ เป็น N แท่งแรกในฮีสโตแกรมซึ่งเรียงลำดับตาม $P(v_t \mid b,s)$ จากมากไปน้อย สำหรับค่าร้อยละ M_1 และ M_2 เช่น $M_1 = 90\%$ และ $M_2 = 10\%$ จะมีจำนวนเต็ม N_1 ที่เข้ากับกรณีดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^{N_1} P(v_t^i \mid b,s) > M_1 \text{ และ } \sum_{i=1}^{N_1} P(v_t^i \mid f,s) > M_2 \qquad (2.12)$$

โดยทั่วไปแล้วค่า N_1 นั้นยังขึ้นอยู่กับคุณลักษณะที่ใช้และจำนวนระดับที่ทำการควอนไตซ์ที่ใช้กับคุณลักษณะนั้นอีกด้วย

สำหรับเวกเตอร์คุณลักษณะของแต่ละประเภท ทั้งภาพพื้นหลังและส่วนของวัตถุเคลื่อนที่ตารางที่เก็บค่าทางสถิติของคุณลักษณะ $S_{v_t}^{s,t,i}$, $i = 1,2,...,N_2$ $(N_2 > N_1)$ ซึ่งแต่ละตารางจะประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S_{v_t}^{s,t,i} = \begin{cases} P_v^{t,i} = P(v_t^i \mid s) \\ P_{vb}^{t,i} = P(v_t^i \mid b,s) \\ v_v^t = \left[a_1^i,...,a_n^t\right]^T \end{cases} \quad (2.13)$$

เมื่อจุดภาพ ณ ตำแหน่งใดๆเกี่ยวข้องกับภาพพื้นหลังที่เป็นวัตถุอยู่นิ่ง จะเลือกเวกเตอร์คุณลักษณะจากสี โดยที่ค่า v_t ในสมการ (2.8) - (2.13) ที่ผ่านมาทั้งหมดด้วย $v_t = c_t = \left[r_t g_t b_t\right]^T$ แต่เมื่อจุดภาพใดๆเกี่ยวข้องกับส่วนที่เคลื่อนไหว จะใช้สีที่เกิดขึ้นจากเฟรมที่ติดกัน (Color Co-occurrence of Inter-Frame) เป็นเวกเตอร์คุณลักษณะ $v_t = cc_t = \left[r_{t-1} g_{t-1} b_{t-1} r_t g_t b_t\right]^T$

2.3.3 การคัดเฉพาะส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวออกจากภาพ (Foreground object segmentation)

หลังจากที่ได้ทำการแบ่งแยกภาพส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่และภาพพื้นหลังออกจากกันเรียบร้อยแล้ว แน่นอนว่าส่วนของภาพที่เราสนใจนั้นก็คือตัววัตถุที่เคลื่อนไหว ในขั้นตอนนี้เราจะทำการรวมจุดภาพของส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนไหวเฉพาะจุดที่อยู่ติดกันเข้าด้วยกัน รวมทั้งละทิ้งจุดภาพที่อยู่ติดกันจริง แต่เมื่อรวมเข้ากันแล้วเป็นเพียงจุดเล็กๆ ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะไม่ใช่ยานพาหนะที่เราสนใจ เป็นเพียงแค่ความคลาดเคลื่อนของการประมวลผล

2.3.4 การเรียนรู้และจดจำภาพพื้นหลัง (Background learning and maintenance)

การเรียนรู้และจดจำภาพพื้นหลังประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ การอัพเดทตารางที่เก็บสถิติของคุณลักษณะ และการเปลี่ยนภาพพื้นหลังให้เป็นปัจจุบัน

2.3.4.1 การอัพเดทตารางที่เก็บสถิติของคุณลักษณะ

ในทุกๆจุดภาพจะมีตารางที่ใช้ในการเก็บสถิติของคุณลักษณะอยู่ด้วยกัน 2 ตาราง คือ ตารางที่เก็บคุณลักษณะสี (Color feature) และตารางเก็บสถิติสีที่เกิดขึ้นร่วมกัน (Co–occurrence color) ทั้งนี้เพื่อที่จะใช้ทั้งสองตารางนี้ในการปรับปรุงภาพพื้นหลังได้อย่างยืดหยุ่นไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนภาพพื้นหลังของจุดภาพที่เป็นลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ หรือจุดภาพพื้นหลังที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลันทันที

2.3.4.1.1 การอัพเดทค่าคุณลักษณะเมื่อภาพพื้นหลังที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป

กำหนดให้ให้เวกเตอร์ของคุณลักษณะ v_t ใช้ในการแบ่งแยกจุดภาพ s ว่าเป็นภาพพื้นหลังหรือวัตถุเคลื่อนที่ที่เวลา t จะสามารถอัพเดทค่าทางสถิติของทั้งคุณลักษณะสี และสถิติสีที่เกิดขึ้นร่วมกันได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$
\begin{aligned}
p_b^{s,t+1} &= (1-\alpha_2)p_b^{s,t} + \alpha_2 M_b^{s,t} \\
p_v^{s,t+1,i} &= (1-\alpha_2)p_v^{s,t,i} + \alpha_2 M_v^{s,t,i} \\
p_{vb}^{s,t+1,i} &= (1-\alpha_2)p_{vb}^{s,t,i} + \alpha_2 (M_b^{s,t} \wedge M_v^{s,t,i})
\end{aligned}
\tag{2.14}
$$

โดยที่ $i = 1, 2, \ldots, N_2$ และ α_2 เป็นอัตราการเรียนรู้ซึ่งใช้ในการควบคุมความเร็วของการเรียนรู้ ส่วนค่า $M_b^{s,t}$ เป็นค่าบูลลีน (Boolean) ที่จะมีค่าเป็น 1 เมื่อจุดภาพ s เป็นภาพพื้นหลัง และเป็น 0 เมื่อไม่ใช่ภาพพื้นหลัง และค่า $M_v^{s,t,i}$ จะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ ค่า v_i^s มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าเวกเตอร์ของคุณลักษณะ v_i

2.3.4.1.2 การอัพเดทค่าคุณลักษณะเมื่อภาพพื้นหลังที่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

เมื่อภาพพื้นหลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลัน แน่นอนว่าคุณลักษณะของภาพพื้นหลังจะแตกต่างไปจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด จึงต้องมีวิธีการมารองรับเมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ขึ้น คุณลักษณะของภาพพื้นหลังจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อ

$$
P(f \mid s)\sum_{i=1}^{N_1} P(v_i^s \mid f, s) > T \tag{2.15}
$$

โดยที่ T เป็นอัตราส่วนร้อยละซึ่งมีไว้กำหนดว่าเมื่อไหร่จะทำการจดจำภาพพื้นหลัง ถ้าค่า T มีค่ามากจะทำให้ระบบมีความเสถียรแต่จะตอบสนองต่อภาพพื้นหลังที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วได้ช้า ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า T มีค่าน้อยก็จะทำให้ระบบเรียนรู้ภาพพื้นหลังที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำว่าเป็นภาพพื้นหลังใหม่

โดยกระบวนการอัพเดทค่าทางสถิติของทั้งคุณลักษณะสีและสถิติสีที่เกิดขึ้นร่วมกันสามารถทำได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
p_b^{s,t+1} &= 1 - p_b^{s,t} \\
p_{vb}^{s,t+1,i} &= (p_v^{s,t,i} - p_b^{s,t} \cdot p_{vb}^{s,t,i}) p_b^{s,t+1}
\end{aligned}
\tag{2.16}
$$

2.3.4.2 การอัพเดทภาพพื้นหลัง

ภาพพื้นหลังสำหรับส่วนวัตถุที่ไม่ได้เคลื่อนที่จะมีลักษณะค่าค่อยๆเปลี่ยนไปตามเวลา จะทำการอัพเดท โดยใช้การกรองจาก Infinite Impulse Response (IIR) เมื่อจุดภาพ s ตรวจจับได้ว่ามีค่าเปลี่ยนแปลงไปแต่ไม่มากในขั้นตอนของการตรวจจับการเปลี่ยนแปลง ภาพพื้นหลังจะเปลี่ยนแปลงไปดังสมการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B_c(s,t+1) = (1-\alpha_1)B_c(s,t) + \alpha_1 I_c(s,t) \quad (2.17)$$

โดยที่ $c \in \{r,g,b\}$ และ α_1 เป็นพารามิเตอร์จากการกรองของ Infinite Impulse Response

แต่ถ้าภาพพื้นหลังเปลี่ยนแปลงไปอย่างฉับพลัน จะได้ดังสมการนี้

$$B_c(s,t+1) = I_c(s,t) \quad (2.18)$$

ด้วยวิธีดังกล่าวเราสามารถเปลี่ยนแปลงภาพพื้นหลังของจุดที่เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็วได้ เช่น เมื่อกิ่งไปไหวไปตามลม ก็จะสามารถปรับภาพพื้นหลังระหว่างสีของกิ่งไม้กับสีของท้องฟ้าได้

2.4 การควบคุมการจราจรโดยใช้สัญญาณไฟ

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรมีขึ้นครั้งแรกที่ Westminster ในประเทศอังกฤษ เมื่อปี ค.ศ. 1868 โดยใช้ก๊าซแต่เกิดการระเบิดขึ้นเลยมีผลให้การพัฒนาทางด้านนี้หยุดชะงักไปจนกระทั่งปี ค.ศ. 1918 ได้มีการใช้สัญญาณไฟจราจร ซึ่งประกอบด้วยสี 3 สีควบคุมด้วยมือที่ New York อีก 7 ปีต่อมาสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมด้วยมือก็ถูกนำไปใช้ที่ Piccadilly และในปี ค.ศ. 1926 สัญญาณไฟจราจรอัตโนมัติก็ถูกนำไปใช้เป็นครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษ

ในยุคแรกของสัญญาณไฟจราจรนั้นระยะเวลาสำหรับสัญญาณไฟแดงและสัญญาณไฟเขียวได้ถูกตั้งแบบคงที่ ดังนั้นถึงแม้ว่าสัญญาณไฟจราจรแบบนี้จะถูกนำไปใช้แทนตำรวจราจรซึ่งทำให้ประหยัดแรงงานแต่ผลเสียก็คือ มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวและสัญญาณไฟแดงไม่สามารถที่จะเปลี่ยนได้ตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรจึงได้มีการปรับปรุงโดยใช้ตัวควบคุม (Controller) สำหรับเปลี่ยนระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวและสัญญาณไฟแดง ไปตามช่วงเร่งด่วนตอนเช้า กลางวันและเย็น

ต่อมาได้มีการพัฒนาเพื่อให้รถบนถนนสายหลักสามารถแล่นผ่านทางแยกต่างๆบนเส้นนั้นได้โดยไม่ต้องติดไฟแดง (Continuous Progression) โดยทำการเชื่อมต่อ (Linking) สัญญาณไฟจราจรที่ทางแยกต่างๆเข้าด้วยกันและควบคุมด้วยตัวควบคุมหลัก (Master timing device or controller) แทนที่จะควบคุมแต่ละสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวควบคุมย่อย

ในช่วงต้นทศวรรษ 1930 ได้มีการคิดค้นเพื่อที่จะเพิ่มสมรรถนะของเครื่องควบคุมสัญญาณไฟ เพื่อให้สามารถใช้กับปริมาณการจราจรที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยหาวิธีการที่ทำให้สัญญาณไฟจราจรมีการตอบสนองต่อรถที่มาที่ทางแยก วิธีการที่ประสบความสำเร็จมากคือ การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อยาง (Pneumatic tube) วางพาดถนนซึ่งเมื่อรถแล่นผ่านท่อยางก็จะไปกระตุ้นตัวควบคุมสัญญาณไฟก็จะเปลี่ยนไปตามปริมาณการกระตุ้น (ปริมาณการจราจร) ในแต่ละทิศทาง

สำหรับการติดตั้งระบบสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกมีจุดประสงค์เพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุและเพื่อประโยชน์ต่อการจัดการกระแสจราจรให้เป็นระเบียบโดยเฉพาะสำหรับกรณีของทางแยกที่สำคัญ ซึ่งเกิดจากการตัดกันของทางสายหลัก 2 สายหรือมากกว่า ดังนั้นจึงมีการพิจารณาการติดตั้งสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกดังนี้

1. ถนนเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางหลักของระบบการจราจร
2. เชื่อมโยงกับเส้นทางที่มีการมุ่งหน้าไปยังสถานที่สำคัญๆ
3. เป็นส่วนหนึ่งของทางหลวงชานเมือง ทางหลวงชนบทที่อยู่นอกเขตเมืองหรือที่เข้าสู่ตัวเมือง หรือที่ตัดผ่านตัวเมือง
4. มีทางร่วมกับทางด่วนหรือทางร่วมกับจุดตัดระหว่างทางร่วมกับทางด่วนระดับเดียวกัน
5. เป็นถนนที่ได้รับการออกแบบวางแผนให้เป็นถนนสายหลักหรือสายประธานของเขตเมือง

2.5 นิยามและคำจำกัดความเบื้องต้นสำหรับสัญญาณไฟจราจร

2.5.1 รอบสัญญาณไฟ (Cycle Length หรือ Cycle Time)

ระยะเวลาหรือช่วงเวลาของสัญญาณไฟใน 1 รอบ ที่จังหวะ (Phase) สัญญาณไฟเปลี่ยนไปครบทุกจังหวะ เช่น เริ่มนับจากสัญญาณไฟแดงของจังหวะหนึ่งที่เริ่มขึ้นก็จะเริ่มนับจนกระทั่งสัญญาณไฟนั้นเปลี่ยนจากสีแดงไปเป็นสีเขียวเหลือง ถึงเมื่อสัญญาณนั้นเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง

2.5.2 จังหวะสัญญาณไฟ (Signal Phasing)

ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดสัญญาณไฟของแต่ละรอบสัญญาณไฟ เพื่อประโยชน์ในการแก้ปัญหาการตัดกันของการเคลื่อนตัวของจราจร การออกแบบสัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยก สามารถจัดให้มีจังหวะสัญญาณไฟได้หลายประเภทตามลักษณะของปริมาณการจราจร และลักษณะทางกายภาพของบริเวณทางแยกเอง ภายใต้การพิจารณาของผู้ออกแบบ โดยหลักการทั่วไปในการจัดจังหวะสัญญาณไฟคือ การให้จราจรเคลื่อนที่ในทิศทางที่ไม่ขัดกัน และมีปริมาณใกล้เคียงกัน สามารถเคลื่อนตัวไปได้พร้อมๆ กัน

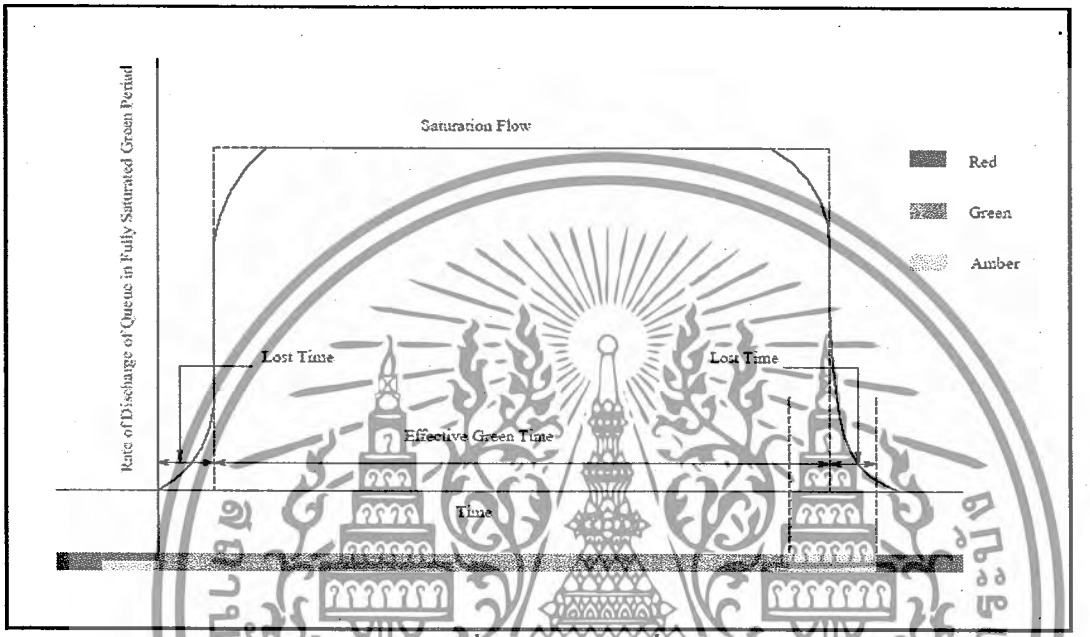
2.5.3 ระยะเวลาที่สูญเสีย (Lost Time)

ระยะเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นของสัญญาณไฟเขียวกับจุดเริ่มต้นของไฟเขียวประสิทธิผล (Effective Green Time) และระยะเวลาระหว่างจุดสุดท้ายของไฟเขียวประสิทธิผลกับจุดสุดท้ายของสัญญาณไฟเหลือง ระยะเวลาที่สูญเสียจะแปรผันไปตามสภาพของทางแยกและอื่นๆ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถทางกายภาพ จิตใจ ของผู้ขับขี่ยานพาหนะ โดยทั่วไปในทางปฏิบัติจะถือว่าระยะเวลาที่สูญเสียไปมีค่าประมาณ 2 วินาที

Effective Green Time คือ ระยะเวลาไฟสัญญาณที่การจราจรใช้ในการเคลื่อนตัวผ่านทางแยกได้อย่างเต็มที่ กล่าวคือ เกิดอัตราการไหลของระบบอยู่ในระดับคงที่เป็นสภาวะที่เกิดการไหลของจราจรได้สูงสุด (อิ่มตัว)



รูปที่ 2.5 ระยะเวลาที่สูญเสีย

จากรูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเริ่มสัญญาณไฟเขียว การจราจรจะเริ่มเคลื่อนตัวผ่านทางแยกโดยมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนถึงอัตราการไหลสูงสุดที่การจราจรสามารถผ่านทางแยกไปได้ จนกระทั่งเมื่อเริ่มสัญญาณไฟเหลือง อัตราการไหลของการจราจรก็จะลดลงอย่างรวดเร็วจนเป็นศูนย์ หรือไม่มีปริมาณการจราจรผ่านแยกเลยเมื่อเริ่มสัญญาณไฟแดง จะเห็นว่าระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวรวมกับระยะเวลาสัญญาณไฟเหลืองจะเท่ากับไฟเขียวประสิทธิผลรวมกับระยะเวลาที่สูญเสีย

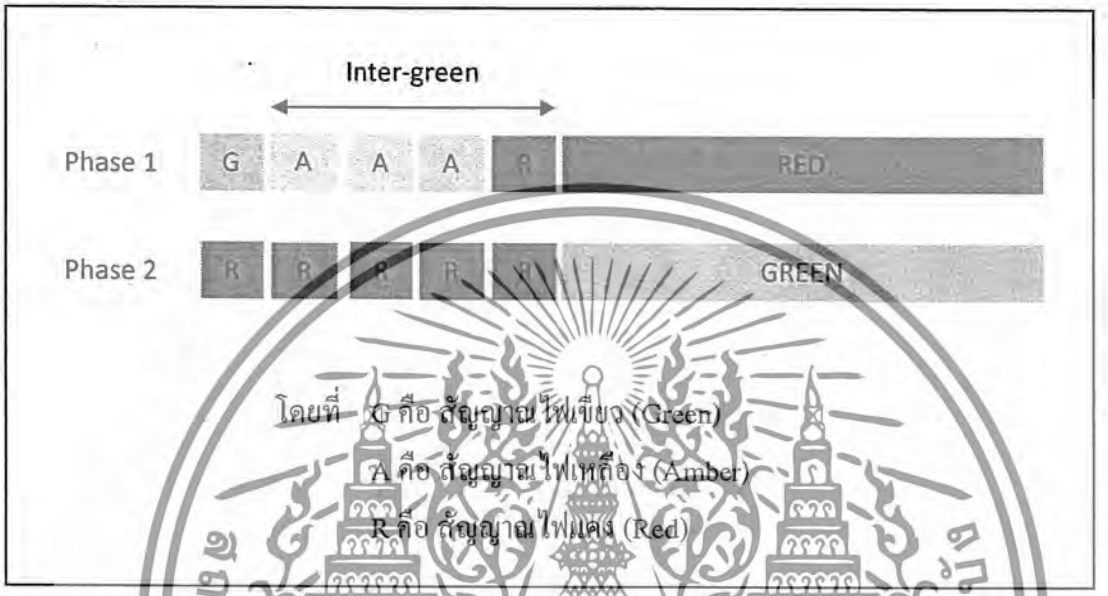
2.5.4 ระยะเวลา Inter-green (Inter-green Period)

ระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่สิ้นสุดสัญญาณไฟเขียวของจังหวะหนึ่งกระทั่งถึงสัญญาณไฟเขียวอีกจังหวะหนึ่งหรือจังหวะถัดไป ดังนั้นระยะ Inter-green จึงรวมระยะสัญญาณไฟเหลืองทั้งหมดกับระยะเวลาสัญญาณไฟแดงทุกด้าน ปกติแล้วระยะเวลา Inter-green จะมีค่าประมาณ 4-7 วินาที สำหรับเครื่องควบคุมระบบสัญญาณไฟปัจจุบันระยะ Inter-green ที่สั้นที่สุดคือ 4 วินาที โดยจะตั้งให้ระยะเวลา Inter-green สั้นที่สุดเท่าที่จะไม่ทำให้เกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้เนื่องจากว่าในทุกๆระยะเวลา Inter-green จะมีช่วงเวลาหนึ่งซึ่งยานพาหนะทุกทิศทางจะต้องหยุดพร้อมกันหมด เช่นรูปที่ 2.6 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แสดงให้เห็นว่าเมื่อ ระยะเวลา Inter-green เป็น 4 วินาที จะมีอยู่ 1 วินาที ที่เป็นช่วงเวลาที่สัญญาณไฟแดงทุกด้านและยานพาหนะจากทุกทิศทุกทางจะต้องหยุดหมด ซึ่งช่วงเวลานี้เรียกว่า เวลาที่สูญเสียไประหว่างระยะเวลา Inter-green (Lost time during inter-green Period) ระยะเวลา Inter-green ยิ่งยาวระยะเวลาที่สูญเสียของระบบก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นแต่ความปลอดภัยก็จะมีมากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.6 ระยะ Inter-green

จุดประสงค์ของการจัดระยะเวลา Inter-green ระหว่างจังหวะก็เพื่อต้องการให้การจราจรที่ผ่านทางแยกสามารถหยุดยานพาหนะได้ทันท่วงทีที่เส้นหยุดก่อนเข้าทางแยกหรือสามารถผ่านทางแยกไปโดยปลอดภัยก่อนที่สัญญาณไฟเขียวของ จังหวะถัดไปจะเริ่มขึ้น

2.6 ประเภทของสัญญาณไฟจราจร

สัญญาณไฟจราจร ณ บริเวณทางแยกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

2.6.1 สัญญาณไฟประเภทรอบสัญญาณไฟคงที่ (Pretimed/Fixed Time Signal)

สัญญาณไฟจราจรที่มีระยะเวลาใน 1 รอบสัญญาณไฟคงที่ สัญญาณไฟจราจรประเภทนี้จะมีการกำหนดระยะเวลาของสัญญาณไฟสีต่างๆ ไว้แล้วล่วงหน้า จากการคำนวณปริมาณการจราจรและออกแบบระยะเวลาสัญญาณไฟ และรอบสัญญาณไฟที่เหมาะสม คือ มีการกำหนดลงไปเลยว่าระยะเวลาของสัญญาณไฟสีต่างๆ ที่เหมาะสมต้องยาวนานเพียงไร วิธีดังกล่าวนี้จะดำเนินไปตลอดเวลาไม่ว่าปริมาณการจราจรจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง สัญญาณไฟจราจรประเภทนี้จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104163

ไม่นิยมใช้กับบริเวณที่มีปริมาณการจราจรน้อย เพราะจะเป็นการเพิ่มความล่าช้าให้เกิดขึ้นอีกโดยไม่จำเป็น

2.6.2 สัญญาณไฟประเภทที่เปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณการจราจร (Vehicle Actuated Signal)

สัญญาณไฟจราจรที่มีระยะเวลาใน 1 รอบสัญญาณไฟเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยก ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ Semi-Actuated และ Fully-Actuated โดยตามปกติทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจรประเภทนี้ติดตั้งอยู่จะมีเครื่องตรวจนับปริมาณการจราจรอัตโนมัติประกอบติดอยู่ด้วยเพื่อส่งสัญญาณปรับเปลี่ยนระยะเวลาสัญญาณไฟของระบบ

นอกจากสัญญาณไฟจราจรทั้ง 2 ประเภทข้างต้น ยังมีสัญญาณไฟประเภทอื่นๆ อีก แต่จะเป็นสัญญาณไฟที่ใช้เพื่อประโยชน์สำหรับอำนวยความสะดวกด้านอื่นนอกเหนือจากการควบคุมการเคลื่อนตัวของกระแสจราจร และปริมาณการจราจร เช่น เพื่อประโยชน์ในการเตือนภัย หรือเพื่อแนะนำให้ผู้ใช้ถนนปฏิบัติตามเนื่องจากมีเหตุสุดวิสัยเกิดขึ้นเบื้องหน้าผู้ขับขี่ เป็นต้น

2.7 การคำนวณและวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจร

ปัจจุบันวิธีการคำนวณและวิธีการออกแบบสัญญาณไฟจราจรแบ่งออกได้เป็นวิธีของ DREW (1968) วิธีของ Basic Principle และวิธีของ WEBSTER (1966)

2.7.1 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธีของ DREW

เมื่อพิจารณายานพาหนะทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านช่วงเวลาไฟเขียวประสิทธิผลของจังหวะใดๆซึ่งหมายถึง ช่วงระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ไม่คิดระยะเวลาที่สูญเสียเพื่อความล่าช้าในการออกตัวของยานพาหนะ (K_1) และระยะเวลาที่ยานพาหนะคันสุดท้ายต้องใช้เพื่อเคลื่อนที่ผ่านทางแยกให้พ้น (K_2) จะพบว่ามียานพาหนะที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านเส้นหยุด (Stop Line) ก่อนสัญญาณไฟเหลืองจะเริ่มขึ้น เพียง (x-1) คัน (สำหรับทางหนึ่งช่องจราจร) เท่านั้น

$$\text{ระยะช่วงห่างน้อยสุดโดยเฉลี่ยขณะยานพาหนะออกตัว (ค่าคงที่)} = \frac{\text{เวลา}}{\text{ปริมาณการจราจร}} \qquad (2.19)$$

สามารถเขียนแทนลักษณะการเคลื่อนตัวของยานพาหนะทั้งหมดผ่านทางแยกในช่วงระยะสัญญาณไฟเขียวประสิทธิผลได้ว่า

$$D = \frac{G_i - K_i}{x-1} \qquad (2.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

G_i = ระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวของจังหวะ i, วินาที

$K_i = K_1 + K_2$, วินาที

หรือเขียนได้ว่า

$$G_i = D(x-1) + K_i \tag{2.21}$$

หรือ $$x = \frac{[G_i - (K_i - D)]}{D} \tag{2.22}$$

จาก

$$V = \frac{3600N}{T} \tag{2.23}$$

โดยที่

V = ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง หรืออัตราการเคลื่อนตัวของจราจร, คัน/ชั่วโมง

N = จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่เคลื่อนที่ผ่านจุดกำหนดในช่วงเวลาที่กำหนด,คัน

T = ช่วงระยะเวลาที่กำหนด, วินาที

จากสมการที่ (2.23) สามารถเขียนใหม่โดยพิจารณาว่า V เป็นปริมาณการจราจรวิกฤตต่อช่องจราจร (Critical Lane Volume) ต่อจังหวะสัญญาณไฟ จะได้ว่า

$$v = \frac{3600x}{C} \tag{2.24}$$

โดยที่

v = ปริมาณการจราจรรายชั่วโมงสูงสุด หรือปริมาณการจราจรวิกฤตต่อช่องจราจร, คัน/ชั่วโมง

C = รอบสัญญาณไฟทั้งหมดซึ่งยานพาหนะในความเป็นจริงแล้วจะผ่านได้เฉพาะในช่วงสัญญาณไฟเขียวเท่านั้น, วินาที

แทนค่า x จากสมการที่ (2.22) ในสมการที่ (2.24) จะได้

$$v_i = \frac{3600[G_i - (K_i - D)]}{CD} \tag{2.25}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

v_i = ปริมาณการจราจรวิกฤติต่อช่องจราจรของจังหวะ i, คัน/ชั่วโมง

และปริมาณการจราจรทั้งหมดของทางแยกสำหรับทุกๆจังหวะคือ ผลรวมของปริมาณการจราจรวิกฤติต่อช่องจราจรของแต่ละจังหวะ, $\sum v_i$ หรือความจุของทางแยก (Capacity of Intersection)

$$\sum v_i = \frac{3600\sum[G_i - (K_i - D)]}{CD}$$

$$\sum v_i = \frac{3600}{\mathrm{CD}}[\sum G_i - \sum(K_i - D)] \qquad (2.26)$$

แต่ $\sum G_i = \mathrm{C}$ และ

N_p = จำนวนจังหวะทั้งหมดในรอบสัญญาณไฟ, จังหวะ

ดังนั้น

$$\sum v_i = \frac{3600}{\mathrm{CD}}[C - N_p(K_i - D)]$$

$$= \frac{3600}{D} - \frac{3600N_p(K_i - D)}{CD}$$

$$D\cdot\sum v = 3600 - \frac{3600N_p(K_i - D)}{C}$$

$$\frac{3600N_p(K_i - D)}{C} = 3600 - D\cdot\sum v$$

$$\therefore \quad C = \frac{3600N_p(K_i - D)}{3600 - D\cdot\sum v} \qquad (2.27)$$

จากสมการที่ (2.27) เมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าเหมาะสมกับปริมาณการจราจรวิกฤติทั้งหมด (Total Critical Lane Volume) น้อยกว่า 1800 คัน/ชั่วโมง ต่อช่องจราจร เนื่องจากจะทำให้ค่า C น้อยกว่า x ได้

ในทางปฏิบัติเพื่อการออกแบบ ค่า K_i หรือระยะเวลาสูญเสียต่อจังหวะนิยมให้มีค่าเท่ากับ 6.0 วินาที ค่า D หรือระยะช่วงห่างเฉลี่ยน้อยสุดมีค่าเท่ากับ 2.0 วินาที และ C ซึ่งนิยมให้มีค่าน้อยกว่า 120 วินาที (หากได้มากกว่าต้องพิจารณาออกแบบใหม่ด้วยการแก้ไขปัญหาทางด้าน Configuration)

เมื่อคำนวณหาค่ารอบของสัญญาณไฟจราจรจากสมการที่ (2.27) ได้แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาช่วงระยะสัญญาณไฟเขียวของแต่ละจังหวะจากสมการที่ (2.28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_i = \frac{v_i DC}{3600} + (K_i - D) \tag{2.28}$$

โดยที่

G_i = ระยะสัญญาณไฟเขียว (รวมไฟเหลือง) ของจังหวะ i, วินาที

v_i = ปริมาณการจราจรวิกฤติของจังหวะ i, คัน/ชั่วโมง

2.7.2 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธี Basic Principle

วิธีการนี้มีพื้นฐานมาจากการคำนวณและสร้างสมการคล้ายกับของ DREW มากซึ่งแตกต่างกันที่วิธี Basic Principle จะพิจารณายานพาหนะคันสุดท้ายที่สามารถผ่านช่วงสัญญาณไฟเหลืองได้ (ยานพาหนะคันที่ผ่านเส้นหยุดขณะที่ไฟเหลืองเริ่มแล้ว) ซึ่งจะทำให้มีจำนวนยานพาหนะทั้งหมด x คัน ในช่วงระยะเวลา $G_i - K_i$ ดังนั้นระยะช่วงห่างเฉลี่ยน้อยสุด (D) สามารถหาได้โดย

$$D = \frac{G_i - K_i}{x}$$

$$G_i = Dx + K_i$$

หรือ $$x = \frac{G_i - K_i}{D} \tag{2.29}$$

โดยที่

G_i = ระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวของจังหวะ i, วินาที

เนื่องจากสมการที่ 2.23 เมื่อพิจารณาการจราจรวิกฤติต่อช่องจราจรของจังหวะ i จะได้

$$\therefore \quad v_i = \frac{3600(G_i - K_i)}{DT} \tag{2.30}$$

โดยที่

v_i = ปริมาณการจราจรวิกฤติต่อช่องจราจรของจังหวะ i, คัน/ชั่วโมง

C = T = รอบสัญญาณไฟจราจร, วินาที

$= \sum G_i$ = ระยะเวลาทั้งหมดที่ยานพาหนะสามารถแล่นผ่านทางแยกได้ (ไฟเขียวทั้งหมด), วินาที

$$\therefore \quad v_i = \frac{3600(G_i - K_i)}{CD} \tag{2.31}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาปริมาณการจราจรวิกฤติของทั้งทางแยกจะได้

$$\sum v_i = \frac{3600}{CD}\sum(G_i - K_i)$$

$$\sum G_i = C \text{ และ } \sum K_i = N_p K_i$$

ดังนั้น

$$\sum v_i = \frac{3600}{CD}(C - N_p K_i)$$

$$= \frac{3600}{D} - \frac{3600 N_p K_i}{CD}$$

$$D - \sum v_i = 3600 - \frac{3600 N_p K_i}{C}$$

$$\frac{3600 N_p K_i}{C} = 3600 - D \cdot \sum v_i$$

$$C = \frac{3600 N_p K_i}{3600 - D \cdot \sum v_i} \quad (2.32)$$

เมื่อทราบรอบเวลาของสัญญาณไฟจราจรแล้ว ก็สามารถคำนวณหาระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวแต่ละจังหวะได้โดยง่าย จากสมการที่ (2.33)

เนื่องจาก

$$v_i = \frac{3600(G_i - K_i)}{CD}$$

$$G_i = \frac{v_i CD}{3600} + K_i \quad (2.33)$$

หลักการคำนวณและขั้นตอนการทำงานในเรื่องของวิธี Basic Principle จะเป็นเช่นเดียวกันกับวิธีของ DREW ทุกประการ

เนื่องจากวิธีของ Basic Principle มีสมมติฐานอยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า การเข้าสู่ทางแยกของยานพาหนะมีลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอ (Uniform) ซึ่งไม่ค่อยถูกต้องนัก โดยเฉพาะเมื่อบริเวณทางแยกนั้นๆมีปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกมากกว่าปริมาณการจราจรที่สามารถออกจากทางแยกได้ผู้ออกแบบจึงอาจพิจารณาตรวจสอบหารอบสัญญาณไฟที่ผิดพลาดและออกแบบจังหวะสัญญาณไฟจราจรใหม่ด้วยการใช้สมการการกระจายแบบสะสมของ Poisson เพื่อความสมบูรณ์ของการออกแบบยิ่งขึ้นก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเปรียบเทียบการออกแบบโดยวิธีของ DREW ก่อนที่จะมีการใช้สมการกระจายแบบสะสมของ Poisson มาคำนวณหาระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวของแต่ละจังหวะนั้น จะพบว่า ค่ารอบสัญญาณไฟจราจรที่คำนวณได้จากวิธีของ Basic Principle จะมีค่าสูงกว่าที่ได้จากวิธีการของ DREW อันเนื่องมาจากการไม่คิดค่าระยะช่วงห่าง D ในสมการ Basic Principle ดังนั้นเมื่อใช้หลัก Basic Principle ออกแบบ อาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของทางแยกประกอบด้วย เพื่อให้ได้ค่า C อยู่ในช่วง 120 วินาที

การที่ C มีค่าสูงนั้นอาจจะไม่ดีเสมอไป เมื่อพิจารณาจากสมการ $N_p = 3600/C$ แล้วจะเห็นชัดเจนว่าเมื่อ C มีค่าสูงขึ้น จำนวนรอบสัญญาณไฟจะน้อยลง ซึ่งเป็นผลให้ความล่าช้าอันเนื่องมาจากการรอจังหวะไฟสัญญาณลดลงได้ด้วยเช่นกัน

ดังนั้นเมื่อเห็นว่าจังหวะสัญญาณไฟจังหวะใดจากการคำนวณ-ออกแบบโดยวิธีทั้งของ DREW และ Basic Principle ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดก็ต้องปรับแก้ใหม่ โดยการตั้งระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ไม่ได้ตามมาตรฐานให้เป็นค่าตามกำหนด (Minimum Green) แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. ทำการหาจำนวนรอบสัญญาณไฟจราจรใหม่ จาก

$$N_p = \frac{3600 - D(\sum v_i - v_{\min.green})}{K_i(N_p - 1) + Min.Green} \qquad (2.34)$$

โดยที่

$v_{\min.green}$ = ปริมาณการจราจรของจังหวะสัญญาณไฟที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งจะทำการปรับให้ได้ตามมาตรฐาน, คัน/ชั่วโมง

$Min.Green$ = ระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวน้อยสุดที่กำหนดของจังหวะที่ไม่ได้มาตรฐาน, วินาที

2. หลังจากนั้นคำนวณค่า C จาก

$$C = \frac{3600}{N_p} \qquad (2.35)$$

3. ทำการแบ่งแยกสัญญาณไฟเขียวตามแต่ละจังหวะโดยคำนวณระยะเวลาไฟเขียวประสิทธิผลก่อน

$$\text{ระยะเวลาไฟเขียวประสิทธิผล, } G_m = C - Min.Green - N_p K_i \qquad (2.36)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จากนั้นคำนวณหาระยะสัญญาณไฟเขียวของจังหวะอื่นๆนอกเหนือจากจังหวะที่กำหนด Min.Green แล้ว โดยใช้สมการ

$$G_i = \frac{[v_i]}{\sum v_i - v_{\min.green}} G_m + K_i \qquad (2.37)$$

5. เมื่อสามารถคำนวณระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวของทุกจังหวะได้เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการตรวจสอบว่า ปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจริงๆกับที่ได้จากการคำนวณนั้นเหมาะสมหรือไม่อย่างไร หลักการที่ถูกต้องคือ ปริมาณการจราจรที่คำนวณได้ต้องสูงกว่าที่ได้จากการสำรวจ สมการการคำนวณปริมาณการจราจร คือ

$$\text{ปริมาณการจราจรรายชั่วโมง/จังหวะ i} = \frac{(\text{ระยะเวลาสัญญาณไฟเขียว/จังหวะ})(N)}{D} \qquad (2.38)$$

2.7.3 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรโดยวิธีของ WEBSTER(1966)

WEBSTER ได้ทำการศึกษาและคิดค้นสมการอธิบายความล่าช้าเฉลี่ยต่อยานพาหนะของทางแยกใดทางแยกหนึ่ง (Average Delay per Vehicle on the Particular Arm) ซึ่งขึ้นอยู่กับฟังก์ชั่นของระยะเวลาของรอบสัญญาณไฟจราจร อัตราส่วนของรอบสัญญาณไฟซึ่งเป็นไฟเขียวประสิทธิผล สำหรับจังหวะสัญญาณไฟที่กำลังพิจารณา ปริมาณการจราจรเข้าสู่ทางแยก และระดับความอิ่มตัว สมการดังกล่าวคือ

$$d = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0.65\frac{C^{+1/2}}{q^2}x^{(2+6)} \qquad (2.39)$$

โดยที่

d = ความล่าช้าเฉลี่ยต่อยานพาหนะของทางแยกหนึ่ง, วินาที

C = รอบสัญญาณไฟจราจร, วินาที

q = ปริมาณการจราจร (อัตราการเคลื่อนที่), คัน/ชั่วโมง

λ = อัตราส่วนของรอบสัญญาณไฟที่เป็นไฟเขียวประสิทธิผลต่อรอบสัญญาณไฟสำหรับจังหวะสัญญาณที่กำลังพิจารณา

= g/C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x = ระดับความอิ่มตัว หมายถึง อัตราส่วนระหว่างปริมาณการจราจร (อัตราการเคลื่อนที่) ต่อปริมาณการจราจร (อัตราการเคลื่อนที่) สูงสุดที่ภายในช่วงสัญญาณไฟที่กำหนด

$$= \frac{q}{\lambda S}$$

จากการศึกษาและทดลองพบว่าค่าของเทอมสุดท้ายจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-15% ของค่าที่ได้จาก 2 เทอมแรกในสมการปกติ แต่ในทางปฏิบัตินิยมใช้ 10% ซึ่งมีผลให้ค่าความล่าช้าเฉลี่ยเมื่อพิจารณาเขียนเป็นสมการในรูปง่ายๆได้เป็น

เมื่อให้

$$A = \frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)}$$

$$B = \frac{x^2}{2q(1-x)}$$

$$P = \frac{0.65(C)^{1/2} x^{(2+6)}}{q^2}$$

และ

$$D = A + B$$

จะได้

$$\begin{aligned} d &= A + B - P \\ &= D - 0.1D \\ &= 0.9D \end{aligned} \tag{2.40}$$

หรือ

$$d = 0.9\left[\frac{C(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)}\right] \tag{2.41}$$

และจากการ Differentiate สมการความล่าช้าเฉลี่ยของ WEBSTER จะได้สมการเพื่อใช้สำหรับหาค่าประมาณของทั้งรอบสัญญาณไฟที่นานที่สุด และน้อยที่สุด ดังในสมการที่ (2.42) และ

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum Y_i} \tag{2.42}$$

โดยที่

C_o = ระยะเวลาของรอบสัญญาณไฟที่นานที่สุด, วินาที

L = ผลรวมของระยะเวลาที่สูญเสียไปทั้งหมดต่อรอบสัญญาณดังสมการ (2.44)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \sum l_i + \sum (I - A)$$

n = จำนวนจังหวะสัญญาณไฟทั้งหมด

Y_i = $\frac{\text{อัตราการไหล}}{\text{อัตราการไหลอิ่มตัว}}$ ของจังหวะ i

หรือ หมายถึง $\frac{\text{ปริมาณการจราจร}}{\text{ปริมาณการจราจรอิ่มตัว}}$ ของจังหวะ i

$= \frac{q_i}{S_i}$

q_i = ปริมาณการจราจรของจังหวะ i

S_i = ปริมาณการจราจรอิ่มตัว หรือปริมาณการจราจรสูงสุดที่ถนนซึ่งกำลังพิจารณาสามารถรับได้

= 525 W โดย W เป็นเมตร, pcph

= 160 W โดย W เป็นฟุต, pcph

หรือบางครั้งอาจใช้เท่ากับ 1800 pcphpl หรือเท่ากับ 0.5 pcpspl

W = ความกว้างของถนนวัดจากขอบถนนไปยังเส้นแบ่งกลางถนน (Center Line)

ตัวอย่างของค่า S เมื่อพิจารณาจากค่า W สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานปริมาณการจราจรอิ่มตัวตามค่าความกว้างของถนน

W (เมตร)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
S (เมตร)	1840	1885	1960	2210	2575

เมื่อทราบรอบสัญญาณไฟว่ายาวนานเพียงใดแล้ว ระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวของแต่ละจังหวะสามารถคำนวณได้จาก

$$G_i = \frac{Y_i}{Y}(C_o - L) + l_i \qquad (2.43)$$

โดยที่

G_i = ระยะเวลาสัญญาณไฟเขียว ของจังหวะ i, วินาที

Y = $\sum Y_i$ (ปกติมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ ควรจะมีค่าประมาณ 0.85 หากมากกว่าจำเป็นต้องปรับปรุงทางแยก หรือ รูปแบบของจังหวะสัญญาณไฟใหม่กระทั่งได้น้อยกว่า หรือเท่ากับ 0.85)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = R + nl$$
$$= \sum(I - A) + \sum l \qquad (2.44)$$

โดยที่

L = ระยะเวลาที่สูญเสียทั้งหมดต่อรอบสัญญาณไฟ, วินาที

n = จำนวนจังหวะสัญญาณไฟต่อรอบสัญญาณไฟ, จังหวะ

l = ระยะเวลาสูญเสียโดยเฉลี่ย (เนื่องมาจากความล่าช้าในแถวคอย การออกตัวขณะได้รับสัญญาณไฟเขียวและชะลอยานพาหนะที่จุดหยุดไม่ยอมผ่านทางแยกขณะได้รับสัญญาณไฟเหลือง) ต่อจังหวะสัญญาณไฟ, วินาที

I = Inter-green period ต่อจังหวะสัญญาณไฟ, วินาที

A = ระยะเวลาสัญญาณไฟเหลืองต่อจังหวะสัญญาณไฟ, วินาที

R = ระยะเวลาที่ต้องสูญเสียต่อรอบสัญญาณไฟเนื่องจากการที่ไฟทุกด้านของทางแยกแสดงสัญญาณไฟแดงหมดพร้อมๆกัน, วินาที

2.8 การเลือกรอบสัญญาณไฟจราจรและการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจร

การเลือกหรือการออกแบบรอบสัญญาณไฟจราจร นั้นขึ้นอยู่กับการจัดการองค์ประกอบที่มีผลต่อระบบการเคลื่อนตัวของจราจร กล่าวคือ ต้องจัดให้อยู่ในสภาวะที่ดีที่สุด (Optimum) โดยต้องไม่ละเลยความสะดวกสบาย ความปลอดภัยต่อผู้ใช้ถนนและง่ายต่อการคำนวณและปฏิบัติการ การเลือกรอบสัญญาณไฟจราจรปกติควรที่จะเลือกให้สามารถรองรับปริมาณการจราจรที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอได้ โดยเลือกให้มีรอบสัญญาณไฟสั้นและยาวให้เหมาะสมกับปริมาณการจราจร

ภายใต้สภาพความจริงปริมาณการจราจรที่เข้าสู่ทางแยกจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอทำให้ระยะเวลาไฟเขียวของแต่ละจังหวะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย กรณีเช่นนี้หากเป็นสัญญาณไฟประเภทที่เปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณการจราจรจะไม่เกิดปัญหา แต่หากเป็นสัญญาณไฟประเภทที่มีรอบสัญญาณไฟคงที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากค่าความเป็นจริงมาก ดังนั้นจึงมีหลักการปรับแก้รอบสัญญาณไฟจราจรประเภทที่มีรอบสัญญาณไฟคงที่ให้เหมาะสมเพื่อรองรับปัญหาปริมาณการจราจรที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา โดยที่ไม่ก่อให้เกิดความล่าช้ามากเกินไป

การปรับแก้รอบสัญญาณไฟประเภทที่มีรอบสัญญาณไฟคงที่ให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดทั้งวันมีหลักการและขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณหาค่า C_0 สำหรับแต่ละชั่วโมงในวันหนึ่งๆที่ศึกษา โดยที่วันดังกล่าวควรมีปริมาณการจราจรสูง หรือหนาแน่นพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำนวณหาค่า C_0 เฉลี่ยของทั้งวัน (ของจำนวนชั่วโมงทั้งหมด)
3. คำนวณ C_0 เมื่อเท่ากับ (3/4) C_0 ของชั่วโมงที่ได้ค่า C_0 มากที่สุด หรือค่า (3/4) $C_{0\,max}$
4. พิจารณาใช้ค่า C_0 ที่มากที่สุดระหว่างที่ได้จากข้อ (2) และข้อ (3) เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ
5. เนื่องด้วยค่า Y_i ในสมการของ WEBSTER จะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาที่ทำการศึกษา ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ควรใช้ค่า Y_i ของแต่ละจังหวะสัญญาณไฟที่ได้จากการคำนวณเป็นหลักพิจารณา โดยหาจากค่าเฉลี่ยของ Y_i ของแต่ละช่วงเวลาเร่งด่วน (ชั่วโมงที่ให้ค่า Y_i สูงสุด) ในทิศทางเดียวกัน

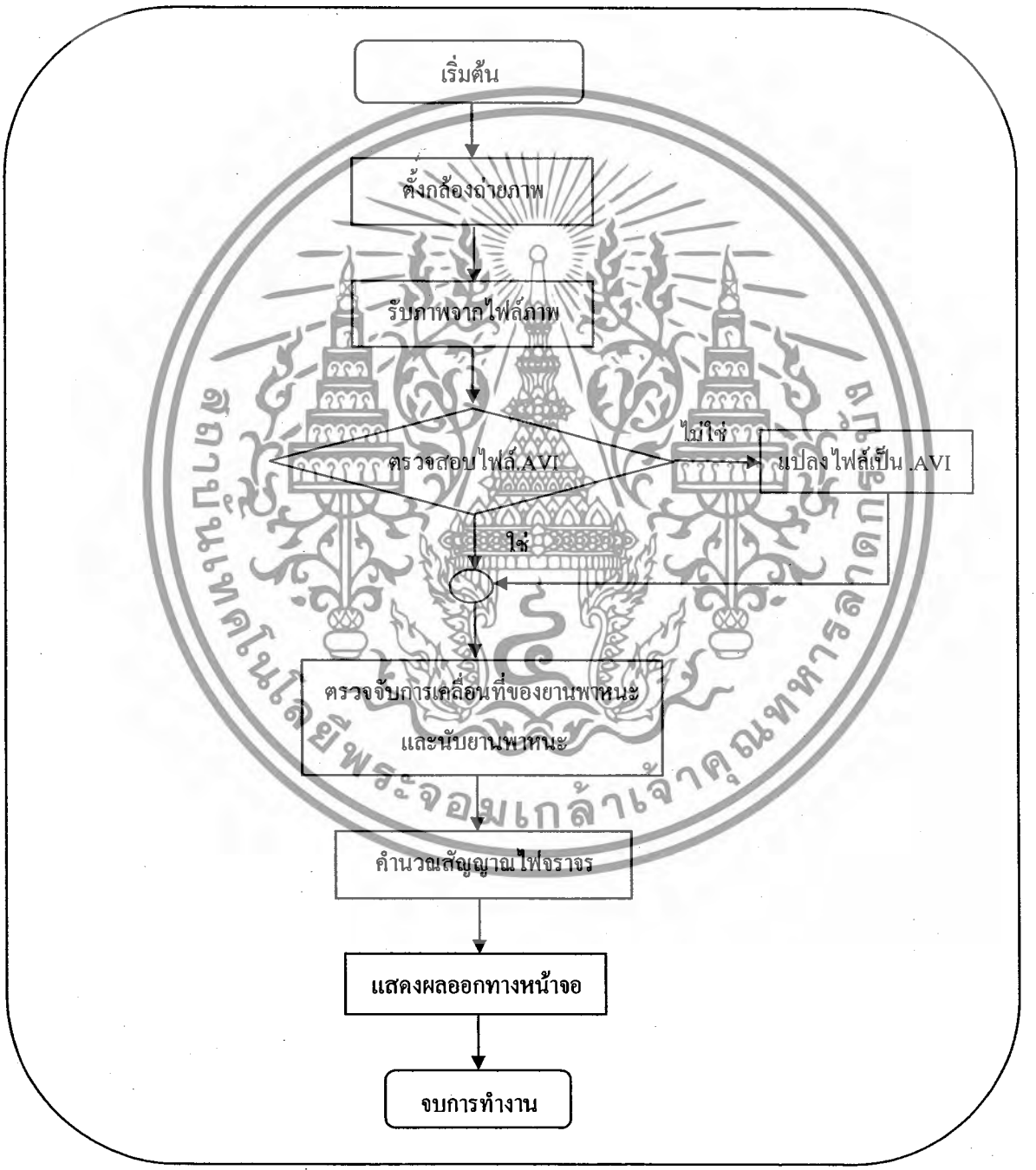
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการพัฒนา

3.1 ภาพรวมการทำงานของโครงงาน

สามารถเขียนเป็น Flowchart อธิบายได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก Flowchart ข้างต้นสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

1. ทำการตั้งกล้องจับยานพาหนะบริเวณก่อนเข้าทางแยกทั้งสี่แยก
2. นำไฟล์วีดีโอที่ได้มาแปลงเป็นไฟล์วีดีโอชนิด AVI และปรับขนาดไฟล์วีดีโอให้เท่ากับ 320*240
3. นำไฟล์วีดีโอที่เป็นชนิด AVI ขนาด 320*240 เข้าระบบตรวจจับยานพาหนะและทำการนับจำนวนยานพาหนะ
4. นำจำนวนยานพาหนะที่ได้จากระบบไปคำนวณหาสัญญาณไฟจราจร
5. แสดงผลจำนวนยานพาหนะและสัญญาณไฟจราจรออกทางหน้าจอ

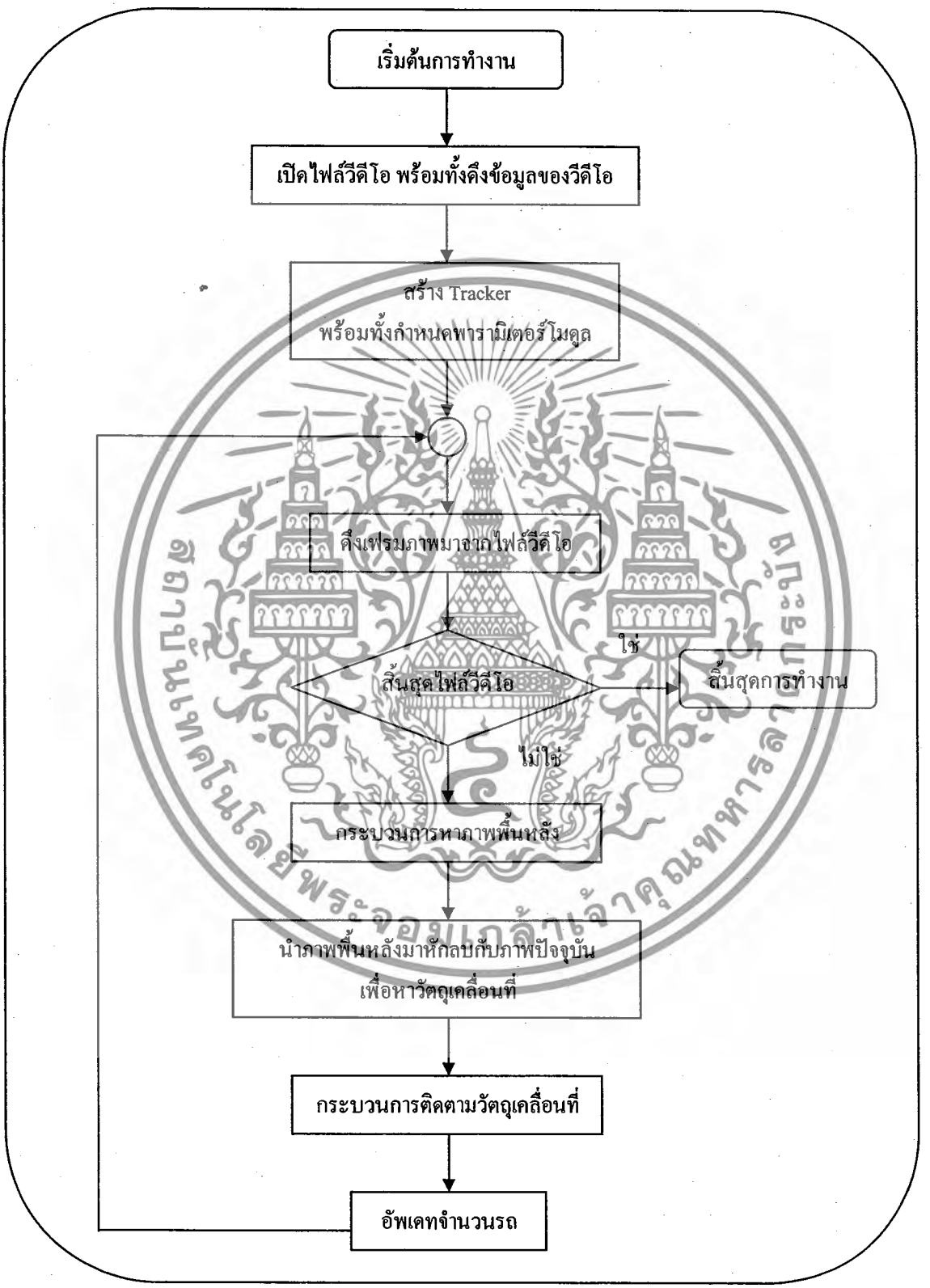
3.1.1 ข้อจำกัดในการถ่ายภาพวีดีโอ

1. กล้องจะถูกติดตั้งอยู่บนด้านบนของถนน เช่น บนสะพานลอย
2. กล้องจะทำมุมประมาณ 45 องศา กับพื้นถนน
3. เมื่อทำการถ่ายภาพกล้องจะ ไม่สามารถเคลื่อนไหวได้
4. วีดีโอที่ใช้ต้องเก็บภาพในเวลากลางวัน
5. ภาพที่ได้ต้องเป็นภาพที่ต่อเนื่อง ที่ได้จากกล้องวีดีโอหรือจากไฟล์วีดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนของการนำภาพวีดีโอมาตรวจจับยานพาหนะ

ในส่วนของการตรวจจับยานพาหนะสามารถเขียนเป็น Flowchart อธิบายได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการตรวจจับและนับจำนวนยานพาหนะ

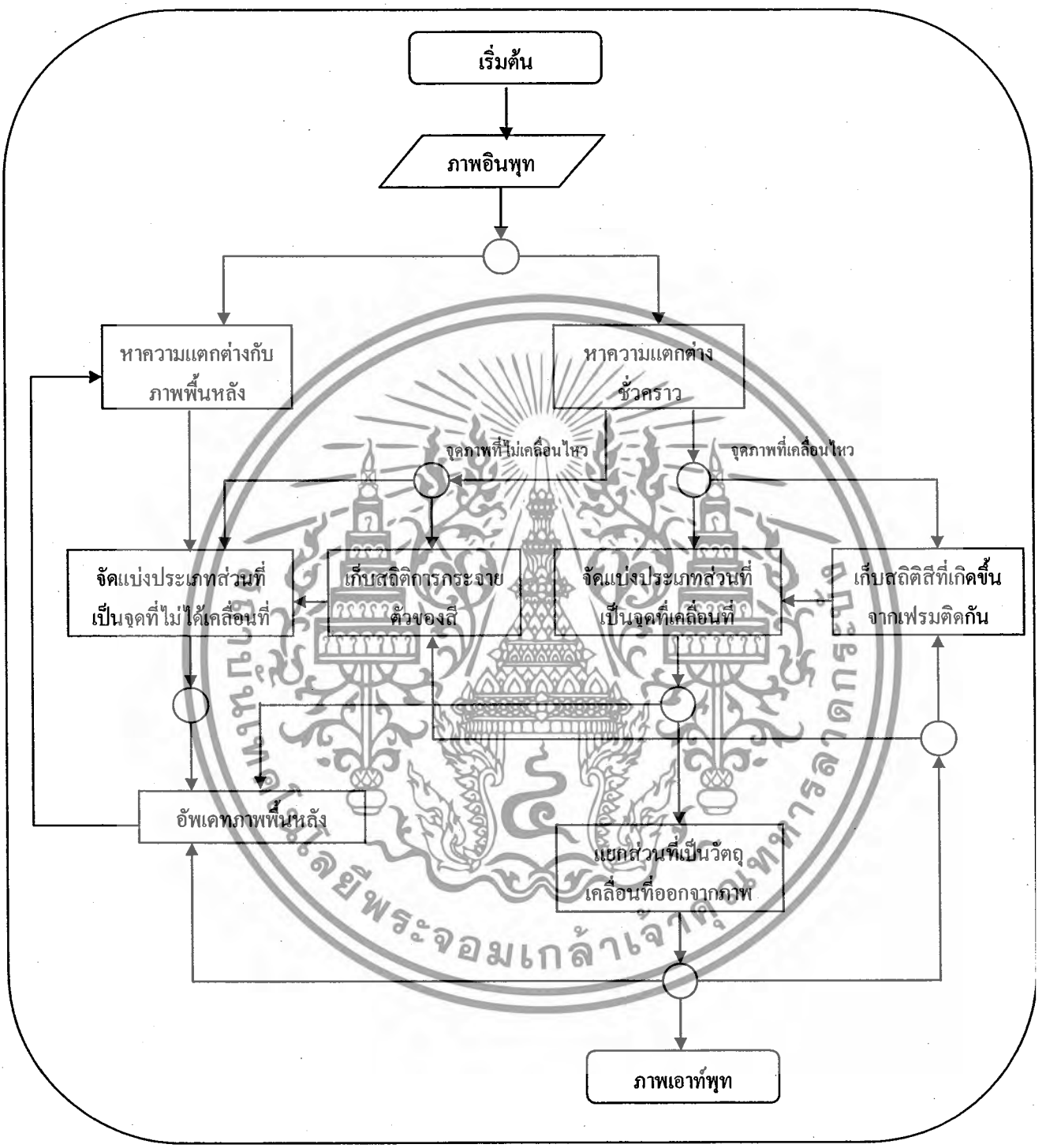
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของการนำภาพวีดีโอมาตรวจจับยานพาหนะ ขั้นตอนดังนี้

1. **ทำการเปิดไฟล์ภาพวีดีโอที่ถ่ายมาเก็บไว้ในตัวแปรหนึ่งพร้อมกับดึงคุณลักษณะของไฟล์ภาพวีดีโอมาใช้ทั้งความกว้างและความยาวของวีดีโอเพื่อใช้ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรภาพที่จะนำมาประมวลผลต่อไปและจำนวนเฟรมภาพทั้งหมดในวีดีโอนั้นเพื่อนำค่าไปใช่ในการวนลูป**
2. **สร้าง Tracker เพื่อใช้ในการตรวจนับจำนวนและติดตามรถ พร้อมทั้งกำหนดโมดูลและพารามิเตอร์ให้โปรแกรมทำงาน**
3. เข้าลูปเพื่อประมวลผลภาพตามลำดับเฟรม โดยทำการคัดลอกเฟรมจากไฟล์วีดีโอมาลงตัวแปรที่ประกาศไว้ก่อนหน้านี้ แต่ถ้าประมวลผลภาพครบหมดทั้งไฟล์วีดีโอแล้วให้จบการทำงานส่วนนี้ แล้วส่งค่าให้ส่วนถัดไป
4. เข้าสู่กระบวนการหาภาพพื้นหลังโดยใช้ค่าสถิติที่เก็บสะสมไว้
5. นำภาพเฟรมปัจจุบันมาลบกับภาพพื้นหลังเพื่อหาวัตถุเคลื่อนที่
6. เข้าสู่กระบวนการติดตามวัตถุเคลื่อนที่
7. อัพเดทจำนวนรถแล้วส่งค่าให้ส่วนคำนวณสัญญาณไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 กระบวนการหาภาพพื้นหลังและหาส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่

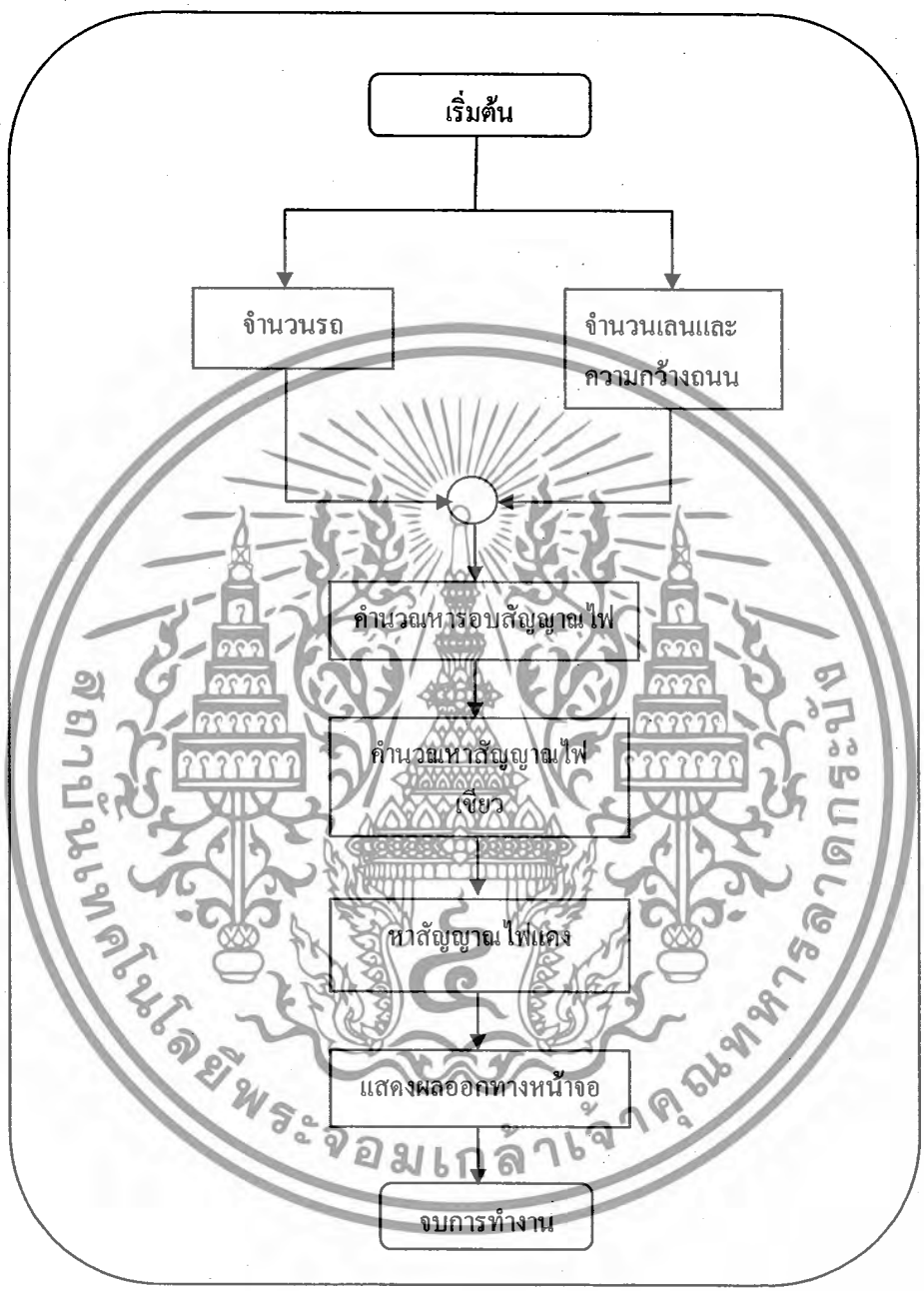


รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการหาภาพพื้นหลังและหาส่วนที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การคำนวณสัญญาณไฟจราจร

ในส่วนของการคำนวณสัญญาณไฟสามารถเขียนเป็น Flowchart อธิบายได้ดังรูปที่ 3.3



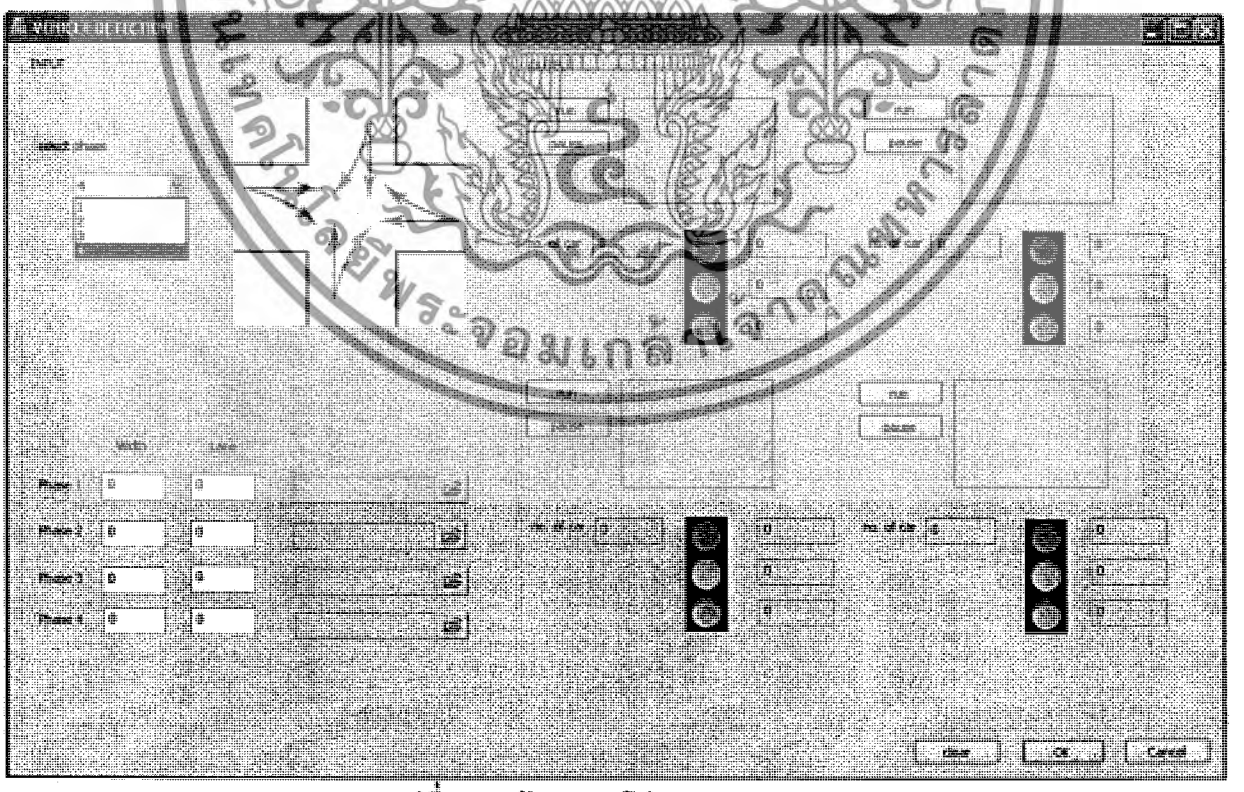
รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาสัญญาณไฟจราจร

จาก Flowchart เมื่อได้จำนวนรถจากการตรวจจับยานพาหนะนำจำนวนรถที่นับได้ไปใช้คำนวณหาสัญญาณไฟจราจรโดยใช้วิธีของ WEBSTER (1966) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำการใส่ค่าความกว้างถนน (Width) และจำนวนเลน (Lane) เพื่อจะไปคำนวณหา ปริมาณการจราจร (q_i) / ปริมาณการจราจรอิ่มตัว (S_i) ของแต่ละจังหวะ i (Y_i)
2. หารอบสัญญาณไฟจากสูตร $C_o = \frac{1.5L+5}{1-\sum Y_i}$ โดยระยะเวลาที่สูญเสียต่อรอบสัญญาณไฟ กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 2 วินาทีและ ระยะเวลา Inter-green กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 4 นาที
3. นำรอบสัญญาณไฟที่ได้ไปหาสัญญาณไฟเขียวจากสูตร $G_i = \frac{Y_i}{Y}(C_o - L) + l_i$ โดยระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ได้จะเป็นระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวที่รวมกับระยะเวลาสัญญาณไฟเหลือง
4. หาระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวโดยการนำระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวที่ได้จากข้อที่แล้วลบกับระยะสัญญาณไฟเหลือง กำหนดให้สัญญาณไฟเหลืองมีระยะเวลา 3 วินาที
5. ทำการหาสัญญาณไฟแดง โดยสัญญาณไฟแดงหาได้จากระยะเวลาของไฟเขียวรวมกับระยะเวลา Inter-green ของจังหวะที่เหลือรวมกัน

3.4 ภาพหน้าจอโปรแกรมระบบตรวจจับยานพาหนะ



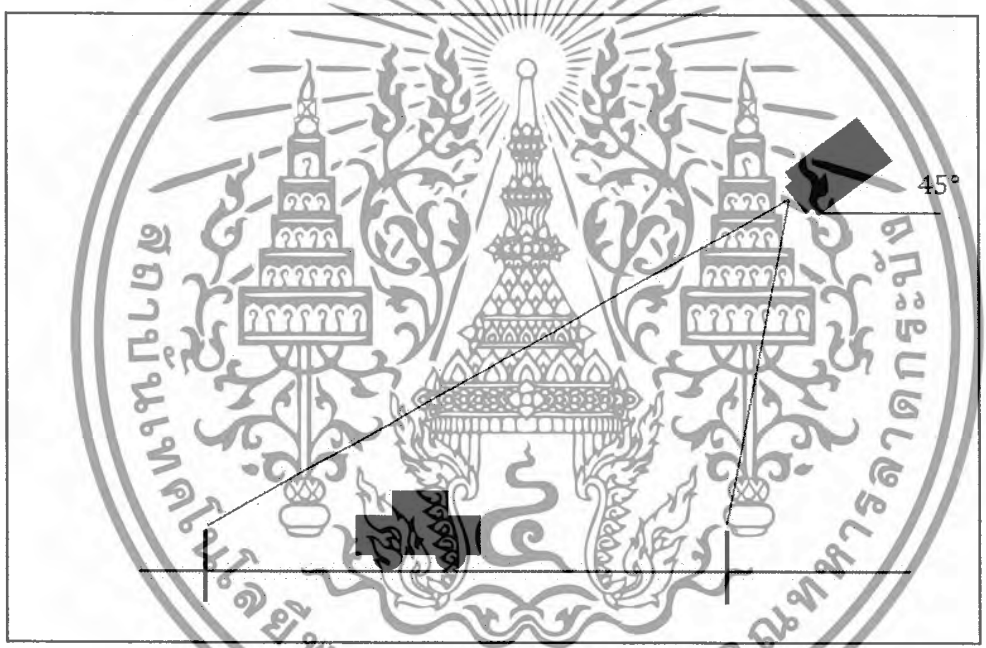
รูปที่ 3.5 หน้าจอของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองนี้ทำเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบ (แอพพลิเคชัน) ในการวิเคราะห์สภาพจราจรจากการตรวจนับจำนวนของยานพาหนะจะทำการทดสอบกับภาพถ่ายวีดีโอจราจรบนท้องถนนจริงโดยการถ่ายภาพจะถ่ายจากมุมบนสูงจากสะพานลอยทำมุมกด 45 องศาดังรูปที่ 4.1 การทดลองนี้จะใช้ไฟล์วีดีโอที่เป็น .AVI มีความยาววีดีโอ 5 นาทีขนาด 320*240 พิกเซลในการทดสอบ สเปกเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองคือ CPU 1.83 GHz, Ram 2GB, 100 HDD Window XP



รูปที่ 4.1 การถ่ายภาพวีดีโอจากมุมสูง

4.1 การทดลองจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองดังนี้

4.1.1 การทดลองที่ 1

เป็นการทดลองการนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนมอเตอร์เวย์ (Motorway) โดยจะเป็นการทดสอบการนับจำนวนยานพาหนะเปรียบเทียบระหว่างการนับยานพาหนะด้วยระบบกับการนับยานพาหนะด้วยสายคนและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะของระบบเทียบกับการจำนวนยานพาหนะด้วยสายตาคนนับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองนี้จะใช้ไฟล์วีดีโอทั้งหมด 4 วีดีโอ ทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งเป็นเวลาวีดีโอละ 5 นาที โดยกล้องถ่ายวีดีโอสูงจากระดับพื้น 7 เมตร (สะพานลอย 5.5 เมตร ขาตั้งกล้องสูง 1.5 เมตร)

รูปที่ 4.2 การนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนมอเตอร์เวย์

4.1.1.1 ทดลองวีดีโอที่ 1

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนมอเตอร์เวย์ ของวีดีโอที่ 1

วีดีโอที่ 1 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ: ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
1	454	502	10.57
2	433	462	6.69
3	413	441	6.78

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 8.01%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ทดลองวีดีโอที่ 2

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนมอเตอร์เวย์ของวีดีโอที่ 2

วีดีโอที่ 2 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	373	401	7.51
2	393	431	9.66
3	434	459	5.76

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 7.64%

4.1.1.3 ทดลองวีดีโอที่ 3

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนมอเตอร์เวย์ของวีดีโอที่ 3

วีดีโอที่ 3 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	374	399	6.68
2	375	408	8.80
3	371	391	5.39

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 6.96%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.4 ทดลองวีดีโอที่ 4

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนมอเตอร์เวย์ของวีดีโอที่ 4

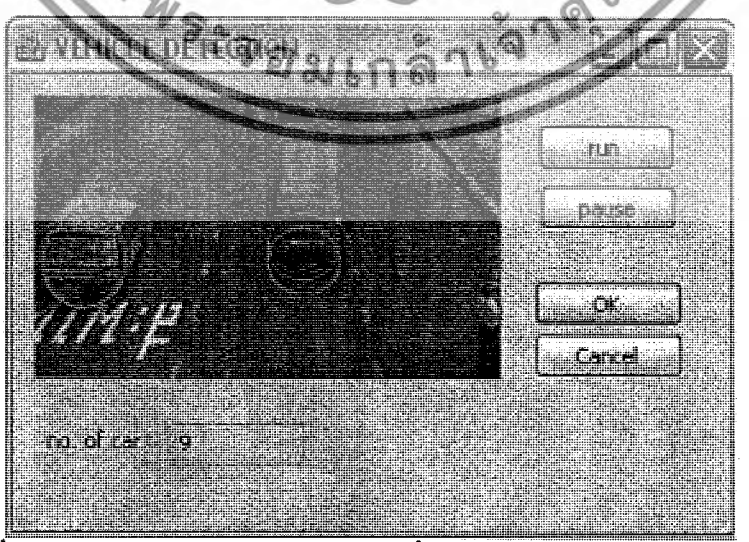
วีดีโอที่ 4 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	342	373	9.06
2	356	391	9.83
3	370	392	5.95

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 8.28%

4.1.2 การทดลองที่ 2

เป็นการทดลองการนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนเข้าทางแยก โดยจะเป็นการทดสอบการนับจำนวนยานพาหนะเปรียบเทียบระหว่างการนับยานพาหนะด้วยระบบกับการนับยานพาหนะด้วยสายคนและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะของระบบเทียบกับการจำนวนยานพาหนะด้วยสายตาคนนับ

การทดลองนี้จะใช้ไฟล์วีดีโอทั้งหมด 4 วีดีโอ ทดสอบทั้งหมด 3 ครั้งเป็นเวลาวีดีโอละ 5 นาที โดยกล้องถ่ายวีดีโอสูงจากระดับพื้น 6.5 เมตร (สะพานลอย 5 เมตร ขาตั้งกล้องสูง 1.5 เมตร)



รูปที่ 4.3 การนับจำนวนของยานพาหนะที่บริเวณถนนเข้าทางแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 ทดลองวีดีโอที่ 1

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยกของวีดีโอที่ 1

วีดีโอที่ 1 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	302	267	13.11
2	281	244	15.16
3	257	228	12.72

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 13.66%

4.1.2.2 ทดลองวีดีโอที่ 2

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยกของวีดีโอที่ 2

วีดีโอที่ 2 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	177	151	17.22
2	162	137	18.25
3	179	156	14.74

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 16.74%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ทดลองวีดีโอที่ 3

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยกของวีดีโอที่ 3

วีดีโอที่ 3 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	224	198	13.13
2	243	218	11.47
3	285	243	17.28

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 13.96%

4.1.2.4 ทดลองวีดีโอที่ 4

ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวนยานพาหนะและเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของถนนบริเวณทางเข้าทางแยกของวีดีโอที่ 4

วีดีโอที่ 4 / ครั้งที่	จำนวนยานพาหนะ		เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
	ตรวจนับด้วยแอพพลิเคชัน (คัน)	ตรวจนับด้วยสายตาคน (คัน)	
1	201	178	12.92
2	184	159	15.72
3	194	169	14.79

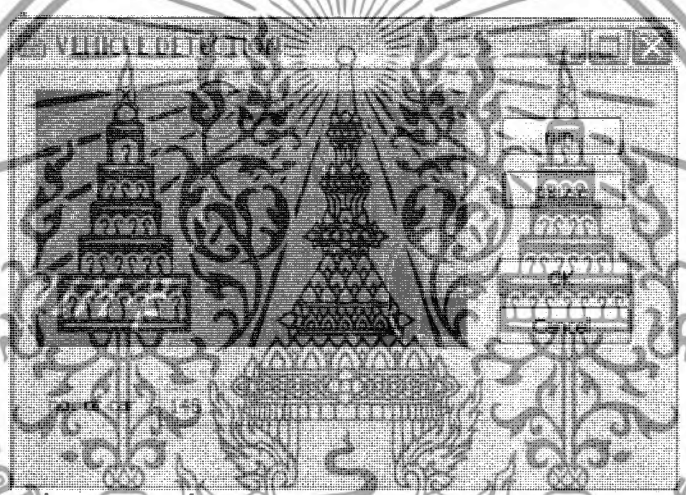
เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ย 14.47%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองที่ 1 และ 2 จะพบว่าการทดลองที่ 2 จะมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะเฉลี่ยสูงกว่าการทดลองที่ 1 สาเหตุที่ทำให้การทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะเฉลี่ยสูงคือ

1. อาจเนื่องมาจากการทดลองที่ 2 มีสิ่งรบกวนที่มาจากสภาพแวดล้อมรอบข้างเช่น คน หรือสุนัขวิ่งข้ามถนน รถหยุด แสดงดังรูปที่ 4.4 สาเหตุต่างๆเหล่านี้ทำให้ระบบเกิดการนับจำนวนยานพาหนะผิดพลาดกล่าวคือ เมื่อมีคนหรือสุนัขวิ่งผ่าน ระบบจะทำการจับสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นด้วยทำให้จำนวนของยานพาหนะผิดไปจากความเป็นจริง
2. เกิดจากยานพาหนะในการทดลองที่ 2 วิ่งด้วยความเร็วต่ำกว่าการทดลองที่ 1 ทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการหาพื้นหลังส่งผลให้เกิดการผิดพลาดในการนับจำนวนยานพาหนะ



รูปที่ 4.4 สาเหตุที่ทำให้การนับยานพาหนะของระบบผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

5.1 บทสรุป

โครงงานนี้ได้นำเสนอระบบการตรวจจับยานพาหนะจากภาพวีดีโอ โดยเริ่มจากการนำภาพวีดีโอมาผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเพื่อแยกส่วนที่เป็นยานพาหนะออกมานับจำนวน แล้วจึงนำข้อมูลนั้นมาคำนวณหาเวลาสัญญาณไฟจราจร ทั้งนี้เพื่อที่จะทำให้สัญญาณไฟจราจรสามารถปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความหนาแน่นของจราจรที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาแทนที่จะใช้ระบบสัญญาณไฟแบบเดิมๆที่ใช้คนในการควบคุมหรือมีการกำหนดสัญญาณไฟไว้ล่วงหน้าแบบคงที่ โดยหากที่แยกใดๆมีปริมาณการจราจรคับคั่งระบบก็จะทำการปรับระยะเวลาสัญญาณไฟให้นานขึ้นเพื่อรองรับการจราจร แต่หากแยกใดมียานพาหนะในปริมาณที่น้อยก็ปรับระยะเวลาสัญญาณไฟให้สั้นลง

เนื่องจากระบบการตรวจจับยานพาหนะนั้น ก็มีข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานแตกต่างกันไป จึงได้ทำการทดลอง และสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากการทดลองพบว่าในการนับจำนวนยานพาหนะของระบบเมื่อเทียบกับการนับด้วยสายตาของคนพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่เมื่อมาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างบริเวณถนนที่ได้ไปทำการทดลองจะพบว่า ณ บริเวณทางด่วนที่ไม่มีสิ่งรบกวนจากสภาพแวดล้อม ไม่ว่าจากมนุษย์ หรือสัตว์ สามารถทำการตรวจจับยานพาหนะได้ถูกต้องและครบถ้วนกว่าบริเวณที่มีสิ่งเข้ามารบกวน เพราะเนื่องจาก ณ บริเวณทางด่วนที่ไม่มีสิ่งรบกวน การเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ กล่าวคือ ไม่มีการหยุดหรือจอดซึ่งต่างกับบริเวณบริเวณที่มีสิ่งรบกวน ระบบจะทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ทุกอย่างที่เคลื่อนที่ทำให้จำนวนยานพาหนะที่นับได้จากระบบคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงเล็กน้อย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากในการถ่ายภาพวีดีโอจริงเราไม่สามารถนำกล้องวีดีโอไปติดตามเสาหรือที่ที่ไม่มีสิ่งมารบกวนได้ดังนั้นในการถ่ายภาพวีดีโอจึงต้องไปถ่ายที่สะพานลอยตามแยกต่างๆทำให้ในบางครั้งภาพวีดีโอที่ถ่ายได้ออกมานั้นมีสิ่งรบกวนเนื่องจากบริเวณก่อนถึงสะพานลอยส่วนใหญ่จะเป็นป้ายรถเมล์มีการหยุดรับส่งผู้โดยสารเป็นประจำหรือมีช่องทางการกลับรถก่อนถึงทางแยก สาเหตุเหล่านี้ทำให้การตรวจจับยานพาหนะเกิดข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนาต่อ

จากการพัฒนาโครงงาน และการทดลองที่ได้นำเสนอไปแล้วนั้น พบว่ายังมีข้อบกพร่องที่รอการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ผลที่แม่นยำ และสามารถนำไปปรับใช้งานกับสภาพแวดล้อมได้จริง ดังนี้

1. จากการสังเกตขณะทำการทดลอง พบว่าเมื่อมีรถใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นรถโดยสาร หรือรถบรรทุกวิ่งผ่านเข้ามาในเฟรมภาพ จะทำให้ส่วนในการเรียนรู้และจดจำภาพพื้นหลังเกิดข้อผิดพลาด ซึ่งถ้าสามารถแก้ปัญหานี้ได้ก็จะสามารถนำระบบไปใช้ในสภาพแวดล้อมจริงได้โดยมีข้อผิดพลาดที่น้อยลง
2. การนำระบบนี้ไปประยุกต์ใช้จริงตามแยก ควรจะมีการทำงานเป็นจังหวะที่สอดคล้องกัน อย่างเช่น เมื่อทางแยกใดๆที่อยู่ในช่วงไฟแดงก็ควรจะหยุดการทำงานของส่วนตรวจจับยานพาหนะ และส่วนของการเรียนรู้จดจำภาพพื้นหลังไว้ชั่วคราว เพื่อให้ได้จำนวนยานพาหนะที่ถูกต้อง มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จตุรพิธ เกราะแก้ว. 2550. "ระบบควบคุมไฟจราจรชาญฉลาดด้วยเอเจนต์." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชวเลข วณิชเวทิน. 2531. "การควบคุมการจราจร ณ บริเวณทางแยก." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวภัค เอื้ออนันต์. 2545. "**Image Segmentation.**" ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. 2548. **School of Graduate Studies, RMUTT; Prospectus 2005.** [Online]. Available : http://web.en.rmutt.ac.th/cp/Project/p_27/chapter2.htm

พูลศักดิ์ โกษียาภรณ์ และณัฐพล จะสูงเนิน. 2550. การประมวลผลภาพด้วย **OpenCV** สำหรับ **Visual C++.** [Online]. Available : http://mail.fibo.kmutt.ac.th/~poolsak/pam/DIP/OpenCVPart1.pdf

ยอดพล ธนาบริบูรณ์. 2524. "การออกแบบสัญญาณไฟจราจร." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมจราจรภาควิชาวิศวกรรมโยธา, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี.

วิโรจน์ รุโจปการ. 2532. "การจัดการการจราจร." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ วั่นเซ่ง. 2546. "ผลกระทบที่มีผลต่อความจุทางแยกสัญญาณไฟเนื่องจากลักษณะทางเรขาคณิตและประเภทของยานพาหนะ." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา(การขนส่ง) คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อนุกัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา และบุญสม เลิศหิรัญวงศ์. 2524. "การออกแบบทางแยกสัญญาณไฟ." วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

DREW, D.R. 1986. **"Traffic Flow Theory and Control."** McGraw-Hill.

Friedman, N. and Russell, S. 1997. **"Image segmentation in video sequences: a probabilistic approach."** Proc. 13th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence, Providence, USA.

HOBBS, F.D. 1974. **"Traffic Planning and Engineering."** 1st Edition. : Pergamon Press

Intel Corporation. 1999-2001. **Open Source Computer Vision Library.** [Online]. Available : http://developer.intel.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Liyuan Li, Irene Y.H.Gu and Qi Tian. 2003. **"Foreground Object Detection from Video Containing Complex Background."** Institute for Infocomm Research and Chaimers University of Technology.

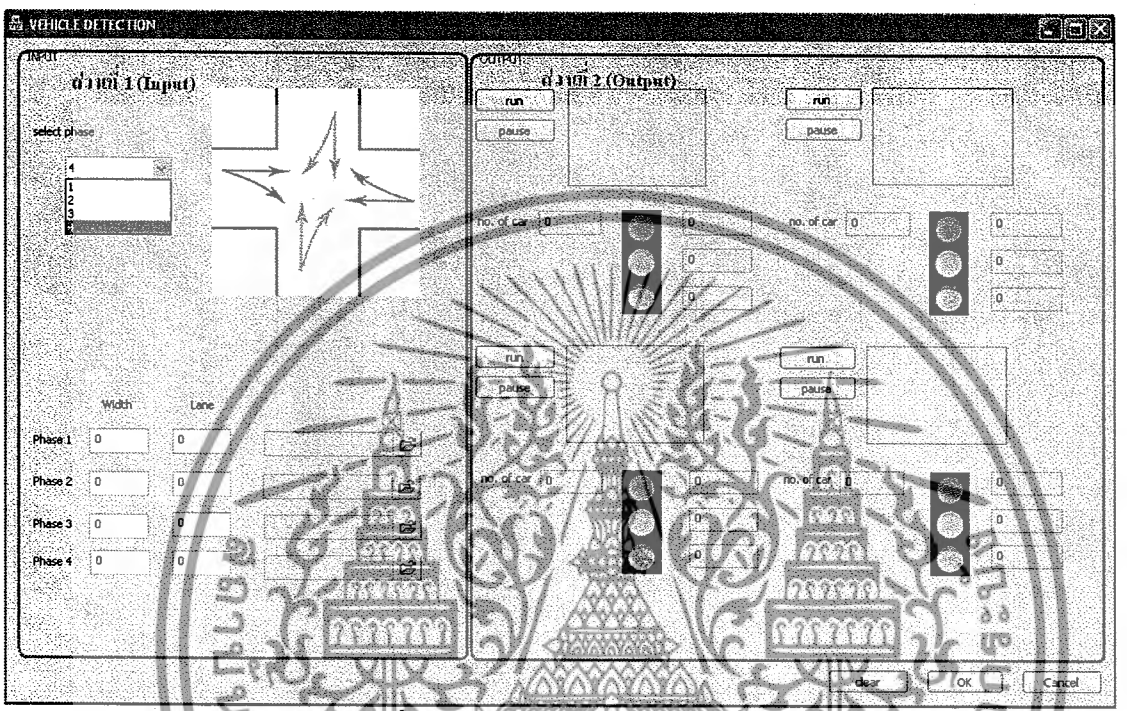
Sen-Ching, S. Cheung and Chandrika Kama. **"Robust techniques for background subtraction in urban traffic video."** Center for Applied Scientific Computing Lawrence Livermore National Laboratory 7000 East Avenue, Livermore, CA 94550.

Xiao-jun Tan, Jun Li and Chunlu Liu. 2007. **"A video-based real-time vehicle detection method by classified background learning."** Sun Yat-sen University, Guangzhou, People's Republic of China Deakin University, Geelong, Australia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งานแอพพลิเคชั่น

ส่วนประกอบแอพพลิเคชั่น



รูปที่ ก.1 หน้าหลักของแอพพลิเคชั่น

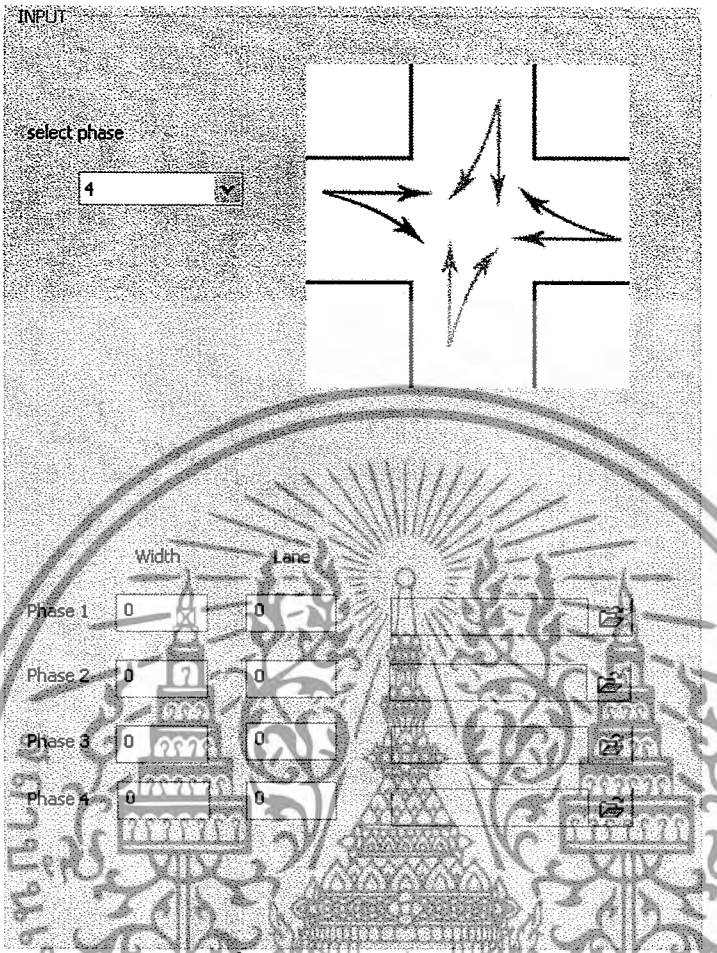
โดยในหน้าหลักของแอพพลิเคชั่นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน

ส่วนที่ 1 คือ อินพุท (Input)

ส่วนที่ 2 คือ เอาท์พุท (Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 1 อินพุท



รูปที่ ก.2 ส่วนอินพุท (Input)

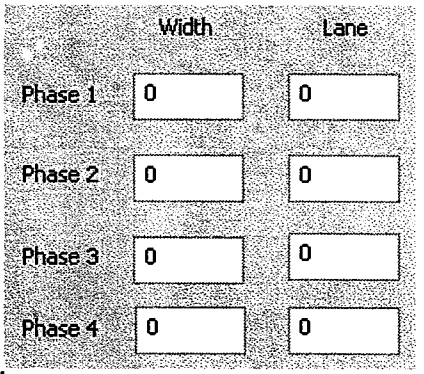
ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับเลือกรูปแบบของจังหวะที่ต้องการ และป้อนข้อมูลต่างๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณให้กับโปรแกรมดังนี้

1. Combo Box สำหรับเลือกรูปแบบของจังหวะ

รูปที่ ก.3 Combo Box สำหรับเลือกรูปแบบของจังหวะ

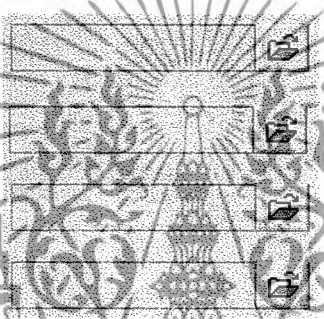
2. ส่วนป้อนข้อมูลความกว้างของถนน และจำนวนเลนของแต่ละจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

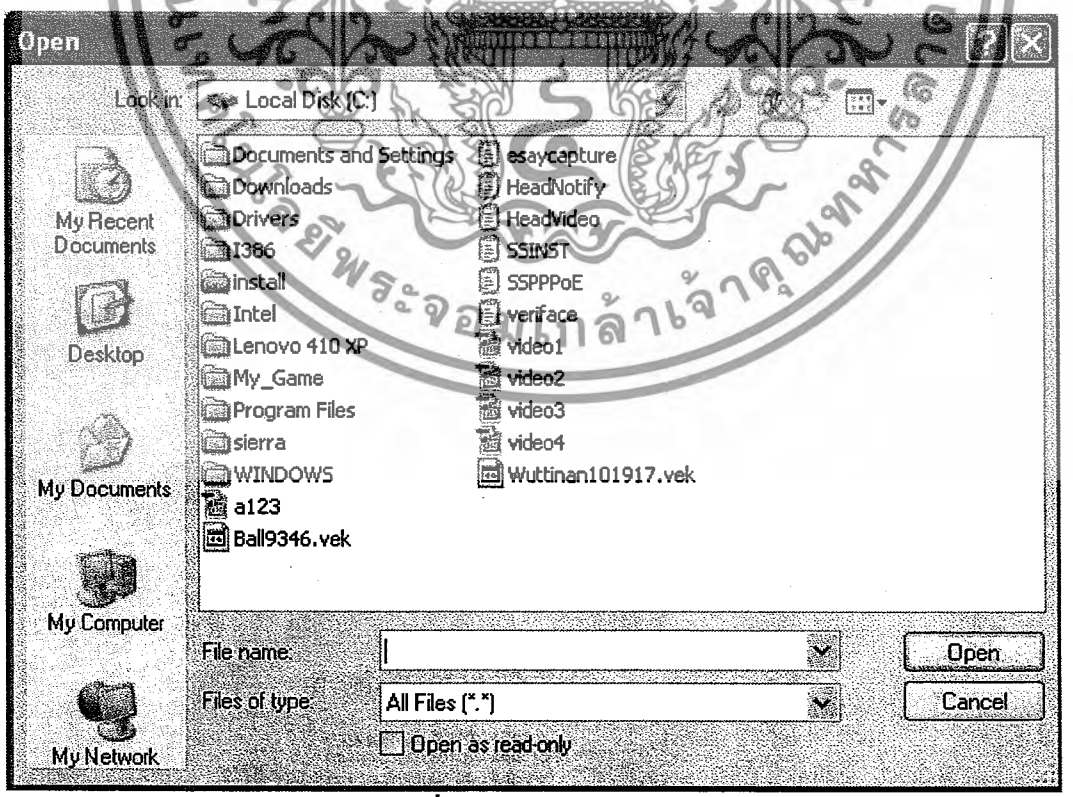


รูปที่ ก.4 ส่วนป้อนข้อมูลค่า Width และ Lane

3. ส่วนเลือกไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล



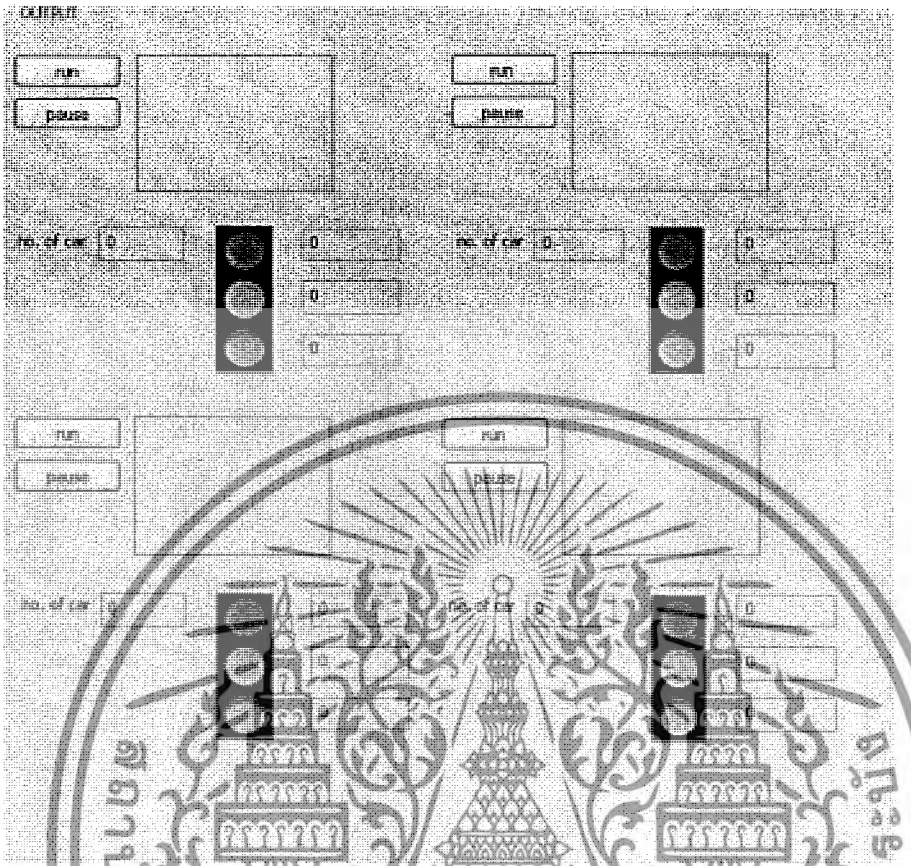
รูปที่ ก.5 ส่วนเลือกไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล



รูปที่ ก.6 การเปิดไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

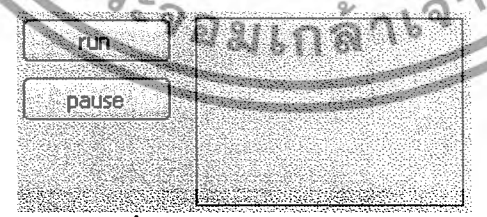
ส่วนที่ 2 เอาท์พุท



รูปที่ ก.7 เอาท์พุท

ในส่วนเอาท์พุทนี้ใช้สำหรับการแสดงภาพจากไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล และผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากการประมวลผลจากวิดีโอ ดังนี้

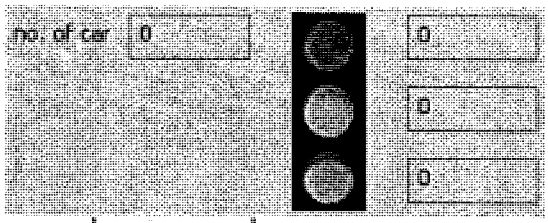
1. แสดงภาพจากไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล



รูปที่ ก.8 ภาพจากไฟล์วิดีโอ

2. **แสดงผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากการประมวลผล ดังนี้**
   - 2.1 **แสดงจำนวนรถที่นับได้จากไฟล์วิดีโอที่นำมาประมวลผล (no. of car)**
   - 2.2 **แสดงระยะเวลาของไฟเขียว ไฟเหลือง และไฟแดง**

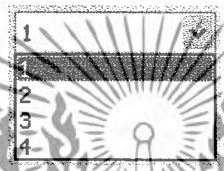
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

การใช้งานแอพพลิเคชั่น

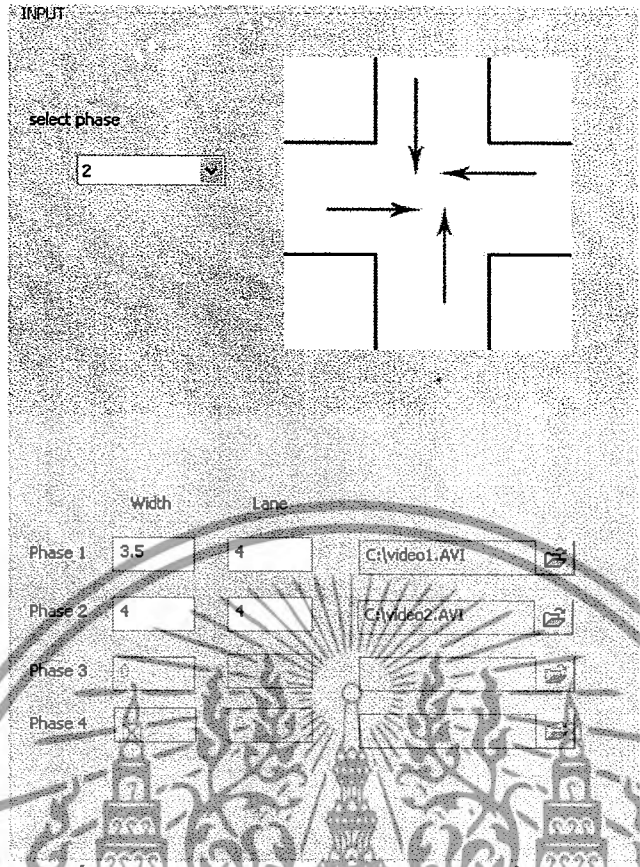
1. ทำการเลือกจำนวนจังหวะจากส่วนของ Combo Box โดยสามารถเลือกได้ตั้งแต่ 1 ถึง 4 จังหวะ



รูปที่ ก.10 การเลือกจำนวนจังหวะจาก Combo Box

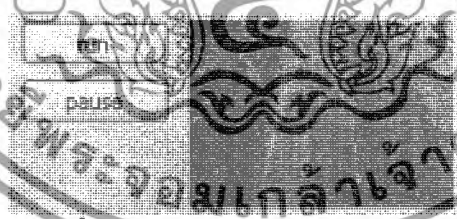
2. ป้อนข้อมูลในส่วนของค่าความกว้างถนน จำนวนเลนและเลือกไฟล์วิดีโอที่ต้องการนำมาประมวลผล ตามจำนวนจังหวะที่ได้เลือกไว้ในขั้นตอนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.11 ทำการป้อนข้อมูลและเลือกไฟล์ที่ต้องการ

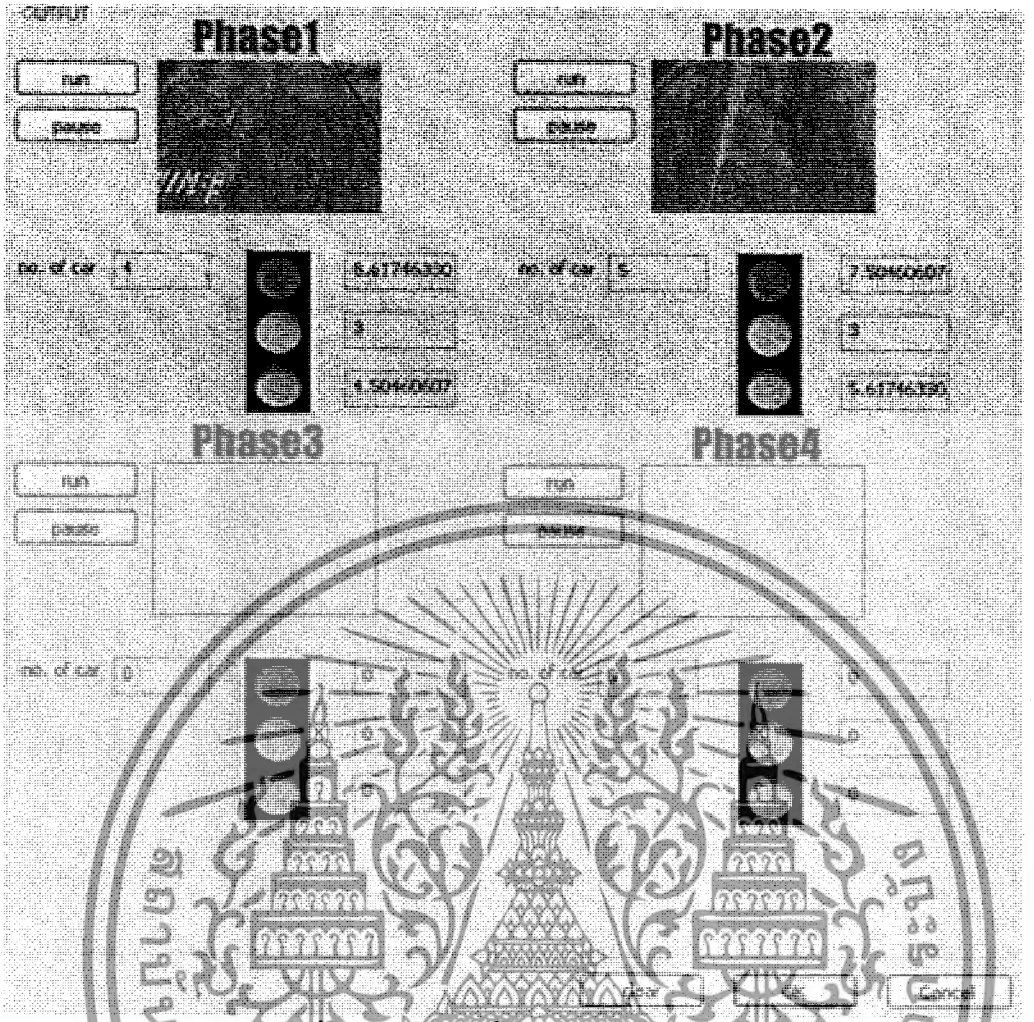
3. ในส่วนเอาท์พุทกดปุ่มรัน run เพื่อทำการประมวลผลวิดีโอแต่ละไฟล์และสามารถกดปุ่มพอส pause เพื่อทำการหยุดเล่นวิดีโอได้



รูปที่ ก.12 การประมวลผลไฟล์วิดีโอ

4. **เมื่อไฟล์วิดีโอประมวลผลจนเสร็จ กดปุ่มโอเค OK โปรแกรมจะคำนวณค่าระยะเวลาของไฟเขียว ไฟเหลือง ไฟแดง และแสดงจำนวนรถที่นับได้ทั้งหมดจากไฟล์วิดีโอแต่ละไฟล์**

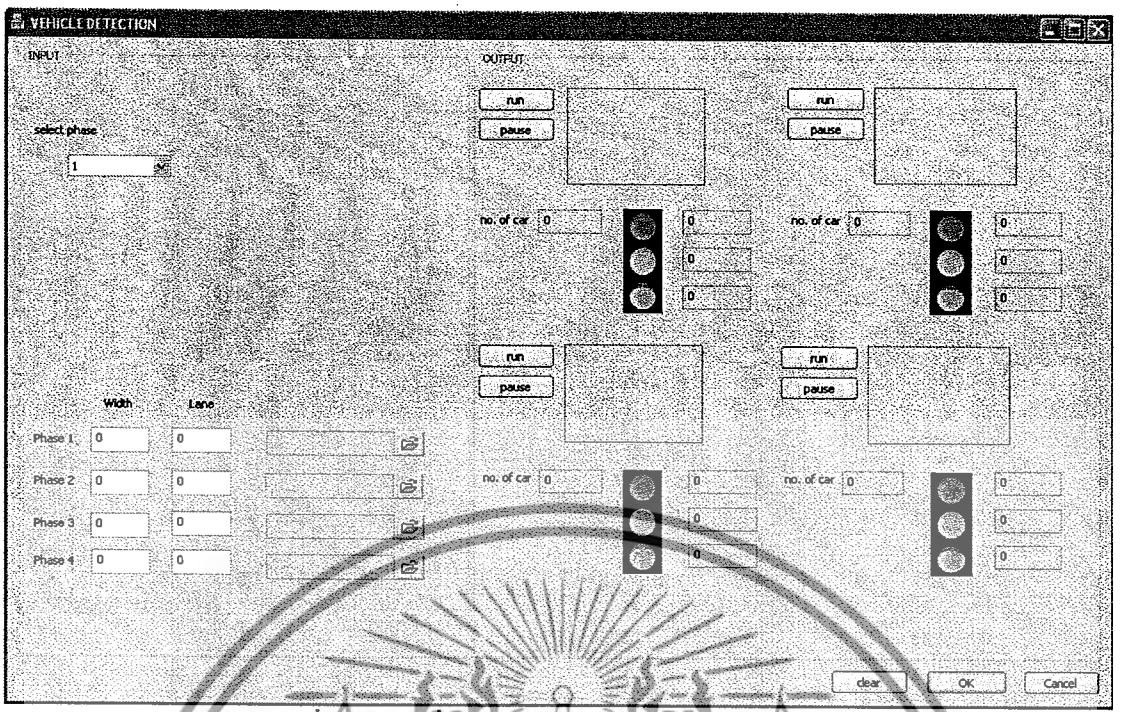
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

5. หากต้องการทำการประมวลผลใหม่ หรือเปลี่ยนรูปแบบของจังหวะสามารถกดปุ่มเคลียร์ clear เพื่อทำการรีเซ็ท (Reset) ค่าต่างๆกลับไปเริ่มต้นใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.14 ผลที่ได้จากการกดปุ่มเคลียร์ (Clear)

6. กดปุ่มแคนเซิล Cancel เพื่อออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้