สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กรณีศึกษา : การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง

A CASE STUDY: A SIGNAL TIMING CONTROL FOR TRAFFIC LIGHT IN REAL-TIME

T146492

โดย

ภาวัต โชติสุภาพณ

PHAWAT CHOTESUPHAPONE

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ

วพ. ภ476ก 2558

b.00264130

.b.1284245x

.i.

สถหมู่.....
เลขทะเบียน 146492
วัน.เดือน.ปี 23 พ.ค. 2560

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาอิสระ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 25558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A CASE STUDY: A SIGNAL TIMING CONTROL FOR TRAFFIC LIGHT IN REAL-TIME

PHAWAT CHOTESUPHAPONE

A REPORT SUBMITTED IN PATRIAL FULFILLMENT OF THE

REQUIREMENTS OF THE COURSE

INDEPENDENT STUDY 2

MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2 / 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองการศึกษาอิสระ 2 (Independent Study 2)

เรื่อง

กรณีศึกษา : การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจร

A case study: A signal timing control for traffic light in real-time

นายภาวัต โชติสุภาพณ

รหัสประจำตัว 56606086

ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด

รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ

การศึกษาวิชาการศึกษาอิสระ 2 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ)

..... กรรมการสอบ

(รศ.ดร.โชติพันธ์ ภรณวลัย)

..... กรรมการสอบ

(รศ.ดร.อาริต ธรรมโน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	กรณีศึกษา : การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง
นักศึกษา	นายภาวัต โชติสุภาพณ
รหัสนักศึกษา	56606086
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขงวิชา	เทคโนโลยีเครือข่ายและระบบ
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ

บทคัดย่อ

จังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ไม่เหมาะสมกับสภาพการจราจร เป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยก กรณีศึกษานี้จึงมุ่งนำเสนอแนวคิดการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริงที่สามารถปรับเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้เป็นไปตามสภาพการจราจร ณ เวลาขณะนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร และทำการทดสอบแนวคิดด้วยแบบจำลองการจราจรโดยใช้ซอฟต์แวร์ Arena เวอร์ชั่น 14.7 เป็นเครื่องมือในการการสร้างแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลการจราจร ในกรณีศึกษานี้ได้จำลองสภาพการจราจรบริเวณทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย และใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของระบบได้แก่ จำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบ จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่อยู่ในระบบ เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย เวลาคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน และเวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน

ผลการจำลอง แสดงให้เห็นว่า การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริงมีการควบคุมที่ดีมากขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	A case study: A signal timing control for traffic light in real-time
Student	Mr. Phawat Chotesuphapone
Student ID.	56606086
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Major	Network and System Technology
Academic Year	2015
Advisor	Asst. Prof. Dr. Panwit Thuwanut

ABSTRACT

One of the main causes of traffic congestion is an untimely traffic signals in the poor traffic conditions. A case study aims to present a real-time traffic signal timing, which can change the signal timing depending on the current situation on the road, to improve the traffic signal management. The method involves using queuing theory to manage the timing of signals, and testing with the traffic simulation models created by Arena software version 14.7. The simulation contained the traffic condition in the network intersections. The system performance in the simulation was measured by observing the total number of cars in the system, the number of incoming and outgoing cars, the average waiting time of all cars in a queue, the average waiting time per car, and the average time of one car spending in the system.

Experimental results show that the real-time traffic signal timing have much better controls can provide much more efficient performance compared to the fixed-time traffic signal timing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของ ผศ.ดร.ปานวิทย์ ธุวะนุติ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งได้ให้คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และความช่วยเหลือในหลายสิ่งหลายอย่างจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดีผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คุณจิรัฏฐ์ ศรีหะนัลตที่ให้คำแนะนำและคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่มอบร่างกาย สติปัญญา ความรัก ความห่วงใย และสนับสนุนในทุก ๆ เรื่องที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำโครงงานพัฒนาระบบงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ประโยชน์อันพึงมีมาจากโครงงานนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่บุพการีและผู้มีพระคุณทุกท่าน

ภาวัต โชติสุภาพณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 แนวทางการศึกษา 2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา 2

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการพัฒนาระบบงาน

2.1 วิศวกรรมจราจร 4

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร 7

2.3 สัญญาณไฟจราจร 7

2.4 การจำลอง 14

2.5 โปรแกรมแบบจำลอง Arena 16

2.6 ทฤษฎีแถวคอย 18

2.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 22

บทที่ 3 การศึกษาและวิเคราะห์ระบบปัจจุบัน

3.1 การเลือกศึกษาทางแยก 24

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล 26

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล 48

บทที่ 4 แนวคิดและการรออกแบบระบบใหม่

4.1 แนวคิดระบบใหม่ 50

4.2 การออกแบบระบบใหม่ 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การทดสอบและเปรียบเทียบการทำงาน

5.1 การทดสอบการทำงานของระบบ 76

5.2 การวัดประสิทธิภาพการทำงาน 80

5.3 ผลการทดสอบ 81

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน 88

6.2 ผลการดำเนินงานของระบบ 88

6.3 ข้อเสนอแนะ 89

บรรณานุกรม 90

ประวัติผู้เขียน 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.1 ปริมาณจำนวนรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ 78

5.2 จำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เข้ามาในระบบและออกจากระบบ 81

5.3 จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ 82

5.4 เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน 82

5.5 เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน 83

5.6 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกลำสาลี 83

5.7 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกสวนสน 84

5.8 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกบางกะปิ 85

5.9 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถสามแยกบางกะปิ 86

5.10 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกแฮปปี้แลนด์ 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ความขัดแย้งของกระแสจราจรในรูปแบบต่าง ๆ 5

2.2 จุดตัดกระแสจราจร (Conflict Points) ที่บริเวณสามแยก 6

2.3 จุดตัดกระแสจราจร (Conflict Points) ที่บริเวณสี่แยก 6

2.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสจราจร 11

2.5 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 2 จังหวะ 11

2.6 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 3 จังหวะ 12

2.7 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 4 จังหวะ 12

2.8 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-ขั้นตอนเดียว 19

2.9 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว-หลายขั้นตอน 20

2.10 ระบบแถวคอยหลายแบบช่องทาง-ขั้นตอนเดียว 20

2.11 ระบบแถวคอยหลายแบบช่องทาง-หลายขั้นตอน 21

3.1 พื้นที่ศึกษาสัญญาณไฟจราจรทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย 24

3.2 ระดับปริมาณการจราจรและการเคลื่อนตัวของยานพาหนะ 25

3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมการจราจรของทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย 26

3.4 ลักษณะทางกายภาพของแยกลำสาลี 27

3.5 การจราจรในช่องเดินรถของถนนศรีนครินทร์ด้านที่มาจากทางแยกกรุงเทพกรีฑา 27

3.6 การจราจรในช่องเดินรถถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ 28

3.7 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน 29

3.8 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงด้านมาจากทางมหาวิทยาลัยรามคำแหง 29

3.9 ลักษณะทางกายภาพของแยกสวนสน 30

3.10 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี 30

3.11 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลี 31

3.12 การจราจรในช่องเดินรถของถนนพ่วงศิริตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกบางกะปิ 32

3.13 การจราจรในช่องเดินรถของถนนซอยรามคำแหง 60 32

3.14 ลักษณะทางกายภาพของแยกบางกะปิ 33

3.15 การจราจรในช่องเดินรถถนนนวมินทร์ 33

3.16 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกบางกะปิถึงสามแยกบางกะปิ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.17 การจราจรในช่องเดินรถถนนเสรีไทยด้านที่มาจากแยกนิด้า 35
3.18 การจราจรในช่องเดินรถถนนพ่วงศิริตั้งแต่แยกบางกะปิถึงแยกสวนสน 35
3.19 ลักษณะทางกายภาพของสามแยกบางกะปิ 36
3.20 การจราจรในช่องเดินรถถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี 36
3.21 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ 37
3.22 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกสามบางกะปิถึงแยกบางกะปิ 38
3.23 ลักษณะทางกายภาพของแยกแฮปปี้แลนด์ 38
3.24 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าว 39
3.25 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ 39
3.26 การจราจรในช่องเดินรถถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 40
3.27 ยานพาหนะอยู่ในแถวคอย 41
3.28 ตำแหน่งตู้ควบคุมและสัญญาณไฟจราจร 41
3.29 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกลำสาลีแบบ 4 จังหวะ 42
3.30 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกสวนสนแบบ 3 จังหวะ 44
3.31 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกบางกะปิแบบ 3 จังหวะ 45
3.32 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรสามแยกบางกะปิแบบ 3 จังหวะ 46
3.33 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกแฮปปี้แลนด์แบบ 3 จังหวะ 47
4.1 กระบวนการของยานพาหนะ 52
4.2 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ Q-Q 56
4.3 กระบวนการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ Q-Q 57
4.4 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB – Q 61
4.5 กระบวนการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB – Q 63
4.6 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB-QB 68
4.7 กระบวนการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB-QB 70
5.1 แบบจำลองการควบคุมการจราจร 77
5.2 แบบจำลองเส้นทางการจราจร 77
5.3 แบบจำลองการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.4 แบบจำลองการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบในเวลาจริง 79
5.5 แบบจำลองภาพกราฟิกเคลื่อนไหว 79
5.6 การตั้งค่าการทดสอบแบบจำลอง 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาการจราจรติดขัดส่วนมากมักเกิดขึ้นในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนที่มีความต้องการใช้พื้นที่ของถนนพร้อมกัน โดยส่วนใหญ่ปัญหาการติดขัดมักพบที่บริเวณทางแยก ที่กระแสการจราจรขัดแย้งกัน เช่น สามแยก สี่แยก หรือวงเวียน เป็นต้น การควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกจึงมีความสำคัญมาก เพราะมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบการจราจร

สัญญาณไฟจราจรเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในการจัดการการจราจรบริเวณทางแยก เพื่อเพิ่มปริมาณการไหลของยานพาหนะที่วิ่งผ่านทางแยกให้มีความคล่องตัว เพิ่มความปลอดภัยแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะและช่วยลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นบริเวณทางแยก โดยทั่วไปแล้วการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในประเทศไทย มักจะใช้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ ร่วมกับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร ในการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟแบบกำหนดเวลาคงที่จะทำการตั้งรอบเวลาสัญญาณไฟไว้ล่วงหน้า โดยการกำหนดสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงคงที่ในแต่ละรอบการทำงาน ซึ่งจะส่งผลดีต่อทางแยกที่ปริมาณการจราจรค่อนข้างที่จะคงที่เป็นระยะเวลานาน แต่พบว่ามักส่งผลเสียเมื่อปริมาณยานพาหนะลดลง หรือสภาพการจราจรมีความไม่สม่ำเสมอ ส่วนการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะขึ้นอยู่กับดุลพินิจ และประสบการณ์ของแต่ละคนไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอน การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการบริหารจัดการสภาพการจราจร การให้จังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ยาวหรือสั้นเกินไปจะส่งผลกระทบต่อกระแสจราจรในทิศทางอื่น ก่อให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกได้

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงมีความคิดที่จะพัฒนาระบบการควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้สามารถปรับเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบที่สอดคล้องกับปริมาณการจราจรจริง ณ เวลาขณะนั้น เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สภาพการจราจรมีความคล่องตัวมากขึ้นและลดความล่าช้าในการเดินทาง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรเกิดขึ้นเพื่อศึกษาวิธีการควบคุมจังหวะรอบเวลาไฟเขียวและไฟแดงให้สอดคล้องกับปริมาณยานพาหนะและสภาพเหตุการณ์การจราจรจริง ณ เวลาขณะนั้น โดยเน้นปรับปรุงระบบการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้สามารถปรับเปลี่ยนไปตามปริมาณการจราจรบนท้องถนน โดยมีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เพื่อศึกษาเทคนิควิธีการสร้างแบบจำลองมาประยุกต์ใช้สำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจร
2. เพื่อนำแนวคิดและออกแบบระบบการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เพื่อควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพ การให้บริการตอบสนองต่อสภาพการจราจร
4. เพื่อนำทฤษฎีแถวคอยมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาการจราจร ลดความล่าช้าและลดปริมาณแถวคอยของยานพาหนะ

1.3 แนวทางการศึกษา

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรมีขั้นตอนการศึกษา ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์การควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ในปัจจุบัน สังเกตการณ์ สัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร ผู้ขับขี่ และศึกษาจากเอกสารต่าง ๆ
2. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาแบบจำลองระบบควบคุมควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจร
4. ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ภาษาและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ
5. วิเคราะห์และออกแบบ แบบจำลองระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรใหม่
6. พัฒนาแบบจำลองตามที่ได้วิเคราะห์และออกแบบไว้
7. ทดสอบระบบเพื่อหาข้อผิดพลาดและแก้ไขข้อผิดพลาด
8. สรุปผลการพัฒนาระบบและจัดทำเอกสารประกอบ

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรเป็นการศึกษาโดยใช้เทคนิคแบบจำลองสถานการณ์ ผู้พัฒนาระบบจึงได้กำหนดลักษณะของระบบซึ่งมีขอบเขตของการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่พัฒนาขึ้นเป็นการจำลองสถานการณ์การจราจร
2. ทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย
3. แบบจำลองพัฒนาจากโปรแกรม Arena เวอร์ชั่น 14.7
4. ยานพาหนะในแบบจำลองเฉพาะรถยนต์ 4 ล้อเท่านั้น
5. รถยนต์สามารถเปลี่ยนช่องทางเดินรถได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. รถยนต์ที่วิ่งในแต่ละช่องทางการจราจรใช้อัตราเร็วเท่ากันและคงที่
7. ปลายทางของเส้นทางสามารถรองรับรถที่ผ่านได้ทั้งแบบจำกัดและไม่จำกัด
8. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบระบบควบคุมไฟจราจรเป็นข้อมูลที่จำลองขึ้น

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. จังหวะสัญญาณไฟจราจรสอดคล้องกับปริมาณการจราจรตามสภาพการจราจรจริง ทำให้เวลารอคอยสัญญาณไฟจราจรลดลง
3. สภาพการจราจรบริเวณทางแยกมีความคล่องตัวมากขึ้น
4. ระบบแถวคอยของยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟมีปริมาณลดลง
5. ลดเวลาบนท้องถนนเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทางถึงที่หมายตามเวลาที่คาดการณ์
6. ลดการสูญเสียพลังงานเชื้อเพลิงและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
7. ลดอุบัติเหตุและลดการหยุดรถบ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการพัฒนาระบบงาน

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรได้มีการนำทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบงานดังต่อไปนี้

2.1 วิศวกรรมจราจร (Traffic Engineering)

วิศวกรรมจราจร เป็นส่วนหนึ่งของวิศวกรรมขนส่ง (Transport Engineering) ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการวางแผน การออกแบบ และการควบคุมระบบการจราจรบนท้องถนนให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัย ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวกับวิศวกรรมจราจรดังนี้

2.1.1 ถนน

วัฒนวงศ์ รัตนวราห์ (2545 : 2-15) ได้แบ่งถนนออกเป็น 4 ประเภท ตามหลักของวิศวกรรมจราจร ดังนี้

1. ทางด่วน (Expressway) สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายอย่างมีประสิทธิภาพและมีความรวดเร็ว สามารถรองรับปริมาณการจราจรได้เป็นจำนวนมาก ไม่มีทางแยกตัดขวาง ถ้าจำเป็นต้องมีทางแยก จะสร้างเป็นทางแยกยกระดับ อนุญาตให้เฉพาะยานพาหนะที่มีเครื่องยนต์เข้ามาใช้และไม่อนุญาตให้คนหรือสัตว์เข้ามาเดินในบริเวณทางด่วน ตัวอย่างทางด่วน เช่น ถนนมอเตอร์เวย์กรุงทพ-ชลบุรี ถนนกาญจนาภิเษก เป็นต้น

2. ถนนสายประธาน (Arterial Street) เป็นถนนที่เชื่อมระหว่างเมือง หรือใช้สัญจรภายในเมือง ตัวอย่างเช่น ถนนสุขุมวิท ถนนเพชรเกษม และถนนพหลโยธิน เป็นต้น

3. ถนนสายรอง (Collector Road) เป็นถนนที่เชื่อมต่อกับถนนสายประธาน เพื่อสร้างเครือข่ายของถนนให้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น ถนนวิภาวดีรังสิต

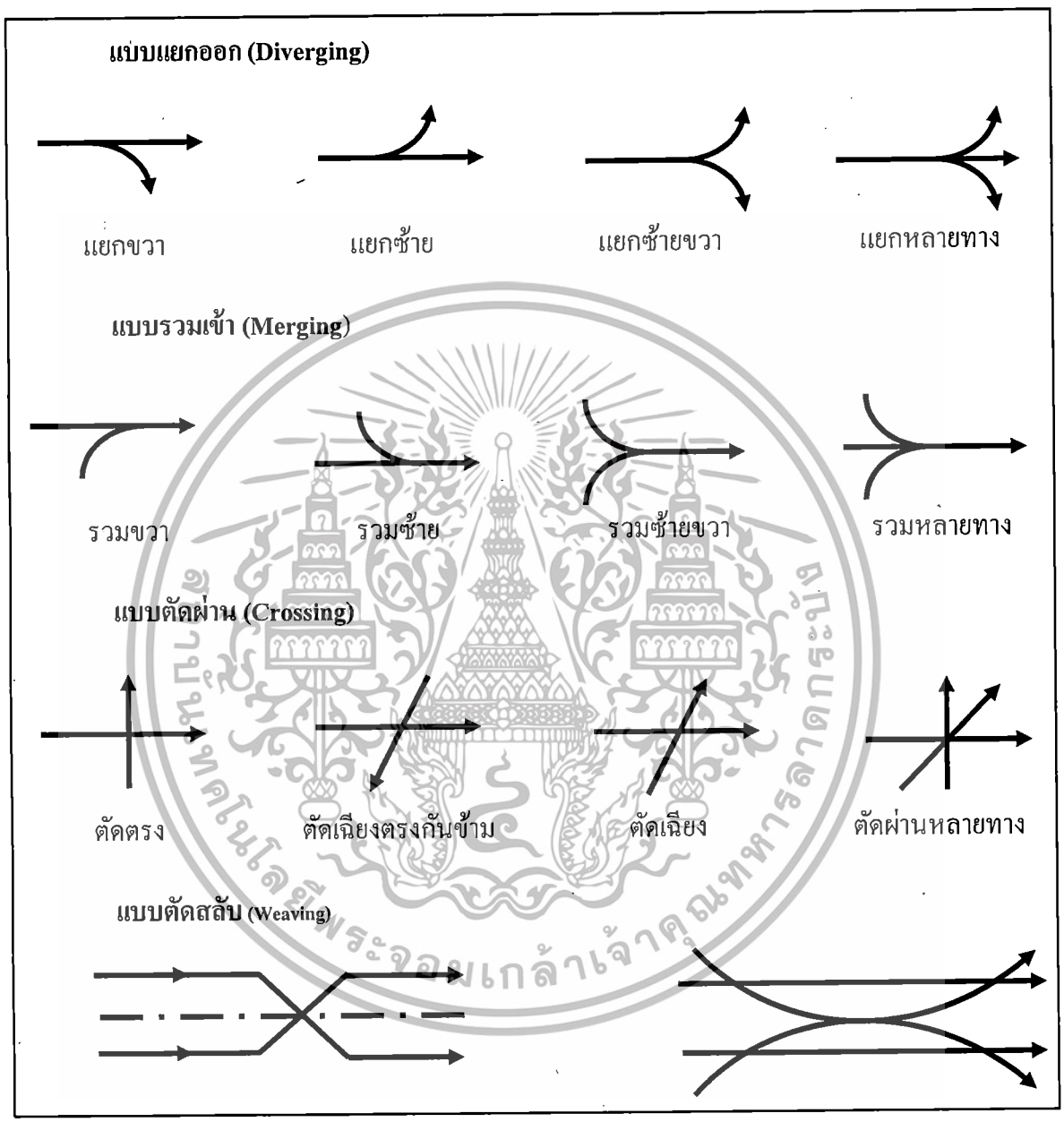
4. ถนนท้องถิ่น (Local Road) เป็นถนนที่เชื่อมต่อกับถนนสายรอง เพื่อการสัญจรของประชากรที่อาศัยอยู่ในท้องถิ่นต่าง ๆ เช่น ตรอก ซอย เป็นต้น

2.1.2 ทางแยก (Intersection)

ทางแยก คือ บริเวณที่มีถนนสองสายหรือมากกว่าตัดกันหรือพบกัน บริเวณดังกล่าวอาจเป็นสามแยก สี่แยก หรือวงเวียนฯลฯ เส้นทางหรือทิศทางการไหลของกระแสจราจรที่มาบรรจบกันจะก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งกันของกระแสจราจรในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ รูปแบบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งมีหลายรูปแบบ ได้แก่ แบบแยกออก (Diverging) แบบรวมเข้า(Merging) แบบตัดผ่าน (Crossing) และแบบตัดสลับ (Weaving) (วัฒนวงศ์ รัตนวราห, 2545 : 2-15)



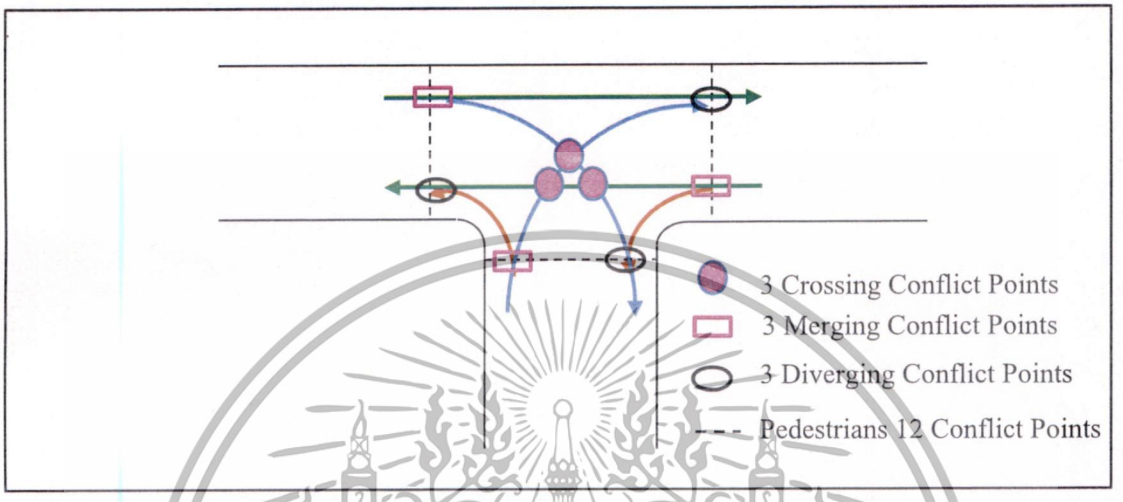
รูปที่ 2.1 ความขัดแย้งของกระแสจราจรในรูปแบบต่าง ๆ

กรมทางหลวง (2554 : 4) ได้แบ่งประเภทของทางแยกตามที่มีการใช้งานในประเทศไทย เป็น 2 ประเภท ดังนี้

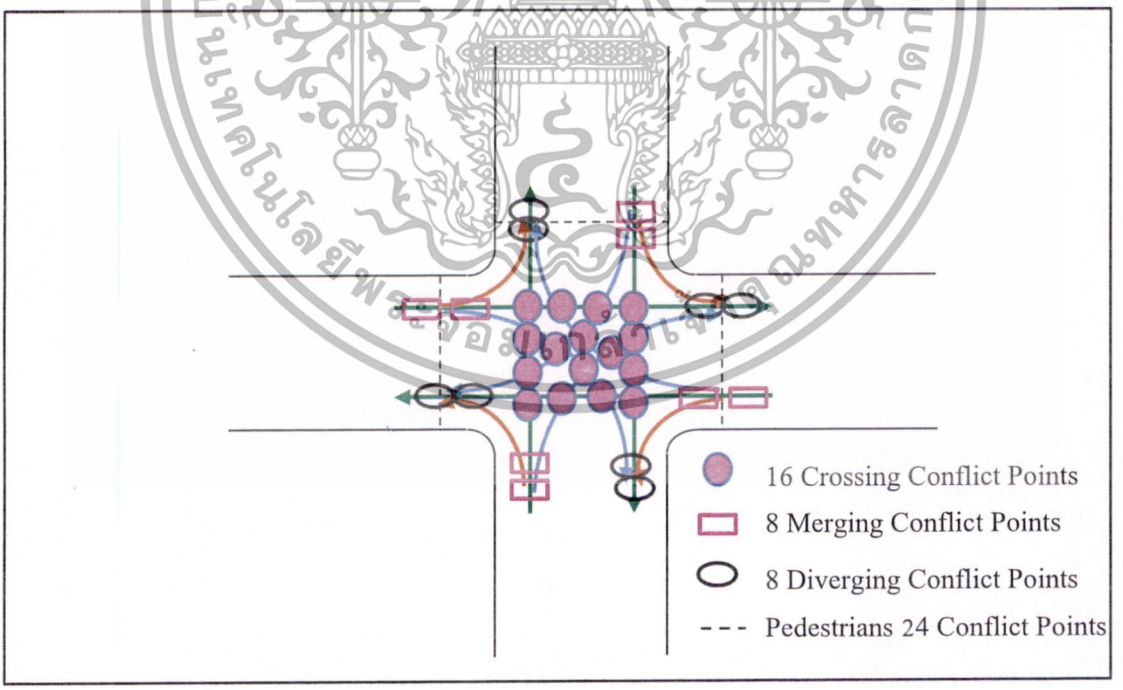
1. ทางแยกระดับเดียวกัน (Art - Grade Intersection) เป็นบริเวณถนนที่อยู่ระดับเดียวกันตัดกัน เช่น บริเวณจุดตัดของถนนขนาด 2 ช่องจราจร ของสองสายทางจะมียานพาหนะเข้าสู่ทางแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสี่ด้าน ซึ่งแต่ละด้านจะมียานพาหนะทั้งหมด 3 ทิศทาง ได้แก่ เลี้ยวซ้าย ตรง และเลี้ยวขวา เมื่อรวมกันแล้วหากทางแยกนั้นเป็นสามแยก จะมียานพาหนะเคลื่อนที่ 9 ทิศทาง แต่ถ้าเป็นสี่แยก จะมียานพาหนะเคลื่อนที่ทั้งหมดรวม 12 ทิศทาง นอกจากนี้หากบริเวณนั้นมีคนข้ามถนนด้วยแล้วจะเกิดการตัดกันของกระแสจราจรด้วยกันเองและกระแสจราจรกับคนข้ามถนน



รูปที่ 2.2 จุดตัดกระแสจราจร (Conflict Points) ที่บริเวณสามแยก



รูปที่ 2.3 จุดตัดกระแสจราจร (Conflict Points) ที่บริเวณสี่แยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงจุดตัดกระแสจราจรสำหรับบริเวณสามแยกที่จะเกิดการขัดแย้งกันของกระแสจราจร (Conflict Points) ทั้งหมด 9 จุด ซึ่งประกอบด้วย 3 จุดตัด (Crossing Conflict Points) 3 จุดรวม (Merging Conflict Points) และ 3 จุดแยก (Diverging Conflict Points) รวมไปถึงจุดตัดกับคนเดินข้าม (Pedestrians Conflict Points) อีก 12 จุด ส่วนรูปที่ 2.3 แสดงจุดตัดกระแสจราจรสำหรับบริเวณสี่แยกจะเกิดการตัดกันของกระแสจราจรทั้งสิ้นรวม 32 จุด และสำหรับคนเดินข้ามอีกทั้งหมด 24 จุด

2. ทางแยกต่างระดับ (Interchange) เป็นลักษณะของทางแยกที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการขัดแย้งกันของการจราจรบนทางแยก โดยการแยกการจราจรที่จะต้องตัดกันให้อยู่ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งทางแยกต่างระดับออกเป็น 2 ลักษณะ คือลักษณะที่ 1 เป็นทางแยกต่างระดับที่ไม่มีทางเชื่อมขึ้นลง (Grade-Separated without Ramps) มีลักษณะเป็นทางลอดหรือทางข้ามมักจะก่อสร้างในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด หรือเป็นการปรับปรุงทางแยกระดับเดียวกัน ส่วนใหญ่จะเป็นทางแยกที่อยู่ในเขตเมือง หรือทางข้าม ทางลอด เส้นทางรถไฟ ส่วนทางแยกต่างระดับลักษณะที่ 2 เป็นทางแยกต่างระดับที่มีทางเชื่อมขึ้นลง (Grade-Separated with Ramps) เป็นทางแยกต่างระดับที่อาศัยพื้นที่กว้าง เนื่องจากมีทางเชื่อมขึ้นลง โดยปกติมักจะก่อสร้างในพื้นที่นอกเขตเมือง

2.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร (Fundamental Theory of Traffic Flow)

ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหล (Flow Rate : q) ความเร็ว (Speed : u) และความหนาแน่น (Density : k) ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ตัวแปร (วัฒนวงศ์ รัตนวราห, 2545 : 2-25) ได้ดังนี้

$$q = ku \tag{2.1}$$

เมื่อ q คือ อัตราการไหล หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่แล่นผ่านตำแหน่งหนึ่ง ๆ ในระยะเวลาที่กำหนด มีหน่วยเป็นคัน/ชั่วโมง

k คือ ความหนาแน่น หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ปรากฏต่อช่วงความยาวของถนน มีหน่วยเป็น คัน/กิโลเมตร หรือ คัน/ไมล์

u คือ ความเร็วของปริมาณการจราจรบนถนน มีหน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง หรือไมล์/ชั่วโมง

2.3 สัญญาณไฟจราจร

กรมทางหลวง (2554 : 2) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า สัญญาณไฟจราจร ไว้ว่า “สัญญาณไฟจราจร หมายถึง สัญญาณไฟสำหรับให้ผู้ใช้ทางปฏิบัติตามสัญญาณนั้น อาจเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟบริเวณทางแยก หรือสัญญาณไฟทางข้าม หรือสัญญาณไฟกระพริบ หรือสัญญาณไฟควบคุมช่องเดินรถ หรือสัญญาณไฟเตือนอื่น ๆ ”

การติดตั้งสัญญาณไฟจราจรมีไว้เพื่อควบคุมการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดและช่วยเตือนหรือบังคับให้ผู้ใช้ยานพาหนะปฏิบัติตามกฎจราจร ซึ่งจะทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปอย่างมีระเบียบและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปแล้วสีของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้งานกันทุกประเทศทั่วโลกรวมทั้งในประเทศไทยจะมีสีทั้งหมด 3 สีตามมาตรฐานสากล คือ สีแดงหมายถึง การบังคับให้ผู้ขับขี่หยุดยานพาหนะ สีเหลืองหมายถึงการเตือนให้ผู้ขับขี่เตรียมหยุดยานพาหนะ และสีเขียวหมายถึงการอนุญาตให้ผู้ขับขี่นำยานพาหนะผ่านไปได้ สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะในประเทศไทยจะต้องปฏิบัติตามมาตรา 22 แห่งพระราชบัญญัติจราจรทางบก พุทธศักราช 2522 โดยปฏิบัติตามสัญญาณจราจรและเครื่องหมายจราจรที่ปรากฏข้างหน้าในกรณีต่อไปนี้

1. สัญญาณจราจรไฟสีเหลืองอำพัน ให้ผู้ขับขี่เตรียมหยุดรถหลังเส้นให้รถหยุดเพื่อเตรียมปฏิบัติตามสัญญาณที่จะปรากฏต่อไปดังกล่าวใน (2) เว้นแต่ผู้ขับขี่ที่ได้เลยเส้นให้รถหยุดไปแล้วให้เลยไปได้

2. สัญญาณจราจรไฟสีแดงหรือเครื่องหมายจราจรสีแดงที่มีคำว่า “หยุด” ให้ผู้ขับขี่หยุดรถหลังเส้นให้รถหยุด

3. สัญญาณจราจรไฟสีเขียวหรือเครื่องหมายจราจรสีเขียวที่มีคำว่า “ไป” ให้ผู้ขับขี่ขับรถต่อไปได้ เว้นแต่จะมีเครื่องหมายจราจรกำหนดไว้เป็นอย่างอื่น

4. สัญญาณจราจรไฟลูกศรสีเขียวชี้ให้เลี้ยวหรือชี้ให้ตรงไป หรือสัญญาณจราจรไฟสีแดงแสดงพร้อมกับสัญญาณไฟลูกศรสีเขียวชี้ให้เลี้ยวหรือชี้ให้ตรงไป ให้ผู้ขับขี่เลี้ยวรถหรือขับรถตรงไปได้ตามทิศทางที่ลูกศรชี้และต้องขับรถด้วยความระมัดระวัง และต้องให้สิทธิแก่คนเดินเท้าในทางข้ามหรือรถที่มาทางขวาก่อน

5. สัญญาณจราจรไฟกระพริบสีแดง ถ้าติดตั้งอยู่ที่ทางร่วมทางแยกใดเปิดทางด้านใดให้ผู้ที่ขับขี่มาทางด้านนั้นหยุดรถหลังเส้นให้รถหยุด เมื่อเห็นว่าปลอดภัยและไม่เป็นการกีดขวางการจราจรแล้ว จึงให้ขับรถต่อไปได้ด้วยความระมัดระวัง

6. สัญญาณจราจรไฟกระพริบสีเหลืองอำพัน ถ้าติดตั้งอยู่ ณ ที่ใด ให้ผู้ขับขี่ลดความเร็วของรถลงและผ่านทางเดินรถนั้นไปด้วยความระมัดระวัง

2.3.1 ชนิดของสัญญาณไฟจราจร

การจำแนกชนิดของสัญญาณไฟจราจรนักวิชาการ นักวิจัยหลายท่านได้จำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบที่ผู้จำแนกใช้เป็นเงื่อนไขในการพิจารณา

วัฒนวงศ์ รัตนวราห (2545: 2-28) ได้จำแนกสัญญาณไฟจราจรตามลักษณะการใช้งานไว้ 3 ลักษณะด้วยกัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สัญญาณควบคุมการจราจร (Traffic Control Signal) คือ สัญญาณไฟที่ใช้ควบคุมการจราจรตามบริเวณทางแยกต่าง ๆ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1) สัญญาณไฟที่มีระยะเวลาใน 1 รอบ (Cycle Length) คงที่ (Fixed Time Signal) คือ ระบบสัญญาณไฟที่ได้กำหนดให้ระยะเวลาในหนึ่งรอบมีค่าคงที่ สัญญาณไฟประเภทนี้จะเหมาะกับทางแยกที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นทุกทิศทาง

2) สัญญาณไฟที่เปลี่ยนไปตามปริมาณการจราจร (Actuated Signal) คือ ระบบสัญญาณไฟที่ระยะเวลาของสัญญาณไฟเขียวจะเปลี่ยนไปตามปริมาณการจราจร สัญญาณไฟประเภทนี้จะเหมาะกับทางแยกที่มีปริมาณการจราจรในทางเอกสูงกว่าปริมาณการจราจรในทางโทมาก ๆ

2. สัญญาณไฟสำหรับคนข้าม (Pedestrian Signal) คือ ระบบสัญญาณไฟที่จัดไว้เพื่อควบคุมยานพาหนะและคนข้ามถนน เพื่อป้องกันอันตรายและลดอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นกับคนเดินถนน

3. สัญญาณไฟสำหรับกรณีพิเศษ (Special Traffic Signal) คือ ระบบสัญญาณไฟที่จัดไว้สำหรับการควบคุมการจราจรในกรณีพิเศษต่าง ๆ เช่น สัญญาณไฟกระพริบ (Flashing Beacon) สัญญาณไฟควบคุมช่องทางวิ่ง (Lane Use Control Signal) สัญญาณไฟสำหรับสะพานเปิด (Drawbridge Signal) และสัญญาณไฟสำหรับรถไฟตัดผ่าน (Railroad Crossing Signal)

ส่วนสำนักอำนวยความปลอดภัย กรมทางหลวง ได้จำแนกระบบของสัญญาณไฟจราจรตามรูปแบบการควบคุมออกเป็น 2 ระบบ คือ

1. ระบบควบคุมอิสระ (Isolated control) เป็นระบบการควบคุมทางแยกเดี่ยว รอบสัญญาณและจังหวะไฟจะมีความเป็นอิสระในแต่ละทางแยกนั้น ๆ เหมาะสำหรับการติดตั้งในบริเวณทางแยกเดี่ยวที่ห่างจากทางแยกข้างเคียงมากกว่า 1 กิโลเมตร ในระบบนี้แบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการควบคุมรอบจังหวะ คือ ชนิดที่ 1 เป็นแบบชนิดตั้งเวลาล่วงหน้า (Pre-time or Fixed time control) รอบเวลา และจังหวะของสัญญาณจะถูกตั้งเวลากำหนดไว้ล่วงหน้า อาจเป็น 1 โปรแกรม ตามช่วงเวลาของแต่ละวัน ส่วนชนิดที่ 2 เป็นแบบชนิดจังหวะเวลาแปรเปลี่ยนตามปริมาณจราจร (Vehicle actuated control) ระยะเวลาของจังหวะสัญญาณจะถูกควบคุมอัตโนมัติด้วยตัวดักสัญญาณ (Detector) ตัวดักสัญญาณที่ใช้งานมีทั้งแบบขดลวดเหนี่ยวนำแบบใช้ลำแสงอินฟาเรด หรือ ไมโครเวฟ ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบนี้เหมาะสำหรับทางแยกที่มีปริมาณจราจรเข้าสู่ทางแยกต่ำ และไม่สม่ำเสมอ

2. ระบบควบคุมแบบพื้นที่ (Area Traffic Control) เป็นระบบที่มีการควบคุมรอบสัญญาณและจังหวะสัญญาณในแต่ละทางแยกให้สัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของการจราจรในลักษณะของคลื่นไฟเขียว (Green band) ซึ่งจะช่วยลดการติดขัดของการจราจรในระบบโครงข่ายได้ ในระบบนี้การควบคุมสัญญาณไฟแต่ละทางแยกจะต้องสั่งการมาจากศูนย์ควบคุมซึ่งประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคอมพิวเตอร์ ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบนี้มีอยู่หลายระบบ เช่นระบบ SCOOT ระบบ SCAT และระบบ UTC เป็นต้น

จากเอกสารคู่มือมาตรฐานและสัญญาณไฟจราจรของกรมทางหลวง (2554: 1) ได้แบ่งประเภทของสัญญาณไฟจราจรที่ใช้งานในปัจจุบันมีใช้กันหลัก ๆ 2 ระบบ คือ

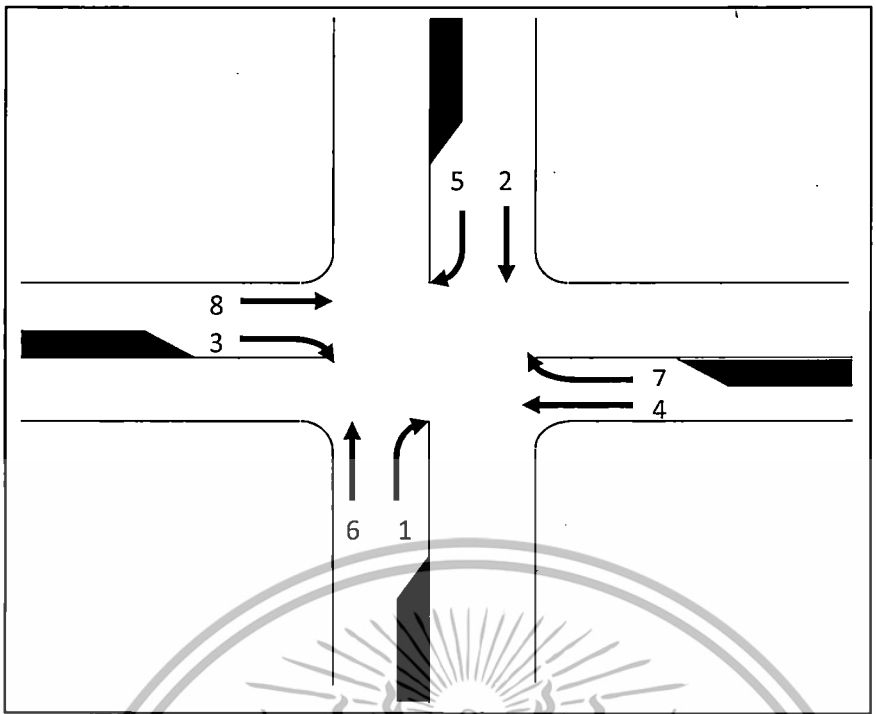
1. ระบบ Fixed Time เป็นระบบที่มีการตั้งเวลาอัตโนมัติ สำหรับจัดจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ของแต่ละช่วงเวลาไว้คงที่ ไม่ว่าปริมาณจราจรจะมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งอาจจะมีการตั้งเวลาเอาไว้หลาย ๆ โปรแกรม เช่น โปรแกรมสำหรับตอนเช้า โปรแกรมสำหรับตอนกลางวัน โปรแกรมสำหรับตอนเย็น เป็นต้น

2. ระบบ Vehicle Actuated เป็นระบบที่มีการจัดจังหวะสัญญาณไฟตามปริมาณการจราจรที่เป็นจริงในขณะนั้น โดยมีการติดตั้งดีเทคเตอร์ (Detector) ไว้ในช่องจราจร โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภท Semi-actuated เป็นระบบที่ทำการตรวจจับการมาของรถในบางทิศทางที่เข้าสู่ทางแยกเท่านั้น โดยส่วนมากจะติดตั้งดีเทคเตอร์ไว้ในช่องจราจรที่เป็นถนนสายรอง หากในช่องจราจรที่มีการติดตั้งดีเทคเตอร์ไม่มีรถวิ่งเข้ามาก็จะไม่จัดเวลาให้กับช่องจราจรนั้น ซึ่งทำให้การจราจรในช่องจราจรหลักบนถนนสายหลักได้รับจังหวะสัญญาณไฟเขียวเป็นเวลายาวนานต่อเนื่อง โดยจะเปลี่ยนสัญญาณไฟแดงเป็นครั้งคราวเฉพาะเมื่อมีรถวิ่งเข้ามาส่งสัญญาณที่ดีเทคเตอร์ในช่องจราจรที่เป็นถนนสายรองดังกล่าว ดังนั้นระบบ Semi-actuated จึงเหมาะสำหรับทางแยกที่การจราจรบนถนนสายรองมีปริมาณต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการจราจรบนถนนสายหลัก ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ Fully-actuated เป็นระบบที่ทำการตรวจจับการมาของรถในทุกทิศทางที่เข้าสู่ทางแยก โดยมีการติดตั้งดีเทคเตอร์ไว้ที่ถนนสายหลักและถนนสายรอง ระบบนี้เหมาะสำหรับทางแยกที่ปริมาณการจราจรไม่คงที่ ซึ่งปริมาณการจราจรจะเปลี่ยนแปลงไปตามคาบเวลา

2.3.2 การจัดสัญญาณไฟจราจร (Phase Signal)

การจัดสัญญาณไฟจราจรสามารถกำหนดให้เป็นแบบ 2 จังหวะ (Two-phase) 3 จังหวะ (Three-phase) หรือ 4 จังหวะ (Four-phase) ก็ได้ การจะจัดจังหวะแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของถนนที่มาตัดกัน และปริมาณจราจรที่วิ่งจากแต่ละขาเข้าสู่ทางแยก (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551 :163-165)

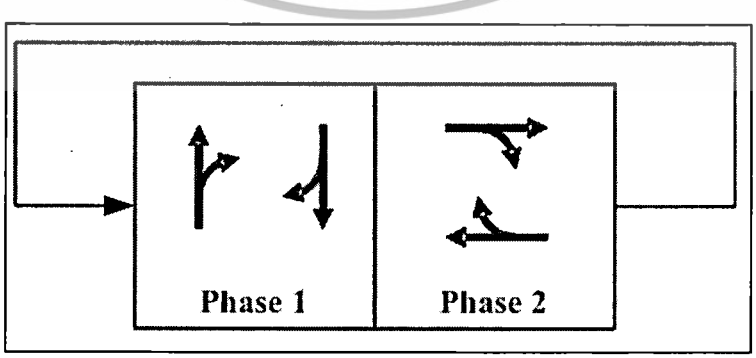
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสจราจร

จากรูปที่ 2.4 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสจราจรจะเป็นไปตามกฎจราจรของประเทศไทยที่ขับรถชิดช่องจราจรซ้ายสุด และรถยนต์เป็นแบบมีพวงมาลัยอยู่ด้านขวามือ ดังนั้นการเลี้ยวขวาต้องรอจังหวะสัญญาณไฟเขียว ซึ่งจะแตกต่างกับประเทศที่ขับรถชิดช่องจราจรขวาสุดและรถยนต์เป็นแบบมีพวงมาลัยอยู่ด้านซ้ายมือ ตัวอย่างการจัดสัญญาณไฟจราจร ดังแสดงในรูปที่ 2.5 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

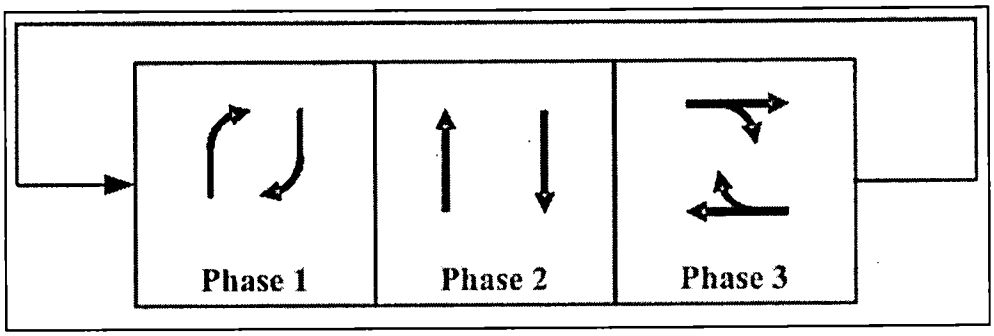
สัญญาณไฟจราจร 2 จังหวะ



รูปที่ 2.5 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 2 จังหวะ

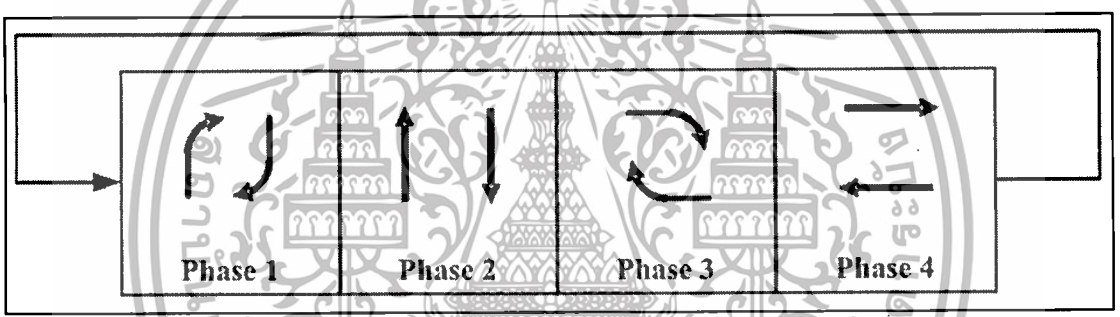
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟจราจร 3 จังหวะ



รูปที่ 2.6 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 3 จังหวะ

สัญญาณไฟจราจร 4 จังหวะ



รูปที่ 2.7 การจัดสัญญาณไฟจราจรแบบ 4 จังหวะ

2.3.4 การออกแบบสัญญาณไฟจราจร

ในการออกแบบสัญญาณไฟจราจรนั้นมีวิธีที่ใช้กันอยู่ 3 วิธี คือ วิธี Basic Principle วิธี Webster และวิธี Highway Capacity Manual ซึ่งแต่ละวิธีสรุปเป็นขั้นตอน ได้ดังนี้

1. การคำนวณสัญญาณไฟจราจรโดยวิธี Basic Principle สามารถทำเป็นขั้นตอน (วัฒนวงศ์ รัตนวราห, 2545: (2)29-(2)30) ได้ดังนี้

1) จัดระบบสัญญาณไฟ (Signal Phasing) ตามความเหมาะสมของสภาพถนนและปริมาณการจราจร

2) คำนวณหา Critical Lane Volume ในแต่ละ Phase

3) หาผลรวมของ Critical Lane Volume โดยบวก Critical Lane Volume ของทุก Phase เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คำนวณระยะเวลาไฟเขียวที่กำหนด (Required Green Time) โดยนำผลรวมของ Critical Lane Volume คูณด้วย Headway

5) คำนวณระยะเวลาสูญเสียที่เป็นไปได้ (Available Lost Time) ซึ่งเท่ากับ 3,600 ลบด้วย Required Green Time

6) คำนวณระยะเวลาสูญเสียใน 1 รอบ (Lost Time Per Cycle) ซึ่งเท่ากับจำนวน Phase ทั้งหมดคูณด้วย Lost Time ต่อ Phase

7) คำนวณจำนวนรอบใน 1 ชั่วโมง (Number of Cycles) ซึ่งเท่ากับ Available Lost Time หารด้วย Lost Time per Cycle

8) คำนวณระยะเวลาของสัญญาณไฟ (Cycle Length) ซึ่งเท่ากับ 3,600 หารด้วย Number of Cycles ระยะเวลาของสัญญาณไฟที่ได้จะมีหน่วยเป็น วินาที

2. การคำนวณสัญญาณไฟโดยวิธี Webster สามารถหาระยะเวลารอบสัญญาณไฟจราจรได้จากสมการ คือ

$$C = \frac{1.5L+5}{1- \sum_i (V_a/S)_{ci}} \qquad (2.2)$$

โดยที่ C หมายถึง ระยะเวลา1 รอบสัญญาณไฟจราจร

L หมายถึง เวลาสูญเปล่า Lost time โดยทั่วไปจะเท่ากับผลรวมของระยะเวลาไฟเหลืองของทุกขาทางแยก และผลรวมทั้งหมดของระยะเวลาช่วงที่เปลี่ยนจากไฟแดงเป็นไฟเขียว

$(V_a/S)_{ci}$ หมายถึง สัดส่วนของปริมาณจราจรวิกฤติและค่าการไหลอิ่มตัว

การคำนวณสัญญาณไฟจราจรโดยวิธี Webster สามารถทำเป็นขั้นตอน (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒ, 2551: 168-170) ได้ดังนี้

1) หาค่าสัดส่วนอัตราการไหลวิกฤติ

2) กำหนดสัญญาณไฟจราจร

3) หาระยะเวลา 1 รอบสัญญาณไฟจราจร

4) หาค่าสัดส่วนระยะเวลาสัญญาณไฟเหลืองต่อระยะเวลา 1 รอบสัญญาณไฟจราจร

5) กระจายระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวทั้งหมดไปยังแต่ละจังหวะสัญญาณไฟจราจร

6) ตรวจสอบค่าสัดส่วน G/C

7) ตรวจสอบระยะเวลาของจังหวะไฟเขียวที่น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณสัญญาณไฟโดยวิธี Highway Capacity Manual (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551: 171-173) สามารถทำเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1) หาค่าสัดส่วนอัตราการไหลวิกฤติ

2) กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร

3) ตรวจสอบข้อกำหนดที่ควบคุมโดยระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวน้อยที่สุด

4) หาระยะเวลา 1 รอบสัญญาณไฟจราจร

5) หาระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวแต่ละจังหวะสัญญาณไฟจราจร

2.4 การจำลอง

Seila (1995 : 7) ได้กล่าวว่า " คำว่า จำลอง ถูกนำมาใช้เพื่อหมายถึง สิ่งของจำนวนมาก ๆ โดยมักจะหมายถึงการตระหนักถึงการเป็นตัวแทนของบางอย่างที่มีขนาดใหญ่และเป็นกิจกรรมที่มีความซับซ้อนมาก "

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นการรวบรวมวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์จริงหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบมาไว้บนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Software) เข้ามาช่วยทดลอง เพื่อที่จะศึกษาการไหลของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปปรับปรุงในอนาคต (Kelton, Sadowski and Swets, 2010 : 3)

จากความเจริญก้าวหน้าทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ มีการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจำลองระบบงานต่าง ๆ ทำให้แบบจำลองถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในหลากหลายสาขาอาชีพมากขึ้น การจำลองแบบปัญหาหรือสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นการศึกษาระบบงานด้วยแบบจำลอง โดยลักษณะของแบบจำลองมักเป็นซอฟต์แวร์ทางคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบบจำลองจะใช้เพื่อเป็นตัวแทนของพฤติกรรมของระบบทั้งพฤติกรรมที่อาจจะมีหรืออาจจะไม่มีอยู่ของระบบก็ได้ แบบจำลองจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยในการพิจารณา วิเคราะห์และทำความเข้าใจพฤติกรรมของระบบโดยไม่เป็นการรบกวนการทำงานของระบบจริง ข้อมูลที่ได้จากการจำลองจะนำไปประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการเลือกทางเลือกที่หลากหลาย เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาการดำเนินงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น การสร้างแบบจำลองจึงเป็นกระบวนการออกแบบจำลองของระบบจริงให้มีความสมจริงหรือใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด แล้วดำเนินการทดลองเพื่อให้เรียนรู้พฤติกรรมของระบบงานภายใต้ข้อกำหนดและสถานการณ์ต่าง ๆ ที่วางไว้ จากนั้นทำการประเมินผลการดำเนินงานของระบบและวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองก่อนนำไปใช้กับระบบงานจริง หรือแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริงต่อไป ข้อมูลที่ใช้กับแบบจำลองสำหรับทดลองป้อนเข้าสู่ระบบมัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลในอดีต ทำให้การวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองจะมีความคลาดเคลื่อนได้บ้างจากระบบจริง ผู้วิเคราะห์ระบบจำเป็นต้องมีความเข้าใจระบบและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบต่อระบบด้วยเป็นอย่างดี จึงจะสามารถวิเคราะห์ระบบจากแบบจำลองได้ใกล้เคียงกับระบบจริง แม้ว่าแบบจำลองจะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาให้ระบบหรือปรับปรุงระบบงานเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น แต่แบบจำลองก็ยังมีข้อจำกัดอยู่เนื่องจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้นไม่สามารถที่จะสร้างให้เหมือนกับระบบจริงได้ทุกประการ เนื่องจากระบบจริงจะมีจำนวนพารามิเตอร์ที่อยู่ในระบบเป็นจำนวนมาก รวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ที่อยู่ทั้งภายในระบบ หรือปัจจัยภายนอกที่เข้ามากระทบระบบมีเป็นจำนวนมาก เพราะฉะนั้นในระบบจำลองจึงจำเป็นต้องมีการตัดรายละเอียดบางอย่างของระบบออกไป แต่ระบบจริงกับระบบจำลองจะมีความเหมือนกันทางด้านสถิติ ทำให้สามารถยอมรับรายละเอียดที่ตัดออกไปได้

2.4.1 ขั้นตอนการศึกษาด้วยแบบจำลอง

กระบวนการของการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ระบบสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอน (Seila, 1995: 9-10) ได้ดังนี้

1. ระบุปัญหาการตัดสินใจและวัตถุประสงค์ในการพัฒนาแบบจำลองที่ชัดเจน กระชับ รัดกุม
2. การวิเคราะห์ระบบรูปแบบอย่างทั่วถึง เข้าใจการดำเนินงานของระบบที่จะสร้างแบบจำลอง
3. การวิเคราะห์การกระจายการป้อนข้อมูล
4. สร้างแบบจำลองสำหรับการตัดสินใจที่มีรายละเอียดพฤติกรรมของระบบ
5. การออกแบบและการเข้ารหัสของโปรแกรมจำลองในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์
6. การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมจำลอง
7. การออกแบบการวิเคราะห์ข้อมูลการส่งออก
8. การตรวจสอบรูปแบบการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบ
9. การออกแบบการทดลอง เพื่อใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบ
10. ดำเนินการการทดลองการจำลองการทำงาน
11. การวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูล
12. หากทุกขั้นตอนก่อนหน้านี้ประสบความสำเร็จ นำผลลัพธ์ไปพิจารณาการตัดสินใจที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่า
13. การจัดทำเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ (2553: 3)ได้สรุปถึงข้อดีและข้อเสียของการใช้แบบจำลอง ดังนี้

1. ข้อดีของการใช้แบบจำลอง

1) สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่มีความซับซ้อนและไม่สามารถหาความสัมพันธ์โดยการเขียนสมการเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่มีอยู่ได้

2) สามารถสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายอนาคตของระบบได้ โดยใช้เวลาในการประมวลผลลัพธ์ของแบบจำลองเพียงสั้น ๆ

3) สามารถใช้แบบจำลองกับระบบที่ไม่สามารถทดลองบนสถานการณ์จริงได้

2. ข้อเสียของการใช้แบบจำลอง

1) ผู้สร้างตัวแบบจำลองจำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านการใช้โปรแกรมสร้างแบบจำลองและผู้สร้างต้องมีพื้นฐานทางสถิติ เพื่อสามารถวิเคราะห์และนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองไปปรับปรุงต่อได้ ส่วนผู้วิเคราะห์จะต้องมีความเข้าใจในระบบเป็นอย่างดี และมีการเก็บข้อมูลทางสถิติในอดีตอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้แบบจำลองนั้นมีความใกล้เคียงกับระบบจริง

2) ผู้สร้างตัวแบบจำลองเป็นผู้สร้างทางเลือกให้กับระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลอง อาจไม่ใช่ผลลัพธ์ที่บ่งบอกถึงทางเลือกที่ดีที่สุดให้กับระบบ

3) ผลที่ได้จากการจำลองมักจะเป็นค่าประมาณ

2.5 โปรแกรมแบบจำลอง Arena

Arena เป็นเครื่องมือตัวหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับสร้างตัวแบบจำลองและดำเนินการทดลองไปกับตัวแบบจำลอง โดยเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่พัฒนามาจากโปรแกรมภาษาที่เรียกว่า SIMAN ซึ่งมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานที่มีความยืดหยุ่นและสะดวกมากกว่า SIMAN อีกทั้งมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์เช่น การสร้างตัวแบบโมดูลระดับสูง ความละเอียดทางสถิติการเก็บรวบรวมข้อมูล ภาพเคลื่อนไหวของการจำลองการทำงาน และการสร้างรายงานแสดงผลข้อมูล

โปรแกรม Arena เป็นการจำลองสภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยแม่แบบโมดูลและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ ซึ่งสามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวเสมือนจริงของระบบได้ด้วย (Altiok and Melamed, 2007 : 65-66) ส่วนประกอบการสร้างแบบจำลองพื้นฐานของ Arena เรียกว่า โมดูล ซึ่งเลือกมาจากแม่แบบพาเนล ตัวอย่างเช่น Basic Process, Advanced Process และ Advanced Transfer และนำไปวางในส่วนการสร้างแบบจำลอง รวมทั้งโครงสร้างโมดูลระดับสูงที่ประกอบด้วยบล็อกหรือองค์ประกอบ SIMAN ตัวอย่างเช่น แบบจำลองโมดูลกระบวนการประมวลผลของวัตถุหนึ่งและภายในประกอบด้วยบล็อก เช่น ASSIGN, QUEUE , SEIZE, DELAY และ RELEASE เป็นต้น นอกจากนี้ยังสนับสนุนโมดูลอื่น ๆ เช่น Statistic, Variable และ Output อื่น ๆ อีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.5.1 นิยาม ความหมายถ้อยคำ ในโปรแกรม Arena

ก่อนสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena สิ่งที่ผู้สร้างจำเป็นต้องทราบนิยามความหมาย ของถ้อยคำที่สำคัญในโปรแกรม Arena เพื่อให้แบบจำลองสามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการและการนำไปใช้งาน (รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ, 2553 : 5-6) มีดังนี้

1. Entity คือ วัตถุที่ผู้สร้างสนใจให้เคลื่อนที่ไปในระบบ แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะในระบบ
2. Attribute คือ คุณลักษณะประจำตัวของวัตถุ ที่แสดงเอกลักษณ์ต่าง ๆ ให้กับวัตถุโดยสามารถกำหนดชื่อคุณลักษณะประจำตัวให้กับวัตถุ ได้แก่
   1) Entity.Type ชนิดของวัตถุ โดยวัตถุชนิดเดียวกันจะมีเลขค่าเดียวกัน
   2) Entity.Picture รูปวัตถุที่กำหนดให้เคลื่อนไหวระหว่างการรันแบบจำลอง ถ้าผู้ใช้ไม่กำหนดโปรแกรม Arena จะระบุรูปกระดาษ (Picture.Report) ให้โดยอัตโนมัติ
   3) Entity.Create Time เก็บค่าเวลาปัจจุบันที่วัตถุถูกสร้าง
   4) Entity.Station ระบุสถานีที่วัตถุอยู่ หรือในกรณีวัตถุถูกขนถ่ายจะระบุสถานีปลายที่วัตถุจะไป
   5) Entity.Sequence ข้อมูลลำดับที่วัตถุถูกกำหนดให้เคลื่อนย้ายไป
   6) Entity.JobStep ตัวเลขชี้ว่าวัตถุอยู่ที่สถานีใด ในลำดับไหนของข้อมูลลำดับสถานี
3. Variable คือชื่อของตัวแปรที่วัตถุสามารถใช้ร่วมกันได้
4. Resource คือทรัพยากรที่จะใช้ทำกิจกรรมร่วมกับวัตถุ
5. Queue คือแถวคอยที่วัตถุใช้คอย เนื่องจากทรัพยากรไม่ว่างให้บริการ
6. Event คือเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของระบบ

2.5.2 การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena

การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena สามารถปฏิบัติตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เลือกโมดูล หรือบล็อกไอคอนจากแผงแม่แบบและทำการลากและวางโมดูลลงในแบบกราฟิก
2. ทำการเชื่อมต่อโมดูลกราฟิกเพื่อระบุเส้นทางการไหลทางกายภาพของการติดต่อหรือเชื่อมต่อกันหรือเส้นทางการไหลของตรรกะของการควบคุม
3. กำหนดพารามิเตอร์ของโมดูลหรือองค์ประกอบ
4. การเขียนโค้ดหรือคำสั่งในโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

146492

2.6 ทฤษฎีแถวคอย (Queue Theory)

ในชีวิตประจำวันเรามักจะพบเห็นหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับแถวคอย หรือนิยมเรียกสั้นๆ ว่า คิว (Queue) อยู่เสมอ เช่น การเข้าคิวรอรับการตรวจจากแพทย์ การเข้าคิวซื้อตั๋วรถโดยสารหรือตั๋วภาพยนตร์ การจอดยานพาหนะรอสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น ซึ่งก็เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าผู้ที่มาก่อนย่อมได้รับสิทธิในการรับบริการก่อน ยกเว้นกรณีผู้ที่มีสิทธิพิเศษระบุไว้ในเงื่อนไขการรับบริการที่ผู้ให้บริการระบุไว้

ปานวิทย์ (2557 : 1) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีแถวคอยไว้ว่า "ทฤษฎีแถวคอย คือ การศึกษาทางคณิตศาสตร์ของการรอในแถวคอยเพื่อที่จะทำนายหรือคาดการณ์ถึงเวลาที่ต้องรอและความยาวของแถวคอยที่เกิดขึ้น" ซึ่งทฤษฎีแถวคอยถูกคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย A.K. Erlang เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับชุมสายโทรศัพท์ หลังจากนั้นได้มีการนำทฤษฎีแถวคอยไปประยุกต์ใช้ในการวิคราะห์และตัดสินใจระบบแถวคอยในลักษณะต่าง ๆ ในการศึกษาแถวคอย ผู้ศึกษาต้องแยกส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างระบบแถวคอยให้มีความชัดเจน เพื่อที่จะสามารถทำความเข้าใจแถวคอยนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากรูปแบบและลักษณะของผู้เข้ามารับบริการ ลักษณะของหน่วยบริการ และลักษณะของแถวคอย จะมีลักษณะแตกต่างกันหลายแบบ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น พฤติกรรมของผู้เข้ามารับบริการที่อยู่ในระบบแถวคอย เป็นต้น โดยแถวคอยเกิดขึ้นเมื่อมีผู้มารับบริการ (Arrival) หรือลูกค้า (Customer) เข้ามารับบริการที่หน่วยให้บริการ (Service Units) และยังไม่ได้รับบริการในทันที ผู้รับบริการจึงต้องใช้เวลาในการรอเพื่อรับบริการ

2.6.1 องค์ประกอบทฤษฎีแถวคอย

ทฤษฎีแถวคอยอาศัยกฎเกณฑ์ของทฤษฎีความน่าจะเป็น ซึ่งองค์ประกอบที่จำเป็นที่มีผลกระทบต่อระบบการรอคอยที่จะต้องนำมาพิจารณามีดังนี้

1. รูปแบบของการมาใช้บริการของลูกค้า หรือการมาของลูกค้า โดยปกติแล้วการมาของลูกค้าเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน และเป็นการยากที่จะบอกว่าลูกค้าจะมาถึงเวลาใด และมีจำนวนเท่าใด ดังนั้นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาการมาใช้บริการของลูกค้า จะประกอบด้วย อัตราเฉลี่ยของการมาใช้บริการ และรูปแบบของการกระจายทางสถิติของช่วงเวลาระหว่างการมาใช้บริการ

2. ระยะเวลาการให้บริการแก่ลูกค้า โดยทั่วไปแล้วระยะเวลาในการให้บริการเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอนเช่นกัน เพราะว่าลูกค้าแต่ละคนจะใช้เวลาในการรับบริการไม่เท่ากัน ดังนั้นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาระยะเวลาการให้บริการแก่ลูกค้าจะประกอบด้วย ระยะเวลาเฉลี่ยของการบริการลูกค้า และรูปแบบของการกระจายทางสถิติของระยะเวลาในการบริการลูกค้า

3. ลักษณะรูปแบบของการให้บริการของผู้ให้บริการหรือสถานีบริการ เป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะจะมีผลกระทบต่อการรอคอยของลูกค้าโดยตรง การจัดรูปแบบของแถวคอยให้เหมาะสม อาจขึ้นอยู่กับ สถานที่ให้บริการ ประเภทของลูกค้าหรือสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดจำนวนผู้ให้บริการให้เหมาะสม อาจขึ้นอยู่กับอัตราการมาของลูกค้า ระยะเวลาในการให้บริการลูกค้า รวมทั้งรูปแบบของแถวคอยด้วย ดังนั้นสิ่งที่จะต้องนำมาพิจารณารูปแบบของการให้บริการของผู้ให้บริการ ประกอบด้วย จำนวนของลูกค้าที่สามารถให้บริการได้ในเวลาเดียวกัน หรือจำนวนช่องบริการที่มี

4. ลักษณะของรูปแบบเกณฑ์การเลือกให้บริการ ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น แบบมาก่อนได้รับการบริการก่อน (First Come First Served: LCFS) แบบมาทีหลังได้รับบริการก่อน (Last Come First Served: LCFS) แบบการให้บริการอย่างสุ่ม (Service in Random Order: SIRO) และแบบให้บริการลูกค้าที่มีสิทธิพิเศษก่อน (Priority) เป็นต้น

2.6.2 รูปแบบการจัดระบบแถวคอย

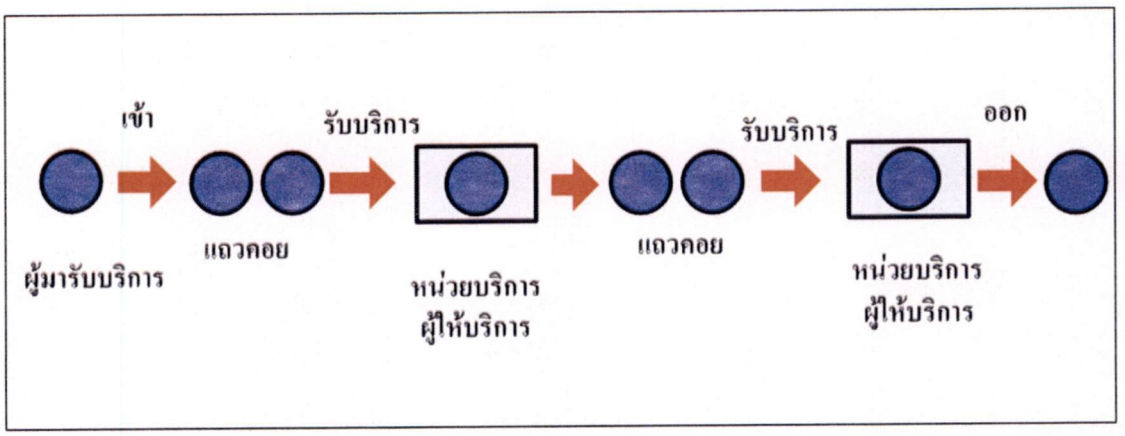
รูปแบบการให้บริการระบบแถวคอยสามารถจัดได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับลักษณะขั้นตอนการให้บริการและจำนวนหน่วยบริการ (ผู้ให้บริการ) โดยส่วนใหญ่แล้วนิยมจัด 4 รูปแบบ คือ ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - ขั้นตอนเดียว ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - หลายขั้นตอน ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง - ขั้นตอนเดียว และระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง - หลายขั้นตอน

1. ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - ขั้นตอนเดียว เป็นระบบแถวคอยที่มีแถวคอยเพียงแถวเดียว มีหน่วยให้บริการเพียงหน่วยเดียวและมีขั้นตอนการให้บริการขั้นตอนเดียว

รูปที่ 2.8 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - ขั้นตอนเดียว

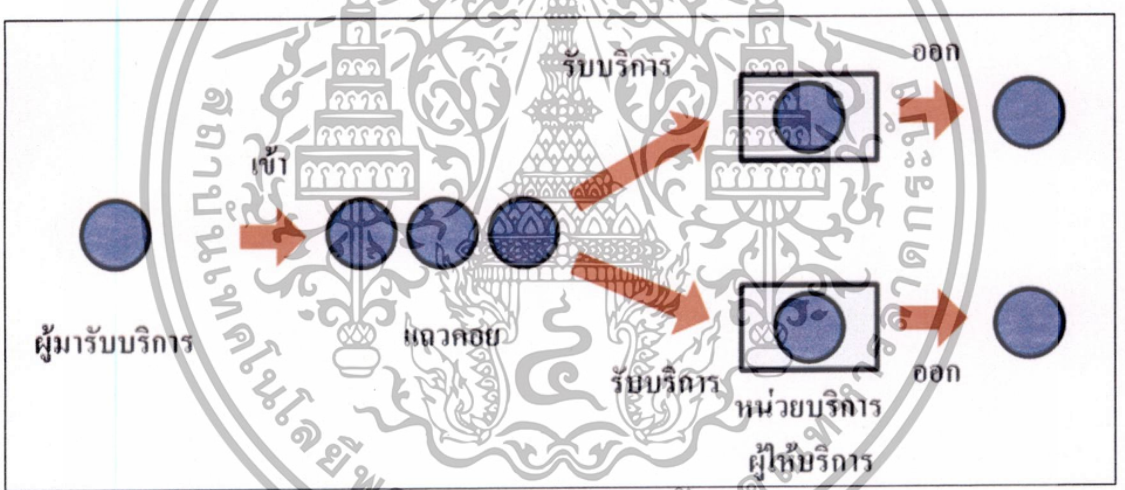
2. ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - หลายขั้นตอน เป็นระบบแถวคอยที่มีหน่วยให้บริการเพียงหน่วยเดียวและมีขั้นตอนการให้บริการหลายขั้นตอนต่อเนื่องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ระบบแถวคอยแบบช่องทางเดียว - หลายขั้นตอน

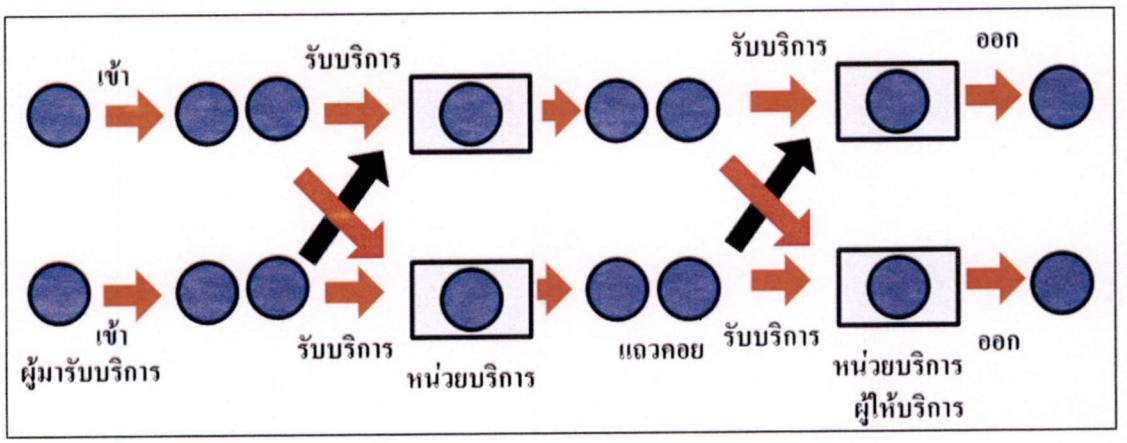
3. ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง - ขั้นตอนเดียว เป็นระบบแถวคอยที่มีแถวคอย 1 แถวมีหน่วยให้บริการมากกว่า 1 หน่วยบริการแบบขนาน และมีขั้นตอนการให้บริการขั้นตอนเดียว



รูปที่ 2.10 ระบบแถวคอยหลายแบบช่องทาง - ขั้นตอนเดียว

4. ระบบแถวคอยแบบหลายช่องทาง - หลายขั้นตอน เป็นระบบแถวคอยที่มีแถวคอยมากกว่า 1 แถว มีหน่วยให้บริการมากกว่า 1 หน่วยบริการแบบขนานและมีขั้นตอนการให้บริการมากกว่า 1 ขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ระบบแถวคอยหลายแบบช่องทาง-หลายขั้นตอน

2.6.3 แบบแถวคอย (Queuing Models)

1. อัตราเฉลี่ยของการเข้ามารับบริการ (The Average Arrival Rate : λ) คือ จำนวนผู้ใช้บริการที่เข้ามาโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา
2. เวลาเฉลี่ยการให้บริการ (The Average Service Time : $\tau=\frac{1}{\mu}$) โดยที่ μ คือ อัตราเฉลี่ยการให้บริการ จำนวนผู้ได้รับบริการแล้วเสร็จโดยเฉลี่ยต่อหนึ่งหน่วยเวลา
3. ความหนาแน่นการจราจร (Traffic intensity : $\rho=\frac{\lambda}{\mu}$)
4. เวลาเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย ($\overline{W}$)
5. เวลาเฉลี่ยทั้งหมดที่ลูกค้าอยู่ในระบบ ($\overline{T}$) โดยที่ $\overline{T}=\overline{W}+\tau$
6. จำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย ($\overline{N}\sigma$)
7. จำนวนลูกค้าเฉลี่ยทั้งหมดที่อยู่ในระบบ($\overline{N}$) โดยที่ $\overline{N}=\overline{N}\sigma+\lambda\tau$
8. ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้า k คนอยู่ในระบบ (P_k) โดยที่ k=0,1,2,3,…,X
9. ความน่าจะเป็นที่ให้บริการไม่ได้ หรือคิวเต็ม (P_B) โดยที่ $P_B=1-\sum_{k=1}^{x} P_k$

ความสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์ หาได้จากกฎของลิตเติ้ล (Little's formula) ซึ่งในระบบที่มีการเข้าคิว จะพบว่า

1. จำนวนลูกค้าเฉลี่ยในระบบ ($\overline{N}$) จะเท่ากับผลคูณระหว่างอัตราเฉลี่ยของลูกค้าที่เข้ามาในระบบ (λ) และเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในระบบ ($\overline{T}$)

$$\overline{N}=\lambda\overline{T} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่รออยู่ในแถวคอย ($\overline{N}\sigma$) จะเท่ากับผลคูณระหว่างอัตราเฉลี่ยของลูกค้าที่เข้ามาในระบบ (λ) และเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้ารออยู่ในแถวคอย ($\overline{W}$)

$$\overline{N}\sigma = \lambda\overline{W} \tag{2.4}$$

2.6.4 ประเภทของระบบแถวคอย

ประเภทของระบบแถวคอย แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ๆ (ปานวิทย์, 2557 : 1) ดังนี้

1. ระบบแถวคอยแบบมาร์คอฟเวียนที่มีผู้ให้บริการเพียงคนเดียว เป็นระบบแถวคอยที่มีผู้ให้บริการเพียงคนเดียว มีรูปแบบการเข้ามารับบริการที่มีการกระจายแบบปัวส์ซอง และมีรูปแบบเวลาในการให้บริการที่มีการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เช่น ระบบแถวคอย M/M/1 และ M/M/1/K เป็นต้น

2. ระบบแถวคอยแบบมาร์คอฟเวียนที่มีผู้ให้บริการหลายคน เป็นระบบแถวคอยที่มีผู้ให้บริการหลายคน มีรูปบบการเข้ารับบริการที่มีการกระจายแบบปัวส์ซอง และมีรูปแบบเวลาในการให้บริการที่มีการกระจายแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เช่น ระบบแถวคอย M/M/c และ M/M/c/K เป็นต้น

3. ระบบแถวคอยแบบกึ่งมาร์คอฟเวียน เป็นระบบแถวคอยที่มีรูปแบบการเข้ารับบริการที่มีการกระจายแบบปัวส์ซอง และมีรูปแบบเวลาในการให้บริการที่มีการกระจายเป็นแบบใด ๆ ก็ได้ โดยจะสนใจที่ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variant) ของเวลาที่ให้บริการ เช่น ระบบแถวคอยแบบ M/G/1 รวมไปถึงระบบแถวคอยที่มีรูปแบบการเข้ารับบริการมีการกระจายแบบใด ๆ และมีรูปแบบเวลาในการให้บริการเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เช่น ระบบแถวคอยแบบ G/M/1 เป็นต้น

2.7 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยส่วนใหญ่ ผู้วิจัยมักจะวิเคราะห์หาจังหวะเวลาในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเพิ่มปริมาณการไหลของจำนวนรถยนต์ที่วิ่งผ่านสี่แยกให้ได้จำนวนสูงสุด ในรอบสัญญาณไฟ และมีนักวิจัยหลายท่านที่นำแบบจำลองมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ออกแบบ และวางแผนการจราจร เช่น Wen (2008 : 2370–2381) ได้สร้างแบบจำลองระบบการจราจรด้วยโปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์หารอบสัญญาณไฟจราจรที่เมาะสม โดยต้องการลดค่าเฉลี่ยของเวลารอคอยของรถที่สามแยกแถบชานเมืองในไต้หวัน ส่วน Salimifard และ Ansari (2013: 172-175) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองจากโปรแกรม Arena สำหรับจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรในเมือง ผลการศึกษาพบว่าโปรแกรม Arena สามารถสร้างแบบจำลองควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณไฟจราจรได้ แม้ว่าโปรแกรม Arena จะไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจรก็ตาม

นอกจากผู้วิจัยชาวต่างชาติแล้ว ผู้วิจัยที่เป็นคนไทยเองก็ได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาการจราจร โดยใช้โปรแกรม Arena ซึ่งมีอยู่หลายท่าน เช่น นักศึกษาสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (2548 : 294-304) ได้ทำการจำลองระบบเพื่อหาแนวทางในการกำหนดนโยบายการจราจรบนเส้นทางถนนนวมินทร์ เขตบึงกุ่ม ซึ่งมีระยะทางในการศึกษาตั้งแต่ซอยนวมินทร์ 24 ถึงซอยนวมินทร์ 54 โดยใช้โปรแกรม Arena เป็นเครื่องมือสำหรับหาแนวทางในการกำหนดนโยบายการเดินรถ เพื่อรองรับปริมาณรถจำนวนมากที่ออกมาจากซอยและจำนวนรถที่มากลับรถในบางจุดที่มีจำนวนมาก ก่อให้เกิดการชะลอตัวของรถส่งผลให้การจราจรติดขัด จากการศึกษาพบว่าการสร้างจุดเลี้ยวรถและสร้างจุดกลับรถ สามารถลดเวลาเฉลี่ยของรถแต่ละคันในแถวคอยและลดจำนวนรถที่อยู่ในแถวคอยได้

ชินทัศน์ และคณะ (2550 : 119-125) ได้สร้างแบบจำลองระบบการจราจรบนถนนท่าพระ-รัชดา ถนนพระราม 3 ขาเข้าในช่วงเวลาเร่งด่วนด้วยโปรแกรม Arena เพื่อวิเคราะห์หาระยะเวลาในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยแบบจำลองมีเป้าหมายคือ เพิ่มปริมาณการไหลของจำนวนรถยนต์ที่วิ่งผ่านสี่แยกที่ต่อเนื่องกันในถนนสายหลักให้ได้จำนวนสูงสุด

รุ่งรัตน์ และกิรพัฒน์ (2553 : 17-21) ได้สร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Arena สำหรับศึกษาและกำหนดแนวทางในการควบคุมการจราจรบริเวณสี่แยกเกษตรนวมินทร์-เสนา เพื่อให้ตำรวจจราจรได้มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนในการควบคุมรอบจังหวะไฟจารจรในชั่วโมงเร่งด่วน จากการวิเคราะห์ผลจากแบบจำลองพบว่าสามารถลดเวลารอคอยสัญญาณไฟได้และสามารถปรับปรุงระบบแถวคอยของรถที่รอสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

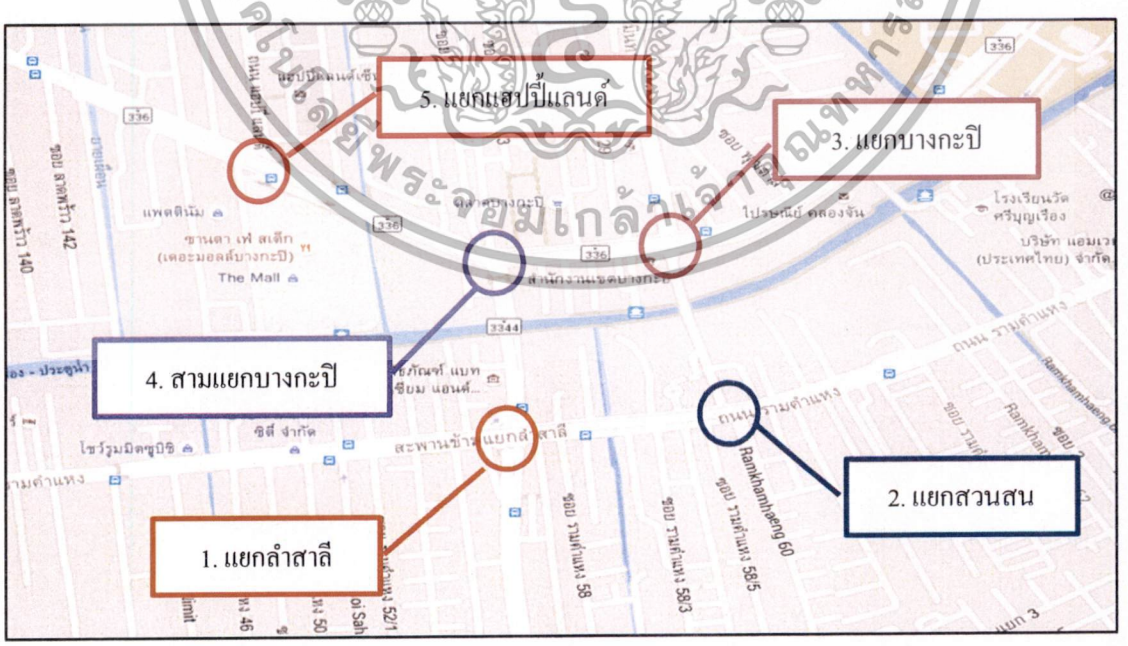
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาและวิเคราะห์ระบบปัจจุบัน

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ในปัจจุบัน ผู้ศึกษาได้ทำการเลือกศึกษาทางแยกโดยการพิจารณาเลือกทางแยกที่มีลักษณะตรงตามกับข้อกำหนดในขอบเขตของการศึกษานี้ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของทางแยก ปริมาณการจราจรและการจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจร นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และออกแบบการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง

3.1 การเลือกศึกษาทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการควบคุมสัญญาณไฟจราจรทางแยกต่อเนื่องกันทั้งหมดจำนวน 5 แยก ได้แก่ แยกลำสาลี แยกสวนสน แยกบางกะปี สามแยกบางกะปี และแยกแฮปปี้แลนด์ ซึ่งทางแยกทั้งหมดอยู่ในพื้นที่เขตบางกะปี จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยนำข้อมูลการจราจรมาใช้ในการจำลองสภาพจราจร สำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย ซึ่งในการศึกษานี้ไม่ได้นำปริมาณยานพาหนะจากถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 2 ปริมาณยานพาหนะบนสะพานข้ามแยกลำสาลี และสะพานต่างระดับลาดพร้าวมาใช้ในการจำลองสภาพการจราจร



รูปที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาสัญญาณไฟจราจรทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ทางแยกต่อเนื่องมีลักษณะทางกายภาพเป็นทางแยกโครงข่ายซึ่งมีทั้งแบบสามแยก และสี่แยกที่กระแสการจราจรขัดแย้งกัน โดยเกิดจากถนน 6 เส้นทางมาตัดกัน คือ

1. แยกลำสาลี เป็นทางแยกลักษณะแบบสี่แยก เกิดจากกระแสการจราจรที่ตัดกันของถนนศรีนครินทร์ กับ ถนนรามคำแหง อยู่ในพื้นที่แขวงหัวหมาก เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร
2. แยกสวนสน เป็นทางแยกลักษณะแบบสี่แยก เกิดจากกระแสการจราจรที่มาเชื่อมกันของถนนรามคำแหง ถนนพ่วงศิริ และซอยรามคำแหง 62 อยู่ในพื้นที่แขวงหัวหมาก เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร
3. แยกบางกะปี เป็นทางแยกลักษณะแบบสี่แยก เกิดจากกระแสการจราจรที่มาเชื่อมกันของถนนลาดพร้าว ถนนนวมินทร์ ถนนเสรีไทย และถนนพ่วงศิริ อยู่ในเขตพื้นที่แขวงคลองจั่น เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร
4. สามแยกบางกะปี เป็นทางแยกลักษณะแบบสามแยก เกิดจากกระแสการจราจรที่มาเชื่อมกันของถนนลาดพร้าว กับ ถนนศรีนครินทร์ อยู่ในเขตพื้นที่แขวงคลองจั่น เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร
5. แยกแฮปปี้แลนด์ เป็นทางแยกลักษณะแบบสามแยก เกิดจากกระแสการจราจรที่มาเชื่อมกันของถนนลาดพร้าว กับ ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 อยู่ในเขตพื้นที่แขวงคลองจั่น เขตบางกะปี กรุงเทพมหานคร

ปริมาณการจราจรบริเวณทางแยกที่ศึกษามีความหนาแน่นมาก การเคลื่อนตัวของยานพาหนะอยู่ในเกณฑ์ระดับช้ามาก ทำให้สภาพการจราจรติดขัดทุกแยก ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ระดับปริมาณการจราจรและการเคลื่อนตัวของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ศึกษาทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. ทำการสังเกตปริมาณจำนวนยานพาหนะจากทุกเส้นทางที่เข้าสู่ทางแยก และตรวจนับปริมาณยานพาหนะที่อยู่ในแถวคอย
2. ทำการสังเกตรอบ (Phase) เวลาสัญญาณไฟจราจร และการแสดงผลของสัญญาณไฟจราจร
3. ทำการสังเกตการทำงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรที่ปฏิบัติหน้าที่ควบคุมดูแลจังหวะสัญญาณไฟจราจร
4. ทำการสังเกตพฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะของผู้สัญจรผ่านทางแยก การเข้าช่องเดินรถ และการเปลี่ยนช่องเดินรถ

3.2.1 การสำรวจทางกายภาพ

ทำการสำรวจทางกายภาพของทางแยก เพื่อศึกษาเส้นทางการจราจร จำนวนช่องเดินรถ และการควบคุมการจราจร ในแต่ละช่องเดินรถของทั้ง 5 แยก ได้แก่ แยกลำสาลี แยกสวนสน แยกบางกะปิ สามแยกบางกะปิ และแยกแฮปปี้แลนด์ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.3

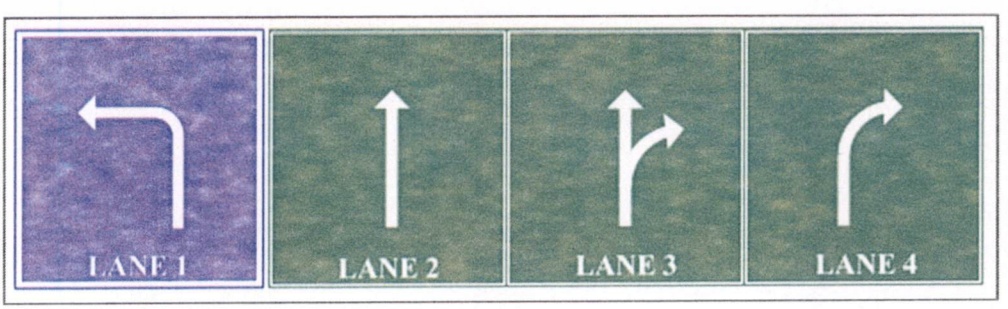
รูปที่ 3.3 ภาพถ่ายดาวเทียมการจราจรของทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แยกลำสาลี มีเส้นทางการจราจรวิ่งเข้ามาที่ทางแยก 4 ทิศทาง ประกอบด้วย ถนนศรีนครินทร์ด้านที่มาจากทางแยกกรุงเทพกรีฑา ถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ ถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน และถนนรามคำแหงด้านที่มาจากทางมหาวิทยาลัยรามคำแหง มีลักษณะเป็นดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 ลักษณะทางกายภาพของแยกลำสาลี

1.1) ถนนศรีนครินทร์ ด้านที่มาจากทางแยกกรุงเทพกรีฑาเข้าสู่แยกลำสาลีมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถเป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 3 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การจราจรในช่องเดินรถของถนนศรีนครินทร์ด้านที่มาจากทางแยกกรุงเทพกรีฑา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายไปทางมหาวิทยาลัยรามคำแหงได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปทางสามแยกบางกะปิ และเลี้ยวขวาไปทางแยกสวนสน
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกสวนสนเท่านั้น

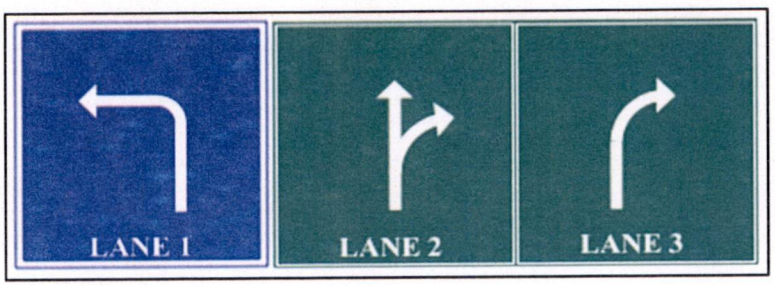
1.2) ถนนศรีนครินทร์ ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถเป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 3 ช่องเดินรถ และก่อนเข้าสู่ทางแยกฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 การจราจรในช่องเดินรถถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายไปทางแยกสวนสนได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปทางแยกกรุงเทพกรีฑาเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปทางแยกกรุงเทพกรีฑา และเลี้ยวขวาไปทางมหาวิทยาลัยรามคำแหง
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาเท่านั้น

1.3) ถนนรามคำแหง ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้า เพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายไปทางแยกกรุงเทพกรีฑาได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปมหาวิทยาลัยรามคำแหง และเลี้ยวขวาไปทางสามแยกบางกะปิ
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น

1.4) ถนนรามคำแหง ด้านมาจากทางมหาวิทยาลัยรามคำแหง ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง มีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงด้านมาจากทางมหาวิทยาลัยรามคำแหง

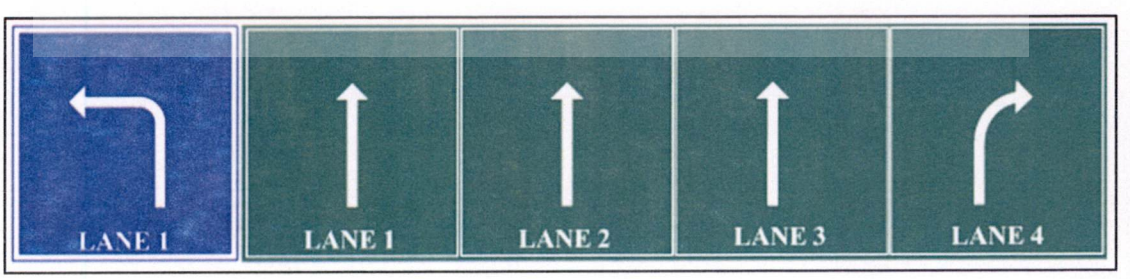
- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายไปทางสามแยกบางกะปิได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางแยกสวนสนและเลี้ยวขวาไปทางแยกกรุงเทพกรีฑา
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกกรุงเทพกรีฑาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แยกสวนสน มีเส้นทางการจราจรวิ่งเข้ามาที่ทางแยก 4 ทิศทาง ประกอบด้วย ถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี ถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลี ถนนพ่วงศิริ และถนนซอยรามคำแหง 60 มีลักษณะดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 ลักษณะทางกายภาพของแยกสวนสน

2.1) ถนนรามคำแหง ด้านที่มาจากมีนบุรี ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาออกมี 2 ช่องเดินรถ ส่วนฝั่งขาเข้ามี 3 ช่องเดินรถ และก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่เลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าซอยรามคำแหง 60 ได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจรและทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลี
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลี หรือขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลี
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลี
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกบางกะปิเท่านั้น

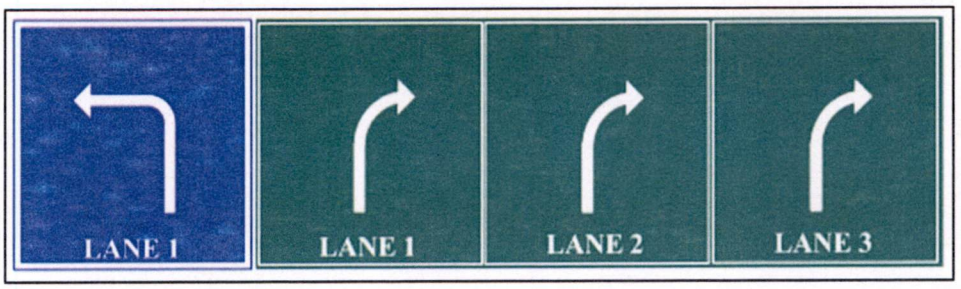
2.2) ถนนรามคำแหง ตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลี ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การจราจรในช่องเดินรถของถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลี

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนพ่วงศิริมุ่งตรงไปทางแยกบางกะปิได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร หรือทิศทางตรงไปทางมีนบุรี
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปทางมีนบุรีเท่านั้น

2.3) ถนนพ่วงศิริ ตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกบางกะปิ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ รถฝั่งขาเข้ามี 1 ช่องเดินรถ และก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาออกเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่เลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การจราจรในช่องเดินรถของถนนพ่วงศิริตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกบางกะปิ

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนรามคำแหงมุ่งหน้าไปทางมีนบุรีได้ โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร หรือเลี้ยวขวามุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวามุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลีเท่านั้น

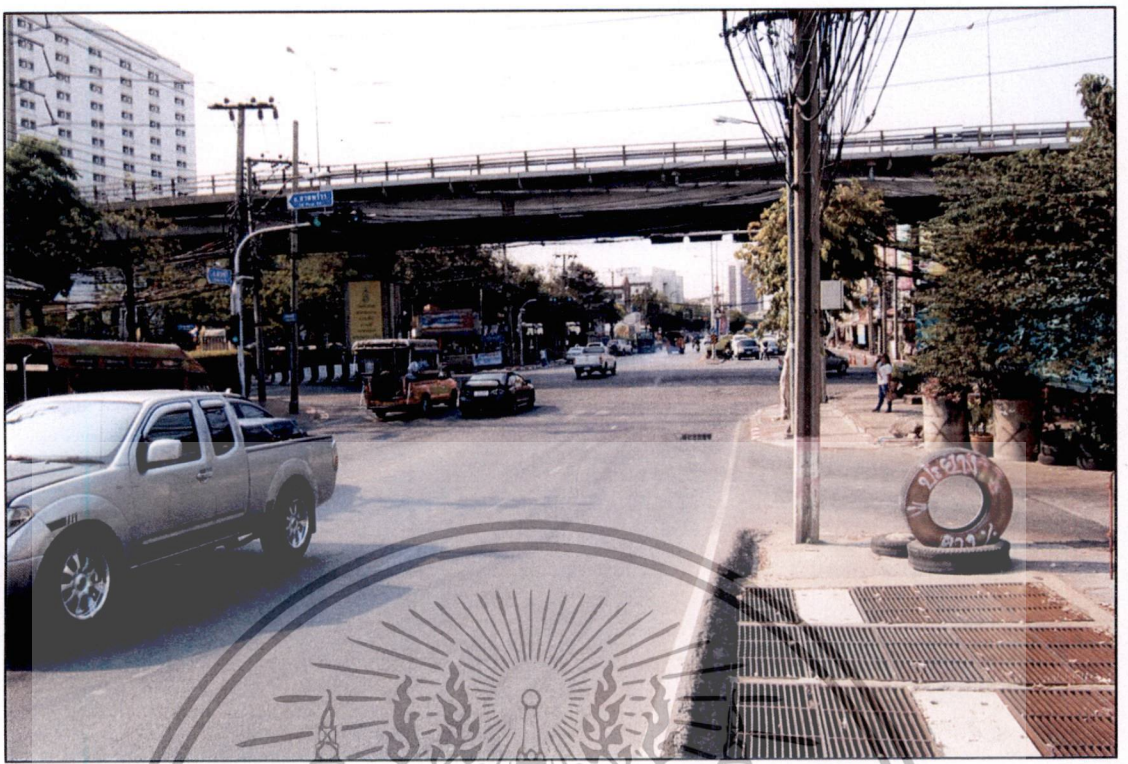
2.4) ซอยรามคำแหง 60 ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.13

รูปที่ 3.13 การจราจรในช่องเดินรถของถนนซอยรามคำแหง 60

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนรามคำแหงมุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีได้ โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางมีนบุรีเท่านั้น

3. แยกบางกะปิ มีเส้นทางการจราจรวิ่งเข้ามาที่ทางแยก 4 ทิศทาง ประกอบด้วย ถนนวมินทร์ ถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกบางกะปิถึงสามแยกบางกะปิ ถนนเสรีไทยด้านที่มาจากแยกนิด้า และถนนพ่วงศิริตั้งแต่แยกบางกะปิถึงแยกสวนสนมีลักษณะดังรูปที่ 3.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ลักษณะทางกายภาพของแยกบางกะปิ

3.1) ถนนนวมินทร์ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาเข้ามี 4 ช่องเดินรถ และลดช่องเดินรถเหลือ 3 ช่อง ส่วนฝั่งขาออกมี 3 ช่องเดินรถ และก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.15

รูปที่ 3.15 การจราจรในช่องเดินรถถนนนวมินทร์

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนเสรีไทยโดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปเข้าสู่ถนนพ่วงศิริมุ่งหน้าไปทางแยกสวนสน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปเข้าสู่ถนนพ่วงศิริมุ่งหน้าไปทางแยกสวนสน และทิศทางเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนลาดพร้าวมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนลาดพร้าวมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น

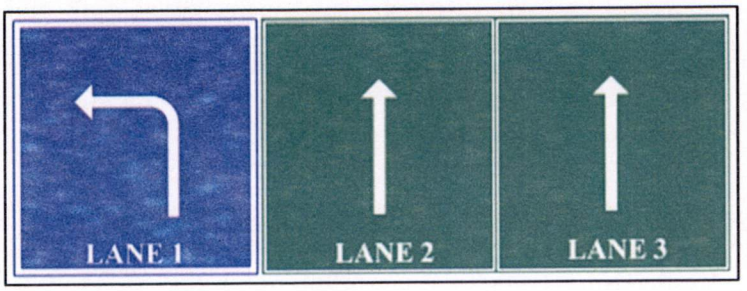
3.2) ถนนลาดพร้าวฝั่งขาออก ตั้งแต่แยกบางกะปิถึงสามแยกบางกะปิ มีลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาเข้ามี 4 ช่องเดินรถ ส่วนฝั่งขาออกมี 3 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกบางกะปิถึงสามแยกบางกะปิ

- ช่องเดินรถที่ 1 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนนวมินทร์โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนนวมินทร์โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางถนนเสรีไทยเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางถนนเสรีไทยเท่านั้น

3.3) ถนนเสรีไทย ด้านที่มาจากแยกนิด้า ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ และก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาออกเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่เลี้ยวซ้าย 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การจราจรในช่องเดินรถถนนเสรีไทยด้านที่มาจากแยกนิด้า

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนพ่วงศิริโดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางแยกสามแยกบางกะปิ และเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนพ่วงศิริ
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น

3.4) ถนนพ่วงศิริ ตั้งแต่แยกบางกะปิถึงแยกสวนสน ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกเพิ่มช่องเดินสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 การจราจรในช่องเดินรถถนนพ่วงศิริตั้งแต่แยกบางกะปิถึงแยกสวนสน

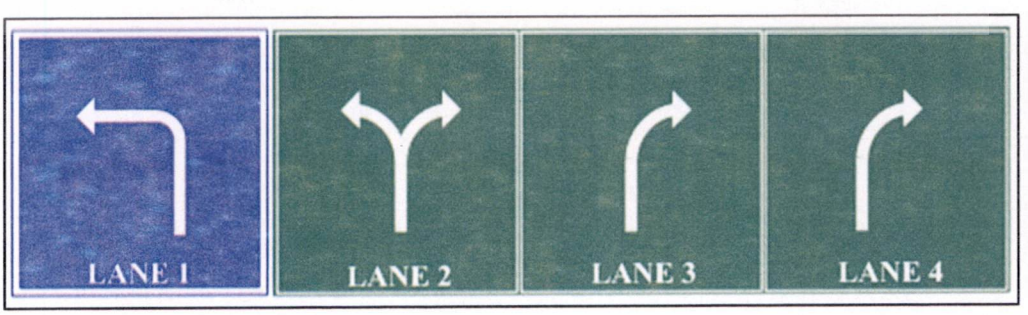
- ช่องเดินรถที่ 1 ไปได้ทั้งทิศทางเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนลาดพร้าวมุ่งหน้าไปสามแยกบางกะปิ และทิศทางตรงมุ่งหน้าไปถนนนวมินทร์
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงมุ่งหน้าไปถนนนวมินทร์ และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนเสรีไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สามแยกบางกะปิ มีเส้นทางการจราจรวิ่งเข้ามาที่ทางแยก 3 ทิศทาง ประกอบด้วย ถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี ถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ และถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิ

รูปที่ 3.19 ลักษณะทางกายภาพของสามแยกบางกะปิ

4.1) ถนนศรีนครินทร์ ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถเป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 3 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การจราจรในช่องเดินรถถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนลาดพร้าวมุ่งหน้าไปทางแยกแฮปปี้แลนด์ ได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางเลี้ยวซ้ายไปทางแยกแฮปปี้แลนด์และเลี้ยวขวาไปทางแยกบางกะปิ
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกบางกะปิเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกบางกะปิเท่านั้น

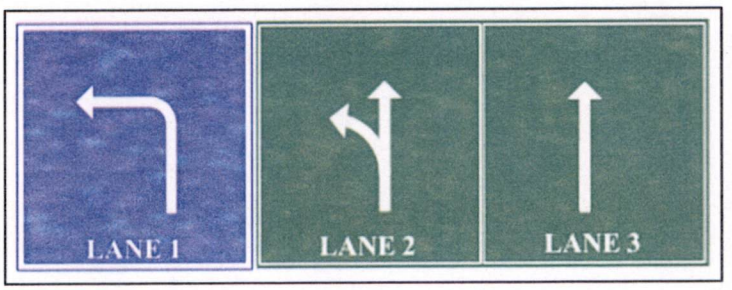
4.2) ถนนลาดพร้าว ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาเข้ามี 4 ช่องเดินรถ ส่วนฝั่งขาออกมี 3 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์

- ช่องเดินรถที่ 1 ทิศทางมุ่งหน้าไปทางแยกบางกะปิได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปทางแยกแฮปปี้แลนด์และเลี้ยวขวาไปทางแยกลำสาลี
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกลำสาลีเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางแยกลำสาลีเท่านั้น

4.3) ถนนลาดพร้าว ตั้งแต่แยกสามบางกะปิถึงแยกบางกะปิ มีลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาเข้ามี 3 ช่องเดินรถ ส่วนฝั่งขาออกมี 4 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกสามบางกะปีถึงแยกบางกะปิ

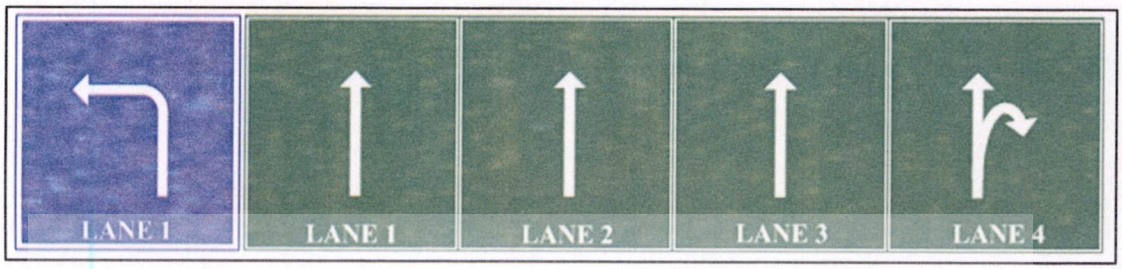
- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าถนนศรีนครินทร์มุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้ทั้งทิศทางตรงไปทางแยกแฮปปี้แลนด์ และเลี้ยวซ้ายเข้าถนนศรีนครินทร์มุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลี
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางแยกแฮปปี้แลนด์เท่านั้น

5. **แยกแฮปปี้แลนด์** มีเส้นทางการจราจรวิ่งเข้ามาที่ทางแยก 3 ทิศทาง ประกอบด้วย ถนนลาดพร้าว ถนนลาดพร้าวตั้งแต่ถึงแยกแฮปปี้แลนด์สามแยกบางกะปิ และถนนแฮปปี้แลนด์สาย 1 มีลักษณะดังรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.23 ลักษณะทางกายภาพของแยกแฮปปี้แลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

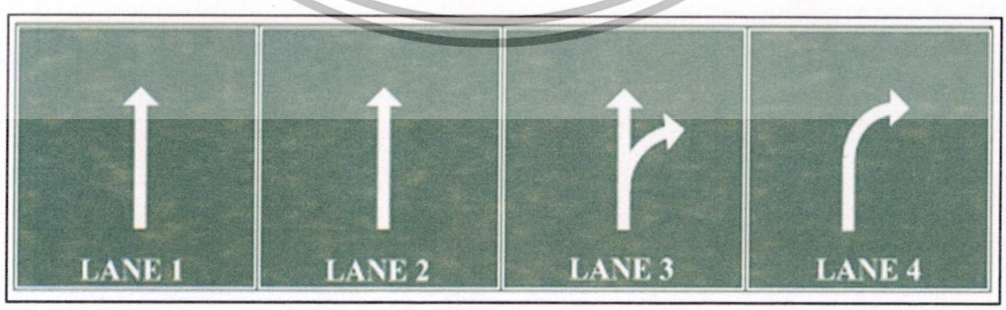
5.1) ถนนลาดพร้าว มีลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 3 ช่องเดินรถ ก่อนเข้าสู่ทางแยกยานพาหนะฝั่งขาเข้าเพิ่มช่องเดินรถสำหรับยานพาหนะที่รอสัญญาณไฟเลี้ยวขวา 1 ช่อง โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าว

- ช่องเดินรถที่ 1 ก่อนเข้าทางแยกสามารถเลี้ยวซ้ายเข้าถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 ได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร และทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงมุ่งหน้าปทางสามแยกบางกะปิเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้ทั้งทิศทางตรงมุ่งหน้าปทางสามแยกบางกะปิและกลับรถย้อนกลับไปถนนลาดพร้าวฝั่งขาเข้า

5.2) ถนนลาดพร้าว ตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถ เป็นถนนแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งขาเข้า3 ช่องเดินรถ ส่วนฝั่งขาออกมี 4 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.25

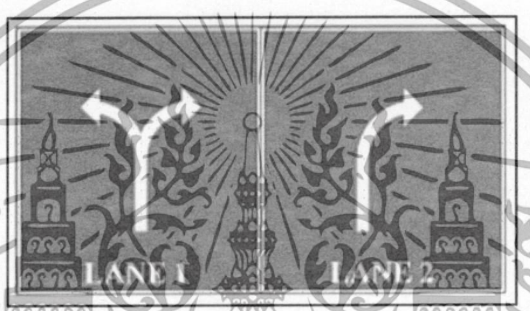


รูปที่ 3.25 การจราจรในช่องเดินรถถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่องเดินรถที่ 1 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปทางรัชดาเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางตรงไปทางรัชดาเท่านั้น
- ช่องเดินรถที่ 3 ไปได้ทั้งทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางรัชดา และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1
- ช่องเดินรถที่ 4 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 เท่านั้น

5.3) ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 ลักษณะทางกายภาพของช่องเดินรถแบบทางเดียว 2 ฝั่ง ฝั่งละ 2 ช่องเดินรถ โดยมีการควบคุมการจราจรในแต่ละช่องเดินรถเป็นดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 การจราจรในช่องเดินรถถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1

- ช่องเดินรถที่ 1 เลี้ยวซ้ายเข้าถนนลาดพร้าวมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ และเลี้ยวขวาไปทางรัชดา
- ช่องเดินรถที่ 2 ไปได้เฉพาะทิศทางเลี้ยวขวาไปทางรัชดาเท่านั้น

3.2.2 การสำรวจปริมาณแถวคอยและพื้นที่รองรับยานพาหนะ

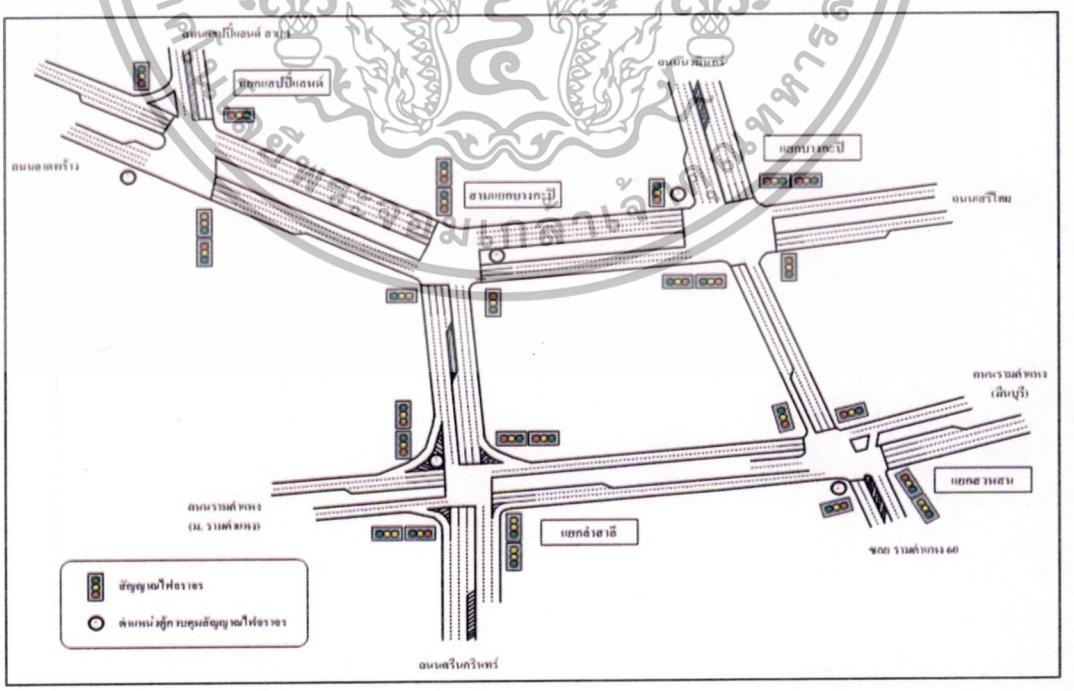
ใช้วิธีการนับจำนวนยานพาหนะที่จอดรอสัญญาณไฟจราจรอยู่ในแถวคอย ตั้งแต่หลังเส้นหยุดรอสัญญาณไฟจราจรไปจนถึงท้ายแถวคอย โดยนับเฉพาะยานพาหนะขนาด 4 ล้อ (ในการทดสอบด้วยแบบแบบจำลองการจราจรได้ออกแบบให้ใช้ยานพาหนะขนาด 4 ล้อเท่านั้น) ลักษณะของยานพาหนะในแถวคอยเป็นดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.27 ยานพาหนะอยู่ในแถวคอย

3.2.3 ตู้ควบคุมและตำแหน่งสัญญาณไฟจราจร

สำรวจตำแหน่งที่ตั้งของตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร และตำแหน่งเสาสัญญาณไฟจราจร ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ตำแหน่งตู้ควบคุมและสัญญาณไฟจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

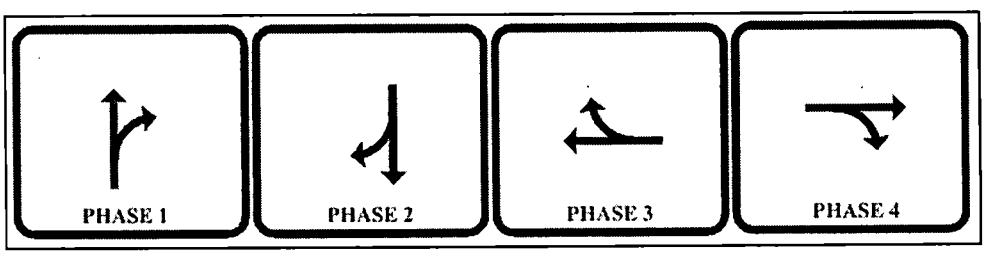
ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีทั้งหมด 5 จุด อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลลาดพร้าว จำนวน 3 จุด และสถานีตำรวจนครบาลหัวหมาก จำนวน 2 จุด คือ

1. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกบางกะปิ อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลลาดพร้าว มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่ประจำตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร
2. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรสามแยกบางกะปิ อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลลาดพร้าว มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่ประจำตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร
3. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกแฮปปี้แลนด์ อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลลาดพร้าว มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่ประจำตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร
4. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกลำสาลี อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลหัวหมาก มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่ประจำตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร
5. ตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรแยกสวนสน อยู่ในพื้นที่กำกับดูแลของสถานีตำรวจนครบาลหัวหมาก ไม่มีเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรปฏิบัติหน้าที่ประจำตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะมาเป็นช่วงเวลา เพื่ออำนวยความสะดวกในช่วงการจราจรติดขัดหรือชั่วโมงเร่งด่วน

3.2.4 การสำรวจจังหวะสัญญาณไฟจราจรทางแยกเครือข่าย

1. แยกลำสาลี

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกลำสาลีเป็นแบบกำหนดเวลาคงที่ ในแต่ละรอบจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนหรือมีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะควบคุมรอบสัญญาณไฟด้วยตนเอง ซึ่งรอบสัญญาณไฟจราจรของแยกลำสาลี เป็นแบบ 4 เฟส ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกลำสาลีแบบ 4 จังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสที่ 1 ควบคุมยานพาหนะจากถนนศรีนครินทร์ด้านที่มาจากแยกกรุงเทพกรีฑา มุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ และเลี้ยวขวาเข้าถนนรามคำแหงไปทางแยกสวนสน

เฟสที่ 2 ควบคุมยานพาหนะจากถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ มุ่งหน้าไปทางแยกกรุงเทพกรีฑา และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนรามคำแหงไปทางมหาวิยาลัยรามคำแหง

เฟสที่ 3 ควบคุมยานพาหนะยานพาหนะตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน

เฟสที่ 4 ควบคุมยานพาหนะจากถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมหาวิทยาลัยราคำแหงมุ่งหน้าไปทางแยกสวนสน หรือเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนศรีนครินทร์ไปทางแยกกรุงเทพกรีฑา

โดยเวลาสัญญาณไฟจราจรใน 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 231 วินาที และได้มีการกำหนดเวลาแบบคงที่ของแต่ละเฟส สำหรับควบคุมจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ดังนี้

เฟสที่ 1 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนศรีนครินทร์ด้านที่มาจากแยกกรุงเทพกรีฑา ให้สัญญาณไฟเขียวทิศทางตรง และเลี้ยวขวา 60 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 166 วินาที

เฟสที่ 2 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่แยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิ ให้สัญญาณไฟเขียวทิศทางตรง และเลี้ยวขวา 66 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 160 วินาที

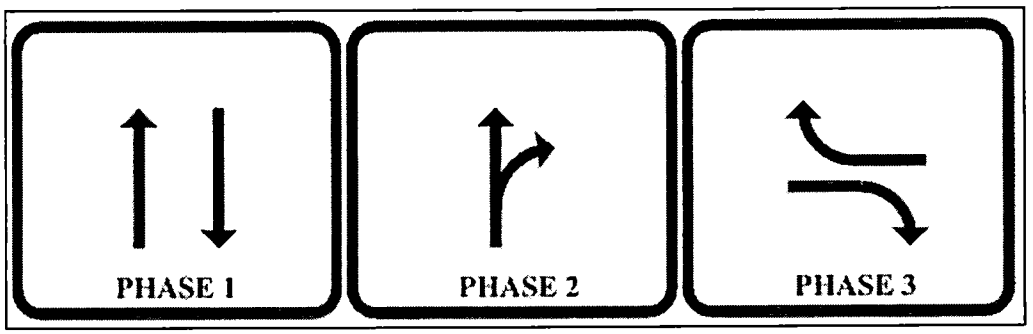
เฟสที่ 3 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกลำสาลีถึงแยกสวนสน ให้สัญญาณไฟเขียวทิศทางตรงและเลี้ยวขวา 45 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 181 วินาที

เฟสที่ 4 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมหาวิทยาลัยรามคำแหง ให้สัญญาณไฟเขียวทิศทางตรงและเลี้ยวขวา 40 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 186 วินาที

2. แยกสวนสน

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกสวนสนเป็นแบบกำหนดเวลาคงที่ ในแต่ละรอบจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน หรือมีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะควบคุมรอบสัญญาณไฟด้วยตนเอง ซึ่งรอบสัญญาณไฟจราจรของแยกสวนสนเป็นแบบ 3 เฟส ดังรูปที่ 3.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกสวนสนแบบ 3 จังหวะ

เฟสที่ 1 ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงที่มาจากมีนบุรีมุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีหรือขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลี และยานพาหนะถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลี

เฟสที่ 2 ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี มุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีหรือขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลี และยานพาหนะถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรีเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนพ่วงศิริไปทางแยกบางกะปิ

เฟสที่ 3 ควบคุมยานพาหนะถนนพ่วงศิริเลี้ยวขวาไปทางแยกลำสาลี หรือขึ้นสะพานข้ามแยกลำสาลี และยานพาหนะจากซอยรามคำแหง 60 เลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนรามคำแหงไปทางมีนบุรี

โดยเวลาสัญญาณไฟจราจรใน 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 175 วินาที และได้มีการกำหนดเวลาแบบคงที่ของแต่ละเฟส สำหรับควบคุมจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ดังนี้

เฟสที่ 1 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี ทิศทางตรง ให้สัญญาณไฟเขียว 105 วินาที ส่วนสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงตั้งแต่แยกสวนสนถึงแยกลำสาลีให้สัญญาณไฟเขียว 100 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 70 วินาที

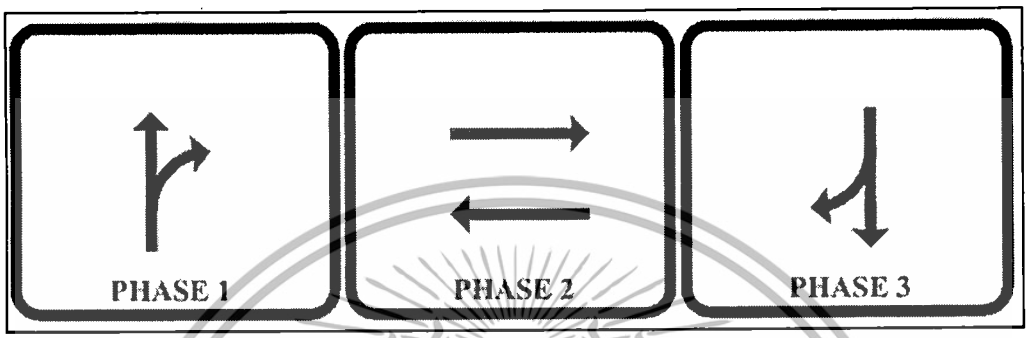
เฟสที่ 2 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนรามคำแหงด้านที่มาจากมีนบุรี ทิศทางตรง ให้สัญญาณไฟเขียว 20 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 45 วินาที ส่วนทิศทางเลี้ยวขวา ให้สัญญาณไฟเขียว 20 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 150 วินาที

เฟสที่ 3 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนพ่วงศิริให้สัญญาณไฟเขียว 35 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 135 วินาที ส่วนสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะที่มาจากซอยรามคำแหง 60 ให้สัญญาณไฟเขียว 40 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 130 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แยกบางกะปิ

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกบางกะปิเป็นแบบกำหนดเวลาคงที่ ในแต่ละรอบจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนหรือมีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะควบคุมรอบสัญญาณไฟด้วยตนเอง ซึ่งรอบสัญญาณไฟจราจรของแยกบางกะปิเป็นแบบ 3 เฟส ดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกบางกะปิแบบ 3 จังหวะ

เฟสที่ 1 ควบคุมยานพาหนะถนนนวมินทร์เข้าสู่ถนนพ่วงศิริ มุ่งหน้าไปทางแยกสวนสนและยานพาหนะเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนลาดพร้าวไปทางสามแยกบางกะปิ

เฟสที่ 2 ควบคุมยานพาหนะถนนเสรีไทยมุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ และยานพาหนะตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิมุ่งหน้าไปทางถนนเสรีไทย

เฟสที่ 3 ควบคุมยานพาหนะถนนพ่วงศิริมุ่งหน้าไปทางถนนนวมินทร์และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนเสรีไทยไปทางแยกนิด้า

โดยเวลาสัญญาณไฟจราจรใน 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 160 วินาที และได้มีการกำหนดเวลาแบบคงที่ของแต่ละเฟส สำหรับควบคุมจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ดังนี้

เฟสที่ 1 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนนวมินทร์ ทิศทางตรงและเลี้ยวขวาให้สัญญาณไฟเขียว 49 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 106 วินาที

เฟสที่ 2 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนเสรีไทยและสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิ ทิศทางตรงให้สัญญาณไฟเขียว 59 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 96 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสที่ 3 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนพ่วงศิริ ทิศทางตรงและเลี้ยวขวา ให้สัญญาณไฟเขียว 37 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 118 วินาที

4. สามแยกบางกะปิ

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรสามแยกบางกะปิเป็นแบบกำหนดเวลาคงที่ ในแต่ละรอบ จังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนหรือมีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะควบคุมรอบสัญญาณไฟด้วยตนเอง ซึ่งรอบสัญญาณไฟจราจรของสามแยกบางกะปิเป็นแบบ 3 เฟส ดังรูปที่ 3.32

รูปที่ 3.32 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรสามแยกบางกะปิแบบ 3 จังหวะ

เฟสที่ 1 ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิแยกแฮปปี้แลนด์ มุ่งหน้าไปทางแยกบางกะปิ และยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิ มุ่งหน้าไปทางแยกแฮปปี้แลนด์

เฟสที่ 2 ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ มุ่งหน้าไปทางแยกบางกะปิ และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนศรีนครินทร์ไปทางแยกลำสาลี

เฟสที่ 3 ควบคุมยานพาหนะถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี เลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนลาดพร้าวไปทางแยกบางกะปิ

โดยเวลาสัญญาณไฟจราจรใน 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 188 วินาที และได้มีการกำหนดเวลาแบบคงที่ของแต่ละเฟส สำหรับควบคุมจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

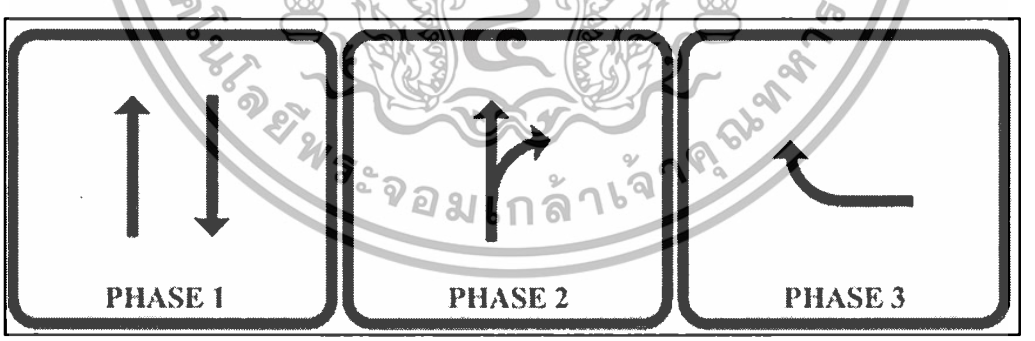
เฟสที่ 1 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ ทิศทางตรง ให้สัญญาณไฟเขียว 56 วินาที ส่วนสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวขาเข้าตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิให้สัญญาณไฟเขียว 51 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 143 วินาที

เฟสที่ 2 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ ทิศทางตรงให้สัญญาณไฟเขียว 72 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 66 วินาที ส่วนทิศทางเลี้ยวขวาให้สัญญาณไฟเขียว 72 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 122 วินาที

เฟสที่ 3 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนศรีนครินทร์ตั้งแต่สามแยกบางกะปิถึงแยกลำสาลี ให้สัญญาณไฟเขียว 61 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 133 วินาที

5. แยกแฮปปี้แลนด์

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกแฮปปี้แลนด์เป็นแบบกำหนดเวลาคงที่ในแต่ละรอบ จังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ไม่เปลี่ยนแปลง สำหรับช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนหรือมีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรจะควบคุมรอบสัญญาณไฟด้วยตนเอง ซึ่งรอบสัญญาณไฟจราจรของแยกแฮปปี้แลนด์เป็นแบบ 3 เฟส ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแยกแฮปปี้แลนด์แบบ 3 จังหวะ

เฟสที่ 1 ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ ทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางรัชดา และยานพาหนะถนนลาดพร้าวทิศทางตรง มุ่งหน้าไปทางสามแยกบางกะปิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟสที่ 2 ควบคุมยานพาหนะลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ ทิศทางตรงมุ่งหน้าไปทางรัชดา และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1

เฟสที่ 3 ควบคุมยานพาหนะจากถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 ทิศทางเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนลาดพร้าวขาออกไปทางสามแยกบางกะปิ และเลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนลาดพร้าวขาเข้าไปทางรัชดา

โดยเวลาสัญญาณไฟจราจรใน 1 รอบ ใช้เวลาเท่ากับ 193 วินาที และได้มีการกำหนดเวลาแบบคงที่ของแต่ละเฟส สำหรับควบคุมจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดง ดังนี้

เฟสที่ 1 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ ทิศทางตรงให้สัญญาณไฟเขียว 100 วินาที ส่วนสัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าว ทิศทางตรงให้สัญญาณไฟเขียว 95 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 93 วินาที

เฟสที่ 2 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนลาดพร้าวตั้งแต่แยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิ ทิศทางตรงให้สัญญาณไฟเขียว 46 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 42 วินาที ส่วนทิศทางเลี้ยวขวาให้สัญญาณไฟเขียว 46 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดง 142 วินาที

เฟสที่ 3 สัญญาณไฟจราจรที่ควบคุมยานพาหนะถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 ให้สัญญาณไฟเขียว 37 วินาที สัญญาณไฟเหลือง 3 วินาที สัญญาณไฟแดง 2 วินาที และสัญญาณไฟแดงอีก 151 วินาที

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 ปริมาณจำนวนยานพาหนะ

พบว่าช่วงเวลา 6.30 น. ถึง 9.00 น. และ 16.30 น. ถึง 19.00 น. ปริมาณยานพาหนะหนาแน่นมากที่สุดทำให้การจราจรติดขัด ส่วนช่วงเวลาอื่นปริมาณการจราจรจะน้อยทำให้การจราจรคล่องตัว

3.3.2 การจัดจังหวะสัญญาณไฟจราจร

กำหนดให้ยานพาหนะที่อยู่ในช่องเดินรถสำหรับเลี้ยวซ้ายสามารถขับผ่านตลอดไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร แต่ให้ระวังยานพาหนะทางด้านขวามือ ส่วนยานพาหนะที่อยู่ในช่องเดินรถสำหรับทิศทางตรงและเลี้ยวขวาต้องรอสัญญาณไฟจราจร

สำหรับยานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายซึ่งสามารถเลี้ยวได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟจราจร หรือที่เรียกว่า เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด มักก่อให้เกิดขวางการจราจรสำหรับยานพาหนะที่ได้ไฟเขียวจากทิศทางอื่น เช่น สามแยกบางกะปิมียานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนศรีนครินทร์ไปทางแยกลำสาลีจะก่อให้เกิดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยานพาหนะที่เลี้ยวขวามาจากถนนลาดพร้าวขาออก หรือแยกสวนสนมียานพาหนะที่เลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนรามคำแหงขาเข้ามุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลีจะกีดขวางยานพาหนะทิศทางตรงที่มาจากถนนรามคำแหง(มีนบุรี)มุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลี และยานพาหนะที่เลี้ยวขวามาจากถนนพ่วงศิริเข้าสู่ถนนรามคำแหงขาเข้ามุ่งหน้าไปทางแยกลำสาลี เป็นต้น

3.3.3 การแสดงผลสัญญาณไฟจราจร

มีการแสดงผลสองแบบ คือ แบบแสดงตัวเลข ซึ่งเป็นการทำงานของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ กับแบบไม่แสดงตัวเลข โดยใช้สัญลักษณ์ - - ซึ่งเป็นการทำงานด้วยตนเอง (Manual) ของเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรที่สั่งการด้วยการกดให้สัญญาณไฟเขียวด้วยตนเอง

3.3.4 แถวคอยของยานพาหนะ

ลักษณะของแถวคอยของยานพาหนะเป็นลักษณะมาถึงก่อนออกก่อน (FIFO : First In First Out) นั่นคือ ยานพาหนะที่มาถึงทางแยกก่อนเป็นคันแรกจะได้สิทธิในการผ่านทางแยกก่อน ส่วนคันถัดไปจะได้รับบริการต่อเมื่อยานพาหนะคันแรกออกจากเส้นหยุดออกไป นอกจากนี้ยังพบการแทรกแถวคอยโดยการเปลี่ยนช่องเดินรถจากแถวคอยหนึ่งไปอีกแถวคอยหนึ่ง ทำให้เกิดการชะลอตัวของยานพาหนะ

3.3.5 พฤติกรรมการขับขี่ยานพาหนะ

1. แยกบางกะปิยานพาหนะในช่องเดินรถที่ 1 โดยปกติให้เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด มักมีผู้ขับขี่ฝ่าฝืนขับตรงไปผ่านแยกเพื่อเข้าสู่ถนนพ่วงศิริไปทางแยกสวนสน
2. แยกสวนสนยานพาหนะในช่องเดินรถที่ 1 โดยปกติให้เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด และเลี้ยวขวาไปทางแยกลำสาลี มักมีผู้ขับขี่ฝ่าฝืนขับตรงไปผ่านแยกเพื่อเข้าสู่ซอยรามคำแหง 60 ซึ่งจะสวนทางเกิดกระแสการจราจรขัดกันกับยานพาหนะจากซอยรามคำแหง 60 เลี้ยวขวาเข้าสู่ถนนรามคำแหงขาออกไปทางมีนบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
แนวคิดและการออกแบบระบบใหม่

จากการวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบัน โดยศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรดังรายละเอียดในหัวข้อการศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานปัจจุบันนั้น ทำให้เข้าใจการทำงานในระบบปัจจุบัน และทราบถึงปัญหาต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบที่ทำให้เกิดการจราจรติดขัดบริเวณทางแยกจึงมีแนวคิด และการออกแบบระบบใหม่

4.1 แนวคิดระบบใหม่

โดยทั่วไปแล้วระบบแถวคอยประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ผู้มารับบริการ การเข้าแถวเพื่อรอรับบริการ และผู้ให้บริการ ซึ่งแถวคอยหรือคิว (Queue) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้มารับบริการไม่ได้รับบริการในทันที จึงต้องรอเพื่อเข้ารับบริการ

ในมุมมองการจราจรบริเวณทางแยกแล้ว เปรียบยานพาหนะได้กับผู้มารับบริการ เมื่อยานพาหนะมีความต้องการใช้ทรัพยากรร่วมกันในเวลาพร้อมกันโดยเฉพาะในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งทรัพยากรในที่นี้คือ พื้นผิวถนนที่รองรับยานพาหนะที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ต้องมีการเข้าแถวรอคอยสิทธิในการใช้ทรัพยากร นอกจากนี้การมาถึงของยานพาหนะก็เป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน เป็นการยากที่จะระบุว่ายานพาหนะจะเข้ามาในช่วงเวลาใดบ้าง และเข้ามาเป็นปริมาณเท่าใด ทำให้ปริมาณการจราจรในแต่ละช่วงเวลามีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งระยะเวลาในการให้บริการก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ไม่แน่นอนเช่นกัน อัตราการให้บริการหรือความสามารถในการให้บริการก็เป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลต่อความยาวแถวคอย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความสามารถในการรองรับผู้มารับบริการในแถวคอย เนื่องจากแถวคอยจะเกิดขึ้นเสมอเมื่อจำนวนผู้รับบริการมีมากกว่าความสามารถของผู้ให้บริการ ซึ่งถ้าพื้นที่รองรับมีจำกัดก็จะทำให้จำนวนยานพาหนะมีจำนวนน้อยหรือถูกจำกัดการเข้ามาด้วย ยานพาหนะที่ต้องการรับบริการจึงยังไม่อาจเข้ามาได้ทันที ดังนั้นการบริหารจัดการสัญญาณไฟจราจรด้วยการกำหนดเวลาคงที่ จึงไม่อาจตอบสนองต่อกระแสการจราจรที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างทันท่วงที

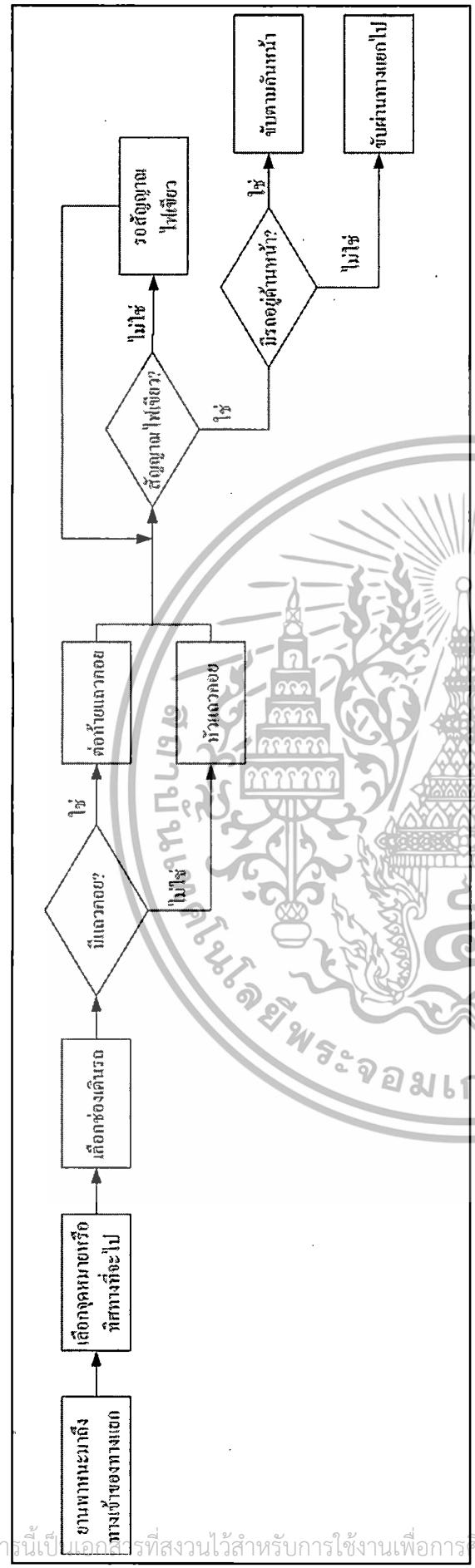
ระบบใหม่เป็นระบบที่สามารถปรับเปลี่ยนจังหวะสัญญาณไฟจราจรให้เป็นไปตามสภาพการจราจรจริง ณ เวลาขณะนั้น โดยจังหวะสัญญาณไฟจราจรแต่ละเฟส จะสอดคล้องกับปริมาณยานพาหนะ และพื้นที่รองรับยานพาหนะที่จะเข้ามาทางแยกในแต่ละทิศทาง ซึ่งจะเป็นการให้จังหวะสัญญาณไฟจราจรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ส่งผลให้การระบายยานพาหนะออกจากทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่ายมีความคล่องตัวมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 กระบวนการของยานพาหนะ

เมื่อยานพาหนะมาถึงทางแยกแล้ว และสัญญาณไฟจราจรเป็นไฟเขียว ถ้าไม่มียานพาหนะอยู่ก่อนหน้า จะขับขี่ผ่านทางแยกทันที แต่ถ้ามียานพาหนะอยู่ก่อนหน้า จะเข้าแถวต่อที่ด้านท้ายแถวคอยเพื่อรอขับขี่ผ่านทางแยกตามคันก่อนหน้า เมื่อผ่านทางแยกแล้วก็จะไปรอรับสัญญาณไฟเขียวที่แยกถัดไป และดำเนินไปเช่นนี้จนกว่าจะออกจากโครงข่ายถนน ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กระบวนการของยานพาหนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 จังหวะสัญญาณไฟ

การประมวลผลเพื่อคำนวณหาค่าสัญญาณไฟเขียว จะใช้ปริมาณแถวคอยและปริมาณพื้นที่รองรับยานพาหนะ

1. ปริมาณแถวคอย หรือ คิว (Queue)

$$\text{ANINT}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{\text{Lane}}\right) * \text{PassTime} \qquad (4.1)$$

โดยที่ ANINT หมายถึง การหารปัดเศษจำนวนเต็ม

Q หมายถึง แถวคอยยานพาหนะทุกช่องทางเดินรถที่ไปในทิศทางเดียวกัน

Lane หมายถึง จำนวนช่องเดินรถในทิศทางนั้น

PassTime หมายถึง เวลาขับขี่ผ่านทางแยกต่อคัน

i หมายถึง ช่องเดินรถ

2. ปริมาณพื้นที่รองรับยานพาหนะ หรือ บัฟเฟอร์ (Buffer)

$$\text{ANINT}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} B_i}{\text{Lane}}\right) * \text{PassTime} \qquad (4.2)$$

โดยที่ ANINT หมายถึง การหารปัดเศษจำนวนเต็ม

B หมายถึง พื้นที่รองรับยานพาหนะหลังแถวคอยของช่องเดินรถ

Lane หมายถึง จำนวนช่องเดินรถในทิศทางนั้น

PassTime หมายถึง เวลาขับขี่ผ่านทางแยกต่อคัน

i หมายถึง ช่องเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟเขียว

ในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร ถ้าเส้นทางการจราจรมีสัญญาณไฟจราจรควบคุมยานพาหนะเพียงทิศทางเดียว เช่น ทุกช่องเดินรถให้ตรงไป หรือ เลี้ยวขวาเพียงทิศทางเดียว เป็นต้น เมื่อการประมวลผลค่าสัญญาณไฟเขียวเสร็จแล้ว สามารถนำค่าที่ได้ไปกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรได้ทันที แต่ในกรณีที่เส้นทางการจราจรมีการควบคุมทิศทางของช่องเดินรถมากกว่า 1 ทิศทาง เช่น ควบคุมยานพาหนะทิศทางตรง และทิศทางเลี้ยวขวาพร้อมกัน ให้นำค่าระยะเวลาไฟเขียวทั้ง 2 ทิศทางมาเปรียบเทียบกัน ตัวอย่างเช่น สมมติให้ยานพาหนะขับขี่ผ่านทางแยกไปยังทางแยกถัดไปได้ 3 ทิศทางคือ เลี้ยวซ้าย ตรงไป และเลี้ยวขวา โดยที่ทิศทางเลี้ยวซ้ายให้ขับขี่ผ่านได้โดยไม่ต้องรอสัญญาณไฟ หรือที่มักเรียกว่า เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด ส่วนทิศทางตรงไปและเลี้ยวขวาผู้ขับขี่ยานพาหนะต้องรอสัญญาณไฟจราจร

ทิศทางตรงไป คือ ทิศทาง x มุ่งหน้าไปทางแยก m ส่วนทิศทาง y มุ่งหน้าไปทางแยก n

ค่าสัญญาณไฟเขียว (G_Light) ของ TrafficLightX เท่ากับ G_LightX

ค่าสัญญาณไฟเขียว (G_Light) ของ TrafficLightY เท่ากับ G_LightY

เปรียบเทียบ G_LightX กับ G_LightY

ถ้า G_LightX < G_LightY

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightX = G_LightX

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightY = (G_LightY - G_LightX) + G_LightX

ถ้า G_LightX > G_LightY

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightX = (G_LightX – G_LightY) + G_LightY

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightY = G_LightY

ถ้า G_LightX = G_LightY

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightX = G_LightX

เวลาไฟเขียวของ TrafficLightY = G_LightX

ในกรณีที่ G_LightX มีค่าเท่ากับ G_LightY จะใช้ G_LightX หรือ G_LightY ค่าใดก็ได้มีค่าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบระบบใหม่

การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริงมี 2 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนที่ 1 เป็นการตรวจสอบปริมาณแถวคอย และพื้นที่รองรับยานพาหนะในเวลา ณ ขณะนั้น และส่วนที่ 2 เป็นการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร เพื่อควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบที่สัมพันธ์กับปริมาณแถวคอย (Queue) และพื้นที่รองรับยานพาหนะ (Buffer)

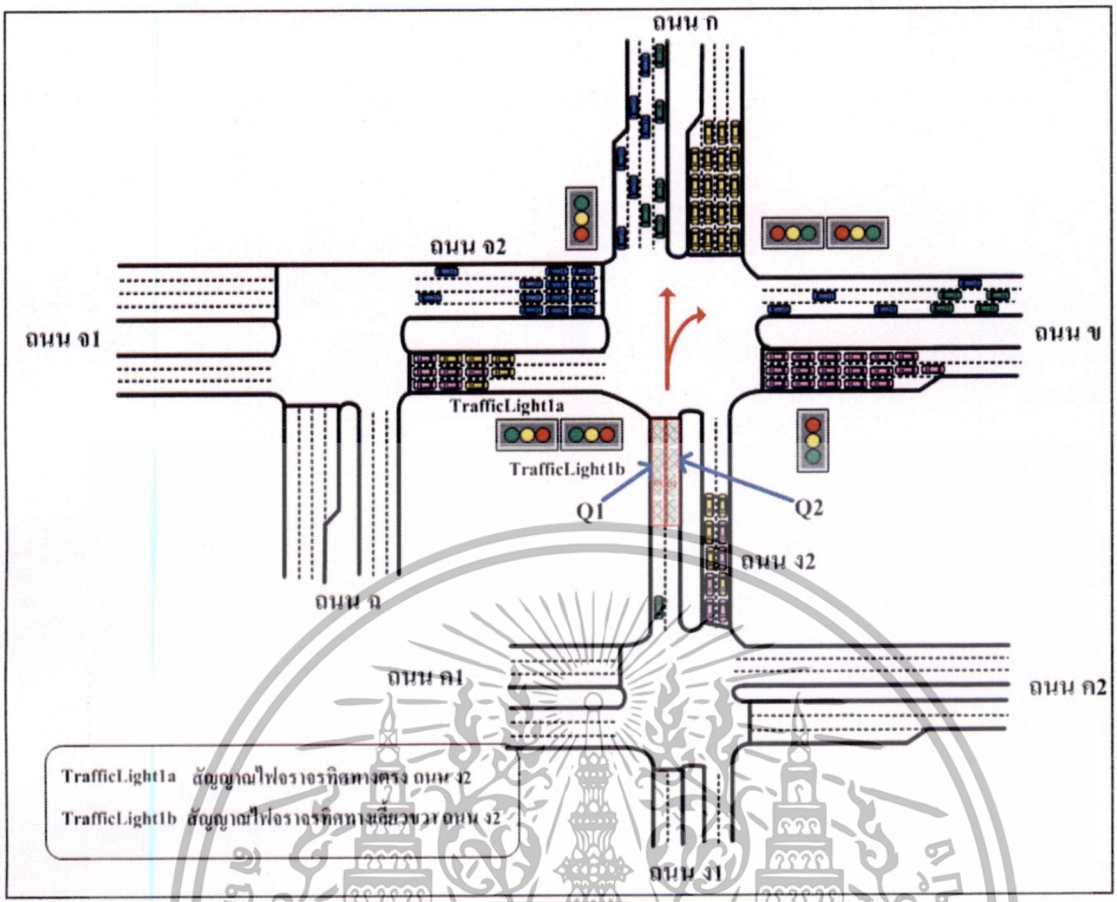
พื้นที่รองรับยานพาหนะหรือบัฟเฟอร์ (Buffer) คือ ความจุของระบบ หรือ ที่พักของยานพาหนะที่เข้ามาใช้บริการแถวคอย โดยแสดงถึงจำนวนยานพาหนะที่สามารถอยู่ในทางแยกโครงข่าย ณ เวลานั้น ๆ หรือแสดงถึงความสามารถของระบบที่รับได้

การออกแบบระบบสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง โดยการประยุกต์ใช้ปริมาณแถวคอยและบัฟเฟอร์ ณ ขณะนั้น ในการกำหนดค่าจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละรอบ ขึ้นอยู่กับลักษณะของทางแยกที่ยานพาหนะจะสัญจรผ่านไปว่าเป็นลักษณะแบบใด เช่น แบบสามแยก หรือสี่แยก เป็นต้น และเป็นทางแยกต่อเนื่องรูปแบบใดด้วย เช่น ทางแยกต่อเนื่องฉัดกันไปเรื่อย ๆ หรือทางแยกต่อเนื่องแบบโครงข่าย ซึ่งในกรณีศึกษานี้ลักษณะทางแยกเป็นแบบโครงข่าย นอกจากนี้ในการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในแต่ละเฟสของแต่ละทางแยกก็แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับทิศทางการจราจรด้วย บางเฟสใช้เฉพาะปริมาณแถวคอยพาหนะเท่านั้น แต่บางเฟสต้องใช้ทั้งปริมาณแถวคอย และพื้นที่รองรับยานพาหนะร่วมกัน

1. กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอย-แถวคอย (Q-Q)

การใช้ปริมาณแถวคอยมักเป็นทางแยกที่อยู่ส่วนนอกหรือด้านนอกของโครงข่ายถนน ซึ่งเมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกออกไปแล้วไม่มีแยกฉัดไปจึงไม่ต้องนำบัฟเฟอร์มาร่วมกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 4.2

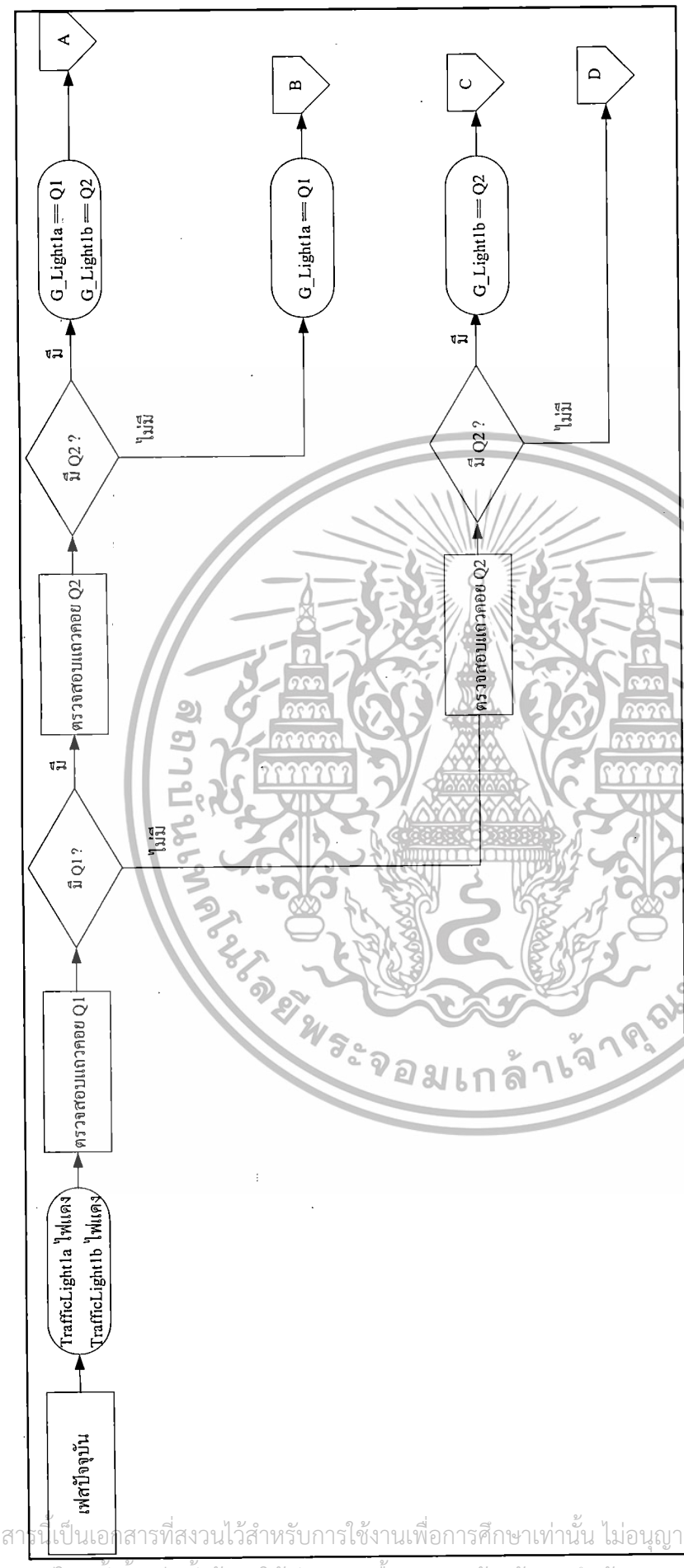
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ Q-Q

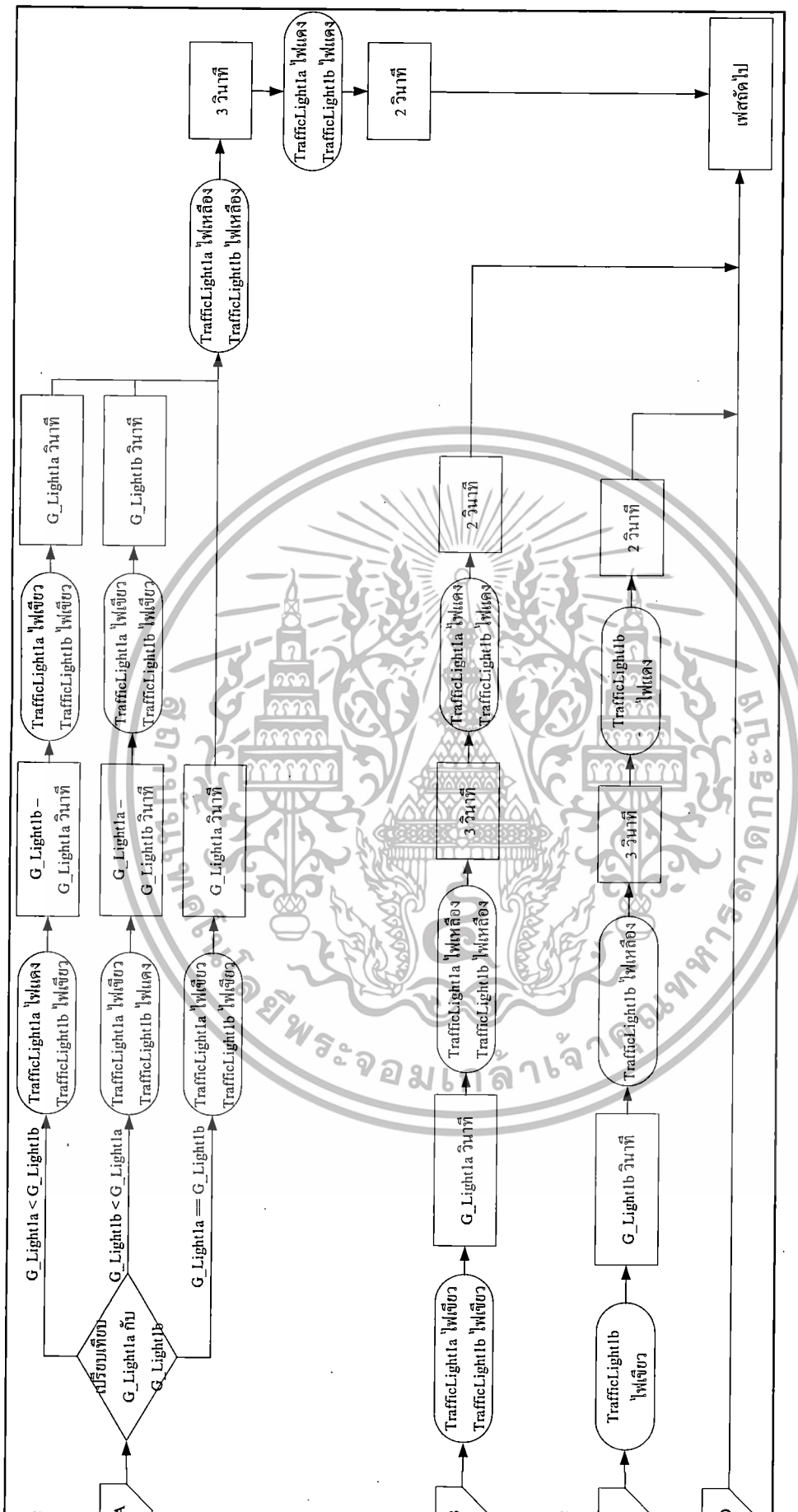
จากรูปที่ 4.2 เปรียบเทียบปริมาณ Q1 กับ Q2 ค่าจังหวะสัญญาณไฟเขียวของ Q1 กับ Q2 อาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันในรอบนั้น ๆ ขึ้นอยู่กับปริมาณยานพาหนะที่รอในแถวคอยของทิศทางนั้น ๆ กระบวนการในการประมวลผลและกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรจะเป็นดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กระบวนการกำหนดสัญญาณไฟจราจรแบบ Q-Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอยและแถวคอย จะมีทั้งหมด 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ตรวจสอบแล้วมี Q1 และQ2 กรณีที่ 2 ตรวจสอบแล้วมี Q1ไม่มี Q2 กรณีที่ 3 ตรวจสอบแล้วมีเฉพาะ Q2 และกรณีที่ 4 ไม่มีทั้ง Q1 และQ2 ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานแต่ละกรณีได้ดังนี้

1) มี Q 1 และ Q2 กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 นำ Q1 คำนวณตามสมการ 4.1 กำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1a คือ G_Light1a

ขั้นที่ 2 นำ Q2 คำนวณตามสมการ 4.1 กำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1b คือ G_Light1b

ขั้นที่ 3 เปรียบเทียบ G_Light1a กับ G_Light1b

ขั้นที่ 4 นำ G_Light1a เปรียบเทียบกับ G_Light1b

- G_Light1a < G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a น้อยกว่า ค่าG_Light1b ถ้าทิศทางที่ควบคุมด้วย TrafficLight1a เมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกไปแล้วไม่มีแยกถัดไปให้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรตาม TrafficLight1b ดังนั้น ให้TrafficLight1a และTrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Ligh1b ลบ G_Light1a วินาที จากนั้นเปลี่ยนค่าสัญญาณไฟเขียว เท่ากับ G_Light1a วินาที ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟ เท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

- G_Light1a > G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a มากกว่า ค่าG_Light1b ถ้าทิศทางที่ควบคุมด้วย TrafficLight1b เมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกไปแล้วไม่มีแยกถัดไปให้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรตาม TrafficLight1a ดังนั้น ให้TrafficLight1a และTrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Ligh1a ลบ G_Light1b วินาที จากนั้นเปลี่ยนค่าสัญญาณไฟเขียว เท่ากับ G_Light1b วินาที ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- G_Light1a = G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a เท่ากับ ค่าG_Light1b จะใช้ค่า G_Light1a หรือ G_Light1b ค่าใดก็ได้ในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟเขียว เนื่องจากทั้งสองค่ามีค่าเท่ากัน (ในที่นี้ผู้ศึกษาจะใช้ค่า G_Light1a) ให้TrafficLight1a และTrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1a วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

2) มี Q1 และไม่มี Q2 กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

นำ Q1 คำนวณตามสมการ 4.1 จากนั้นกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1a คือ G_Light1a ในกรณีนี้ ถ้าทิศทางที่ควบคุมด้วย TrafficLight1b เมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกไปแล้วไม่มีแยกถัดไปให้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรตาม TrafficLight1a

ดังนั้น ให้TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Ligh1a ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟ เท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟ เท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

3) มีเฉพาะ Q2

นำ Q2 คำนวณตามสมการ 4.1 จากนั้นกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1b คือ G_Light1b ในกรณีนี้ถ้าทิศทางที่ควบคุมด้วย TrafficLight1a เมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกไปแล้วไม่มีแยกถัดไปให้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรตาม TrafficLight1b

ดังนั้น ให้ TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Ligh1b ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟ เท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟ เท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณ ไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

4) ไม่มีทั้ง Q1 B1และQ2

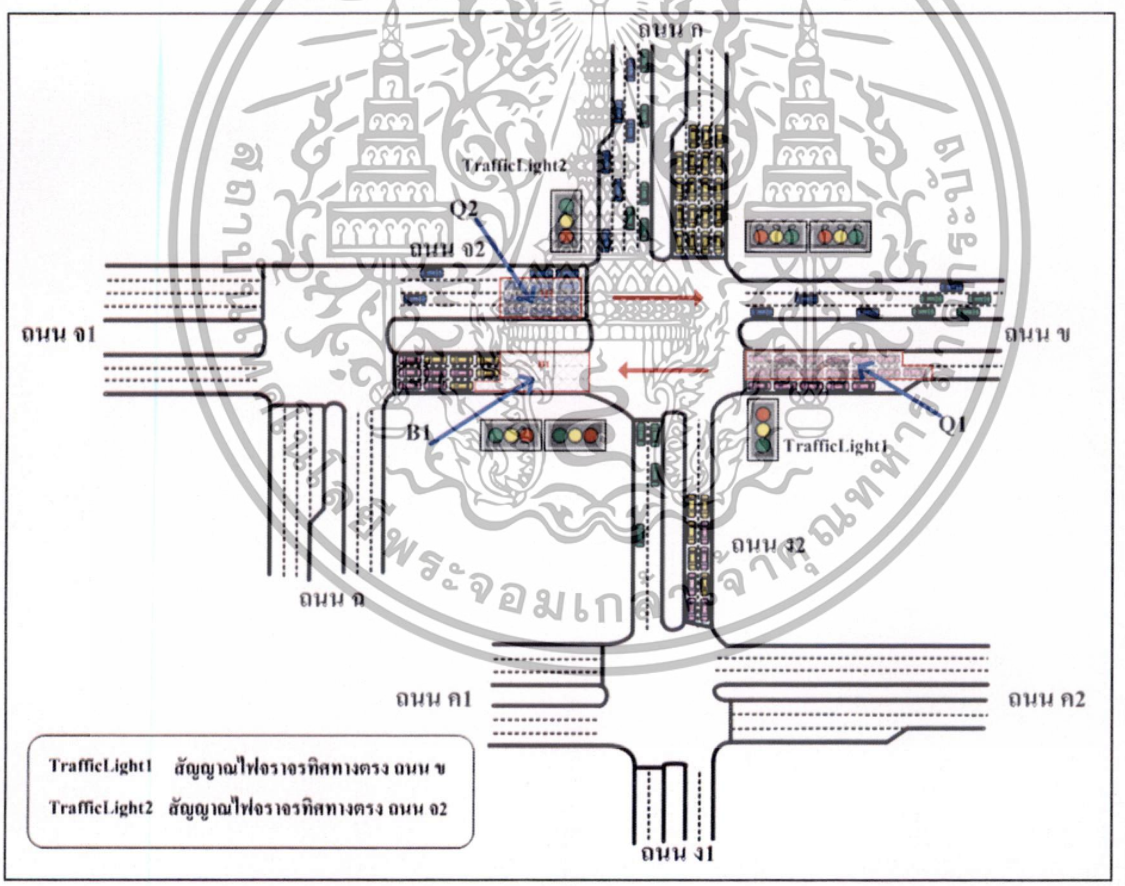
สัญญาณไฟจราจรของเฟสนี้ทั้ง TrafficLight1a และ TrafficLight1b จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดง และข้ามไปทำงานของเฟสถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อพึงระมัดระวังในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอยกับแถวคอยในกรณีที่ไม่มีทางแยกถัดไป แม้ค่าสัญญาณไฟเขียวที่ได้จากการประมวลผลจะไม่เท่ากัน ในการนำไปใช้สถานการณ์จริงควรให้จังหวะสัญญาณไฟที่ควบคุมทั้ง 2 ทิศทางทำงานพร้อมกัน แต่ถ้ามีทางแยกถัดไปจะไม่สามารถใช้การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรพร้อมกันได้ ต้องใช้ค่าสัญญาณไฟตามการประมวลผลที่ได้เท่านั้น เพราะจะส่งผลกระทบกับบัฟเฟอร์ของแยกถัดไปได้

2. กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอย – บัฟเฟอร์กับแถวคอย (QB - Q)

การใช้ปริมาณแถวคอย และบัฟเฟอร์ของเส้นทางหนึ่งกับแถวคอยของอีกเส้นทางหนึ่งมักใช้กับทางแยกที่อยู่ส่วนนอกหรือด้านนอกของโครงข่ายถนน ซึ่งเมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกออกไปแล้วจะไปรอสัญญาณไฟจราจรที่แยกถัดไปจึงไม่ต้องนำบัฟเฟอร์มาร่วมกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB - Q

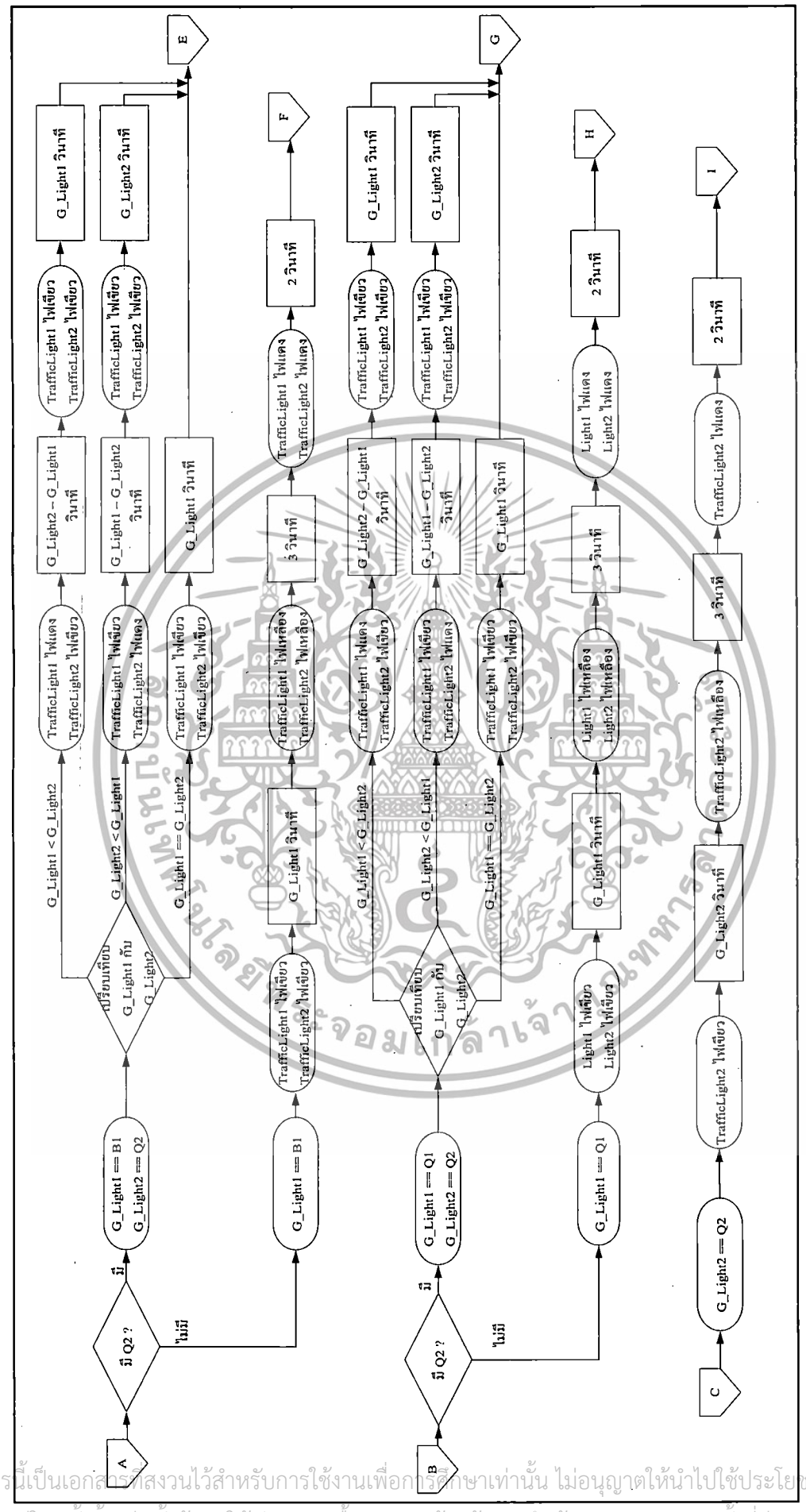
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 ยานพาหนะจากถนน ข วิ่งเข้าหาทางแยกเพื่อเข้าสู่ทางโครงข่ายถนน ส่วนยานพาหนะอีกด้านหนึ่งที่มาจากถนน จ2 จะวิ่งเข้าหาทางแยกเพื่อออกจากโครงข่ายถนน โดยทิศทางที่เข้าสู่โครงข่ายถนนจะต้องใช้ปริมาณแถวคอยเปรียบเทียบกับปริมาณบัฟเฟอร์ของแยกถัดไป ส่วนอีกทิศทางที่ออกจากโครงข่ายถนนจะใช้เฉพาะปริมาณแถวคอยเท่านั้น กระบวนการในการประมวลผล และกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรเป็นดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 กระบวนการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB – Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอย – บัฟเฟอร์ และแถวคอย จะมีทั้งหมด 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ตรวจสอบแล้วมี Q1 B1และQ2 กรณีที่ 2 ตรวจสอบแล้วมี Q1และB1 ไม่มี Q2 กรณีที่ 3 ตรวจสอบแล้วมีเฉพาะ Q2 และกรณีที่ 4 ไม่มีทั้ง Q1 B1และQ2 ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานแต่ละกรณีได้ดังนี้

1) มี Q 1 B1 และ Q2 กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ Q1 กับ B1

- B1 < Q1 ให้ใช้ค่า B1
- B1 > Q1 ให้ใช้ค่า Q1
- B1 = Q1 ให้ใช้ค่า B1

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1 คือ G_Light1

ขั้นที่ 3 นำ Q2 คำนวณตามสมการ 4.1 กำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight2 คือ G_Light2

ขั้นที่ 4 นำ G_Light1 เปรียบเทียบกับ G_Light2

- G_Light1 < G_Light2

กรณีที่ค่า G_Light1 น้อยกว่า ค่า G_Light2 ให้TrafficLight1 เป็นสัญญาณไฟแดง ส่วน TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light2 ลบ G_Light1 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วน TrafficLight2 ยังเป็นสัญญาณไฟเขียวอยู่เช่นเดิม มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

- G_Light1 > G_Light2

กรณีที่ค่า G_Light1 มากกว่า ค่า G_Light2 ให้TrafficLight1 เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วนTrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1 ลบ G_Light1 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วน TrafficLight1 เป็นสัญญาณไฟเขียวอยู่เช่นเดิม มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light2 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- G_Light1 = G_Light2

กรณีที่ค่า G_Light1 เท่ากับ ค่า G_Light2 จะใช้ค่า G_Light1 หรือ G_Light2 ค่าใดก็ได้ในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟเขียว เนื่องจากทั้งสองค่ามีค่าเท่ากัน (ในที่นี้ผู้ศึกษาจะใช้ค่า G_Light1) ให้TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

2) มี Q1และB1 ไม่มี Q2 กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ Q1 กับ B1

- B1 < Q1 ให้ใช้ค่า B1
- B1 > Q1 ให้ใช้ค่า Q1
- B1 = Q1 ให้ใช้ค่า B1

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1 คือ G_Light1 (ถ้าทิศทางที่ควบคุมด้วย TrafficLight2 เมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกไปแล้วไม่มีแยกถัดไปให้กำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรตาม TrafficLight1) ให้TrafficLight1และTrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1 และ TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

3) มีเฉพาะ Q2

กรณีนี้สามารถเป็นไปได้ 2 สาเหตุ คือ มี Q1 แต่ไม่มี B2 เนื่องจากพื้นที่รองรับของ B1 มียานพาหนะใช้บริการเต็มพื้นที่ไม่สามารถรองรับยานพาหนะเข้าไปเพิ่มอีก หรือมี B1 แต่ไม่มี Q1 คือแถวคอยของยานพาหนะที่รอผ่านทางแยก กระบวนการทำงานจะเป็นดังนี้

นำ Q2 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 กำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight2 คือ G_Light2 ในกรณีนี้สัญญาณไฟจราจรของ TrafficLight1 จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดงทุกจังหวะของ TrafficLight2 โดยให้TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light2 วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight2 เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

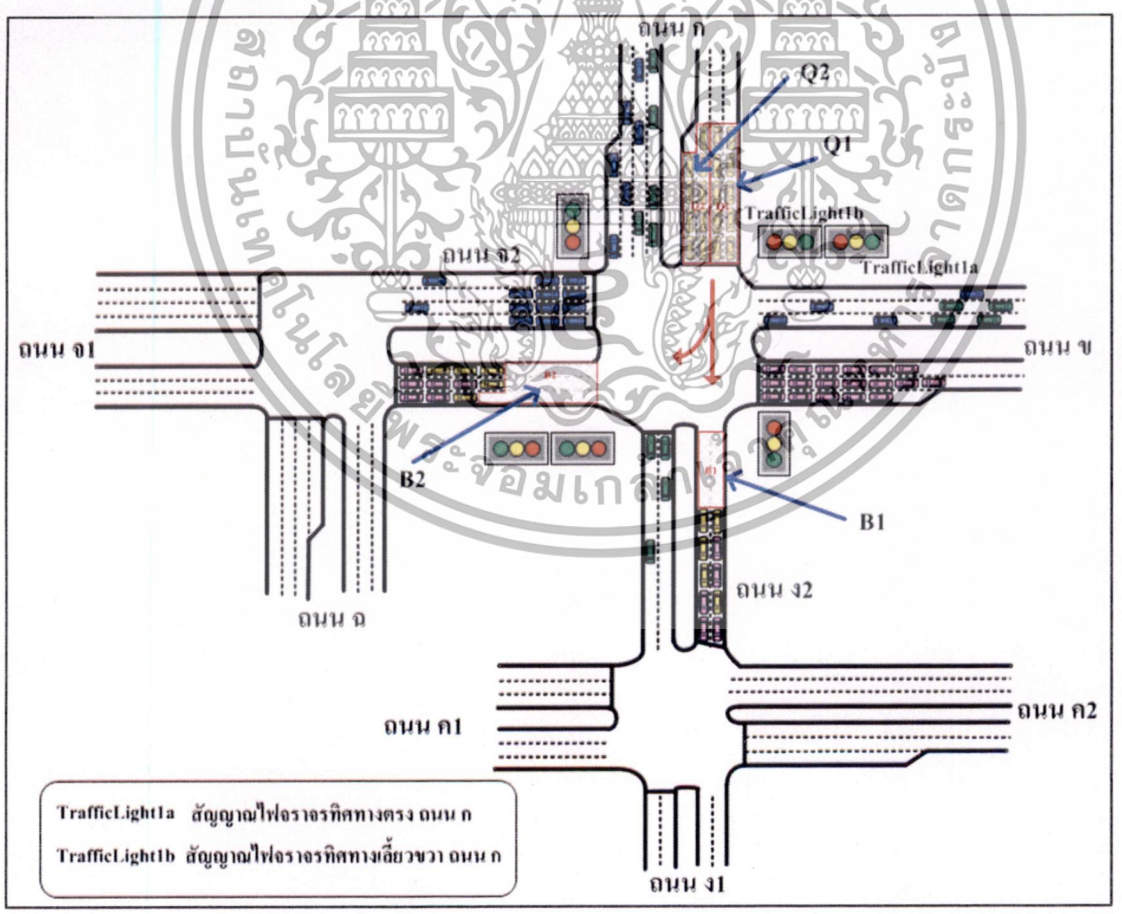
2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปของ TrafficLight1 และ TrafficLight2 ขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

4) ไม่มีทั้ง Q1 B1และQ2

สัญญาณไฟจราจรของเฟสนี้ทั้ง TrafficLight1 และ TrafficLight2 จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดง และข้ามไปทำงานของเฟสถัดไป

3. การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอย – บัฟเฟอร์กับแถวคอย - บัฟเฟอร์ (QB-QB)

การใช้ใช้ปริมาณแถวคอยและบัฟเฟอร์ของทิศทางหนึ่งร่วมกับแถวคอย และบัฟเฟอร์ของอีกทิศทางหนึ่งมักใช้กับทางแยกที่อยู่ส่วนนอกหรือด้านนอก หรือทางแยกส่วนในหรือด้านในของโครงข่ายถนน ซึ่งเมื่อยานพาหนะผ่านทางแยกออกไปแล้วจะไปรอสัญญาณไฟจราจรที่แยกถัดไปจึงต้องนำปริมาณแถวคอยและบัฟเฟอร์มาร่วมกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 4.6

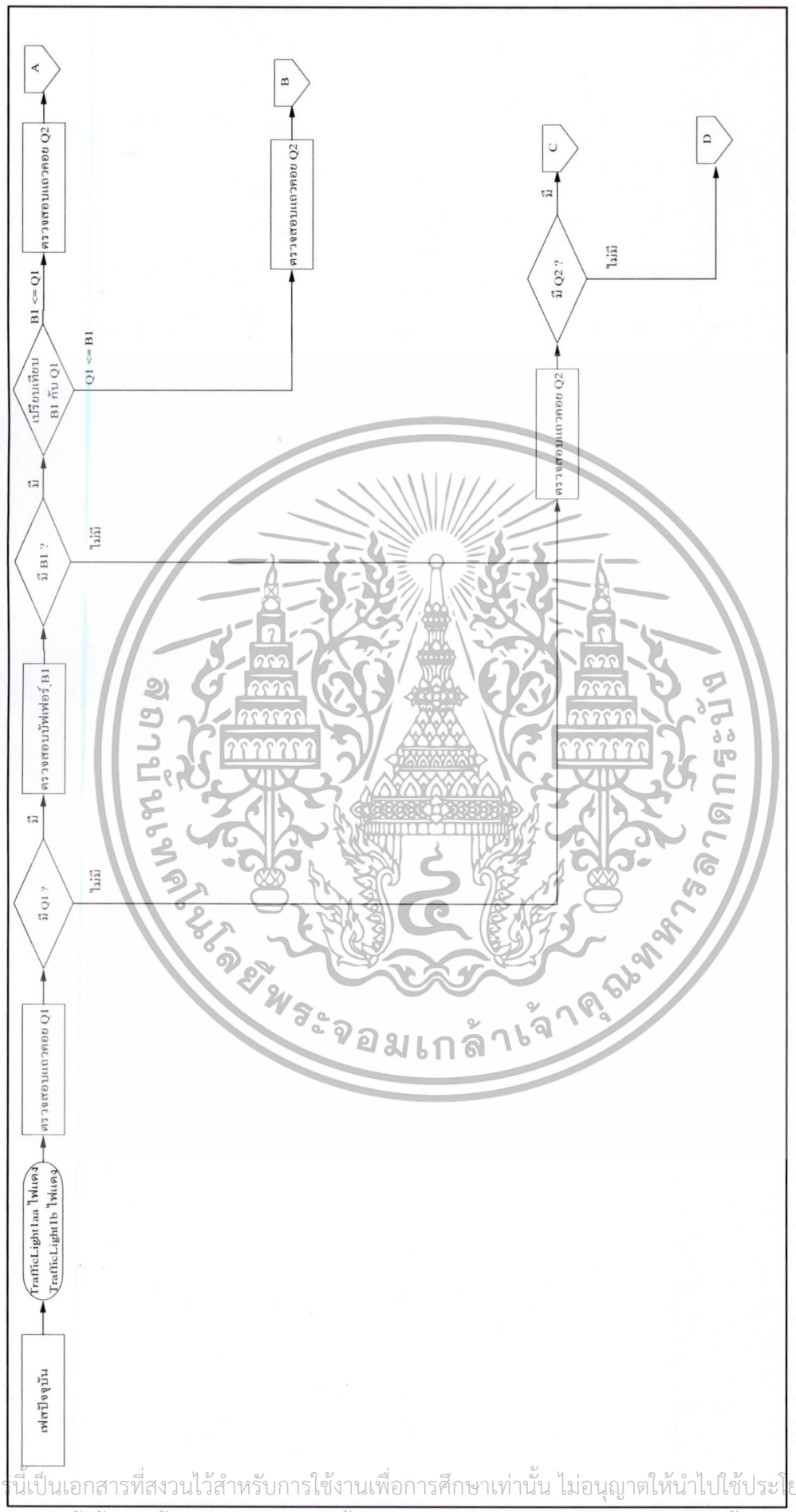


รูปที่ 4.6 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB-QB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

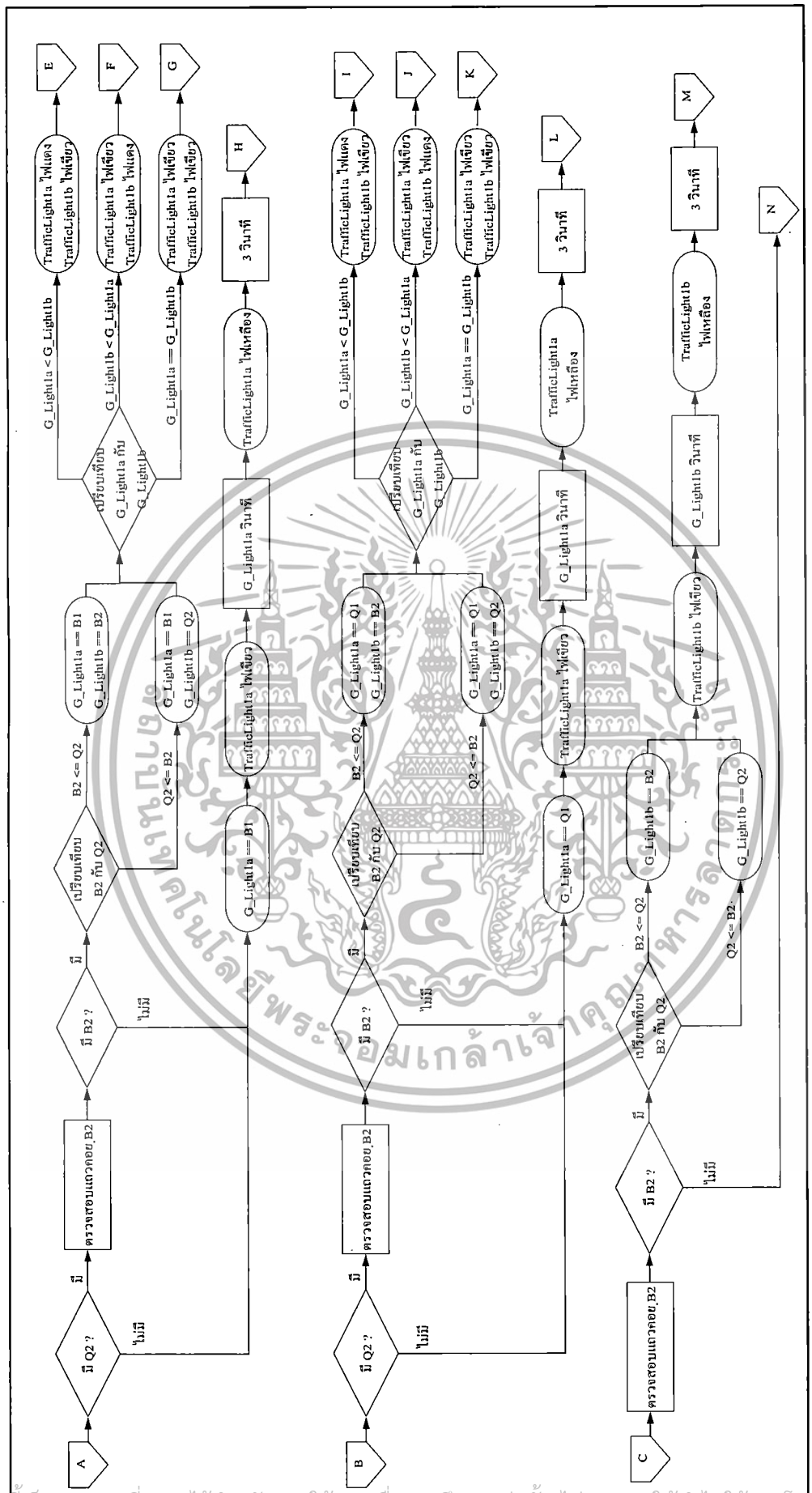
จากรูปที่ 4.6 ยานพาหนะจากถนน ก วิ่งเข้าหาทางแยกเพื่อเข้าสู่โครงข่ายถนน โดยทิศทางที่ยานพาหนะจะเข้าสู่โครงข่ายถนนทิศทางที่เข้าสู่โครงข่ายถนนมีทั้งทิศทางตรง และเลี้ยวขวาพร้อมกัน ซึ่งจะต้องใช้ปริมาณแถวคอยเปรียบเทียบกับปริมาณบัฟเฟอร์ของแยกถัดไปทั้ง 2 ทิศทาง กระบวนการในการประมวลผลและกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรจะเป็นดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



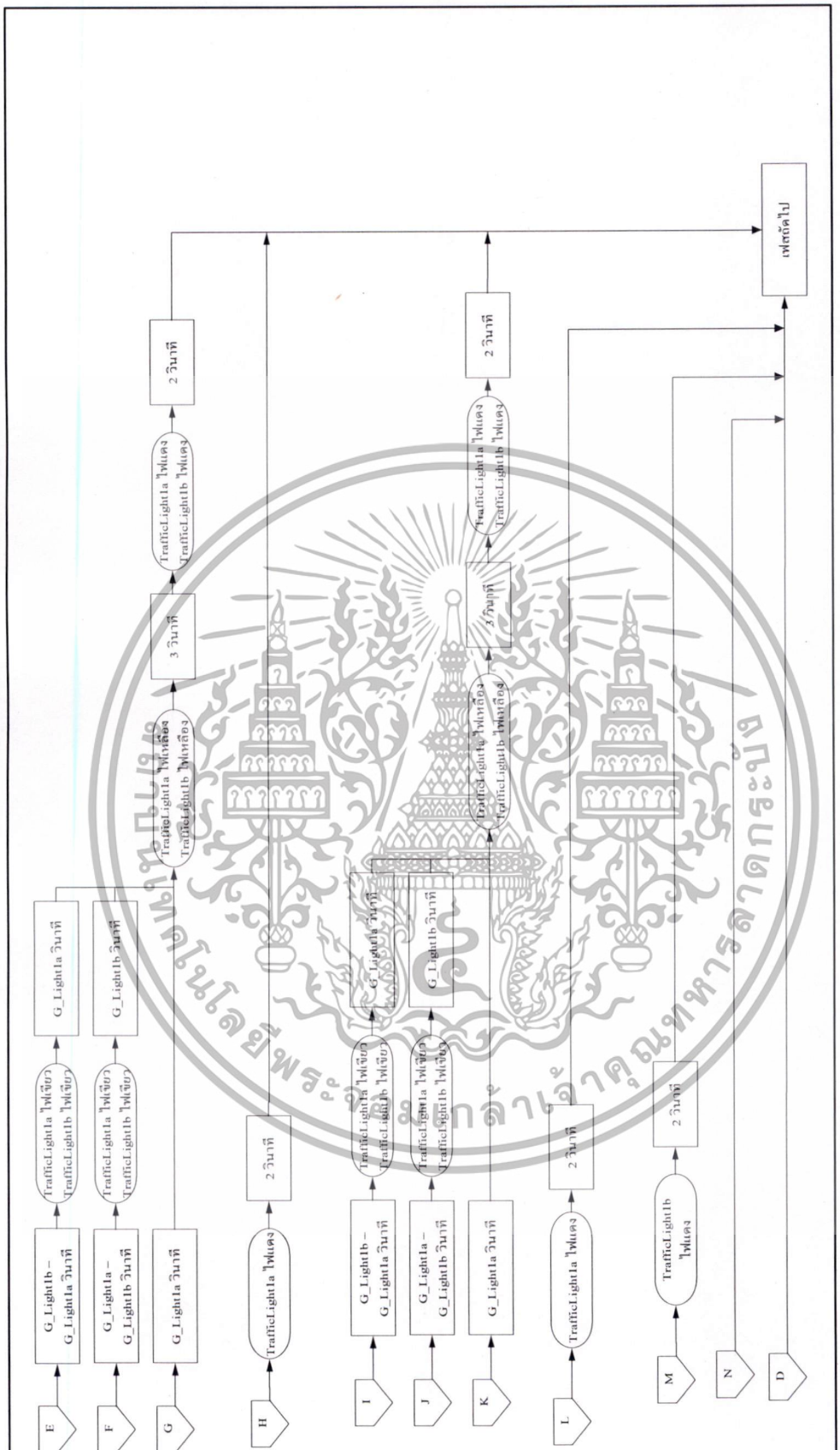
รูปที่ 4.7 กระบวนการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบ QB-QB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 การกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบแถวคอย – บัฟเฟอร์ และแถวคอย - บัฟเฟอร์ จะมีทั้งหมด 4 กรณี คือ กรณีที่ 1 ตรวจสอบแล้วมีทั้ง Q1 B1 Q2 และB2 กรณีที่ 2 ตรวจสอบแล้วมี Q1 และ B1 ไม่มี Q2 และ B2 กรณีที่ 3 ตรวจสอบแล้วมีเฉพาะ Q2 และ B2 และกรณีที่ 4 ไม่มีทั้ง Q1 B1 Q2 และ B2 ซึ่งสามารถอธิบายกระบวนการทำงานแต่ละกรณีได้ดังนี้

1) มี Q 1 B1 Q2 และ B2 กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ Q1 กับ B1

- B1 < Q1 ให้ใช้ค่า B1
- B1 > Q1 ให้ใช้ค่า Q1
- B1 = Q1 ให้ใช้ค่า B1

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1a คือ G_Light1a

ขั้นที่ 3 เปรียบเทียบ Q2 กับ B2

- B2 < Q2 ให้ใช้ค่า B2
- B2 > Q2 ให้ใช้ค่า Q2
- B2 = Q2 ให้ใช้ค่า B2

ขั้นที่ 4 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 3 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1b คือ G_Light1b

ขั้นที่ 5 นำ G_Light1a เปรียบเทียบกับ G_Light1b

- G_Light1a < G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a น้อยกว่า ค่า G_Light1b ให้ TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟแดง ส่วน TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1b ลบ G_Light1a วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วน TrafficLight1b ยังคงเป็นสัญญาณไฟเขียวอยู่เช่นเดิม มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1a วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

- G_Light1a > G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a มากกว่า ค่าG_Light1b ให้TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วน TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1a ลบ G_Light1b วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว ส่วน TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟเขียวอยู่เช่นเดิม มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1b วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

- G_Light1a = G_Light1b

กรณีที่ค่า G_Light1a เท่ากับ ค่าG_Light1b จะใช้ค่า G_Light1a หรือ G_Light1b ค่าใดก็ได้ในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟเขียว เนื่องจากทั้งสองค่ามีค่าเท่ากัน (ในที่นี้ผู้ศึกษาจะใช้ค่า G_Light1a) ให้ TrafficLight1a และTrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1a วินาที จากนั้นเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a และ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะสัญญาณไฟแดงต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

2) มี Q1 และ B1 ไม่มี Q2 และ B2

สาเหตุที่ไม่มีค่า Q2 และ B2 อาจเนื่องจากไม่มีแถวคอยของยานพาหนะ (Q2) ที่จะผ่านทางแยกในทิศทางนั้น หรือมี Q2 แต่ไม่มีพื้นที่รองรับยานพาหนะ (B2) ของแยกถัดไป จึงไม่เหลือพื้นที่ให้ยานพาหนะไปรอสัญญาณไฟจราจรในแยกถัดไปได้อีก กระบวนการการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ Q1 กับ B1

- B1 < Q1 ให้ใช้ค่า B1
- B1 > Q1 ให้ใช้ค่า Q1
- B1 = Q1 ให้ใช้ค่า B1

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1a คือ G_Light1a ในกรณีนี้สัญญาณไฟจราจรของ TrafficLight1b จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดงทุกจังหวะของ TrafficLight1a

ดังนั้น กำหนดให้ TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1a วินาที ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1a เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะไฟแดงต่อไปของ TrafficLight1a และ TrafficLight1b ขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ไม่มี Q1 และ B1 แต่มี Q2 และ B2

กรณีนี้สามารถเป็นไปได้ 2 สาเหตุ คือ มี Q1 แต่ไม่มี B1 เนื่องจากพื้นที่รองรับของ B1 มียานพาหนะใช้บริการเต็มพื้นที่ไม่สามารถรองรับยานพาหนะเข้าไปเพิ่มอีก หรือมี B1 แต่ไม่มี Q1 คือแถวคอยของยานพาหนะที่รอผ่านทางแยก กระบวนการทำงานจะเป็นดังนี้

ขั้นที่ 1 เปรียบเทียบ Q2 กับ B2

- B2 < Q2 ให้ใช้ค่า B2
- B2 > Q2 ให้ใช้ค่า Q2
- B2 = Q2 ให้ใช้ค่า B2

ขั้นที่ 2 นำค่าที่ได้จากขั้นที่ 1 คำนวณตามสมการ 4.1 หรือ 4.2 และกำหนดเป็นค่าสัญญาณไฟเขียวของ TrafficLight1a คือ G_Light1b ในกรณีนี้สัญญาณไฟจราจรของ TrafficLight1a จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดงทุกจังหวะของ TrafficLight1b

ดังนั้น กำหนดให้ TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเขียว มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ G_Light1b วินาที ต่อมาเปลี่ยน TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟเหลือง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 3 วินาที แล้วเปลี่ยน TrafficLight1b เป็นสัญญาณไฟแดง มีค่าสัญญาณไฟเท่ากับ 2 วินาที ส่วนจังหวะไฟแดงต่อไปของ TrafficLight1a และ TrafficLight1b ขึ้นอยู่กับจังหวะสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงของเฟสถัดไป

4) ไม่มีทั้ง Q1 B1 Q2และB2

สัญญาณไฟจราจรของเฟสนี้ทั้ง TrafficLight1a และ TrafficLight1b จะถูกกำหนดให้เป็นสัญญาณไฟแดง และข้ามไปทำงานของเฟสถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบและเปรียบเทียบการทำงาน

ทำการทดสอบการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริงและการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ด้วยแบบจำลองการจราจรที่สร้างจากโปรแกรม Arena เวอร์ชั่น 14.7 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ

5.1 การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดสอบด้วยแบบจำลองการจราจรจะใช้ค่าตัวแปร พารามิเตอร์ เหมือนกันทั้งแบบกำหนดเวลาคงที่และแบบในเวลาจริง เช่น จำนวนรถยนต์ที่เข้ามาในระบบ อัตราการมาถึงทางแยกของรถยนต์ การเลือกเส้นทางการจราจร จำนวนช่องทางเดินรถ และการเปลี่ยนช่องทางเดินรถ เป็นต้น

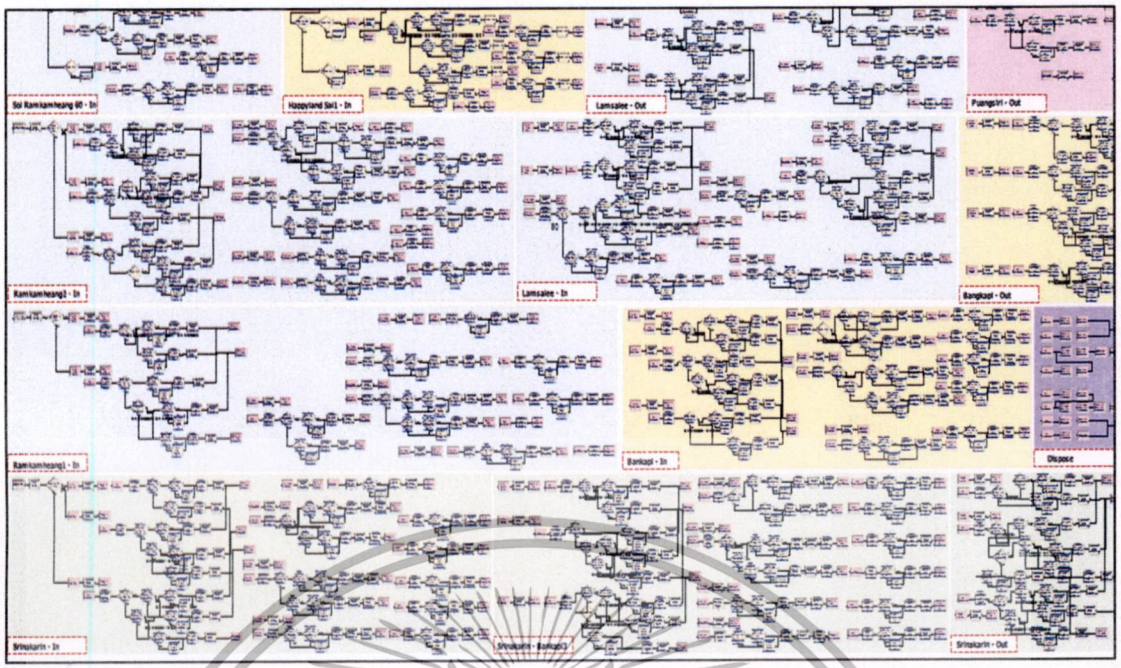
ส่วนที่ต่างกัน คือ การควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจร โดยแบบกำหนดเวลาคงที่ในแต่ละรอบเฟสการทำงานจะใช้เวลาคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงและเพิ่มการตรวจสอบการล้นข้ามแยก คือ เมื่อมีการล้นข้ามแยกหรือการจราจรติดขัดเกิดขึ้นเป็นระยะเวลานาน จะอนุญาตให้รถด้านนั้นเคลื่อนตัวได้เพื่อปรับสภาพการจราจรให้กลับสู่สภาวะปกติเช่นเดียวกับการทำงานของเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรที่ควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตนเอง ส่วนแบบในเวลาจริงเวลาสัญญาณไฟจราจรจะไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการจราจร

5.1.1 แบบจำลองการจราจร

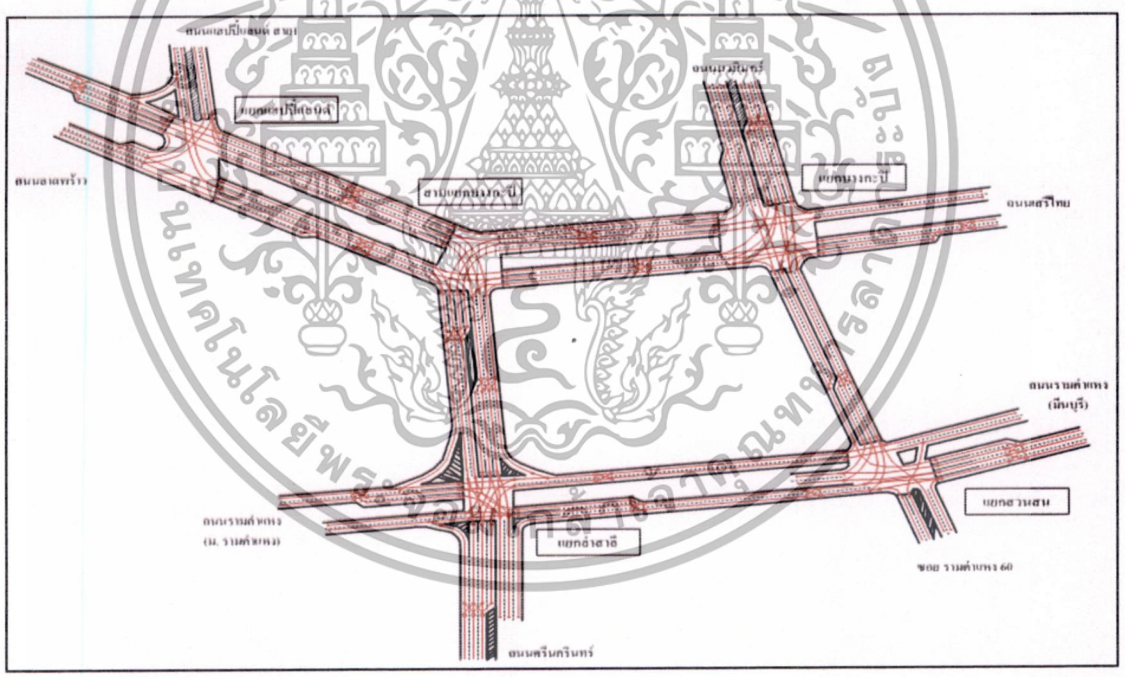
แบบจำลองการจราจรมีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ ส่วนควบคุมการจราจร ส่วนกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร และส่วนแสดงผลภาพกราฟิกเคลื่อนไหว

1. **ส่วนควบคุมการจราจร** เป็นส่วนควบคุมการเข้ามาในระบบของยานพาหนะ การเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางจราจรจนกระทั่งออกจากระบบ ซึ่งมีการกำหนดปริมาณจำนวนยานพาหนะที่จะเข้ามาในแต่ละทิศทาง ปริมาณแถวคอยและบัฟเฟอร์ การเลือกเส้นทางการจราจร การเคลื่อนที่ของยานพาหนะในช่องเดินรถ การเปลี่ยนช่องเดินรถ การเคลื่อนที่ผ่านทางแยกไปยังแยกถัดไป และการออกจากระบบของยานพาหนะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 5.1 และรูปที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แบบจำลองการควบคุมการจราจร



รูปที่ 5.2 แบบจำลองเส้นทางการจราจร

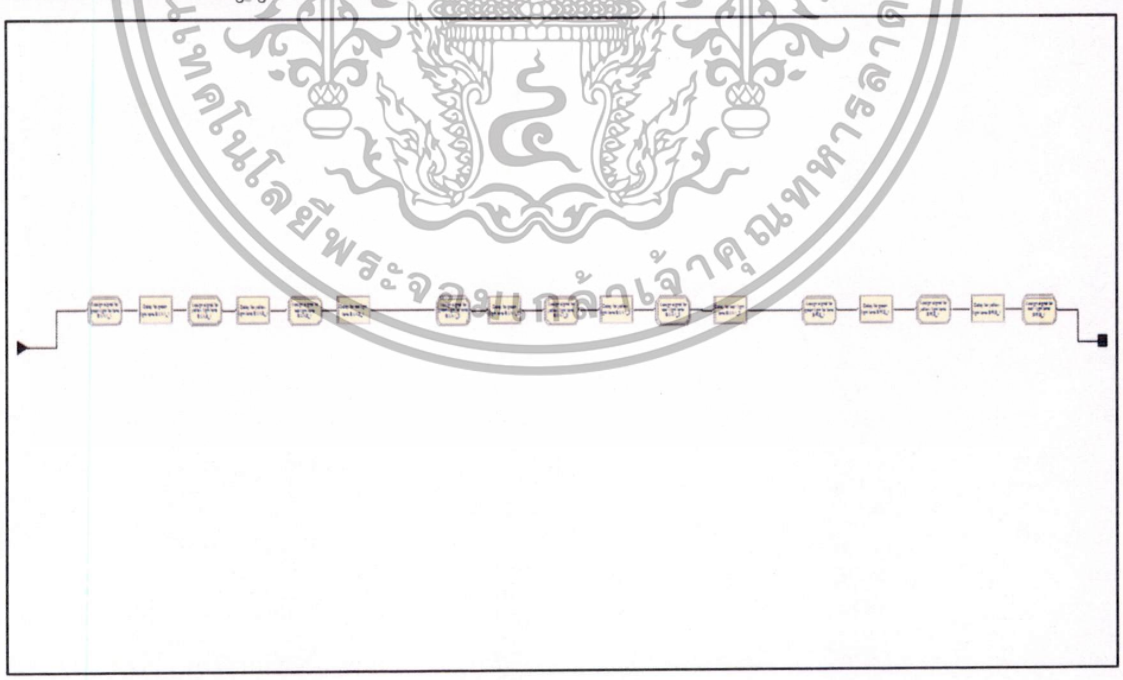
ขนาดของยานพาหนะที่ใช้ทดสอบในแบบจำลองการจราจรสำหรับการศึกษานี้ กำหนดให้เป็นรถยนต์ ขนาด 4 ล้อ เท่านั้น โดยรถยนต์มีความยาวไม่เกิน 6 เมตร ระยะห่างระหว่างรถยนต์ในแถวคอยห่างกัน 1 เมตร ดังนั้น รถยนต์ 1 คัน จะใช้พื้นที่รองรับยานพาหนะหรือบัฟเฟอร์ (Buffer) 7 เมตร ปริมาณของรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบเป็นดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ปริมาณจำนวนรถยนต์ที่ใช้ในการทดสอบ

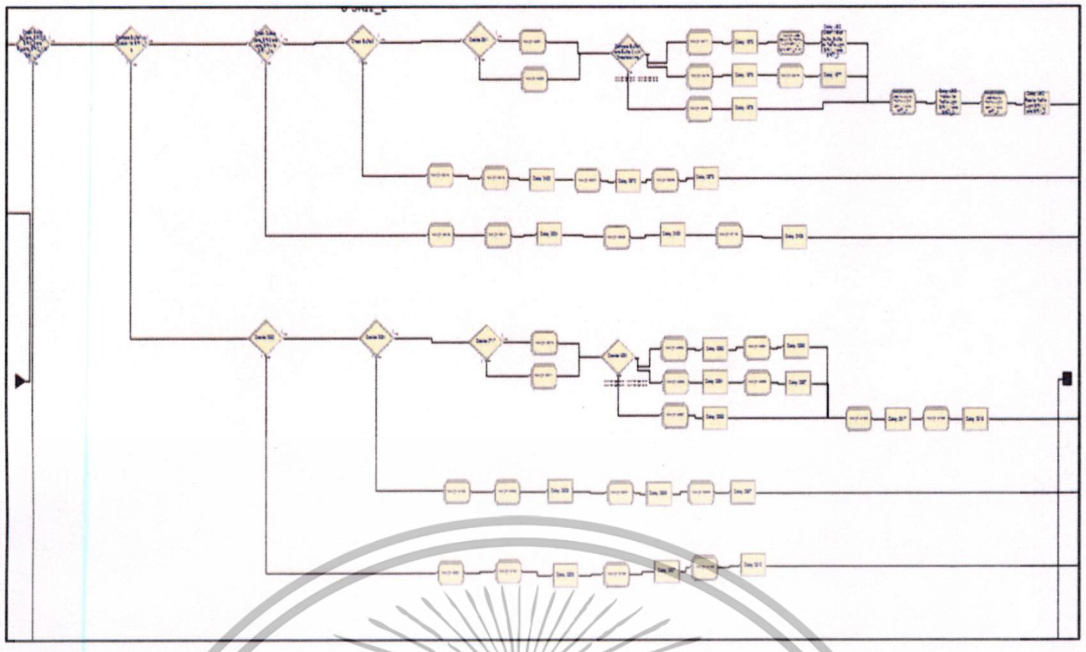
แยก	ทิศทางที่รถยนต์เข้ามาในระบบ	อัตราการเข้ามาเฉลี่ย วินาที / คัน	จำนวน คัน / ชั่วโมง
แยกลำสาลี	ถนนศรีนครินทร์	4.0	900
	ถนนรามคำแหง (ม. รามฯ)	5.0	720
แยกสวนสน	ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	1.5	2,400
	ซอยรามคำแหง 60	5.0	720
แยกบางกะปิ	ถนนนวมินทร์	2.3	1,560
	ถนนเสรีไทย	2.8	1,260
แยกแฮปปี้แลนด์	ถนนลาดพร้าว	1.8	1,980
	ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	7.0	480

2. ส่วนกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร สำหรับกำหนดระยะเวลาสัญญาณไฟเขียว สัญญาณไฟเหลือง และสัญญาณไฟแดงแต่ละเฟสใน 1 รอบของแต่ละทางแยก โดยแบบกำหนดเวลาคงที่มีลักษณะเป็นดังรูปที่ 5.3 ใช้ค่าสัญญาณไฟตามที่ได้สำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีรายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 3 ส่วนแบบในเวลาจริงมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 5.4 ซึ่งใช้รูปแบบการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟตามที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 4



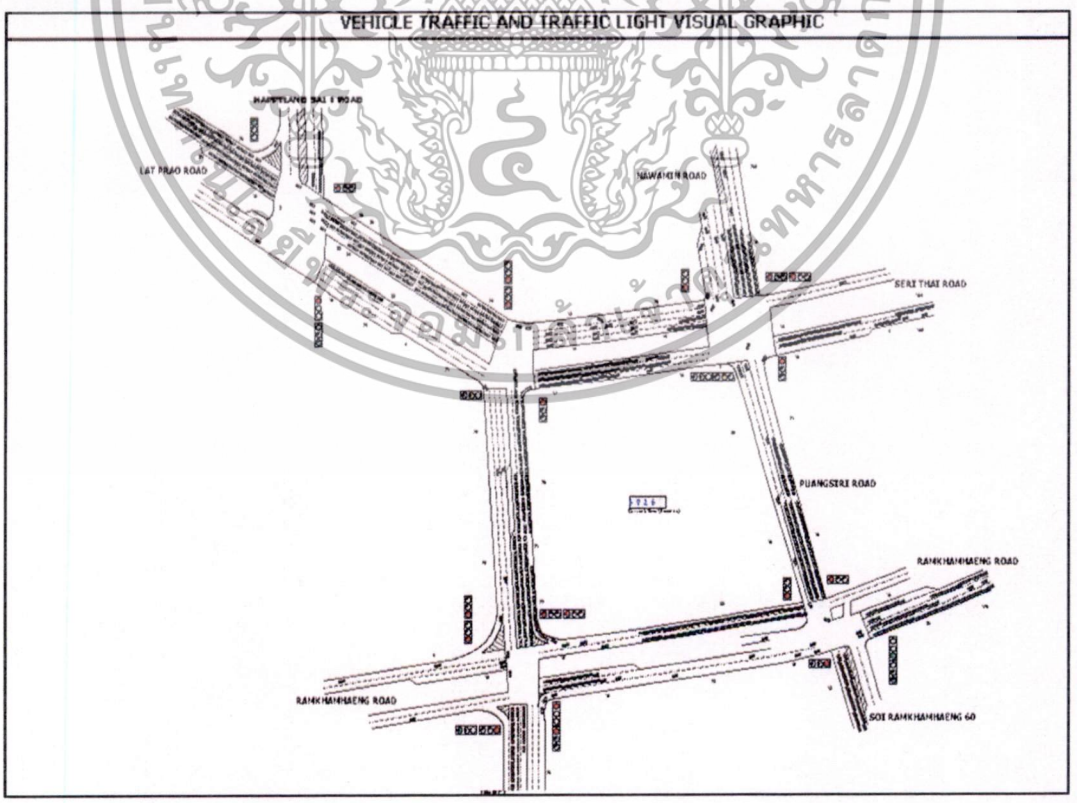
รูปที่ 5.3 แบบจำลองการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 แบบจำลองการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบในเวลาจริง

3. ส่วนแสดงผลภาพกราฟิกเคลื่อนไหว สำหรับแสดงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและการแสดงผลของสัญญาณไฟจราจรมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 5.5

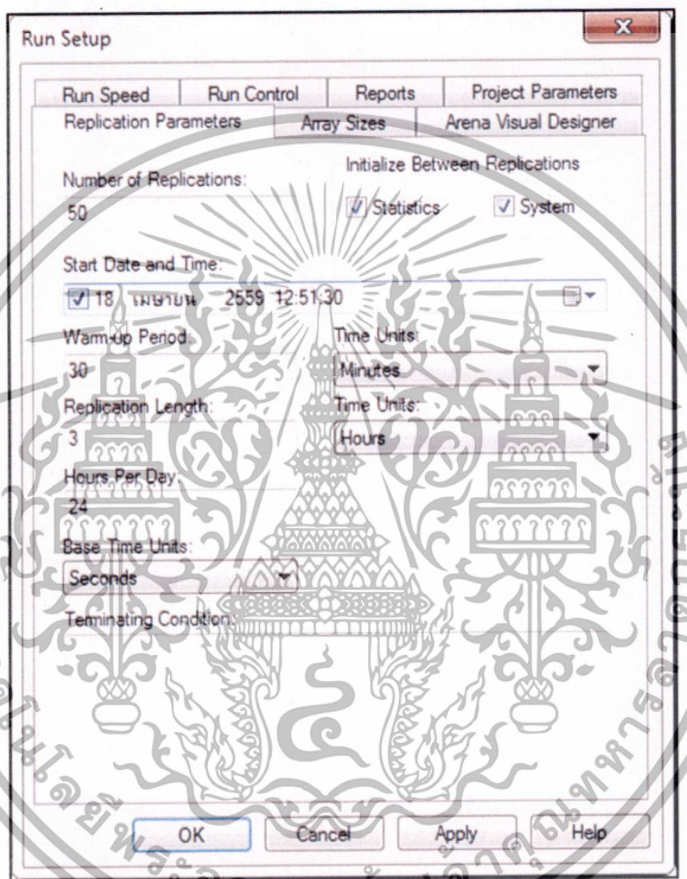


รูปที่ 5.5 แบบจำลองภาพกราฟิกเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 ความยาวในการประมวลผล และจำนวนรอบการดำเนินการ

สมมติฐานช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบเป็นช่วงเวลาระหว่าง 06.30 – 09.00 น. ซึ่งเป็นชั่วโมงเร่งด่วนที่มีปริมาณรถหนาแน่นมาก โดยกำหนดความยาวในการประมวลผลไว้ที่ 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการเตรียมสภาวะของระบบ (warm-up) ก่อนทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 30 นาที และกำหนดจำนวนรอบของการดำเนินการหรือการทำซ้ำ (Number of Replications) จำนวน 50 รอบ ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 การตั้งค่าการทดสอบแบบจำลอง

5.2 การวัดประสิทธิภาพการทำงาน

ในการศึกษานี้จะใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ดังนี้

1) จำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เข้ามาในระบบ (Number In)
2) จำนวนรถยนต์ที่ออกจากระบบ (Number Out)
3) จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ WIP
4) เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน (Wait Time) ซึ่งเกิดจากการที่รถยนต์รอคอยก่อนเข้ารับบริการ ณ จุดต่าง ๆ และกิจกรรมที่ทำให้เกิดการรอคอย (wait) เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกเส้นทางการจราจร การเปลี่ยนช่องเดินรถ และการรอสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

5) เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (Waiting Time) หมายถึง เวลาที่เกิดจากการรอคอยก่อนเข้าทำกิจกรรมที่มีแถวคอย

6) เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน (Total Time)

5.3 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบตามตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ปรากฏผลดังนี้

1. จำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เข้ามาในระบบและออกจากระบบ (Number In and Number Out)

ตารางที่ 5.2 จำนวนรถยนต์ทั้งหมดที่เข้ามาในระบบและออกจากระบบ

ทิศทางที่รถยนต์เข้ามาในระบบ	เข้ามาในระบบ (คัน)	จำนวนรถยนต์ออกจากระบบ โดยเฉลี่ย (หน่วย : คัน)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	1,285	569	1,285
ถนนลาดพร้าว	5,000	2,435	4,994
ถนนนวมินทร์	3,913	1,090	3,887
ซอยรามคำแหง 60	1,801	486	1,618
ถนนรามคำแหง (ม. รามคำแหง)	1,801	832	1,798
ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	6,001	2,129	5,577
ถนนเสรีไทย	3,215	830	3,090
ถนนศรีนครินทร์	2,251	1,160	2,248
รวม	25,267	9,531	24,497

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ (WIP)

ตารางที่ 5.3 จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ

ทิศทางที่รถยนต์เข้ามาในระบบ	จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ (หน่วย : คัน)	
	แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	299	15
ถนนลาดพร้าว	1,144	136
ถนนนวมินทร์	1,370	120
ซอยรามคำแหง 60	623	136
ถนนรามคำแหง (ม. รามคำแหง)	383	29
ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	1,856	358
ถนนเสรีไทย	1,203	176
ถนนศรีนครินทร์	460	48
รวม	7,338	1,018

3. เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน (Wait Time)

ตารางที่ 5.4 เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน

ทิศทางที่รถยนต์เข้ามาในระบบ	เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน (หน่วย : นาที/คัน)	
	แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	16.17	1.11
ถนนลาดพร้าว	19.32	3.04
ถนนนวมินทร์	23.36	3.47
ซอยรามคำแหง 60	21.32	10.47
ถนนรามคำแหง (ม. รามคำแหง)	12.07	1.35
ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	18.40	7.14
ถนนเสรีไทย	26.37	7.09
ถนนศรีนครินทร์	11.53	2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน (Total Time)

ตารางที่ 5.5 เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน

ทิศทางที่รถยนต์เข้ามาในระบบ	เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบ โดยเฉลี่ยต่อคัน (หน่วย : นาที)	
	แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	16.50	1.45
ถนนลาดพร้าว	20.32	4.05
ถนนนวมินทร์	24.25	4.36
ซอยรามคำแหง 60	21.55	11.10
ถนนรามคำแหง (ม. รามคำแหง)	12.56	2.23
ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	19.18	7.53
ถนนเสรีไทย	27.42	8.14
ถนนศรีนครินทร์	12.32	3.12

5. เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (Waiting Time)

1) แยกลำสาลี

ตารางที่ 5.6 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกลำสาลี

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนศรีนครินทร์ (แยกกรุงเทพกรีฑา)	1	8.48	0.00
	2	24.46	2.54
	3	45.26	4.24
	4	11.28	2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 (ต่อ)

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนศรีนครินทร์ (แยกลำสาลี – สามแยกบางกะปิ)	1	13.46	0.20
	2	37.44	3.01
	3	42.47	4.38
	4	12.43	2.56
ถนนรามคำแหง (แยกลำสาลี – แยกสวนสน)	1	14.17	0.12
	2	39.58	5.02
	3	11.44	2.50
ถนนรามคำแหง (ม. รามคำแหง)	1	31.33	2.04
	2	45.17	4.44
	3	10.42	2.55

2) แยกสวนสน

ตารางที่ 5.7 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกสวนสน

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนรามคำแหง (มีนบุรี)	1	19.59	2.58
	2	25.37	4.22
	3	54.37	23.47
	4	14.43	5.24
ถนนรามคำแหง (แยกสวนสน – แยกลำสาลี)	1	20.39	5.07
	2	15.47	4.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนพ่วงศิริ	1	32.55	14.37
	2	38.58	11.32
	3	13.15	5.23
ซอยรามคำแหง 60	1	28.15	12.25
	2	32.06	15.35

3) แยกบางกะปิ

ตารางที่ 5.8 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกบางกะปิ

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนนวมินทร์	1	23.49	3.16
	2	33.33	3.47
	3	30.58	4.23
	4	5.48	2.49
ถนนลาดพร้าว (แยกบางกะปิ – สามแยกบางกะปิ)	1	0.00	0.00
	2	21.46	0.11
	3	14.43	2.08
	4	15.15	2.05
ถนนเสรีไทย (แยกนิด้า)	1	4.46	1.18
	2	39.30	7.12
	3	32.53	7.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 (ต่อ)

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนพ่วงศิริ	1	44.47	2.34
	2	42.40	4.30

4) สามแยกบางกะปิ

ตารางที่ 5.9 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถสามแยกบางกะปิ

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนนลาดพร้าว (สามแยกบางกะปิ – แยกแฮปปี้แลนด์)	1	0.31	0.05
	2	29.51	2.58
	3	23.22	2.40
	4	20.21	2.38
ถนนลาดพร้าว (สามแยกบางกะปิ – แยกบางกะปิ)	1	11.50	1.16
	2	27.05	4.23
	3	18.51	3.04
ถนนศรีนครินทร์ (แยกสามบางกะปิ – แยกลำสาลี)	1	0.01	0.00
	2	31.33	4.15
	3	36.26	2.39
	4	10.49	2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) แยกแฮปปี้แลนด์

ตารางที่ 5.10 เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในช่องเดินรถแยกแฮปปี้แลนด์

ทิศทางของรถยนต์ที่เข้ามาสู่ทางแยก	ช่องเดินรถ	เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอย (หน่วย : นาที)	
		แบบกำหนดเวลาคงที่	แบบในเวลาจริง
ถนนลาดพร้าว	1	20.47	1.45
	2	23.21	1.48
	3	21.22	1.45
	4	5.10	1.29
ถนนลาดพร้าว (แยกแฮปปี้แลนด์ – สามแยกบางกะปิ)	1	0.34	0.25
	2	0.44	0.32
	3	4.40	1.34
	4	5.04	1.47
ถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1	1	47.59	2.40
	2	41.51	1.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอแนวคิด และออกแบบระบบการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามสภาพการจราจรจริง ณ เวลาขณะนั้นได้ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีแถวคอยในการกำหนดจังหวะสัญญาณไฟจราจร เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการสัญญาณไฟจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ช่วยให้การจราจรมีความคล่องตัว สามารถลดปัญหาการติดขัดบริเวณทางแยก ลดเวลาการรอคอยในแถวคอย และลดการสูญเสียเชื้อเพลิง

6.2 ผลการดำเนินงานของระบบ

การทดสอบแนวคิดการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริงด้วยแบบจำลองการจราจรเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเวลาคงที่ มีผลการดำเนินงานของระบบ โดยระบบสามารถทำงานได้ดังนี้

1. จำนวนรถยนต์ที่ออกจากระบบ (Number Out) เพิ่มขึ้นจากเดิม จำนวน 14,966 คัน คิดเป็นร้อยละ 59
2. จำนวนรถยนต์เฉลี่ยที่เหลืออยู่ในระบบ (WIP) ลดลงจากเดิม จำนวน 6,320 คัน คิดเป็นร้อยละ 86
3. เวลารอคอยรวมโดยเฉลี่ยต่อคัน (Wait Time) ลดลงจากเดิมประมาณ 9 – 20 นาที
4. เวลารวมทั้งหมดที่รถยนต์อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อคัน (Total Time) ลดลงจากเดิมประมาณ 9 – 20 นาที
5. เวลารอคอยเฉลี่ยของรถยนต์ในแถวคอยของทุกแยกลดลงจากเดิม ดังนี้
    1) แยกลำสาลี เรียงลำดับตามทิศทางที่รถยนต์วิ่งเข้ามาทางแยก ได้แก่ ถนนศรีนครินทร์ฝั่งขาออกที่มาจากแยกกรุงเทพกรีฑาลดลง 80 นาที ถนนศรีนครินทร์ฝั่งขาเข้าช่วงแยกลำสาลีถึงสามแยกบางกะปิลดลง 96 นาที ถนนรามคำแหงฝั่งขาเข้า ช่วงแยกลำสาลีถึงแยกสวนสนลดลง 58 นาที และถนนรามคำแหงฝั่งขาออกที่มาจากมหาวิทยาลัยรามคำแหงลดลง 78 นาที
    2) แยกสวนสน เรียงลำดับตามทิศทางที่รถยนต์วิ่งเข้ามาทางแยก ได้แก่ ถนนรามคำแหงฝั่งขาเข้าที่มาจากมีนบุรีลดลง 78 นาที ถนนรามคำแหงฝั่งขาออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงแยกสวนสนถึงแยกลำสาลีลดลง 26 นาที ถนนพ่วงศิริช่วงแยกสวนสนถึงแยกบางกะปิลดลง 53 นาที และถนนซอยรามคำแหง 60 ลดลง 23 นาที

3) แยกบางกะปิ เรียงลำดับตามทิศทางที่รถยนต์วิ่งเข้ามาทางแยก ได้แก่ ถนนวมินทร์ลดลง 80 นาที ถนนเสรีไทยฝั่งขาออกที่มาจากแยกนิด้าลดลง 47 นาที ถนนลาดพร้าวฝั่งขาออกช่วงแยกบางกะปิถึงสามแยกบางกะปิลดลง 61 นาที และถนนพ่วงศิริช่วงแยกบางกะปิถึงแยกสวนสนลดลง 81 นาที

4) สามแยกบางกะปิ เรียงลำดับตามทิศทางที่รถยนต์วิ่งเข้ามาทางแยก ได้แก่ ถนนลาดพร้าวฝั่งขาออกช่วงสามแยกบางกะปิถึงแยกแฮปปี้แลนด์ลดลง 66 นาที ถนนลาดพร้าวฝั่งขาเข้าช่วงสามแยกบางกะปิถึงแยกบางกะปิลดลง 48 นาที และถนนศรีนครินทร์ช่วงสามแยกบางกะปิ ถึงแยกลำสาลีลดลง 69 นาที

5) แยกแฮปปี้แลนด์ เรียงลำดับตามทิศทางที่รถยนต์วิ่งเข้ามาทางแยก ได้แก่ ถนนลาดพร้าวฝั่งขาออกลดลง 64 นาที ถนนลาดพร้าวฝั่งขาเข้าช่วงแยกแฮปปี้แลนด์ถึงสามแยกบางกะปิลดลง 7 นาที และถนนแฮปปี้แลนด์ สาย 1 ลดลง 85 นาที

6.3 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรในเวลาจริง มีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงเพิ่มเติม ดังนี้

1. การควบคุมระยะห่างระหว่างยานพาหนะในแถวคอย เพื่อให้ระยะห่างระหว่างยานพาหนะในแถวคอยไม่ชิดหรือห่างกันมากเกินไป อาจใช้การตีเส้นกำกับไว้ในช่องเดินรถ
2. การปรับเปลี่ยนรูปแบบการควบคุมทิศทางยานพาหนะในแถวคอยให้มีเพียง 1 ทิศทาง หมายถึง ใน 1 ช่องเดินรถควรบังคับให้มีทิศทางผ่านทางแยกเพียงทิศทางเดียว เช่น ให้ตรงไปเท่านั้น หรือ เลี้ยวขวาได้เท่านั้น เป็นต้น
3. การอนุญาตให้เลี้ยวซ้ายผ่านตลอด ควรอนุญาตเฉพาะทิศทางที่ออกนอกโครงข่ายถนนเท่านั้น เนื่องจากถ้าเป็นทิศทางที่เข้าสู่ทางแยกแล้วมีแยกถัดไปจะทำให้เกิดปัญหาการล้นข้ามแยกของยานพาหนะทิศทางอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงคมนาคม, กรมทางหลวง. 2554. **เล่มที่ 3 คู่มือและมาตรฐานสัญญาณไฟจราจร**. [Online] Available: http://www.ooh5.go.th/CA/CA03.pdf.

ชินทัศน์ ไชยเขตต์, เฉลิมชนม์ ไวศยดำรง และ กาญจนา กาญจนสุนทร์. 2550. "การเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจรโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์". หน้า 119-125. ใน **การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2550**.

ปานวิทย์ ธุวะนุติ, 2557. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 06017935 Selected topics in networks and system (Queuing Theory)**. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ. 2553. **คู่มือการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Arena (ฉบับปรับปรุง)**. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

รุ่งรัตน์ ภิสัชเพ็ญ และ กิรพัฒน์ เล็กสุขสมบูรณ์. 2533. "การจำลองสถานการณ์เพื่อช่วยในการตัดสินใจการควบคุมจังหวะสัญญาณไฟจราจร". หน้า 17-21. ใน **การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2553**.

วัฒนวงศ์ รัตนวราห. 2545. **วิศวกรรมขนส่ง**. กรุงเทพฯ : ไลบรารี่ นาย พับลิชชิ่ง.

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, คณะสถิติประยุกต์, สาขาเทคโนโลยีการตัดสินใจและการจัดการ. 2548. "การจำลองสำหรับปัญหาการจราจรบนถนนนานาชาติ". หน้า 294-304. ใน **การประชุมวิชาการ : การวิจัยดำเนินงาน ประจำปี 2548**.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. 2551. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 533371 วิศวกรรมขนส่ง**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

Altiok, T. and Melamed, B. 2007. **Simulation modeling and analysis with arena.** Amsterdam : Elsevier.

Kelton, W. D., Sadowski R. P., and Swets N. B. 2010. **Simulation with Arena**. 5th ed. Boston : McGraw-Hill.

Salimifard, K. and Ansari, M. 2013. Modeling and Simulation of Urban Traffic Signals. **International Journal of Modeling and Optimization**, Vol. 3, No. 2 (April) : 172-175

Seila, A. F. 1995. Introduction to simulation. C. Alexopoulos, et al.(ed**), Proceedings of the 1995 Winter Simulation Conference** : 7-15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

Wen, W. 2008. A Dynamic and Automatic Traffic Light Control System for Solving The Road Congestion Problem. **Expert Systems with Applications.**, 34: 2370–2381.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นายภาวัต โชติสุภาพณ
วัน เดือน ปีเกิด	13 พฤศจิกายน 2522
ที่อยู่	บ้านเลขที่ 59 หมู่ที่ 6 บ้านห้วยยางใหญ่ ตำบลห้วยยาง
	อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ รหัสไปรษณีย์ 36180

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544 – 2546	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
	เทคโนโลยีอุตสาหกรรม (คอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม)
	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
พ.ศ. 2542 – 2544	อนุปริญญาวิทยาศาสตร์ คอมพิวเตอร์
	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2546 – 2555	Senior Staff (Staff G3) แผนก Information System
	บริษัท ซูมิโตโม อิเล็คตริก ไวริ่ง ซีสเต็มส์ (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน	ข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา
	ครู อันดับ คศ.1
	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้