

กระบวนการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์



นายอภิษฐ์ เหมาคม

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE PROCESS OF MOTORCYCLISTS' BEHAVIORAL MODEL DEVELOPMENT



Mr. Apit Hemakom

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Computer Engineering

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

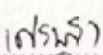
หัวข้อวิทยานิพนธ์	กระบวนการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
โดย	นายอภิสิทธิ์ เหมาคม
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. เศรษฐา ปานงาม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม (ถ้ามี)	รองศาสตราจารย์ ดร. สรวัด นฤปิติ

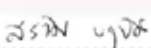
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. นุดอม เลิศศิริวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร. สืบสกุล พิภพมงคล)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เศรษฐา ปานงาม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. สรวัด นฤปิติ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อรรถวิทย์ สุดแสง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อภิษฐ์ เหมาคม : กระบวนการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์. (THE PROCESS OF MOTORCYCLISTS' BEHAVIORAL MODEL DEVELOPMENT) อ.ที่ปรึกษา : อ. ดร.เศรษฐา ปานงาม , อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.สรวิศ นฤปิติ, 121 หน้า.

เช่นเดียวกับหลายๆ เมืองใหญ่ในทวีปเอเชีย ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในกรุงเทพมหานครสามารถขับขี่ไปในช่องทางจราจรซึ่งมีรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์คันอื่นอยู่ด้วยได้ และผู้ขับขี่ยังสามารถเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างระหว่างรถยนต์ที่ทางแยกได้ พฤติกรรมเหล่านี้มีผลกระทบต่อความเร็วของการจราจรและเวลาในแถวคอยของยานพาหนะ เนื่องจากปริมาณรถจักรยานยนต์ในกรุงเทพมหานครมีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณยานพาหนะทั้งหมด พฤติกรรมเหล่านี้จึงมีผลกระทบที่มากพอสมควร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ภายในเมืองขึ้น โดยอยู่บนพื้นฐานของพฤติกรรมผู้ขับขี่ในเมือง ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน รถจักรยานยนต์จะแบ่งปันช่องทางจราจรกับรถจักรยานยนต์หรือรถยนต์คันอื่น ในแบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร รถจักรยานยนต์จะเปลี่ยนตำแหน่งไปยังช่องทางจราจรย่อยอื่นๆ และในแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง ได้จำลองรถจักรยานยนต์ที่เคลื่อนที่ไปตามช่องว่างระหว่างแถวคอยของยานพาหนะ แบบจำลองนี้พัฒนาขึ้นบน โปรแกรม Aimsun NG โดยข้อมูลสภาพการจราจรจริงที่นำมาใช้พัฒนาแบบจำลองนั้น ได้มาจากการสำรวจและการบันทึกวีดิทัศน์ ซึ่งวีดิทัศน์ที่บันทึกมาได้นั้น ได้ถูกวิเคราะห์เพื่อหาความน่าจะเป็นของแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถจักรยานยนต์และความน่าจะเป็นของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ ผลการจำลองจากสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนนั้น บ่งบอกว่าค่าความผิดพลาดของเวลาในการเดินทางและความเร็วมีค่าไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ และผลการจำลองสถานการณ์บริเวณทางแยกแสดงให้เห็นว่าค่าความผิดพลาดของเวลาในแถวคอยมีค่าไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่อนิสิต..... อภิษฐ์ เหมาคม
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... (สรวิศ)
ปีการศึกษา	2550	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... สรวิศ นฤปิติ

4870552421 : MAJOR COMPUTER ENGINEERING

KEY WORD: BEHAVIOR MODEL / MOTORCYCLE

APIT HEMAKOM : THE PROCESS OF MOTORCYCLISTS' BEHAVIORAL MODEL DEVELOPMENT THESIS ADVISOR : SETHA PAN-NGUM, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. SORAWIT NARUPITI, Ph.D., 121 pp.

As in many Asian cities, Bangkok motorcycle riders tend to ride along a traffic lane with a car or other motorcycles. They also meander through spaces between vehicles at intersections. These behaviors should have impact on the traffic speed and vehicle queuing times. Since motorcycles accounts for 20% of all Bangkok vehicles, this impact should be sizable. We, therefore, developed an inner city motorcycle behavior model, based on the city riders. In the following model, a motorcycle could share a traffic lane with another motorcycle or car. In the lane changing model, a motorcycle could change its position to another sub-lane. At traffic lights, meandering model would simulate motorcycles slipping through spaces between vehicle queues. The model was developed on Aimsun NG. Real traffic data used to develop the model was obtained from observations and video-recording. The recorded videos were analyzed to get a probability of each motorcycle lane changing pattern and a probability of each motorcycle meandering pattern. Simulation results of the mid-block scenarios indicate that the errors in travel time and speed are within 6 percents, and results of the intersection scenarios show that the error in time in queue is within 12 percents of the test data.



Department Computer Engineering
Field of study Computer Engineering
Academic year 2007

Student's signature... *Apit Hemakom*
Advisor's signature..... *เซธา*
Co-advisor's signature..... *Sorawit Narupiti*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.เศรษฐา ปานงาม อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำ เสนอแนะข้อคิดเห็นและแนวทางในการวิจัย ด้วยดีตลอดมา ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง นอกจากนี้ขอขอบพระคุณอย่างยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการจัดหาโปรแกรม Aimsun NG สำหรับการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สืบสกุล พิภพมงคล อาจารย์ ดร.อรรถวิทย์ สุดแสง ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ประสิทธิประสาทความรู้อันมีค่าให้แก่ผู้วิจัย

กราบขอบพระคุณ บิดา ที่ให้การส่งเสริมสนับสนุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่งตลอดมา ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ โดยเฉพาะ พี่ปิติ โรจน์วรรณสินธุ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำความรู้ทางด้านการจราจรเป็นอย่างมาก

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจหรือเกี่ยวข้องทั่วไป และหากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ฐ

บทที่

1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์	3
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถ	4
2.1.1.1 Safe-distance model	4
2.1.1.2 Stimulus-response model	5
2.1.1.3 Psycho-physical spacing model	5
2.1.1.4 Fuzzy model.....	6
2.1.2 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถที่ใช้ใน โปรแกรม Aimsun NG	6
2.1.3 แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร	8
2.1.4 แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจรที่ใช้ใน โปรแกรม Aimsun NG	8
2.1.5 แบบจำลองการยอมรับช่องว่างที่ใช้ใน โปรแกรม Aimsun NG	9
2.1.6 ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)	10
2.1.7 ระยะห่างของเวลาระหว่างรถ (Time headway).....	10

2.2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.2.1	โปรแกรม Aimsun NG (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks).....	12
2.2.1.1	องค์ประกอบหลักตามลักษณะการใช้งานของโปรแกรม Aimsun NG	12
2.2.1.2	ความสามารถในการพัฒนาส่วนขยายของโปรแกรม Aimsun NG	14
2.2.2	แบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์.....	15
2.2.3	การจำลองการจราจรในระดับจุลภาค	18
2.2.4	การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์พฤติกรรม เพื่อการพัฒนาแบบจำลอง	19
3	การออกแบบแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์	22
3.1	การระบุตำแหน่งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ในช่องจราจร	22
3.2	แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน	25
3.2.1	การหารถยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	26
3.2.2	การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง...26	
3.2.3	การหารถยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง.....27	
3.2.4	การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	27
3.2.5	การหารถยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....29	
3.2.6	การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ...29	
3.2.7	การหารถยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ	30
3.2.8	การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....30	
3.3	แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร	31
3.4	แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง	32
3.5	การเก็บวิเคราะห์ข้อมูล.....	34
3.5.1	ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร	34
3.5.2	ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง	39
4	การพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในโปรแกรม Aimsun NG	44
4.1	ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator.....	44

4.2	ลำดับขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนย่อยต่างๆ	46
4.2.1	การปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง	47
4.2.2	การปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน (update).....	49
4.2.3	การเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว.....	51
4.2.4	เคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง	53
4.2.5	การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง	54
4.2.6	การสร้างหมายเลขระบุช่องจราจร	56
4.2.7	การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	58
4.2.8	การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	60
4.2.9	การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....	62
4.2.10	การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....	64
4.2.11	การเคลื่อนที่ตามกัน	65
4.2.12	การเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์	67
4.2.13	การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง	69
4.3	ข้อจำกัดของ Aimsun Simulator	71
5	การทดลอง ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	73
5.1	การทดลอง	74
5.1.1	การออกแบบสถานการณ์ในการจำลองใน โปรแกรม Aimsun NG.....	74
5.1.2	การกำหนดค่าเริ่มต้นในการจำลอง.....	74
5.1.3	การคำนวณหาจำนวนรอบในการจำลองแต่ละสถานการณ์.....	75
5.1.4	การทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย	77
5.2	ผลการทดลอง	78
5.2.1	ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหว	78
5.2.1.1	ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลอง สถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก	78
5.2.1.2	ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลอง สถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก	79
5.2.1.3	ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลอง สถานการณ์ทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยว ซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก.....	80

5.2.1.4	ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลอง สถานการณ์ทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยว ซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลัก	81
5.2.2	ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง	82
5.2.2.1	ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลาง ถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก	82
5.2.2.2	ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลาง ถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก	86
5.2.2.3	ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทางแยก ที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจร หลัก	89
5.2.2.4	ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทางแยก ที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลัก	93
5.2.3	ผลการทดลองการเพิ่มและลดปริมาณการจราจรในการจำลองต่างจากปริมาณ การจราจรในสถานการณ์จริง	96
5.3	วิเคราะห์ผลการทดลอง	99
6	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	102
6.1	สรุปผลการวิจัย	102
6.2	ข้อจำกัดของงานวิจัย	103
6.3	ข้อเสนอแนะ	104
	รายการอ้างอิง	106
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก	
	ตารางข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์	110
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	121

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่ง และการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ ของโปรแกรมต่างๆ	11
3.1 ปริมาตรรถยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่.....	36
3.2 ปริมาตรรถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่	36
3.3 ปริมาตรรถยนต์บนถนนพระราม 4	37
3.4 ปริมาตรรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	37
3.5 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่.....	38
3.6 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	38
3.7 ปริมาตรรถยนต์บนถนนอังรีดูนังต์.....	41
3.8 ปริมาตรรถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์.....	41
3.9 ปริมาตรรถยนต์บนถนนพระราม 4	41
3.10 ปริมาตรรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	42
3.11 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์.....	42
3.12 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	43
5.1 ค่าเฉพาะของผู้ขับขี่และรถแต่ละคัน.....	74
5.2 ค่าที่เกี่ยวกับสถานการณ์ในการจำลอง	75
5.3 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 95 รอบ	82
5.4 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง	83
5.5 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง	83
5.6 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต	84
5.7 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ.....	85
5.8 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง	85
5.9 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 55 รอบ	86
5.10 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง	86
5.11 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง	87
5.12 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต	87
5.13 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ.....	88

5.14	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัด ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง	89
5.15	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบ	89
5.16	จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง	90
5.17	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบ แรกและ 50 รอบหลัง	90
5.18	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ.....	91
5.19	ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง	91
5.20	ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต	91
5.21	ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ	92
5.22	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัด ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง	92
5.23	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบ	93
5.24	จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง	93
5.25	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบ แรกและ 50 รอบหลัง	94
5.26	ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ.....	94
5.27	ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง	94
5.28	ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต	95
5.29	ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ	95
5.30	เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัด ประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง	96
5.31	ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ใน 1 ช่องจราจรใน 1 ชม.	97
5.32	ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ทั้งหมดใน 1 ชม.	97
ก.1	ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่.....	110
ก.2	ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	111
ก.3	ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์.....	114
ก.4	ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4	116

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ซ้อนเหลื่อมช่องทางจราจรได้ซึ่งหากมีช่องว่างเพียงพอ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างนั้น และการเคลื่อนที่ตามกันจะพิจารณาเฉพาะ ยานพาหนะที่อยู่ต่อเนื่องกันตามแนวยาว	16
2.2 รถจักรยานยนต์คันที่นำหน้าในช่องทางของจักรยานยนต์โดยเฉพาะและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก สำหรับระยะห่างทางด้านข้าง	17
3.1 รถจักรยานยนต์และรถยนต์อยู่ในช่องทางจราจรเดียวกัน	23
3.2 รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องทางจราจร 2-3	23
3.3 ตำแหน่งของรถยนต์บนช่องทางจราจร	24
3.4 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	26
3.5 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง....	27
3.6 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	27
3.7 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	28
3.8 การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ในช่องว่างระหว่างแถวคอย	28
3.9 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ	29
3.10 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ	29
3.11 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....	30
3.12 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ	30
3.13 ตัวอย่างรูปแบบแถวคอย	33
3.14 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนเพชรบุรีตัดใหม่.....	35
3.15 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนพระราม 4	35
3.16 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนอังรีดูนังต์.....	39
3.17 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนพระราม 4	40
4.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator	45
4.2 ลำดับขั้นตอนการปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง	48
4.3 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน	50
4.4 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว	52
4.5 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง	53
4.6 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง.....	55
4.7 ลำดับขั้นตอนการสร้างหมายเลขระบุช่องทางจราจร	57

4.8	ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง.....	59
4.9	ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง.....	61
4.10	ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....	63
4.11	ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ.....	64
4.12	ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ตามกัน.....	66
4.13	ลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์.....	68
4.14	ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง.....	70
5.1	ตัวอย่างถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก.....	74
5.2	ลำดับขั้นตอนการพิจารณาหาจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำ.....	76
5.3	รถจักรยานยนต์แซงรถยนต์คันที่นำหน้าตามแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก.....	78
5.4	รถจักรยานยนต์แซงรถยนต์คันที่นำหน้าตามแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก.....	79
5.5	รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปในช่องว่างระหว่างแถวคอยตามแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงในสถานการณ์ทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป.....	80
5.6	รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปในช่องว่างระหว่างแถวคอยตามแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงในสถานการณ์ทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป.....	81
5.7	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 1.....	98
5.8	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 2.....	98
5.9	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 3.....	98
5.10	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 4.....	98
5.11	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 5.....	98
5.12	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 6.....	98
5.13	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 7.....	98
5.14	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 8.....	99
5.15	ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 9.....	99

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาความแออัดของการจราจรเป็นปัญหาซึ่งเกิดขึ้นมากมายในเมืองต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณของผู้ใช้ถนนที่เพิ่มมากขึ้น พฤติกรรมของผู้ขับขี่ สภาพแวดล้อมของถนนไม่เอื้ออำนวย เป็นต้น จึงได้มีการนำหลักการการจำลองมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เหตุผลในการจำลองแบบสภาพการจราจรก็เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์และปรับปรุงสภาพจราจรให้ดีขึ้น โดยพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองนั้นก่อนที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไขการจราจรในสภาพที่เป็นจริง โดยการจำลองแบบสภาพการจราจรสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ระดับ [1] คือระดับจุลภาค (microscopic) ระดับมหภาค (macroscopic) และ แบบผสม (mesoscopic) โดยในระดับจุลภาคนั้นพิจารณาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะต่างๆ คันที่อยู่บนถนน โดยยานพาหนะแต่ละคันจะถูกจำลองแบบด้วยลักษณะที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของยานพาหนะและพฤติกรรมของผู้ขับ ในระดับมหภาคจะพิจารณาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นกลุ่มๆ มักจะใช้ในการจำลองระบบที่มีขนาดใหญ่ เช่น ทางหลวงหรือทางด่วน เป็นต้น ส่วนการจำลองแบบผสม พิจารณาถึงรายละเอียดของสิ่งที่อยู่ในระบบซึ่งเป็นข้อดีของแบบจำลองระดับจุลภาคเพียงแต่จะมีรายละเอียดของพฤติกรรมน้อยกว่า และใช้จำลองระบบที่มีขนาดใหญ่ซึ่งเป็นข้อดีของแบบจำลองระดับมหภาค

ในปัจจุบันปริมาณของรถจักรยานยนต์ในกรุงเทพมหานครมีจำนวนมากซึ่งส่งผลกระทบต่อสภาพการจราจร [2] และพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์มีผลกระทบต่อความปลอดภัย อีกทั้งยังไม่มีแบบจำลองซึ่งสามารถแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในกรุงเทพมหานครได้อย่างเหมาะสม การพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เข้าไปในโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับอยู่แล้วเพื่อจะเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจราจรซึ่งมีผลกระทบมาจากรถจักรยานยนต์ได้ต่อไปในอนาคตจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จึงเน้นความสนใจไปที่การพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยการจำลองในงานวิจัยนี้จะกระทำในระดับจุลภาคเนื่องจากต้องการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละคันบนถนน โดยแบบจำลองนั้นพัฒนาในโปรแกรม Aimsun NG เนื่องจาก Aimsun NG เป็นโปรแกรมที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการจำลองแบบการจราจรในปัจจุบัน เพราะความสามารถที่หลากหลายของโปรแกรม และความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในโปรแกรม Aimsun NG โดยการใช้ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์และ Aimsun เอพีไอ เพื่อที่จะสามารถนำแบบจำลองที่ได้นี้ไปทำการศึกษการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับทางด้านจราจรซึ่งมีผลกระทบมาจากรถจักรยานยนต์ได้ในระดับต่อไป

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 จะมีการจำลองพฤติกรรมเฉพาะรถยนต์และรถจักรยานยนต์เท่านั้น ไม่รวมไปถึงยานพาหนะประเภทอื่นๆ เช่น รถสามล้อ เป็นต้น
- 1.3.2 ถนนที่ทำการจำลองเป็นถนนในเมือง ไม่รวมไปถึง ทางพิเศษ ทางหลวง ทางแยกต่างระดับและถนนที่มีการรวมกันของรูปแบบข้างต้น
- 1.3.3 สภาพการจราจรในการจำลองเป็นสภาพการจราจรที่มีการไหลตามปกติ
- 1.3.4 ตรรกะของแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้มาจากการสังเกตจากสถานการณ์จริงและจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้วิทัศน์

1.4 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจราจร และเครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจร
- 1.4.2 ศึกษาการใช้งานโปรแกรมที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง
- 1.4.3 ทำการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
- 1.4.4 ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น
- 1.4.5 สรุปผลการพัฒนาแบบจำลอง
- 1.4.6 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้แบบจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เพื่อจะเป็นประโยชน์สำหรับการวิจัยปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจราจรซึ่งมีผลกระทบมาจากรถจักรยานยนต์ได้ต่อไปในอนาคต
- 1.5.2 เป็นต้นแบบในการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์
- 1.5.3 ได้แบบจำลองซึ่งแสดงถึงภาพรวมของการจราจรได้ดียิ่งขึ้น

1.6 ผลงานที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

1.6.1 “Development of Following and Lane Changing Models of Motorcycles in Bangkok” โดย อภิษฐ์ เหมาคม, เศรษฐา ปานงาม, และ สรวิศ นฤปิติ ในงานประชุมวิชาการ 10th National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC2007) ณ มหาวิทยาลัยศรีปทุม กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 19-21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

1.6.2 “Development of the Inner City Following-Lane Changing Model and Meandering Model of Motorcycles” อภิษฐ์ เหมาคม, เศรษฐา ปานงาม, และ สรวิศ นฤปิติ ในงานประชุมวิชาการ The 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium ณ เมืองไอนด์โฮเฟิน ประเทศเนเธอร์แลนด์ ระหว่างวันที่ 4-6 มิถุนายน พ.ศ. 2551



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

ในการจำลองการจราจรในระดับจุลภาคนั้นพิจารณาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะทุกๆ คันที่อยู่บนถนน โดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถ (Car-following model) ในการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถคันที่ตามหลังซึ่งความเร็วนั้นจะมีผลกระทบมาจากรถคันที่นำหน้า, ใช้แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร (Lane-changing model) ในการพิจารณาการเปลี่ยนช่องทางจราจรของรถแต่ละคัน และใช้แบบจำลองการยอมรับช่องว่าง (Gap acceptance model) ในการพิจารณาว่าในช่องทางจราจรที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไปนั้นมีช่องว่างเพียงพอหรือไม่ รายละเอียดของแบบจำลองต่างๆ อธิบายได้ดังนี้

2.1.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถ

แบบจำลองนี้ใช้ในการหาความเร็วในการขับขี่ของรถแต่ละคัน โดยสามารถแบ่งชนิดของแบบจำลองออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.1.1.1 Safe-distance model

Pipes [3] ได้เสนอกฎเกณฑ์ที่ดีในการขับตามรถคันข้างหน้าคือ ให้เว้นระยะห่าง 1 ช่วงคันรถจากรถคันข้างหน้า ทุกๆ ที่ความเร็ว 10 ไมล์/ชม. เช่น รถสองคันขับตามกันที่ความเร็ว 70 ไมล์/ชม. ก็ให้เว้นระยะห่างกันประมาณ 7 ช่วงคันรถ นับจากท้ายคันหน้า มาถึงกันชนหน้าของคันที่ตามมา โดยเสนอเป็นสมการดังนี้

$$d_{Min} = L_n \left[\frac{\dot{x}_{n+1}(t)}{(1.47)(10)} \right] + L_n \quad (2.1)$$

โดย

d_{Min} คือ ระยะห่างที่ปลอดภัยจากรถคันนำหน้า

$L(n)$ คือ ความยาวของรถคันนำหน้า

$\dot{x}_{n+1}(t)$ คือ ความเร็วของรถคันที่ตามหลัง

Gipps [4] ได้พัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถตามแบบจำลองของ Pipes ให้สามารถใช้ได้ทั้งการเคลื่อนที่ตามกันและการเคลื่อนที่อย่างอิสระ เมื่อมีการเคลื่อนที่ตามกันผู้ขับขี่จะพยายามรักษาระยะห่างให้มีค่าน้อยเท่ากับค่าระยะปลอดภัยที่ต่ำที่สุด และเมื่อมีการเคลื่อนที่

อย่างอิสระผู้ขับที่สามารถเร่งความเร็วได้สูงสุด โดยความเร็วที่เพิ่มนั้นจะต้องไม่เกินค่าความเร็วที่ต้องการ

2.1.1.2 Stimulus-response model

เป็นที่รู้จักกันในชื่อ Gazis-Herman-Rothery (GHR) family โดยมีแนวคิดว่าการตอบสนองเป็นของฟังก์ชันความอ่อนไหวและสิ่งกระตุ้น ซึ่ง การตอบสนอง คือ การเร่งความเร็วหรือลดความเร็วของรถคันที่ตามมา ความอ่อนไหว คือ ตัวประกอบที่อาจเป็นฟังก์ชันของตัวประกอบเช่น ความเร็ววัตถุ (รถ) และระยะห่าง และ สิ่งกระตุ้น คือ ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างรถคันหน้ากับรถคันที่ตามมา หรืออธิบายได้อีกลักษณะหนึ่งคือ อัตราเร่งของคันที่ตามมาเป็นสัดส่วนกับความเร็วของผู้ตาม ระยะห่างและความแตกต่างของความเร็วระหว่างผู้นำและผู้ตาม

แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันที่พัฒนาโดย Gazis et al. [5] เป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดแบบหนึ่ง แบบจำลองแสดงดังสมการ

$$a_n(t) = \alpha \frac{V_n(t)^\beta}{\Delta X_n(t - \tau_n)^\gamma} \Delta V_n^{front}(t - \tau_n) \quad (2.2)$$

โดย

$a_n(t)$ คือ ความเร่งของรถคันที่ n ณ เวลา t

α คือ ค่าความอ่อนไหวต่อสิ่งกระตุ้น

$V_n(t)$ คือ ความเร็วของรถคันที่ n ณ เวลา t

β, γ คือ ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้นในแบบจำลอง

τ_n คือ ค่าเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่รถคันที่ n

$\Delta X_n(t - \tau_n)$ คือ ระยะห่างของรถคันที่ n จากรถคันนำหน้า ณ เวลา $t - \tau_n$

$\Delta V_n^{front}(t - \tau_n)$ คือ ผลต่างความเร็วของรถคันที่ n กับรถคันนำหน้า ณ เวลา

$$t - \tau_n$$

แบบจำลองนี้เป็นที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งคือ แบบจำลอง GM ซึ่งเป็นแบบจำลองที่บริษัท General Motors นำแบบจำลอง Stimulus-response นี้มาพัฒนาเพิ่มเติมและใช้กันอย่างแพร่หลาย

2.1.1.3 Psycho-physical spacing model

Leutzbach [5] เป็นผู้เสนอแบบจำลองนี้ เพื่อแก้ปัญหาสำคัญ 2 ข้อของแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถจากมุมมองในเชิงพฤติกรรม ข้อแรกคือ ผู้ขับขี่จะไม่ทำการขับขี่ตามรถคันข้างหน้าเมื่อระยะห่างระหว่างกันมีค่ามาก ข้อที่สอง ผู้ขับขี่ไม่สามารถรับรู้ถึงความแตกต่างอันเล็กน้อยของความเร็วสัมพัทธ์ทำให้ไม่มีการตอบสนองเกิดขึ้น เขาจึงได้เสนอคำว่า “perceptual threshold” ขึ้น ซึ่งเป็นฟังก์ชันของระยะห่างระหว่างรถ โดยค่าขีดแบ่งนี้จะมีค่าน้อยเมื่อระยะห่าง

ระหว่างรถนั้นมีค่าน้อย และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะห่างระหว่างรถที่เพิ่มขึ้น โดยผู้ขับขี่จะตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น เช่น ความเร็วสัมพัทธ์ ก็ต่อเมื่อค่าของสิ่งกระตุ้นนั้นมีค่ามากกว่าค่า perceptual threshold

2.1.1.4 Fuzzy model

ใช้เซตวิภันซ์ (fuzzy set) ในการแบ่งแยกระดับของค่าต่างๆ เช่น ความเร็ว ความเร็วสัมพัทธ์ ระยะห่างของรถ เป็นต้น ตัวอย่างการแบ่งแยกระดับของความเร็วเช่น ช้ามาก ช้า ปานกลาง เร็ว และ เร็วมาก เพื่อใช้ในการตัดสินใจในการกระทำใดๆ เช่น เร่งความเร็ว ลดความเร็ว เป็นต้น [6,7]

2.1.2 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถที่ใช้ในโปรแกรม Aimsun NG [6,7,10]

แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของรถที่ใช้ในโปรแกรม Aimsun NG เป็นแบบจำลองในรูปแบบ safe-distance model โดยมีพื้นฐานมาจากแบบจำลองที่พัฒนาโดย Gipps [4]

ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของ Gipps นั้น รถจะมีการเคลื่อนที่ตามกันและการเคลื่อนที่แบบอิสระ เมื่อมีการเคลื่อนที่ตามกันผู้ขับขี่จะพยายามรักษาระยะห่างให้มีค่าน้อยเท่ากับค่าระยะปลอดภัยที่ต่ำที่สุด โดยระยะห่างที่ปลอดภัยคือระยะที่ผู้ขับขี่คันที่ตามหลังสามารถตอบสนองต่อการกระทำที่มีเหตุผลของผู้ขับขี่คันที่นำหน้าโดยไม่มีรถชนกันเกิดขึ้น และเมื่อมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระผู้ขับขี่สามารถเร่งความเร็วได้สูงสุด โดยความเร็วที่เพิ่มนั้นจะต้องไม่เกินค่าความเร็วที่ผู้ขับขี่ต้องการ

ความเร็วในการขับขี่ของรถคันที่ n ในระหว่างช่วงเวลา $[t, t+T]$ คือ

$$v_n(t+T) = \min\{v_n^a(t+T), v_n^b(t+T)\} \quad (2.3)$$

โดย

T คือ ระยะเวลาในการตอบสนอง

v_n^a คือ ความเร็วสูงสุดที่รถคันที่ n สามารถเร่งความเร็วขึ้นไปได้ในช่วงเวลา T

v_n^b คือ ความเร็วสูงสุดซึ่งยังมีความปลอดภัยสำหรับรถคันที่ n โดยพิจารณาเทียบกับรถคันที่อยู่ข้างหน้า ณ เวลา t

ซึ่ง v_n^a และ v_n^b มีค่าดังนี้

$$v_n^a(t+T) = v_n(t) + 2.5 \cdot a_n^{\max} \cdot T \cdot \left(1 - \frac{v_n(t)}{v_n^{\text{desired}}}\right) \cdot \sqrt{0.025 + \frac{v_n(t)}{v_n^{\text{desired}}}} \quad (2.4)$$

$$v_n^b(t+T) = d_n^{\max} \cdot T + \left((d_n^{\max} \cdot T)^2 - d_n^{\max} \left[2\{x_{n-1}(t) - s_{n-1} - x_n(t)\} - v_n(t) \cdot T - \frac{v_{n-1}(t)^2}{\hat{d}_{n-1}} \right] \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.5)$$

โดย

d_n^{\max} คือ อัตราเร่งสูงสุดที่ทำได้โดยรถคันที่ n (เมตร/วินาที²)

d_n^{\max} คือ อัตราหน่วงสูงสุดที่ทำได้โดยรถคันที่ n (เมตร/วินาที²)

\hat{d}_{n-1} คือ ค่าประมาณของอัตราหน่วงสูงสุดที่ทำได้โดยรถคันที่นำหน้า (n-1) (เมตร/วินาที²)

$v_n^{desired}$ คือ ความเร็วที่ต้องการโดยรถคันที่ n (เมตร/วินาที)

$x_n(t)$ คือ ตำแหน่งของรถคันที่ n ณ เวลา t

$x_{n-1}(t)$ คือ ตำแหน่งของรถคันที่นำหน้า (n-1) ณ เวลา t

s_{n-1} คือ ความยาวยังผล (effective length) ของรถคันที่นำหน้า (ความยาวของรถคันที่นำหน้า + ระยะห่างที่น้อยที่สุดระหว่างรถสองคันที่อยู่นิ่งที่ กำหนดโดยผู้ใช้)

เมื่อสามารถหาความเร็วในการขับขี่ได้แล้ว จะสามารถหาค่าตำแหน่งของรถคันที่ n ณ เวลา t+T ได้จาก

$$x_n(t+T) = x_n(t) + v_n(t+T) \cdot T \quad (2.6)$$

สำหรับรถคันที่ตามหลังนั้นมีอยู่ 2 วิธี ในการประมาณค่าอัตราหน่วงที่ทำได้โดยรถคันที่นำหน้า วิธีแรกคือสมมติว่ารถคันที่ตามหลังสามารถประมาณค่าอัตราหน่วงของคันที่นำหน้าได้อย่างสมบูรณ์ นั่นก็คือ ค่าประมาณที่ได้นั้นจะมีค่าเท่ากับค่าอัตราหน่วงของรถคันที่นำหน้า

$$\hat{d}_{n-1} = d_{n-1} \quad (2.7)$$

อีกวิธีหนึ่งคือทำการคำนวณค่าประมาณค่าอัตราหน่วงที่ทำได้โดยรถคันที่นำหน้า ว่าเป็นค่าเฉลี่ยของอัตราหน่วงของรถคันที่นำหน้ากับอัตราหน่วงของรถคันที่ตามหลัง จะได้ว่า

$$\hat{d}_{n-1} = \frac{d_n + d_{n-1}}{2} \quad (2.8)$$

ในแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันนั้น ในสถานการณ์ที่ผู้ขับขี่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ผู้ขับขี่จะพยายามขับให้ได้ความเร็วสูงสุดที่ตนต้องการซึ่งเรียกค่านี้ว่า ค่าความเร็วสูงสุดที่ต้องการ (maximum desired speed) แต่เมื่อผู้ขับขี่ขับอยู่ในถนนใด Aimsun NG จะพิจารณาว่า

ความเร็วสูงสุดที่ต้องการนั้นเกินกว่าความเร็วสูงสุดที่ถนนนั้นจำกัดหรือไม่ จึงเกิดค่าอีกค่าหนึ่งคือ ค่าความเร็วสูงที่สามารถขับขีได้ในถนนใดๆ ซึ่ง คำนี้นหาได้จาก

$$v_{\max}(i, s) = \min[S_{\text{limit}}(s) * \theta(i), v_{\max}(i)] \quad (2.9)$$

โดย

$v_{\max}(i, s)$ คือ ความเร็วสูงสุดที่รถคันที่ i สามารถขับขีได้ในถนน s ซึ่งค่า

$v_{\max}(i, s)$ นี้เป็นค่าเดียวกันกับ v_n^{desired} ในสมการ (2.4) และ (2.5)

$S_{\text{limit}}(s)$ คือ ความเร็วที่ถนน s ได้จำกัดไว้

$\theta(i)$ คือ ค่าการยอมรับความเร็วของของรถคันที่ i

$v_{\max}(i)$ คือ ความเร็วสูงสุดที่รถคันที่ i ต้องการ

2.1.3 แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร

Gipps [8] ได้เสนอปัจจัยพื้นฐานในการตัดสินใจในการเปลี่ยนช่องทางจราจรคือ ความจำเป็นในการเปลี่ยนช่องทางจราจร ความต้องการและความปลอดภัย

รูปแบบการเปลี่ยนช่องทางจราจรแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Mandatory และ Discretionary โดยแบบ Mandatory คือมีความจำเป็นในการที่จะต้องมีการเปลี่ยนช่องทางจราจร เช่น เมื่อจำนวนของช่องทางจราจรลดลง หรือ ต้องเปลี่ยนช่องทางจราจรเพื่อออกจากถนนเส้นนั้น ส่วนแบบ Discretionary คือผู้ขับขี่ต้องการเปลี่ยนช่องทางจราจรเพื่อสภาพการขับขีที่ดีขึ้น เช่น ต้องการเพิ่มความเร็วในการขับขี ในการเปลี่ยนช่องทางจราจรนั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อผู้ขับขี่ยอมรับถึงระยะห่างที่ปลอดภัยจากรถคันหน้าและรถคันหลัง ในช่องทางจราจรที่ต้องการเปลี่ยนไปหาแล้ว

2.1.4 แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจรที่ใช้ในโปรแกรม Aimsun NG [9,10]

แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจรที่ใช้ในโปรแกรม Aimsun NG พัฒนามาจากแบบจำลองของ Gipps [8] โดยเป็นกระบวนการในการตัดสินใจซึ่งทำการวิเคราะห์ความจำเป็นในการเปลี่ยนช่องทางจราจร (เช่น ในกรณีที่ต้องมีการเลี้ยวซึ่งถูกกำหนดโดยเส้นทาง) ความต้องการในการเปลี่ยนช่องทางจราจร (เช่น เมื่อต้องการแซงรถคันที่เคลื่อนที่ช้า) และ เงื่อนไขที่เป็นไปได้สำหรับการเปลี่ยนช่องทางจราจรซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของรถคันนั้นในโครงข่ายถนน แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจรทำการเลียนแบบพฤติกรรมของผู้ขับขี่โดยอิงกับตรรกะดังนี้

ในแต่ละครั้งที่รถจะทำการเปลี่ยนตำแหน่ง แบบจำลองจะทำการตั้งคำถามว่า *มีความจำเป็นในการเปลี่ยนช่องทางจราจรหรือไม่?* การตัดสินใจขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น ความเป็นไปได้ที่จะทำการเลี้ยวจากช่องทางจราจรปัจจุบัน ระยะทางถึงทางเลี้ยวถัดไป และ สภาพจราจรในช่องทางจราจรปัจจุบัน โดยสภาพจราจรนั้นถูกทำการวัดค่าอยู่ในรูปของความเร็วและความยาว

แถวคอย ซึ่งหากเมื่อรถคันที่อยู่ข้างหน้าเคลื่อนที่ช้ากว่าที่ผู้ขับขี่ต้องการ เขาจะทำการแซงคันที่อยู่ข้างหน้า

หากมีการยืนยันคำตอบว่ามีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนช่องทางจราจรแล้ว การจะเปลี่ยนช่องทางจราจรได้อย่างสมบูรณ์ต้องมีการตอบอีก 2 คำถาม คือ

1) มีความต้องการเปลี่ยนช่องทางจราจรหรือไม่?

คำถามนี้จะทำการตรวจสอบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนช่องทางจราจรแล้วมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเงื่อนไขของสภาพจราจรสำหรับผู้ขับขี่หรือไม่ โดยการเปลี่ยนแปลงนั้นวัดผลอยู่ในรูปของความเร็วและระยะทาง โดยถ้าความเร็วในช่องทางจราจรที่จะทำการเปลี่ยนไปหน้านั้นเร็วกว่า (เกินขีดแบ่งที่กำหนดโดยผู้ขับขี่) ช่องทางจราจรปัจจุบัน หรือหากความยาวแถวคายนั้นสั้นกว่าขีดแบ่ง แสดงว่ามีความต้องการในการเปลี่ยนช่องทางจราจร

2) มีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนช่องทางจราจรหรือไม่?

คำถามนี้ต้องการการยืนยันว่ามีช่องว่างเพียงพอเพื่อการเปลี่ยนช่องทางจราจรได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ เพื่อตอบคำถามนี้ จะคำนวณหาความเร็วของรถคันที่ต้องการเปลี่ยนช่องทางจราจรซึ่งมีผลมาจากรถคันที่อยู่ด้านหน้าในช่องทางจราจรเป้าหมาย และความเร็วของรถคันที่อยู่ด้านหลังในช่องทางเป้าหมายซึ่งมีผลมาจากรถคันที่ต้องการเปลี่ยนช่องทางจราจร หากความเร็วของรถทั้งสองคันนี้เป็นที่ยอมรับได้นั้นคือมีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนช่องทางจราจร

2.1.5 แบบจำลองการยอมรับช่องว่างที่ใช้ในโปรแกรม Aimsun NG [14,19]

เพื่อจะตอบคำถาม “มีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนช่องทางจราจรหรือไม่?” นั้นจะใช้ขั้นตอนวิธีข้างล่างนี้ตรวจสอบว่ามีช่องว่างเพียงพอหรือไม่

พิจารณารถคันที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง ในช่องทางเป้าหมาย

คำนวณช่องว่างระหว่างรถคันที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง ในช่องทางเป้าหมาย: $TargetGap$

if ($(TargetGap > \text{ความยาวรถ})$ & อยู่ในระนาบขวางเดียวกัน) **then**

คำนวณระยะทางระหว่างรถและรถคันที่อยู่ด้านหน้าในช่องทางเป้าหมาย: $DistanceDown$

คำนวณความเร็วของรถซึ่งมีผลมาจากรถคันที่อยู่ด้านหน้าในช่องทางเป้าหมาย โดยอิงจาก

แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของ Gipps: $ImposedDownSpeed$

if ($ImposedDownSpeed$ นั้นสามารถกระทำได้ด้วยอัตราหน่วงของรถคันนั้น) **then**

คำนวณระยะทางระหว่างรถคันที่อยู่ด้านหลังในช่องทางเป้าหมายกับรถ: $DistanceUp$

คำนวณความเร็วของรถคันที่อยู่ด้านหลังในช่องทางเป้าหมายซึ่งมีผลมาจาก
 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันของ Gipps: *ImposedUpSpeed*
 if (*ImposedUpSpeed* นั้นสามารถกระทำได้ด้วยอัตราหน่วงของรถคันที่อยู่ด้านหลังใน
 ช่องทางเป้าหมาย) then
 มีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนช่องทางจราจร
 กระทำการเปลี่ยนช่องทางจราจร
 else
 ช่องว่างไม่เป็นที่ยอมรับโดยรถคันที่อยู่ด้านหลังในช่องทางเป้าหมาย
 endif
 else
 ช่องว่างไม่เป็นที่ยอมรับโดยรถคันที่อยู่ด้านหน้าในช่องทางเป้าหมาย
 endif
 else
 ไม่มีช่องว่างอยู่ในระนาบเดียวกับรถ
 endif

2.1.6 ระยะเวลาตอบสนอง (Reaction time)

ระยะเวลาตอบสนองคือผลรวมของระยะเวลาในการรับรู้ (perception time) และระยะเวลา
 ในการเคลื่อนที่ของเท้าของผู้ขับขี่ (foot movement time) [11] โดยระยะเวลาในการรับรู้เริ่ม
 นับตั้งแต่การเกิดขึ้นของสิ่งกระตุ้นจนกระทั่งมีการเคลื่อนที่ของเท้าเกิดขึ้น โดยสิ่งกระตุ้นนั้นอาจ
 ได้แก่ความเร็วสัมพัทธ์กับรถคันข้างหน้า [5] เป็นต้น โดยค่าระยะเวลาตอบสนองนั้นจะมีค่าเฉลี่ย
 อยู่ในช่วง 1-2 วินาที

2.1.7 ระยะเวลาห่างของเวลาระหว่างรถ (Time headway)

ระยะห่างของเวลาระหว่างรถเป็นช่วงเวลาระหว่างรถคันที่ 1 และคันที่ 2 ที่วิ่งผ่านเส้นหยุด
 โดยค่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถในสถานการณ์จริงไม่ได้เป็นค่าคงที่ จึงได้นำหลักการทางสถิติ
 มาใช้ในการอธิบายค่านี้ ซึ่งสิ่งที่ได้คือการกระจายของค่าระยะห่างของเวลาระหว่างรถ (time
 headway distribution) โดยในการจำลองแบบสภาพจราจรได้นำค่าการกระจายของค่าระยะห่างเวลา
 ระหว่างรถมาเป็นค่าระยะห่างของเวลาที่จะปล่อยรถเข้าสู่แบบจำลอง

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรในระดับจุลภาคให้เลือกใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งแต่ละแบบจำลองมีสมรรถนะในการจำลองเหตุการณ์ได้แตกต่างกัน การเลือกใช้งานก็จำเป็นต้องพิจารณาถึงความสามารถที่จะพัฒนาแบบจำลองได้ในระดับที่น่าเชื่อถือ มีความยืดหยุ่นและให้ความถูกต้องเที่ยงตรงมากที่สุด ซึ่งโปรแกรมที่นิยมใช้งานกัน เช่น Aimsun NG CONTRAM CARFLO CORSIM HUTSIM INTEGRATION PARAMICS VISSIM

ตารางที่ 2.1 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่ง และการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ ของโปรแกรมต่างๆ [1]

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง และการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์	Aimsun NG	CONTRAM	CORFLO	CORSIM	HUTSIM	INTEGRATION	PARAMICS	VISSIM
การชะลอการจราจร (Traffic calming)	-	-	-	-	X	X	X	X
พฤติกรรมผู้ขับขี่ (Driver behavior)	X	-	-	X	-	X	X	-
สภาวะเครือข่าย (Network conditions)	X	-	-	-	X	-	X	-
ค่าการจราจรติดขัด (Congestion pricing)	-	-	-	-	X	-	X	-
อุบัติเหตุ (Incidents)	X	-	X	X	X	X	X	X
รถจักรยานยนต์ (Motorcycles)	-	-	-	-	-	-	-	-
การสะสมของแถวคอย (Queue spill back)	X	-	-	X	X	X	X	X
การควบคุมทางเข้า ออกทางด่วน (Ramp metering)	X	-	-	X	X	X	X	X
ระบบไฟสัญญาณจราจรสัมพันธ์ (Co-ordinated traffic signals)	X	X	-	X	X	X	X	X
สัญญาณไฟจราจรแบบปรับได้ (Adaptive traffic signals)	X	X	-	X	X	X	X	X
อุปกรณ์ทางการจราจร (Traffic devices)	X	-	-	-	-	X	X	-
การทำนายรูปแบบการไหลของเครือข่าย (Network flow pattern predictions)	-	-	-	-	X	X	X	X
ปฏิสัมพันธ์กันระหว่างยานพาหนะ (Vehicle interaction)	X	-	-	X	-	X	X	-
การสร้างเครือข่ายแบบกราฟิก (Traffic devices)	X	X	-	-	X	-	-	X
การนำเสนอผลลัพธ์แบบกราฟิก (Traffic devices)	X	X	-	X	X	X	X	X

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าแบบจำลองต่าง ๆ นั้นมีความสามารถในการจำลองหลากหลายแตกต่างกันไป แต่มีสิ่งหนึ่งซึ่งไม่มีแบบจำลองใดออกแบบมาให้ทำได้นั้นคือ การจำลองแบบพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ซึ่งในสภาวะปัจจุบันปริมาณของรถจักรยานยนต์นั้นอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อจราจรโดยรวม [2] งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขึ้น โดยโปรแกรมที่เลือกมาทำการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์นั้นควรเป็นโปรแกรมที่มีความสามารถในการให้ผู้ใช้ทำการแก้ไขแกนของโปรแกรมได้ ซึ่งโปรแกรมที่ความสามารถนี้ [12,13,14] ได้แก่ CORSIM ที่แก้ไขโดยใช้ Run-Time Extension (RTE) VISSIM โดยใช้ Vehicle Actuated Phasing (VAP) PARAMICS โดยใช้ เอพีไอ และ Aimsun NG โดยใช้ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Kit) และ Aimsun เอพีไอ

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการจำลองที่หลากหลายเพื่อประโยชน์ในการศึกษาถึงการแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรในระดับต่อไป และสามารถทำการแก้ไขแกนของโปรแกรมได้แล้ว จะพบว่า Aimsun NG เป็นโปรแกรมที่น่าจะมีความเหมาะสมที่สุดจะนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้

2.2.1 โปรแกรม Aimsun NG (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-urban Networks)

โปรแกรม Aimsun NG พัฒนาโดย J. Barcelo และ J.L. Ferrer ที่ the Polytechnic University of Catalunya ในเมือง Barcelona ปัจจุบันมีการพัฒนาต่อเนื่องและดูแลในเชิงการค้าโดย TSS – Transport Simulation Systems, Aimsun NG เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนการขนส่ง การจำลองการจราจรในระดับจุลภาค และการวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรและความต้องการทางการจราจร

Aimsun NG เป็นโปรแกรมซึ่งมีสถาปัตยกรรมซึ่งอนุญาตให้ทำการเพิ่มเติมส่วนประกอบได้อย่างไม่จำกัดจำนวน ทั้งส่วนที่ทำการผลิตโดย TSS และส่วนที่พัฒนาโดยผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถทำการเข้าถึงตัวแกนของโปรแกรม Aimsun NG และทำการปรับแต่งความสามารถของตัวโปรแกรมได้เหมือนกับที่กระทำโดย TSS

2.2.1.1 องค์ประกอบหลักตามลักษณะการใช้งานของโปรแกรม Aimsun NG

สามารถแบ่งองค์ประกอบหลักตามลักษณะการใช้งานของโปรแกรม Aimsun NG ได้ 4 ส่วน ดังนี้ [13]

1) Aimsun Simulator

Aimsun Simulator สามารถจำลองสภาพการจราจรในเครือข่ายถนนได้หลายรูปแบบ เช่น ถนนในเมือง ทางด่วน (freeways) ทางหลวง (highways) ถนนวงแหวน และถนนที่มีการรวมกันของรูปแบบข้างต้น และระบบสามารถแบ่งแยกชนิดของยานพาหนะและผู้ขับขี่ได้ โดยพฤติกรรมของยานพาหนะต่างๆ คำนวณในเครือข่ายถนนนั้นจะถูกจำลองอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาในการจำลองแบบ โดยอ้างอิงกับแบบจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่หลายแบบ (แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน, แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร แบบจำลองการยอมรับช่องว่าง)

Aimsun Simulator มีความสามารถในการจำลองการเกิดอุบัติเหตุ การจำลองระบบควบคุมการจราจรแบบปรับได้ เช่น SCATS, VS-PLUS, C-Regelaar และระบบที่ให้ความสำคัญกับระบบขนส่งสาธารณะ การใช้เครื่องมือทางการจราจร เช่น สัญญาณไฟจราจร เครื่องตรวจจับ ป้ายปรับเปลี่ยนข้อความ (VMS - Variable Message Signs) เป็นต้น การประเมินผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยมลภาวะและการใช้พลังงาน การให้รายละเอียดของผลลัพธ์ในเชิงสถิติ เช่น อัตราการไหล ความเร็ว ระยะเวลาในการเดินทาง เป็นต้น

2) Aimsun Modeller

Aimsun NG ถูกออกแบบมาเพื่อให้นำไปใช้กับสภาพแวดล้อมจริงได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถนำเข้าและจัดการกับข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS, Geographic Information System) จากแหล่งข้อมูลหลายๆ แห่งได้ เช่น ESRI Tele Atlas NAVTEQ เป็นต้น โดยโปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลแคด (CAD, Computer-Aided Design) และบิตแมพ (bitmap) เข้ามาจากแหล่งข้อมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขและนำเสนอโครงการได้อย่างสะดวก Aimsun สามารถทำการแปลข้อมูลจากโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่นจาก EMME/2 CONTRAM CUBE SATURN เป็นต้น ทั้งนี้ Aimsun NG ยังสามารถบรรจุข้อมูลการตรวจนับ ทั้งในรูปแบบออฟไลน์จากฐานข้อมูลที่มีอยู่หรือออนไลน์ในเวลาจริง (real time) เพื่อใช้กับ simulator planner หรือ โมดูล visualization

3) Aimsun Planner

Aimsun Planner เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการทางการจราจร โดยมีจุดประสงค์หลัก 2 ข้อคือ

- เพื่อสนับสนุนกระบวนการทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการคำนวณเมตริกการเดินทางต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination Matrix) ซึ่งเป็นที่ต้องการโดยวิเคราะห์ความต้องการทางการจราจรเพื่อการวางแผนการขนส่ง
- ทำให้มีแพลตฟอร์มการคำนวณสำหรับการจัดการของเมตริกการเดินทางต้นทาง-ปลายทางเพื่อสร้างข้อมูลเข้าสู่การจำลองในระดับจุลภาค

4) Aimsun Server

Aimsun Server เป็น Aimsun รุ่นที่ไม่มีส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI, Graphical User Interface) และสามารถเข้าถึงได้ผ่านทางเครือข่าย สำหรับเมื่อมีความต้องการในการประมวลผลที่เร็วกว่าเวลาจริง เช่น เมื่ออยู่ในศูนย์ควบคุมกลางเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแผนการจัดการจราจรก่อนที่จะมีการนำไปใช้จริง

โดยองค์ประกอบที่จะนำมาใช้อย่างมากในวิทยานิพนธ์นี้คือ Simulator เพื่อใช้ในการจำลองแบบ โดยโปรแกรม Aimsun NG มีข้อดีคือสามารถจำลองเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่ได้, สามารถจำลองรูปแบบของเครือข่ายได้หลากหลาย จำนวนยานพาหนะที่สามารถจำลองได้นั้นมีจำนวนมาก สามารถใช้ในการวางแผนการจัดการจราจรได้ สามารถจำลองโครงข่ายการจราจรที่มีความหนาแน่นและการเกิดอุบัติเหตุได้ แต่ข้อจำกัดของ Simulator คือ ในส่วนของข้อมูลสำหรับระบบช่วยเหลือในการนำทางและการให้สัญญาณสำหรับป้ายปรับเปลี่ยนข้อความ จะต้องมาจากระบบภายนอกเท่านั้น

2.2.1.2 ความสามารถในการพัฒนาส่วนขยายของโปรแกรม Aimsun NG

โปรแกรม Aimsun NG มีกลไกที่ใช้ในการพัฒนาส่วนขยายที่ครอบคลุมการทำงานโดยทั่วไปของโปรแกรมสองกลไก คือ ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Software Development Kit) และ บทคำสั่ง (scripting) ส่วนกลไกที่ใช้ในการพัฒนา Aimsun Simulator นั้นได้แก่ Aimsun API

1) ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์

ทางเลือกแรกในการพัฒนาส่วนขยายคือใช้ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งเขียนอยู่ในรูปภาษา C++ โดยชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์นี้เป็นกลุ่มของชิ้นส่วนการเชื่อมต่อประสานกับผู้ใช้ คลัง (libraries) และ เอกสาร ซึ่งสามารถทำให้นำโปรแกรมประยุกต์ (application) ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพิ่มเติมเข้าไปใน Aimsun NG ได้

ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นสามารถเข้าถึงส่วน ใจกลาง (kernel) ซึ่งอนุญาตให้มีการเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงานเข้าสู่ส่วนดังกล่าว โดยรุ่นของชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ TSS ใช้นั้นเป็นรุ่นเดียวกันกับที่มอบให้แก่ผู้ใช้

2) บทคำสั่ง

ทางเลือกที่สองในการพัฒนาส่วนขยายคือการใช้ Aimsun NG Scripting ซึ่งอยู่ในรูปภาษา Python โดย Python นี้มีการทำงานที่ซ้ากว่า C++ ซึ่ง Python เอพีไอ นั้นสามารถเข้าถึงฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ได้เพียงส่วนหนึ่งจากที่มีในชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ทำให้ Python Scripting นี้เหมาะสำหรับการเขียนโปรแกรมเล็กๆ เพื่อเพิ่มเติมความสามารถของ Aimsun NG หรือ

เพื่อทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานในบางกระบวนการ การทำงานโดยทั่วไป ที่ทำงานได้ โดยใช้บทคำสั่งนี้ เช่น การรวบรวมข้อมูลจากแบบจำลอง การแก้ไขข้อมูลภายในแบบจำลอง การเขียนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง เป็นต้น

3) Aimsun เอพีไอ

ในส่วนของ Aimsun เอพีไอนี้ สามารถพัฒนาส่วนขยายได้เฉพาะในส่วนของ Aimsun Simulator โดยส่วนขยายที่พัฒนาขึ้นนี้จะถูกใช้ในคัดแปลงการจำลองแบบปัจจุบัน โดยการเปลี่ยนค่าต่างๆ เช่น การควบคุมช่วงเวลา การจัดการจราจร เป็นต้น และใช้ในการรับค่าข้อมูลต่างๆ จากการจำลองเช่น ค่าเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่ เวลาปัจจุบันในการจำลอง เป็นต้น

ส่วนต่อขยายที่พัฒนาโดยใช้ Aimsun API นี้ สามารถเขียนโดยใช้ได้ทั้งภาษา C++ และ Python และสามารถรวมฟังก์ชันการทำงานเข้ากันกับชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์และบทคำสั่งได้

จะเห็นได้ว่าเครื่องมือที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเข้าถึงและแก้ไขแกนของโปรแกรม และ Aimsun Simulator นั้น คือ ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์และ Aimsun เอพีไอ

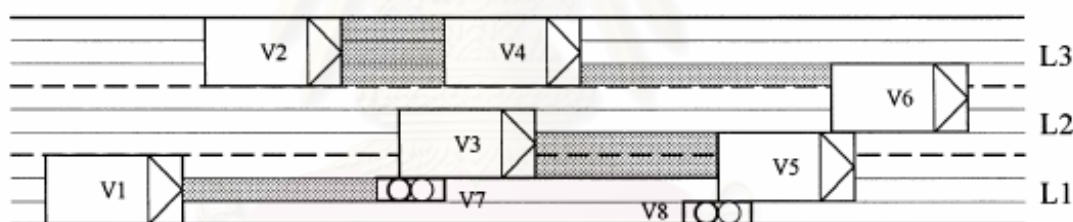
2.2.2 แบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

ในแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ใน โปรแกรมหรืองานวิจัยต่างๆ ที่มีมานั้น มักจะพิจารณาว่าตำแหน่งของรถจักรยานยนต์ในช่องจราจรนั้นจะอยู่ตรงกึ่งกลางช่องจราจรเหมือนรถยนต์เสมอ และลักษณะการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์จะเหมือนกับรถยนต์นั่นคือ จะขับขี่ตามกันไป ในช่องจราจรเดียวกันทีละ 1 คัน ไม่สามารถขับขี่ขนานไปในช่องจราจรเดียวกันได้ นอกจากนี้วิธีการเปลี่ยนช่องจราจรเหมือนกับรถยนต์คือจะเปลี่ยนจากตำแหน่งกึ่งกลางของช่องจราจรหนึ่งไปยังตำแหน่งกึ่งกลางอีกช่องจราจรหนึ่ง

แบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ของ Oketch [15] ได้เสนอว่าในการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์นั้นเมื่อรถนั้นเจอแถวคอย รถนั้นจะทำการเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างระหว่างรถยนต์ที่อยู่ในแถวคอยนั้น โดยความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างมีค่ามากที่สุดอยู่ที่ 10 กม./ชม. ส่วนการเคลื่อนที่ของรถยนต์นั้น รถยนต์จะไม่ยึดติดกับช่องทางจราจรแต่จะสามารถเคลื่อนที่โดยมีการซ้อนเหลื่อมระหว่างช่องจราจรได้ และหากมีช่องว่างเพียงพอ รถจักรยานยนต์ก็จะเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างนั้นได้ โดยในการเคลื่อนที่ตามกันทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์นั้นจะพิจารณาเฉพาะยานพาหนะคันที่อยู่ต่อเนื่องกันตามแนวยาวไม่ว่าจะมีการขับขี่ซ้อนเหลื่อมช่องทางจราจรหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจากรูปนั้น เส้นประแสดงการแบ่งช่องจราจร, ยานพาหนะจะเคลื่อนที่ตามกันกับยานพาหนะคันอื่นที่อยู่ต่อเนื่องกันตามแนวยาวของพื้นที่ระบายสี และรถจักรยานยนต์ V7 กับ V8 เคลื่อนที่ไปในช่องว่างในช่องจราจร โดยรูปแบบการเคลื่อนที่ของ

ยานพาหนะในแบบจำลองนี้จะมีทั้งการเคลื่อนที่ในแนวขวาง (lateral movement) และแนวยาว (longitudinal movement) ซึ่งในการเคลื่อนที่ในแนวขวางนั้นเกิดขึ้นเมื่อมีการแซงเกิดขึ้น โดยการแซงนั้นรถคันที่แซงไปอาจจะเปลี่ยนแปลงช่องทางจราจรแบบสมบูรณ์หรือแบบบางส่วน (มีการเคลื่อนที่ที่กลับมายังช่องทางเดิมก่อนมีการเปลี่ยนช่องทางจราจร) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งทางขวางของรถคันที่ถูกแซง ซึ่งก่อนที่จะมีการเคลื่อนที่ทางข้างเกิดขึ้นจะมีกระบวนการในการตัดสินใจ 3 ขั้นตอนคือ

- 1) การระบุการกระทำที่เป็นตัวเลือก เช่น การเปลี่ยนช่องทางจราจรเพื่อหลบสิ่งกีดขวาง การเปลี่ยนช่องทางจราจรเพื่อไปในทิศทางที่ต้องการ หรือ การแซงยานพาหนะคันข้างหน้า เป็นต้น
- 2) การประเมินระดับความสำคัญของการกระทำที่เป็นตัวเลือก โดยระดับความสำคัญนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ระยะทางถึงสิ่งกีดขวาง ความเร็วที่ต้องการ จำนวนช่องทางที่ต้องเปลี่ยนเพื่อไปยังช่องทางเป้าหมาย เป็นต้น
- 3) การทดสอบความปลอดภัย เป็นการทดสอบว่างในช่องทางที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไปหา นั้น มีช่องว่างมากพอหรือไม่ ในการเคลื่อนที่ทางข้างความเร็วที่ยานพาหนะใช้นั้นอยู่ที่ 1 เมตร/วินาที

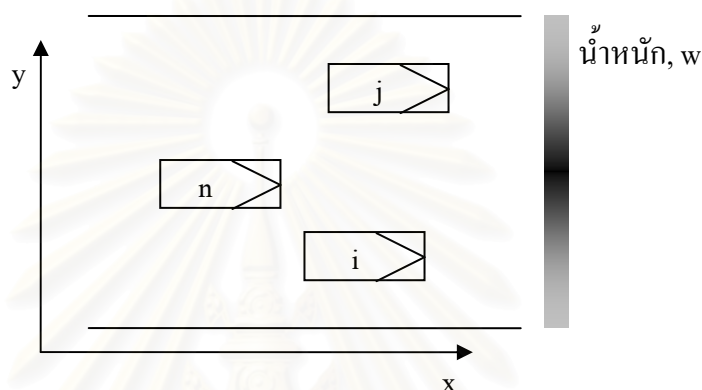


รูปที่ 2.1 รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ซ้อนเหลื่อมช่องทางจราจรได้ซึ่งหากมีช่องว่างเพียงพอ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างนั้น และการเคลื่อนที่ตามกันจะพิจารณาเฉพาะยานพาหนะที่อยู่ต่อเนื่องกันตามแนวยาว [15]

จะเห็นได้ว่ารูปแบบพฤติกรรมของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองนี้สามารถนำมาใช้ในการทำวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ได้ ส่วนผลการจำลองที่ได้จากแบบจำลองนี้ มีความถูกต้องตรงกับสภาพการจราจรจริงแต่ด้วยข้อมูลของการจราจรที่ใส่เข้าไปให้กับแบบจำลองนั้นมีปริมาณของรถจักรยานยนต์อยู่เพียงประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ทำให้ไม่เป็นที่แน่ชัดว่า ด้วยปริมาณของรถจักรยานยนต์ที่มากกว่านี้แบบจำลองนี้จะยังคงให้ความถูกต้องได้อยู่หรือไม่ ซึ่งในกรุงเทพมหานครปริมาณของรถจักรยานยนต์นั้นจะอยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรถทั้งหมด [2]

แบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ของ Cho และ Wu [16] ได้เสนอว่า ในช่องทางสำหรับรถจักรยานยนต์โดยเฉพาะนั้น หากมีรถจักรยานยนต์อยู่ด้านหน้ารถจักรยานยนต์คันที่

ตามหลังมา มากกว่า 1 คัน รถจักรยานยนต์คันที่อยู่ด้านหน้าที่มีระยะห่างทางด้านข้าง (y) ที่น้อยที่สุด ทางด้านซ้ายและทางด้านขวาด้านละ 1 คัน เท่านั้น ที่จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์คันที่ตามหลังมา โดยคันที่อยู่ใกล้กว่าจะมีผลต่อความเร็วของคันที่ตามหลังมากกว่าคันที่อยู่ไกลกว่า และจะมีการใช้ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก โดยแถบสีในรูปที่ 2.2 และสมการที่ 2.10 แสดงถึงฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักที่กล่าวถึง ซึ่งรถคันที่นำหน้าที่อยู่ในบริเวณที่สีเข้มกว่าจะมีค่าน้ำหนักมากกว่าคันที่นำหน้าที่อยู่ในบริเวณที่แถบสีจางกว่า



รูปที่ 2.2 รถจักรยานยนต์คันที่นำหน้าในช่องทางของจักรยานยนต์โดยเฉพาะและฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักสำหรับระยะห่างทางด้านข้าง [16]

$$w(y_{i,t} - y_{n,t}) = \begin{cases} 0.5 & y_{i,t} - y_{n,t} \leq \omega - \chi \\ \frac{0.5}{y_{i,t} - y_{n,t}}, & \text{สำหรับ } y_{i,t} - y_{n,t} > \omega - \chi \end{cases} \quad (2.10)$$

โดย

ω คือ ความกว้างของรถจักรยานยนต์

χ คือ ช่องว่างทางด้านข้างของรถจักรยานยนต์เมื่อหยุดนิ่ง

$y_{n,t}$ คือ ตำแหน่งในแนวขวางของรถจักรยานยนต์คันที่ n ณ เวลา t

$y_{i,t}$ คือ ตำแหน่งในแนวขวางของรถจักรยานยนต์คันที่ i ณ เวลา t

ความเร็วของรถจักรยานยนต์คันที่ตามหลังมา (คันที่ n) ณ เวลา $t+1$ หาได้จากสมการที่ 2.11

$$V_{n,t+1} = V_{n,t} \left(\begin{array}{l} 1 - w(y_{i,t} - y_{n,t}) e^{-\lambda \frac{(V_{i,t})^\alpha}{(V_{n,t})^\beta} \left(\frac{x_{i,t} - x_{n,t} - S_n}{L} \right)^\gamma} \\ - w(y_{j,t} - y_{n,t}) e^{-\lambda \frac{(V_{j,t})^\alpha}{(V_{n,t})^\beta} \left(\frac{x_{j,t} - x_{n,t} - S_n}{L} \right)^\gamma} \end{array} \right) \quad (2.11)$$

โดย

$V_{n,d}$ คือ ความเร็วที่ต้องการโดยรถจักรยานยนต์คันที่ n

$w(y_{i,t} - y_{n,t})$ คือ ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักระหว่างรถจักรยานยนต์คันที่ n และคันที่ i

$w(y_{j,t} - y_{n,t})$ คือ ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนักระหว่างรถจักรยานยนต์คันที่ n และคันที่ j

$V_{n,t}$ คือ ความเร็วของรถจักรยานยนต์คันที่ n ณ เวลา t

$V_{i,t}$ คือ ความเร็วของรถจักรยานยนต์คันที่ i ณ เวลา t

$V_{j,t}$ คือ ความเร็วของรถจักรยานยนต์คันที่ j ณ เวลา t

$x_{n,t}$ คือ ตำแหน่งในแนวยาวของรถจักรยานยนต์คันที่ n ณ เวลา t

$x_{i,t}$ คือ ตำแหน่งในแนวยาวของรถจักรยานยนต์คันที่ i ณ เวลา t

$x_{j,t}$ คือ ตำแหน่งในแนวยาวของรถจักรยานยนต์คันที่ j ณ เวลา t

S_n คือ ระยะห่างจากรถจักรยานยนต์คันนำหน้าเมื่อหยุดนิ่ง

ในงานวิจัยที่กล่าวถึงนี้ยังมีความละเอียดในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองน้อยมากโดยตรวจสอบโดยใช้สายตาในการประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกมาเท่านั้น แต่ในวิทยานิพนธ์นี้จะมีการตรวจสอบความถูกต้องให้มีความละเอียดแม่นยำมากขึ้น โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

2.2.3 การจำลองการจราจรในระดับจุลภาค

งานวิจัยของ รัตนา [17] ได้เสนอการจำลองการจราจรในระดับจุลภาคแบบกระจายด้วยกลุ่มสถานีงาน โดยในแบบจำลองนี้โครงข่ายถนนขนาดใหญ่จะถูกแบ่งออกเป็นโครงข่ายย่อย และถูกกระจายไปประมวลผลยังเครือข่ายสถานีงาน สถานีงานแต่ละเครื่องจะประมวลผลอย่างอิสระโดยมีการประสานเวลาระหว่างเครือข่าย สถานีงานในการจำลองนี้จะมีเครื่องหนึ่งทำหน้าที่ทั้งการจำลองแบบและเป็นสถานีหลักในการควบคุมการประสานเวลาเครือข่าย ในการประสานเวลาเครือข่ายนั้นใช้แนวคิดว่าขั้นเวลาในการจำลองแบบนั้นจะดำเนินต่อไปได้ก็ต่อเมื่อสถานีงานเครื่องหลักได้รับตัวบ่งชี้จากสถานีงานย่อยทุกตัวแล้ว ในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะนั้นจะถูกทำการจำลองโดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน แบบจำลองการเปลี่ยนช่องทางจราจร และมีการใช้แบบจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยในงานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้สถานีงานจำนวน 1, 2 และ 3 เครื่อง ซึ่งจากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการใช้สถานีงานหลายๆ เครื่องนั้น จะเห็นเด่นชัดว่ามีค่ามากขึ้นเมื่อจำนวนของยานพาหนะใน

แบบจำลองนั้นมีจำนวนมาก อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้สามารถจำลองพฤติกรรมของรถยนต์ได้เท่านั้นไม่รวมไปถึงรถจักรยานยนต์และยานพาหนะอื่นๆ

2.2.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์พฤติกรรม เพื่อการพัฒนาแบบจำลอง

ได้มีงานวิจัยชิ้นต่างๆ ที่พัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมของรถยนต์ คนเดินเท้า ขึ้น โดยแบบจำลองพฤติกรรมที่ได้รับการพัฒนานั้นนั้น ได้ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยวิธีการต่างๆ กัน เช่น สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ภาพจากวิดีโอ สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจ, สร้างขึ้นโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ (sensor) เป็นต้น

Medioni et. al [18] ได้พัฒนาระบบการตรวจจับและวิเคราะห์เหตุการณ์ของวัตถุจากวิดีโอที่สร้างขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้มุ่งความสนใจไปที่งานทางด้านจราจรแต่มุ่งความสนใจไปที่การสร้างระบบสำหรับการตรวจจับและวิเคราะห์เหตุการณ์วัตถุโดยอัตโนมัติ ซึ่งวัตถุนั้นสามารถเป็นได้ทั้งมนุษย์และยานพาหนะ และกรรมวิธีในการวิเคราะห์สามารถนำไปเป็นแนวทางในการวิเคราะห์พฤติกรรมของยานพาหนะในการจราจรได้ โดยระบบทั้งหมดทั้งการตรวจจับวัตถุจากภาพและการวิเคราะห์เหตุการณ์จะทำงานแบบอัตโนมัติและได้กำหนดว่าพฤติกรรมหลักของวัตถุ 1 พฤติกรรมประกอบขึ้นจากเหตุการณ์ย่อยหลายๆ เหตุการณ์ ในการระบุเหตุการณ์ของวัตถุนั้นทำได้โดยการประเมินคุณสมบัติต่างๆ ของวัตถุที่ระบบทำการวัดได้ร่วมกับภาวะแวดล้อม และให้ค่าระดับความเป็นไปได้แก่เหตุการณ์นั้น โดยการสรุปถึงพฤติกรรมหลักของวัตถุนั้นกระทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ย่อยที่ประกอบกันขึ้นเป็นพฤติกรรมหลักนั้น ตัวอย่างเช่น ในการยืนยันความถูกต้องของพฤติกรรมเคลื่อนที่ของวัตถุเข้าใกล้จุดตรวจ ทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ย่อยต่างๆ เช่น ระยะทางถึงจุดตรวจที่ลดลง และ ทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นมุ่งตรงไปสู่จุดตรวจ ซึ่งประสิทธิภาพของระบบนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของการตรวจจับและติดตามความเคลื่อนไหวของวัตถุเป็นหลักและหากเกิดความผิดพลาดในการให้ค่าระดับความเป็นไปได้แก่เหตุการณ์ ความผิดพลาดนี้จะส่งผลกระทบต่อ การสรุปถึงพฤติกรรมหลักของวัตถุ

Kwon และ Morichi [19] ได้ใช้วิดีโอในการวิเคราะห์พฤติกรรมคนเดินเท้าและการมีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างคนเดินเท้ากับรถยนต์และรถจักรยาน และทำการหาปัจจัยซึ่งมีผลกระทบต่อพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์กันนี้ พฤติกรรมของคนเดินเท้าที่ทำการวิเคราะห์นั้นเป็นพฤติกรรมการใช้ทางเดินเท้า และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อพฤติกรรมนี้ได้แก่ อัตราเร็วของรถยนต์ อัตราการไหลของรถยนต์ และ อัตราของคนเดินเท้าที่อยู่บนทางเท้า ในการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์กันเขาได้ใช้คำว่า “ระยะทางที่มีอิทธิพล” ในการอธิบายถึงปฏิสัมพันธ์กัน ซึ่งคำนี้มีความหมายว่า เป็นระยะทางที่คนเดินเท้า รถยนต์ หรือจักรยาน มีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางหรือความเร็วเพื่อป้องกันการเกิดความ

ขัดแย้งและรักษาระยะห่างซึ่งปลอดภัยระหว่างคนเดินเท้า รถยนต์ หรือจักรยาน คนหรือคันอื่นๆ ในการเก็บข้อมูลนั้นได้นำกล้องวิดีโอที่ติดตั้งไว้ที่ชั้นบนสุดของอาคารที่มีความสูง 3 ถึง 8 ชั้น และเก็บข้อมูลของถนน 15 สายที่อยู่รอบๆ สถานีรถไฟในเมืองซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมงโดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลนี้ขึ้นอยู่กับระดับอัตราการไหลของการจราจร จากงานวิจัยนี้จะพบว่าในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมนั้นควรมีการเก็บข้อมูลในหลายๆ สถานที่เพื่อให้ได้รูปแบบของพฤติกรรมและข้อมูลที่มีความครบถ้วนมากที่สุด และในแต่ละสถานที่ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลก็จะไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ด้วย

Hughes [20] ได้ใช้กล้องวิดีโอและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์ตรวจจับโดยใช้เลเซอร์ (laser) ในการเก็บข้อมูลการจราจรเพื่อสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Aimsun2 ซึ่งโดยกล้องวิดีโอที่ติดตั้งไว้บนสะพานและจับภาพของการจราจรที่มีทิศทางวิ่งออกจากตัวกล้องข้อมูลที่ทำ การเก็บนั้นได้แก่ ความเร็ว ปริมาณรถ ระยะห่างของเวลาระหว่างรถ อัตราเร่งและอัตราการเปลี่ยนช่องทางจราจร ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลคือ 1 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากภาพวิดีโอได้แก่ ความเร็ว อัตราการไหล และระยะห่างของเวลาระหว่างรถ เท่านั้น ข้อมูลอื่นๆ นั้นจำเป็นต้องได้มาจากการใช้อุปกรณ์อื่นๆ ร่วมในการตรวจวัดด้วย แต่การใช้วิดีโอก็มีข้อดีคือเมื่อไม่สามารถทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับแบบถาวรลงไปในถนนได้ เราสามารถนำกล้องวิดีโอมาใช้ในการเก็บข้อมูลแทนได้

Zhao และ Wu [21] ได้ใช้วิดีโอในการรวบรวมรูปแบบพฤติกรรมของคนเดินเท้าที่ทางแยกที่มีสัญญาณไฟ และมีการหาค่าคุณลักษณะของคนเดินเท้าออกมา เช่น ความเร็วเฉลี่ยในการเดิน เฟอร์เซ็นต์ของจำนวนครั้งที่มีการหยุดเดินในระหว่างการข้ามถนน

Nee และ Hallenbeck [22] ได้วิเคราะห์พฤติกรรมของผู้ขับขี่และคนเดินเท้าเพื่อใช้ในการศึกษาถึงการปรับปรุงความปลอดภัย ในการเก็บข้อมูลพฤติกรรมนั้นงานวิจัยนี้ได้ใช้แบบสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลว่าสำหรับแต่ละคนจะมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์อย่างไร จากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลที่ได้ทั้งหมด และแสดงเปอร์เซ็นต์ของการตอบสนองแต่ละแบบออกมา โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจากสองสถานที่ โดยในแต่ละสถานที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นจำนวนห้าครั้งในวันที่ต่างกันแต่เวลาเดียวกันซึ่งแต่ละครั้งทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลาแปดชั่วโมงและจำนวนตัวอย่างอยู่ในช่วงระหว่าง 30-50 คน ซึ่งในการใช้แบบสำรวจนี้จำเป็นที่จะต้องทราบถึงรูปแบบของพฤติกรรมในการตอบสนองทั้งหมดก่อนจากนั้นจึงค่อยให้ผู้ที่กรอกข้อมูลทำการเลือกรูปแบบพฤติกรรมการตอบสนองที่ตนต้องการ ซึ่งหากแบบสำรวจไม่ครอบคลุมถึงพฤติกรรมทั้งหมดแล้ว ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดต่อการเก็บข้อมูลขึ้นได้

Zou และ Levinson [23] ได้พัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่ที่บริเวณทางแยกโดยใช้แบบจำลอง Hidden Markov ในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองนั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้

อุปกรณ์ตรวจจับเพื่อเก็บข้อมูลความเร็วและตำแหน่งของยานพาหนะ และใช้กล้องวิดีโอเพื่อเก็บข้อมูลสถานะของไฟจราจร โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลคือ 5 ชม. และจำนวนรถที่สามารถเก็บข้อมูลมาได้นั้นมีจำนวน 1963 คัน พฤติกรรมของยานพาหนะที่ใช้ในแบบจำลองนี้ได้แก่ เร่งความเร็ว ลดความเร็ว และ ขับขี่ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งพฤติกรรมเหล่านี้จะเกิดขึ้นทั้งในภาวะการจราจรปกติและภาวะขัดแย้งซึ่งหมายถึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการชนกันของยานพาหนะสองคันเกิดขึ้น และจากพฤติกรรมและภาวะการจราจรที่กล่าวถึงนี้ ทำให้สามารถสร้างเซตของสถานะของยานพาหนะขึ้นมาได้ คือ {(ลดความเร็ว ภาวะปกติ) (ลดความเร็ว ภาวะขัดแย้ง) (ขับขี่ความเร็วคงที่ ภาวะปกติ) (ขับขี่ความเร็วคงที่ ,ภาวะขัดแย้ง) (เร่งความเร็ว ภาวะปกติ) (เร่งความเร็ว ภาวะขัดแย้ง)} ซึ่งในแบบจำลองจะกำหนดค่าความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งอย่างไรก็ตามการใช้อุปกรณ์ตรวจจับนั้นไม่สามารถเก็บข้อมูลพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนมากๆ ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

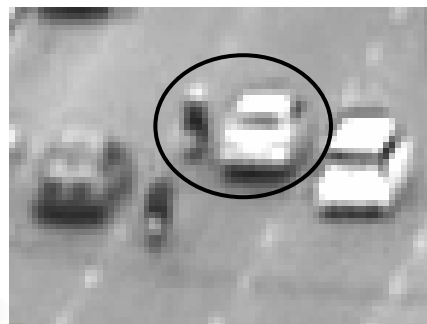
ในสภาพการจราจรของกรุงเทพมหานครเมื่อมีการไหลอย่างปกติ รถจักรยานยนต์สามารถเคลื่อนที่ขนานกันไปในช่วงจราจรเดียวกันได้มากกว่า 1 คัน และสามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้ในรูปแบบที่ต่างไปจากรถยนต์ นอกจากนั้นเมื่ออยู่ในแนวคอยรถจักรยานยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างในแถวคอยเพื่อไปอยู่ข้างหน้าสุดของแถวคอยได้ ซึ่งพฤติกรรมต่างๆ นี้จะเกิดขึ้นตลอดช่วงความยาวของถนนสายต่างๆ ที่อยู่ในเมือง ในการออกแบบแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์นั้นจึงมีการระบุตำแหน่งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ในช่วงจราจรเนื่องจากในกรุงเทพมหานครนั้น 1 ช่องจราจรหลักสามารถมีรถจักรยานยนต์อยู่ในระนาบเดียวกันได้พร้อมกันหลายคัน มีแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันเพื่อใช้ในการพิจารณาหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ มีแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรเพื่อใช้ในการพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ และมีแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงเพื่อใช้ในการพิจารณาการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ไปตามช่องว่างในแถวคอย งานวิจัยนี้จะใช้การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ โดยข้อมูลความน่าจะเป็นที่วิเคราะห์ได้จากภาพวิดีโอที่บันทึกบริเวณกึ่งกลางถนนจะนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ และข้อมูลความน่าจะเป็นที่วิเคราะห์ได้จากภาพวิดีโอที่บันทึกบริเวณทางแยกจะนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ รายละเอียดต่างๆ มีดังนี้

3.1 การระบุตำแหน่งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ในช่วงจราจร

โดยทั่วไปในงานวิจัยและโปรแกรมสำหรับการจำลองการจราจรที่มีอยู่เดิมนั้นเช่น AIMSUN NG MITSIM และ PARAMICS เป็นต้น จะมีการระบุตำแหน่งของยานพาหนะว่าอยู่ในช่องจราจรซ้าย กลาง หรือ ขวา ในกรณีที่มี 3 ช่องจราจร ไม่ว่าจะยานพาหนะคันนั้นจะเป็น รถยนต์ รถบรรทุก หรือรถจักรยานยนต์ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาว่ารถจักรยานยนต์ที่มีความกว้างโดยเฉลี่ย 1 เมตร เมื่อเทียบกับรถยนต์ที่กว้างเฉลี่ย 2 เมตร [10] และถนนโดยทั่วไปในกรุงเทพมหานครที่มีความกว้างช่องจราจรประมาณ 3-4 เมตร [2,24] และจากการสำรวจพบว่ารถจักรยานยนต์ 1 คันจะใช้พื้นที่ของช่องจราจรเพียงประมาณ 1 ใน 3 แต่รถยนต์ใช้ประมาณ 2 ใน 3 ทำให้พบว่าการสถานการณ์จริงในกรุงเทพมหานครนั้นใน 1 ช่องจราจรในระนาบขวางเดียวกันสามารถมีรถจักรยานยนต์อยู่ได้พร้อมกันถึง 3 คัน ดังรูปที่ 3.1 (ก) หรือ รถยนต์ 1 คันและรถจักรยานยนต์ 1 คัน ดังรูป 3.1 (ข)



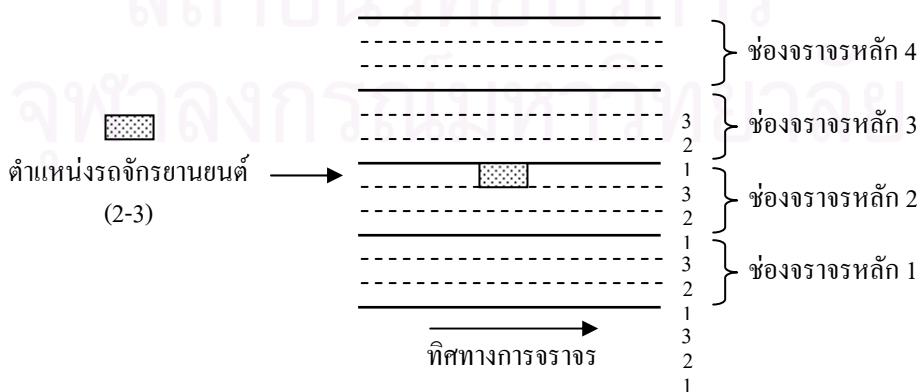
(ก) รถจักรยานยนต์คันที่อยู่ในวงกลมอยู่ในระนาบขวางเดียวกันในช่องจราจรเดียวกัน



(ข) รถยนต์และรถจักรยานยนต์คันที่อยู่ในวงกลมอยู่ในระนาบขวางเดียวกันในช่องจราจรเดียวกัน

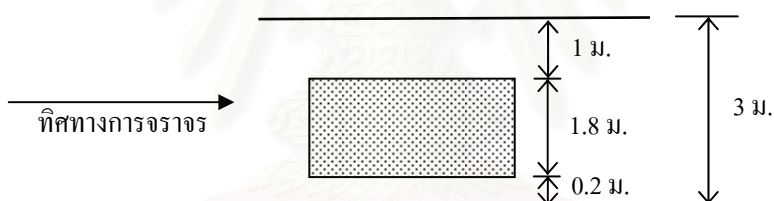
รูปที่ 3.1 รถจักรยานยนต์และรถยนต์อยู่ในช่องจราจรเดียวกัน

เพื่อการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ให้ได้ใกล้เคียงความจริง จึงควรมีวิธีการระบุตำแหน่งช่องจราจรทั้งของข้อมูลที่เก็บมาและของแบบจำลองที่ละเอียดมากกว่าเดิม งานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการระบุโดยใช้ หมายเลขช่องจราจรหลัก-หมายเลขช่องจราจรย่อย ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดว่าแต่ละช่องจราจรตามปกตินั้นถูกเรียกว่า ‘ช่องจราจรหลัก’ โดยใช้หมายเลขในการระบุ ซึ่งหมายเลข 1 หมายถึงช่องจราจรหลักทางขวาสุด, หมายเลข 2 คือช่องจราจรหลักลำดับถัดมาทางด้านซ้าย และนับเพิ่มไปจนถึงช่องจราจรทางด้านซ้ายสุด จากนั้นได้แบ่งการพิจารณาช่องจราจรหลักแต่ละช่องออกเป็น 3 ช่องจราจรย่อยได้แก่ ย่อยขวา ย่อยกลาง และย่อยซ้าย โดยแทนช่องย่อยขวาด้วยหมายเลข 1 ย่อยกลางด้วยหมายเลข 2 และย่อยซ้ายด้วยหมายเลข 3 ตัวอย่างการระบุตำแหน่งช่องจราจรของรถจักรยานยนต์คันหนึ่งจากทั้งข้อมูลที่เก็บมาได้และในแบบจำลอง เช่น 2-3 หมายความว่ารถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักช่องที่ 2 จากขวาและอยู่ในช่องย่อยทางซ้ายของช่องจราจรหลักที่ 2 นั้น ดังรูปที่ 3.2

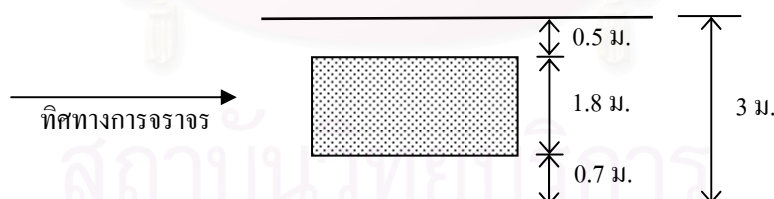


รูปที่ 3.2 รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจร 2-3

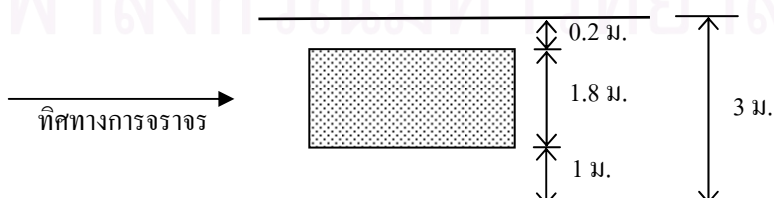
ส่วนการระบุตำแหน่งของรถยนต์นั้นใช้วิธีเดียวกันกับรถจักรยานยนต์คือระบุเป็นหมายเลขช่องจราจรหลัก-หมายเลขช่องจราจรย่อย โดยในการระบุหมายเลขช่องจราจรย่อยของรถยนต์จากทั้งข้อมูลที่ได้และในแบบจำลองนั้นทำได้โดยการพิจารณาว่าช่องว่างทางด้านข้างของรถยนต์ในช่องจราจรหลักนั้นเพียงพอให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปได้หรือไม่ โดยค่าขั้นต่ำของช่องว่างนี้คือ 1 เมตร เช่น หากช่องว่างทางด้านซ้ายของรถยนต์ในช่องจราจรหลักนั้นมีมากกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร รถยนต์คันนั้นจะถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 1 (ขวา) หรือ หากช่องว่างทางด้านขวาและซ้ายต่ำกว่า 1 เมตร จะพิจารณาว่ารถยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรย่อย 2 (กลาง) แต่หากช่องว่างทางด้านขวาของรถยนต์ในช่องจราจรหลักนั้นมีมากกว่าหรือเท่ากับ 1 เมตร รถยนต์คันนั้นจะถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 3 (ซ้าย) ตัวอย่างเช่น ถนนกว้าง 3 เมตร รถยนต์กว้าง 1.8 เมตร มีช่องว่างทางด้านซ้าย 1 เมตร รถยนต์คันนี้จะถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 1 ดังรูปที่ 3.3 (ก) แต่หากช่องว่างทั้งสองด้านนั้นน้อยกว่า 1 เมตร รถยนต์คันนี้จะถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 2 ดังรูป 3.3 (ข) และหากว่ามีช่องว่างทางด้านขวา 1 เมตร รถยนต์คันนี้จะถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 3 ดังรูป 3.3 (ค)



(ก) ตัวอย่างรถยนต์ซึ่งถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 1



(ข) ตัวอย่างรถยนต์ซึ่งถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 2



(ค) ตัวอย่างรถยนต์ซึ่งถูกพิจารณาว่าอยู่ในช่องจราจรย่อย 3

รูปที่ 3.3 ตำแหน่งของรถยนต์บนช่องจราจร

การระบุตำแหน่งช่องจราจรของทั้งรถจักรยานยนต์และรถยนต์ด้วยวิธีนี้มีประโยชน์ในการนำไปใช้พิจารณาหารถยนต์และรถจักรยานยนต์คันนำหน้าเพื่อใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน และใช้พิจารณาหาช่องว่างในช่องจราจรย่อยต่างๆ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนช่องจราจรและการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง ดังนี้

3.2 แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน

โดยทั่วไปในโปรแกรมสำหรับการจำลองการจราจรที่มีอยู่เดิมนั้น ได้กำหนดว่ารถยนต์และรถจักรยานยนต์นั้นจะอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของช่องจราจรหลักเท่านั้น ไม่มีการเบนของตำแหน่งไปทางซ้ายหรือขวา ทำให้ในช่องจราจรหลักเดียวกัน รถจักรยานยนต์และรถยนต์สามารถทำได้เพียงการเคลื่อนที่ตามกันกับรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์คันหน้าเท่านั้น แต่งานวิจัยนี้ได้เสนอว่าตำแหน่งของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในแต่ละช่องจราจรหลักสามารถอยู่ในช่องจราจรย่อย 1 2 หรือ 3 ได้ ด้วยวิธีการที่ได้เสนอนี้ทำให้ในช่องจราจรหลักเดียวกันสามารถมีได้ทั้งการเคลื่อนที่ตามกันและการเคลื่อนที่เข้าไปในช่องจราจรย่อยข้างหน้าที่ว่างอยู่เพื่อขับจี้ขนานกัน

ในการเคลื่อนที่ตามกันหรือเคลื่อนที่อย่างอิสระงานวิจัยนี้ได้เสนอว่า เมื่อรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่า 20 กม./ชม. เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปตามสภาพการจราจรปกติ ในขณะที่การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กม./ชม. เป็นการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่อรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าสู่หรือเคลื่อนที่ระหว่างแถวคอย งานวิจัยนี้จึงได้แบ่งรูปแบบการหารถคันนำหน้าโดยพิจารณาตามชนิดของรถและตามความเร็วออกเป็นดังนี้ ซึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้ในการอธิบายภาพต่างๆ มีความหมายคือ



คือตำแหน่งของรถจักรยานยนต์คันที่จะหารถคันนำหน้า



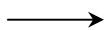
คือตำแหน่งของรถจักรยานยนต์คันอื่นๆ ที่สามารถเป็นรถคันนำหน้าได้



คือตำแหน่งของรถยนต์คันที่จะหารถคันนำหน้า



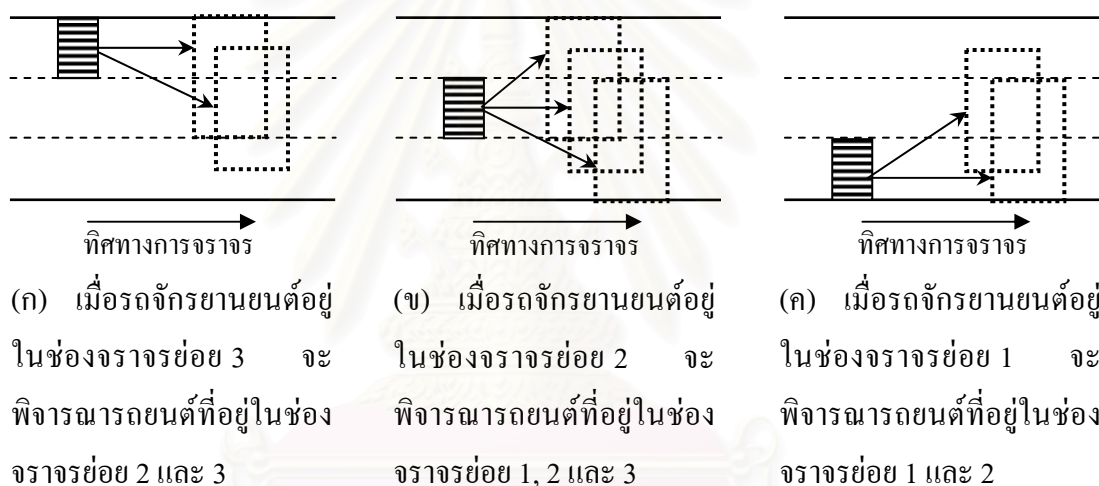
คือตำแหน่งของรถยนต์คันอื่นๆ ที่สามารถเป็นรถคันนำหน้าได้



คือตัวชี้ไปยังตำแหน่งของรถคันอื่นๆ ที่สามารถเป็นรถคันนำหน้ารถคันปัจจุบันได้
 หนึ่ง ในวิทยานิพนธ์นี้ คำว่า ‘รถ’ โดยลำพังนั้นหมายถึงยานพาหนะชนิดใดก็ได้ ไม่ว่าจะเป็น
 เป็น รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ และเมื่อต้องการระบุชนิดของยานพาหนะอย่างเฉพาะเจาะจงจะใช้
 คำในการระบุตามชนิดของยานพาหนะนั้น เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ และคำว่า ‘ช่องจราจร’ นั้น
 หมายถึง ช่องจราจรหลัก-ย่อย

3.2.1 การหารถยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

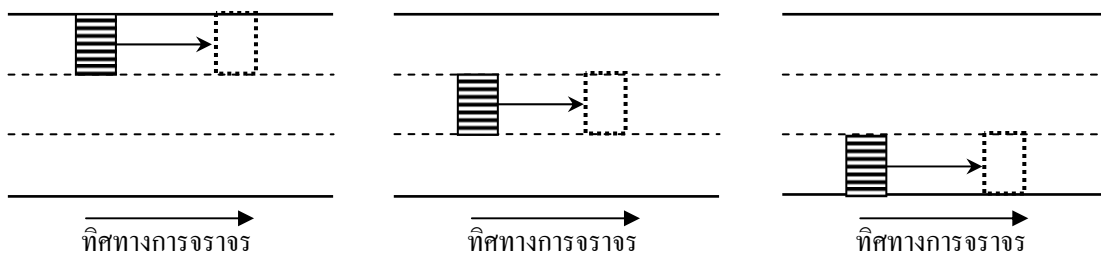
รถจักรยานยนต์จะพิจารณารถยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อรถยนต์คันนั้นอยู่ใน
 ช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถจักรยานยนต์และมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกันน้อยกว่าหรือ
 เท่ากับ 1 ดังรูปที่ 3.4 (ก) 3.4 (ข) และ 3.4 (ค)



รูปที่ 3.4 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

3.2.2 การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

รถจักรยานยนต์จะพิจารณารถจักรยานยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อ
 รถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถจักรยานยนต์คันแรกและมีหมายเลขช่อง
 จราจรย่อยเดียวกัน 3.5 (ก) 3.5 (ข) และ 3.5 (ค)

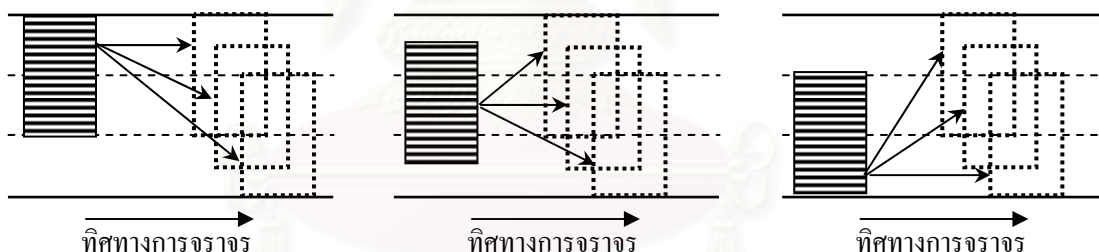


- (ก) เมื่อรถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 3
- (ข) เมื่อรถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2
- (ค) เมื่อรถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1

รูปที่ 3.5 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

3.2.3 การหารถยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

รถยนต์จะพิจารณารถจักรยานยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อรถยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถยนต์คันแรก โดยไม่ว่าจะมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเป็นหมายเลขใดก็ตาม ดังรูปที่ 3.6 (ก) 3.6 (ข) และ 3.6 (ค)

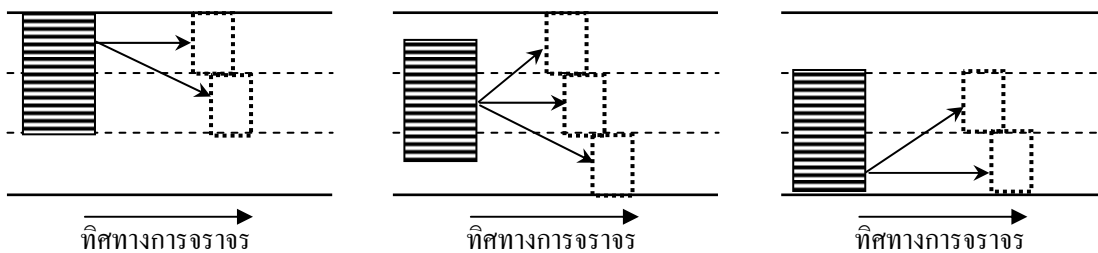


- (ก) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3
- (ข) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3
- (ค) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3

รูปที่ 3.6 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

3.2.4 การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

รถยนต์จะพิจารณารถจักรยานยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อรถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถยนต์และมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 3.7 (ก) 3.7 (ข) และ 3.7 (ค)



(ก) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 และ 3

(ข) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3

(ค) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 และ 2

รูปที่ 3.7 การพิจารณารถจักรยานยนต์คั่นนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ในสถานการณ์จริงในแฉกคอย เมื่อช่องว่างในช่องจราจรหลักหนึ่งมีค่าน้อย แต่เมื่อรวมช่องว่างของสองช่องจราจรหลักที่อยู่ติดกันเข้าด้วยกันแล้ว มักจะเพียงพอให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างนี้ได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือรถจักรยานยนต์สามารถเคลื่อนที่ครอบช่องจราจรหลักตรงตำแหน่งช่องว่างนี้ได้ แสดงดังรูปที่ 3.8 (ก) แต่เนื่องจากระบบการแบ่งช่องจราจรที่งานวิจัยนี้ได้เสนอนั้น รถจักรยานยนต์ต้องเคลื่อนที่ไปบนช่องจราจรย่อยช่องใดช่องหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ครอบช่องจราจรได้ ทำให้ช่องจราจรย่อยที่มีอยู่ 2 ช่องตรงตำแหน่งช่องว่างดังที่ได้กล่าวไปนั้น ในการจำลองจะต้องสามารถให้รถจักรยานยนต์สามารถเคลื่อนที่เข้าไปได้ในช่องใดช่องหนึ่งเปรียบเสมือนเป็นการขั้ครอบช่องจราจรดังเช่นในสถานการณ์จริง ดังรูปที่ 3.8 (ข) ด้วยเหตุผลนี้วิธีการหารถคั่นนำหน้าเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ (เคลื่อนที่ไประหว่างแฉกคอย) จึงต่างออกไปจากวิธีการหารถคั่นนำหน้าเมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เพื่อให้แบบจำลองสามารถจำลองสถานการณ์ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด



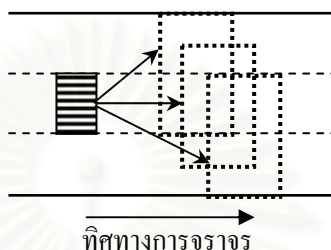
(ก) ในสถานการณ์จริง รถจักรยานยนต์สามารถเคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างระหว่างแฉกคอยโดยครอบระหว่างช่องจราจรหลักได้

(ข) ในการจำลอง รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่อยู่บนช่องจราจรย่อยช่องใดช่องหนึ่งตรงตำแหน่งช่องว่างระหว่างแฉกคอยนั้น

รูปที่ 3.8 การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ในช่องว่างระหว่างแฉกคอย

3.2.5 การหารถยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

รถจักรยานยนต์จะพิจารณารถยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 และรถยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถจักรยานยนต์โดยไม่ว่าจะมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเป็นหมายเลขใดก็ตาม โดยรถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 และ 3 จะไม่พิจารณารถยนต์คันใดๆ เป็นคันที่นำหน้า ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

3.2.6 การหาจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

รถจักรยานยนต์จะพิจารณารถจักรยานยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่รถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถจักรยานยนต์คันแรก และมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเดียวกัน หรือ เมื่รถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่คนละช่องจราจรหลักกับรถจักรยานยนต์คันแรกแต่มีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกันเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 3.10 (ก) 3.10 (ข) และ 3.10 (ค)



(ก) เมื่รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 และช่องจราจรย่อย 1 แต่ต่างช่องจราจรหลัก

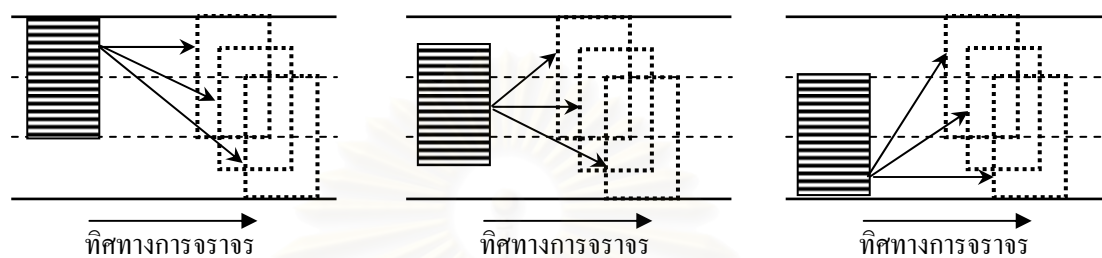
(ข) เมื่รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2

(ค) เมื่รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 และช่องจราจรย่อย 3 แต่ต่างช่องจราจรหลัก

รูปที่ 3.10 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

3.2.7 การหารถยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

รถยนต์จะพิจารณารถยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อรถยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถยนต์คันแรกโดยไม่ว่าจะมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเป็นหมายเลขใดก็ตาม ดังรูปที่ 3.11 (ก) 3.11 (ข) และ 3.11 (ค)



(ก) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3

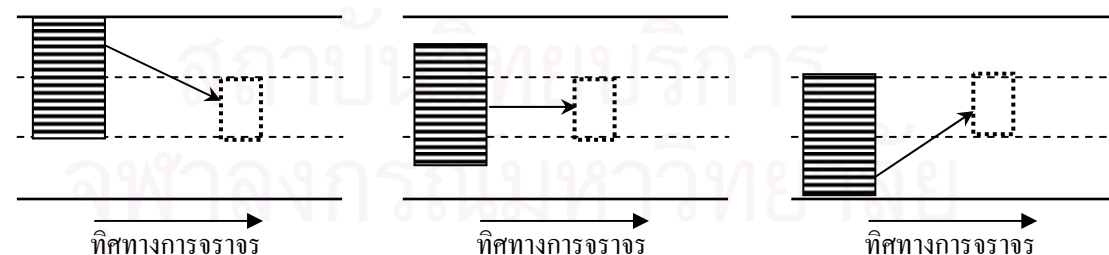
(ข) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3

(ค) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 1, 2 และ 3

รูปที่ 3.11 การพิจารณารถยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

3.2.8 การหารถจักรยานยนต์ที่นำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

รถยนต์จะพิจารณารถจักรยานยนต์อีกคันหนึ่งว่าเป็นรถคันนำหน้าเมื่อรถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถยนต์และรถจักรยานยนต์คันนั้นอยู่ในช่องจราจรย่อย 2 เท่านั้น ดังรูปที่ 3.12 (ก) 3.12 (ข) และ 3.12 (ค)



(ก) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 3 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2

(ข) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2

(ค) เมื่อรถยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อย 1 จะพิจารณารถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2

รูปที่ 3.12 การพิจารณารถจักรยานยนต์คันนำหน้าของรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

เมื่อรถคันที่ต้องการหารถคันนำหน้าทราบแล้วว่ารถคันใดสามารถเป็นรถคันนำหน้าได้บ้าง ในการจำลองหากว่ามีรถมากกว่า 1 คันที่สามารถเป็นรถคันนำหน้าได้ รถคันที่ต้องการหารถคันนำหน้าจะเลือกรถคันที่สามารถเป็นคันที่นำหน้าได้ที่มีระยะห่างน้อยที่สุดมาเป็นรถคันนำหน้าเพียงคันเดียว จากนั้นสมการที่นำมาใช้คำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ จะใช้สมการการเคลื่อนที่เดียวกันกับที่ใช้อยู่แล้วใน โปรแกรม AIMSUN NG ซึ่งเป็นสมการที่พัฒนามาจากสมการของ Gipps [4]

3.3 แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร

โดยปกติแล้วในการพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรของรถยนต์เพื่อการแซงจะพิจารณาว่าเปลี่ยนจากช่องจราจรหลักหนึ่งไปยังอีกช่องจราจรหลักหนึ่ง แต่ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์เพื่อการแซงว่าเป็นการเปลี่ยนจากช่องจราจรย่อยหนึ่งไปยังอีกช่องจราจรย่อยหนึ่ง และจากการสำรวจพบว่าการเปลี่ยนช่องจราจรย่อยของรถจักรยานยนต์นั้นสามารถมีการเปลี่ยนช่องครั้งละ 2 ช่องขึ้นไปได้บ่อยครั้ง เช่น การเปลี่ยนจาก ช่องจราจรย่อยทางซ้าย ไปยังช่องจราจรย่อยทางขวาในช่องจราจรหลักเดียวกัน เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงได้เสนอ ‘รูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์’ ขึ้นเพื่อใช้อธิบายวิธีในการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์แต่ละคัน โดยในแต่ละรูปแบบนั้นประกอบไปด้วย

- 1) ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ก่อนการแซง
- 2) ชนิดของรถคันนำหน้าที่ต้องการแซง
- 3) ตำแหน่งช่องจราจรของรถคันนำหน้า
- 4) ช่องจราจรใหม่ของรถจักรยานยนต์ที่เปลี่ยนเข้าไปภายหลังการแซง
- 5) ความน่าจะเป็นของช่องจราจรใหม่ที่เปลี่ยนเข้าไป
- 6) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะห่างจากรถคันนำหน้าเมื่อเกิดการแซง

โดยข้อมูลของแต่ละรูปแบบนี้จะได้มาจากการเก็บข้อมูลจากสถานการณ์จริง จากนั้นนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ โดยอัลกอริทึมเพื่อใช้ในการจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรได้ดัดแปลงมาจากแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรในโปรแกรม AIMSUN NG [10] โดยเพิ่มเติมวิธีในการระบุช่องจราจร การระบุชนิดของรถคันนำหน้าที่ต้องการแซง การตรวจสอบระยะห่างจากรถคันนำหน้า การเลือกช่องจราจรหลังการแซง และค่าเปอร์เซ็นต์การแซง (เป็นค่าตัวแทนเปอร์เซ็นต์ของความเร็วซึ่งผู้ขับขี่ต้องการที่จะแซง) ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการเก็บข้อมูลในสถานการณ์จริง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น อัลกอริทึมที่ดัดแปลงแล้วเป็นดังนี้

If ความเร็วรถคันนำหน้า < (ค่าเปอร์เซ็นต์การแซง*ความเร็วที่ผู้ขับที่ต้องการ) **then**

If ระยะห่างจากรถคันหน้า < ระยะห่างที่ต้องการ **then**

- เลือกช่องจราจรที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไปจากข้อมูลค่าความน่าจะเป็นที่มีอยู่
- พร้อมที่จะแซง

else

- ยังไม่แซง

endif

else

- ไม่มีความต้องการที่จะแซง

Endif

จากนั้นเมื่อรถจักรยานยนต์พร้อมที่จะแซงแล้วยังมีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบต่อว่าในช่องจราจรที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไปนั้นมีช่องว่างเพียงพอหรือไม่ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำอัลกอริทึมของแบบจำลองการยอมรับช่องว่างในโปรแกรม AIMSUN NG มาประยุกต์ [10] โดยวิธีการตรวจสอบเดิมนั้นจะตรวจสอบในระดับช่องจราจรหลัก แต่งานวิจัยนี้จะตรวจสอบละเอียดลงไปในระดับช่องจราจรย่อย ซึ่งหากมีช่องว่างเพียงพอ รถจักรยานยนต์ก็จะแซงขึ้นไป แต่หากช่องว่างไม่เพียงพอ รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรใหม่ที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไป และตรวจสอบช่องว่างในช่องจราจรใหม่ที่เลือกนั้น กระทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ด้วยข้อมูลช่องจราจรใหม่ที่มีอยู่ จนกว่าจะแซงขึ้นไปได้ แต่หากพิจารณาแล้วพบว่าไม่มีช่องจราจรใหม่ช่องใดเลยที่มีช่องว่างเพียงพอให้แซงเข้าไปได้ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนแบบตามกันไปตามเดิม

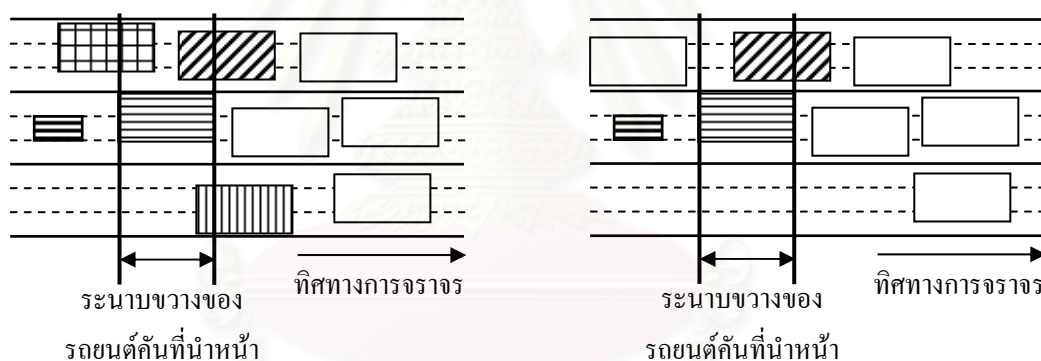
3.4 แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง

ในกรุงเทพมหานคร เมื่อรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอยที่ทางแยกในช่องทางจราจรที่มีทิศทางตรงไป รถจักรยานยนต์มักเคลื่อนที่ไปตามช่องว่างที่อยู่ระหว่างแถวคอยนี้เพื่อไปอยู่ ณ ตำแหน่งหน้าสุดของแถวคอย งานวิจัยนี้ได้เสนอ ‘รูปแบบของแถวคอย’ ขึ้นเพื่อบ่งบอกตำแหน่งในช่องจราจรของรถยนต์ที่อยู่ในแถวคอยที่รถจักรยานยนต์คันนั้นไปถึง และงานวิจัยนี้ยังได้เสนอ ‘รูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง’ ขึ้นเพื่ออธิบายว่าเมื่อรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอยแล้วจะเคลื่อนที่ต่อไปในแถวคอยอย่างไร โดยแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงประกอบไปด้วย

- 1) ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ก่อนการเคลื่อนที่เข้าไปในแถวคอย
- 2) รูปแบบของแถวคอย

- 3) ตำแหน่งช่องจราจรใหม่ของรถจักรยานยนต์ภายหลังการเคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปใน
แถวคอย
- 4) ตำแหน่งช่องจราจรสุดท้ายของรถจักรยานยนต์เมื่อรถจักรยานยนต์หยุดนิ่งในแถวคอย
- 5) ค่าความน่าจะเป็นของการเลือกคู่ ช่องจราจรใหม่-ช่องจราจรสุดท้าย ในข้อ 3) และ 4)

‘รูปแบบของแถวคอย’ นั้นประกอบไปด้วยตำแหน่งในช่องจราจรของรถยนต์คันที่อยู่
ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันกับรถจักรยานยนต์และตำแหน่งในช่องจราจรของรถยนต์คันที่
อยู่ในช่องจราจรหลักอื่นๆ ที่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของรถอยู่ในระนาบขวางเดียวกับรถยนต์คันที่อยู่
ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกับรถจักรยานยนต์ โดยหากในช่องจราจรอื่นใดนั้นมีรถยนต์
มากกว่า 1 คันที่อยู่ในระนาบขวางนี้ จะพิจารณารูปแบบแถวคอยในช่องจราจรหลักนั้นจากตำแหน่ง
ในช่องจราจรของรถยนต์คันที่อยู่ทางด้านหน้า ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.13 (ก) แต่หากในช่องจราจร
หลักอื่นใด ไม่มีรถยนต์อยู่ในระนาบขวางของคันหน้านี้ จะพิจารณาว่าช่องจราจรหลักนั้น ไม่มี
แถวคอย ตัวอย่างแสดงดังรูป 3.13 (ข)



ก) มีรถยนต์ในช่องจราจรหลักอื่นๆ ใน
ระนาบขวางของรถยนต์คันที่นำหน้า และ
ในช่องจราจรหลักอื่นช่องหนึ่งมีรถยนต์
มากกว่า 1 คันที่อยู่ในระนาบขวางของ
รถยนต์คันนำหน้า

ข) มีและไม่มีรถยนต์ในช่องจราจรหลัก
อื่นๆ ในระนาบขวางของรถยนต์คัน
นำหน้า

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างรูปแบบแถวคอย

จากรูป 3.13 (ก) จะได้ว่า ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ คือ 2-2 รูปแบบของ
แถวคอยคือ 1-1 (รถยนต์คันที่มีหลายตามแนวตั้งมีส่วนหนึ่งของรถอยู่ในระนาบขวางของคันที่
นำหน้า) 2-3 (รถยนต์คันที่มีหลายตามแนวขวางเป็นคันที่นำหน้ารถจักรยานยนต์ ดังนั้นจึงต้องเป็น
ส่วนหนึ่งของรูปแบบแถวคอย และเป็นคันที่กำหนดตำแหน่งระนาบขวาง) และ 3-2 (รถยนต์คันที่มี

ลายตามแนวแวงมีส่วนหนึ่งของรถอยู่ในระนาบขวางของรถยนต์คันที่นำหน้า และเป็นรถยนต์คันที่อยู่หน้ารถยนต์คันที่มีลายตาราง) และจากรูป 3.13 (ข) จะได้ว่า ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ คือ 2-2 รูปแบบของแฉกคอคคือ 2-3 (รถยนต์คันที่มีลายตามแนวขวางเป็นคันที่นำหน้ารถจักรยานยนต์ ดังนั้นจึงต้องเป็นส่วนหนึ่งของรูปแบบแฉกคอค และเป็นคันที่กำหนดตำแหน่งระนาบขวาง) และ 3-2 (รถยนต์คันที่มีลายตามแนวแวงมีส่วนหนึ่งของรถอยู่ในระนาบขวางของรถยนต์คันที่นำหน้า) โดยในช่องจราจรหลักที่ 1 นั้นจะไม่มีแฉกคอค โดยรถยนต์คันที่ไม่มีลายใดๆ นั้น เป็นรถยนต์คันที่อยู่นอกระนาบขวางของคันหน้า

การทำงานของแบบจำลองการเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรงคือ เมื่อรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแฉกคอค รถจักรยานยนต์จะหาว่ารูปแบบแฉกคอคที่อยู่ข้างหน้านั้นเป็นเช่นใด จากนั้นรถจักรยานยนต์จะเลือกคู่ตำแหน่งของช่องจราจรใหม่ในแฉกคอค-ช่องจราจรสุดท้ายในแฉกคอค จากข้อมูลที่มีอยู่ จากนั้นจะพิจารณาว่าช่องจราจรใหม่ในแฉกคอคที่เลือกออกมานั้นมีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้หรือไม่ หากมีช่องว่างเพียงพอ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่เข้าไปในช่องจราจรใหม่นั้น และใช้หมายเลขช่องจราจรสุดท้ายในแฉกคอคในการตัดสินใจว่าจะเคลื่อนที่ต่อไปในแนวขวางในแฉกคอคไปในทิศทางใด แต่หากพิจารณาแล้วพบว่าไม่มีช่องว่างไม่เพียงพอให้เคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปได้ตามตำแหน่งที่เลือกมา รถจักรยานยนต์จะเลือกคู่ตำแหน่งของช่องจราจรใหม่ในแฉกคอค-ช่องจราจรสุดท้ายในแฉกคอคออกมาใหม่ และตรวจสอบช่องว่างของช่องจราจรใหม่ที่เลือกออกมา และจะกระทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ด้วยข้อมูลช่องจราจรใหม่ในแฉกคอคที่มีอยู่

3.5 การเก็บวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรได้มาจากการบันทึกวิถีทัศนับริเวณกึ่งกลางถนน ในขณะที่ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงได้มาจากการบันทึกวิถีทัศนับริเวณทางแยก รายละเอียดมีดังนี้

3.5.1 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองนั้น ได้มาจากการบันทึกวิถีทัศนับริเวณกึ่งกลางถนน โดยบันทึกในช่วงเวลาที่มีการจราจรไม่หนาแน่นจนเกินไปเพื่อให้ได้สภาพการจราจรที่ไหลอย่างอิสระ โดยเก็บมาจาก 2 สถานที่คือ ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ ซึ่งมี 3 ช่องจราจรหลัก ในช่วงเวลา 11.00 – 12.00 น. ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.14 และถนนพระราม 4 ซึ่งมี 4 ช่องจราจรหลัก ในช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น. ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.15 ซึ่งสภาพการจราจรโดยทั่วไปนั้นมีความเร็วของการจราจรประมาณ 40 - 80 กม./ชม.



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนเพชรบุรีตัดใหม่



รูปที่ 3.15 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนพระราม 4

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลของถนนฝั่งซ้ายจากแต่ละวิถีทัศนซึ่งข้อมูลที่ได้มีดังนี้

- 1) ปริมาตรรถยนต์และเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลักของรถยนต์
- 2) ปริมาตรรถจักรยานยนต์และเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรย่อยของรถจักรยานยนต์
- 3) ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ก่อนการแข่ง
- 4) ชนิดของรถคันนำหน้าที่ต้องการแข่ง
- 5) ตำแหน่งช่องจราจรของรถคันนำหน้า
- 6) ช่องจราจรใหม่ของรถจักรยานยนต์ที่เปลี่ยนเข้าไปภายหลังการแข่ง
- 7) ความน่าจะเป็นของช่องจราจรใหม่ที่เปลี่ยนเข้าไป
- 8) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะห่างจากรถคันหน้าเมื่อเกิดการแข่ง

ข้อมูลในข้อ 1) และ 2) เป็นข้อมูลปริมาณ เพื่อใช้ในการป้อนรถยนต์และรถจักรยานยนต์เข้าสู่แบบจำลอง โดยข้อมูลของถนนเพชรบุรีตัดใหม่แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ส่วนข้อมูลของถนนพระราม 4 แสดงในตารางที่ 3.3 และ 3.4

ตารางที่ 3.1 ปริมาตรรถยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่

ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ช่องจราจรหลัก	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลัก
1,612	3	6.08
	2	47.15
	1	46.77

ตารางที่ 3.2 ปริมาตรรถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่

ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน)	ช่องจราจรย่อย	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรย่อย
1,138	3-3	0.88
	3-2	6.68
	3-1	21.70
	2-3	28.03
	2-2	18.54
	2-1	13.71
	1-3	8.44
	1-2	1.93
	1-1	0.09

ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ช่องจราจรหลัก	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลัก
2,682	4	5.89
	3	28.49
	2	40.42
	1	25.21

ตารางที่ 3.3 ปริมาณรถยนต์บนถนนพระราม 4

ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน)	ช่องจราจรย่อย	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรย่อย
2,032	4-3	1.67
	4-2	11.91
	4-2	31.55
	3-3	10.38
	3-2	15.26
	3-1	12.20
	2-3	7.63
	2-2	3.20
	2-1	3.05
	1-3	1.82
	1-2	0.98
	1-1	0.34

ตารางที่ 3.4 ปริมาณรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

ข้อมูลปริมาณที่ได้จากบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลักนั้นจะนำไปเป็นข้อมูลปริมาณการปล่อยรถเข้าสู่การจำลองในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก ส่วนข้อมูลปริมาณที่ได้จากบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลักนั้นจะนำไปเป็นข้อมูลปริมาณการปล่อยรถเข้าสู่การจำลองในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

ข้อมูลในข้อ 3) ถึง 8) เป็นข้อมูลพฤติกรรมของแต่ละรูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ โดยตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่แสดงในตารางที่ 3.5 และตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
1	2-2	รถยนต์	2-3	2-1	0.50	4.50	0.50
2	2-2	รถยนต์	2-3	1-3	0.50	4.50	0.50
3	2-2	รถยนต์	2-2	3-2	0.13	5	1.32
4	2-2	รถยนต์	2-2	3-1	0.60	5	1.32
5	2-2	รถยนต์	2-2	2-3	0.07	5	1.32
6	2-2	รถยนต์	2-2	1-3	0.13	5	1.32
7	2-2	รถยนต์	2-2	1-1	0.07	5	1.32
8	2-2	รถจักรยานยนต์	2-2	2-3	0.33	2.67	1.25
9	2-2	รถจักรยานยนต์	2-2	2-1	0.67	2.67	1.25

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
1	3-2	รถยนต์	3-1	4-1	0.26	1.95	1
2	3-2	รถยนต์	3-1	3-3	0.42	1.95	1
3	3-2	รถยนต์	3-1	2-3	0.26	1.95	1
4	3-2	รถยนต์	3-1	2-2	0.60	1.95	1
5	3-2	รถจักรยานยนต์	3-2	4-1	0.26	1.11	0.45
6	3-2	รถจักรยานยนต์	3-2	3-3	0.11	1.11	0.45
7	3-2	รถจักรยานยนต์	3-2	3-1	0.52	1.11	0.45
8	3-2	รถจักรยานยนต์	3-2	2-3	0.11	1.11	0.45

ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลักนั้นจะเป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์สำหรับถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก ส่วนข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลักนั้นจะเป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์สำหรับถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

ข้อมูลอีกอย่างหนึ่งที่วิเคราะห์ออกมาได้คือ เปอร์เซ็นต์การแซงของรถจักรยานยนต์ ซึ่งค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ออกมาได้คือ 78.17 เปอร์เซ็นต์ (0.78) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.06 เปอร์เซ็นต์ (0.10) โดยค่าเปอร์เซ็นต์ในการแซงนี้ทดสอบแล้วพบว่ามีการกระจายแบบปกติ (normal distribution)

3.5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองนั้น ได้มาจากการบันทึกวีดิทัศน์บริเวณทางแยก โดยบันทึกในช่วงเวลาที่มีการจราจรปานกลางเพื่อให้สามารถมองเห็นพฤติกรรมที่บริเวณท้ายสุดของแถวคอยได้ โดยเก็บมาจาก 2 สถานที่คือ ถนนอังรีดูนังต์ ซึ่งมี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และ เลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก ในช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น. ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.16 และถนนพระราม 4 ซึ่งมี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปและเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลัก ในช่วงเวลา 14.00 – 15.00 น. ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ 3.17 ซึ่งสภาพการจราจรโดยทั่วไปนั้นมีความเร็วของการจราจรประมาณ 40 - 80 กม./ชม.



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพจากวีดิทัศน์ที่บันทึกได้จากถนนอังรีดูนังต์



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอที่บันทึกได้จากถนนพระราม 4

จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลของถนนฝั่งซ้ายจากแต่ละวิดีโอ ซึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มีดังนี้ (ไม่พิจารณา 3 ช่องจราจรหลักทางขวาสุดของถนนพระราม 4 ฝั่งซ้าย)

- 1) ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ทั้งหมด
- 2) เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรของรถยนต์และรถจักรยานยนต์
- 3) ตำแหน่งช่องจราจรเดิมของรถจักรยานยนต์ก่อนการเคลื่อนที่เข้าไปในแฉกคอย
- 4) รูปแบบของแฉกคอย
- 5) ตำแหน่งช่องจราจรใหม่ของรถจักรยานยนต์ภายหลังการเคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปในแฉกคอย
- 6) ตำแหน่งช่องจราจรสุดท้ายของรถจักรยานยนต์เมื่อรถจักรยานยนต์หยุดนิ่งในแฉกคอย
- 7) ค่าความน่าจะเป็นของการเลือกคู่ ช่องจราจรใหม่-ช่องจราจรสุดท้าย ในข้อ 5) และ 6)

ข้อมูลในข้อ 1) และ 2) เป็นข้อมูลปริมาณเพื่อใช้ในการป้อนรถยนต์และรถจักรยานยนต์เข้าสู่แบบจำลอง โดยข้อมูลของถนนอังรีดูนังต์แสดงในตารางที่ 3.7 และ 3.8 ส่วนข้อมูลของถนนพระราม 4 แสดงในตารางที่ 3.9 และ 3.10

ตารางที่ 3.7 ปริมาณรถยนต์บนถนนอังรีดูนังต์

ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ช่องจราจรหลัก	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลัก
1,248	3	59.38
	2	19.39
	1	21.23

ตารางที่ 3.8 ปริมาณรถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์

ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน)	ช่องจราจรย่อย	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรย่อย
549	3-3	6.74
	3-2	11.11
	3-1	24.41
	2-3	18.94
	2-2	18.21
	2-1	10.38
	1-3	6.74
	1-2	2.91
	1-1	0.55

ตารางที่ 3.9 ปริมาณรถยนต์บนถนนพระราม 4

ปริมาณรถยนต์ (คัน)	ช่องจราจรหลัก	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลัก
3,119	3	46.20
	2	20.20
	1	33.60

หมายเหตุ : รถยนต์ในช่องจราจรหลักที่ 3 จำนวน 85.5 เปอร์เซ็นต์เฉลี่ยช่วงเช้าถึงเที่ยงทางด่วน

ตารางที่ 3.10 ปริมาณรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน)	ช่องจราจรย่อย	เปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรย่อย
2,145	3-3	2.66
	3-2	14.50
	3-1	19.11
	2-3	18.88
	2-2	11.66
	2-1	10.16
	1-3	16.04
	1-2	4.24
	1-1	2.75

ข้อมูลในข้อ 3) ถึง 7) เป็นข้อมูลพฤติกรรมของแต่ละรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ โดยตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์ แสดงในตารางที่ 3.11 และตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 แสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแวกคอย		ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของคู่ช่องจราจรใหม่-สุดท้าย
		x = 2	x = 1			
		y	y			
1	2-3	2	2	2-3	2-3	0.27
2	2-3	2	2	2-3	2-2	0.09
3	2-3	2	2	2-3	2-1	0.37
4	2-3	2	2	2-3	1-3	0.18
5	2-3	2	2	2-1	1-3	0.09

หมายเหตุ : x หมายถึง หมายเลขช่องจราจรหลัก y หมายถึง หมายเลขช่องจราจรย่อย

ตารางที่ 3.12 ตัวอย่างข้อมูลพฤติกรรมผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแถวคอย			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
1	3-1	2	2	2	3-3	3-3	0.54
2	3-1	2	2	2	3-3	3-2	0.03
3	3-1	2	2	2	3-1	3-3	0.03
4	3-1	2	2	2	3-1	3-1	0.03
5	3-1	2	2	2	2-3	3-1	0.03
6	3-1	2	2	2	2-3	2-3	0.20
7	3-1	2	2	2	2-3	2-2	0.03
8	3-1	2	2	2	2-3	2-1	0.03
9	3-1	2	2	2	2-3	1-3	0.05
10	3-1	2	2	2	2-1	1-1	0.03

ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากบริเวณทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปและเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลักนั้นจะเป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์สำหรับทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปและเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก ส่วนข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากบริเวณทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปและเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลักนั้นจะเป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์สำหรับทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปและเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก

ตารางข้อมูลทั้งหมดทั้งข้อมูลปริมาณและข้อมูลพฤติกรรมของทุกสถานการณ์นั้นได้ถูกบันทึกไว้ในแฟ้มข้อมูลรูปแบบ xls (Microsoft Excel worksheet) และแฟ้มข้อมูลของตารางทั้งหมดนั้น จะถูกแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ txt (text file) โดยแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ txt นี้ จะถูกอ่านจาก Aimsun Simulator เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการจำลอง

บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในโปรแกรม Aimsun NG

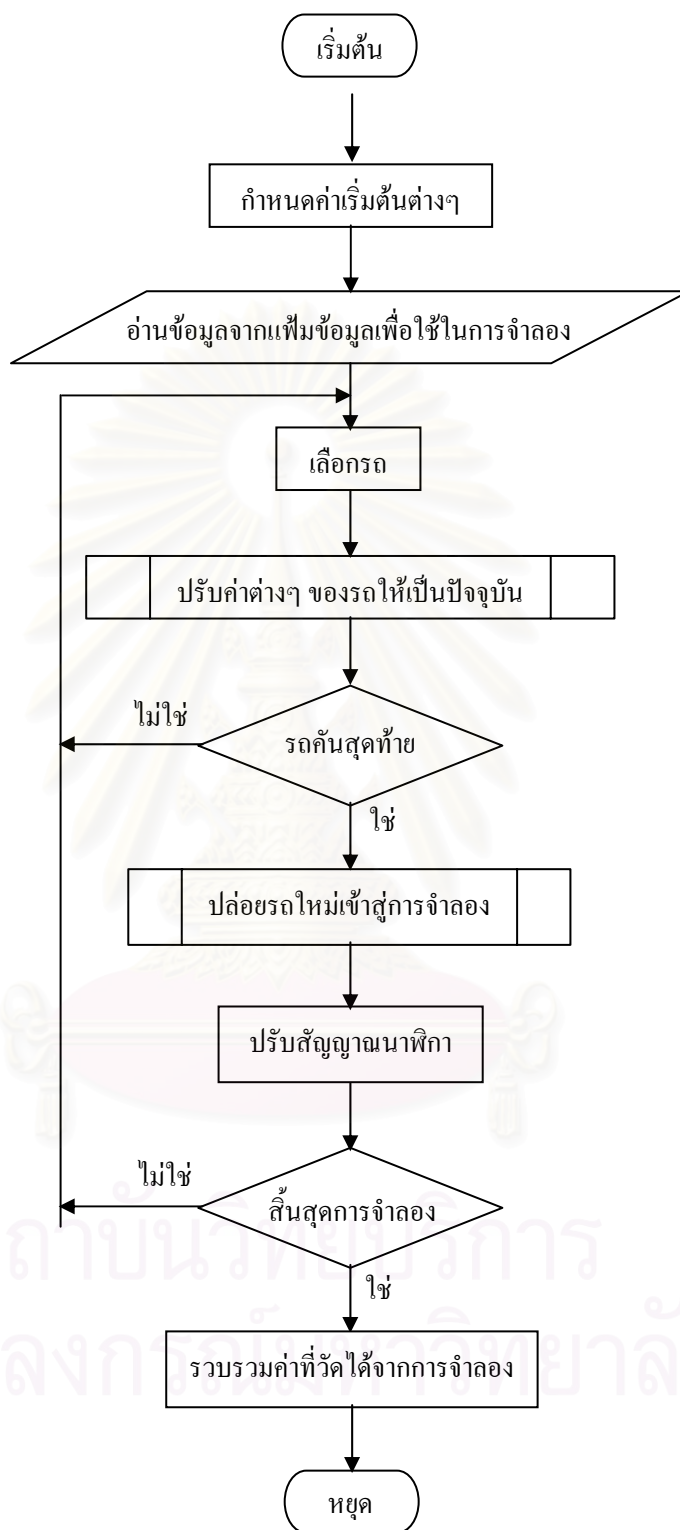
ในการพัฒนาแบบจำลองในโปรแกรม Aimsun NG นั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้การทำงานร่วมกันระหว่าง Aimsun เอพีไอ และ ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยใช้ Aimsun เอพีไอ ในการรับค่าข้อมูลต่างๆ จากการจำลองเช่น เช่น ค่าเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่ เวลาปัจจุบันในการจำลอง เป็นต้น โดยค่าเวลาตอบสนองของผู้ขับขี่มีค่าเท่ากับ 1 ขั้นตอนเวลาในการจำลอง (simulation step time) โดยงานวิจัยนี้ใช้ค่าเวลาตอบสนองคือ 0.75 วินาที ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานของโปรแกรม Aimsun NG และใช้ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อสร้างแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ตามที่ได้ออกแบบไว้เข้าไปในโปรแกรม Aimsun NG

การพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมโดยใช้เครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นเป็นการสร้างแบบจำลองพฤติกรรมแบบใหม่ตามการออกแบบของผู้พัฒนาโดยใช้ภาษา C++ เพื่อไปแทนที่แบบจำลองพฤติกรรมเดิมที่มีอยู่ในโปรแกรม Aimsun NG โดยรหัสต้นฉบับ (source code) ของแบบจำลองพฤติกรรมที่สร้างขึ้นมานั้นจะถูกแปลงให้เป็นแฟ้มข้อมูล (file) แบบคลังที่เชื่อมโยงแบบพลวัต (Dynamic Link Library, DLL) ซึ่งจะถูกริยกรู้ใช้ในขณะที่โปรแกรม Aimsun NG ถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน

ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม Aimsun NG ในส่วนของ Aimsun Simulator และลำดับขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ตามที่ได้ออกแบบไว้ มีดังนี้

4.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator

Aimsun Simulator เป็นส่วนที่ทำการจำลองพฤติกรรมรถแต่ละคันตามแบบจำลองพฤติกรรมที่ผู้พัฒนาได้สร้างขึ้น และทำงานในส่วนอื่นๆ ตามที่ผู้พัฒนาเป็นผู้กำหนด ซึ่งต้องอยู่ภายใต้กรอบความสามารถของชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator

ขั้นตอนการทำงาน รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานของ Aimsun Simulator ดังนี้

- 1) กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการจำลอง ซึ่งกำหนดโดยผู้พัฒนา
- 2) อ่านข้อมูลต่างๆ จากแฟ้มข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ txt ได้แก่ ข้อมูลปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์, ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจร, ข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจร และข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง เพื่อนำมาใช้ในการจำลอง
- 3) ในทุกๆ รอบการจำลอง จะปรับค่าต่างๆ ของรถทุกคันตั้งแต่คันแรกจนถึงคันสุดท้ายให้เป็นปัจจุบัน (update)
- 4) เมื่อปรับค่าของรถทุกคันที่มีอยู่ในรอบการจำลองนั้นเสร็จแล้ว จะปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง
- 5) ปรับสัญญาณนาฬิกาให้เป็นปัจจุบัน
- 6) หากการจำลองยังไม่สิ้นสุดตามระยะเวลาที่กำหนด จะย้อนกลับไปกระทำตั้งแต่ข้อ 3) ซ้ำไปเรื่อยๆ
- 7) เมื่อการจำลองสิ้นสุดแล้ว จะรวบรวมค่าต่างๆ ที่วัดได้จากจำลอง เช่น ค่าความเร็วเฉลี่ย ระยะเวลาในแถวคอย เป็นต้น

4.2 ลำดับขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนย่อยต่างๆ

รายละเอียดที่สำคัญของขั้นตอนย่อยต่างๆ นั้นประกอบไปด้วย

- 1) การปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง
- 2) การปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน (update)
- 3) การเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว
- 4) เคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง
- 5) การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง
- 6) การสร้างหมายเลขระบุช่องจราจร
- 7) การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
- 8) การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง
- 9) การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ
- 10) การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ
- 11) การเคลื่อนที่ตามกัน
- 12) การเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์
- 13) การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง

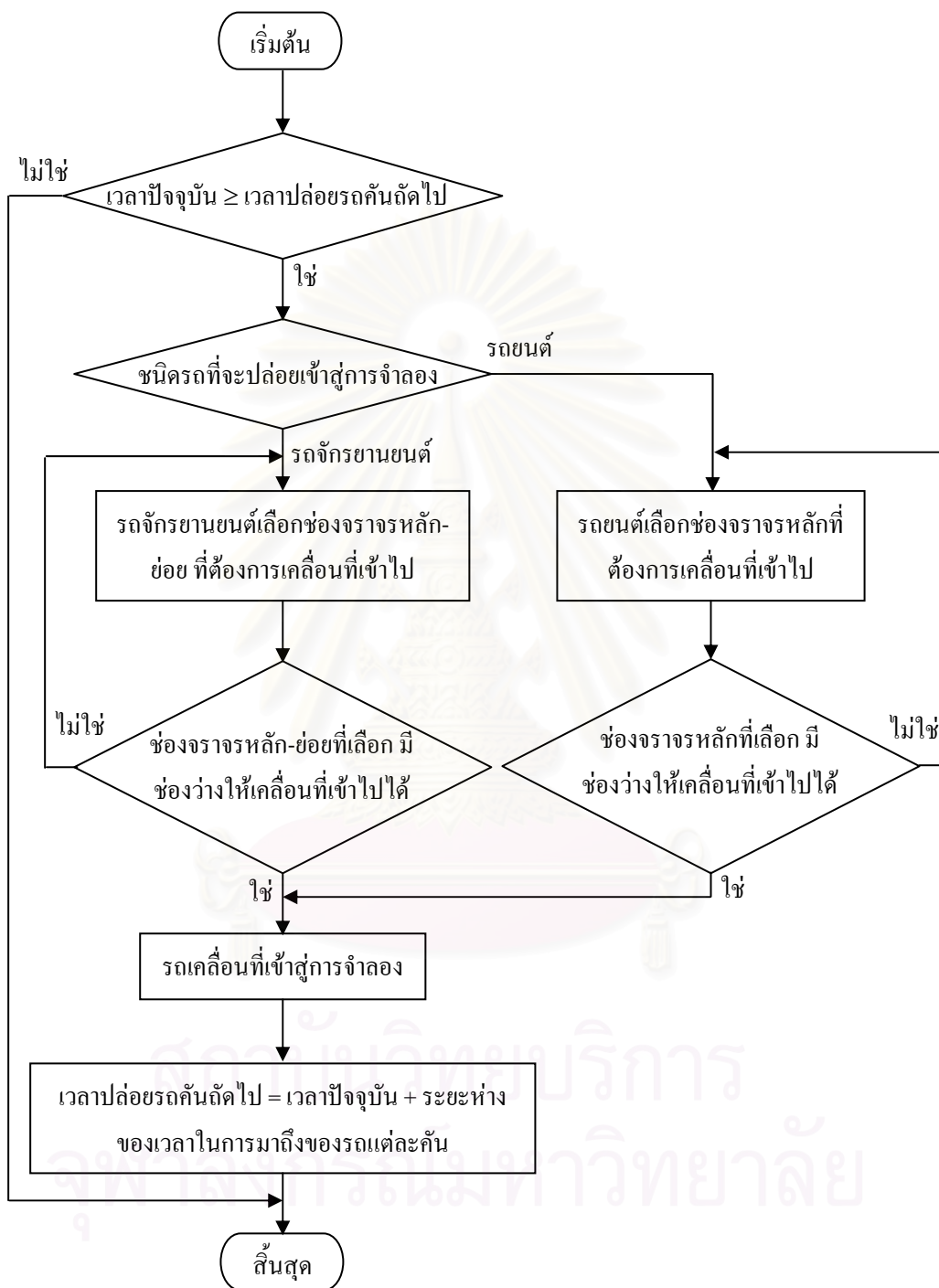
4.2.1 การปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง ดังนี้

- 1) หากเวลาปัจจุบันเดินมาถึงเวลาที่ต้องปล่อยรถ จะปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง
- 2) เลือกชนิดรถที่จะปล่อยเข้าสู่การจำลอง โดยหากเป็นรถยนต์ รถยนต์จะเลือกช่องจราจรหลักที่ต้องการเคลื่อนที่เข้าไป ตามข้อมูลเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรของรถยนต์ และหากเป็นรถจักรยานยนต์ รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรหลัก-ย่อย ที่ต้องการเคลื่อนที่เข้าไป ตามข้อมูลเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรของรถจักรยานยนต์
- 3) หากช่องจราจรหลัก-ย่อยที่รถจักรยานยนต์เลือกมา มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่เข้าสู่การจำลอง
- 4) หากช่องจราจรหลักที่รถยนต์เลือกมา มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถยนต์จะเคลื่อนที่เข้าสู่การจำลอง
- 5) หากช่องจราจรหลัก-ย่อยที่รถจักรยานยนต์เลือกมา มีช่องว่างไม่เพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรหลัก-ย่อยอื่นเพื่อเคลื่อนที่เข้าไป
- 6) หากช่องจราจรหลักที่รถยนต์เลือกมา มีช่องว่างไม่เพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถยนต์จะเลือกช่องจราจรหลักอื่นเพื่อเคลื่อนที่เข้าไป
- 7) ปรับค่าเวลาในการปล่อยรถคันถัดไป โดยหาได้จาก เวลาปัจจุบัน บวกด้วยระยะห่างของเวลาในการมาถึงของรถแต่ละคัน ซึ่งได้มาจาก ค่าสุ่มจากการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังของค่าเฉลี่ยเวลาในการมาถึง ซึ่งค่าเฉลี่ยของเวลาในการมาถึง เท่ากับ 3600/ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ใน 1 ชั่วโมง (วินาที/คัน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



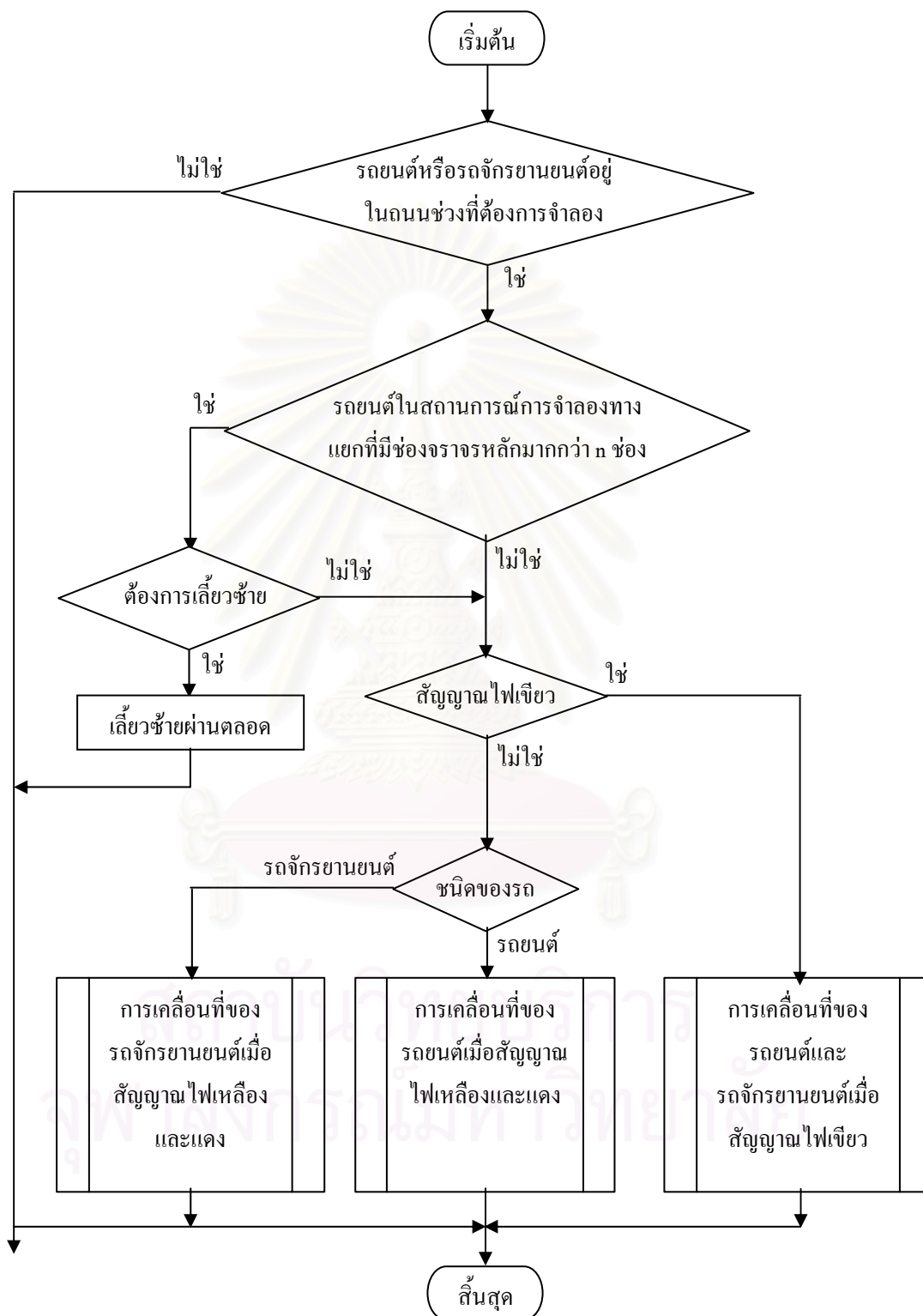
รูปที่ 4.2 ลำดับขั้นตอนการปล่อยรถใหม่เข้าสู่การจำลอง

4.2.2 การปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน (update)

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน ดังนี้

- 1) จำลองพฤติกรรมเฉพาะรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่อยู่ในถนนช่วงที่ต้องการจำลองเท่านั้น
- 2) หากเป็นรถยนต์ในสถานการณ์ที่ต้องการเข้าช่องจราจรซ้ายสุด (เพื่อเลี้ยวซ้ายผ่านตลอดหรือดังเช่นสถานการณ์ในการศึกษาในครั้งนี้คือ การเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน ณ ทางแยกบนถนนพระราม 4) อาจกำหนดให้รถยนต์กลุ่มนี้เข้าช่องซ้ายสุดได้
- 3) หากสถานการณ์ในการจำลองเป็นไปตามข้อ 2) และรถยนต์คันนั้นต้องการเลี้ยวซ้าย รถยนต์คันนั้นต้องเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องจราจรหลักซ้ายสุดเพื่อเลี้ยวซ้าย
- 4) หากเงื่อนไขไม่เป็นไปตามข้อ 2) หรือ 3) จะพิจารณาต่อว่าสถานการณ์ในการจำลองขณะนั้น สัญญาณไฟเป็นแบบใด
- 5) หากเป็นสัญญาณไฟเขียว ซึ่งหมายถึงสองกรณีคือ 1. สถานการณ์ในการจำลองทางแยกที่สัญญาณไฟขณะนั้นเป็นไฟเขียว และ 2. สถานการณ์ในการจำลองบริเวณกึ่งกลางถนน ซึ่งทั้งสองสถานการณ์นี้มีลำดับขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และรถยนต์ ในการเคลื่อนที่เป็นแบบเดียวกัน แต่ต่างกันลำดับขั้นตอนย่อยตามชนิดของรถซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง



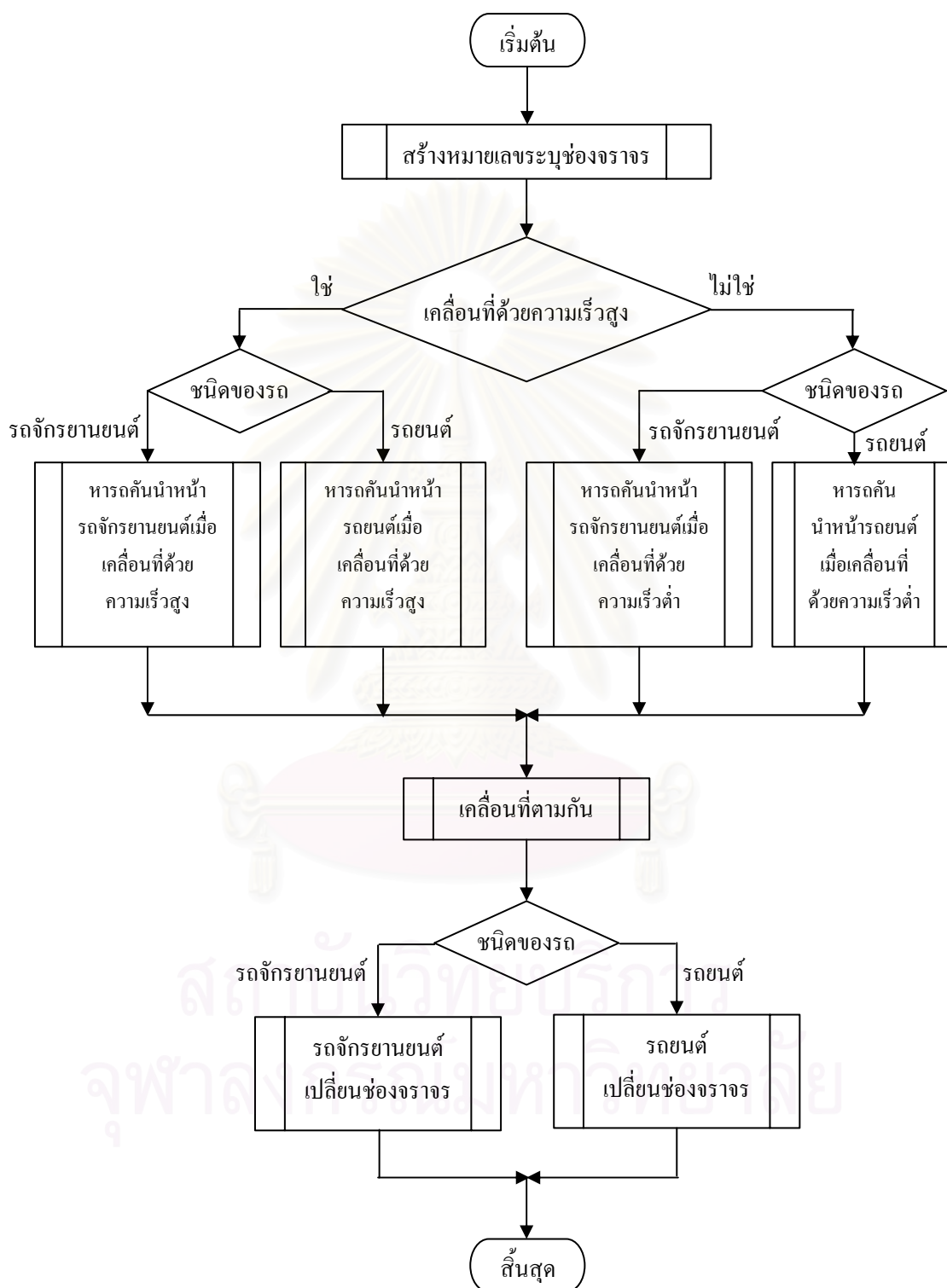
รูปที่ 4.3 ลำดับขั้นตอนการปรับค่าต่างๆ ของรถให้เป็นปัจจุบัน

4.2.3 การเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว ดังนี้

- 1) สร้างหมายเลขระบุช่องจราจรหลัก-ย่อย แก่รถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรต่างๆ
- 2) รถที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมีวิธีการหาค่านำหน้าที่แตกต่างกันไปจากรถที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ
- 3) เคลื่อนที่ตามกัน คือ การเคลื่อนที่อย่างไรอย่างหนึ่งระหว่าง การเคลื่อนที่อย่างอิสระ และการเคลื่อนที่ตามค่านำหน้า โดยพิจารณาตามความเร็วของแต่ละแบบและเลือกใช้แบบที่มีค่าน้อยกว่า
- 4) รถจักรยานยนต์มีลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรที่ต่างจากรถยนต์



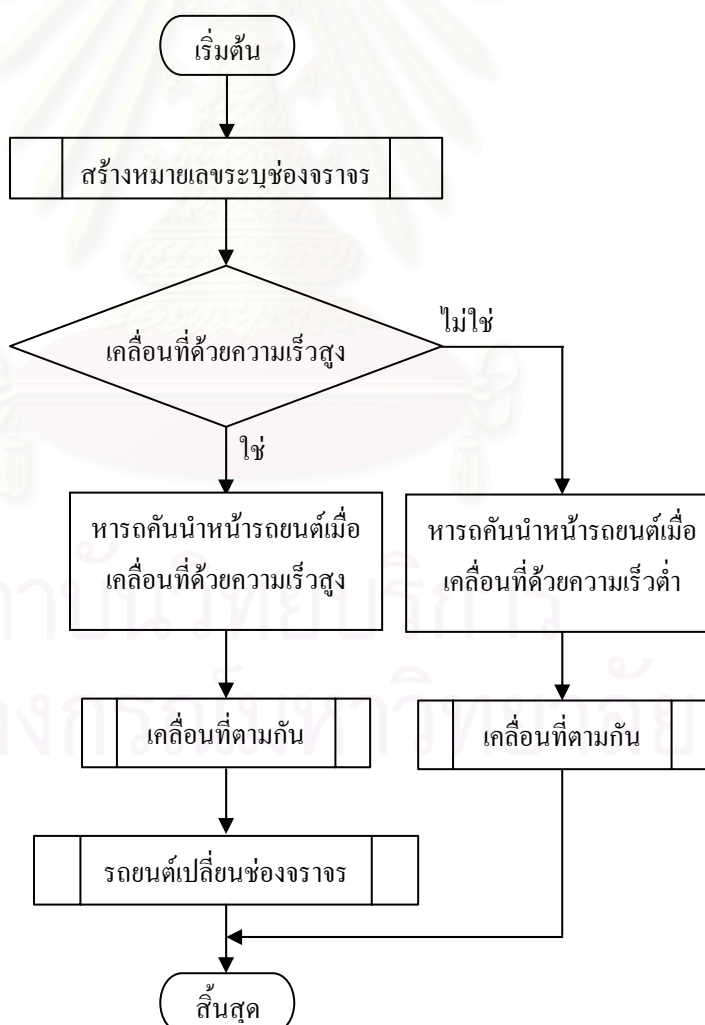
รูปที่ 4.4 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเขียว

4.2.4 เคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง ดังนี้

- 1) สร้างหมายเลขระบุช่องจราจรหลัก-ย่อย แก่รถยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรต่างๆ
- 2) รถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมีวิธีการหาค่านำหน้าที่ต่างไปจากรถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ
- 3) เคลื่อนที่ตามกัน คือการเคลื่อนที่อย่างไร้ช่องว่าง การเคลื่อนที่อย่างอิสระ และการเคลื่อนที่ตามค่านำหน้า โดยพิจารณาตามความเร็วของแต่ละแบบและเลือกใช้แบบที่มีค่าน้อยกว่า
- 4) รถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสามารถเปลี่ยนช่องจราจรได้



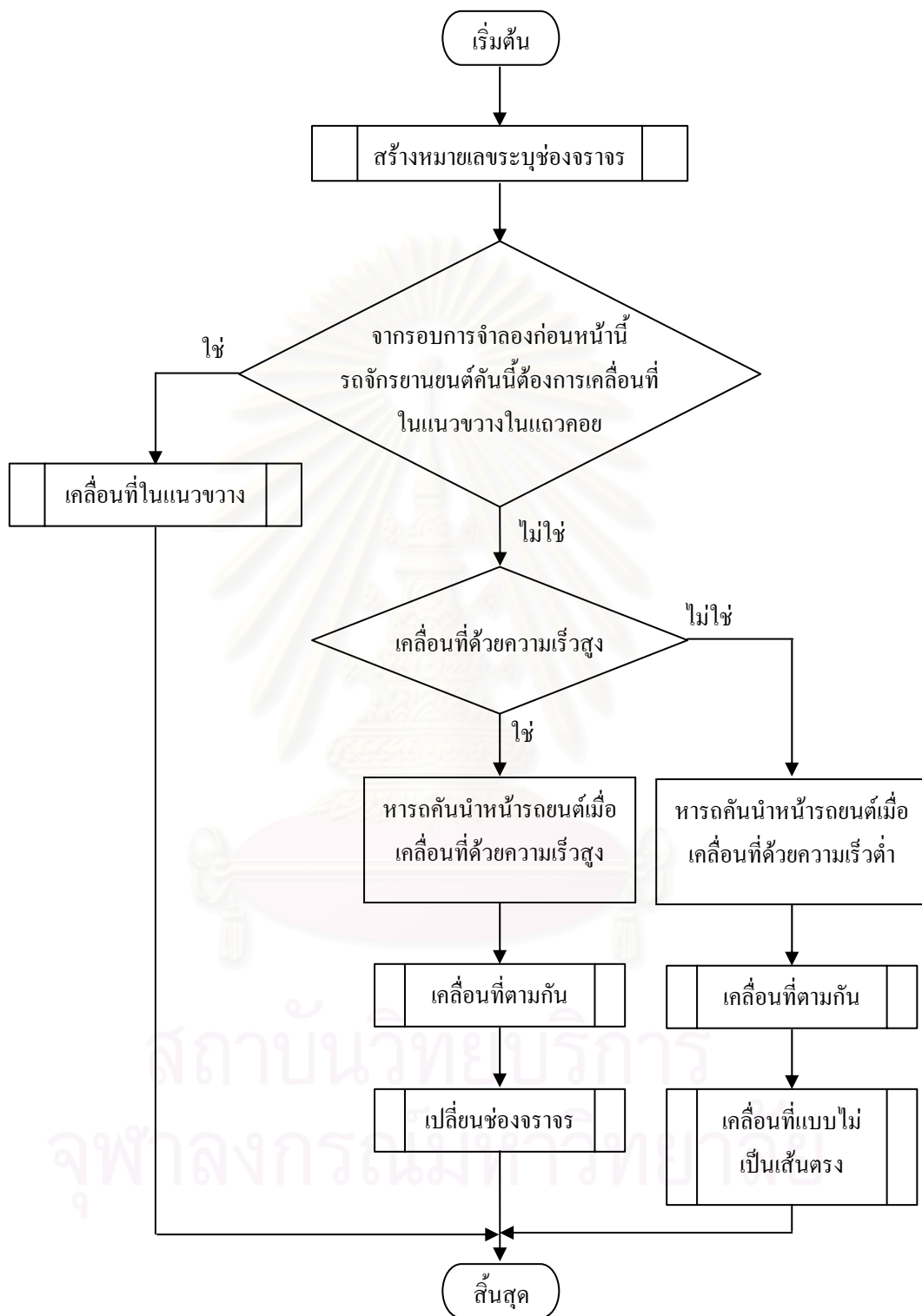
รูปที่ 4.5 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง

4.2.5 การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง ดังนี้

- 1) สร้างหมายเลขระบุช่องจราจรหลัก-ย่อย แก่รถจักรยานยนต์ที่อยู่ในช่องจราจรต่างๆ
- 2) หากในรอบจำลองก่อนหน้านี้ รถจักรยานยนต์คันนี้มีความต้องการในการเคลื่อนที่ในแนวขวางในแถวคอย ในรอบการจำลองนี้รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ในแนวขวางในแถวคอยไปยังช่องจราจรหลัก-ย่อย ที่ต้องการ
- 3) รถจักรยานยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมีวิธีการหาค้นนำหน้าที่ต่างไปจากรถยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ
- 4) เคลื่อนที่ตามกัน คือการเคลื่อนที่อย่างใดอย่างหนึ่งระหว่าง การเคลื่อนที่อย่างอิสระ และ การเคลื่อนที่ตามค้นนำหน้า โดยพิจารณาตามความเร็วของแต่ละแบบและเลือกใช้แบบที่มีค่าน้อยกว่า
- 5) รถจักรยานยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะเปลี่ยนช่องจราจรโดยใช้แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ ส่วนรถจักรยานยนต์ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ จะเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงในแถวคอยโดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ที่ไม่เป็นเส้นตรง



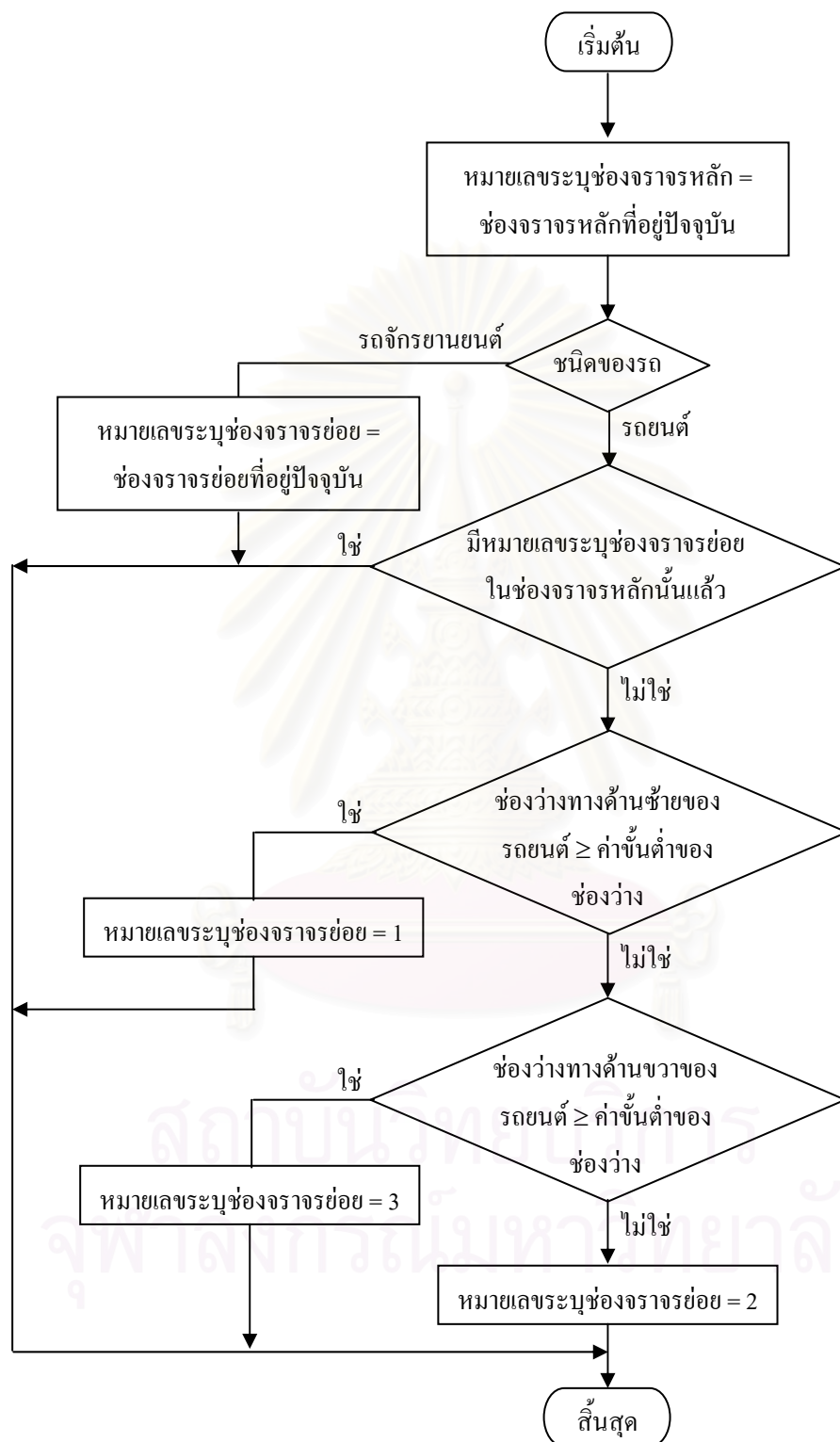
รูปที่ 4.6 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์เมื่อได้รับสัญญาณไฟเหลืองและไฟแดง

4.2.6 การสร้างหมายเลขระบุช่องจราจร

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.7 แสดงขั้นตอนการสร้างหมายเลขระบุช่องจราจรหลัก-ย่อย ดังนี้

- 1) รถจักรยานยนต์และรถยนต์แต่ละคันจะมีหมายเลขระบุช่องจราจรหลักเป็นหมายเลขเดียวกับช่องจราจรหลักที่อยู่ปัจจุบัน
- 2) รถจักรยานยนต์แต่ละคันจะมีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยเป็นหมายเลขเดียวกับช่องจราจรหลักที่อยู่ปัจจุบัน
- 3) หากรถยนต์คันนั้นมีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยในช่องจราจรหลักนั้นแล้ว จะไม่มีการสร้างหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยซ้ำ
- 4) หากรถยนต์คันนั้นยังไม่มีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยในช่องจราจรหลักนั้น (เกิดขึ้นได้จาก รถยนต์คันนั้นเพิ่งเคลื่อนที่เข้าสู่การจำลองหรือรถยนต์เปลี่ยนช่องจราจรไปยังช่องจราจรหลักใหม่) จะมีการสร้างหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยโดยพิจารณาจากช่องว่างทางด้านซ้ายของรถยนต์ในช่องจราจรหลักที่รถยนต์คันนั้นอยู่
- 5) หากช่องว่างทางด้านซ้ายของรถยนต์คันนั้นในช่องจราจรหลักนั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขั้นต่ำของช่องว่าง (ค่าขั้นต่ำคือ 1 เมตร ซึ่งเป็นความกว้างของช่องว่างที่มากพอให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปได้) รถยนต์คันนั้นจะมีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยเป็น 1 (อยู่ในช่องจราจรย่อยขวา)
- 6) หากช่องว่างทางด้านขวาของรถยนต์คันนั้นในช่องจราจรหลักนั้นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าขั้นต่ำของช่องว่าง (ค่าขั้นต่ำคือ 1 เมตร ซึ่งเป็นความกว้างของช่องว่างที่มากพอให้รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปได้) รถยนต์คันนั้นจะมีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยเป็น 3 (อยู่ในช่องจราจรย่อยทางซ้าย)
- 7) หากช่องว่างทางด้านขวาและด้านซ้ายของรถยนต์คันนั้นในช่องจราจรหลักนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าขั้นต่ำของช่องว่าง รถยนต์คันนั้นจะมีหมายเลขระบุช่องจราจรย่อยเป็น 2 (อยู่ในช่องจราจรย่อยกลาง)



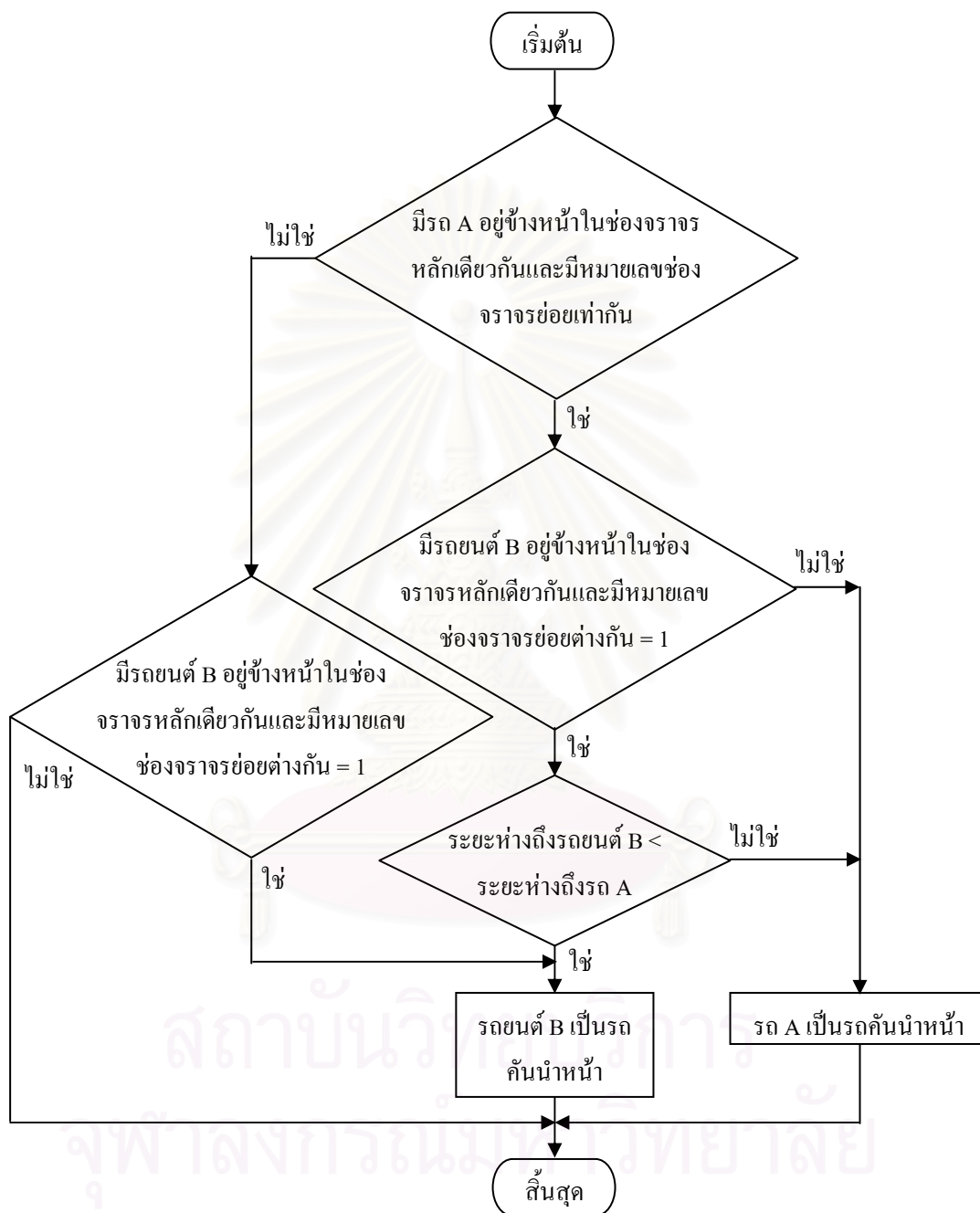
รูปที่ 4.7 ลำดับขั้นตอนการสร้างหมายเลขระบุช่องจราจร

4.2.7 การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง โดยลำดับขั้นตอนในรูปที่ 4.8 นี้เป็นการนำการออกแบบในหัวข้อ 3.2.1 รูปที่ 3.4(ก) 3.4(ข) และ 3.4(ค) และ หัวข้อ 3.2.2 รูปที่ 3.5(ก) 3.5(ข) และ 3.5(ค) มาพัฒนา ดังนี้

- 1) หากมีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากัน และมีรถยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน $= 1$ หากว่าระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถยนต์ B น้อยกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้น รถยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า แต่หากระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถยนต์ B มากกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้น รถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 2) หากมีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากัน แต่ไม่มีรถยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน $= 1$ ดังนั้นรถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 3) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากัน แต่มีรถยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน $= 1$ ดังนั้น รถยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า
- 4) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากัน และไม่มีรถยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน $= 1$ ดังนั้น จะไม่มีรถคันนำหน้า



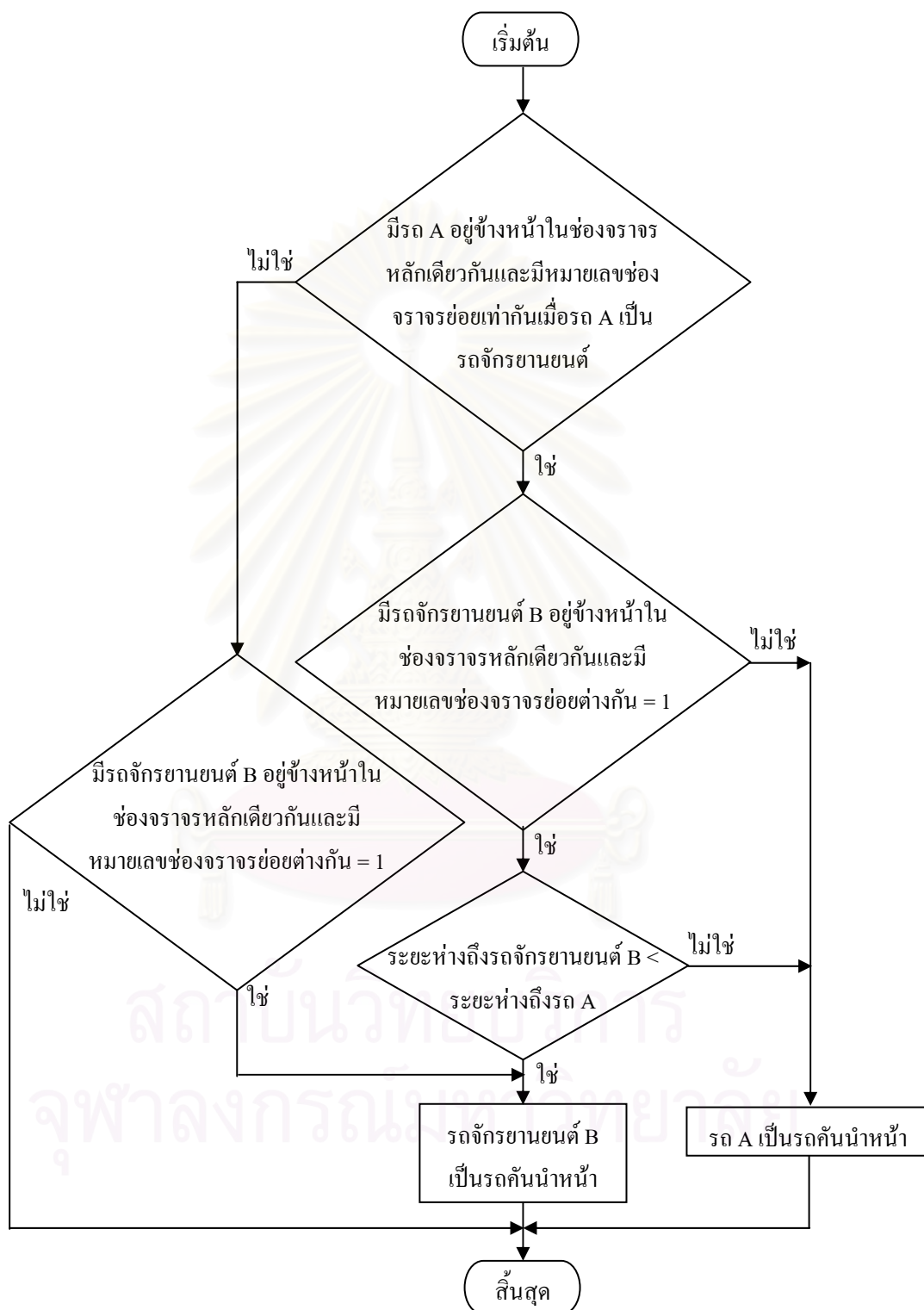
รูปที่ 4.8 ลำดับขั้นตอนการหารรถคั่นนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

4.2.8 การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.9 แสดงขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง โดยลำดับขั้นตอนในรูปที่ 4.9 นี้เป็นการนำการออกแบบในหัวข้อ 3.2.3 รูปที่ 3.6(ก) 3.6(ข) และ 3.6(ค) และหัวข้อ 3.2.4 รูปที่ 3.7(ก) 3.7(ข) และ 3.7(ค) มาพัฒนา ดังนี้

- 1) หากมีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ และมีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน = 1 หากว่าระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถยนต์ B น้อยกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้นรถยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า แต่หาก ระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถยนต์ B มากกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้น รถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 2) หากมีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ แต่ไม่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน = 1 ดังนั้นรถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 3) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ แต่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน = 1 ดังนั้น รถยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า
- 4) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือหรือจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ และไม่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยต่างกัน = 1 ดังนั้น จะไม่มีรถคันนำหน้า



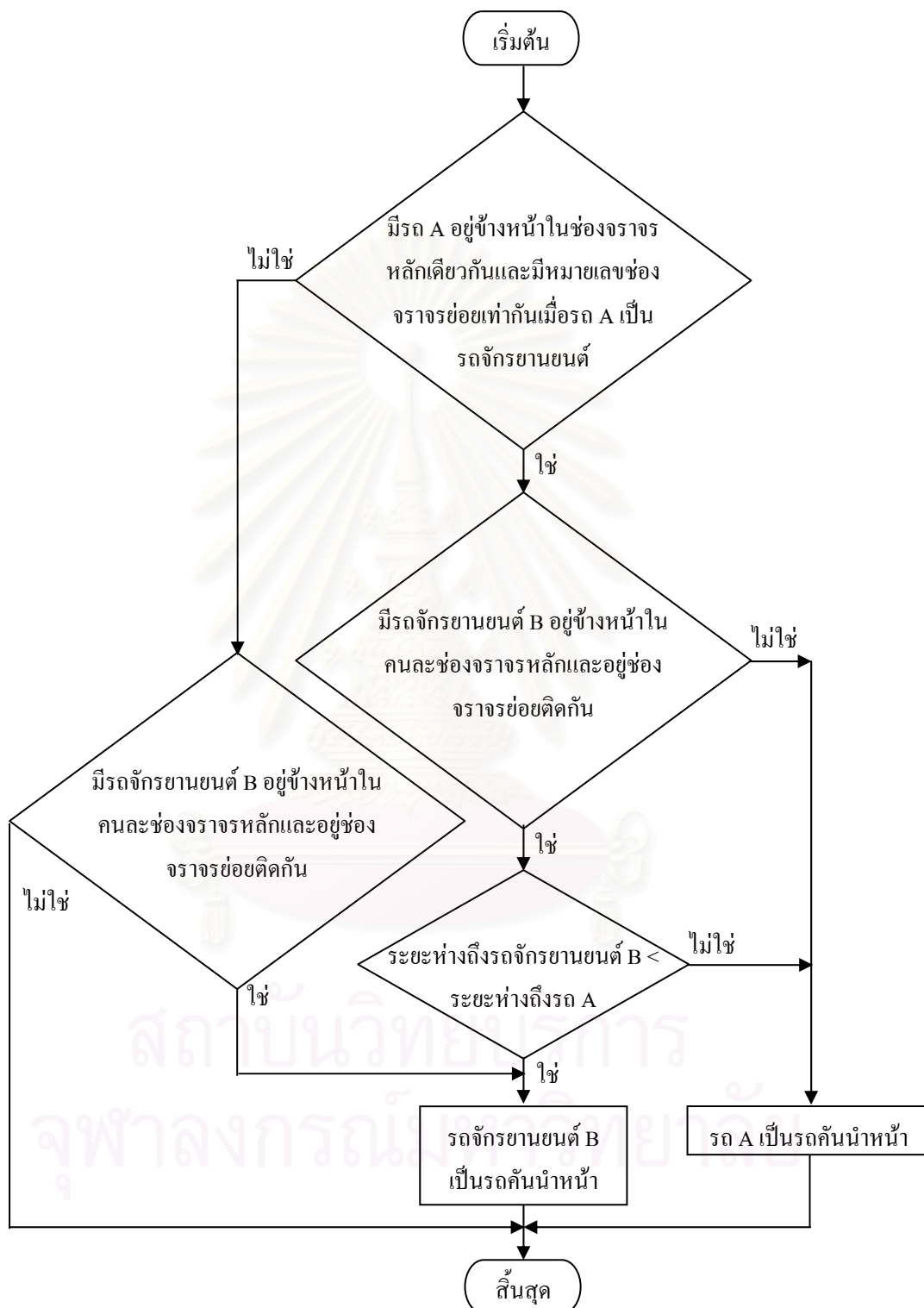
รูปที่ 4.9 ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง

4.2.9 การหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.10 แสดงขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ โดยลำดับขั้นตอนในรูปที่ 4.10 นี้เป็นการนำการออกแบบในหัวข้อ 3.2.5 รูปที่ 3.9 และหัวข้อ 3.2.6 รูปที่ 3.10(ก) 3.10(ข) และ 3.10(ค) มาพัฒนา ดังนี้

- 1) หากมีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ และมีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในคนละช่องจราจรหลักและอยู่ช่องจราจรย่อยติดกัน หากว่าระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถจักรยานยนต์ B น้อยกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้นรถจักรยานยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า แต่หาก ระยะห่างจากรถจักรยานยนต์ถึงรถจักรยานยนต์ B มากกว่าระยะห่างถึงรถ A ดังนั้น รถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 2) หากมีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ แต่ไม่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในคนละช่องจราจรหลักและอยู่ช่องจราจรย่อยติดกัน ดังนั้นรถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 3) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ แต่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในคนละช่องจราจรหลักและอยู่ช่องจราจรย่อยติดกัน ดังนั้นรถจักรยานยนต์ B จะเป็นรถคันนำหน้า
- 4) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อยเท่ากันเมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ และไม่มีรถจักรยานยนต์ B อยู่ข้างหน้าในคนละช่องจราจรหลักและอยู่ช่องจราจรย่อยติดกัน ดังนั้น จะไม่มีรถคันนำหน้า



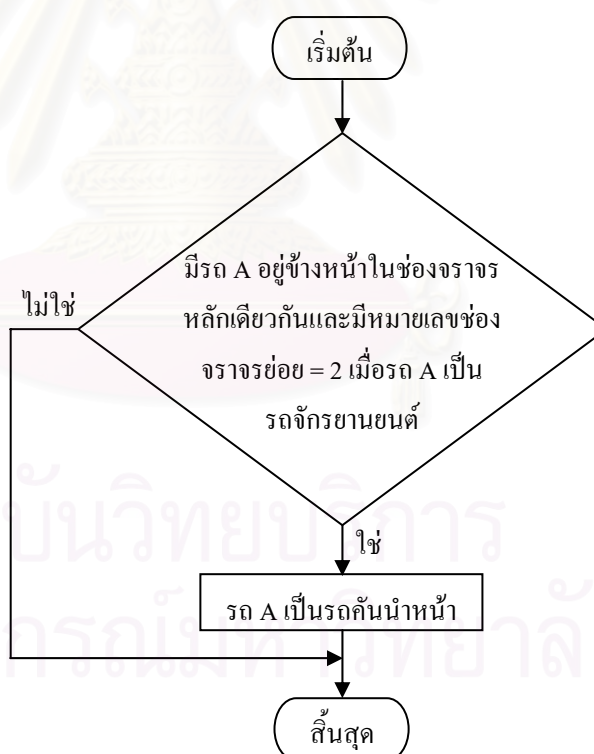
รูปที่ 4.10 ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถจักรยานยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

4.2.10 การหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.11 แสดงขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ โดยลำดับขั้นตอนในรูปที่ 4.11 นี้เป็นการนำการออกแบบในหัวข้อ 3.2.7 รูปที่ 3.11(ก) 3.11(ข) และ 3.11(ค) และหัวข้อ 3.2.8 รูปที่ 3.12(ก) 3.12(ข) และ 3.12(ค) มาพัฒนา ดังนี้

- 1) หากมีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อย = 2 เมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ ดังนั้น รถ A จะเป็นรถคันนำหน้า
- 2) หากไม่มีรถ A (รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์) อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรหลักเดียวกันและมีหมายเลขช่องจราจรย่อย = 2 เมื่อรถ A เป็นรถจักรยานยนต์ ดังนั้น จะไม่มีรถคันนำหน้า



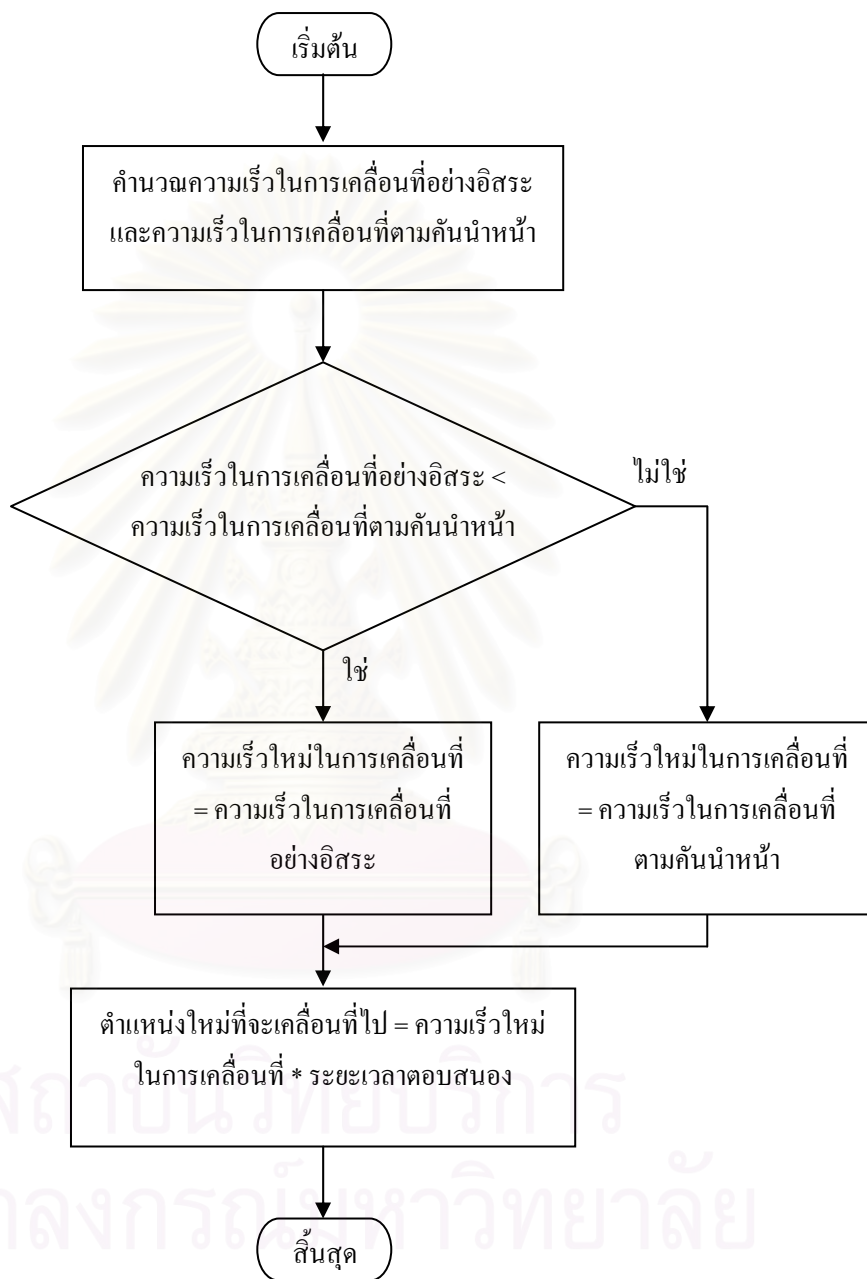
รูปที่ 4.11 ลำดับขั้นตอนการหารถคันนำหน้ารถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ

4.2.11 การเคลื่อนที่ตามกัน

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.12 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนที่ตามกัน ดังนี้

- 1) คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่อย่างอิสระ (ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่ขึ้นกับรถคันนำหน้า) และคำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ตามคันนำหน้า (ความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้นกับรถคันนำหน้า)
- 2) หากความเร็วในการเคลื่อนที่อย่างอิสระน้อยกว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ตามคันนำหน้า จะใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่อย่างอิสระเป็นความเร็วใหม่ในการเคลื่อนที่
- 3) หากความเร็วในการเคลื่อนที่อย่างอิสระมากกว่าความเร็วในการเคลื่อนที่ตามคันนำหน้า จะใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ตามคันนำหน้าเป็นความเร็วใหม่ในการเคลื่อนที่
- 4) ตำแหน่งใหม่ที่จะเคลื่อนที่ไป หาได้จาก นำความเร็วใหม่ในการเคลื่อนที่ ไปคูณกับระยะเวลาตอบสนอง (ระยะเวลาตอบสนองมีค่าเท่ากับ 1 ชั้นเวลาในการจำลองซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ค่า 0.75 วินาที)



รูปที่ 4.12 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่ตามกัน

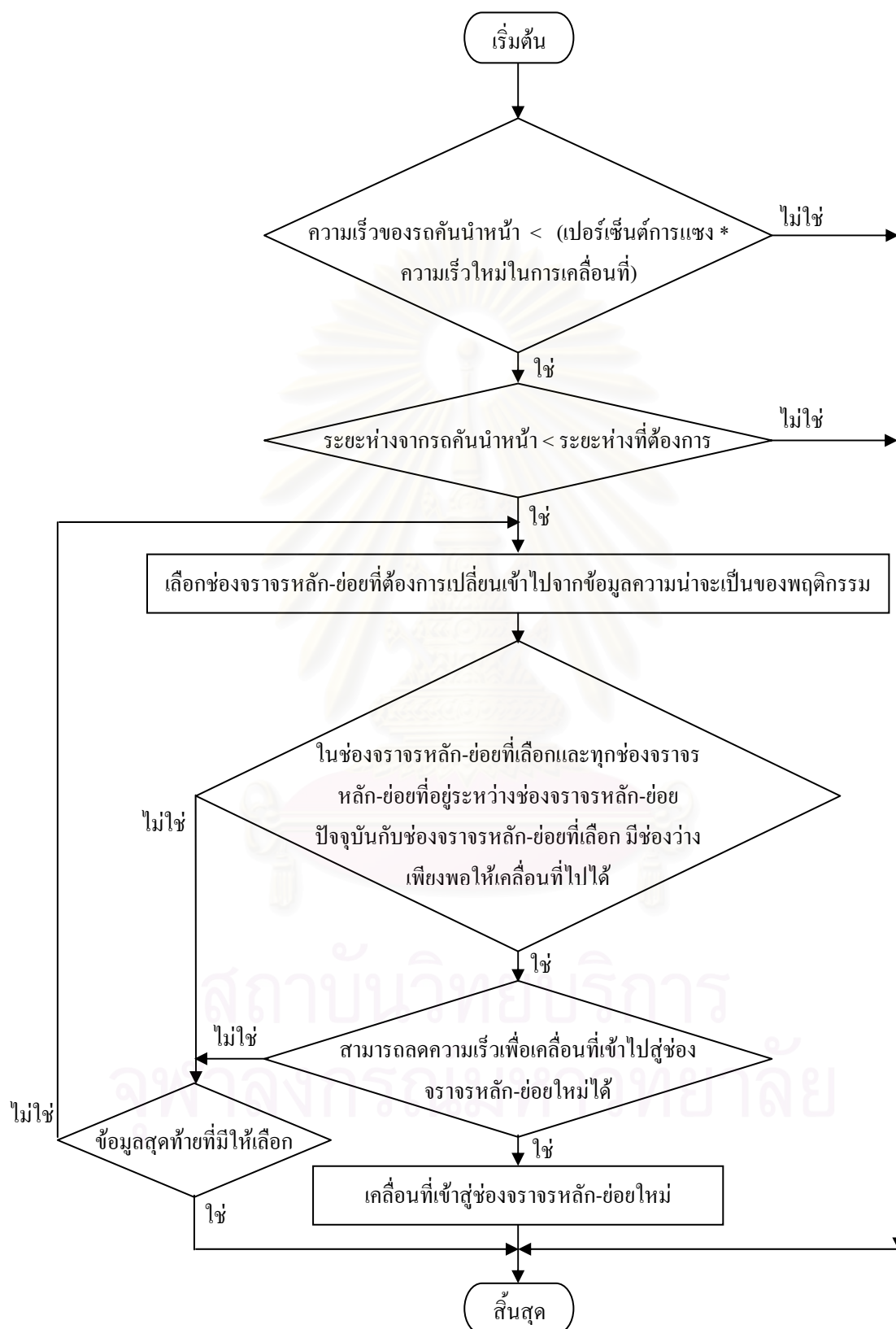
4.2.12 การเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.13 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ ดังนี้

(นำการออกแบบในหัวข้อ 3.3 และ 3.5.1 มาพัฒนา)

- 1) หากความเร็วของรถคันนำหน้ามากกว่าหรือเท่ากับ เปอร์เซ็นต์การแซง*ความเร็วใหม่ในการเคลื่อนที่ หรือ ระยะห่างจากคันนำหน้ามากกว่าหรือเท่ากับระยะห่างที่ต้องการ จะไม่เกิดความต้องการในการแซง
- 2) หากความเร็วของรถคันนำหน้าน้อยกว่า เปอร์เซ็นต์การแซง*ความเร็วใหม่ในการเคลื่อนที่ และระยะห่างจากรถคันนำหน้าน้อยกว่าระยะห่างที่ต้องการ จะเกิดความต้องการในการแซง
- 3) หากเกิดความต้องการในการแซง รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรหลัก-ย่อยที่ต้องการเปลี่ยนเข้าไปจากข้อมูลความน่าจะเป็นของพฤติกรรมที่มีอยู่
- 4) หากในช่องจราจรหลัก-ย่อยที่เลือกและทุกช่องจราจรหลัก-ย่อยที่อยู่ระหว่างช่องจราจรหลัก-ย่อยปัจจุบันกับช่องจราจรหลัก-ย่อยที่เลือก มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่ไปได้ (เช่น ช่องจราจรหลัก-ย่อยปัจจุบันอยู่ที่ 2-1 โดยเลือกช่องจราจรหลัก-ย่อยใหม่คือ 3-2 ดังนั้นช่องจราจรหลัก-ย่อยที่อยู่ระหว่างนี้ได้แก่ 2-2, 2-3, 3-1) และจักรยานยนต์สามารถลดความเร็วเพื่อเคลื่อนที่เข้าไปสู่ช่องจราจรหลัก-ย่อยใหม่ได้ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่เข้าสู่ช่องจราจรหลัก-ย่อยใหม่ที่เลือก
- 5) แต่หากในช่องจราจรหลัก-ย่อยที่เลือกหรือช่องจราจรหลัก-ย่อยช่องใดช่องหนึ่งที่อยู่ระหว่างช่องจราจรหลัก-ย่อยปัจจุบันกับช่องจราจรหลัก-ย่อยที่เลือก ไม่มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่ไปได้ หรือจักรยานยนต์ไม่สามารถลดความเร็วเพื่อเคลื่อนที่เข้าไปสู่ช่องจราจรหลัก-ย่อยใหม่ได้ รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรหลัก-ย่อยอื่นๆ เพื่อเปลี่ยนเข้าไปตามข้อมูลความน่าจะเป็นของพฤติกรรมที่มีอยู่ และจะกระทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่มีข้อมูลให้เลือกต่อไป



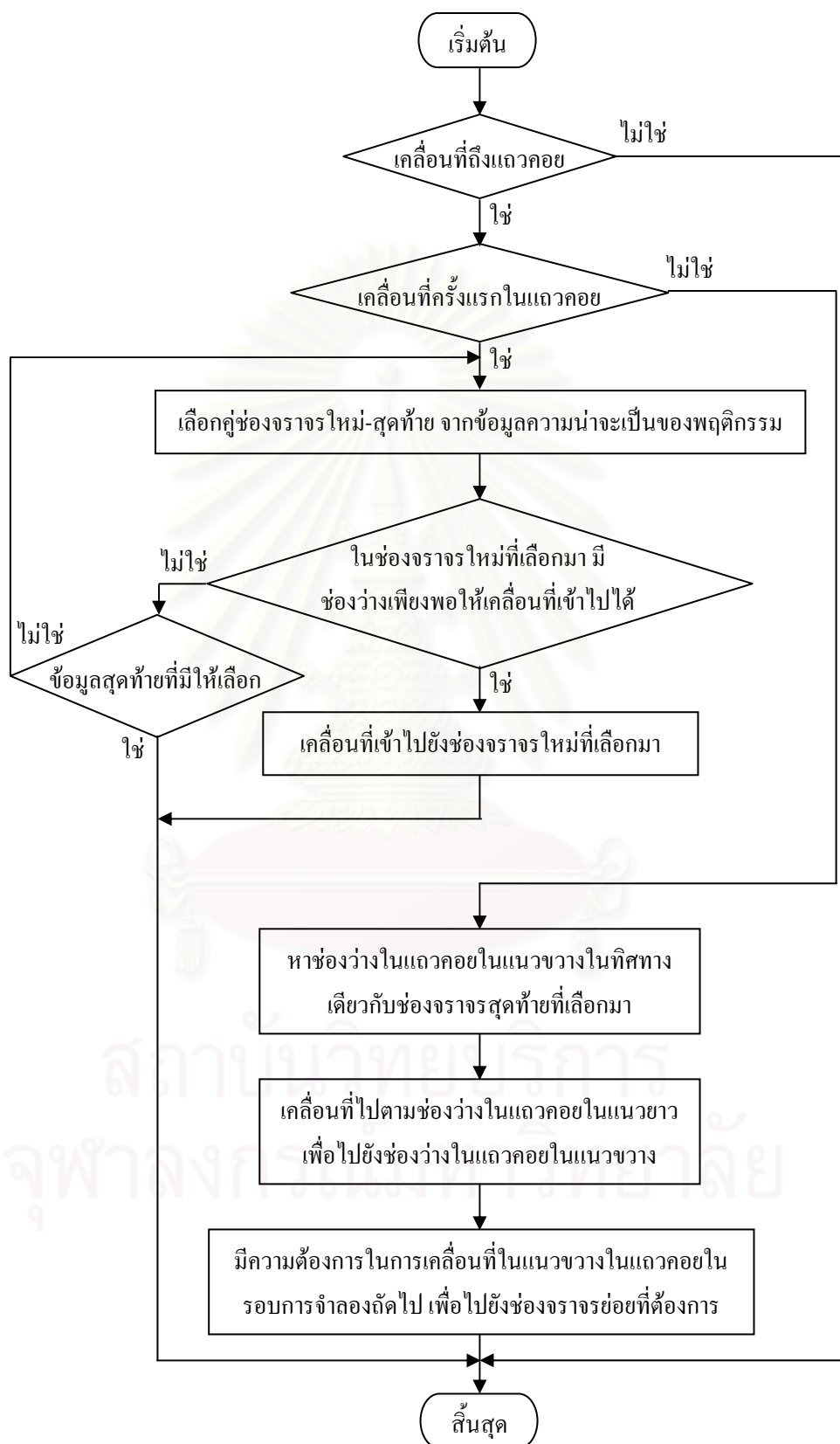
รูปที่ 4.13 ลำดับขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์

4.2.13 การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง

ขั้นตอนการทำงาน

รูปที่ 4.14 แสดงขั้นตอนการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง ดังนี้

- 1) การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงจะเกิดขึ้นเมื่อรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอยแล้วเท่านั้น
- 2) หากรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เป็นครั้งแรกในแถวคอย รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรใหม่-สุดท้ายจากข้อมูลความน่าจะเป็นของพฤติกรรมที่มีอยู่
- 3) หากในช่องจราจรใหม่ que เลือกมา มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่เข้าไปในช่องจราจรใหม่นั้น
- 4) หากในช่องจราจรใหม่ que เลือกมา ไม่มีช่องว่างเพียงพอให้เคลื่อนที่เข้าไปได้ รถจักรยานยนต์จะเลือกช่องจราจรใหม่-สุดท้าย อื่นๆ จากข้อมูลความน่าจะเป็นของพฤติกรรมที่มีอยู่ เพื่อเปลี่ยนเข้าไป และจะกระทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะไม่มีข้อมูลให้เลือกต่อไป
- 5) หากรถจักรยานยนต์ไม่ได้เคลื่อนที่เป็นครั้งแรกในแถวคอย รถจักรยานยนต์จะหาช่องว่างในแถวคอยที่อยู่ข้างหน้าในแนวขวางในทิศทางเดียวกับช่องจราจรสุดท้ายที่เลือกมา
- 6) รถจักรยานยนต์จะเคลื่อนที่ตามช่องว่างในแถวคอยในแนวยาวไปยังตำแหน่งช่องว่างในแนวขวางนั้น
- 7) รถจักรยานยนต์จะยังไม่เคลื่อนที่ในแนวขวางในรอบการจำลองนี้ แต่จะไปเคลื่อนที่ในแนวขวางในรอบการจำลองถัดไป (เป็นข้อบกพร่องของ Aimsun Simulator คือ หากเคลื่อนที่ในแนวยาวและในแนวขวาง ในรอบการจำลองเดียวกัน ภาพที่ปรากฏนั้นจะกลายเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ในแนวทแยง)



รูปที่ 4.14 ลำดับขั้นตอนการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง

สำหรับขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถยนต์นั้นได้กล่าวถึงไปแล้วในบทที่ 2 ในหัวข้อ 2.1.4 และ 2.1.5 จึงไม่กล่าวซ้ำอีกในบทนี้ ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการแปลงผกผัน (inverse transform) เพื่อสร้างค่าการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (exponential distribution) และวิธีการแปลงโดยตรง (direct transform) เพื่อสร้างค่าการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) ตามวิธีการของ Banks [25] ค่าการแจกแจงเหล่านี้ได้ถูกนำไปใช้ในการสร้างค่าสุ่มของพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ใช้การแจกแจงแบบเลขชี้กำลังเพื่อสร้างค่าสุ่มของระยะห่างเวลา (time headway) ใช้การแจกแจงแบบปกติเพื่อสร้างค่าสุ่มของความเร็วสูงสุดที่ผู้ขับขี่ต้องการ ค่าสุ่มของความเร่ง-ความหน่วงสูงสุดของรถแต่ละคัน, ค่าสุ่มของการยอมรับความเร็ว เป็นต้น [3]

4.3 ข้อจำกัดของ Aimsun Simulator

- 4.3.1 เนื่องจากข้อมูลปริมาณและข้อมูลพฤติกรรมที่ใช้ป้อนเข้าสู่การจำลองนี้อยู่ในรูปแบบ text file ซึ่งไม่ได้เป็นรูปแบบของแฟ้มข้อมูลที่ Aimsun Simulator สามารถดึงไปใช้งานได้โดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อให้ Aimsun Simulator รู้จักและสามารถดึงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบ text file นี้ไปใช้งานได้
- 4.3.2 ส่วนที่ใช้ในการปล่อยรถเข้าสู่แบบจำลองที่มีอยู่เดิมใน Aimsun Simulator นั้นจำเป็นต้องได้รับการปรับแก้ เนื่องจากการทำงานของส่วนที่ใช้ในการปล่อยรถเข้าสู่แบบจำลองเดิมนั้น ไม่สามารถกำหนดคเปอร์เซ็นต์การใช้ช่องจราจรหลัก-ย่อย ของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ได้
- 4.3.3 แบบจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่มีอยู่เดิมใน Aimsun Simulator นั้นจำเป็นต้องได้รับการปรับแก้ เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามรูปแบบของช่องจราจรที่ได้กำหนดขึ้น เนื่องจาก แบบจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ที่มีอยู่เดิมใน Aimsun Simulator นั้นจะพิจารณาช่องจราจรย่อยแต่ละช่องที่ได้กำหนดขึ้นขึ้นมาใหม่นั้นว่าเป็นช่องจราจรตามปกติ ดังนั้นรถยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามช่องจราจรย่อยที่กำหนดขึ้นมานั้นในทุกๆ ช่องซึ่งขัดกับรูปแบบการเคลื่อนที่ที่ต้องการ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดลักษณะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ใหม่ โดยให้รถยนต์นั้นเคลื่อนที่อยู่ในช่องจราจรย่อย 2 (อยู่ตรงกลางของแต่ละช่องจราจรหลัก) เท่านั้น ทำให้ภาพที่ปรากฏในลักษณะกราฟิกนั้นเห็นได้ว่ารถยนต์จะเคลื่อนที่อยู่ตรงกลางของแต่ละช่องจราจรหลักเท่านั้น อย่างไรก็ตามรถยนต์แต่ละคันจะถูกกำหนดหมายเลขช่องจราจรย่อยของรถยนต์คันนั้นๆ ไว้เป็น

ค่าเฉพาะตัวของรถยนต์แต่ละคัน โดยพิจารณาจากช่องว่างทางด้านข้างในช่องจราจรหลักนั้น

- 4.3.4 ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ของโปรแกรม Aimsun NG นั้น มีข้อบกพร่องอยู่ในส่วนของคำสั่งที่ใช้หารถคันที่อยู่ข้างหน้าในช่องจราจรทางด้านซ้าย ขวา และช่องจราจรเดียวกัน และคำสั่งที่ใช้หารถคันที่อยู่ข้างหลังในช่องจราจรทางด้านซ้ายและขวา ทำให้ในการจำลองบางขณะเกิดความผิดพลาดของการพิจารณารถคันนำหน้า และการพิจารณาช่องว่างเพื่อเปลี่ยนช่องจราจร ซึ่งทำให้รถเกิดการเคลื่อนที่ซ้อนทับกันได้
- 4.3.5 Aimsun Simulator ไม่สามารถวัดค่าเวลาในแถวคอยได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาใหม่เพื่อวัดค่าเวลาในแถวคอย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การทดลอง ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

พฤติกรรมการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ทั้งการเคลื่อนที่ตามกัน การเปลี่ยนช่องจราจร และการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงนั้นเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตลอดช่วงความยาวของถนนสายต่างๆ ที่อยู่ในเมือง ซึ่งในการทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาจะแยกการจำลองสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนและบริเวณทางแยกออกจากกัน โดยจำลองสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนเพื่อทดสอบการทำงานของแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันและแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร และจำลองสถานการณ์บริเวณทางแยกเพื่อทดสอบการทำงานของแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง การทดลองกระทำโดยใช้จำนวนรถยนต์และรถจักรยานยนต์เข้าไปในการจำลองในปริมาณที่เท่ากับสภาพการจราจรจริงที่ได้จากวิดีโอที่บันทึกตามแต่ละสถานการณ์การจำลอง โดยสถานการณ์ในการจำลองมี 4 สถานการณ์คือ

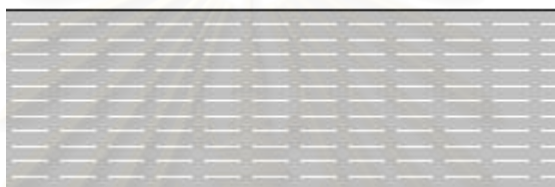
- 1) จำลองบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก (จำลองสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนเพชรบุรีตัดใหม่)
- 2) จำลองบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก (จำลองสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนพระราม 4)
- 3) จำลองบริเวณทางแยกที่มีจำนวนช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป 2 ช่อง และเลี้ยวซ้าย 1 ช่อง (จำลองสถานการณ์บริเวณทางแยกบนถนนอังรีดูนังต์)
- 4) จำลองบริเวณทางแยกที่มีจำนวนช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป 3 ช่อง และเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่อง (จำลองสถานการณ์บริเวณทางแยกบนถนนพระราม 4)

โดยจำลองแต่ละสถานการณ์เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวว่าในแต่ละสถานการณ์นั้นรถจักรยานยนต์สามารถประพฤติตามแบบจำลองพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้นมาได้หรือไม่และตรวจสอบค่าวัดประสิทธิภาพ (Performance measure value) ที่ได้จากการจำลอง โดยในสถานการณ์ในการจำลองกึ่งกลางถนนในแบบที่ 1) และ 2) นั้นค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบคือค่า ความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ส่วนสถานการณ์ในการจำลองทางแยกในแบบที่ 3) และ 4) นั้นค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบคือค่าเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ โดยวิธีการตรวจสอบคือทำการทดสอบสมมติฐานผลต่างเฉลี่ยระหว่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองกับค่าที่วัดได้จากสถานการณ์จริง เพื่อพิจารณาว่าแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของสถานการณ์ที่ต้องการจำลองได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

5.1 การทดลอง

5.1.1 การออกแบบสถานการณ์ในการจำลองในโปรแกรม Aimsun NG

เนื่องจากตามปกติในโปรแกรม Aimsun NG นั้น การสร้างถนนนั้นทำได้เพียงสร้างถนนขึ้นมาให้มีช่องจราจรตามจำนวนที่ต้องการ ไม่สามารถแบ่งย่อยออกเป็นช่องจราจรย่อยได้ แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้เสนอแนวคิด ช่องจราจรหลัก-ย่อย ขึ้นมา ดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงวิธีในการสร้างถนนคือ แต่ละช่องจราจรเดิมของ Aimsun NG นั้นจะถูกสร้างและพิจารณาเป็นช่องจราจรย่อยแทน ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการสร้างถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก (นับรวมได้ 12 ช่องจราจรย่อย) จะต้องสร้างถนนใน Aimsun NG ที่มีช่องจราจรขึ้นมาจำนวน 12 ช่อง ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

5.1.2 การกำหนดค่าเริ่มต้นในการจำลอง [5,9]

ในการจำลองนั้นจำเป็นต้องกำหนดค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการจำลอง ไม่ว่าจะเป็นค่าเฉพาะของผู้ขับขี่และรถแต่ละคัน หรือค่าที่เกี่ยวกับสถานการณ์ในการจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และ

5.2

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉพาะของผู้ขับขี่และรถแต่ละคัน

ค่าเฉพาะของผู้ขับขี่	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	รูปแบบการกระจาย
ค่าความเร็วสูงสุดที่ผู้ขับขี่ต้องการ	70 กม./ชม.	10 กม./ชม.	ปกติ
อัตราเร่งสูงสุดของรถยนต์	2.5 เมตร/วินาที ²	0.2 เมตร/วินาที ²	ปกติ
อัตราหน่วงสูงสุดของรถยนต์	3 เมตร/วินาที ²	0.5 เมตร/วินาที ²	ปกติ
อัตราเร่งสูงสุดของรถจักรยานยนต์	3.5 เมตร/วินาที ²	0.2 เมตร/วินาที ²	ปกติ
อัตราหน่วงสูงสุดของรถจักรยานยนต์	3 เมตร/วินาที ²	0.5 เมตร/วินาที ²	ปกติ
ค่าการยอมรับความเร็ว	1.1	0.1	ปกติ
ค่าเปอร์เซ็นต์การแซงของรถจักรยานยนต์	78 เปอร์เซ็นต์ (0.78)	10 เปอร์เซ็นต์ (0.1)	ปกติ
ค่าเปอร์เซ็นต์การแซงของรถยนต์	90 เปอร์เซ็นต์ (0.9)	-	-

ตารางที่ 5.2 ค่าที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ในการจำลอง

ค่าที่เกี่ยวข้อง สถานการณ์	สถานการณ์ กึ่งกลางถนน มี ช่องจราจรหลัก 3 ช่อง	กึ่งกลางถนน มี ช่องจราจรหลัก 4 ช่อง	ทางแยก มีช่อง จราจรหลักในทิศ ทางตรงไป 2 ช่อง	ทางแยก มีช่อง จราจรหลักในทิศ ทางตรงไป 3 ช่อง
ปริมาณรถยนต์	1600 คัน/ชม.	2800 คัน/ชม.	1200 คัน/ชม.	3100 คัน/ชม.
ปริมาณ รถจักรยานยนต์	1100 คัน/ชม.	2000 คัน/ชม.	500 คัน/ชม.	2100 คัน/ชม.
ความยาวถนน	93 เมตร	243 เมตร	300 เมตร	350 เมตร
ความยาวสัญญาณ ไฟเขียว	-	-	25 วินาที	250 วินาที
ความยาวสัญญาณ ไฟแดง	-	-	170 วินาที	80 วินาที
ระยะห่างของเวลา ในการเข้าสู่ แบบจำลองของรถ แต่ละคัน (เฉลี่ย)	$\frac{3600}{1600 + 1100}$ วินาที/คัน	$\frac{3600}{2800 + 2000}$ วินาที/คัน	$\frac{3600}{1200 + 500}$ วินาที/คัน	$\frac{3600}{3100 + 2100}$ วินาที/คัน
ความกว้างของช่อง จราจรหลัก	3 เมตร	3 เมตร	3 เมตร	3 เมตร

5.1.3 การคำนวณหาจำนวนรอบในการจำลองแต่ละสถานการณ์ [26]

ในการทดลองนั้นจำนวนรอบที่ต้องกระทำในการจำลองมีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยโดยรวมของค่าที่จะวัดได้จากการจำลอง โดยสามารถหาจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำได้จาก

$$N = \left(t_{\alpha/2} \cdot \frac{\delta}{\mu \cdot \varepsilon} \right)^2 \quad (5.1)$$

โดย

N คือ จำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำ

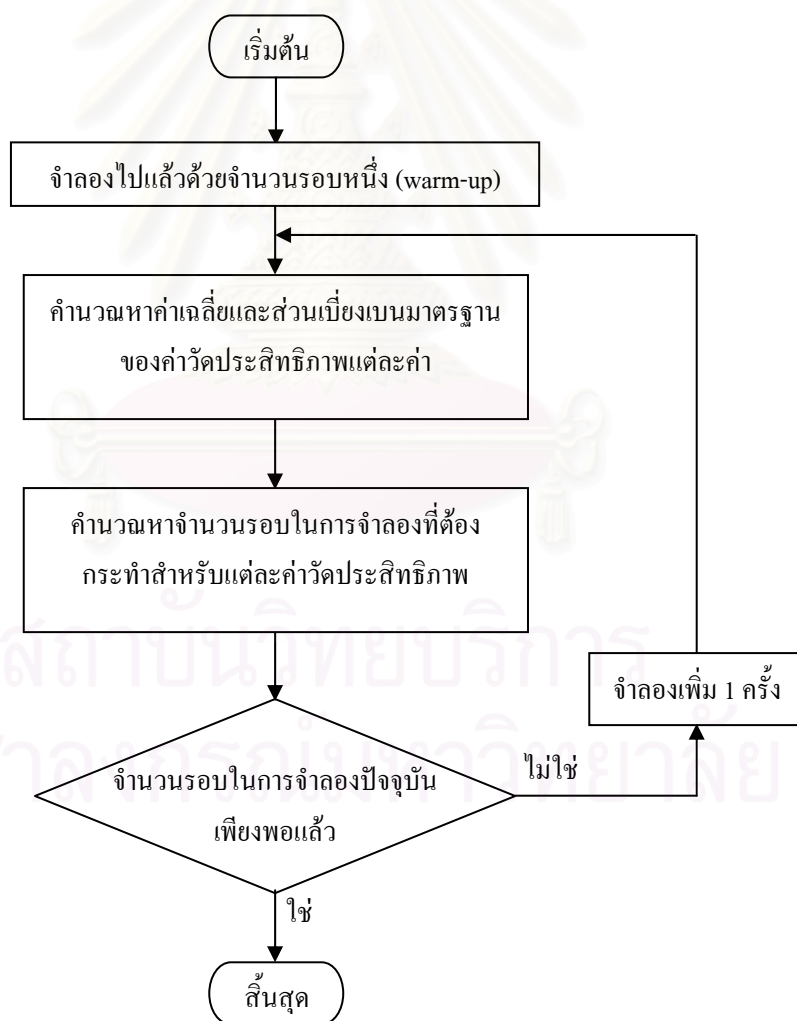
μ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองซึ่งได้กระทำไปแล้วจำนวนรอบหนึ่ง

δ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองซึ่งได้กระทำไปแล้วจำนวนรอบหนึ่ง

ε คือ ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

$t_{\alpha/2}$ คือ ค่าวิกฤติของ t-distribution ที่ช่วงความน่าเชื่อถือเท่ากับ $1 - \alpha$

ค่าวัดประสิทธิภาพทุกชนิดที่ต้องการวัดจากการจำลอง จำเป็นต้องนำมาคำนวณตามสมการที่ 5.1 โดยค่าวัดประสิทธิภาพแต่ละค่านั้นเป็นค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพนั้นซึ่งได้มาจากการจำลองจำนวนรอบหนึ่งซึ่งได้กระทำไปแล้ว และค่าจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำของค่าวัดประสิทธิภาพแต่ละชนิด ที่มีค่าจำนวนรอบสูงสุด จะเป็นตัวกำหนดว่าการจำลองนั้นต้องกระทำทั้งสิ้นกี่ครั้ง โดยถ้าหากจำนวนรอบในการจำลองที่ได้กระทำไปแล้วนั้นมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับค่าจำนวนรอบที่คำนวณได้ การจำลองจะสิ้นสุดลงที่จำนวนรอบที่ได้กระทำไปแล้วนั้น แต่ในทางตรงกันข้าม หากค่าจำนวนรอบที่คำนวณได้มีค่าสูงกว่าจำนวนรอบที่ได้กระทำไปแล้ว ดังนั้นต้องจำลองเพิ่มอีก 1 ครั้ง และทำการคำนวณจำนวนรอบที่ต้องกระทำออกมาใหม่ และจะกระทำซ้ำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจำนวนรอบที่คำนวณได้จะเท่ากับจำนวนรอบที่ได้กระทำไปแล้ว ขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ลำดับขั้นตอนการพิจารณาหาจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำ

5.1.4 การทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย [27]

การทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยเป็นการทดสอบว่าค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์จริงนั้น มีความแตกต่างกันอยู่ที่ระดับนัยสำคัญ α ที่ต้องการหรือไม่ วิธีการทดสอบทำได้โดยใช้หลักการของการแจกแจงปกติ โดยทดสอบสมมติฐานด้วยการใช้จุดวิกฤตของการทดสอบ z_c ซึ่งคำนวณได้จาก

$$z_c = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (5.2)$$

โดย

z_c คือ จุดวิกฤตของการทดสอบ

\bar{x}_1 คือ ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

\bar{x}_2 คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากสถานการณ์จริง

σ_1 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

σ_2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง

n_1 คือ จำนวนตัวอย่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

n_2 คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง

มีการตั้งสมมติฐานในการทดสอบดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยจะไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เมื่อ $|z_c| \leq z_{\alpha/2}$

การไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 หมายถึงแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ที่ต้องการจำลองได้อย่างเหมาะสม

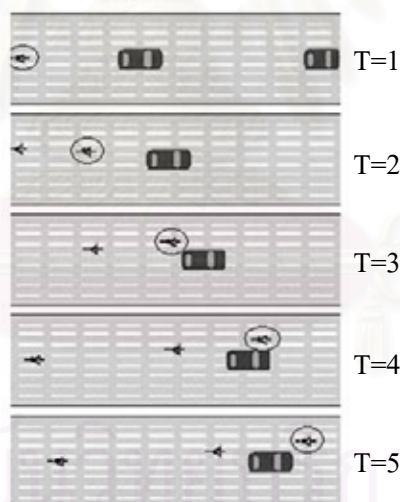
5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหว

การตรวจสอบผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวกระทำเพื่อตรวจสอบว่าในแต่ละสถานการณ์นั้นรถจักรยานยนต์สามารถประพฤติตามแบบจำลองพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้นมาได้หรือไม่

5.2.1.1 ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก

ในสถานการณ์ในการจำลองนี้รถจักรยานยนต์และรถยนต์จะประพฤติตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.4 และจะนำข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจรจากข้อมูลจริงของบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก มาใช้จำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการจำลองแสดงดังรูป 5.3



รูปที่ 5.3 รถจักรยานยนต์แซงรถยนต์คันที่นำหน้าตามแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก

จากรูปที่ 5.3 สามารถอธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างคันที่อยู่ในวงรีได้ดังนี้

ที่เวลา T=1 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ตามคันนำหน้า

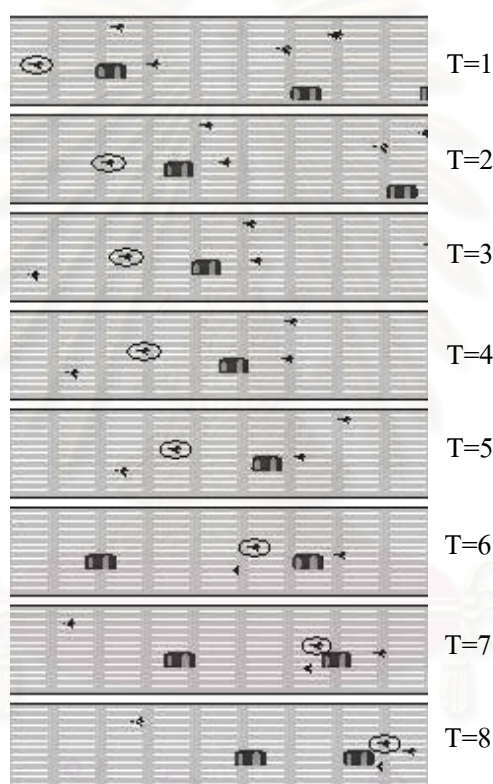
T=2 รถจักรยานยนต์เริ่มเปลี่ยนตำแหน่งไปสู่ช่องจราจรย่อยใหม่เพื่อแซงคันนำหน้า

T=3 รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อยใหม่และเริ่มแซงคันนำหน้า(เดิม)

T=4 และ T=5 รถจักรยานยนต์แซงรถคันนำหน้า(เดิม) และเคลื่อนที่อย่างอิสระ

5.2.1.2 ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

ในสถานการณ์ในการจำลองนี้รถจักรยานยนต์และรถยนต์จะประพฤติตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.4 และจะนำข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจรจากข้อมูลจริงของบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก มาใช้จำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ ผลการจำลองแสดงดังรูป 5.4



รูปที่ 5.4 รถจักรยานยนต์แซงรถยนต์คันที่นำหน้าตามแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

จากรูปที่ 5.4 สามารถอธิบายขั้นตอนการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างกันที่อยู่ในวงรีได้ดังนี้

ที่เวลา T=1 และ T=2 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ตามคันนำหน้า

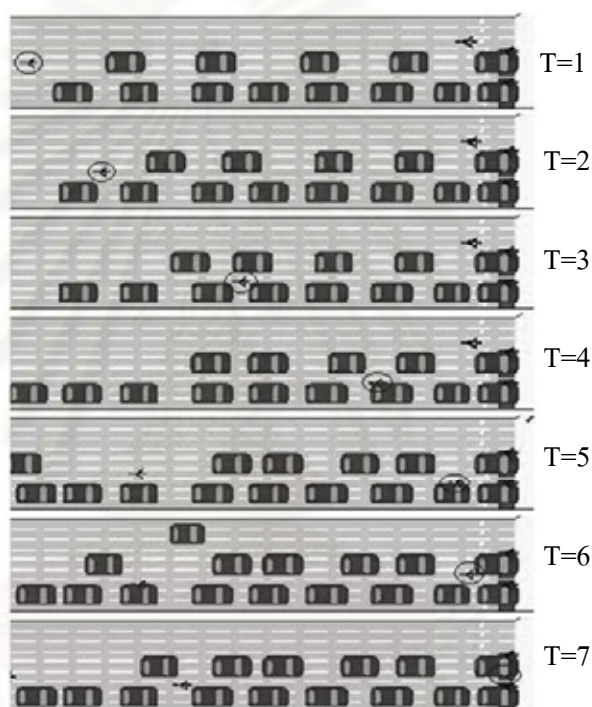
T=3 รถจักรยานยนต์เริ่มเปลี่ยนตำแหน่งไปสู่ช่องจราจรย่อยใหม่เพื่อแซงคันนำหน้า

T=4 T=5 T=6 และ T=7 รถจักรยานยนต์อยู่ในช่องจราจรย่อยใหม่และเริ่มแซงคันนำหน้า (เดิม)

T=8 รถจักรยานยนต์แซงรถคันนำหน้า(เดิม) และเคลื่อนที่อย่างอิสระ

5.2.1.3 ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลองสถานการณ์ทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก

ในสถานการณ์ในการจำลองนี้รถยนต์จะประพฤติตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.5 ส่วนรถจักรยานยนต์จะประพฤติตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.6 และจะนำข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงจากข้อมูลจริงของบริเวณทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลักมาใช้จำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์



รูปที่ 5.5 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปในช่องว่างระหว่างแถวคอยตามแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงในสถานการณ์ทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป

จากรูปที่ 5.5 สามารถอธิบายขั้นตอนการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างคันที่อยู่ในวงรีได้ดังนี้

ที่เวลา T=1 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอย

T=2 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปในแถวคอยในช่องจราจรย่อยแรกที่ต้องการ

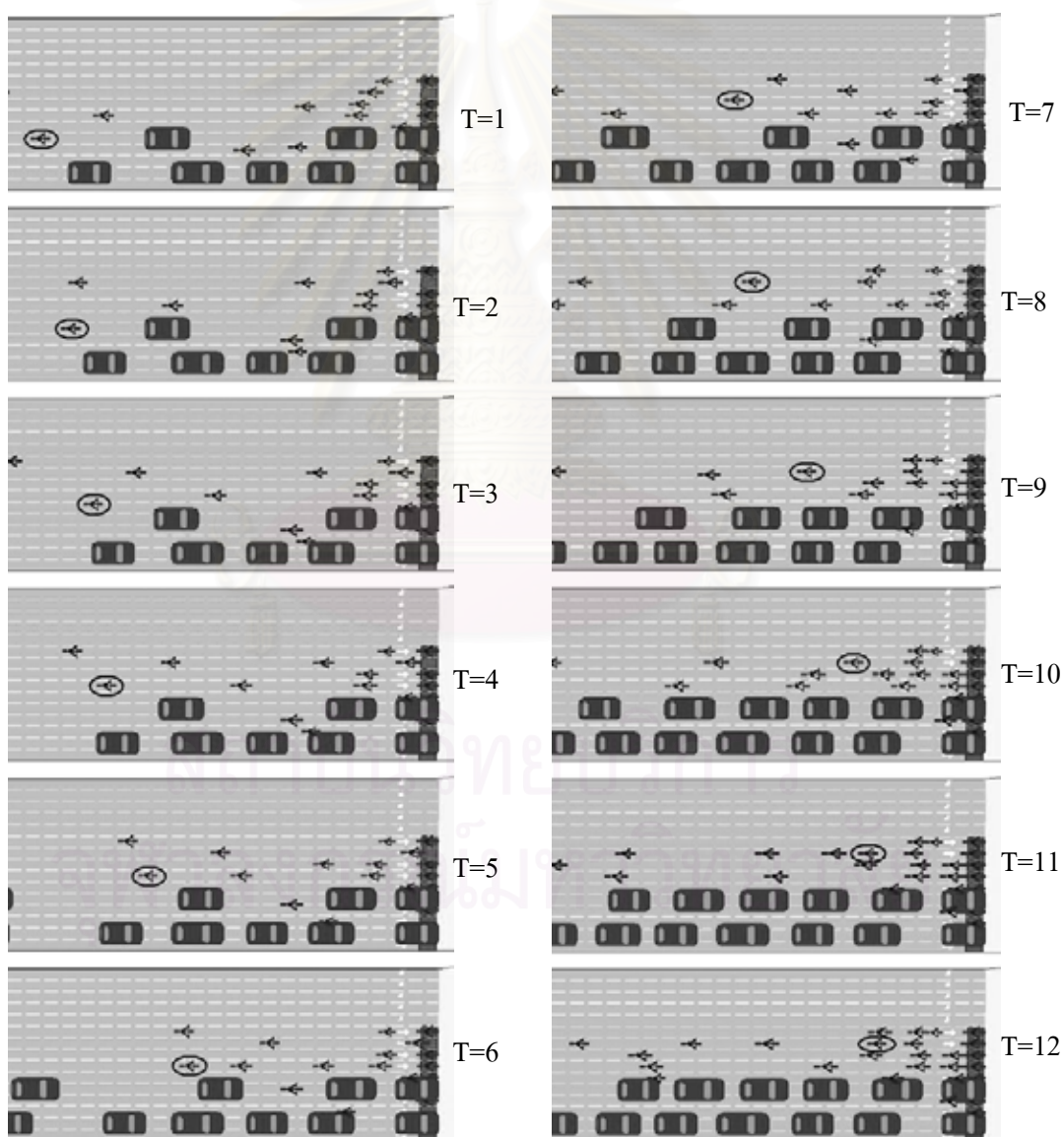
T=3 T=4 และ T=5 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างระหว่างแถวคอย

T=6 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ในแนวขวางในแถวคอยไปในทิศทางเดียวกับช่องจราจรย่อยสุดท้ายที่ต้องการ

T=7 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งสุดท้ายในแถวคอยและหยุดนิ่ง

5.2.1.4 ผลการจำลองในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวจากการจำลองสถานการณ์ทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลัก

ในสถานการณ์ในการจำลองนี้รถยนต์จะประพุดตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.5 ส่วนรถจักรยานยนต์จะประพุดตามลำดับขั้นตอนที่ได้พัฒนาไว้ ตามรูปที่ 4.6 และจะนำข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงจากข้อมูลจริงของบริเวณทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลักมาใช้จำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์



รูปที่ 5.6 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ไปในช่องว่างระหว่างแถวคอยตามแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงในสถานการณ์ทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป

จากรูปที่ 5.6 สามารถอธิบายขั้นตอนการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ตัวอย่างคันที่อยู่ในวงรีได้ดังนี้

ที่เวลา T=1 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอย

T=2 T=3 และ T=4 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปในแถวคอยในช่องจราจรย่อยแรกที่ต้องการ

T=5 และ T=6 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างในแถวคอย

T=7 และ T=8 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่ในแนวขวางในแถวคอยไปในทิศทางเดียวกับช่องจราจรย่อยสุดท้ายที่ต้องการ

T=9 T=10 และ T=11 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าไปในช่องว่างในแถวคอย

T=12 รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งสุดท้ายในแถวคอยและหยุดนิ่ง

5.2.2 ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง

การวัดค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง กระทำเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองนั้นสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ที่ต้องการจำลองได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

5.2.2.1 ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก

ค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบจากสถานการณ์นี้คือ ค่าความเร็ว และค่าเวลาในการเดินทาง ของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นแรกได้จำลอง 95 รอบ และหาค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ ออกมาได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 95 รอบ

	ชนิดยานพาหนะ	เวลาในการเดินทาง (วินาที/93ม.)	ความเร็ว (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ย	รถยนต์	5.85	59.09
	รถจักรยานยนต์	5.97	59.29
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	รถยนต์	0.94	8.86
	รถจักรยานยนต์	1.38	13.25

จากนั้นนำค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้เหล่านี้ไปคำนวณตามสมการที่ 5.1 เพื่อหาว่าจำนวนรอบในการจำลอง 95 รอบที่ได้กระทำไปแล้วนั้นเพียงพอแล้วหรือไม่ โดยใช้ค่าระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ϵ เท่ากับ 0.05 โดยค่าต่างๆ ที่จะนำไปแทนค่าในสมการและผลการคำนวณค่า N ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/93ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/93ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
μ	5.85	5.97	59.09	59.29
δ	0.94	1.38	8.86	13.25
$t_{\alpha/2}$	2.09	2.09	2.09	2.09
ϵ	0.05	0.05	0.05	0.05
N	44.69	93.95	39.25	87.22

จากตารางจะเห็นว่าค่าจำนวนรอบในการจำลองของเวลาในการเดินทางของรถจักรยานยนต์มีค่าสูงสุดคือ 94 รอบ (ทศนิยมปัดขึ้น) ซึ่งในการจำลองนี้ได้จำลองไปแล้ว 95 รอบ ซึ่งมากกว่าค่า 94 รอบที่คำนวณได้ การจำลองจึงหยุดลงที่ 95 รอบ

ขั้นตอนต่อไปจะตั้งสมมติฐานของผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงและค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่ใช้ในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง

	ชนิดยานพาหนะ	เวลาในการเดินทาง (วินาที/93ม.)	ความเร็ว (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ย	รถยนต์	6.14	56.15
	รถจักรยานยนต์	5.79	59.97
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	รถยนต์	1.02	8.71
	รถจักรยานยนต์	1.20	10.74

ข้อมูลในตารางที่ 5.3 และ 5.5 นั้นจะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าจุดวิกฤตของการทดสอบตามสมการที่ 5.2 เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยต่อไป โดยค่าต่างๆ ที่จะนำมาคำนวณและผลการคำนวณที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.6 โดยจำนวนตัวอย่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง (n_1) คือ 95 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง (n_2) คือ 50 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.6 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/93ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/93ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
\bar{x}_1	5.85	5.97	59.09	59.29
\bar{x}_2	6.14	5.79	56.15	59.97
σ_1	0.94	1.38	8.86	13.25
σ_2	1.02	1.20	8.71	10.74
z_c	-1.68	0.80	1.92	-0.33

หมายเหตุ : ความหมายของสัญลักษณ์ ดูได้จากหน้า 76

จากนั้นนำค่าจุดวิกฤตของการทดสอบที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.6 ของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ มาทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ จะได้ $z_{\alpha/2}=1.96$

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/93ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/93ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
z_c	-1.68	0.80	1.92	-0.33
$ z_c $	1.68	0.80	1.92	0.33
$z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ผลการทดสอบ สมมติฐาน	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.7 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมมติฐานนั้น ไม่มีค่าวัดประสิทธิภาพใดที่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ในการจำลองสภาพจราจรบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลักได้อย่างเหมาะสม

จากนั้นเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/93ม.)	เวลาในการเดินทางของ รถจักรยานยนต์ (วินาที/93ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ จากข้อมูลจริง	6.14	5.79	56.15	59.97
ค่าเฉลี่ยของค่าวัด ประสิทธิภาพ ที่ได้จาก การจำลอง	5.85	5.97	59.09	59.29
ผลต่าง (เปอร์เซ็นต์)	4.74	-3.07	-5.23	1.13

5.2.2.2 ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก

ค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบจากสถานการณ์นี้คือ ค่าความเร็ว และค่าเวลาในการเดินทาง ของทั้งรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นแรกได้จำลอง 55 รอบ และหาค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ ออกมาได้ดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 55 รอบ

	ชนิดยานพาหนะ	เวลาในการเดินทาง (วินาที/243ม.)	ความเร็ว (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ย	รถยนต์	16.42	56.66
	รถจักรยานยนต์	16.32	57.58
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	รถยนต์	2.33	7.21
	รถจักรยานยนต์	2.83	9.66

จากนั้นนำค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้เหล่านี้ไปคำนวณตามสมการที่ 5.1 เพื่อหาว่าจำนวนรอบในการจำลอง 55 รอบที่ได้กระทำไปแล้วนั้นเพียงพอแล้วหรือไม่ โดยใช้ค่าระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ϵ เท่ากับ 0.05 โดยค่าต่างๆ ที่จะนำไปแทนค่าในสมการและผลการคำนวณค่า N ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/243ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/243ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
μ	16.42	16.32	56.66	57.58
δ	2.33	2.83	7.21	9.66
$t_{\alpha/2}$	2.09	2.09	2.09	2.09
ϵ	0.05	0.05	0.05	0.05
N	35.18	52.47	28.31	49.22

จากตารางจะเห็นว่าค่าจำนวนรอบในการจำลองของเวลาในการเดินทางของรถจักรยานยนต์มีค่าสูงสุดคือ 53 รอบ (ทศนิยมปัดขึ้น) ซึ่งในการจำลองนี้ได้จำลองไปแล้ว 55 รอบ ซึ่งมากกว่าค่า 53 รอบที่คำนวณได้ การจำลองจึงหยุดลงที่ 55 รอบ

ขั้นตอนต่อไปจะตั้งสมมติฐานของผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงและค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่ใช้ในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง

	ชนิดยานพาหนะ	เวลาในการเดินทาง (วินาที/243ม.)	ความเร็ว (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ย	รถยนต์	16.94	54.53
	รถจักรยานยนต์	16.44	56.17
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	รถยนต์	1.99	6.50
	รถจักรยานยนต์	1.89	6.65

ข้อมูลในตารางที่ 5.9 และ 5.11 นั้นจะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าจุดวิกฤตของการทดสอบ ตามสมการที่ 5.2 เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยต่อไป โดยค่าต่างๆ ที่จะนำมาคำนวณและผลการคำนวณที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.12 โดยจำนวนตัวอย่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง (n_1) คือ 55 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง (n_2) คือ 50 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.12 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/243ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/243ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
\bar{x}_1	16.42	16.32	56.66	57.58
\bar{x}_2	16.94	16.44	54.53	56.17
σ_1	2.33	2.83	7.21	9.66
σ_2	1.99	1.89	6.50	6.65
z_c	-1.22	-0.24	1.59	0.88

จากนั้นนำค่าวิกฤตของการทดสอบที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.12 ของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ มาทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ จะได้ $z_{\alpha/2}=1.96$

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/243ม.)	เวลาในการเดินทาง ของรถจักรยานยนต์ (วินาที/243ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
z_c	-1.22	-0.24	1.59	0.88
$ z_c $	1.22	0.24	1.59	0.88
$z_{\alpha/2}$	1.96	1.96	1.96	1.96
ผลการทดสอบ สมมติฐาน	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0	ไม่ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.13 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมมติฐานนั้น ไม่มีค่าวัดประสิทธิภาพใดที่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ในการจำลองสภาพจราจรบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลักได้อย่างเหมาะสม

จากนั้นเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5.14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

	เวลาในการเดินทาง ของรถยนต์ (วินาที/243ม.)	เวลาในการเดินทางของ รถจักรยานยนต์ (วินาที/243ม.)	ความเร็วของ รถยนต์ (กม./ชม.)	ความเร็วของ รถจักรยานยนต์ (กม./ชม.)
ค่าเฉลี่ยที่วัดได้ จากข้อมูลจริง	16.94	16.44	54.53	56.17
ค่าเฉลี่ยของค่าวัด ประสิทธิภาพ ที่ได้จาก การจำลอง	16.42	16.32	56.66	57.58
ผลต่าง (เปอร์เซ็นต์)	3.04	0.69	-3.91	-2.51

5.2.2.3 ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลัก ในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลัก

ค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบจากสถานการณ์นี้คือเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นแรกได้จำลอง 50 รอบ และหาค่าวัดประสิทธิภาพออกมาได้ดังตารางที่ 5.15

ตารางที่ 5.15 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	82.19
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	49.28

จากนั้นนำค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้ขึ้นไปคำนวณตามสมการที่ 5.1 เพื่อหาว่าจำนวนรอบในการจำลอง 50 รอบที่ได้กระทำไปแล้วนั้นเพียงพอแล้วหรือไม่ โดยใช้ค่าระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ϵ เท่ากับ 0.05 โดยค่าต่างๆ ที่จะนำไปแทนค่าในสมการและผลการคำนวณค่า N ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 5.16

ตารางที่ 5.16 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
μ	82.19
δ	49.28
$t_{\alpha/2}$	1.96
ϵ	0.05
N	552.31

จากตารางจะเห็นว่าค่าจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำคือ 553 รอบ (ทศนิยมปัดขึ้น) ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าที่มากพอสมควร และในการจำลองแต่ละรอบนั้นใช้เวลานาน งานวิจัยนี้จึงได้จำลองเพิ่มอีก 50 รอบ เพื่อทดสอบว่าค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบหลังนั้นจะแตกต่างจาก 50 รอบแรกเพียงใด หากพบว่าไม่ต่างกันมากนัก จะใช้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ เป็นค่าสุดท้าย

ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก, 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบแรกและ 50 รอบหลัง แสดงดังตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบแรกและ 50 รอบหลัง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)		
	ค่าที่วัดได้จากการจำลอง 50 รอบแรก	ค่าที่วัดได้จากการจำลอง 50 รอบหลัง	ผลต่าง
ค่าเฉลี่ย	82.19	82.17	0.02
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	49.28	49.44	-0.16

จากตารางที่ 5.17 จะเห็นได้ว่าผลต่างระหว่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก และ 50 รอบหลัง นั้นมีความแตกต่างน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ เป็นค่าสุดท้าย

ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ แสดงดังตารางที่ 5.18

ตารางที่ 5.18 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	82.18
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	49.36

ขั้นตอนต่อไปจะตั้งสมมติฐานของผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงและค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่ใช้ในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 5.19

ตารางที่ 5.19 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	76.58
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	46.66

ข้อมูลในตารางที่ 5.18 และ 5.19 นั้นจะนำมาใช้ในการคำนวณค่าจุดวิกฤตของการทดสอบ ตามสมการที่ 5.2 เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยต่อไป โดยค่าต่างๆ ที่จะนำมาคำนวณและผลการคำนวณที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.20 โดยจำนวนตัวอย่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง (n_1) คือ 100 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง (n_2) คือ 50 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.20 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
\bar{x}_1	82.18
\bar{x}_2	76.58
σ_1	49.36
σ_2	46.66
z_c	0.72

จากนั้นนำค่าจุดวิกฤตของการทดสอบที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.20 ของค่าวัดประสิทธิภาพมาทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ จะได้ $z_{\alpha/2}=1.96$

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 5.21

ตารางที่ 5.21 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
z_c	0.72
$ z_c $	0.72
$z_{\alpha/2}$	1.96
ผลการทดสอบสมมติฐาน	ไม่ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.21 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมมติฐานนั้น ค่าวัดประสิทธิภาพนั้นไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ในการจำลองสภาพจราจรบริเวณทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลักได้อย่างเหมาะสม

จากนั้นเปรียบเทียบว่าค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองนั้นมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่เปอร์เซ็นต์ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.22 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริง	76.58
ค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง	82.18
ผลต่าง(เปอร์เซ็นต์)	-7.32

5.2.2.4 ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้ายขึ้นทางด่วน 1 ช่องจราจรหลัก

ค่าวัดประสิทธิภาพที่จะตรวจสอบจากสถานการณ์นี้คือเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ ซึ่งในขั้นแรกได้จำลอง 50 รอบ และหาค่าวัดประสิทธิภาพออกมาได้ดังตารางที่ 5.23

ตารางที่ 5.23 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	38.12
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	22.91

จากนั้นนำค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้ขึ้นไปคำนวณตามสมการที่ 5.1 เพื่อหาว่าจำนวนรอบในการจำลอง 50 รอบที่ได้กระทำไปแล้วนั้นเพียงพอแล้วหรือไม่ โดยใช้ค่าระดับนัยสำคัญ α เท่ากับ 0.05 และค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ϵ เท่ากับ 0.05 โดยค่าต่างๆ ที่จะนำไปแทนค่าในสมการและผลการคำนวณค่า N ที่ได้ แสดงดังตารางที่ 5.24

ตารางที่ 5.24 จำนวนรอบที่เพียงพอสำหรับการจำลอง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
μ	38.12
δ	22.91
$t_{\alpha/2}$	1.96
ϵ	0.05
N	555.26

จากตารางจะเห็นว่าค่าจำนวนรอบในการจำลองที่ต้องกระทำคือ 556 รอบ (ทศนิยมปัดขึ้น) ซึ่งจะเห็นว่าเป็นค่าที่มากพอสมควร และในการจำลองแต่ละรอบนั้นใช้เวลานาน งานวิจัยนี้จึงได้จำลองเพิ่มอีก 50 รอบ เพื่อทดสอบว่าค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบหลังนั้นจะแตกต่างจาก 50 รอบแรกเพียงใด หากพบว่าไม่ต่างกันมากนัก จะใช้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ เป็นค่าสุดท้าย

ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก, 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบแรกและ 50 รอบหลัง แสดงดังตารางที่ 5.25

ตารางที่ 5.25 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก 50 รอบหลัง และผลต่างระหว่าง 50 รอบแรกและ 50 รอบหลัง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)		
	ค่าที่วัดได้จากการจำลอง 50 รอบแรก	ค่าที่วัดได้จากการจำลอง 50 รอบหลัง	ผลต่าง
ค่าเฉลี่ย	38.12	38.19	-0.07
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	22.91	22.73	0.18

จากตารางที่ 5.25 จะเห็นได้ว่าผลต่างระหว่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง 50 รอบแรก และ 50 รอบหลัง นั้นมีความแตกต่างกัน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ เป็นค่าสุดท้าย

ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ แสดงดังตารางที่ 5.26

ตารางที่ 5.26 ค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองรวม 100 รอบ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	38.15
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	22.82

ขั้นตอนต่อไปจะตั้งสมมติฐานของผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงและค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง ซึ่งค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่ใช้ในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ย แสดงดังตารางที่ 5.27

ตารางที่ 5.27 ค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ย	43.28
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	22.22

ข้อมูลในตารางที่ 5.26 และ 5.27 นั้นจะนำมาใช้ในการคำนวณค่าจุดวิกฤตของการทดสอบ ตามสมการที่ 5.2 เพื่อนำไปทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ยต่อไป โดยค่าต่างๆ ที่จะนำมาคำนวณและผลการคำนวณที่ได้แสดงดังตารางที่ 5.28 โดยจำนวนตัวอย่างค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง (n_1) คือ 100 ตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่างข้อมูลที่วัดได้จากสถานการณ์จริง (n_2) คือ 50 ตัวอย่าง

ตารางที่ 5.28 ผลการคำนวณค่าจุดวิกฤต

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
\bar{x}_1	38.15
\bar{x}_2	43.28
σ_1	22.82
σ_2	22.22
z_c	-1.37

จากนั้นนำค่าจุดวิกฤตของการทดสอบที่คำนวณได้ในตารางที่ 5.28 ของค่าวัดประสิทธิภาพ มาทดสอบสมมติฐานผลต่างค่าเฉลี่ย โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยดังนี้

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

โดยทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ จะได้ $z_{\alpha/2}=1.96$

ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 5.29

ตารางที่ 5.29 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพ

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
z_c	-1.37
$ z_c $	1.37
$z_{\alpha/2}$	1.96
ผลการทดสอบสมมติฐาน	ไม่ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.29 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบสมมติฐานนั้น ค่าวัดประสิทธิภาพนั้นไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนสถานการณ์ในการจำลองสภาพจราจร

บริเวณทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และเลี้ยวซ้าย 1 ช่องจราจรหลักได้อย่างเหมาะสม

จากนั้นเปรียบเทียบว่าค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองนั้นมีความแตกต่างจากค่าที่วัดได้จากข้อมูลจริงที่เปอร์เซ็นต์ ผลการเปรียบเทียบแสดงดังตารางที่ 5.30

ตารางที่ 5.30 เปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริงกับค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง

	เวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ (วินาที)
ค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากข้อมูลจริง	43.28
ค่าเฉลี่ยของค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง	38.15
ผลต่าง(เปอร์เซ็นต์)	11.85

5.2.3 ผลการทดลองการเพิ่มและลดปริมาณการจราจรในการจำลองต่างจากปริมาณการจราจรในสถานการณ์จริง

การทดลองในหัวข้อนี้จะทดลองกำหนดปริมาณการจราจรที่ต่างออกไปจากปริมาณการจราจรของสถานการณ์จริง จากนั้นดูจากภาพว่าแบบจำลองยังสามารถแสดงพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้หรือไม่ โดยจะจำลองในสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลักเท่านั้น โดยปริมาณรถยนต์ที่จะป้อนเข้าสู่การจำลองนั้นมี 3 ระดับคือ 1,200 คัน/ช่องจราจร/ชม. 900 คัน/ช่องจราจร/ชม. และ 600 คัน/ช่องจราจร/ชม. และปริมาณรถจักรยานยนต์นั้นจะเป็นร้อยละของปริมาณรถยนต์ดังนี้คือ ร้อยละ 50 ร้อยละ 25 และ ร้อยละ 10 โดยสรุปเป็นตารางปริมาณรถยนต์และปริมาณรถจักรยานยนต์ต่อช่องจราจรต่อชั่วโมงตามแต่ละสถานการณ์ดังตารางที่ 5.31

ตารางที่ 5.31 ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ใน 1 ช่องจราจรใน 1 ชม.

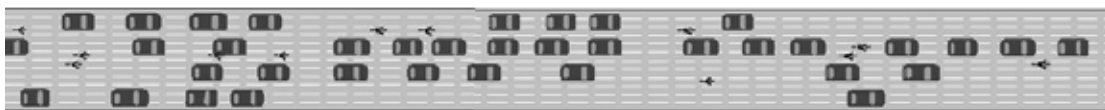
สถานการณ์ที่	ปริมาณรถยนต์ (คัน/ช่องจราจร/ชม.)	ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน/ช่องจราจร/ชม.)
1	1,200	$0.5(1,200) = 600$
2	1,200	$0.25(1,200) = 300$
3	1,200	$0.1(1,200) = 120$
4	900	$0.5(900) = 450$
5	900	$0.25(900) = 225$
6	900	$0.1(900) = 90$
7	600	$0.5(600) = 300$
8	600	$0.25(600) = 150$
9	600	$0.1(600) = 60$

โดยในการจำลองนั้นจะจำลองสถานการณ์ที่มี 4 ช่องจราจรหลัก ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์เมื่อคิดรวม 4 ช่องจราจรหลักตามแต่ละสถานการณ์จึงเป็นดังตารางที่ 5.32

ตารางที่ 5.32 ปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ทั้งหมดใน 1 ชม.

สถานการณ์ที่	ปริมาณรถยนต์ (คัน/ ชม.)	ปริมาณรถจักรยานยนต์ (คัน/ ชม.)
1	4,800	2,400
2	4,800	1,200
3	4,800	480
4	3,600	1,800
5	3,600	900
6	3,600	360
7	2,400	1,200
8	2,400	600
9	2,400	240

ภาพผลการจำลองที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.7 ถึงรูปที่ 5.15



รูปที่ 5.7 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 1



รูปที่ 5.8 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 2



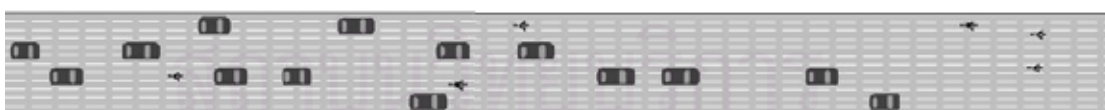
รูปที่ 5.9 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 3



รูปที่ 5.10 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 4



รูปที่ 5.11 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 5



รูปที่ 5.12 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 6



รูปที่ 5.13 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 7



รูปที่ 5.14 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 8



รูปที่ 5.15 ผลการจำลองตามปริมาณในสถานการณ์ที่ 9

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ให้มากขึ้นหรือน้อยลงได้ตามที่ต้องการ และสามารถจำลองพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ตามที่ออกแบบไว้ได้เมื่อปริมาณเปลี่ยนแปลงไป

5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันและแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถจำลองพฤติกรรมเคลื่อนที่ตามกันและการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ได้ตามที่ออกแบบไว้ทั้งในสถานการณ์ที่มี 3 ช่องจราจรหลัก และสถานการณ์ที่มี 4 ช่องจราจรหลัก เช่นเดียวกับแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงของรถจักรยานยนต์ซึ่งสามารถแสดงพฤติกรรมเคลื่อนที่ในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ได้ตามที่ออกแบบไว้ทั้งในสถานการณ์ที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป และ สถานการณ์ที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป

ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์กึ่งกลางถนนทั้ง 3 และ 4 ช่องจราจรหลักแสดงให้เห็นว่าเมื่อวัดประสิทธิภาพโดยรวมของการจำลองในรูปของเวลาในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยเหล่านี้มีค่าไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากสถานการณ์จริง โดยความเร็วเฉลี่ยของบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก นั้นสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยของบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก ทั้งค่าที่วัดได้จากสถานการณ์จริงและค่าที่วัดได้จากการจำลอง ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ต่อช่องจราจรต่อชั่วโมงของสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลักนั้นมีค่าต่ำกว่าของสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก โดยสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก มีปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ต่อช่องจราจรต่อชั่วโมงคือ (ปริมาณรถยนต์+ปริมาณรถจักรยานยนต์)/จำนวนช่องจราจรหลัก = $(1600+1100)/3 = 900$ คัน/ช่องจราจร/ชม. ส่วนสถานการณ์กึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลัก มีปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ต่อช่องจราจร

ต่อชั่วโมงคือ $(2600+2000)/4 = 1150$ คัน/ช่องจราจร/ชม. จากนั้นเมื่อพิจารณาแยกตามสถานการณ์แล้วพบว่าความแตกต่างของค่าที่วัดได้จากการจำลองกับค่าที่วัดได้จากสถานการณ์จริงนั้น อาจเนื่องมาจากความสามารถในการจำลองของแบบจำลองที่สามารถทำได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงที่สามารถจำลองพฤติกรรมของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ได้ในระดับหนึ่งแต่ไม่สามารถจำลองพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามสถานการณ์จริงได้ทั้งหมด ซึ่งอาจเนื่องมาจากเหตุปัจจัยอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์จริง เช่น สภาวะรอบๆ ตัวของรถจักรยานยนต์ในขณะที่เปลี่ยนช่องจราจรในสถานการณ์จริงที่บ่งบอกว่ามีรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์คันอื่นๆ อยู่รอบข้างในตำแหน่งใดๆ หรือไม่ ซึ่งการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ไม่ได้บันทึกค่าเหล่านี้ไว้ แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้นั้นมีค่าสูงสุดไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

ผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ทางแยกทั้ง 2 และ 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปแสดงให้เห็นว่าเมื่อวัดประสิทธิภาพโดยรวมของการจำลองในรูปของเวลาในแถวคอยนั้น เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยเวลาในแถวคอยนี้มีค่าไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่วัดได้จากสถานการณ์จริง ทั้งนี้ในสถานการณ์การจำลองทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป พบว่าค่าเวลาในแถวคอยที่วัดได้จากการจำลองนั้นสูงกว่าค่าเวลาในแถวคอยที่วัดได้จากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจเกิดมาจากในสถานการณ์จริงนั้นรถจักรยานยนต์สามารถจอดอยู่เป็นกลุ่มกันเป็นจำนวนมากได้บริเวณหน้าแถวคอยซึ่งอยู่เลยจากตำแหน่งเส้นหยุดออกไป ทำให้รถจักรยานยนต์ในสถานการณ์จริงใช้เวลาในแถวคอยต่ำกว่า ซึ่งในการจำลองในโปรแกรม Aimsun NG นั้นพฤติกรรมการจอดเป็นกลุ่มเป็นจำนวนมากหน้าเส้นหยุดนี้เป็นพฤติกรรมที่ค่อนข้างแปลกออกไปจากพฤติกรรมปกติพอสมควร งานวิจัยจึงไม่ได้ทำการจำลองพฤติกรรมนี้ แต่อย่างไรก็ตามผลการจำลองที่ได้ก็สามารถแสดงพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้ โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดของค่าเฉลี่ยเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ที่มีเพียง 8 เปอร์เซ็นต์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการจำลองนั้นมีค่ามาก ซึ่งสอดคล้องส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเวลาในแถวคอยที่เก็บได้จากสถานการณ์จริงเพราะหากรถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอยเร็ว ก็จะมีเวลาในแถวคอยมาก แต่หาก รถจักรยานยนต์เคลื่อนที่มาถึงแถวคอยช้า เวลาในแถวคอยก็จะน้อย ซึ่งทำให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณออกมาได้นั้นมีค่ามาก

ส่วนในสถานการณ์การจำลองทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไป พบว่าค่าเฉลี่ยเวลาในแถวคอยที่วัดได้จากการจำลองนั้นต่ำกว่าค่าเวลาในแถวคอยที่วัดได้จากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจเกิดมาจากพฤติกรรมที่ออกแบบไว้นั้นไม่ตรงกับพฤติกรรมจริงเสียทีเดียว เช่น ความเร็วที่รถจักรยานยนต์ใช้ในการเคลื่อนที่ในแถวคอยในสถานการณ์จริงนั้นอาจต่างไปจากความเร็วใน

การเคลื่อนที่ในแฉกคอคยที่ 15 กม./ชม. ที่ใช้ในการจำลอง และในสถานการณ์จริงมีรถประเภทอื่นอยู่ เช่น รถสามล้อ หรือรถโดยสารประจำทาง ซึ่งอาจเป็นผลให้เวลาที่รถจักรยานยนต์ใช้ในแฉกคอคย นั้นมีค่ามากกว่าในการจำลองอยู่บ้าง

ทั้งนี้ข้อมูลที่เก็บได้จากสถานการณ์จริงนั้นพบว่าปริมาณรถโดยสารประจำทาง รถบรรทุก และรถชนิดอื่นๆ นั้นมีค่าน้อยมากคือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณรถยนต์และรถจักรยานยนต์ ทั้งหมด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อค่าวัดประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองทั้งค่า ความเร็วเฉลี่ย เวลาในการเดินทาง และเวลาในแฉกคอคย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร และแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้ อ้างอิงจากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากสถานการณ์จริง โดยการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกันและแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจรจะอ้างอิงกับข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากบริเวณกึ่งกลางถนน ส่วนการพัฒนาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงนั้นจะอ้างอิงกับข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากบริเวณทางแยกสัญญาณไฟ อย่างไรก็ตามในสถานการณ์จริงนั้นพฤติกรรมที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นตลอดช่วงความยาวของถนนสายต่างๆ ที่อยู่ในเมือง

แบบจำลองนี้ถูกนำไปทดลองพัฒนาบนโปรแกรม Aimsun NG โดยใช้ชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์และ Aimsun เอพีไอ เพื่อปรับแก้การทำงานของ Aimsun Simulator และเพิ่มเติมแบบจำลองพฤติกรรมที่พัฒนาขึ้นนี้เข้าไป

หลังจากที่พัฒนาแล้ว ได้นำแบบจำลองมาทดสอบโดยจำลองสถานการณ์ต่างๆ ขึ้น โดยอิงกับสถานการณ์จริงที่บันทึกข้อมูลมาได้ ไม่ว่าจะเป็นสถานการณ์กึ่งกลางถนน หรือสถานการณ์ทางแยก โดยข้อมูลต่างๆ ในเชิงตัวเลขที่วิเคราะห์ได้จากแต่ละสถานการณ์จริงจะนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์เลียนแบบสถานการณ์จริงนั้นๆ โดยในการทดลองนั้นได้กระทำทั้งหมด 4 สถานการณ์ เท่ากับจำนวนสถานการณ์จริงที่วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ มาได้ ทั้งข้อมูลปริมาณและข้อมูลพฤติกรรม

ผลการจำลองที่ได้ในลักษณะภาพกราฟิกแบบเคลื่อนไหวแสดงให้เห็นว่ารถจักรยานยนต์สามารถแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาได้ตามแบบจำลองที่ได้พัฒนาไว้ ทั้งการหารถคันนำหน้า ที่ความเร็วต่างๆ การเคลื่อนที่ตามกัน การเปลี่ยนช่องจราจร และการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง ส่วนผลการวัดค่าวัดประสิทธิภาพต่างๆ ได้แก่ ความเร็วในการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ย และเวลาในแถวคอย ค่าต่างๆ เหล่านี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากสถานการณ์จริงพบว่าไม่มีความแตกต่างในระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนั้นสามารถเป็นตัวแทนของแต่ละสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสม โดยความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการเดินทางของรถยนต์และรถจักรยานยนต์ที่วัดได้จากการจำลองสถานการณ์บริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 3 ช่องจราจรหลัก แตกต่างจากค่าที่ได้จากสถานการณ์จริงไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเร็วเฉลี่ยและเวลาในการ

เดินทางที่วัดได้จากการจำลองบริเวณกึ่งกลางถนนที่มี 4 ช่องจราจรหลักมีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากสถานการณ์จริงไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ ค่าเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ที่วัดได้จากการจำลองสถานการณ์บริเวณทางแยกที่มี 2 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปแตกต่างจากค่าที่ได้จากสถานการณ์จริงไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์และค่าเวลาในแถวคอยของรถจักรยานยนต์ที่วัดได้จากการจำลองบริเวณทางแยกที่มี 3 ช่องจราจรหลักในทิศทางตรงไปมีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากสถานการณ์จริงไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้จากการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถทำงานได้ภายใต้สภาวะที่มีรถยนต์มากน้อยตามปริมาณที่แตกต่างออกไปได้

จากผลการทดลองทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถจำลองพฤติกรรมต่างๆ ของจักรยานยนต์ในระดับจุลภาคได้ทั้ง การเคลื่อนที่ตามกัน การเปลี่ยนช่องจราจร การเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง โดยสามารถจำลองพฤติกรรมผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในสถานการณ์ที่มีรถยนต์รวมอยู่ด้วยได้

ในงานวิจัยนี้พบว่าโปรแกรม Aimsun NG มีความเหมาะสมอย่างมาก สำหรับการนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพฤติกรรมซึ่งอาจเป็นพฤติกรรมผู้ขับขี่ยานพาหนะชนิดอื่นๆ ที่ไม่ใช่รถจักรยานยนต์ก็ได้ เนื่องจากชุดเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์นั้นมีชุดคำสั่งซึ่งรองรับการพัฒนาแบบจำลองต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน แบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง หรืออาจเป็นแบบจำลองอื่นๆ ที่จะพัฒนาขึ้นในอนาคตก็ได้ ซึ่งนับว่าเป็นข้อได้เปรียบของโปรแกรม Aimsun NG นี้ที่มีต่อโปรแกรมอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

6.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- 6.2.1 ค่าเฉพาะต่างๆ ของผู้ขับขี่และรถแต่ละคัน ค่าบางค่านั้นอาจไม่ตรงกับความเป็นจริง เช่น ความเร็วสูงสุดที่ผู้ขับขี่ต้องการ เนื่องจากลักษณะค่านี้นั้นค่อนข้างหลากหลายและประมาณได้ยาก ซึ่งค่านี้จะส่งผลกระทบต่อความเร็วเฉลี่ยที่วัดได้
- 6.2.2 ความหลากหลายของชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองยังมีไม่มากนัก ทำให้รูปแบบการเปลี่ยนช่องจราจรของรถจักรยานยนต์ยังอาจมีไม่มากเหมือนกับความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในหลายๆ สถานที่ และอาจส่งผลให้ค่าระยะห่างเมื่อเกิดการเปลี่ยนช่องจราจรนั้นอาจยังมีความละเอียดไม่มากพอ แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ต้องการหาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นตามปกติของรถจักรยานยนต์เท่านั้น ไม่ได้ต้องการหาพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ที่แปลกไปจากปกติ โดยสาเหตุที่ชุดข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลองนั้นมีไม่มากเนื่องจากปัญหาในการเลือกสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับการตั้งกล้องวิดีโอ

เพื่อบันทึกข้อมูล เพราะสถานที่ที่เหมาะสมนั้นต้องเป็นตึกในเมืองที่มีความสูงประมาณ 15 ชั้นขึ้นไปและไม่มีสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่บดบังถนนเบื้องล่างเพื่อให้ได้มุมมองของภาพที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์จากภาพวิดีโอที่ศึ้นนั้น โดยภาพที่เหมาะสมนั้นควรเป็นภาพจากมุมสูง เพื่อให้สามารถมองเห็นได้ว่ารถจักรยานยนต์แต่ละคันนั้นอยู่ในช่องจราจรย่อยใด

- 6.2.3 งานวิจัยนี้ต้องการจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และรถยนต์เท่านั้น ดังนั้นชนิดของยานพาหนะในการจำลองจึงมีเพียง 2 ประเภทนี้เท่านั้น
- 6.2.4 ไม่สามารถจำลองพฤติกรรมที่ต่างจากพฤติกรรมตามปกติของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ได้ เช่น พฤติกรรมในการเคลื่อนที่ไปเป็นกลุ่มๆ ไปหยุดอยู่เฉยๆ จากเส้นหยุดของทางแยกออกไปซึ่งอาจพบได้จากการสังเกต
- 6.2.5 แบบจำลองพฤติกรรมที่สร้างขึ้นนี้ไม่ได้แยกประเภทของผู้ขับขี่ออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ส่งของ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้าง หรือ ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ทั่วไป ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะมีผลให้มีพฤติกรรมการขับขี่ที่แตกต่างกัน
- 6.2.6 แบบจำลองพฤติกรรมที่สร้างขึ้นนี้อ้างอิงกับวิธีการแบ่งช่องจราจรหลักออกเป็น 3 ช่องจราจรย่อย และมีการขับขี่ในแบบปกติตามช่องจราจรย่อยที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งอาจจะไม่ครอบคลุมถึงการจำลองพฤติกรรมแบบอื่นๆ ที่ผิดปกติ อาทิ เช่น พฤติกรรมการขับขี่คร่อมช่องจราจร หรือพฤติกรรมการเลี้ยวซึ่งผู้ขับขี่ไม่ได้ขับขี่ตามช่องจราจรย่อยที่ได้ออกแบบไว้ เป็นต้น
- 6.2.7 แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงใช้ได้กับทางแยกที่มีสัญญาณไฟเท่านั้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

- 6.3.1 ควรเพิ่มความหลากหลายของชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อให้ได้รูปแบบการเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์ที่ใกล้เคียงกับความจริงมากยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มความละเอียดของแบบจำลอง เพื่อเพิ่มสถานการณ์แปลกๆ ที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะมีทางเลือกที่มากขึ้นในการเลือกช่องจราจรที่จะเคลื่อนที่เข้าไป ทั้งในแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร และแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรง และในสถานการณ์ที่มีรถประจำทางอยู่ด้วย รถจักรยานยนต์อาจมีพฤติกรรมที่ต่างแตกต่างกันไป เป็นต้น และถ้าข้อมูลมากขึ้นอาจได้รูปแบบการกระจายของข้อมูลที่ดีขึ้น
- 6.3.2 ในงานวิจัยนี้จำลองพฤติกรรมของรถยนต์และรถจักรยานยนต์เท่านั้น ซึ่งหากต้องการจำลองพฤติกรรมของยานพาหนะชนิดอื่นๆ นั้นสามารถทำได้โดยปรับเปลี่ยนค่าเฉพาะ

ของผู้ขับขี่และรถแต่ละคันให้สอดคล้องกับชนิดของยานพาหนะที่ต้องการเพิ่มเข้าไป ในแบบจำลอง และนำลักษณะการเคลื่อนที่ของรถยนต์ตามแบบจำลองที่ได้พัฒนาไว้นี้ มาประยุกต์เข้ากับยานพาหนะชนิดอื่นๆ ที่ต้องการเพิ่มเข้าไป

- 6.3.3 ในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงพฤติกรรมการเลี้ยวและแรงเสียดทานของ รถจักรยานยนต์ว่า มีผลทำให้การเคลื่อนที่ของรถจักรยานยนต์นั้นอ่อนไหวต่อความ กว้างของช่องจราจร และความกว้างของรถยนต์หรือไม่
- 6.3.4 เนื่องจากแบบจำลองพฤติกรรมที่สร้างขึ้นนี้ไม่ได้แยกประเภทของผู้ขับขี่ รถจักรยานยนต์ออกเป็นประเภทต่างๆ ซึ่งผู้ขับขี่แต่ละประเภทอาจมีพฤติกรรมที่ แตกต่างกันไป เช่น ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้างอาจมีความถี่ของการเปลี่ยนช่องทาง จราจรที่มากกว่าผู้ขับขี่ประเภทอื่นๆ ซึ่งในอนาคตควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงลักษณะ พฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไปตามประเภทของผู้ขับขี่ เพื่อให้ได้การจำลองที่ใกล้เคียง กับสถานการณ์จริงมากยิ่งขึ้น
- 6.3.5 เนื่องจากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นนี้อ้างอิงกับข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ รถจักรยานยนต์บนถนนตัวอย่าง จึงทำให้แบบจำลองนี้อาจใช้ได้เฉพาะกับถนนเส้นที่ กำหนดเท่านั้น การนำแบบจำลองไปใช้ต่อจึงควรทำการเก็บข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่ รถจักรยานยนต์บนถนนอีกจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพหลากหลายครอบคลุม ถนนลักษณะต่างๆ ของกรุงเทพมหานครเพิ่มเติม จากนั้นวิเคราะห์ว่า ข้อมูลพฤติกรรมผู้ ขี่ขีบบนถนนเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กับข้อมูลพฤติกรรมเดิมหรือไม่ หากพบว่ามี ความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน ก็สามารถนำข้อมูลชุดใดชุดหนึ่ง หรือหาค่าเฉลี่ยความน่าจะเป็น ของชุดข้อมูลทั้งหมด เพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลตัวแทนของพฤติกรรมผู้ขับขี่ รถจักรยานยนต์ทั้งหมดได้
- 6.3.6 ในการพัฒนาต่อ ควรมีการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถกำหนดข้อมูลปริมาณ และข้อมูล พฤติกรรมของผู้ขับขี่เองได้
- 6.3.7 รถยนต์แต่ละคันจะมีค่าช่องว่างทางด้านข้างทางด้านซ้ายและขวาเก็บไว้เป็นค่าเฉพาะตัว ของรถยนต์แต่ละคัน โดยงานวิจัยนี้ได้นำค่าช่องว่างทางด้านข้างนี้มาใช้พิจารณาหา ตำแหน่งช่องจราจรย่อยของรถยนต์คันนั้น ซึ่งค่าช่องว่างทางด้านข้างนี้อาจสามารถ นำไปใช้ประโยชน์ในแนวทางอื่นๆ ได้ต่อไปในอนาคต เช่น ในการจำลองสภาพ การจราจรที่มีคนเดินอยู่ริมถนนอยู่ด้วย เป็นต้น
- 6.3.8 ควรพัฒนาให้แบบจำลองการเคลื่อนที่แบบไม่เป็นเส้นตรงสามารถใช้กับทางแยกที่ไม่มี สัญญาณไฟได้

รายการอ้างอิง

- [1] S.A. Boxill and L. Yu, An Evaluation of Traffic Simulation Models for Supporting ITS Development. Texas: Center for Transportation Training and Research, Texas Southern University, 2000.
- [2] C.C. Minh and K. Sano, Analysis of Motorcycle Effects to Saturation Flow Rate at Signalized Intersection in Developing Countries, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies 5 (October 2003) : 1211-1222.
- [3] A. D. May, Traffic Flow Fundamentals. New Jersey: Prentice-Hall, 1990.
- [4] P.G. Gipps, A Behavioral Car-Following Model for Computer Simulation, Transportation Research Board 15 (1981) : 105-111.
- [5] K.I. Ahmed. Modeling Drivers' Acceleration and Lane Changing Behavior. Doctor of Science, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [6] J.J. Olstam and A. Tapani, Comparison of Car-following Models, Swedish National Road and Transport Research Institute (2004) : 1-36.
- [7] S. Panwai and H. Dia, Comparative Evaluation of Microscopic Car-following Behavior, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 6 (September 2005) : 314-325.
- [8] P.G. Gipps, A Model for the Structure of Lane-Changing Decisions, Transportation Research Record 20 (1986) : 403-414.
- [9] AIMSUN's Microsimulator User's Manual Version 5.1. Barcelona: Transport Simulation Systems, 2006.
- [10] Transport Simulation Systems, Aimsun Microscopic Traffic Simulator : A Tool for the Analysis and Assessment of ITS System. HCC Simulation Meeting.
- [11] X. Ma and I. Andréasson, Driver Reaction Time Estimation from Real Car-following Data and Application in GM-Type Model Evaluation, Transportation Research Board 85th Annual Meeting (2006) : 1-19.
- [12] H. Qi and B.B. Park, Development and Evaluation of a Calibration and Validation Procedure for Microscopic Simulation Models, Virginia Transportation Research Council (2004) : 1-74.

- [13] <http://www.aimsun.com/site/content/section/1/2/>. Barcelona: Transport Simulation Systems, 2006.
- [14] AIMSUN NG Scripting Version 1.1. Barcelona: Transport Simulation Systems, 2006.
- [15] T.G. Oketch, New Modeling Approach for Mixed-Traffic Streams with Nonmotorized Vehicles, Transportation Research Record 1705 (2000) : 61-69.
- [16] H. J. Cho and Y.T. Wu, Modeling and Simulation of Motorcycle Traffic Flow, IEEE International Conference of Systems, Man and Cybernetics (2004) : 6262-6267.
- [17] รัตนา แสงส่องแก้ว. การจำลองพร้อมการจินตทัศน์สภาพจราจรบนถนนในระดับจุลภาคแบบกระจายด้วยกลุ่มสถานีงาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2001.
- [18] G. Medioni, I. Cohen, F. Bremond, S. Hongeng, and R. Nevatia, Event Detection and Analysis from Video Streams, IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence 23 (2001) : 873-889.
- [19] Y. Kwon and S. Morichi, Analysis of Pedestrian Behavior and Planning Guidelines with Mixed Traffic for Narrow Urban Streets, Transportation Research Record 1636 (1998) : 116-123.
- [20] J.T. Hughes, Traffic Data Collection for AIMSUN2 Simulation of An Auckland Motorway, Transit New Zealand (1997) : 1-8.
- [21] J. Zhao and J. Wu, Analysis of Pedestrian Behavior with Mixed Traffic Flow at Intersection, Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation System 2003 1 (2003) : 323-327.
- [22] J. Nee and M.E. Hallenbeck, A Motorist and Pedestrian Behavioral Analysis Relating to Pedestrian Safety Improvements. Washington : Washington State Transportation Center, University of Washington, 2003.
- [23] X. Zou and D. Levinson, Modeling Intersection Driving Behaviors: A Hidden Markov Model Approach, Transportation Research Board 85th Annual Meeting (2006) : 1-36.
- [24] วินัย รักสุนทร, Start-Up Lost Time and Saturation Flow Rate of Signalized Intersections for Motorcycles, การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 9, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2004).
- [25] J. Banks, J. S. II Carson, B. L. Nelson, and D. M. Nicol, Discrete-Event System Simulation. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

- [26] L. Chu, H. X. Liu, J. S. Oh, and W. Recker, A Calibration Procedure for Microscopic Traffic Simulation, Transportation Research Board 83rd Annual Meeting, (2004) : 1-25.
- [27] N. T. Kottegoda and R. Rosso, Statistics, Probability, and Reliability for Civil and Environmental Engineers, New York: The McGraw-Hill Companies, 1998.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
1	3 2	รถยนต์	3 3	3 1	1	3	0
2	3 2	รถจักรยานยนต์	3 2	3 1	1	3	0
3	3 1	รถยนต์	3 2	2 3	1	8	0
4	3 1	รถยนต์	3 1	2 3	0.50	4.50	0.50
5	3 1	รถยนต์	3 1	2 2	0.50	4.50	0.50
6	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	2 3	1	3.50	1.50
7	2 3	รถยนต์	2 3	3 2	0.50	4.50	0.50
8	2 3	รถยนต์	2 3	1 3	0.50	4.50	0.50
9	2 3	รถยนต์	2 2	3 3	0.20	3.40	2.24
10	2 3	รถยนต์	2 2	3 1	0.40	3.40	2.24
11	2 3	รถยนต์	2 2	1 3	0.40	3.40	2.24
12	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	3 1	0.25	2.50	1.50
13	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	2 2	0.75	2.50	1.50
14	2 2	รถยนต์	2 3	2 1	0.50	4.50	0.50
15	2 2	รถยนต์	2 3	1 3	0.50	4.50	0.50
16	2 2	รถยนต์	2 2	3 2	0.13	5	1.32
17	2 2	รถยนต์	2 2	3 1	0.60	5	1.32
18	2 2	รถยนต์	2 2	2 3	0.07	5	1.32
19	2 2	รถยนต์	2 2	1 3	0.13	5	1.32
20	2 2	รถยนต์	2 2	1 1	0.07	5	1.32
21	2 2	รถยนต์	2 1	3 1	0.20	2.80	0.75
22	2 2	รถยนต์	2 1	2 3	0.80	2.80	0.75
23	2 2	รถจักรยานยนต์	2 2	2 3	0.33	2.67	1.25

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนเพชรบุรีตัดใหม่ (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
24	2 2	รถจักรยานยนต์	2 2	2 1	0.67	2.67	1.25
25	2 1	รถยนต์	2 2	1 3	0.86	5.43	1.59
26	2 1	รถยนต์	2 2	1 2	0.14	5.43	1.59
27	2 1	รถยนต์	2 1	1 3	0.50	5	0
28	2 1	รถยนต์	2 1	1 2	0.50	5	0
29	2 1	รถจักรยานยนต์	2 1	2 3	1	6	1
30	1 3	รถยนต์	1 3	2 1	1	4	0
31	1 3	รถยนต์	1 2	2 1	1	1	0
32	1 3	รถจักรยานยนต์	1 3	2 2	0.50	3	0
33	1 3	รถจักรยานยนต์	1 3	1 1	0.50	3	0
34	1 2	รถยนต์	1 3	2 1	1	2	0

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
1	4 3	รถจักรยานยนต์	4 3	4 1	1	2	1
2	4 2	รถยนต์	4 2	4 1	1	2	0
3	4 2	รถยนต์	4 1	3 2	1	1	0
4	4 2	รถจักรยานยนต์	4 2	4 1	0.50	1.30	0.64
5	4 2	รถจักรยานยนต์	4 2	3 3	0.30	1.30	0.64
6	4 2	รถจักรยานยนต์	4 2	3 2	0.20	1.30	0.64
7	4 1	รถยนต์	4 1	3 3	0.40	2.80	1.47
8	4 1	รถยนต์	4 1	3 2	0.60	2.80	1.47

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
9	4 1	รถจักรยานยนต์	4 1	4 3	0.08	1.51	0.87
10	4 1	รถจักรยานยนต์	4 1	4 2	0.13	1.51	0.87
11	4 1	รถจักรยานยนต์	4 1	3 3	0.46	1.51	0.87
12	4 1	รถจักรยานยนต์	4 1	3 2	0.28	1.51	0.87
13	4 1	รถจักรยานยนต์	4 1	3 1	0.05	1.51	0.87
14	3 3	รถยนต์	3 3	3 1	1	1	0
15	3 3	รถยนต์	3 2	4 1	0.50	3.25	1.48
16	3 3	รถยนต์	3 2	2 3	0.25	3.25	1.48
17	3 3	รถยนต์	3 2	2 1	0.25	3.25	1.48
18	3 3	รถจักรยานยนต์	3 3	4 1	0.14	1.14	0.35
19	3 3	รถจักรยานยนต์	3 3	3 1	0.71	1.14	0.35
20	3 3	รถจักรยานยนต์	3 3	1 2	0.14	1.14	0.35
21	3 2	รถยนต์	3 3	4 2	0.20	1.80	0.75
22	3 2	รถยนต์	3 3	3 1	0.40	1.80	0.75
23	3 2	รถยนต์	3 3	2 3	0.40	1.80	0.75
24	3 2	รถยนต์	3 2	4 1	0.67	1.50	0.50
25	3 2	รถยนต์	3 2	2 3	0.33	1.50	0.50
26	3 2	รถยนต์	3 1	4 1	0.26	1.95	1.00
27	3 2	รถยนต์	3 1	3 3	0.42	1.95	1.00
28	3 2	รถยนต์	3 1	2 3	0.26	1.95	1.00
29	3 2	รถยนต์	3 1	2 2	0.05	1.95	1.00
30	3 2	รถจักรยานยนต์	3 2	4 1	0.26	1.11	0.45
31	3 2	รถจักรยานยนต์	3 2	3 3	0.11	1.11	0.45
32	3 2	รถจักรยานยนต์	3 2	3 1	0.53	1.11	0.45
33	3 2	รถจักรยานยนต์	3 2	2 3	0.11	1.11	0.45
34	3 1	รถยนต์	3 2	4 1	0.18	2	0.95

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
35	3 1	รถยนต์	3 2	3 3	0.09	2	0.95
36	3 1	รถยนต์	3 2	2 3	0.55	2	0.95
37	3 1	รถยนต์	3 2	2 2	0.18	2	0.95
38	3 1	รถยนต์	3 1	4 1	0.04	1.81	0.94
39	3 1	รถยนต์	3 1	3 3	0.04	1.81	0.94
40	3 1	รถยนต์	3 1	2 3	0.63	1.81	0.94
41	3 1	รถยนต์	3 1	2 2	0.26	1.81	0.94
42	3 1	รถยนต์	3 1	1 3	0.04	1.81	0.94
43	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	4 1	0.08	1.58	0.64
44	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	3 3	0.08	1.58	0.64
45	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	3 2	0.25	1.58	0.64
46	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	2 3	0.50	1.58	0.64
47	3 1	รถจักรยานยนต์	3 1	2 2	0.08	1.58	0.64
48	2 3	รถยนต์	2 3	3 1	1	2.50	0.50
49	2 3	รถยนต์	2 2	3 1	0.75	2	1.22
50	2 3	รถยนต์	2 2	1 3	0.25	2	1.22
51	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	3 1	0.20	1.60	0.80
52	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	2 2	0.40	1.60	0.80
53	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	2 1	0.20	1.60	0.80
54	2 3	รถจักรยานยนต์	2 3	1 2	0.20	1.60	0.80
55	2 2	รถยนต์	2 2	3 1	0.33	2	0.82
56	2 2	รถยนต์	2 2	2 3	0.33	2	0.82
57	2 2	รถยนต์	2 2	1 3	0.33	2	0.82
58	2 2	รถยนต์	2 1	3 1	0.33	2	1
59	2 2	รถยนต์	2 1	2 3	0.33	2	1
60	2 2	รถยนต์	2 1	1 3	0.33	2	1

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	ชนิดรถคันนำหน้า	ช่องจราจร ของรถคันนำหน้า	ช่องจราจรใหม่ ที่เลือก	ความน่าจะเป็น ของช่องจราจรใหม่	ค่าเฉลี่ยระยะห่าง (เมตร)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานของ ระยะห่าง (เมตร)
61	2 2	รถจักรยานยนต์	2 2	2 1	1	1	0
62	2 1	รถยนต์	2 2	1 3	1	1.88	0.60
63	2 1	รถยนต์	2 1	3 1	0.20	2.60	0.80
64	2 1	รถยนต์	2 1	1 3	0.80	2.60	0.80
65	1 3	รถจักรยานยนต์	1 3	1 1	1	1	0

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนอังรีดูนังต์

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแถวคอย		ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 2	x = 1			
		y	y			
1	2 3	2	0	2 3	2 3	0.41
2	2 3	3	1	2 3	2 3	1
3	2 3	2	2	2 3	2 3	0.27
4	2 3	3	3	2 3	2 3	1
5	2 3	2	0	2 3	2 2	0.18
6	2 3	2	2	2 3	2 2	0.09
7	2 3	2	0	2 3	2 1	0.05
8	2 3	2	2	2 3	2 1	0.36
9	2 3	2	0	2 3	1 3	0.14
10	2 3	2	2	2 3	1 3	0.18
11	2 3	2	0	2 1	2 1	0.05
12	2 3	2	2	2 1	1 3	0.09
13	2 3	2	0	1 3	2 1	0.09
14	2 3	2	0	1 3	1 3	0.09

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนอรัญญิตต์ (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแถวคอย		ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 2	x = 1			
		y	y			
15	2 3	1	2	1 3	1 3	1
16	2 2	2	0	2 3	2 3	0.30
17	2 2	3	0	2 3	2 3	1
18	2 2	2	1	2 3	2 3	1
19	2 2	2	2	2 3	2 3	0.55
20	2 2	2	3	2 3	2 3	0.50
21	2 2	2	0	2 3	2 2	0.10
22	2 2	2	2	2 3	2 2	0.18
23	2 2	2	0	2 3	2 1	0.20
24	2 2	2	2	2 3	2 1	0.09
25	2 2	2	0	2 3	1 3	0.10
26	2 2	1	1	2 1	1 3	1
27	2 2	1	2	2 1	1 3	0.50
28	2 2	1	2	2 1	1 1	0.25
29	2 2	2	0	1 3	2 2	0.10
30	2 2	3	3	1 3	2 2	0.50
31	2 2	1	2	1 3	2 1	0.25
32	2 2	3	3	1 3	2 1	0.50
33	2 2	2	0	1 3	1 3	0.10
34	2 2	2	2	1 3	1 3	0.09
35	2 2	2	3	1 3	1 2	0.50
36	2 2	2	2	1 3	1 1	0.09
37	2 2	2	0	1 1	1 1	0.10
38	2 1	2	0	2 3	2 3	0.50
39	2 1	2	1	2 3	2 3	1

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนอรัญญิต (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอก		ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 2	x = 1			
		y	y			
40	2 1	3	1	2 3	2 1	1
41	2 1	1	2	2 1	2 1	1
42	2 1	2	2	2 1	2 1	0.67
43	2 1	2	2	2 1	1 2	0.33
44	2 1	2	0	1 3	2 1	0.25
45	2 1	2	0	1 3	1 3	0.25
46	1 3	2	1	2 1	2 2	1
47	1 3	2	3	1 3	1 2	1
48	1 3	0	2	1 3	1 1	1
49	1 3	2	2	1 3	1 1	1
50	1 3	1	1	1 1	1 1	1
51	1 2	2	1	2 3	2 3	1
52	1 2	2	2	1 3	2 1	0.50
53	1 2	2	2	1 1	1 2	0.50

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอก			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
1	3 3	2	0	2	3 3	3 3	0.92
2	3 3	2	2	2	3 3	3 3	0.84
3	3 3	2	2	2	3 3	3 2	0.01
4	3 3	2	2	2	3 3	2 2	0.01
5	3 3	2	2	2	3 1	3 3	0.03

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอย			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
6	3 3	2	2	2	3 1	3 1	0.04
7	3 3	2	2	2	3 1	2 3	0.01
8	3 3	2	2	2	2 3	2 3	0.01
9	3 3	2	2	2	2 3	2 2	0.03
10	3 3	2	0	2	1 3	2 1	0.08
11	3 2	2	0	0	3 3	3 3	0.75
12	3 2	2	2	0	3 3	3 3	1
13	3 2	2	0	2	3 3	3 3	0.92
14	3 2	1	2	2	3 3	3 3	1
15	3 2	2	2	2	3 3	3 3	0.70
16	3 2	2	2	2	3 3	3 2	0.02
17	3 2	2	2	2	3 3	2 3	0.02
18	3 2	2	2	2	3 3	2 2	0.02
19	3 2	2	2	2	3 1	3 3	0.02
20	3 2	2	2	2	3 1	3 1	0.07
21	3 2	2	0	2	2 3	3 3	0.08
22	3 2	2	2	2	2 3	3 1	0.02
23	3 2	2	0	0	2 3	2 3	0.25
24	3 2	2	2	2	2 3	2 3	0.13
25	3 2	2	2	2	2 3	1 3	0.02
26	3 1	2	0	0	3 3	3 3	0.50
27	3 1	2	0	2	3 3	3 3	0.17
28	3 1	2	2	2	3 3	3 3	0.54
29	3 1	2	2	2	3 3	3 2	0.03
30	3 1	2	0	0	3 2	3 3	0.25

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอก			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
31	3 1	2	0	2	3 1	3 3	0.17
32	3 1	2	2	2	3 1	3 3	0.03
33	3 1	2	0	0	3 1	3 1	0.25
34	3 1	2	2	2	3 1	3 1	0.03
35	3 1	2	0	2	2 3	3 3	0.33
36	3 1	2	2	2	2 3	3 1	0.03
37	3 1	2	0	2	2 3	2 3	0.33
38	3 1	2	2	2	2 3	2 3	0.22
39	3 1	2	2	2	2 3	2 2	0.03
40	3 1	2	2	2	2 3	2 1	0.03
41	3 1	2	2	2	2 3	1 3	0.05
42	3 1	2	2	2	2 1	1 1	0.03
43	2 3	0	2	2	3 3	3 3	0.60
44	2 3	0	2	2	3 3	3 2	0.04
45	2 3	0	2	2	3 2	3 3	0.04
46	2 3	0	2	2	3 2	3 2	0.04
47	2 3	0	2	2	3 2	3 1	0.04
48	2 3	0	2	2	3 1	3 2	0.04
49	2 3	0	2	2	3 1	3 1	0.12
50	2 3	0	2	2	2 3	2 3	0.04
51	2 3	0	2	2	2 3	2 1	0.04
52	2 2	0	2	0	3 3	3 3	0.50
53	2 2	0	2	2	3 3	3 3	0.71
54	2 2	2	2	2	3 3	3 3	0.60
55	2 2	0	2	2	3 2	3 1	0.14

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขีรถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอก			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
56	2 2	2	2	2	2 3	3 3	0.20
57	2 2	0	2	0	2 3	2 3	0.50
58	2 2	0	2	2	2 3	2 3	0.14
59	2 2	2	2	2	2 3	2 3	0.20
60	2 1	2	0	2	3 3	3 3	1
61	2 1	0	2	2	3 3	3 3	0.24
62	2 1	0	2	2	3 2	3 2	0.06
63	2 1	0	2	2	3 2	3 1	0.06
64	2 1	0	2	2	3 2	2 3	0.12
65	2 1	0	2	2	3 1	3 3	0.12
66	2 1	2	2	2	3 1	3 3	0.67
67	2 1	0	2	0	3 1	3 2	0.33
68	2 1	0	2	2	3 1	3 2	0.06
69	2 1	0	2	0	3 1	3 1	0.33
70	2 1	0	2	2	3 1	3 1	0.24
71	2 1	0	2	0	2 3	3 3	0.33
72	2 1	2	2	2	2 3	3 3	0.33
73	2 1	0	2	2	2 3	3 1	0.06
74	2 1	0	2	2	2 1	3 3	0.06
75	1 3	0	0	2	3 3	3 3	0.50
76	1 3	2	0	2	3 3	3 3	0.20
77	1 3	0	0	2	2 3	3 3	0.50
78	1 3	2	0	2	2 3	3 3	0.20
79	1 3	2	0	2	2 3	2 3	0.60
80	1 3	0	2	2	2 3	2 3	1

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์บนถนนพระราม 4 (ต่อ)

รูปแบบที่	ช่องจราจรเดิม	รูปแบบแฉกคอย			ช่องจราจรใหม่	ช่องจราจรสุดท้าย	ความน่าจะเป็นของ คู่ช่องจราจรใหม่- สุดท้าย
		x = 3	x = 2	x = 3			
		y	y	y			
81	1 2	0	2	2	2 3	2 1	1
82	1 2	2	2	2	1 3	2 3	1
83	1 1	2	0	2	2 3	3 3	1
84	1 1	0	0	2	1 3	3 3	1

- หมายเหตุ : 1. ในตารางที่ ก.3 และ ก.4 นั้น x หมายถึง หมายเลขช่องจราจรหลัก y หมายถึง หมายเลขช่องจราจรย่อย ช่องจราจรใหม่ หมายถึง ตำแหน่งช่องจราจรใหม่ของรถจักรยานยนต์ภายหลังการเคลื่อนที่ครั้งแรกเข้าไปในแฉกคอย ช่องจราจรสุดท้าย หมายถึง ช่องจราจรสุดท้ายของรถจักรยานยนต์เมื่อรถจักรยานยนต์หยุดนิ่งในแฉกคอย และความน่าจะเป็นของคู่ช่องจราจรใหม่-สุดท้าย หมายถึง ความน่าจะเป็นที่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จะเลือกคู่ช่องจราจรใหม่-สุดท้ายจากแต่ละรูปแบบ
2. จากข้อมูลพฤติกรรมที่วิเคราะห์ได้ ไม่พบบางรูปแบบพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ จึงสันนิษฐานว่าพฤติกรรมรูปแบบนั้นเกิดขึ้นน้อยมาก ดังนั้นจึงได้กำหนดให้ความน่าจะเป็นของรูปแบบนั้นเป็น 0
3. ค่าความน่าจะเป็นของรูปแบบพฤติกรรมมีการแจกแจงแบบเอกรูป (Uniform distribution)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอภิษฐ์ เหมาคม เกิดเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 ที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จ การศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศรีบุญยานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี เข้า ศึกษาต่อในระดับปริญญาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จนสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2547



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย