

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



208810



การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบบริหารจัดการจราจรบนที่โหลห้าแยก

(ทางเข้าที่ถนนฉัตรเมือง) จังหวัดขอนแก่น

โดยใช้โปรแกรม PARAMICS

ANALYSIS OF TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM ALTERNATIVES

AT THE FIVE-LEG JUNCTION (THE CITY SPIRITUAL HOUSE)

IN THE KHON KAEN CITY USING PARAMICS

นายวุฒิไกร ไชยบุญตา

วิทยานิพนธ์ที่ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก
(ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง)จังหวัดขอนแก่น
โดยใช้โปรแกรม PARAMICS

นายวุฒิไกร ไชยปัญญา

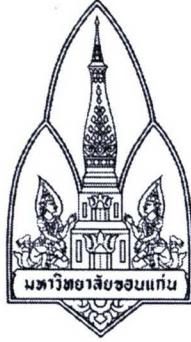
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2553

**ANALYSIS OF TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM ALTERNATIVES
AT THE FIVE-LEG JUNCTION (THE CITY SPIRITUAL HOUSE)
IN THE KHON KAEN CITY USING PARAMICS**

MR. WUTTIKRAI CHAIPANHA

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN CIVIL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

2010



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
หลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ชื่อวิทยานิพนธ์: การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก
(ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายวุฒิไกร ไชยปัญญา

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อ.ดร.รังสรรค์ อุดมศรี	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.พนกฤษณ คลังบุญครอง	กรรมการ
ผศ.ดร.ธเนศ เสถียรนาม	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:


(ผศ.ดร.พนกฤษณ คลังบุญครอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา


(รองศาสตราจารย์ ดร. ลำปาง แมนมาตย์)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย


(รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก ชีระกุลพิศุทธิ์)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

วุฒิไกร ไชยปัญญา 2553. การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก
(ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ผศ. ดร. พนกฤษณ คลังบุญครอง

บทคัดย่อ

208810

ห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองเป็นบริเวณที่กำลังประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดขั้นวิกฤต อีกทั้งผลกระทบจากการเปิดให้บริการของห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่เป็นแหล่งดึงดูดการเดินทาง แห่งใหม่บริเวณสี่แยกประตูเมือง ซึ่งมีเส้นทางเชื่อมต่อกับบริเวณห้าแยกฯ ส่งผลให้บริเวณ ข้างเคียงมีการเติบโตทางเศรษฐกิจ สังคม และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้น พื้นที่ดังกล่าวจึงควรได้รับการวิเคราะห์และเสนอแนะทางเลือกในการแก้ปัญหาการจราจร อย่างเร่งด่วน โดยการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพการจราจร การจัดการจราจร ณ ห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองในปัจจุบัน และประเมินทางเลือกที่ใช้ในการจัดการจราจรในอนาคต โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนึงถึงผลกระทบของรถจักรยานยนต์ รวมทั้งมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวและคัดเลือกตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความถูกต้องของ แบบจำลอง ซึ่งได้แก่ เวลาห่าง (Headway) และเวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction Time) โดยมีค่าที่เหมาะสมเท่ากับ 1.1 วินาที และ 0.6 วินาที ตามลำดับ ซึ่งทำให้การปรับเทียบ (Calibration) และตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) แบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ก่อนนำไปสู่กระบวนการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาด้านการจราจรในอนาคตต่อไป ผล การศึกษาสรุปว่า ปัญหาจราจรในปัจจุบันเกิดจากเป็นผลกระทบที่เชื่อมโยงกับสี่แยกประตูเมือง เนื่องจากรอบสัญญาณไฟไม่สอดคล้องกับปริมาณจราจร และผลของลักษณะทางกายภาพและการ จัดการจราจรที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ค่าระดับการให้บริการค่อนข้างต่ำและมีปัญหาการจราจร ติดขัด การวิเคราะห์สภาพการจราจรในอนาคตเมื่อไม่มีการดำเนินการใด ๆ มีผลทำให้ Mean System Speed ลดลงร้อยละ 24.0 และ 33.5 และทำให้ Mean System Delay เพิ่มขึ้นร้อยละ 47.4 และ 73.9 ในปี พ.ศ.2553 และ 2557 ตามลำดับ ในขณะที่การวิเคราะห์ทางเลือกในการ แก้ไขปัญหาการจราจรทำการวิเคราะห์ในภาพรวมทั้งโครงข่ายโดยใช้ตัวชี้วัดคือค่า Mean System Speed และ Mean System Delay และเฉพาะบริเวณห้าแยกฯ ที่ใช้ตัวชี้วัดคือ ความเร็วเฉลี่ย เวลา ในการเดินทาง ความล่าช้า ความยาวแถวคอย พบว่า ทางเลือกที่ 3 ห้ามจอดตามแนวช่วงถนนที่ เข้าสู่ห้าแยกฯ และปรับปรุงรอบสัญญาณไฟบริเวณห้าแยกฯ และสี่แยกประตูเมือง เป็นทางเลือกที่มี ประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงระยะสั้น 1 ปี และทางเลือกที่ 4 ก่อสร้างทางลอดบริเวณสี่แยกประตูเมือง และขยายช่องจราจรบริเวณห้าแยกฯ เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในระยะกลาง 5 ปี

Wuttikrai Chaipanha. 2010. **Analysis of Traffic Management System Alternatives at the Five-Leg Junction (The City Spiritual House) in the KHON KAEN City Using PARAMICS**. Master of Engineering Thesis in Civil Engineering, Graduate School, Khon Kaen University.

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Pongrid Klungboonkrong

ABSTRACT

208810

Traffic at the five-leg junction around the City Spiritual House is facing a critical situation, partly due to the recent opening of a new shopping mall at the connecting City Gate intersection. This consequently affects the land use of its surrounding area and turns the area into a new destination in town. Therefore, traffic analysis and assessment should urgently be done. The study aims to analyze the current traffic condition and management around the area mentioned, as well as alternatives for future traffic management with PARAMICS. Impacts on motorcycles, sensitivity analysis, and influencing parameters were taken into account. Those parameters are headway and reaction time (The appropriate value are 1.1 and 0.6 seconds respective), which were used for adjustment and model verification purposes prior to the process of listing out solution alternatives in the future. The study concluded that part of the current traffic problem in the area was caused by the connecting traffic around the City Gate intersection, whereas the traffic signal, traffic management and road physical were inappropriate for the traffic volume. Thus, the level of service in the area is rather low with traffic congestion. As for the traffic condition in the future, in 2010 and 2014, since there has been no action taken to solve such problem, the mean system speed will decrease 24.0 and 33.5%, while the mean system speed will increase 47.4 and 73.9%, respectively. The alternative assessment process to resolve traffic problem as a whole network using MOEs are the mean system speed and mean system delay. And the five-leg junction areas, the indicators are used average speed, travel time, delays and queue. The first was in short term or 1 year, which showed that Alternative#3, no parking along the streets leading to the five-leg junction and improvement of traffic signals in both intersection, was the most appropriate and efficient alternative. The second was done in long term or 5 years, where the most appropriate and efficient alternative was Alternative#4 which was to build a tunnel crossing at the City Gate intersection and expand traffic lanes at the five-leg junction.

สิ่งตีงามของวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบให้แด่บุพการี ญาติมิตร คณาจารย์
และผู้มีพระคุณทุกท่าน

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ. ดร.พนกฤษณ คลังบุญครอง อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.รังสรรค์ อุดมศรี ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. ธเนศ เสถียรนาม กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งกรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆอันมีประโยชน์ ทำให้ผู้วิจัยได้มีความรู้ความเข้าใจ ทั้งในเชิงวิชาการ และเทคนิคมากขึ้น รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. พนกฤษณ คลังบุญครอง ที่ได้ความกรุณาช่วยเหลือผู้วิจัย ในหลายๆด้าน ได้ให้โอกาสในการทำงาน การศึกษา การทำวิจัย และเป็นต้นแบบในการทำงานที่ดีให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ทางเลือกของระบบการจัดการจราจร ณ บริเวณห้าแยก (ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง) จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS” ขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา จินดาประเสริฐ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยฯ ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณธีระชัย คมปรัชญา คุณจารุวิศร์ ปราบณศักดิ์ และคุณเสกสรร บุญฉวี ที่ได้ให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจรและความรู้ด้านต่างๆ เป็นอย่างดี โดยเนื้อหาสาระที่สำคัญหลายๆ ส่วนจากคำแนะนำดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาประมวลผล และจัดทำเป็นวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณทีมงานออกสำรวจข้อมูลด้านการจราจร โรงแรมพูลแมน ราชา ออคิต และโรงพยาบาลขอนแก่นราม ที่ได้ให้การอนุเคราะห์สถานที่เพื่อติดตั้งอุปกรณ์ในการสำรวจข้อมูลด้านการจราจร

ท้ายที่สุดผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณยาย หลาน น้อง น้องสะใภ้ แฟนสาว ว่าที่พ่อตาและแม่ยายที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษา คำแนะนำ ความรัก และกำลังใจที่ดีเสมอมา ทำให้การศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วุฒิไกร ไชยปัญญา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
คำอุทิศ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์	7
3. ขอบเขตของการศึกษา	7
4. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
1. เปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจร	9
2. เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค	12
3. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจร	23
4. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจรในต่างประเทศ	25
5. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจรในประเทศไทย	29
6. การเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองระดับจุลภาค	39
7. การศึกษาผลกระทบและพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองระดับจุลภาค	42
8. บทสรุปการทบทวนวรรณกรรมและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	53
1. ความจุ (Capacity)	53
2. ระดับการให้บริการ (Level of Service)	53
3. เครื่องมือในการวิเคราะห์สภาพการจราจร (Traffic Analysis Tools)	57
4. แบบจำลองสภาพการจราจร (Simulation Model)	59
5. หลักการพื้นฐานในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค	62
6. กระบวนการการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค	66

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้จำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาค	69
8. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจร	73
9. เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration Criteria)	82
10. ดัชนีชี้วัดประสิทธิผล (Measure of Effectiveness, MOEs)	87
11. การประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติในกระบวนการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจร	88
12. บทสรุปทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	93
บทที่ 4 วิธีการศึกษา	95
1. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	95
2. ทบทวนวรรณกรรมและการศึกษาที่เกี่ยวข้อง	97
3. กำหนดพื้นที่ศึกษา	97
4. คัดเลือกแบบจำลอง	103
5. สํารวจและเตรียมข้อมูล (Data Collection and Preparation)	106
6. พัฒนาแบบจำลองฐาน (Base Model Development)	124
7. การปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration)	161
8. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation)	212
9. การประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ทางเลือก	217
10. การวิเคราะห์ทางเลือก (Alternative Evaluation)	245
11. บทสรุปวิธีการศึกษา	246
บทที่ 5 ผลการศึกษา	249
1. การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรในปัจจุบัน	249
2. การวิเคราะห์สภาพการจราจรและการจัดการจราจรในอนาคต	254
3. การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการจราจรในอนาคต (ช่วงระยะสั้น)	258
4. การวิเคราะห์ทางเลือกในการจัดการจราจรในอนาคต (ช่วงระยะกลาง)	266
5. บทสรุปผลการศึกษา	275
บทที่ 6 ผลการศึกษา	277
1. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	277
2. สรุปผลการศึกษา	281
3. ข้อเสนอแนะ	284
บรรณานุกรม	287

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	297
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มการสำรวจข้อมูลด้านการจราจร	299
ภาคผนวก ข ผลการสำรวจข้อมูลด้านการจราจร	307
ภาคผนวก ค ปริมาณการเดินทางจากโซนต้นทางถึงโซนปลายทาง ที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว	321
ภาคผนวก ง ASCII Text File สำหรับใช้พัฒนาแบบจำลองในโปรแกรม PARMICS	339
ภาคผนวก จ ผลการเปรียบเทียบปริมาณจราจรและตัวชี้วัดประสิทธิภาพ การจราจร สำหรับการคัดเลือกแบบจำลองฐานที่เหมาะสม	367
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์รอบสัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม SIDRA V.4	377
การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์	383
ประวัติผู้เขียน	395

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ความเหมาะสมและประสิทธิภาพการจำลองสภาพการจราจรของแต่ละระดับ	10
ตารางที่ 2	เปรียบเทียบความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง	13
ตารางที่ 3	เปรียบเทียบความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์	14
ตารางที่ 4	การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรบนทางด่วน	15
ตารางที่ 5	การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรในเขตเมือง	16
ตารางที่ 6	เปรียบเทียบความสามารถของแต่ละโปรแกรม	18
ตารางที่ 7	ข้อดีและข้อด้อยของแต่ละโปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน	20
ตารางที่ 8	เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรม PARAMICS Version 4.0 และ AIMSUN Version 4.1	21
ตารางที่ 9	การทบทวนผลการศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจร	24
ตารางที่ 10	แนวคิดในการปรับปรุงห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	30
ตารางที่ 11	เปรียบเทียบเวลาการเดินทางและความล่าช้า	35
ตารางที่ 12	แนวทางในการจัดการผลกระทบของรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองสภาพการจราจร	42
ตารางที่ 13	การเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลแบบจำลองกับผลจากการสำรวจภาคสนามเมื่อมีการกำหนดช่องจราจรเสมือน	46
ตารางที่ 14	ค่าเฉลี่ย PCU ของรถจักรยานยนต์ต่อความกว้างของช่องจราจร	50
ตารางที่ 15	ความจุในการให้บริการของช่วงถนนในเขตเมือง	53
ตารางที่ 16	ลำดับชั้นของถนนในเมือง	55
ตารางที่ 17	เกณฑ์ระดับการให้บริการของช่วงถนนในเมืองแบ่งตามลำดับชั้นของถนน	55
ตารางที่ 18	เกณฑ์ระดับการให้บริการของถนนในเมือง	56
ตารางที่ 19	เกณฑ์ระดับการให้บริการของทางแยกที่ควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร	56
ตารางที่ 20	เกณฑ์ระดับการให้บริการของทางแยกที่ไม่มีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟ	57
ตารางที่ 21	เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองระดับจุลภาค	66
ตารางที่ 22	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองที่แนะนำโดย Design manual for roads and bridges (DMRB)	83

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 23	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองที่แนะนำโดย Wisconsin DOT	83
ตารางที่ 24	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองที่แนะนำโดย Caltrans	84
ตารางที่ 25	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองที่ปรับปรุงโดย California PATH	85
ตารางที่ 26	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลองที่สรุปโดย Austroads	86
ตารางที่ 27	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจร	105
ตารางที่ 28	รายละเอียดการสำรวจและเตรียมข้อมูล	107
ตารางที่ 29	ช่วงเวลาที่มึปริมาณจราจรสูงสุด	111
ตารางที่ 30	ตัวอย่างตารางการเดินทางจากโชนตันทางถึงโชนปลายทาง ในช่วงเวลา 07.00-07.15 น. ที่ได้ทำการปรับแก้แล้ว	116
ตารางที่ 31	ประเภทและลักษณะเฉพาะของยวดยาน	139
ตารางที่ 32	หน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล	140
ตารางที่ 33	ตารางปริมาณการเดินทาง (Matrix)	142
ตารางที่ 34	ไฟล์ปริมาณการเดินทาง (Demands file)	142
ตารางที่ 35	ช่วงเวลาในการจำลองสภาพการจราจร (Period)	143
ตารางที่ 36	ข้อมูลรถสองแถวที่มีเส้นทางผ่านพื้นที่ศึกษา	144
ตารางที่ 37	ตารางการเดินทางรถไฟผ่านจังหวัดขอนแก่น	145
ตารางที่ 38	เปรียบเทียบปริมาณจราจรจากการประมวลผลแบบจำลอง โดยการปรับเปลี่ยนค่า Seed values	153
ตารางที่ 39	ตัวอย่างการเปรียบเทียบการใช้ค่า GEH และค่าร้อยละความแตกต่าง ในการปรับเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการสำรวจ	162
ตารางที่ 40	เกณฑ์ในการปรับเทียบแบบจำลอง	163
ตารางที่ 41	วิธีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อลดผลกระทบของรถจักรยานยนต์	167
ตารางที่ 42	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณจราจรบนช่วงถนน	173
ตารางที่ 43	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณจราจรบริเวณทางแยก	174
ตารางที่ 44	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย	175
ตารางที่ 45	ผลการวิเคราะห์เวลาในการเดินทาง	177
ตารางที่ 46	ผลการวิเคราะห์ความยาวแถวคอย	178
ตารางที่ 47	สรุปการจัดลำดับแบบจำลองฐานที่ทำการทดสอบ	185
ตารางที่ 48	ค่าเริ่มต้นและช่วงค่าของตัวแปรที่มีความอ่อนไหวสูง ในโปรแกรม PARAMICS	187

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 49	เปรียบเทียบการเลือกตัวแปรเพื่อการปรับเทียบแบบจำลอง	188
ตารางที่ 50	ช่วงค่าตัวแปรที่ปรับเปลี่ยนค่าในการทดสอบความอ่อนไหวในการปรับเทียบแบบจำลอง	190
ตารางที่ 51	วิเคราะห์ความอ่อนไหวของแต่ละตัวแปรสำคัญในการปรับเทียบแบบจำลอง เปรียบเทียบกับการประมวลผลด้วยค่าเริ่มต้นของโปรแกรม PARAMICS	191
ตารางที่ 52	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแต่ละตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลอง	192
ตารางที่ 53	ผลการทบทวนค่าเวลาห่างและเวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสม	198
ตารางที่ 54	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าเวลาห่าง (Headway) และค่าการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) จากค่า GEH ของปริมาณจราจรบนช่วงถนน	199
ตารางที่ 55	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าเวลาห่าง (Headway) และค่าการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) จากค่า GEH ของปริมาณจราจรที่ทางแยก	200
ตารางที่ 56	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของความเร็วเฉลี่ย	200
ตารางที่ 57	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของเวลาในการเดินทางเฉลี่ย	201
ตารางที่ 58	ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของความยาวแถวคอยสูงสุด	201
ตารางที่ 59	ช่วงค่า Headway และ Reaction Time ที่ผ่านทุกตัวชี้วัด	204
ตารางที่ 60	ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรบนช่วงถนน	206
ตารางที่ 61	ผลการปรับเทียบปริมาณจราจรที่ทางแยก	207
ตารางที่ 62	ผลการปรับเทียบปริมาณความเร็วเฉลี่ย	208
ตารางที่ 63	ผลการปรับเทียบเวลาในการเดินทาง	209
ตารางที่ 64	ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอย	211
ตารางที่ 65	ผลการตรวจสอบความถูกต้องปริมาณจราจรบนช่วงถนน	213
ตารางที่ 66	ผลการตรวจสอบความถูกต้องปริมาณจราจรที่ทางแยก	214
ตารางที่ 67	ผลการตรวจสอบความถูกต้องปริมาณความเร็วเฉลี่ย	215
ตารางที่ 68	ผลการตรวจสอบความถูกต้องเวลาในการเดินทาง	216

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 69	ผลตรวจสอบความถูกต้องความยาวแถวคอย	216
ตารางที่ 70	ประมาณค่า Growth Factor	220
ตารางที่ 71	สัดส่วนประเภทการเดินทางเข้าออกห้างฯ	222
ตารางที่ 72	สัดส่วนปริมาณการเดินทางเข้าออกห้างฯ ในแต่ละประตู	222
ตารางที่ 73	ทางเลือกในการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรและขนส่ง	228
ตารางที่ 74	ผลการสำรวจเวลาในการเดินทาง	253
ตารางที่ 75	ผลการสำรวจความยาวแถวคอย	254
ตารางที่ 76	เปรียบเทียบเวลาในการเดินทางปี พ.ศ.2552, 2553 และ 2557 (กรณีไม่มีโครงการ)	257
ตารางที่ 77	เปรียบเทียบความยาวแถวคอย ปี พ.ศ.2552, 2553 และ 2557 (กรณีไม่มีโครงการ)	258
ตารางที่ 78	เปรียบเทียบความล่าช้า ปี พ.ศ.2552, 2553 และ 2557 (กรณีไม่มีโครงการ)	258
ตารางที่ 79	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิผลของทั้งโครงข่าย กรณีทางเลือก ในการจัดการจราจร ในระยะสั้น	260
ตารางที่ 80	เปรียบเทียบเวลาในการเดินทางของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกระยะสั้น	263
ตารางที่ 81	เปรียบเทียบความยาวแถวคอยของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกในระยะสั้น	263
ตารางที่ 82	เปรียบเทียบความล่าช้าของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกในระยะสั้น	264
ตารางที่ 83	ผลการจัดลำดับทางเลือกในการจัดการจราจร ในระยะสั้น	266
ตารางที่ 84	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิผลของทั้งโครงข่าย กรณีที่มีทางเลือก ในระยะกลาง (พ.ศ. 2557)	258
ตารางที่ 85	เปรียบเทียบเวลาในการเดินทางของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกระยะกลาง	271
ตารางที่ 86	เปรียบเทียบความยาวแถวคอยของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกระยะกลาง	271
ตารางที่ 87	เปรียบเทียบความล่าช้าของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกระยะกลาง	272
ตารางที่ 88	ผลการจัดลำดับทางเลือกในการจัดการจราจร ในระยะกลาง	274

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเมืองขอนแก่น	2
ภาพที่ 2	สภาพปัญหาการจราจรติดขัดในเขตศูนย์กลางธุรกิจการค้า ของเมืองขอนแก่น	3
ภาพที่ 3	ระดับการให้บริการของทางแยกในเขตศูนย์กลางธุรกิจการค้า ของเมืองขอนแก่น	4
ภาพที่ 4	การจัดการจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองในปัจจุบัน	4
ภาพที่ 5	ห้างเซ็นทรัลพลาซ่า ขอนแก่น	5
ภาพที่ 6	โครงข่ายเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนเมืองขอนแก่น	6
ภาพที่ 7	พื้นที่ศึกษา	7
ภาพที่ 8	โปรแกรมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรในแต่ละระดับ	12
ภาพที่ 9	การจำลองสภาพการจราจรบริเวณที่ไม่เป็นปกติ (วงเวียน Collingwood)	28
ภาพที่ 10	การวิเคราะห์จำนวนจุดขัดแย้ง เวลาการเดินทาง และความล่าช้า	30
ภาพที่ 11	ลักษณะของแบบจำลองการจัดช่องทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS	33
ภาพที่ 12	การจำลองสภาพการจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยการใช้โปรแกรม PARAMICS	35
ภาพที่ 13	การจำลองคนเดินเท้าและรถจักรยานยนต์	37
ภาพที่ 14	แบบจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง โดยการใช้โปรแกรม PARAMICS	38
ภาพที่ 15	การตัดผลของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในช่วงที่ยังไม่มีความเสถียร	38
ภาพที่ 16	พฤติกรรมรถขับขึ้นของรถจักรยานยนต์	44
ภาพที่ 17	พฤติกรรมรถขับขึ้นของรถจักรยานยนต์	45
ภาพที่ 18	แนวทางการกำหนดช่องจราจรเสมือนสำหรับรถจักรยานยนต์	46
ภาพที่ 19	กรณีวิเคราะห์สำหรับการตรวจสอบผลกระทบของจักรยานยนต์ บริเวณทางแยก	46
ภาพที่ 20	รูปแบบของช่วงเวลาห่างบริเวณช่วงถนนในการศึกษา	48
ภาพที่ 21	แนวคิดระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร	60
ภาพที่ 22	กระบวนการในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 23	การจำลองสภาพการจราจร โดยใช้โปรแกรม PARAMICS	73
ภาพที่ 24	การแสดงผลข้อมูลของยวดยานที่กำลังติดตาม	74
ภาพที่ 25	Paramics Modeller	74
ภาพที่ 26	Paramics Analyser	75
ภาพที่ 27	Paramics Processor	76
ภาพที่ 28	Paramics Estimator	76
ภาพที่ 29	Paramics Designer	77
ภาพที่ 30	Paramics Converter	78
ภาพที่ 31	การสร้างโครงข่ายถนน	79
ภาพที่ 32	การสร้างตารางการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง	80
ภาพที่ 33	กระบวนการหาค่าจำนวนครั้งในการประมวลผลของโปรแกรม	89
ภาพที่ 34	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	96
ภาพที่ 35	ลักษณะโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา	99
ภาพที่ 36	หน้าตัดที่ 1 มุมมองจากถนนศรีจันทร์ (มุ่งตะวันตก)	99
ภาพที่ 37	หน้าตัดที่ 2 มุมมองจากถนนมิตรภาพ (มุ่งเหนือ)	100
ภาพที่ 38	หน้าตัดที่ 3 มุมมองจากถนนมิตรภาพ (มุ่งใต้)	100
ภาพที่ 39	หน้าตัดที่ 4 มุมมองจากถนนศรีจันทร์ (ด้านหน้าประตูเมือง)	101
ภาพที่ 40	หน้าตัดที่ 5 มุมมองจากถนนเทพารักษ์ (มุ่งใต้)	101
ภาพที่ 41	หน้าตัดที่ 6 มุมมองจากถนนศรีจันทร์ (มุ่งตะวันออก)	102
ภาพที่ 42	หน้าตัดที่ 7 มุมมองจากถนนประชาสำราญ (มุ่งเหนือ)	102
ภาพที่ 43	หน้าตัดที่ 8 มุมมองจากถนนตรุณสำราญ (มุ่งเหนือ)	103
ภาพที่ 44	แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	108
ภาพที่ 45	แบบก่อสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว	108
ภาพที่ 46	ตำแหน่งที่ทำการสำรวจการควบคุมการจราจรที่ทางแยก ด้วยสัญญาณไฟจราจร	109
ภาพที่ 47	ผลการสำรวจจังหวะและรอบสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยกประตูเมือง	110
ภาพที่ 48	ผลการสำรวจจังหวะและรอบสัญญาณไฟจราจรบริเวณห้าแยก ศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	110
ภาพที่ 49	ตำแหน่งที่ทำการสำรวจปริมาณจราจรในปี พ.ศ. 2551	111
ภาพที่ 50	ตำแหน่งเก็บข้อมูลด้วยกล้อง VDO	112

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 51	การสำรวจเก็บข้อมูลด้วยกล้อง VDO	112
ภาพที่ 52	ตำแหน่งที่กำหนดให้เป็นโซนต้นทางและโซนปลายทาง	113
ภาพที่ 53	ตำแหน่งที่ทำการคำนวณปริมาณจราจร	118
ภาพที่ 54	ตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจรบนช่วงถนน	118
ภาพที่ 55	ตัวอย่างผลการรวบรวมข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางแยก	119
ภาพที่ 56	การสำรวจความล่าช้าและความยาวแถวคอย	119
ภาพที่ 57	ตำแหน่งที่ทำการสำรวจความล่าช้าและความยาวแถวคอย	121
ภาพที่ 58	การสำรวจเวลาในการเดินทาง	122
ภาพที่ 59	คูโชนที่ทำการสำรวจเวลาในการเดินทาง	122
ภาพที่ 60	ตำแหน่งที่ทำการสำรวจความเร็วเฉลี่ย	123
ภาพที่ 61	กระบวนการพัฒนาแบบจำลอง	125
ภาพที่ 62	การตั้งค่าคุณสมบัติทั่วไปของโปรแกรม PARAMICS	126
ภาพที่ 63	การกำหนดลักษณะและประเภทของ Link	126
ภาพที่ 64	การนำเข้าภาพพื้นหลัง (Overlay)	127
ภาพที่ 65	การสร้างจุดอ้างอิง (Node)	128
ภาพที่ 66	การสร้างช่วงเส้นทาง (Links)	128
ภาพที่ 67	การกำหนดลำดับความสำคัญการเลี้ยวบริเวณทางแยก	129
ภาพที่ 68	การสร้างสัญญาณไฟจราจรบนทางแยกแบบรอบสัญญาณไฟคงที่	130
ภาพที่ 69	การสร้างสัญญาณไฟจราจรบริเวณจุดตัดรถไฟ (Actuated Time Signal)	131
ภาพที่ 70	การสร้างโซน (Zone)	132
ภาพที่ 71	การปิดช่องจราจร	133
ภาพที่ 72	ช่องจราจรสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ	133
ภาพที่ 73	การบังคับขวยดยาน (ช่องจราจรสำหรับรถจักรยานยนต์เท่านั้น)	134
ภาพที่ 74	การเลือกช่องจราจร	135
ภาพที่ 75	กำหนดเส้นทางและปริมาณการเดินทางของระบบขนส่งสาธารณะ	135
ภาพที่ 76	กำหนดจุดจอดรับส่งผู้โดยสาร	136
ภาพที่ 77	การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจนับปริมาณจราจร	136
ภาพที่ 78	การปรับขอบคันทาง (Kerb)	137

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 79	การปรับเส้นหยุด (Stop line)	137
ภาพที่ 80	การปรับขนาดของยวดยาน	138
ภาพที่ 81	การแจกแจงการเดินทาง	140
ภาพที่ 82	การสร้างปริมาณการเดินทาง	141
ภาพที่ 83	การกำหนดช่วงเวลา	142
ภาพที่ 84	เส้นทางรถสองแถวที่ผ่านพื้นที่ศึกษา	144
ภาพที่ 85	รถสองแถวที่ให้บริการในพื้นที่ศึกษา	144
ภาพที่ 86	การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจาก Overlays	145
ภาพที่ 87	การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากภาพ 3D	146
ภาพที่ 88	การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนด้วยการใช้สี	146
ภาพที่ 89	การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากพฤติกรรมรถเคลื่อนที่ ของยวดยานในกระแสรถจร	147
ภาพที่ 90	การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนจากพฤติกรรมรถเคลื่อนที่ ของยวดยานแต่ละคัน	147
ภาพที่ 91	การตรวจสอบการเลือกใช้เส้นทางระหว่างคูโซน	148
ภาพที่ 92	การตรวจสอบจุดที่มีการจราจรติดขัด	148
ภาพที่ 93	การตรวจสอบต้นทางและปลายทางระหว่างคูโซน	149
ภาพที่ 94	การตรวจสอบเส้นทางการให้บริการของระบบขนส่งสาธารณะ	149
ภาพที่ 95	การตั้งค่าใน Simulation Run Configuration	152
ภาพที่ 96	การกำหนดจำนวนครั้งในการประมวลผล และ Seed Value	154
ภาพที่ 97	Warm-up period	155
ภาพที่ 98	การประมวลผลแบบจำลอง	156
ภาพที่ 99	การตั้งค่าใน Measurements	157
ภาพที่ 100	การแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวแบบปกติ	158
ภาพที่ 101	การแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบภาพเคลื่อนไหวแบบ 3D PMX model	158
ภาพที่ 102	ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบภาพกราฟฟิก (ความยาวแถวคอย)	159
ภาพที่ 103	ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบภาพกราฟฟิก (ปริมาณทางเดินทาง)	159
ภาพที่ 104	การกำหนดรูปแบบของรายงาน	160

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 105	การกำหนดการแสดงผลข้อมูลในรายงาน	160
ภาพที่ 106	การแสดงผลข้อมูลในรูปแบบ file.csv	161
ภาพที่ 107	สภาพปัญหาความยาวแถวคอยที่สูงเกินกว่าจะทำการสำรวจนับได้	165
ภาพที่ 108	พฤติกรรมการขับชื้อของรถจักรยานยนต์	166
ภาพที่ 109	การประยุกต์และพัฒนาแบบจำลองรถจักรยานยนต์ในโปรแกรม PARAMICS	167
ภาพที่ 110	แบบจำลองขบวนรถทุกประเภท	168
ภาพที่ 111	แบบจำลองเฉพาะขบวนรถขนาดใหญ่ (ไม่นับรวมรถจักรยานยนต์)	169
ภาพที่ 112	แบบจำลองในหน่วยเทียบแท่นรถยนต์ส่วนบุคคล	169
ภาพที่ 113	แนวคิดในการจำลองช่องจราจรเสมือนในโปรแกรม PARAMICS	170
ภาพที่ 114	การกำหนดช่องจราจรเสมือนสำหรับรถจักรยานยนต์	171
ภาพที่ 115	แบบจำลองช่องจราจรเสมือนสำหรับรถจักรยานยนต์ (Virtual lane Model)	172
ภาพที่ 116	เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยในแต่ละช่วงถนน	175
ภาพที่ 117	เปรียบเทียบเวลาในการเดินทาง	177
ภาพที่ 118	เปรียบเทียบความยาวแถวคอย	179
ภาพที่ 119	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 1	180
ภาพที่ 120	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 2	181
ภาพที่ 121	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 3.1	182
ภาพที่ 122	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 3.2	182
ภาพที่ 123	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 3.3	183
ภาพที่ 124	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 3.4	184
ภาพที่ 125	การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวกรณีที่ 4	184
ภาพที่ 126	แนวคิดในการเลือกช่วงค่า Headway และ Reaction Time ที่เหมาะสม	203
ภาพที่ 127	ตำแหน่งสำรวจที่ทำการเปรียบเทียบปริมาณจราจร	205
ภาพที่ 128	ตำแหน่งสำรวจที่ทำการเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย	208
ภาพที่ 129	ตำแหน่งสำรวจที่ทำการเปรียบเทียบเวลาในการเดินทาง	209
ภาพที่ 130	ตำแหน่งสำรวจที่ทำการเปรียบเทียบความยาวแถวคอย	211
ภาพที่ 131	การเปรียบเทียบแบบจำลองจากภาพเคลื่อนไหวจากหน้าจอของโปรแกรม	212

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า	
ภาพที่ 132	การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองจากภาพเคลื่อนไหว จากหน้าจอของโปรแกรม	217
ภาพที่ 133	แนวคิดในการประยุกต์ใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ทางเลือก	218
ภาพที่ 134	แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการเดินทางในช่วงที่ทำการศึกษา	220
ภาพที่ 135	สมมติฐานเส้นทางในการเดินทางเข้าและออกห้างฯ	222
ภาพที่ 136	การกระจายการเดินทางเข้าสู่ห้างเซ็นทรัลฯ	223
ภาพที่ 137	การสร้างห้างเซ็นทรัล พลาซ่า ในแบบจำลองกรณีฐาน	224
ภาพที่ 138	การอนุญาตให้จอดรถริมถนนบนช่วงถนนที่เข้าสู่ห้าแยกฯ	225
ภาพที่ 139	ความไม่สม่ำเสมอของช่องจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง	226
ภาพที่ 140	คอขวดบริเวณจุดตัดทางรถไฟ	227
ภาพที่ 141	ทางเลือกในการบังคับห้ามจอดบนช่วงถนนที่เข้าสู่ห้าแยกฯ	229
ภาพที่ 142	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้โปรแกรม SIDRA ในการปรับปรุง รอบสัญญาณไฟจราจร (สี่แยกประตูเมือง)	230
ภาพที่ 143	ตัวอย่างผลการปรับปรุงจังหวะและรอบสัญญาณไฟจราจรโดยใช้ โปรแกรม SIDRA (บริเวณสี่แยกประตูเมือง ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น)	231
ภาพที่ 144	แนวทางในการขยายช่องจราจรบริเวณห้าแยกฯ	232
ภาพที่ 145	การจำลองทางเลือกขยายช่องจราจรบริเวณห้าแยกฯ	233
ภาพที่ 146	ตัวอย่างการก่อสร้างทางลอด (บริเวณสี่แยกสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น)	233
ภาพที่ 147	ตัวอย่างแนวทางในการก่อสร้างทางลอด (บริเวณสี่แยกสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น)	234
ภาพที่ 148	แนวทางเบื้องต้นในการก่อสร้างทางลอดบริเวณสี่แยกประตูเมือง	234
ภาพที่ 149	การจำลองทางเลือกก่อสร้างทางลอดบริเวณสี่แยกประตูเมือง	235
ภาพที่ 150	โครงข่ายเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนเมืองขอนแก่น	236
ภาพที่ 151	ภาพจำลองการจัดช่องจราจรสำหรับ BRT 2 ช่องจราจร	237
ภาพที่ 152	แนวทางในการจัดช่องจราจรสำหรับรถ BRT บนถนนมิตรภาพ (สายสีแดง)	237
ภาพที่ 153	แนวทางในการจัดช่องจราจรสำหรับรถ BRT บนถนนศรีจันทร์ (สายสีเหลือง)	238
ภาพที่ 154	การสร้างช่องจราจรสำหรับ BRT ในโปรแกรม PARMICS (เส้นทางรถ BRT ตามแนวถนนมิตรภาพ)	238

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 155	หลักการในการให้สิทธิพิเศษสำหรับรถ BRT	240
ภาพที่ 156	การจัดจ้งหะสัญญาณไฟสำหรับ BRT ล่วงหน้า	240
ภาพที่ 157	Plan file กำหนดการจัดจ้งหะสัญญาณไฟสำหรับรถ BRT ล่วงหน้า (บริเวณสี่แยกประตูเมือง)	242
ภาพที่ 158	Plan file กำหนดการใช้สัญญาณไฟที่ให้สิทธิพิเศษสำหรับรถ BRT (บริเวณห้าแยกฯ)	243
ภาพที่ 159	สัดส่วนยานพาหนะบริเวณพื้นที่ศึกษา (โดยรวมและเฉพาะพื้นที่ห้าแยกฯ)	249
ภาพที่ 160	Traffic Desire Lines	250
ภาพที่ 161	ปริมาณจราจรต่อความจุ	251
ภาพที่ 162	ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง	252
ภาพที่ 163	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดประสิทธิผลของทั้งโครงข่าย ปี พ.ศ.2552, 2553 และ 2557 ในกรณีไม่มีโครงการ	255
ภาพที่ 164	เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง ปี พ.ศ.2553 และ 2557 (กรณีไม่มีโครงการ)	257
ภาพที่ 165	เปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ยเฉพาะห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีระยะสั้น	262
ภาพที่ 166	เปรียบเทียบความเร็วในการเดินทางของห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง กรณีทางเลือกระยะกลาง	270