

การพัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขต เมือง: กรณีศึกษาหนองคาย*

พณกฤษณ์ คลังบุญครอง¹⁾ และ อาทิตย์ ทิพย์พิชัย²⁾

¹⁾อาจารย์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾วิศวกรวิจัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Email: pongrid@kku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้อธิบายถึงกระบวนการและวิธีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในการวางแผนการขนส่งในเขตเมือง ซึ่งการพัฒนาแบบจำลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งสำหรับเมืองภูมิภาค: จังหวัดหนองคาย ในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการจัดการระบบจราจรทางบก (สจร.) สำนักนายกรัฐมนตรี ซึ่งปัจจุบันเปลี่ยนเป็นสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม แบบจำลองดังกล่าวได้ถูกพัฒนาโดยประยุกต์ใช้การวางแผนการขนส่งในเขตเมือง 4 ขั้นตอนและใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ชื่อว่า TRIPS เพื่อทำนายปริมาณความต้องการในการเดินทางในอนาคต การศึกษานี้ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้านการจราจร ด้านเศรษฐกิจสังคม และข้อมูลประชากรในพื้นที่ศึกษาทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ ได้แก่ ข้อมูลโครงข่ายถนน ข้อมูลการเดินทาง ปริมาณจราจร การใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวนประชากร จำนวนนักเรียน จำนวนการจ้างงาน เป็นต้น ผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นหลังการปรับเทียบ (Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) สามารถทำนายปริมาณความต้องการในการเดินทางได้อย่างดี นอกจากนี้ โปรแกรม TRIPS ยังสามารถใช้ในการประเมินแผนโครงการด้านการจราจรและขนส่งที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาด้านการจราจรและขนส่งในอนาคตได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : การวางแผนการขนส่งในเขตเมือง; การพัฒนาแบบจำลองการขนส่ง; แบบจำลองการขนส่ง 4 ขั้นตอน; TRIPS

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2548 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 13 กันยายน 2548

The Development of Urban Transportation Planning Model: the Nong Khai Case Study*

Pongrid Klungboonkrong¹⁾ and Atit Tippichai²⁾

¹⁾Lecturer, the Sustainable Infrastructure Research and Development Center (SIRDC), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

²⁾Research Engineer, the Sustainable Infrastructure Research and Development Center (SIRDC), Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Email: pongrid@kku.ac.th

Abstract

This paper describes the process of technique and methodology for the development of a traffic and transport model for urban transportation planning. The model was developed as part of the Study on Traffic and Transport Master Plan for Regional Cities: the Nong Khai city, supported by Office of the Commission for the Management of Land Traffic (OCMLT) in 2001. The model was developed by using TRIPS program and applying the Traditional 4-Step Transportation Planning model for forecasting travel demand in horizon years. Both primary and secondary data such as traffic flow data, physical data of road network, O-D matrix, number of population, students, employees and employment in each zone, and so on were collected in this study. The results showed that after the appropriate calibration and validation, TRIPS was capable of systematically and effectively predicting travel demand as well as evaluating traffic and transport plans or projects proposed to resolve and improve the traffic and transport problems in the study area.

Keywords : *Urban Transportation Planning ; Transportation Model Development; The 4 Step Model; TRIPS*

* Original manuscript submitted: June 26, 2005 and Final manuscript received: September 13, 2005

บทนำ

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของแผนงาน/โครงการด้านการจราจรและขนส่งที่จะดำเนินการในอนาคตจำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการทำนายสภาพการจราจรและขนส่งในโครงข่ายถนนในอนาคต การพัฒนาแบบจำลองดังกล่าวจะต้องถูกปรับเทียบให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรที่เป็นอยู่ในปัจจุบันและได้รับการตรวจสอบให้ถูกต้อง หลังจากนั้นจึงสามารถนำแบบจำลองดังกล่าวไปใช้ในการทำนายสภาพการจราจรในโครงข่ายถนนในอนาคตและวิเคราะห์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อไปได้

การพัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมืองของเมืองหนองคายนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการศึกษาจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค จังหวัดหนองคาย ซึ่งได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (สจร.) สำนักงานนายกรัฐมนตรี ซึ่งปัจจุบันเปลี่ยนเป็นสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) กระทรวงคมนาคม โดยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นผู้ดำเนินการศึกษา

บทความนี้ได้อธิบายถึงพื้นที่ศึกษา การเก็บรวบรวมข้อมูล กระบวนการและวิธีการพัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมืองเพื่อใช้ในการทำนายและการวิเคราะห์สภาพปัญหาด้านการจราจรและขนส่งในเขตเมือง การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง การประยุกต์ใช้แบบจำลองและสรุปผลการวิจัย โดยใช้พื้นที่เขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคายเป็นกรณีศึกษา

พื้นที่ศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล

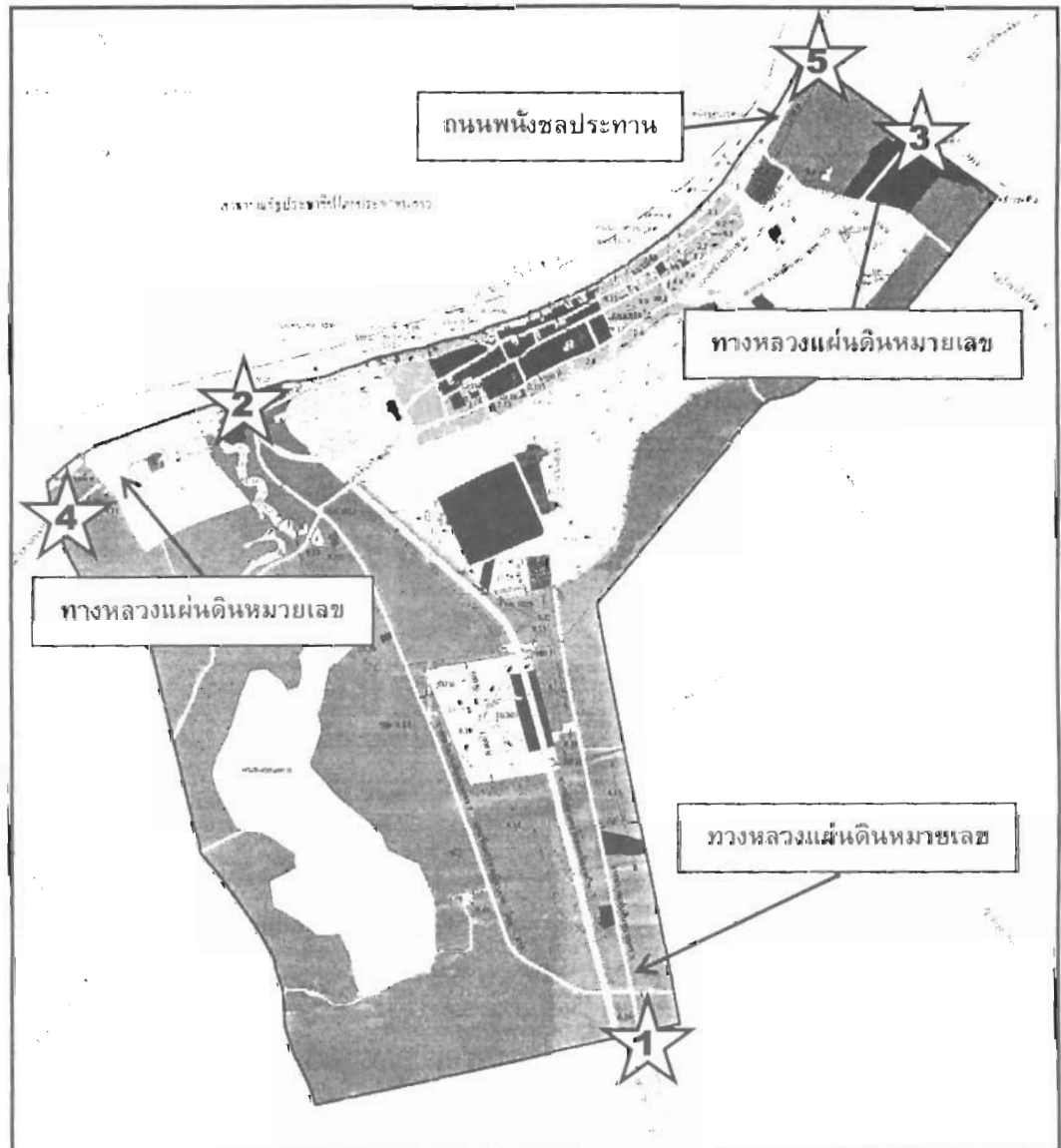
พื้นที่ศึกษา

จังหวัดหนองคายตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) ประมาณ 616 กิโลเมตร จังหวัดหนองคายเป็นจังหวัดชายแดนที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นที่ตั้งของสะพานข้ามแม่น้ำโขง แห่งที่ 1 (สะพานมิตรภาพไทย-ลาว) มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ตรงข้ามกับนครเวียงจันทน์ เมืองหลวงของ สปป.ลาว และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดอุดรธานี สกลนคร นครพนม และเลย พื้นที่ศึกษาของการศึกษาจะครอบคลุมพื้นที่เขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคายที่มีพื้นที่ประมาณ 60 ตารางกิโลเมตร โดยเป็นพื้นที่ในเขตเทศบาลประมาณ 35 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 โครงข่ายถนนที่เชื่อมพื้นที่ภายนอกและภายในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 211 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 212 และถนนพหุช่องสี่แยก (ไปบ้านหาดคำ)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมืองของเมืองหนองคาย ได้แก่ ข้อมูลด้านการจราจร ประชากร เศรษฐกิจสังคม และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลด้านการจราจรจะประกอบด้วย ข้อมูลโครงข่ายถนน ข้อมูลการเดินทาง (จุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทางของการเดินทาง ช่วงเวลาของการเดินทาง ประเภทของยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง วัตถุประสงค์ของการเดินทาง) ข้อมูลปริมาณจราจร เป็นต้น สำหรับข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคมจะประกอบด้วย อาชีพ รายได้ การครอบครองยานพาหนะต่อครัวเรือน เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลพฤติกรรมที่สำคัญและจำเป็นต้องใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนประชากรคนทำงาน จำนวนประชากรนักเรียน จำนวนที่นั่งนักเรียน จำนวนข้าราชการ ลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา เป็นต้น



รูปที่ 1 โครงข่ายถนนและจุดสำรวจปริมาณจราจรเข้า-ออกพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางของผู้เดินทางในพื้นที่ศึกษาและการเดินทางเข้า-ออกพื้นที่ศึกษาได้มาจากการสัมภาษณ์ใน 2 ลักษณะ คือ การสัมภาษณ์ ณ ครัวเรือน (Household Interview) และการสัมภาษณ์ ณ ริมถนน (Roadside Interview)

การสัมภาษณ์ ณ ครัวเรือนเพื่อให้ได้ข้อมูลการเดินทางในพื้นที่ศึกษา ได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อย (Zone) จำนวน 43 พื้นที่ โดยมี 38 พื้นที่ย่อยตั้งอยู่ภายในเขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคาย ส่วนที่เหลืออีก 5 พื้นที่ย่อยอยู่นอกเขตผังเมืองรวม (ดังแสดงในรูปที่ 2) และสุ่มตัวอย่างครัวเรือนเพื่อเข้าสัมภาษณ์ข้อมูลทางด้านประชากร เศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเดินทางของสมาชิกแต่ละคนในครัวเรือน การสัมภาษณ์ครัวเรือนรวมทั้งสิ้น 1,817 ครัวเรือน จากจำนวนครัวเรือนทั้งหมด 16,007 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 11.4

การสัมภาษณ์ข้อมูลการเดินทาง ณ ริมถนน (Roadside Interviews) เพื่อให้ได้ข้อมูลการเดินทางเข้า-ออกพื้นที่ศึกษา ได้กำหนดจุดสัมภาษณ์รวมทั้งสิ้น 5 จุด บนเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ศึกษา (เขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคาย) กับพื้นที่ภายนอก ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (จำนวน 2 จุด ได้แก่ จุดเข้า-ออกพื้นที่ศึกษาทางด้านจังหวัดอุดรธานี และด้านสะพานมิตรภาพไทย-ลาว) ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 211 ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 212 และถนนพญางิ้วกลาง ประทาน ดังแสดงในรูปที่ 1

การพัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมือง

แบบจำลองการวางแผนการขนส่งที่พัฒนาขึ้นได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า TRIPS (TRansportation Improvement Planning System) (MVA Systematica, 1994) โดยอาศัยหลักการของวิธี The 4 Step Urban Transportation Planning (Hutchinson, 1979) ซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลองดังนี้ คือ

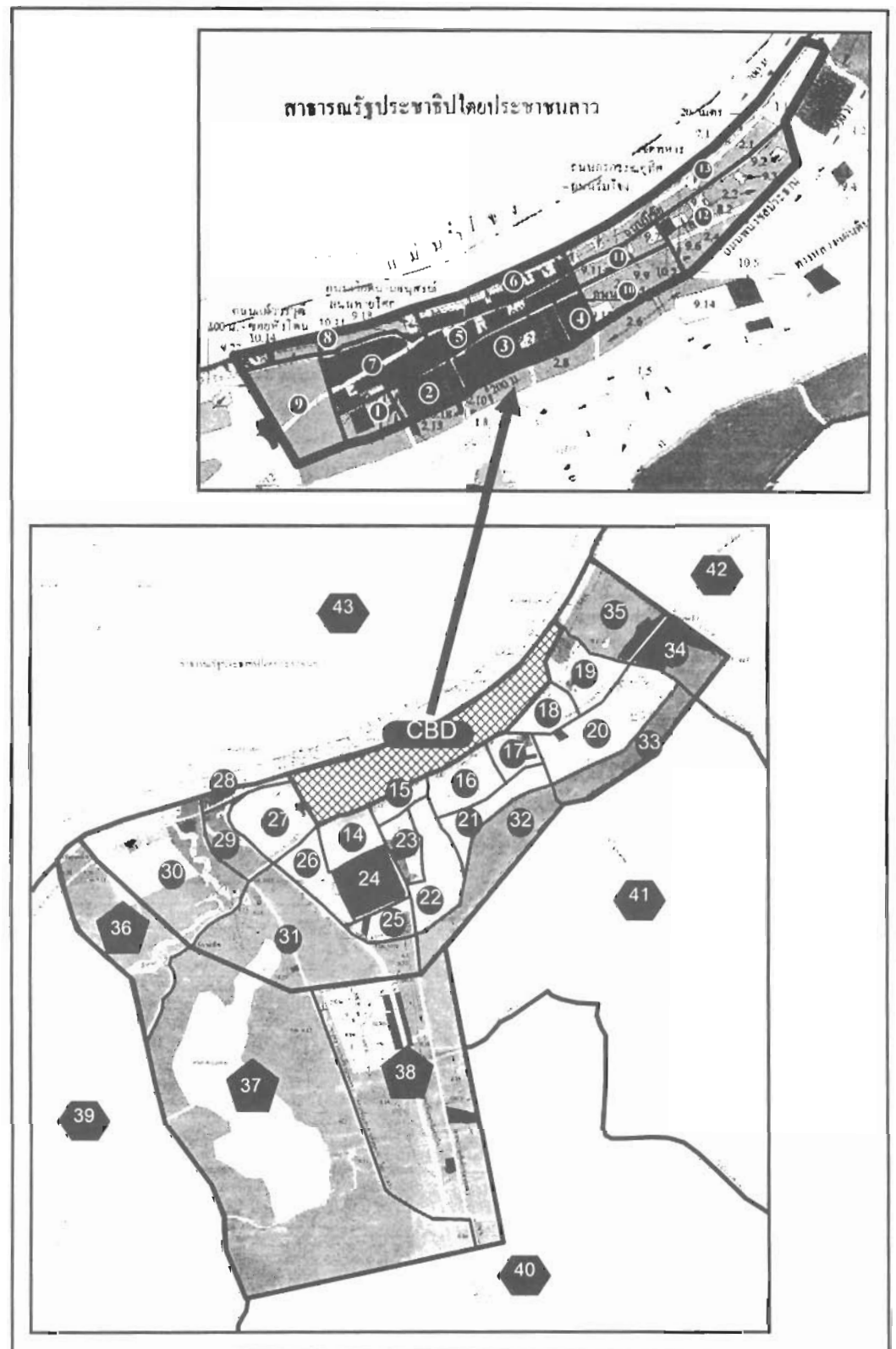
- (1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) ใช้วิธี Linear Regression Analysis
- (2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) ใช้วิธี Gravity Model
- (3) แบบจำลองการเลือกวิธีการเดินทาง (Modal Split Model) ใช้วิธี Modal Trip End Model
- (4) แบบจำลองการแจกแจงการจราจรลงบนโครงข่ายถนน (Traffic Assignment Model) ใช้วิธี Capacity Restraint และ Equilibrium Assignment Technique

แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model)

แบบจำลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเกิดการเดินทางทั้งหมดกับสภาพทางด้านประชากร เศรษฐกิจ สังคมและการใช้ที่ดินในแต่ละพื้นที่ย่อย (Zone) ในพื้นที่ศึกษา แบบจำลองการเกิดการเดินทางจะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การเกิดการเดินทาง (Trip Production) และการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction)

การสร้างแบบจำลองการเกิดการเดินทางของจังหวัดหนองคาย มีการจำแนกลักษณะของการเดินทางดังนี้ คือ

- ก) การจำแนกตามชนิดของการเดินทาง แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท
- การเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยภายในพื้นที่ศึกษา
 - การเดินทางจากพื้นที่ย่อยภายในพื้นที่ศึกษาไปสู่พื้นที่ภายนอก
 - การเดินทางจากพื้นที่ภายนอกเข้าสู่พื้นที่ย่อยภายในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2 การแบ่งพื้นที่ย่อย (Zone)(สงร., 2544)

สาเหตุของการที่ไม่จำแนกประเภทของการเดินทางจากพื้นที่ภายในออกไปสู่พื้นที่ภายนอก (การเดินทางผ่านพื้นที่ศึกษา) เนื่องจากการเดินทางชนิดนี้ไม่สามารถทำนายปริมาณที่เกิดขึ้นจากตัวแปรที่มีอยู่ได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนการแจกแจงการจราจร (Traffic Assignment) ได้นำปริมาณการจราจรชนิดนี้ในปัจจุบันแจกแจงลงบนโครงข่ายถนนโดยเฉพาะเส้นทางหลักที่เป็นเส้นทางที่ใช้เดินทางผ่านเมืองและทางเลี่ยงเมือง (สจร., 2544)

ข) การจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

- จากบ้านไปทำงาน (Home-based Work, HBW)
- จากบ้านไปโรงเรียน (Home-based School, HBS)
- จากบ้านไปสถานที่อื่น ๆ (Home-based Others, HBO)

สาเหตุของการที่ไม่จำแนกการเดินทางเป็นประเภทการเดินทางระหว่างจุดหมายอื่น ๆ (Non Home-based trips, NHB) เนื่องจากสัดส่วนของการเดินทางประเภทนี้มีเพียงร้อยละ 4 ของการเดินทางทั้งหมด ซึ่ง Ortuzar และ Willumsen (1990) ได้แนะนำว่าถ้าสัดส่วนการของเดินทางประเภท NHB มีน้อยกว่า 15-20% ของการเดินทางทั้งหมด ก็ไม่จำเป็นต้องจำแนกการเดินทางประเภทนี้ออกมาจากการเดินทางทั้งหมด โดยจะกำหนดให้เป็นการเดินทางจากโซนเริ่มต้น (ที่พักอาศัย) ไปยังจุดหมายปลายทางโดยไม่พิจารณาถึงการเดินทางแบบลูกโซ่ (Chaining trips)

ผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Production) และการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ Linear Regression Analysis และข้อมูลการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยภายในเขตพื้นที่ศึกษาซึ่งได้จากการสัมภาษณ์ ณ ครั้วเรือน ซึ่งเป็นการเดินทางในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า แบบจำลองเหล่านี้ได้ถูกจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง และได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2

วัตถุประสงค์ของการเดินทาง	แบบจำลอง	ค่า R^2
HBW	$P = 0.410 \cdot POP$	0.86
HBS	$P = 0.857 \cdot STU_1$	0.96
HBO	$P = 0.245 \cdot POP$	0.58

ตารางที่ 1 แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Production) (สจร., 2544)

หมายเหตุ	P	=	ปริมาณการเกิดการเดินทาง, จำนวนเกี่ยวกับการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า/ชั่วโมง
	POP	=	จำนวนประชากรในพื้นที่ย่อย
	STU ₁	=	จำนวนนักเรียนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ย่อย

วัตถุประสงค์ของการเดินทาง	แบบจำลอง	ค่า R ²
HBW	$A = 0.967 * EMP$	0.88
HBS	$A = 1.171 * STU_2$	0.92
HBO	$A = 1.103 * EMP$	0.61

ตารางที่ 2 แบบจำลองการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) (สจร., 2544)

หมายเหตุ	A	=	ปริมาณการดึงดูดการเดินทาง, จำนวนเที่ยวชั่วโมง
	EMP	=	จำนวนการจ้างงานในพื้นที่ย่อย
	STU ₂	=	จำนวนนักเรียนและนักศึกษาในสถานศึกษาต่าง ๆ ที่อยู่ในพื้นที่ย่อย

ปริมาณการเดินทางในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า (07:00 - 10:00 น.) รวมทั้งสิ้น 58,861 เที่ยว ซึ่งจำแนกตามวัตถุประสงค์การเดินทางได้ดังนี้ การเดินทางจากบ้านไปทำงาน (HBW) เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของการเดินทางคิดเป็นร้อยละ 44 ส่วนการเดินทางจากบ้านไปโรงเรียน (HBS) และการเดินทางจากบ้านไปสถานที่อื่น ๆ (HBO) มีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 23 และ 33 ตามลำดับ

แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model)

แบบจำลองการกระจายการเดินทางที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย (Zone) ในพื้นที่ศึกษา มีชื่อว่า Gravity Model แบบจำลองนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไป รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองนี้แสดงไว้ในสมการข้างล่างนี้

$$T_{ij} = a_i b_j P_i A_j F(c_{ij}) K_{ij} \quad (1)$$

โดยที่	T_{ij}	=	จำนวนการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j
	P_i	=	จำนวนการเดินทางที่เกิดจากพื้นที่ย่อย i (Trip Production)
	A_j	=	จำนวนการเดินทางที่เข้าสู่พื้นที่ย่อย j (Trip Attraction)
	$F(c_{ij})$	=	Cost Impedance จากพื้นที่ย่อย i ไปพื้นที่ย่อย j
	K_{ij}	=	K - factor จากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j
	a_i, b_j	=	Balancing factors

ค่า P_i และ A_j จะคำนวณหาได้จากขั้นตอน Trip Generation ส่วนค่า Cost Impedance จะหาค่าได้จากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F(c_{ij}) = c_{ij}^{x_1} \exp(x_2 c_{ij}) \quad (2)$$

คณะผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม TRIPS ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าของ C_{ij} ระหว่างพื้นที่ย่อย โดยการสร้างตาราง Skim Cost Matrix และปรับเทียบ (Calibrate) เพื่อหาค่า x_1 และ x_2 จากข้อมูลตารางการเดินทางที่ได้จากการสำรวจ ตัวอย่างของค่า x_1 และ x_2 สำหรับโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2554 สรุปได้ในตารางที่ 3 ข้างล่างนี้

ชนิดของการเดินทาง	รถยนต์ (CPU)		รถจักรยานยนต์ (MC)		รถรับจ้าง (ST)	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
ภายในพื้นที่ศึกษา	0.58773	-0.09811	-0.06410	-0.13217	2.05999	-0.22945
ภายในพื้นที่สุ่มภายนอก	1.29795	-0.08676	-2.06872	-0.10952	0.98645	-0.19237
ภายนอกพื้นที่สุ่มภายใน	0.52942	-0.07358	-2.80603	0.01876	2.26488	-0.21527

ตารางที่ 3 ค่า x_1 และ x_2 ของโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2554 (ศจร., 2544)

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model)

ในการวิจัยครั้งนี้รถยนต์ส่วนตัว รถจักรยานยนต์และรถจักรยาน ถือว่าเป็นการเดินทางด้วยยานพาหนะส่วนตัว (Private Transport) ส่วนรถสองแถวและรถสามล้อเครื่องจะถือว่าเป็นระบบขนส่งสาธารณะ การเลือกวิธีการเดินทาง (Modal Split) ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการจำแนกประเภทของการเดินทางซึ่งแบบจำลองที่ใช้คือ Modal Trip End Model ซึ่งมีสมมติฐานจากลักษณะของบุคคล (สถานภาพทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้ อัตราการครอบครองยานพาหนะ เป็นต้น) จะมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการตัดสินใจเลือกประเภทของการเดินทาง (Ortuzar และ Willumsen, 1990; Meyer และ Miller, 2001) ดังนั้นหากทราบค่าอัตราการครอบครองยานพาหนะ (จำนวนยานพาหนะเฉลี่ย/ครัวเรือน) ของพื้นที่ย่อยใด ๆ ก็จะสามารถจำแนกปริมาณการเดินทางตามประเภทของยานพาหนะได้โดยตรง ซึ่งสัดส่วนการใช้ยานพาหนะประเภทต่าง ๆ แบ่งตามอัตราการครอบครองยานพาหนะในพื้นที่ย่อยได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

อัตราการครอบครองยานพาหนะ (รถยนต์)/ครัวเรือน	ร้อยละจำนวนการเดินทางจำแนกตามพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง				
	รถสามล้อเครื่อง	รถโดยสารประจำทาง	รถจักรยาน	รถจักรยานยนต์	รถยนต์ส่วนบุคคล
0.00 - 0.24	24	8	47	19	2
0.25 - 0.99	4	3	7	84	1
1.00 - 1.24	4	3	9	49	36
1.25 - 1.99	1	3	4	54	38
มากกว่า 2.00	1	2	3	36	57

ตารางที่ 4 สัดส่วนการใช้ยานพาหนะประเภทต่าง ๆ แบ่งตามอัตราการครอบครองยานพาหนะในพื้นที่ย่อย

(ศจร., 2544)

แบบจำลองการแจกแจงการจราจร (Traffic Assignment Model)

แบบจำลองในขั้นตอนนี้จะทำหน้าที่แจกแจงปริมาณการเดินทางประเภทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นที่ย่อยต่าง ๆ ลงบนโครงข่ายถนนและระบบโครงข่ายขนส่งสาธารณะที่มีอยู่ ผลจากการวิเคราะห์จะสามารถทราบถึงปริมาณการจราจร ความเร็ว และเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนเส้นทางต่าง ๆ ในโครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินสภาพการจราจรของโครงข่ายถนนในปีปัจจุบัน และอนาคตได้

ปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทที่ได้จากแบบจำลองการเลือกวิธีการเดินทาง (Modal Split Model) จะถูกแจกแจงลงบนโครงข่ายถนน ในโปรแกรม TRIPS มีวิธีการแจกแจงปริมาณการเดินทางลงบนเส้นทางต่าง ๆ หลายวิธี แต่ในการศึกษานี้ได้เลือกใช้วิธี Capacity Restraint และ Equilibrium Assignment Technique มาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการแจกแจงด้วยวิธี Capacity Restraint นั้น ปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Link) ต่าง ๆ จะปรับแก้ไปตามเงื่อนไขของความจุ และเวลาที่ใช้ในการเดินทางในแต่ละช่วงถนน ภายใต้ความสัมพันธ์ของ Speed/Flow Curve ของถนนแต่ละประเภท ขั้นตอนเหล่านี้จะกระทำซ้ำกันจนกระทั่ง ค่าความแตกต่างของเส้นทางที่สั้นที่สุด ความเร็วการจราจร และปริมาณการจราจรในช่วงถนนต่าง ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งวิธีการ Equilibrium Assignment ได้ถูกนำมาใช้ในขั้นตอนนี้ เพื่อคำนวณหาปริมาณการจราจรที่เหมาะสมบนช่วงถนนเส้นต่าง ๆ โดยได้กำหนด Objective Function ในโปรแกรม TRIPS (MVA Systematica, 1994) ดังแสดงในสมการข้างล่างนี้

$$z = \sum_a \int_0^v c_a(v) dv + \sum_{a-h} c_{a-h} v_{a-h} \quad (3)$$

โดยที่ $c_a(v)$ = ค่าใช้จ่ายของการเดินทางที่เกิดขึ้นในช่วงถนน (Links)

c_{a-h} = ค่าใช้จ่ายในการเลี้ยวจากช่วงถนน a ไปยังช่วงถนน b

v_{a-h} = ปริมาณการจราจรที่เลี้ยวจากช่วงถนน a ไปยังช่วงถนน b

v_a = ปริมาณการจราจรบนช่วงถนน a

การปรับเทียบและตรวจสอบแบบจำลอง

เพื่อความมั่นใจในการนำเอาแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้ในการทำนายรูปแบบการเดินทางในอนาคต แบบจำลองการจราจรและการขนส่งจะถูกนำมาตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์และปรับเทียบกับข้อมูลปริมาณการเดินทางที่ได้จากการสำรวจจริงในสนาม เพื่อแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้ได้ผลการทำนายที่ดีและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ในขั้นตอนของการตรวจสอบแบบจำลองจะทำได้โดยการเปรียบเทียบปริมาณการเดินทางในชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้า ซึ่งคำนวณได้จากแบบจำลองกับปริมาณการเดินทางซึ่งได้จากการสำรวจในพื้นที่

จริงอีกชุดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย จุดสำรวจปริมาณจราจรตามแนวเส้น Screen Line 2 เส้น ซึ่งทั้งสองเส้นอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีการสำรวจรวมทั้งสิ้น 7 จุด

แบบจำลองนี้ได้รับการตรวจสอบและปรับแก้ให้มีความถูกต้องและแม่นยำในการพยากรณ์มากยิ่งขึ้น โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการยอมรับผลที่ได้จากการพยากรณ์ของแบบจำลอง คือ จะต้องมีความคลาดเคลื่อน (Error) ในการพยากรณ์โดยเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 20 (รังสรรค์, 2540) ผลที่ได้จากการตรวจสอบ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้

(1) เส้น Screen Line	(2) ทิศทางการ เดินทาง	(3) ปริมาณการ เดินทาง ที่สำรวจจริง (PCU/hr)	(4) ปริมาณการ เดินทาง ที่ทำนายได้ (PCU/hr)	(4) - (3) (PCU/hr)	ความคลาด เคลื่อนที่เกิดขึ้น (%)
1	มุ่งตะวันออก	1,721	1,531	-190	-11.0%
1	มุ่งตะวันตก	2,244	2,256	+12	+0.5%
2	มุ่งตะวันออก	730	660	-70	-9.6%
2	มุ่งตะวันตก	1,171	1,191	+20	+1.7%

ตารางที่ 5 ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลอง ณ จุดตรวจสอบต่าง ๆ ตามแนวเส้น Screen Line (สงร. 2544)

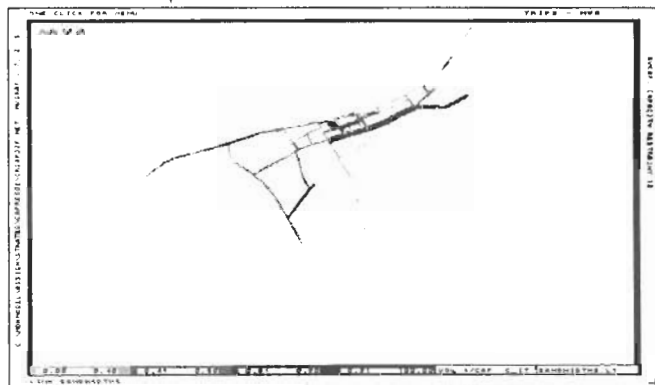
การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

แบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมืองที่พัฒนาขึ้นนี้ ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และวางแผนการจัดระบบจราจรและขนส่งในเมืองหนองคายในหลาย ๆ กรณี เช่น การวิเคราะห์สภาพการจราจรในพื้นที่ศึกษาทั้งปัจจุบันและอนาคต การวิเคราะห์โครงการปรับปรุง/ก่อสร้างถนนใหม่ การวิเคราะห์มาตรการจัดระบบจราจรหลาย ๆ มาตรการ เป็นต้น

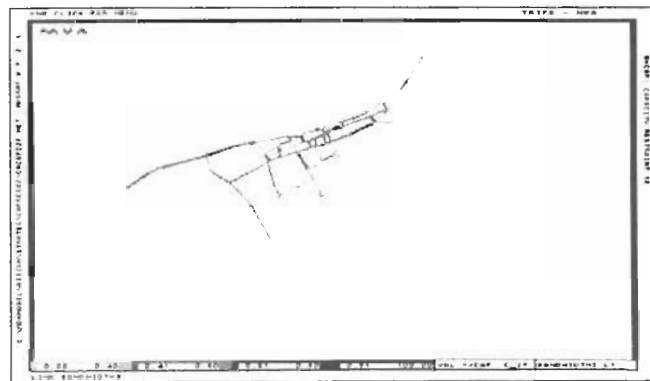
แบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตเมืองโดยทั่วไปจะให้ค่าดัชนีด้านการจราจรหลายประการ ทั้งในระดับ Link และระดับพื้นที่ เช่น ในระดับ Link ได้แก่ ค่าปริมาณจราจร ค่าอัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ (Capacity) และค่าความเร็วเฉลี่ย ส่วนในระดับพื้นที่ ได้แก่ ค่าระยะทางรวม (คัน-กิโลเมตร) ค่าเวลาการเดินทางรวม (คัน-ชั่วโมง) ค่าความเร็วเฉลี่ย เป็นต้น ดัชนีเหล่านี้จะถูกนำมาใช้เป็นตัววัดและประเมินผลกระทบด้านการจราจรในขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ซึ่งในตารางที่ 6 ได้แสดงการเปรียบเทียบดัชนีด้านการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้าภายในพื้นที่ศึกษาเมื่อไม่มีการดำเนินโครงการ และมีการดำเนินโครงการในการปรับปรุงระบบการจราจรในระยะสั้น กลาง และยาว

ตัวอย่างผลของการประยุกต์ใช้โปรแกรมในการประเมินประสิทธิภาพของโครงการ/แผนงานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 และ 4 โดยรูปที่ 3 แสดงปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) ของถนนในสภาพการจราจร

ปี พ.ศ. 2554 บนโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2544 ที่ไม่มีการดำเนินโครงการใด ๆ และรูปที่ 4 แสดงปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) ของถนนในสภาพการจราจรปี พ.ศ. 2554 บนโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2554 ถ้ามีการดำเนินโครงการระยะยาวตามที่ปรึกษาเสนอแนะ ซึ่งจะเห็นได้ว่า โครงการ/แผนงานที่คณะผู้ศึกษาเสนอนั้น สามารถบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัดในสภาพปี พ.ศ. 2544 (ดูรูปที่ 3) ให้ลดน้อยลงได้อย่างมากในปี พ.ศ. 2544 (ดูรูปที่ 4) โดยเฉพาะตามแนวถนนสายหลัก (เช่น ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 212 และถนนประจักษ์ เป็นต้น) ที่เดิมเคยมีค่า V/C อยู่ในช่วงเกินกว่า 0.80 ลดลงมาอยู่ในช่วง 0.41 - 0.80 แต่อย่างไรก็ตาม จากสภาพการจราจรในปี พ.ศ. 2554 ยังพบว่า มีช่วงถนนบางช่วงที่เป็นช่วงถนนสั้น ๆ ที่ยังมีค่า V/C อยู่ในช่วง 0.81 - 0.90 หรือเกินกว่า 0.90 ซึ่งปัญหานี้สามารถที่จะนำเอาวิธีการจัดการระบบการจราจรที่เหมาะสม เช่น การห้ามจอดช่วงชั่วโมงเร่งด่วน การห้ามจอดวันดี-วันคู่ หรือการห้ามรถบรรทุกผ่าน เป็นต้น มาจัดการเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะจุดเหล่านี้ได้



รูปที่ 3 ปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) ของถนนในสภาพการจราจรปี พ.ศ. 2554 บนโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2544 ที่ไม่มีการดำเนินโครงการใดๆ (สจร., 2544)



รูปที่ 4 ปริมาณจราจรต่อความจุ (V/C) ของถนนในสภาพการจราจรปี พ.ศ. 2554 บนโครงข่ายถนนในปี พ.ศ. 2554 ถ้ามีการดำเนินโครงการระยะยาวตามที่ปรึกษาเสนอแนะ (สจร., 2544)

ดัชนีด้านการจราจร	ปีปัจจุบัน (2544)	ระยะสั้น (พ.ศ. 2549)			ระยะกลาง (พ.ศ. 2554)			ระยะยาว (พ.ศ. 2564)		
		ไม่มี โครงการ	มีโครงการที่ พิจารณาเสนอ	Δx (%)	ไม่มี โครงการ	มีโครงการที่ พิจารณาเสนอ	Δx (%)	ไม่มี โครงการ	มีโครงการที่ พิจารณาเสนอ	Δx (%)
ระยะทางรวมทั้งพื้นที่ ศึกษา (คัน-กม./ชม.)	47,400.8	48,826.6	49,215.5	+0.8	50,973.8	51,400.6	+0.8	60,900.9	61,466.6	-0.9
เวลาที่ใช้เดินทาง รวมทั้งพื้นที่ศึกษา (คัน-ชม./ชม.)	1,578.2	1,665.0	1,508.0	-9.4	1,792.1	1,622.3	-9.5	2,448.3	2,227.8	-9.0
ความเร็วเฉลี่ยในการ เดินทาง (กม./ชม.)	30.0	29.3	32.6	+11.3	28.4	31.7	+11.6	24.9	27.6	+10.8
ปริมาณการเดินทาง (เที่ยว-ชม.)	23,868	24,935			26,469			33,852		

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบดัชนีด้านการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนตอนเช้าภายในพื้นที่ศึกษาเมื่อไม่มีการดำเนิน

โครงการ และมีการดำเนินโครงการในการปรับปรุงระบบการจราจรที่คณะที่ปรึกษาเสนอ (สจร., 2544)

หมายเหตุ Δx = การเปลี่ยนแปลงร้อยละเมื่อมีโครงการที่ที่ปรึกษาเสนอเทียบกับไม่มีโครงการ

สรุป

งานวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการวางแผนการขนส่งในเขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคาย โดยใช้โปรแกรม TRIPS และประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนการขนส่ง 4 ขั้นตอน ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเดินทางในอนาคตและเพื่อคำนวณปริมาณจราจรบนถนนแต่ละเส้น ในขั้นตอนของการกำเนิดการเดินทาง พบว่า แบบจำลองการเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางมีความสัมพันธ์อย่างดี กับตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการเดินทาง โดยมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.58 - 0.96 และในขั้นตอนการตรวจสอบแบบจำลอง พบว่า ปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองและสำรวจได้จริงมีค่าคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 11.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพัฒนาแบบจำลองนี้ สามารถที่ทำนายปริมาณการเดินทางของคนเดินทางในเขตผังเมืองรวมจังหวัดหนองคายได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นยังสามารถใช้ในการวิเคราะห์และประเมินโครงการ/แผนงานการจราจรและขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้แต่งขอขอบคุณ สำนักงานนโยบายและแผนการจราจรและขนส่ง (สนข.) หรือสำนักงานคณะกรรมการจัดการระบบการจราจรทางบก (สจร.) เดิม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการศึกษา โครงการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค จังหวัดหนองคาย

เอกสารอ้างอิง

- วิโรจน์ ธิโรปกรณ์ (2544). การวางแผนการขนส่งเขตเมือง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิโรจน์ ธิโรปกรณ์ (2545). บทเรียนจากแผนจราจร-ขนส่ง 2540-2544 เพื่อการพัฒนากรุงเทพมหานคร, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 8, 23-25 ตุลาคม, ขอนแก่น. หน้า TRP-35 ถึง TRP-40
- ณรงค์ กุหลาบ (2542). การจัดทำแผนแม่บทการจราจรและการขนส่งในเขต กทม. และปริมณฑล. วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต ปีที่ 3 ฉบับที่ 2, หน้า 33-41.
- รังสรรค์ อุดมศรี. (2540). แบบจำลองการจราจรและขนส่งสำหรับเมืองลำปาง. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 4, 12-14 พฤศจิกายน, ภูเก็ต. หน้า TRL 5-1 ถึง 5-9.
- พลกฤษณ์ คลังบุญครอง และมนสิชา เพชรานนท์ (2545). การพัฒนาเมืองและการขนส่งมีอิทธิพลต่อชีวิตความเป็นอยู่และสุขภาพของประชาชนอย่างไร, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการหนึ่งทศวรรษ สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข: "ร่วมสร้างสุขภาพสังคม สู่สังคมแห่งสันติภาพ". 5-7 สิงหาคม, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (สจร.) (2544). การศึกษาการจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาค : จังหวัดหนองคาย, รายงานฉบับสมบูรณ์.
- Hutchinson, B. G. (1979) **Principle of Urban Transport System Planning**, McGraw-Hill Company, Washington DC.
- Meyer, D. M. and Miller, J. E. (2001) **Urban Transportation Planning**, 2nd Edition, McGraw-Hill Companies, New York, USA.
- MVA Systematica (1994), **Introduction to TRIPS: Highway Analysis Programs**, UK.
- Ortuzar, J. D. & Willumsen, L. G. (1994). **Modelling Transport**, 2nd Edition, John Wiley & Sons.
- Udomsri, R. (1999). **Urban Travel Characteristics and Transport Planning in Regional Cities of Northern Thailand**, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 3(4), pp. 23-38.