

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่การเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจร เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการจราจร ระดับจุลภาค การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจรทั้งในต่างประเทศ ในประเทศไทย แนวทางในการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาค และ การศึกษาผลกระทบของพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองระดับจุลภาค โดยมีรายละเอียดในการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. เปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจร

Dowling, Skabardonis and Alexiadis (2004) กล่าวว่า ในการเลือกใช้แบบจำลองต้องพิจารณาความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการทำงานของระดับการจำลองสภาพการจราจร เช่น ระดับการวิเคราะห์ ขอบเขตและขนาดของการวิเคราะห์ ความสามารถในการจำลองสิ่งอำนวยความสะดวก ประเภทการเดินทาง นโยบายการจัดการและการประยุกต์ใช้งาน และดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร เป็นต้น ซึ่งพบว่าแบบจำลองระดับมหภาคมีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ ใช้ในการจำลองโครงข่ายถนนสายหลักและทางด่วน แสดงตัวชี้วัดในรูปแบบของ ความเร็ว ปริมาณจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น เป็นหลัก ส่วนแบบจำลองระดับจุลภาคเหมาะกับการวิเคราะห์การจัดการเชิงพื้นที่ขนาดเล็ก สามารถพัฒนาและประยุกต์ใช้ในการสร้างทางเลือกได้อย่างหลากหลาย มีความครอบคลุมองค์ประกอบด้านการจราจรและขนส่ง และแสดงตัวชี้วัดที่มีความละเอียดแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่แต่ละคัน ในขณะที่แบบจำลองระดับกึ่งจุลภาคได้รวมความสามารถ ความเหมาะสม และประสิทธิภาพของทั้งสองระดับเข้าด้วยกัน แต่มีข้อด้อยในการแสดงข้อมูลหรือการวิเคราะห์ผลที่มีความละเอียดต่ำกว่าระดับจุลภาค และสามารถใช้ในการวางแผนในภาพรวมของโครงข่ายขนาดใหญ่ได้ไม่ดีเท่าระดับมหภาค สรุปความเหมาะสมและประสิทธิภาพการจำลองสภาพการจราจรของแต่ละระดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความเหมาะสมและประสิทธิภาพการจำลองสภาพการจราจรของแต่ละระดับ

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	ระดับของแบบจำลอง		
	ระดับมหภาค (Macro Simulation)	ระดับกึ่งจุลภาค (Meso Simulation)	ระดับจุลภาค (Micro Simulation)
ระดับการวิเคราะห์	วางแผน, ออกแบบ และก่อสร้าง	วางแผน, ออกแบบ และก่อสร้าง	ออกแบบ และก่อสร้าง
ขอบเขตและขนาดของการวิเคราะห์	แนวยาวของถนน (Corridor) โครงข่ายขนาดเล็ก (small network) และภูมิภาค (Region)	บางส่วนของโครงข่าย (Segment) แนวยาวของถนน โครงข่ายขนาดเล็ก และภูมิภาค	พื้นที่เดียว (Isolate Location) ส่วนเล็กของโครงข่าย แนวยาวของถนน และโครงข่ายขนาดเล็ก
ความสามารถในการจำลองสิ่งอำนวยความสะดวก	ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน HOV Lane Ramp และช่องจราจรเฉพาะ (Auxiliary Lane)	ทางแยกเดี่ยว ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน HOV Lane Ramp และช่องจราจรเฉพาะ	ทางแยกเดี่ยว วงเวียน ถนนสายหลัก ทางหลวง ทางด่วน HOV Lane Ramp ช่องจราจรเฉพาะ ช่องจราจรสำหรับรถบรรทุก (Truck Lane) ช่องจราจรรถบัส (Bus Lane) และ Toll Plaza
ประเภทการเดินทาง	SOV	SOV, HOV, Bus	SOV, HOV, รถโดยสาร รถไฟ รถบรรทุก รถจักรยานยนต์ รถจักรยาน และคนเดินเท้า
นโยบายการจัดการและการประยุกต์ใช้งาน	ทางด่วน ถนนสายหลัก	ทางด่วน ถนนสายหลัก ทางแยกหลัก อุบัติการณ์ และเขตก่อสร้าง	ทางแยกหลัก ทางหลัก อุบัติการณ์ เขตก่อสร้าง ระบบจ่ายเงิน ทางรถไฟ ระบบขนส่งสาธารณะ ระบบแสดงข้อมูล ผู้เดินทาง (Traveler Information System, TIS) และสภาวะอากาศ

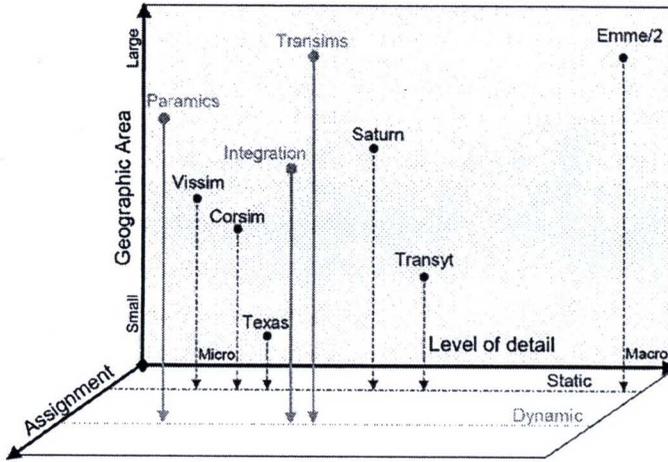
ตารางที่ 1 ความเหมาะสมและประสิทธิภาพการจำลองสภาพการจราจรของแต่ละระดับ (ต่อ)

ประเด็นในการเปรียบเทียบ	ระดับของแบบจำลอง		
	ระดับมหภาค (Macro Simulation)	ระดับกึ่งจุลภาค (Meso Simulation)	ระดับจุลภาค (Micro Simulation)
ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณจราจร อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น, VMT, VHT	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณจราจร อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น, VMT, VHT, ความล่าช้า ความยาวแถวคอย จำนวน ครั้งในการหยุด การ ปลดปล่อยก๊าซ และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	ระดับการให้บริการ ความเร็ว เวลาในการเดินทาง ปริมาณจราจร อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุ ความหนาแน่น VMT, VHT, ความล่าช้า ความยาวแถวคอย จำนวน ครั้งในการหยุด การ ปลดปล่อยก๊าซ และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง
ราคา	ปานกลาง	สูง	สูง
เวลาในการฝึกอบรมและทำความเข้าใจ	ปานกลาง	น้อย	น้อย
ความยากง่ายในการใช้งาน	ปานกลาง	ง่าย	ง่าย
ความนิยมและความแพร่หลายในการใช้งาน	สูง	ปานกลาง	สูง
คุณภาพของคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
เวลาในการประมวลผล	นาน	ปานกลาง	ปานกลาง
การแสดงผลภาพเคลื่อนไหว	ไม่มี	มี	มี
โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร	SATURN, TRANSYT-7F และ EMME/2 เป็นต้น	CONTRAM, DYNAMIT-P, DYNAMIT-X และ DYNASMART-X เป็น ต้น	CORSIM, INTEGRATION DRACULA,PARAMICS และ VISSIM เป็นต้น

(Dowling et al., 2004)

Krogscheepers and Kacir (2001) กล่าวว่า ระดับของแบบจำลองสภาพการจราจรโดยปกติจะทำการจำแนกด้วยประเภทและขนาดของโครงข่าย จากทางแยกเดี่ยว ทางแยกสายทาง ไปสู่โครงข่ายขนาดใหญ่ โดยมีโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในระดับโครงข่าย เช่น NETSIM EMME/2, SIMTRA and TEXAS ในขณะที่โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพ

การจราจรในระดับทางแยกเดี่ยว เช่น FRESIM, SISTM และ PARAMICS เป็นต้น ซึ่งในการเลือกใช้โปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรจะต้องให้เหมาะสมกับระดับของแบบจำลอง โดยพิจารณาถึง ขนาดของพื้นที่ ความละเอียด และการแจกแจงการเดินทาง สรุปความเหมาะสมในการเลือกใช้โปรแกรมให้เหมาะสมตามระดับของแบบจำลองสภาพการจราจร ดังแสดงภาพที่ 8



ภาพที่ 8 โปรแกรมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรในแต่ละระดับ
(Krogscsheepers and Kacir, 2001)

2. เปรียบเทียบโปรแกรมที่ใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาค

University of Leeds (2000) อ้างถึงใน วิจิตรา วัชสังค์ (2548) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรมต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงความสามารถและประสิทธิภาพของแต่ละโปรแกรม จากประสบการณ์ในการใช้โปรแกรมในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจร โดยคำนึงถึงความสามารถของโปรแกรมในการใช้งานและเป้าหมายของการศึกษาเพื่อเป็นทางเลือกที่สามารถช่วยในการตัดสินใจ สรุปผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์ของแต่ละโปรแกรมใกล้เคียงกัน แต่ทุกโปรแกรมไม่สามารถจำลองจักรยานและจักรยานยนต์ได้ ส่วนการเปรียบเทียบความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านการจราจรและขนส่งพบว่า โปรแกรม PARAMICS มีความสามารถครอบคลุมในการทำงานด้านการจราจรและขนส่งขั้นสูงได้เป็นอย่างดี และมีความหลากหลายในตัวฟังก์ชันการทำงานมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรม PARAMICS ก็มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ได้แก่ การแนะนำที่จอดรถ การให้ข้อมูลการขนส่งสาธารณะ และการสร้างแบบจำลองรถจักรยานและจักรยานยนต์ เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3



ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง

การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศกับการขนส่ง (Transport Telematics Functions)	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
ระบบไฟสัญญาณจราจรสัมพันธ์ (Co-Ordinated Traffic Signals)	x	-	x	x	x
สัญญาณไฟจราจรแบบปรับได้ (Adaptive Traffic Signals)	x	-	x	x	x
การจัดสิทธิพิเศษแก่รถในระบบขนส่งสาธารณะ (Public Transport Vehicles)	x	-	x	x	x
การควบคุมทางเข้า ออกทางด่วน (Ramp Metering)	x	x	-	x	x
การควบคุมปริมาณการจราจรบนมอเตอร์เวย์ (Motorway Flow Control)	x	x	-	x	x
การจัดการอุบัติเหตุ (Incident Management)	x	x	x	x	-
การควบคุมการเข้าถึงพื้นที่ (Zone Access Control)	-	-	-	x	-
ป้ายปรับเปลี่ยนข้อความ (Variable Message Signs)	-	-	-	x	-
การให้ข้อมูลการจราจร (Regional Traffic Information)	-	-	-	x	-
การแนะนำเส้นทางแบบสถิต (Static Route Guidance)	-	-	-	x	-
การแนะนำเส้นทางแบบไดนามิก (Dynamic Route Guidance)	-	-	-	x	-
การแนะนำที่จอดรถ (Parking Guidance)	-	-	-	-	-
การให้ข้อมูลการขนส่งสาธารณะ (Public Transport Information)	-	-	-	-	x
ระบบเก็บเงินแบบอัตโนมัติและด่านเก็บค่าผ่านทาง (Automatic Debiting and Toll Plazas)	-	-	-	x	-
ค่าการจราจรติดขัด (Congestion Pricing)	-	-	-	x	-
การสนับสนุนคนเดินเท้าและขี่จักรยาน (Pedestrians and Cyclists)	-	-	-	-	x
รถตรวจสอบการจราจร (Probe Vehicles)	-	-	-	x	x
เครื่องมือตรวจวัดการจราจร (Vehicle Detectors)	-	x	x	x	x

(University of Leeds (2000 อ้างถึงใน วิจิตร วัยสังข์, 2548)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
 ห้องสมุดงานวิจัย
 วันที่ 11 ส.ค. 2556
 เลขทะเบียน 208810
 เลขเรียกหนังสือ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบความสามารถในการจำลองวัตถุและปรากฏการณ์

ระดับของวัตถุและปรากฏการณ์ที่ถูกจำลองขึ้น (Index of Objects and Phenomena)	CORSIM	FRESIM	NETSIM	PARAMICS	VISSIM
สภาวะอากาศ (Weather Conditions)	-	-	-	x	-
การตรวจสอบพื้นที่จอดรถ (Search for a Parking Space)	x	-	x	x	-
ยานพาหนะในที่จอดรถ (Parked Vehicles)	x	-	x	-	x
ยานพาหนะที่ใช้ในกิจการ ธุรกิจต่าง ๆ (Commercial Vehicles)	x	x	x	x	x
รถจักรยานและจักรยานยนต์ (Bicycles/ Motorbikes)	-	-	-	-	-
คนเดินเท้า (Pedestrians)	x	-	x	-	x
อุบัติเหตุ (Incidents)	x	x	x	x	x
การขนส่งสาธารณะ (Public Transports)	x	x	x	x	x
การยับยั้งการจราจร (Traffic Calming Measures)	-	-	-	x	x
การสะสมของแถวคอย (Queue Spill Back)	x	x	x	x	x
การตัดกันของกระแสการจราจร (Weaving)	x	x	x	x	x
วงเวียน (Roundabouts)	x	-	-	x	x

(University of Leeds (2000) อ้างถึงใน วิจิตร วัชสังค์, 2548)

Ryder (2001) ได้ทำการศึกษาเพื่อเสนอทางเลือกในการใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจร โดยการทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่มีใช้ทั่วไปในสหราชอาณาจักรขณะนั้น (ปี ค.ศ.1999/2000) โดยทำการทบทวนผลการศึกษาที่ได้ทำการศึกษามาแล้วเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ได้แก่ 1) โครงการที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพการจราจรที่ทำการศึกษาโดย Institute for Transport Studies, University of Leeds 2) บทความ “The Scottish Executive carried out a comparison between the PARAMICS and VISSIM programs” และ 3) Highways Agency in 1999/2000 4) รายงาน “The development of micro-simulation packages is rapid and the HA intends to monitor this development” จากการศึกษาได้ข้อสรุปสำคัญดังต่อไปนี้ 1) มีเพียง 4 โปรแกรมที่สามารถสร้างโครงข่ายบนภาพหรือแผนที่ที่มีมาตราส่วนถูกต้องได้ คือ AIMSUN2, HUTSIM, PARAMICS และ VISSIM. 2) โปรแกรม PARAMICS และ VISSIM มีความสามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวสามมิติ 3) โปรแกรม AIMSUN2, PARAMICS และ VISSIM สร้างปริมาณการเดินทางได้จากตารางการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทางโดยตรง 4) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการจำลองสภาพ

การจราจรทั้งในเขตเมืองและ ทางด่วน Motorway พบว่า AIMSUN2, PARAMICS, SISTM and VISSIM เป็นแบบจำลองที่มีทางเลือกในการจำลองสภาพต่างๆ ได้อย่างหลากหลายเมื่อเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรบนทางด่วน

	AIMSUN2	HUTSIM	PARAMICS	SISTM	VISSIM	DRACULA	FLAWSIM	MITSIM	CORSIM
Motorway weaving	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Motorway merges	x	x	x	x	x	x	-	x	x
Ramp metering	x	x	x	x	x	-	-	x	x
Dynamic speed controls	-	-	x	x	x	-	-	-	-
Motorway junctions	x	-	x	-	x	x	-	x	-
Incidents	x	x	x	x	x	x	x	x	-
Variable message signs	x	x	x	x	x	x	x	x	-
Static route advice	x	x	x	x	x	-	-	x	-
Variable route advice	x	-	x	-	-	-	-	x	-
Toll Plazas	x	x	x	-	x	-	-	x	-
Vehicle detectors	x	-	x	x	x	-	x	x	-
Priority Lanes-Buses	x	-	x	x	x	x	x	-	-
Priority Lanes-HOV	x	-	x	x	x	x	x	-	-
Crawler lanes	x	-	x	x	x	x	x	-	-
Road works	x	-	x	x	x	x	x	-	-
Tolls	x	-	x	-	x	x	-	-	-

(Ryder, 2001)

ตารางที่ 5 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรในเขตเมือง

	AIMSUN2	HUTSIM	PARAMICS	SISTM	VISSIM	DRACULA	FLOWSIM	MITSIM	CORSIM
Fixed time plans	X	X	X	-	X	X	-	X	X
Co-ordinated traffic signals-Fixed UTC	X	X	X	-	X	X	-	X	X
Adaptive traffic signals-vehicle actuated	X	X	X	-	X	X	-	X	-
Priority to public transport	X		X	-	X	X	-	-	-
Pedestrian phases	X	X	X	-	X	X	-	-	X
Pedestrian signals	X	X	X	-	X	X	-	-	X
Pedestrian flow	-	-	X	-	X		-	-	-
Cyclists	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cycle lanes	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Roundabouts	X	X	X	-	X	X	-	-	-
Mini roundabouts	X		X	-	X	-	-	-	-
Priority Junctions	X	X	X	-	X	X	-	X	X
Non-standard junction layouts	X	X	X	-	X	X	-	X	X
Signalised roundabouts	X	X	X	-	X	X	-	X	X
Traffic calming		X	X	-	X	-	-	X	-
Bus Routes	X	X	X	-	X	X	-	-	X
Bus frequencies & schedules	-	-	X	-	X	X	-	-	-
Bus bays	-	-	X	-	X		-	-	-
Bus lanes	X	-	X	X	X	X	-	-	-
Bus pre-signals	X	X	X	-	X	X	-	-	-
Light Rail	X		X	-	X	-	-	-	-
Incidents	X	X	X	X	X	X	-	X	X

ตารางที่ 5 การประยุกต์ใช้งานกับการจราจรในเขตเมือง (ต่อ)

	AIMSUN2	HUTSIM	PARAMICS	SISTM	VISSIM	DRACULA	FLWSIM	MITSIM	CORSIM
Road works	-	-	x	x	-	-	-	x	x
Signing	-	-	x	-	x	-	-	x	-
Parked vehicles	-	-	x	-	x	-	-	x	-
Overtaking on Single Carriageway Roads	-	-	x	-	-	-	-	-	-
Congestion charging	x	-	x	-	x	-	-	-	-

(Ryder, 2001)

Cheong, Rahwanji and Chang (2002) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม CORSIM, PARAMICS, VISSIM และ AIMSUN เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิศวกรขนส่งในการเลือกใช้โปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรให้เหมาะสมกับกรณีศึกษาที่พิจารณา โดยทำการเปรียบเทียบถึงกระบวนการในการนำเข้าข้อมูล ฟังก์ชันในการสร้างโครงข่ายถนน การประมวลผล ตัววัดประสิทธิภาพ และการแสดงผล 3 มิติ จากฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของโปรแกรม คือ การจำลองสภาพจราจรบริเวณวงเวียน การจำลองสภาพจราจรบริเวณทางแยกต่างระดับ และการจำลองสภาพจราจรบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง ผลจากการศึกษาพบว่า ความสามารถของฟังก์ชันพื้นฐานทั้ง 4 โปรแกรมมีความใกล้เคียงกัน โดยที่ PARAMICS สามารถจำลองวงเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับโปรแกรมอื่นๆ แต่ในทางกลับกันโปรแกรม PARAMICS ก็มีความความสามารถในการก่อสร้างทางแยกต่างระดับต่อยกกว่าโปรแกรมอื่นเช่นกัน โดยในกรณีนี้โปรแกรม AIMSUN มีความสามารถสูงสุดในส่วนการจำลองสถานการณ์พื้นที่ก่อสร้าง โดยรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบความสามารถของแต่ละโปรแกรม

Function	CORSIM	PARAMICS	VISSIM	AIMSUN
Basic Functions				
Driving Behavior Distribution	x	x	x	-
Car Following Model	x	-	x	x
Lane Changing	x	-	x	x
Shoulder	-	-	-	-
Reserved Lanes	x	x	x	x
Vehicle Types	x	x	x	x
Curve	x	x	-	-
Detectors	x	x	x	x
Coordinate	x	x	x	x
3D Mode	-	x	x	x
Time Period	x	x	x	x
Roundabout Function				
Direct Roundabout Function	-	x	-	-
Curb (Krub)	-	x	-	-
Pedestrian	-	-	-	-
Yield Sign Position	x	-	x	x
Circular Island	-	x	-	-
Interchange Function				
Off Ramp	x	-	x	x
On Ramp	x	x	x	x
Auxiliary Lane	x	x	x	x
Painted C/D Lane	-	-	-	x
Work Zone Function				
Lane Blockage	x	x	x	x
Work Zone Length	x	x	-	x
Rubber Necking Factor	x	x	-	-
Work Zone Sign	x	x	x	-

(Chang et al, 2002)

Wan (2002) ทำการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจร 2 โปรแกรม คือ CORSIM กับ PARAMICS โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการในการนำเข้าสู่ข้อมูลและเปรียบเทียบความยากง่ายในการนำเข้าสู่ข้อมูล รวมทั้งวิเคราะห์ถึงความเหมือนและความแตกต่างของแบบจำลองทั้งสองโปรแกรมเพื่อเป็นแนวทางในการ

เลือกใช้ให้เหมาะสม ด้วยการนำเข้าตัวแปรที่ต่างกันแต่ทำการสร้างโครงข่ายด้วยข้อมูลทางกายภาพตัวเดียวกัน โดยพื้นที่ศึกษาเป็นโครงข่ายถนนในเมือง Chicago ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบด้วยทางแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร 24 จุด ทางแยกที่ไม่มีการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร 8 จุด ช่วงถนน 56 ช่วง และทางด่วน 2 เส้นทาง โดยใช้ข้อมูลในช่วงเวลา 17.00-18.00 น. จากการศึกษาพบว่า การใช้โปรแกรม CORSIM มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรเมื่อโครงข่ายที่ทำการศึกษานั้นมีขนาดใหญ่ สามารถเก็บข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางแยกได้โดยตรง และการพิจารณาลักษณะทางเรขาคณิตของโครงข่ายถนนไม่ใช่ปัจจัยหลักในการจำลองสภาพการจราจร ส่วนโปรแกรม PARAMICS มีความเหมาะสมเมื่อโครงข่ายที่ทำการศึกษามีขนาดเล็ก ค่าปริมาณการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination) ได้โดยตรง การจำลองโครงข่ายถนนมีขนาดเล็ก และผู้ใช้ต้องการวิเคราะห์อย่างละเอียดการปรับรูปแบบลักษณะทางเรขาคณิตของโครงข่ายมีความสำคัญอย่างมากกับความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลอง

Choa, Milam and Stanek (2003) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่เป็นที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย 3 โปรแกรม คือ CORSIM, PARAMICS และ VISSIM ในประเด็นต่าง ๆ ได้แก่ การนำเข้าข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลอง การสร้างโครงข่ายถนนในแบบจำลอง ความสอดคล้องของผลการจำลองกับผลการวิเคราะห์โดยใช้วิธีการของ Highway Capacity Manual (HCM) และการแสดงผลภาพเคลื่อนไหว เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรของวิศวกรจราจรและนักวางแผนการขนส่ง โดยทำการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรในโครงการปรับปรุงถนนทางหลวงหมายเลข 50 (Missouri Flat Road Interchange) ให้เป็น Single-Point Urban Interchange (SPUI) ซึ่งเป็นทางแยกต่างระดับรูปแบบใหม่ในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา จากการศึกษาโดยสรุปภาพรวมแล้ว พบว่าโปรแกรม PARAMICS และ VISSIM มีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสำรวจในสนาม หลักการทางวิศวกรรมจราจร และผลการทบทวนงานวิจัยของหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมากกว่าผลที่ได้จากโปรแกรม CORSIM นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลภาพเคลื่อนไหวได้ทั้งแบบสองและสามมิติ ในขณะที่ CORSIM สามารถแสดงผลได้เพียงสองมิติเท่านั้น แต่โปรแกรม PARAMICS มีข้อเสียที่ต้องใช้เวลาในพัฒนาแบบจำลองมากกว่าเนื่องจากแบบจำลองมีความละเอียดสูง

Lin (2003) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม PARAMICS VISSIM และ AIMSUN โดยใช้ทางแยกที่มีการจัดการจราจรเป็นวงเวียนเป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิศวกรขนส่งในการเลือกใช้โปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน โดยทำการเปรียบเทียบตั้งแต่กระบวนการในการพัฒนาแบบจำลองและการนำเข้าข้อมูลในตัวโปรแกรม จากนั้นทำการประเมินผลด้านสถิติที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม ได้แก่ ความยาวแถวคอย ปริมาณจราจร เวลาในการเดินทาง ความเร็ว และความหนาแน่น นอกจากนี้มีการนำหลักการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ในการประเมินประสิทธิภาพของแต่ละ

โปรแกรมเมื่ออยู่ในสถานะที่การจราจรหนาแน่นขึ้น โดยแบ่งกรณีศึกษาออกเป็น 3 กรณี ตามปริมาณการจราจร คือ 1) ปริมาณการเดินทางที่สมมติขึ้นเบื้องต้น 2) ปริมาณการเดินทางเพิ่มขึ้น 10% และ 3) ปริมาณการเดินทางเพิ่มขึ้น 30% ทั้งนี้เพื่อให้เห็นถึงความสม่ำเสมอของผลจากการประมวลผลเมื่อสภาพการจราจรอยู่ในสภาวะติดขัด จากผลการศึกษารูปได้ดังนี้ 1) ด้านฟังก์ชันในการสร้างและกระบวนการพัฒนาแบบจำลอง พบว่า PARAMICS เป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพและสามารถจำลองสภาพการจราจรบริเวณวงเวียนได้สะดวกและง่ายกว่า VISSIM และ AIMSUN และยังเป็นโปรแกรมเดียวที่สามารถนำเข้าข้อมูลการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทางด้วยวิธี OD Matrix ได้โดยตรง 2) ด้านประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจรในสภาวะติดขัด พบว่า VISSIM สามารถแสดงผลเมื่อมีการจราจรติดขัดได้ดีที่สุด 3) เมื่อทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวด้วยสถานการณ์ทั้งสามกรณี พบว่า PARAMICS ให้ค่าจากการประมวลผลโปรแกรมที่มีความสม่ำเสมอมากที่สุด โดยสรุปข้อดีและข้อด้อยของแต่ละโปรแกรมในกรณีการจำลองสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ข้อดีและข้อด้อยของแต่ละโปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน

	PARAMICS	VISSIM	AIMSUN
ข้อดี	<ol style="list-style-type: none"> มีฟังก์ชันในการสร้างวงเวียนได้โดยตรง สามารถปรับขอบปรับมุม (Curb) ได้โดยสะดวก สามารถปรับค่าต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและมีความสมจริง 	<ol style="list-style-type: none"> สามารถปรับตัวแปรได้อย่างละเอียด สามารถสร้างคนเดินเท้าได้ กำหนดตำแหน่งจุดให้ทางได้ สามารถแสดงผลสามมิติได้อย่างสมจริงและมีประสิทธิภาพ สามารถปรับช่องจราจรได้อย่างสะดวก ผู้ใช้สามารถดูความยาวของช่วงถนนได้โดยตรง 	<ol style="list-style-type: none"> สามารถใช้งานได้ง่าย ตัวแปรหลายตัวสามารถปรับค่าได้จากส่วนหน้าจอโดยตรง ฟังก์ชันหมุนโครงข่ายถนนทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ กำหนดช่องจราจรโดยการใช้เมาส์
ข้อด้อย	<ol style="list-style-type: none"> โปรแกรมค่อนข้างยุ่งยากในการใช้งานและการทำความเข้าใจเมื่อเทียบกับอีกสองโปรแกรม หากต้องการให้ได้ผลที่ถูกต้องเสมือนกับสภาพจริงต้องปรับขอบปรับมุมอย่างละเอียดซึ่งต้องใช้เวลา 	<ol style="list-style-type: none"> ไม่มีฟังก์ชันในการสร้างวงเวียนได้โดยตรง การสร้างวงเวียนมีความยุ่งยากซับซ้อน ไม่สามารถสร้างเกาะในวงเวียนได้ 	<ol style="list-style-type: none"> ไม่มีฟังก์ชันในการสร้างวงเวียนได้โดยตรง ไม่มีฟังก์ชันในการสร้างขอบโค้ง มีข้อจำกัดด้านการแสดงผล โครงข่ายและโครงสร้างที่จำลองมีความแตกต่างกับสภาพจริงอย่างมาก ไม่สามารถสร้างเกาะกลางได้

Zhi, Long and Homg (2005) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรม PARAMICS เวอร์ชัน 4.0 กับ GETRAM/AIMSUN เวอร์ชัน 4.1 เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้โปรแกรมของวิศวกรขนส่งและนักวางแผนขนส่งให้สามารถใช้โปรแกรมในการจำลองสภาพการจราจรให้เหมาะสม โดยใช้พื้นฐานจากประสบการณ์ที่ได้รับจากการใช้งานจริงในการสร้างโครงข่ายถนนของทางหลวงสายหลักและทางด่วนในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งประกอบด้วยทางด่วน ถนนสายหลัก 4 สาย ทางข้ามทางแยก 4 จุด และทางแยกที่มีการควบคุมด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร 13 จุด โดยโครงข่ายถนนประกอบด้วย 12 โซนการเดินทางเข้าออก โดยทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติ 6 ประการ ได้แก่ หน้าจอการใช้งาน (User Interface), ความสามารถในการสร้างโครงข่าย (Network Modelling), พฤติกรรมขับขี่ (Traffic Behaviour), ผลทางสถิติที่ได้จากแบบจำลอง (Statistical output), เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (Runtime performance) และคุณสมบัติพิเศษอื่น ๆ ที่เพิ่มเข้าไปในแบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรม GETRAM/AIMSUN แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างโครงข่ายถนนได้เป็นอย่างดี สามารถสร้างรถโดยสารประจำทาง และการจัดการจราจรบนทางด่วน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในทางกลับกันก็พบว่าโปรแกรม PARAMICS ก็มีข้อได้เปรียบ GETRAM/AIMSUN อยู่หลายประการ เช่น การแสดงผลที่มีความสมจริง รวมทั้งมีฟังก์ชันที่ครอบคลุมการทำงานด้านการจราจรและขนส่งมากกว่า เป็นต้น โดยสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรม PARAMICS Version 4.0 และ AIMSUN Version 4.1

	Evaluation Criteria	AIMSUN	PARAMICS
A. Graphical User Interface			
1	System Integration	★	★★★
2	Navigation	★★★	★★
3	Background Graphics	★★★	★★
4	Editing Options	★★★	★★
B. Network Modelling Capabilities			
1	Network Size Limit	★★★	★★★
2	Simulation Mode	★★★	★★
3	Nodes and Intersection	★	★★★
4	Links	★	★★★
5	Public Transport Modelling	★★★	★
6	Network Equipment	★★	★

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจรของโปรแกรม PARAMICS Version 4.0 และ AIMSUN Version 4.1 (ต่อ)

	Evaluation Criteria	AIMSUN	PARAMICS
C. Traffic Modelling			
1	Credibility of vehicle movement models	★ ★ ★	★ ★ ★
2	Traffic Demand Data	★ ★ ★	★ ★
3	Traffic Generation	★ ★	★ ★
4	Route Choice Models	★ ★ ★	★ ★ ★
D. Simulation Output			
1	Detail of Output	★ ★	★ ★ ★
2	Format of Print-out Output	★	★ ★ ★
3	Color Representation of Network Statistics	★ ★ ★	★
4	Dynamic Graphs	★	★ ★
E. Performance			
1	Run Time	★ ★ ★	★ ★
2	Program Integrity	★ ★ ★	★ ★
F. Other Considerations			
1	Application Programming Interface (API)	★	★ ★ ★
2	Technical Support	★ ★ ★	★ ★
3	Documentation	★ ★ ★	★ ★

Legend: ★ ★ ★ Very Good

★ ★ Acceptable

★ Needs Improvement

(zhi et al., 2005)

Boxill (2007) ได้ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสภาพการจราจรที่สามารถแสดงภาพในลักษณะสามมิติได้ เพื่อเป็นแนวทางสำหรับวิศวกรจราจรในการเลือกใช้โปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในการแก้ปัญหาด้านการจราจรและขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาได้ทำการทบทวนผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรที่สามารถแสดงภาพสามมิติ จากหลายๆ แหล่งที่มา เช่น อินเทอร์เน็ต บทความ หนังสือพิมพ์ แผ่นพับ คู่มือการใช้งาน และเอกสารเผยแพร่ต่างๆ โดยทำการวิเคราะห์โปรแกรมต่างๆ ดังนี้ คือ S-PARAMICS PARAMICS, VISSIM, AIMSUN, DYNASIM II และ CUBE DYNASIM ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองสภาพการจราจรแบบสามมิติทั้งหมดอยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะทั่วไป

(General features) นวัตกรรม (Innovations) การปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) และข้อจำกัดของแต่ละโปรแกรม (Limitations) จากผลการศึกษาผู้วิจัยได้แสดงถึงจุดเด่นของแต่ละโปรแกรดังนี้ 1) AIMSUN สร้างแบบจำลอง gap-acceptance behavior of drivers บนพื้นฐานของความล่าช้าซึ่งแบบจำลองอื่นไม่สามารถทำได้ 2) VISSIM สามารถสร้างแบบจำลองการขับขึ้นบริเวณทางแยกที่มีความซับซ้อนได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสามารถจำลองพฤติกรรมจอดรถริมถนนและการจอดรถสองข้างได้ (on-street parking behavior and Double Parking) 3) PARAMICS สามารถสร้างแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือสูงเนื่องจากใช้ปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทาง origin-destination matrices โดยตรง 4) DYNASIM เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและมีความเร็วในการประมวลผลสูงที่สุดไม่ว่าจะประมวลผลจำนวนครั้งเท่าไรก็ใช้เวลาในการประมวลผลเท่ากัน และมีความสามารถในการแสดงผลภาพเคลื่อนไหวสามมิติได้อย่างดีเยี่ยม 5) S-PARAMICS เหมาะกับการจำลองในพื้นที่กว้างและมีความสามารถในการจำลองระบบขนส่งสาธารณะได้ดี เช่น bus, tram และ light rail เป็นต้น 6) CUBE DYNASIM สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของยานยนต์แต่ละคันและจำลองพฤติกรรมการขับขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจได้อย่างสมจริง

Ratrouf and Rahman (2008) ได้ทำการศึกษาคุณลักษณะและความสามารถของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อเลือกโปรแกรมที่มีความเหมาะสมในการจำลองสภาพการจราจรภายใต้สภาวะของประเทศซาอุดีอาระเบีย ในการศึกษานี้ได้ทำการทบทวนและเปรียบเทียบคุณลักษณะของในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคและมหภาค โดยเน้นที่การจัดการบนทางด่วน (Freeway) การจัดการการจราจรติดขัดในเขตเมือง (Urban congested networks) ระดับการปลดปล่อยมลพิษ (Project-level emission modeling) และการประมาณค่าความจุและความล่าช้า (Variations in delay) จากการศึกษาพบว่า โปรแกรม AIMSUN, CORSIM และ VISSIM มีความเหมาะสมสำหรับการจัดการจราจรบริเวณที่มีการจราจรติดขัดบนถนนสายหลักและทางด่วน โดยที่โปรแกรม AIMSUN มีความเหมาะสมในการสร้างโครงข่ายในเมืองขนาดใหญ่ ขณะที่แบบจำลองของโปรแกรม PARAMICS, INTEGRATION และ CORSIM มีประสิทธิภาพในการจำลองระบบขนส่งอัจฉริยะได้อย่างดี

3. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจร

โปรแกรม PARAMICS เป็นโปรแกรมที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาแบบจำลองระดับจุลภาค เนื่องจากประยุกต์ใช้ในการจัดการจราจรได้อย่างหลากหลาย มีฟังก์ชันการใช้งานที่ครอบคลุม รวมทั้งสามารถจำลองและแสดงผลตัวชี้วัดได้อย่างละเอียดถึงพฤติกรรมรถขับขึ้นของยาน โดยสรุปการทบทวนผลการศึกษาที่ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจร ดังแสดงในตารางที่ 9 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9 การทบทวนผลการศึกษาด้านการใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจร

ลำดับที่	การประยุกต์ใช้ในการจัดการจราจร	พื้นที่ศึกษา	การศึกษา	ตัวแปรที่ใช้ในการปรับเทียบ/ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
1	การปรับปรุงทางด่วน	San Francisco, U.S.A.	Gardes, Y., May A.D., Dahlgren, J. and Skabardonis, A. (2002). Freeway Calibration and Application of the Paramics Model.	Headway/Reaction time
2	การควบคุมการเข้าถึงถนนสายหลัก	California, U.S.A	Liu, H., Chu, L. and Recker, W. (2004). Performance Evaluation of ITS Strategies Using Microscopic Simulation.	-
3	วิเคราะห์การประสิทธิภาพการทำงานของเวียน	Island Park, Ottawa	Okeith, T. (2004). Evaluation of performance of modern roundabouts using paramics micro-simulation model.	Headway/Reaction time
4	จัดการจราจรบนวงแหวนแยกตามแนวถนนทางหลวง	California, U.S.A.	Liu, H. X., Ding, L., Ban, J.X., Chen, A., and Chooiman, P. (2005). A Streamlined Network Calibration Procedure for California SR41 Corridor Traffic Simulation Study.	Headway/Reaction time
5	พัฒนาระบบเบี่ยงช่องทางจราจร	New Jersey, U.S.A.	Bartlin, K.Ozbay, O.Yamamz and N.Rathi. (2005). Modeling and Simulation of an Unconventional Traffic Circle.	-
6	พัฒนาระบบที่เกิดจากการพัฒนาโครงข่ายถนน	Edinburgh, Scotland.	Ove Arup & Partners Scotland Ltd. (2007). Paramics model calibration and validation.	-
7	ประเมินทางเลือกบริเวณเวียน	ขอนแก่น	พนมดงชุม คลังคุณคลัง, ธีระชัย คงปรีชญ และ Woolley, J. (2546) การประเมินทางเลือกในการจัดการระบบการจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS	Headway/Reaction time
8	ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมอาคารจอดรถ	กรุงเทพฯ	วิจิตรา วิษสังข์. (2546). การพัฒนาระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรในสภาพแวดล้อมที่	Headway/Reaction time
9	ทำการศึกษาผลกระทบการจัดการจราจรในระบบทางพิเศษ	กรุงเทพฯ	วิจิตรา วิษสังข์ และ เกษม สุชากร. (2547). การประเมินแนวทางการจัดการจราจรในระบบทางพิเศษโดยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.	Headway/Reaction time
10	ทำการศึกษาผลกระทบการจัดการจราจรในระบบทางพิเศษ	กรุงเทพฯ	วิจิตรา วิษสังข์. (2548). ผลกระทบของมาตรการช่องทางพิเศษและการควบคุมเข้าต่อการจราจรบนระบบทางพิเศษในเขตกรุงเทพมหานคร.	Headway/Reaction time
11	ศึกษาผลกระทบกรณีศึกษาโครงการอาคารจอดรถแล้ว	กรุงเทพฯ	สุนงทา หวังโพธิ์. (2549). การประเมินผลกระทบด้านจราจรโดยใช้โปรแกรม PARAMICS กรณีศึกษาโครงการอาคารจอดรถแล้วสถานีลาดพร้าว.	Headway/Reaction time
12	ประเมินทางเลือกในการปรับปรุงเวียน	ขอนแก่น	จารุวัสดี ปราบณคดี, ธีระชัย คงปรีชญ และ คลังคุณคลัง (2549). การประเมินประสิทธิภาพของการปรับปรุงโครงข่ายถนนบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยใช้ PARAMICS.	Headway/Reaction time
13	ประเมินระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบพื้นที่	กรุงเทพฯ	Jansawan, S (2001). Assessment of Area Traffic Control System in Bangkok by the Microscopic Simulation Model.	Headway/Reaction time
14	การขยับจัดการจราจรบนถนนสายท้องถิ่น	ขอนแก่น	Klunghoonkrom, P. and Woolley, J. (2003) Modelling the environmental adaptation of a collector road in an area of high pedestrian activity in the City of Khon Kaen.	Headway/Reaction time
15	พัฒนาระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง	ขอนแก่น	Prabhuwats, J. (2006). Using of Version 2.1 and SIDRA and Version 5.1 PARAMICS in the Development of Traffic Signal Coordination on Sri-Jan Road, Khon Kaen City, Thailand.	Headway/Reaction time
16	ประเมินการวางแผนในการก่อสร้างเส้นทาง BRT	ขอนแก่น	Saitemam, T. (2007). Study on Planning Approach for Bus Rapid Transit Implementation Dealing with Limited Conditions from Asian Cities Perspective.	-

4. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจรในต่างประเทศ

Gardes, May, Dahlgren and Skabardonis (2002) ได้ทำการศึกษาและทำการประเมินความสามารถของแบบจำลองระดับจุลภาคที่ใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์การปรับปรุงทางด่วน (Freeway) หมายเลข 680 ในเมือง San Francisco, U.S.A. การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและเสนอแนะกระบวนการพัฒนาแบบจำลองด้วยโปรแกรม PARAMICS ในเชิงลึกก่อนนำแบบจำลองมาวิเคราะห์ทางเลือกในการปรับปรุง ซึ่งกระบวนการพัฒนาแบบจำลองแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก โดยส่วนแรกได้อธิบายถึงกระบวนการในการพัฒนากระบวนการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) โดยใช้สองตัวแปรเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้ขับขี่ คือ เวลาห่าง (Headway) และเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.0 วินาที และ 0.6 วินาที ตามลำดับ และส่วนที่สองคือทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) โดยใช้ตัวแปร คือ ความเร็ว (Speed) กับปริมาณจราจร (Volume) หลังจากปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยใช้ตัวแปรดังกล่าวข้างต้น แบบจำลองที่ได้ถูกประยุกต์ใช้เพื่อประเมินความเหมาะสมของทางเลือกในการปรับปรุงสภาพการจราจร 3 ทางเลือก คือ 1) Ramp metering, 2) Auxiliary lanes และ 3) High occupancy vehicle lane (HOV lane) จากการศึกษาพบว่า กรณีของ Ramp metering เมื่อมีตัวตรวจจับความยาวแถวคอย (Queue detector) สามารถทำให้ให้ความเร็วเฉลี่ยของทางด่วนเพิ่มขึ้นจาก 39 ไมล์ต่อชั่วโมง เป็น 43 ไมล์ต่อชั่วโมง แต่ทำให้ความยาวแถวคอยบนทางเข้าทางด่วนเพิ่มขึ้นจาก 420 เป็น 818 คัน และในกรณีที่ไม่มีตัวตรวจจับความยาวแถวคอย สามารถทำให้ให้ความเร็วเฉลี่ยของทางด่วนเพิ่มขึ้นเป็น 53 ไมล์ต่อชั่วโมง แต่ทำให้ความยาวแถวคอยบนทางเข้าทางด่วนสูงถึง 2477 สำหรับกรณี Auxiliary lanes สามารถช่วยลดเวลาในการเดินทางได้เพิ่มขึ้นตามระยะทางของช่องจราจร เฉพาะที่ยาวขึ้น และกรณี HOV lane ที่ทำการทดสอบเพิ่มค่าจำนวนของผู้ใช้ Carpool lane จากร้อยละ 5 ถึง 20 พบว่าค่าที่ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 20 ซึ่งสามารถทำให้เวลาในการเดินทางเฉลี่ยลดลงร้อยละ 36.3

Liu, Chu and Recker. (2004) ได้ทำการศึกษาการควบคุมการเข้าถึงถนนสายหลักผ่านทางเชื่อม (Ramp) ที่ต่อเนื่องกันตามแนวโครงข่ายถนนสายหลักใน California, U.S.A. โดยการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม PARAMICS และมีการเขียนโปรแกรมเสริม API เพื่อเพิ่มความสามารถของโปรแกรม PARAMICS ให้สามารถสร้างแบบจำลองได้สมจริงยิ่งขึ้น การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพจากการใช้ระบบการขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent transport system, ITS) ซึ่งระบบ ITS ที่ใช้ประกอบด้วย 1) การปรับปรุงทางเชื่อมยกระดับจากถนนสายรองและการจัดการทางเชื่อมยกระดับเชื่อมโยง (Coordinated ramp) บนถนนทั้งสายหลัก 2) การปรับปรุงระบบแจ้งข้อมูลแก่ผู้เดินทาง (Traveler information system) และ 3) การปรับปรุงระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร ประเมินผลโดยสร้างทางเลือกทั้งหมด 8 ทางเลือก ซึ่งแต่ละทางเลือกจะทำการสุ่มองค์ประกอบของ ITS ที่แตกต่างกันไป โดยแบบจำลองใช้ช่วงเวลา

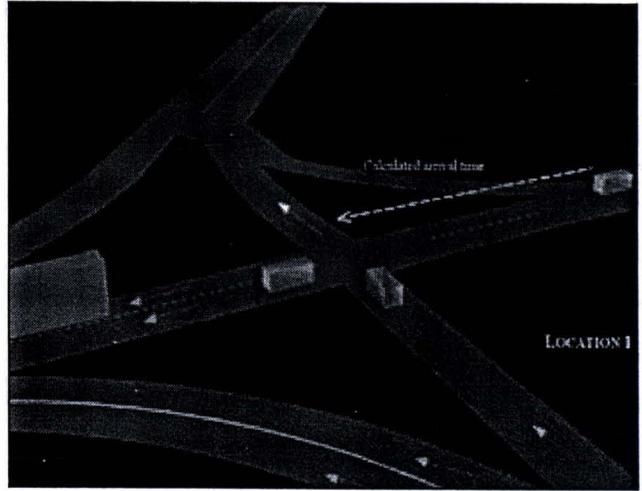
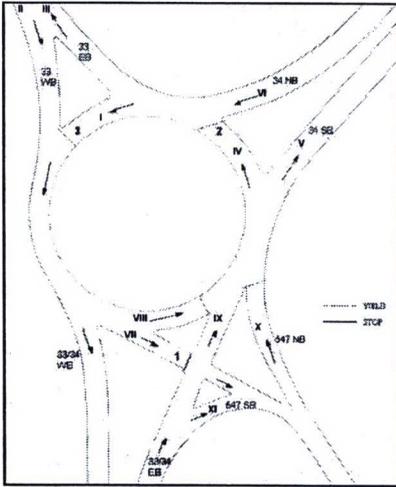
เร่งด่วนตอนเช้า (Morning peak hours) จาก 5.45 น. ถึง 10.00 น. ซึ่ง 15 นาทีแรกของการจำลองจะไม่ถูกนำมาประมวลผลเนื่องอยู่ในช่วง “Warm-up Period” ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ให้ค่าต่างๆคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง ใช้ปริมาณจราจรและเวลาในการเดินทางในการปรับเทียบแบบจำลอง และใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของแต่ละทางเลือกคือ 1) Vehicle Hour Traveled (VHT) 2) ความเร็วในการเดินทางตลอดช่วงที่ทำการจำลอง (AMTS) 3) ความเร็วในการเดินทางในช่วงการจราจรติดขัด (peak-AMTS) 4) ความล่าช้าบน Ramp (Total on-ramp delay, TOD) 5) ร้อยละของเวลาของแถวคอยที่จะออกจากทางหลักสู่ถนนสายย่อย (Time percentage of the on-ramp queue spillback to the local streets, POQS) 6) ความเร็วเฉลี่ยบนทางหลัก (Average travel time of an arterial, ATT) จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบจากทุกทางเลือกแล้วทางเลือกที่ 8 ที่รวมเอาการจัดการการเข้าถึงถนนสายหลักด้วยการทำทางเชื่อมยกระดับบนถนนสายรอง และควบคุมการเข้าถึงด้วยระบบสัญญาณไฟจราจร และสมมติว่าแจ้งข้อมูลแก่ผู้ขับช้ได้ 20% ไปพร้อมกันทั้ง 3 องค์ประกอบเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ดีที่สุด

Oketch, Delsey and Robertson (2004) ได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ในสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรในการวิเคราะห์การประสิทธิภาพการทำงานของวงเวียน โดยเลือกวงเวียนบนทางหลวง 417 E-NS off-ramp ใน Island Park, Ottawa มีวัตถุประสงค์ของการแสดงขั้นตอนวิธีการสร้างวงเวียนสมัยใหม่ในแบบจำลองเปรียบเทียบกับการใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรในการควบคุม ในการเก็บข้อมูลได้แบ่งยวดยานเป็นหลายประเภทโดยขึ้นอยู่กับขนาดและความสามารถของแต่ละยวดยาน ได้แก่ Car Bus/Coach Light goods vehicle Straight Truck และ Truck with trailer การปรับเทียบผลที่ได้ของแบบจำลองทำการเปรียบเทียบผลการประมวลผลแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาพสนามโดยใช้ GEH static เปรียบเทียบผลปริมาณจราจรต่อชั่วโมงเท่านั้น จากการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบการใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรกับการใช้วงเวียน พบว่า PARAMICS สามารถสร้างแบบจำลองได้ทั้งวงเวียนและทางแยกสัญญาณไฟจราจรได้เป็นอย่างดี ภายใต้สามข้อแตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงเวียน 20 30 และ 40 เมตร ได้ถูกจำลองและเปรียบเทียบกับการใช้ระบบสัญญาณไฟจราจรควบคุม พบว่า ผลการปรับปรุงโดยรวมจากทางไปเป็นวงเวียนช่วยลดความล่าช้าได้ตั้งแต่ 6 - 15 วินาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้วงเวียนมีประสิทธิภาพในการให้บริการดีกว่าการควบคุมด้วยสัญญาณไฟจราจร แต่อย่างไรก็ตามพบว่าขนาดของวงเวียนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความล่าช้าเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน

Liu, Ding, Jeff, Ba, Chen and Chootinan (2005) ทำการศึกษาถึงขั้นตอนการปรับเทียบและผลลัพธ์สำหรับโครงข่ายขนาดใหญ่ บนช่วงทางแยกตามแนวถนนทางหลวงสาย SR41 Fresno, California มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์จากการวางแผนควบคุมการจัดการช่วงทางแยกหลายๆทางแยก โดยทำการเก็บข้อมูลปริมาณการเดินทาง และข้อมูลด้านประสิทธิภาพด้านการจราจร เช่น ปริมาณจราจร เวลาในการเดินทาง ความเร็ว เป็นต้น ในการปรับเทียบ

ประกอบด้วยการปรับเทียบค่า ตารางปริมาณการเดินทาง ตัวแปรการเลือกเส้นทาง ช่วงเวลาห่างเวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา และระยะห่างป้ายเตือน โดยใช้เกณฑ์ในการปรับเทียบคือค่า GEH ซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่า 5 และผ่านเกณฑ์โดยภาพรวมทั้งโครงข่ายมากกว่า 85% และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับ PME (Pattern Matrix Estimate) ปริมาณจราจร เวลาในการเดินทาง และ Speed contour map ผลการศึกษาพบว่า ผลการปรับเทียบมีความถูกต้องใกล้เคียงและสมเหตุสมผล สามารถนำผลการวิเคราะห์ที่ใช้ในการจัดการในการปรับปรุงและลงทุน และ การศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางในการในการวางแผนและการศึกษาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันในอนาคต

Bartin, Ozbay, Yanmaz and Rathi (2005) ทำการศึกษาและพัฒนาสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรของวงเวียน Collingwood ใน New Jersey, U.S.A. โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลอง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการประมวลผลจากการใช้โปรแกรม PARAMIC เพียงอย่างเดียวและ PARAMICS ที่เขียนคำสั่ง API (Application Programming Interface) โดยสำรวจข้อมูลจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนช่วงบ่าย ตั้งแต่ 15.00 - 17.00 น. ด้วยวิธีการใช้กล้องวิดีโอแล้วจึงนำไปแยกข้อมูลในภายหลัง ข้อมูลที่ทำการสำรวจประกอบด้วย (1) ปริมาณจราจรแยกสี่ดส่วนรถบรรทุกและรถยนต์ส่วนบุคคล (2) เวลาในการเข้าสู่ทางแยก (3) เวลารอคอยบริเวณทางแยก และ (4) ช่วงเวลาห่างที่ต้องการ (Gap acceptance/rejection) โดยใช้เวลาในการรอคอยเฉลี่ย (Average wait time) และช่วงเวลาในการเข้าสู่ทางแยก (Average interarrival times) เป็นตัวเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับผลสำรวจในสนาม โดยใช้ ตัวแปรที่ใช้ในการปรับเทียบ คือ ช่วงเวลาห่าง และเวลาการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา ซึ่งปัญหาหลักของการศึกษานี้อยู่ที่สภาพทางกายภาพของวงเวียนในพื้นที่ศึกษาซึ่งไม่เหมือนกับวงเวียนปกติทั่วไป (ภาพที่ 9) คือมีการสร้างถนนที่ให้เดินรถทางเดียวเชื่อมติดกันก่อนถึงวงเวียน ทำให้รถยนต์ต้องหยุดเพื่อรอช่องว่าง (Gap) ก่อนเข้าสู่วงเวียนซึ่งเป็นผลให้ไหลของกระแสจราจรไม่ต่อเนื่องเหมือนกับวงเวียนโดยทั่วไป ดังนั้นผู้ศึกษาจึงได้จำลองพฤติกรรมที่ยอมรับหรือปฏิเสธช่องว่างระหว่างรถยนต์ (Gap Acceptance/Rejection) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลอย่างมากต่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ที่เขียนคำสั่ง API เพื่อเพิ่มความสามารถของโปรแกรม PARAMICS ให้สามารถจำลองพฤติกรรมแทรกตัวของรถยนต์เข้าสู่วงเวียนได้อย่างสมจริงยิ่งขึ้น จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรโดยใช้โปรแกรม PARAMICS กับแบบจำลองที่ใช้โปรแกรม PARAMICS ที่มีการเขียน API โดยใช้เวลาเฉลี่ยที่ต้องรอคอย (Average Wait Time) ก่อนที่จะขับผ่านทางเชื่อมที่ติดกันดังกล่าวเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าค่าของแบบจำลองที่ใช้ API มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่เก็บจริงในสนามเพียง 0.5 - 14% ใกล้เคียงมากกว่าแบบจำลองที่ไม่ใช้ API ที่คลาดเคลื่อนไปกว่า 53%



ภาพที่ 9 การจำลองสภาพการจราจรบริเวณที่ไม่เป็นปกติ (วงเวียน Collingwood)
(Bartın et al., 2005)

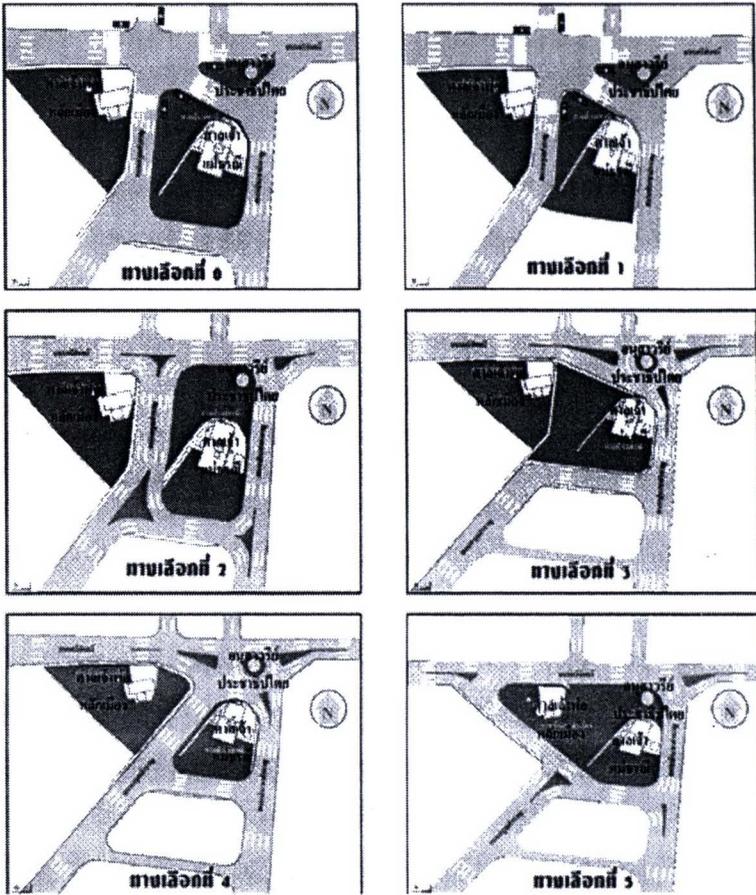
Ove Arup & Partners Scotland Ltd (2007) ทำการศึกษาผลกระทบด้านการจราจรที่เกิดจากการพัฒนาโครงข่ายถนน โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจรใน leith Docks, Edinburgh ประเทศ Scotland โดยใช้ข้อมูลในการจำลองในเวลาช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า 08.00-09.10 และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น 16.40-17.40 น. ทำการจำลองช่วงถนนทั้งหมด 9 สาย ในโครงข่ายถนนประกอบด้วยการจัดการระบบสัญญาณไฟจราจร และเส้นทางรถโดยสารประจำทาง โดยในการประมาณค่าปริมาณการเดินทางจากต้นทางถึงปลายทางใช้ส่วนของ Paramics estimation module ส่วนการปรับเทียบทำได้โดยใช้ ลักษณะของลิงค์/โครงข่าย (Link Type/Network) พฤติกรรมยานพาหนะ/ผู้ขับขี่ (Vehicle/Driver Behavior) และการควบคุมการจราจร โดยทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองด้วยการเปรียบเทียบค่าปริมาณจราจรบนเส้น Screen Line ปริมาณการจราจรที่ทางแยก และความยาวแถวคอยที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองกับค่าที่ได้จากการสำรวจ โดยใช้เกณฑ์ที่ยอมรับได้ในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอ้างอิงจาก Design Manual for Roads and Bridges (DMRB), volume 12 ใช้ค่า GEH เป็นตัวชี้วัดความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจกับผลที่ได้จากการประมวลผลในแบบจำลองซึ่งต้องมีค่าน้อยกว่า 5 (ต่อปริมาณจราจรในหนึ่งชั่วโมง) และแบบจำลองที่ได้จะถูกนำมาใช้คาดการณ์ผลกระทบเมื่อมีการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งมีการปรับปรุงระบบขนส่งสาธารณะ จากการศึกษาพบว่า ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้ามีค่า GEH เฉลี่ยเท่ากับ 1.8 และ 2.6 ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ในขณะที่ผลการปรับเทียบความยาวแถวคอยมีความสอดคล้องกับผลการสำรวจเป็นอย่างดี ซึ่งแบบจำลองที่ได้ปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องจนมีความ



คลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถใช้ในการประเมินผลกระทบด้านการจราจรในอนาคตจากการพัฒนาหลาย ๆ ด้านได้อย่างเหมาะสม

5. การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจัดการจราจรในประเทศไทย

พนักถุชณ คลัษงบุณครอง และธึรชัษ คมปรัชณู (2546) ได้ทำศึกษาการประเมินทางเลือกในการจัดการระบบจราจรบริเวณท่าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัตขอนแก่น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS เพือหาทางเลือกที่มีความเหมาะสมและมีประลึทธิภาพในการแก้ปัญหการจราจรติดชดั ความชดัแย้งกันของยวดยานในกระแสจราจร ปัญหาคความปลอดภัยด้านการจราจร ความล่าช้าในการเดินทาง และลดแถวคอย ซึ่งโปรแกรม PARAMICS ได้ถูกเลือกนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินและเปรียบเทียบทางเลือกต่าง ๆ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ทางเลือก (ดังแสดงในรูปที่ 10) โดยจะทำการรังวัดเพือทำแผนทีบริเวณพื้นที่ศึกษา สำรวจังหวะและรอบลััญญณไฟ ปริมาณจราจรและข้อมูลการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปย้งจุดปลายทาง และใช้วัธีการบันทึกหมายเลขทะเบียนเพือนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการหาปริมาณจราจรที่เข้าและออกจกพื้นที่ย่อยโดยแยกประเภทของยวดยานในแต่ละทิศทางเป็นประเภทต่าง ๆ คึอจักรยาน สามล้อครึอง จักรยานยนต์ รถเก้ง รถปคัอพ รถแวน รถตุ้ รถสองแถว 4 ล้อ รถสองแถว 6 ล้อ รถบัสขนาดกลาง รถบัสขนาดใหญ่รถบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ รถพ่วง และอื่น ๆ (สำหวักับการนับปริมาณจราจรบนชัวงถนน) และ รถจักรยานยนต์ รถสามล้อครึอง/รถยนต์ 4 ล้อ รถ 6 ล้อ รถบัสขนาดใหญ่ และรถบรรทุกขนาดใหญ่ (สำหวักับการนับปริมาณจราจร ณ ทางแยก) จกนั้นนำไปสร้างเป็นตารางการเดินทาง จากจุดเริ่มต้นไปจุดปลายทาง (OD Matrix) ในโปรแกรม PARAMICS ซึ่งการสร้างแบบจำลองใช้ค่า Headway และ Reaction Time เท่ากับ 1.9 และ 0.6 วินาที ในการปรับเทียบและตรวจสอบความถูกต้องแบบจำลองกับค่าปริมาณจราจร จากตัวชี้วัดประลึทธิภาพการจราจรใช้ค่า เวลาที่ใช้ในการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Time) ความล่าช้าเฉลี่ย (Average Delay) ผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่ 2 คึอการตัดถนนใหม่ด้านหลังศาลเจ้าแม่ธรณีเป็น 4 ชัองจราจร แล้วรวมพื้นที่อนุสาวรีย์ประชาธิปไตยกับศาลเจ้าแม่ธรณีให้เป็นผืนเดียวกัน และจัดการจราจรให้เป็นวงเวียนขนาดใหญ่และยกเล็กลััญญณไฟจราจร เป็นรูปแบบที่ช่วยลดโอกาสที่จะก่อให้เกิดความชดัแย้งและการเกิดอุบัติเหตุการจราจรได้มากที่สุด ในกระบวนการศึกษาให้เปิดโอกาสให้กลุ่มผู้ที่ได้รับผลกระทบต่าง ๆ นักลัองแถวล้อม นักลัองคมาศัตร์ นักผังเมือง วิศวกรจราจรและขนส่ง และผู้บริหารมีอำนาจการตัดสินใจเข้ามาพิจารณาเลือกโครงการนอกเหนือจากการพิจารณาผลกระทบทางด้านจราจรเพียงอย่างเดียว เพือให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมมีประลึทธิภาพและเป็นที่ยอมรับมากที่สุด ผลการวิเคราะห์ประเมินทางเลือกในการจัดการจราจรบริเวณท่าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง ดังแสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 10 แนวคิดในการปรับปรุงห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง
(พนกฤษณ คลังบุญครอง และธีรชัย คมปรัชญา, 2546)

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์จำนวนจุดขัดแย้ง เวลาการเดินทาง และความล่าช้า

ทางเลือก	จุดขัดแย้ง				เวลาเดินทาง เฉลี่ย (วินาที/คัน)	ความล่าช้า เฉลี่ย (นาທີ/คัน)
	ตัดกัน	รวมกัน	แยกกัน	สลับกัน		
ไม่ทำอะไรเลย	6	8	12	1	253	143
ทางเลือกที่ 0	16	12	15	2	286	239
ทางเลือกที่ 1	4	4	7	1	356	228
ทางเลือกที่ 2	0	17	17	32	256	133
ทางเลือกที่ 3	10	14	13	2	585	138
ทางเลือกที่ 4	23	23	21	2	329	270
ทางเลือกที่ 5	3	18	18	31	355	195

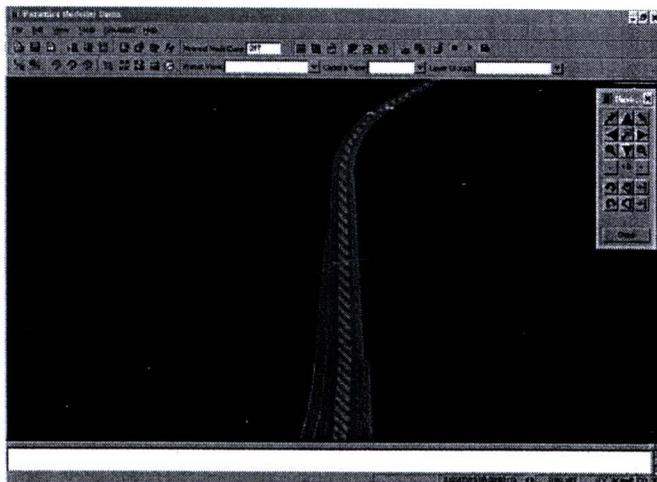
(พนกฤษณ คลังบุญครอง และธีรชัย คมปรัชญา, 2546)

ทวี วิชัยเมธาวิ (2546) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการพัฒนาวิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจรสำหรับสภาพการจราจรอึมตัวและอึมตัวมาก มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบด้านการจราจรก่อนและหลังมีอาคารจอดรถของทางรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (สถานีลาดพร้าว) บริเวณแยกรัชดาลาดพร้าว กรุงเทพฯ ที่มีต่อทางแยกและถนนในโครงข่ายที่ศึกษา โดยเขียนโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface, API) เพิ่มเติมเข้าไปในตัวโปรแกรม PARAMICS เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำลองสภาพการจราจร โดยมีหลักการในการพัฒนาวิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจร คือ การปรับรอบสัญญาณไฟให้สอดคล้องกับข้อมูลการจราจรแบบทันกาล (Real Time) เพื่อลดการเกิดแถวคอยบริเวณทางแยก ในการศึกษาที่ใช้ช่วงเวลาห่างและเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยาในการปรับเทียบผลของแบบจำลองกับตัววัดประสิทธิภาพของการควบคุมการจราจร ได้แก่ จำนวนยวดยานที่ตกค้างในโครงข่าย จำนวนยวดยานที่ออกจากโครงข่าย ความเร็วเฉลี่ย เวลาหยุดนิ่ง ระยะทางที่ยวดยานวิ่งบนโครงข่ายรวม (คัน-กิโลเมตร) ระยะเวลาที่ยวดยานใช้ในโครงข่าย (คัน-ชั่วโมง) และเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ผลการศึกษาพบว่าความล่าช้ารวมทั้งระบบในปีที่วิเคราะห์ จะมีค่าลดลงเมื่อโครงข่ายมีการเปิดใช้อาคารที่จอดรถ เช่น กรณีที่ 3 ความล่าช้าลดลง 3.88%, กรณีที่ 4 ความล่าช้าลดลง 30.82% และกรณีที่ 5 ความล่าช้าลดลง 48.70% จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า การปรับรอบสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้นสามารถช่วยบรรเทาสภาพจราจรติดขัดได้ดี โดยวิธีควบคุมสัญญาณไฟแบบตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจราจรเป็นวิธีควบคุมที่ให้ประสิทธิภาพดีกว่าวิธีควบคุมสัญญาณไฟแบบคงที่ และวิธีควบคุมสัญญาณไฟแบบตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจราจรโดยใช้ดัชนีความยาวแถวคอยสูงสุดจัดแบ่งช่วงเวลาสัญญาณไฟเขียว ในสภาพจราจรอึมตัวมาก วิธีควบคุมนี้ก็มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีใช้ความยาวรอบสัญญาณไฟสั้นและวิธีใช้พื้นที่ว่างหลังแถวคอย

วิจิตรา วัชสังค์ และ เกษม ชูจารุกุล. (2547) ได้ทำการศึกษามาตรการการจัดช่องจราจรบนระบบทางพิเศษศรีรัชซึ่งเชื่อมต่อกับบริเวณทางแยกต่างระดับพญาไทแล้วไปเชื่อมต่อกับทางพิเศษเฉลิมมหานคร บริเวณบางโคล่ ระยะทาง 9.4 กิโลเมตร ช่วงถนนมีขนาด 3 ช่องจราจร ครอบคลุมด้านเก็บค่าผ่านทางหัวลำโพง ยมราช และอรุณพงษ์ โดยการพัฒนาแบบจำลองทางด้านการจราจรด้วยโปรแกรม PARAMICS การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสถานการณ์การจัดการจราจรบนระบบทางพิเศษที่มีความเหมาะสมที่สุด โดยการปรับเทียบแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ใช้ ระยะเวลาห่าง และเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยาเป็นตัวแปรในการปรับเทียบ โดยผลที่ได้จากการปรับเทียบใช้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองกับผลการสำรวจความเร็วเฉลี่ยของยวดยาน ซึ่งการจำลองสถานการณ์การจัดการจราจรสำหรับรถโดยสารประจำทาง มีการปรับเปลี่ยนสัดส่วนของรถโดยสารประจำทางและมีการใช้ API ช่วยในการสร้างระบบสัญญาณไฟจราจรในการควบคุมรถโดยสารประจำทางเพื่อให้แบบจำลองมีความสมจริงมากขึ้น ทั้งนี้มีการออกแบบทางเลือกในการจัดการจราจร 5 ทางเลือก ได้แก่ 1) สถานการณ์ไม่มี

เงื่อนไขใด ๆ 2) การจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทางซึ่งรถประจำทางจะใช้หรือไม่ก็ได้ 3)การจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทางและให้สัดส่วนรถประจำทางเข้าใช้ 100% 4)การจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทางและให้สัดส่วนรถประจำทางเข้าใช้ 80% 5)การจัดช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถประจำทางและให้สัดส่วนรถประจำทางเข้าใช้ 60% ในการประเมินถึงผลที่จะเกิดกับระบบโดยรวมใช้ตัวชี้วัด เช่น เวลาในการเดินทาง ความเร็ว และปริมาณจราจร เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าจากการประมวลผลของแบบจำลองสถานการณ์ที่ 2 ถึง 5 มีความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากสถานการณ์ที่ 1 เท่ากับ 8.4, 17.4, 17.0 และ 7.5 กม./ชม. ผลการศึกษาสรุปได้ว่าสถานการณ์ที่ 3 ที่กำหนดให้รถประจำทางทั้งหมดใช้ช่องจราจรเฉพาะเป็นสถานการณ์ที่ดีที่สุดซึ่งทำให้ความเร็วของยานเพิ่มขึ้นและลดเวลาการเดินทางได้อย่างมีนัยสำคัญ

วิจิตรา รัชสังค์ (2548) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในระดับจุลภาคเพื่อจำลองการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร (ระบบทางด่วนขั้นที่ 1) ทางพิเศษศรีรัช (ระบบทางด่วนขั้นที่ 2) เฉพาะส่วน A B และ C และทางพิเศษฉลองรัช (ระบบทางด่วนสายรามอินทรา-อาจณรงค์) เพื่อพัฒนาแบบจำลองและประเมินทางเลือกที่เหมาะสมในการจัดช่องทางพิเศษ (High Occupancy Vehicle Lane) และการควบคุมทางเข้าทางพิเศษ (Ramp Metering) โดยใช้โปรแกรม PARAMICS (ภาพที่ 11) ในการจำลองสภาพการจราจร และใช้ API เพิ่มประสิทธิภาพการจำลองการจัดการระบบสัญญาณไฟจราจรเพื่อควบคุมการเข้าทางพิเศษ โดยทำการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 5 สถานการณ์ 1) ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 2 คน (2+) ห้ามรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ 2) ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 3 คน (3+) ห้ามรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ 3) ช่องทางพิเศษสำหรับรถโดยสารประจำทางเท่านั้น 4) ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 2 คน(2+) และรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ 5) ช่องทางพิเศษสำหรับยานพาหนะที่มีผู้ร่วมทางอย่างน้อย 3 คน (3+) และรถโดยสารประจำทางใช้ช่องทางพิเศษ 6) สถานการณ์ปัจจุบันที่ไม่มีมาตรการการจัดช่องทางพิเศษ โดยในการเปรียบเทียบแบบจำลองใช้เวลาห่าง (headway) และเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction Time) เป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบ และใช้เวลาในการเดินทางและความเร็วสำหรับเปรียบเทียบผลและเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพของระบบการจัดการจราจร จากการศึกษาสรุปผลได้ว่าการจัดมาตรการช่องทางพิเศษทั่วทั้งระบบโครงข่ายทางพิเศษไม่ได้ให้ผลทางด้านจราจรที่ดีขึ้น ในขณะที่การจัดสัญญาณไฟควบคุมทางเข้าระบบที่มีการคัดเลือกพื้นที่ศึกษาที่ประสบปัญหาจราจรในการติดตั้งสัญญาณไฟควบคุมสามารถปรับปรุงสภาพการจราจรให้ดีขึ้นที่ทุกระดับปริมาณจราจรที่เข้าใช้ทางพิเศษ และในกรณีที่มีการจัดมาตรการทั้งสองประเภทร่วมกันผลจากการดำเนินมาตรการสามารถปรับปรุงสภาพจราจรให้ดีขึ้นได้เฉพาะในช่วงที่มีระดับปริมาณจราจรเข้าระบบน้อยกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 30 ถึงระดับที่มีปริมาณจราจรสูงกว่าระดับที่ทำการศึกษาร้อยละ 10 (-30 ถึง +10 เปอร์เซนต์)



ภาพที่ 11 ลักษณะของแบบจำลองการจัดช่องทางพิเศษโดยโปรแกรม PARAMICS

สมณฑา หรั่งโพธิ์ (2549) ทำการศึกษาผลกระทบด้านการจราจรที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรณีศึกษาโครงการอาคารจอดแล้วจรที่สถานีลาดพร้าวของการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย โดยใช้โปรแกรม PARAMICS ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการให้บริการแก่กระแสดูจราจรของโครงข่ายถนนที่ทำการศึกษ โดยทำการจำลองสภาพการจราจรแบบจุลภาคเปรียบเทียบกรณีไม่มีโครงการและมีโครงการเกิดขึ้นแล้วกำหนดให้มีรถมาใช้บริการอาคารจอดแล้วจรที่ 50%, 70% และ 100% ของความจุอาคาร โดยใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ได้แก่ ความยาวแถวคอย เวลาหยุดนิ่ง เวลาในการเดินทางเฉลี่ยของโครงข่าย ความล่าช้ารวมของโครงข่ายและความเร็วเฉลี่ยของโครงข่าย ซึ่งในกระบวนการเปรียบเทียบแบบจำลองใช้ตัวแปรที่มีความสำคัญเพียงสองตัว คือ เวลาห่าง (Headway) และเวลาในการรับและเกิดปฏิกิริยา (Reaction Time) ส่วนในการคาดการณ์ปริมาณจราจรในอนาคตมีอัตราการเพิ่มร้อยละ 4.44 ต่อปีเท่ากันทั้งโครงข่ายซึ่งได้ข้อมูลจากการศึกษาโครงการ Urban Transport Database and Model Development Project (UTDM) จากผลการศึกษาพบว่า กรณีไม่มีโครงการเกิดขึ้นที่ปีฐาน (2546) เปรียบเทียบกับปีที่วิเคราะห์ (2547) แต่ยังไม่มีการ ค่าเวลาการเดินทางเฉลี่ยของโครงข่ายเพิ่มขึ้นจากปีฐาน 23 วินาที และความล่าช้ารวมของโครงข่ายเพิ่มขึ้นจากปีฐาน 26.9 วินาที ส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของโครงข่ายลดลง 1.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่เมื่อมีการเปิดให้บริการโครงการอาคารจอดแล้วจรที่ความจุ 50% 70% และ 100% ของอาคาร เปรียบเทียบกับที่ปีวิเคราะห์เดียวกัน แต่ยังไม่มีการ ค่าเวลาในการเดินทางเฉลี่ยของโครงข่ายลดลง 57, 225 และ 353 วินาทีตามลำดับ และค่าความล่าช้ารวมของโครงข่ายลดลง 59.8, 288.2 และ 439.8 วินาทีตามลำดับ ส่งผลให้ความเร็วเฉลี่ยของโครงข่ายเพิ่มขึ้น 1.5, 9.2 และ 16.9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ สรุปได้ว่าเมื่อมีการเปิดให้บริการโครงการแสดงให้เห็นว่าการจราจรโดยรวมของโครงข่ายมีสภาพดีขึ้น และ

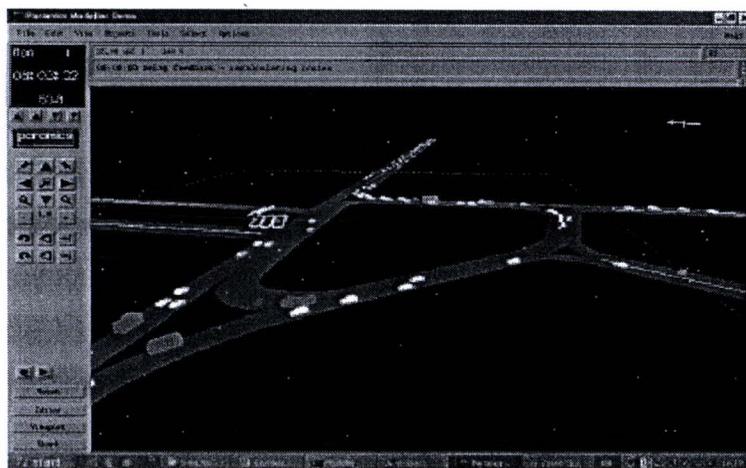
มีแนวโน้มว่าความเร็วเฉลี่ยของโครงข่ายจะเพิ่มขึ้นเมื่อโครงการมีรถมาใช้บริการมากขึ้นจนเต็มความจุอาคารจอดแล้วจร

จาร์วิซ ปราบณศักดิ์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพจากแนวคิดของเทศบาลนครขอนแก่น ในการปรับปรุงห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมืองโดยทำการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของถนน จากเดิมที่เป็นการผสมผสานกันระหว่างสี่แยกสัญญาณไฟจราจรและวงเวียนขนาดเล็ก ให้เป็นวงเวียนขนาดใหญ่แทน เพื่อลดความสับสนโดยเฉพาะผู้ที่ไม่ชำนาญทาง เพิ่มพื้นที่ใช้สอยบริเวณศาลเจ้าพ่อหลักเมือง ศาลเจ้าแม่ธรณี และอนุสาวรีย์ประชาธิปไตยให้มากยิ่งขึ้น และช่วยให้ทัศนียภาพของบริเวณดังกล่าวมีความสง่างามมากยิ่งขึ้น โดยใช้โปรแกรม PARAMICS เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์และประเมินโครงข่ายถนน เปรียบเทียบระหว่างโครงข่ายถนนเดิมและโครงข่ายถนนรูปแบบใหม่ นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบความปลอดภัยทางถนน (Road Safety Audit) และการวิเคราะห์จุดขัดแย้งในโครงข่ายถนน (Conflict Analysis) ควบคู่ไปด้วย ซึ่งในการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามแบ่งแยกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การเก็บข้อมูลทางกายภาพต่างๆของถนนรวมถึงการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจร และการเก็บข้อมูลสภาพการจราจรต่างๆ เช่น ปริมาณการจราจร จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดการเดินทางโดยใช้การจดป้ายทะเบียน (License-Plate Origin-Destination Survey Method) ปริมาณรถในแถวคอย (Queue Length) ความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่ (Average Driving Speed) และสัดส่วนของรถแต่ละประเภทบนถนน (Traffic Composition) ด้านการปรับเทียบแบบจำลองใช้ช่วงห่างขยวดยาน (Headway) และช่วงเวลาตอบสนอง (Reaction Time) เท่ากับ 1.9 และ 0.6 วินาที ส่วนการปรับเทียบแบบจำลองและการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองใช้ตัวแปร 3 ตัวแปร คือ ปริมาณจราจรบริเวณทางแยก ความยาวแถวคอย และความเร็วเฉลี่ย จากการศึกษาพบว่าแนวคิดดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากกว่าการจัดการจราจรแบบเดิมทั้งในด้านความล่าช้า ลดเวลาการเดินทางโดยรวม การเพิ่มความคล่องตัวในการเดินทาง เพิ่มพื้นที่ผิวจราจรและขีดความสามารถในการรองรับการจราจร ลดปริมาณแถวคอยที่ทางแยกสัญญาณไฟจราจร แต่โครงข่ายถนนใหม่ก็มีข้อเสียหลายประการ เช่น โครงข่ายถนนมีความยาวมากขึ้นทำให้เกิดความล่าช้าในการเดินทาง สามารถใช้ความเร็วสูงขึ้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งต้องทำการศึกษาและหาวิธีปรับปรุงเพื่อให้โครงข่ายถนนใหม่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยรายละเอียดการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่ายถนนเดิมและโครงข่ายถนนใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 12 แสดงการจำลองสภาพการจราจรในบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบเวลาการเดินทางและความล่าช้า

ตัววัดประสิทธิภาพ (Measure of Effectiveness, MOEs)	ก่อน	หลัง	เปลี่ยนแปลง
ระยะทางที่ยาวอดยานเดินทางทั้งหมด (Total Distance)	1,042,345 m	1,247,790 m	+19.7%
ความยาวแถวคอยสูงสุด (Longest Queue Length)	25 คัน	14 คัน	- 44.0%
เวลาการเดินทางเฉลี่ย (Mean Travel Time)	168.69 sec	161.05 sec	-5.0%
ความเร็วเฉลี่ยของการขับขี่ในโครงข่าย (Mean Driving Speed)	7.77 km/hr*	10.11 km/hr*	+30.1%*
ความล่าช้าเฉลี่ย (Mean Delay)	115.39 sec	91.94 sec	-20.0%

หมายเหตุ: เป็นตัวเลขซึ่งได้จากการคำนวณโดยยังไม่คำนึงถึงน้ำหนักของปริมาณการจราจร (Weight)
(จารุวิเศษ ปราบณศักดิ์ และคณะ, 2550)



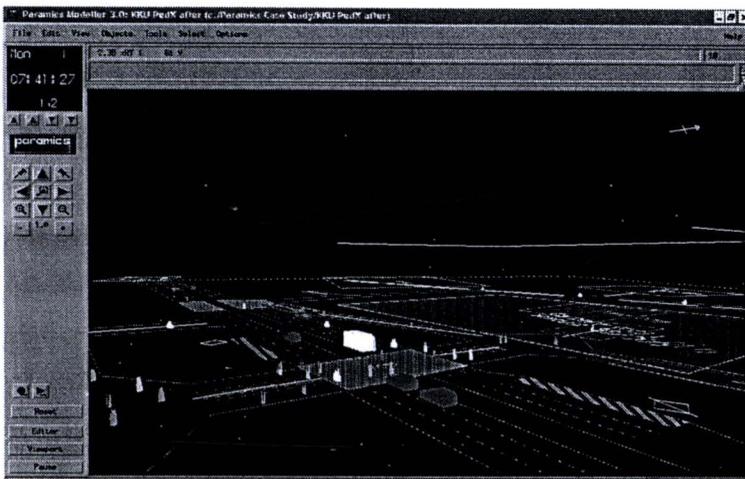
ภาพที่ 12 การจำลองสภาพการจราจรบริเวณห้าแยกศาลเจ้าพ่อหลักเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยการใช้โปรแกรม PARAMICS (จารุวิเศษ ปราบณศักดิ์ และคณะ, 2550)

Junsuwan (2002) การศึกษาทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Paramics ทำการศึกษา ประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบพื้นที่ในระยะที่ 1 ในการจำลองสถานการณ์ได้ ทำการคัดเลือกพื้นที่ทางแยกหรือกลุ่มทางแยก ได้แก่ ทางแยกเดี่ยว (Isolated intersection) ทางแยกสายทาง (Corridor intersection) และทางแยกโครงข่าย (Network intersection) โดยเก็บข้อมูลปริมาณจราจรที่ทางแยกโดยแยกประเภทเป็นสองประเภท คือ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถบัส ใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพแตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มทางแยก การศึกษามีวัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร SCOOT และศึกษาประสิทธิภาพของระบบที่มีใช้อยู่เดิมต่อการควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจและการควบคุมสัญญาณไฟจราจรจังหวะคงที่ โดยการเปรียบเทียบแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ได้ช่วงเวลาห่างและเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน คือ 1.3 วินาที ซึ่งให้แบบจำลองมีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับผลการสำรวจในภาคสนามซึ่งได้แก่ ความล่าช้าเฉลี่ยและเวลาหยุดสำหรับทางแยกเดี่ยว เวลาในการเดินทางเฉลี่ยและความเร็วสำหรับทางแยกสายทาง และเวลาเฉลี่ยในการเดินทางและความล่าช้าเฉลี่ยสำหรับโครงข่าย จากการศึกษาพบว่า 1) การศึกษาทางแยกเดี่ยวพบว่าในบางช่วงเวลานั้นผลการศึกษามีความขัดแย้งกันคือ ความล่าช้าและเวลาหยุดรอคอยของการควบคุมด้วยระบบ SCOOT มีค่าต่ำกว่าการควบคุมโดยเจ้าหน้าที่แต่เมื่อพิจารณาความล่าช้าต่อปริมาณการจราจรแล้วพบว่า การควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจกลับมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้เนื่องจากหากพิจารณาที่ระดับปริมาณการจราจรเดียวกันแล้วพบว่าเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถเปิดสัญญาณไฟให้ประสิทธิภาพดีกว่าระบบ SCOOT ที่ระดับปริมาณการจราจรเท่ากันนั่นเอง 2) การศึกษาที่ทางแยกสายทาง พบว่าระบบ SCOOT สามารถลดเวลาในการเดินทางได้ในหลายช่วงเวลาทดสอบ ซึ่งความสามารถสูงสุดที่สามารถลดได้คิดเป็น 58% ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าโดยในภาพรวมของประสิทธิภาพพบว่าระบบ SCOOT ดีกว่าการควบคุมโดยเจ้าหน้าที่ตำรวจที่กลุ่มทางแยกสายทาง ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการประสานสัมพันธ์สัญญาณไฟระหว่างทางแยกกับทางแยกข้างเคียงภายในพื้นที่ย่อยเดียวกัน 3) การศึกษาที่ทางแยกโครงข่าย พบว่าระยะทางที่รถสามารถวิ่งได้ต่อช่วงเวลาจากการควบคุมโดยเจ้าหน้าที่มีระยะมากกว่าการควบคุมด้วยระบบ SCOOT ในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและชั่วโมงเร่งด่วนเย็น แต่การควบคุมด้วยระบบ SCOOT ให้ระยะที่มากกว่าในช่วงนอกเร่งด่วนบ่าย โดยสรุปผลการศึกษาภาพรวมสามารถประเมินได้ว่าระบบควบคุมสัญญาณไฟแบบ Adaptive นั้นมีประโยชน์อย่างสูงในช่วงนอกเร่งด่วนเนื่องจากช่วงดังกล่าวเป็นช่วงที่มีเวลาสูญเสียต่อรอบสัญญาณไฟสูงที่สุด

Klungboonkrong and Woolley (2003) ได้ทำการศึกษาเพื่อจำลองแนวคิดในการประยุกต์ใช้สภาพแวดล้อมในการจัดการจราจรตามหลักการการยับยั้งการจราจร (Traffic Claming) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของคนเดินข้ามและผู้ขับขี่ บนถนนสายท้องถิ่น ด้านหน้าศูนย์อาหารและบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย ซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นศูนย์รวมกิจกรรมหลักของมหาวิทยาลัยขอนแก่น เช่น ด้านการค้าขาย สิ่งอำนวยความสะดวก ศูนย์รวมจิตใจ การเชื่อมโยงสถานที่สำคัญ ที่จอดรถ และจุดจอดรถรับส่งของระบบขนส่งสาธารณะ เป็นต้น ในการศึกษาได้ประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองคนเดินเท้าและรถจักรยานยนต์ ของรวมทั้งสภาพการจราจรที่ได้ทำการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพและการจัดการจราจร (ดังแสดงในภาพที่ 13) เช่น กำหนดจุดให้คนเดินเท้าข้ามเพียงจุดเดียวโดยยกระดับพื้นให้เท่ากับระดับทางเท้าบริเวณพื้นที่กึ่งกลาง (Core Zone) ขยายเกาะกลางถนนและทางเท้า ลดจำนวนช่องและความกว้างของผิวจราจร ปลุกต้นไม้บนเกาะกลางและทางเท้า ปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่จอดรถระบบขนส่งสาธารณะ

ปรับเปลี่ยนรูปแบบพื้นผิวจราจรเพื่อเตือนให้ผู้ขับขี่ลดความเร็ว เป็นต้น โดยมีแนวคิดว่าการเดินข้ามถนนของคนเดินเท้าผ่านถนนขนาดสองช่องจราจรจะต้องตัดข้ามกระแสจราจร 3 กระแส ซึ่งรวมการเดินทางของรถจักรยานยนต์แต่ละข้างของช่วงถนนบนช่องจราจรที่ติดคันขอบทาง (kerb side lane) ซึ่งในการเปรียบเทียบแบบจำลองใช้วิธีการลองผิดลองถูกตัวแปรสองค่าคือ headway และ Reaction time จนผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (ค่าปริมาณจราจรและความเร็ว) มีความใกล้เคียงกับสภาพจริง จากการศึกษาสรุปได้ว่า การปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการจัดการจราจรทำให้เกิดความล่าช้าเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวเนื่องจากเป็นการแจ้งให้ผู้ขับขี่ทราบล่วงหน้าและต้องลดความเร็วในการขับขี่ ซึ่งถือว่าจะเป็นการจัดการจราจรเหมาะสมและช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุจราจรได้เป็นอย่างดี



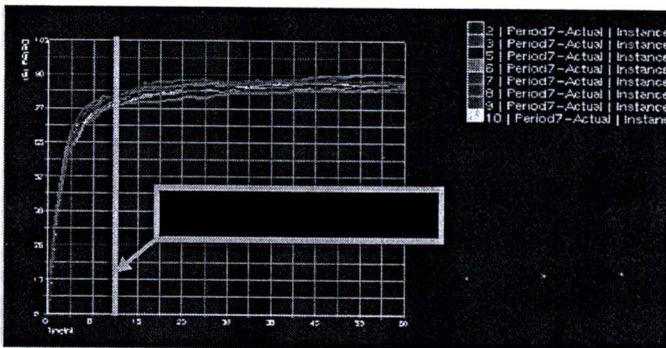
ภาพที่ 13 การจำลองคนเดินเท้าและรถจักรยานยนต์ (Klungboonkrong and Woolley, 2003)

Prabnasak and Yue (2006) ได้ทำการศึกษาและพัฒนาระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง (Signal Coordination) บนช่วงถนนศรีจันทร์ จังหวัดขอนแก่น เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบสัญญาณดังกล่าวก่อนจะทำการติดตั้งจริง โดยใช้รูปแบบการจัดการระบบสัญญาณไฟจราจรที่เรียกว่า “Fixed Time Traffic Signal Coordination” ซึ่งมีหลักการคือให้สัญญาณไฟจราจรทุกทางแยกเป็นระบบสัญญาณไฟคงที่และมีรอบสัญญาณที่เท่ากัน โดยใช้โปรแกรม aaSIDRA ในการพัฒนาระบบสัญญาณไฟจราจรที่ต่อเนื่องกันบนช่วงถนนให้ทำงานสอดคล้อง และใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจรและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบสัญญาณไฟจราจรต่อเนื่องดังกล่าว (ดังแสดงในภาพที่ 14) อีกปัจจัยที่นำมาพิจารณาในการศึกษาครั้งนี้คือ พฤติกรรมตามธรรมชาติของแบบจำลองซึ่งปกติแล้วในช่วงแรกของการแสดงผลปริมาณจราจรในโครงข่ายถนนจะยังน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งทำให้ค่าต่างๆที่ได้คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงดังนั้นค่าที่ได้ในช่วง 10 นาทีแรกของการแสดงผล

จะถูกตัดออกและไม่นำมาพิจารณา (ดังแสดงในภาพที่ 15) โดยใช้ช่วงเวลาห่างและเวลาในการรับรู้และเกิดปฏิกิริยาในการปรับเทียบแบบจำลอง สำหรับดัชนีที่ใช้ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง คือ ความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง (Average Driving Speed) ความยาวแถวคอยแต่ละทางแยก (Queue Length) ความเร็วในการเดินทาง (Travel Time) และการสังเกตจากภาพเคลื่อนไหว และใช้ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการจราจร (MOEs) คือ ความล่าช้า ความเร็ว และเวลาหยุด จากผลการศึกษาพบว่า ระบบสัญญาณไฟจราจรต่อเนื่องที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่สามารถลดความล่าช้าเฉลี่ยได้ 10 % เวลาที่รถต้องหยุดรอสัญญาณไฟแดงลดลง 50 % และทำให้ความเร็วในการเดินทางเพิ่มขึ้น 10 % จากการศึกษาสรุปผลได้ว่าสภาพการจราจรบนระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยงได้มีการถูกปรับปรุงในทุกๆ และที่เห็นได้ชัดเจนคือการลดลงของอัตราการหยุดรถบนช่วงถนนซึ่งหมายถึงปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ลดลงด้วยเช่นกัน



ภาพที่ 14 แบบจำลองระบบสัญญาณไฟจราจรแบบเชื่อมโยง โดยการใช้โปรแกรม PARAMICS (Prabnasak and Yue, 2006)



ภาพที่ 15 การตัดผลของโปรแกรมจำลองสภาพการจราจรในช่วงที่ยังไม่มีความเสถียร (Prabnasak and Yue, 2006)

Satiennam (2007) ได้ทำการศึกษาและประเมินการวางแผนในการก่อสร้างเส้นทางรถเมล์ต์ด่วนพิเศษ (Bus Rapid Transit, BRT) ในกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์และผสมผสานแบบจำลองในระดับมหภาค (Macrosimulation) และระดับจุลภาค (Microsimulation) ในการจำลองแผนการก่อสร้างเส้นทางของ BRT ภายใต้ข้อจำกัดและเงื่อนไขของเมืองในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Asian) เช่น รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำให้ BRT ไม่สามารถให้บริการได้อย่างครอบคลุม โครงข่ายถนนในเมืองที่มีอยู่มีข้อจำกัดในการก่อสร้างระบบ BRT เป็น ซึ่งนโยบายและแผนการก่อสร้าง BRT ประกอบด้วย 1) การมีระบบรถเสริมที่มีประสิทธิภาพ 2) ลดจำนวนรถบัสที่ทับเส้นทางกับ BRT 3) ประชาสัมพันธ์อย่างทั่วถึง 4) การควบคุมระบบสัญญาณไฟจราจรที่ให้สิทธิแก่ BRT 5) ระบบจัดเก็บค่าธรรมเนียมในกระบวนการประเมินแผนในการก่อสร้าง BRT โดยในการศึกษาทำการสำรวจการเลือกกระบวนในการเดินทางโดยใช้แบบสอบถาม หรือวิธี Stated Preference Methods และสำรวจการเดินทางโดยการบันทึกด้วยกล้องวิดีโอ ส่วนการประเมินระบบ BRT ในระดับมหภาค ใช้แบบจำลองด้วยโปรแกรม STRADA ในการคาดการณ์ปริมาณการเดินทาง และใช้ JEA ในการประมาณค่าการเกิดมลพิษทางอากาศ ส่วนการประเมินระบบ BRT ในระดับจุลภาคใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจร จากการศึกษาสรุปได้ว่า แผนการก่อสร้างระบบ BRT ทำให้มีจำนวนผู้โดยสารที่ใช้ระบบขนส่งสาธารณะเพิ่มขึ้น สามารถปรับปรุงสภาพการจราจรให้คล่องตัวมากขึ้น และโดยภาพรวมเห็นว่ามีเหมาะสมในการก่อสร้างอย่างยิ่ง

6. การเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองระดับจุลภาค

Gardes, May, Dahlgren and Skabardonis (2002) กล่าวว่า การเปรียบเทียบแบบจำลองสภาพการจราจรเพื่อให้มีความสมจริงและใช้เป็นตัวแทนของพฤติกรรมของกระแสจราจรในสถานะที่ทำการสำรวจ กระบวนการเปรียบเทียบแบบจำลองเริ่มต้นตั้งแต่หลังการประมวลผลซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากผลลัพธ์ทั้งด้านตัวเลขและภาพเคลื่อนไหว ซึ่งถ้าหากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมวลผลแบบจำลองกับผลที่ได้จากการสำรวจ ตามหลักทางสถิติที่ได้แล้วมีผลลัพธ์ไม่สอดคล้องกัน ผู้ใช้มีความจำเป็นจะต้องปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรในแบบจำลองซึ่งแบ่งเป็น 4 ส่วน หลัก คือ 1) โครงข่าย (ลักษณะกายภาพ, ระยะป้ายเตือน, ความเร็วของช่วงถนน) 2) ปริมาณการเดินทาง (สัดส่วนยวดยาน, ความเร็วสูงสุดเฉลี่ยของยวดยาน) 3) การตั้งค่าการประมวลผล (Time steps per seconds, Speed memory) และ 4) พฤติกรรมการขับชี่ โดยที่การเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการขับชี่นั้นใช้ 2 ตัวแปรหลัก คือ ระยะเวลาห่าง (Mean target headway) และ เวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Mean reaction time) เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างสูงต่อแบบจำลองหลักที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของยวดยานแต่ละคัน ได้แก่ แบบจำลองการเคลื่อนที่ตามกัน (Car following model) แบบจำลองช่องว่างที่ยอมรับ (Gap acceptance model) และแบบจำลองการเปลี่ยนช่องจราจร (lane changing model) โดยในการ

เปรียบเทียบพฤติกรรมการขับขี่โดยรวมนี้ทำได้โดยการพิจารณาเพิ่มหรือลดค่าของสองตัวแปรดังกล่าว

Dowling, Skabardonis and Alexiadis (2004) กล่าวว่า การเปรียบเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการมีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งทุก ๆ โปรแกรมที่ประยุกต์ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคจะกำหนดตัวแปรที่ผู้ใช้สามารถทำการปรับค่า โดยวัตถุประสงค์หลักของการเปรียบเทียบคือการหาชุดของค่าตัวแปรที่ทำให้สามารถสร้างแบบจำลองของเงื่อนไขการจราจรในพื้นที่ศึกษาได้ดีที่สุด ในการคัดเลือกตัวแปรสำหรับการเปรียบเทียบมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องการลดจำนวนตัวแปรที่ต้องทำการปรับค่าในกระบวนการเปรียบเทียบแบบจำลองให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อลดระยะเวลาและความซับซ้อนในการขั้นตอนของการเปรียบเทียบแต่อยู่ในเงื่อนไขที่สามารถทำให้ผลการปรับเทียบมีความถูกต้องสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจภาคสนาม โดยที่ผู้ใช้ต้องพึงใจว่าการมีจำนวนตัวแปรมากขึ้นก็จะช่วยให้การปรับเทียบแบบจำลองมีความสอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของพื้นที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้นเช่นกัน ตัวแปรในการปรับเทียบแบบจำลองระดับจุลภาคแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) ตัวแปรที่วิเคราะห์แล้วว่ามีความแน่นอนและไม่ควรปรับค่า (Certain parameters) ส่วนใหญ่เป็นตัวแปรที่ได้จากข้อมูลการสำรวจภาคสนามและผลจากการศึกษา ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะสามารถนำมาใช้สำหรับกำหนดค่าตัวแปรในส่วนที่ไม่จำเป็นต้องทำการปรับค่า 2) ตัวแปรที่วิเคราะห์แล้วว่ามีความไม่แน่นอนและต้องการการปรับค่า (Less certain Parameters) โดยเป็นข้อมูลที่ต้องทำการปรับค่าในกระบวนการปรับเทียบนั้นส่วนใหญ่เป็นตัวแปรเกี่ยวกับพฤติกรรมขับขี่ของยานพาหนะ เช่น ช่วงเวลาห่าง (Headway) เวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) ความก้าวร้าว (Aggressiveness) และความกลัว (Awareness) เป็นต้น และพฤติกรรมทางเลือกเส้นทางของผู้ขับขี่ เช่น การรบกวนการจราจร (Perturbation) และความคุ้นเคยเส้นทาง (Familiarity) ซึ่งในการเลือกตัวแปรเพื่อใช้ปรับค่าสำหรับการปรับเทียบแบบจำลองนั้น จากการศึกษาข้อมูลวิธีการและเอกสารคู่มือของหลาย ๆ โปรแกรมพบว่า ควรเลือกตัวแปรที่มีความสำคัญและมีความอ่อนไหวสูงในการปรับค่าสำหรับกระบวนการปรับเทียบเพียง 1 หรือ 2 ตัวแปรเท่านั้น

Oketch and Carrick (2005) กล่าวว่า กระบวนการในการปรับเทียบแบบจำลอง (calibration) และการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (validation) เป็นการเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลในแบบจำลองกับผลที่ได้จากการสำรวจจริง ซึ่งปริมาณจราจรที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณจราจรที่ได้จากการสำรวจในภาคสนามจะต้องมีค่าคลาดเคลื่อนในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการทางสถิติที่มีหลักการเช่นเดียวกันกับ Chi-Squared เรียกค่านี้ว่า “GEH” ซึ่งมาจากชื่อของ Geoffrey E. Havers ผู้พัฒนาสมการและประยุกต์ใช้ในช่วงทศวรรษ 1970 โดยค่าที่ยอมรับได้ต้องมีค่าน้อยกว่า 5 ถึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยการปรับเทียบแบบจำลองใช้ค่าปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Link flow) และปริมาณจราจรที่ทางแยก (Turning flow) ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองได้ทำการเปรียบเทียบค่า เวลาในการเดินทางเฉลี่ย

(Mean travel time) และความยาวแถวคอย (Queue length) ซึ่งต้องให้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการสำรวจในระดับที่น่าพอใจ

Chu, Lin, Oh and Recker (2006) กล่าวว่า ในกระบวนการปรับเทียบแบบจำลองจะทำการปรับตัวแปรต่างๆไปเรื่อยๆ จนกระทั่งแบบจำลองที่ได้จากการ Run โปรแกรม มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจริงจากการสำรวจในภาคสนาม สำหรับการปรับเทียบในโปรแกรม PARAMICS ได้ดำเนินการ 4 ขั้นตอน คือ ปรับเทียบแบบจำลองพฤติกรรมรถขับขึ้น ขับลง การเลือกเส้นทาง การประมาณความต้องการในการเดินทาง และการปรับแบบจำลองอย่างละเอียด ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับแบบจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่มักใช้ค่า เวลาห่าง (Headway) และเวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) ซึ่งจะใช้ค่าเวลาห่างระหว่าง 0.7-1.0 วินาที และค่าเวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยาระหว่าง 0.6-1.0 วินาที ในขณะที่การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นกระบวนการทำซ้ำ (Iterative process) ที่เชื่อมโยงกับแต่ละแบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบแล้ว โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยทั่วไปจะใช้ชุดข้อมูลที่ต่างกันหรือโครงข่ายที่มีขนาดกว้างกว่าการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบตัวแปรว่ามีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นขั้นตอนสุดท้ายในพิสูจน์ว่าแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลองมีลักษณะและพฤติกรรมการเดินทาง รวมทั้งประสิทธิภาพโดยรวมของระบบมีความใกล้เคียงกับสภาพที่ทำการสำรวจเพียงใด

Tindall (2007) กล่าวว่า กระบวนการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) ในการจัดการจราจรมักใช้ตัวแปรด้านการจราจร เช่น เวลาห่าง (Headway), ขีดจำกัดความเร็ว (Link speed) และระบบสัญญาณไฟจราจร (Signal timing) เป็นต้น ซึ่งผลที่จะนำมาทำการปรับเทียบพิจารณาจากการสังเกตจากจอภาพเคลื่อนไหว (Animation), ตารางแสดงผล (Log) ด้วยการประมวลผลโปรแกรมหลายๆ ครั้ง ส่วนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Validation) เป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการต่อจากการปรับเทียบแบบจำลองเพื่อเพิ่มความมั่นใจและความน่าเชื่อถือให้กับแบบจำลอง โดยทำการตรวจสอบแบบจำลองที่ได้กับข้อมูลที่เป็นอิสระเพื่อแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องของแบบจำลองและพร้อมสำหรับการนำไปใช้ในการคาดการณ์ผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่างๆ ของแบบจำลองในสภาพเริ่มต้น โดยข้อมูลที่จะนำมาทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอาจใช้ข้อมูลในวันเดียวกันแต่ต่างช่วงเวลากัน ข้อมูลเฉลี่ยในสัปดาห์หรือเดือน ซึ่งข้อมูลที่สามารถใช้เป็นตัววัดความถูกต้องของแบบจำลอง เช่น เวลาในการเดินทาง (Journey time), ปริมาณจราจร (Flow), จำนวนรถเลี้ยว (Turning counts), ความเร็ว (Speed), ความยาวแถวคอย (Queues) และจากจอภาพเคลื่อนไหว (Animation) ซึ่งในการปรับเทียบแบบจำลองและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองไม่ควรทำจากผลในการประมวลผลโปรแกรมเพียงครั้งเดียว

7. การศึกษาผลกระทบและพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองระดับจุลภาค ในการพิจารณาถึงผลกระทบและพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ที่มีผลต่อความถูกต้องของแบบจำลองระดับจุลภาคมีหลายแนวทาง ดังแสดงในตารางที่ 12 และมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 12 แนวทางในการจัดการผลกระทบของรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองสภาพการจราจร

ลำดับที่	การศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แนวทางในการวิเคราะห์และจัดการผลกระทบของรถจักรยานยนต์
1	กมล ปูนศิริ. (2542). การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA ในการวิเคราะห์สัญญาณไฟจราจรในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี.	หาดใหญ่และอุบลราชธานี	ไม่นำปริมาณรถจักรยานยนต์มารวมในการวิเคราะห์
2	ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล (2550). การพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสม กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา.	นครราชสีมา	ไม่นำปริมาณรถจักรยานยนต์มารวมในการวิเคราะห์
3	Minh, C.C., and Sano, K. (2003) Analysis of motorcycle effects to saturation flow rate at signalized intersection in developing countries	Hanoi, Vietnam และ กรุงเทพฯ	หน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล
4	Bonte, L., Espie, S. and Mathieu, P. (2007) Virtual lanes interest for motorcycles simulation	Lille, France	ช่องจราจรเสมือน
5	Minh, C. C., Sano, K. and Matsumoto, S. (2005).The speed, flow and headway analyses of motorcycle traffic.	Hanoi, Vietnam	หน่วยเทียบเท่ารถจักรยานยนต์
6	Rongviriyapanich, T. and Suppatrakul, C. (2005). Effects of motorcycles on traffic operations on arterial streets.	กรุงเทพฯ	หน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล
7	Prabnakak.Jand W.L. Yue. (2006). Ussing aaSIDRA and PARAMICS in Evaluation of a Traffic Signal Coordination Development in Khon Kaen City, Thailand.	ขอนแก่น	หน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล
8	Carrignon, D. and Buchanan, C. (2009). Assessment of the impact of cyclists on heterogeneous.	London, England	หน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล

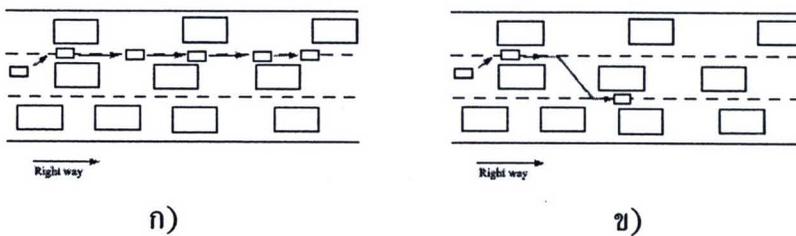
กมล ปูนศิริ (2542) ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIDRA วิเคราะห์สัญญาณไฟจราจร ณ ทางแยกเดี่ยวภายในเมืองหาดใหญ่และเมืองอุบลราชธานี โดยใช้วิธีการคำนวณหาค่าสัญญาณไฟของโปรแกรม SIDRA 5.0 เพื่อเปรียบเทียบผลสำรวจข้อมูลภาคสนามของความล่าช้าเฉลี่ย (Average delay) และความยาวแถวคอยสูงสุด (Maximum queue length) ผลการศึกษาพบว่า ความแตกต่างเฉลี่ยของความล่าช้าเฉลี่ยและความยาวแถวคอยสูงสุด แต่ละทางแยกในเมืองหาดใหญ่และอุบลราชธานี มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20-27% โดยพบว่า การปรับเทียบ (Calibration) และทดสอบความถูกต้อง (Validation) ของข้อมูลความล่าช้าและความยาวแถวคอยสูงสุดกับผลจากการสำรวจสภาพจริงจะมีความสอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากสนามจริงเมื่อนำปริมาณรถจักรยานยนต์มาคิดรวม

ศิวกิจ เสรีรัตนสกุล (2550) ได้ทำการศึกษาและวิจัยการพัฒนาระบบควบคุมการจราจรที่เหมาะสมสำหรับโครงข่ายจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมการนำอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟนำมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยการปรับปรุงความยาวรอบเวลาสัญญาณไฟให้เหมาะสมกับสภาพการจราจร โดยใช้โปรแกรม aaSidra และ Synchro ทำเปรียบเทียบความล่าช้า การเผาผลาญเชื้อเพลิง และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นทั้งโครงข่ายจากผลการทดลองปรับปรุงรอบเวลาสัญญาณไฟ โดยการจำลองสภาพการจราจรได้แบ่งประเภทขบวนออกเป็น 2 ประเภท คือ รถขนาดเบาและรถขนาดหนัก ส่วนรถจักรยานยนต์ไม่นำมาคิดรวมเนื่องจากปริมาณรถจักรยานยนต์มีผลกระทบน้อยมากหรือแทบจะไม่มีผลต่อการวิเคราะห์สภาพการจราจรและขบวนพาหนะอื่นๆ อีกทั้งยังทำให้ผลการเปรียบเทียบความยาวแถวคอยมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากพฤติกรรมจริงกับแบบจำลองมีความแตกต่างกันมาก

Minh and Sano (2003) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์บริเวณทางแยกในกรุงฮานอย และกรุงเทพฯ โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็นสองส่วนหลัก คือ ผลกระทบต่ออัตราการไหลอิมัตว์ของการจราจร (Saturation flow rate) และผลกระทบต่อผู้ขับขี่รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger car) ทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และลักษณะทางเรขาคณิต ปริมาณจราจรที่ผ่านทางแยก การควบคุมบริเวณทางแยก โดยแยกประเภทขบวนเป็นสามประเภท คือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล และรถบัส ในการประมาณค่าอัตราการไหลอิมัตว์ได้รวมปริมาณจราจรให้อยู่ในหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car Equivalent) โดยกำหนดค่า PCE ของรถจักรยานยนต์ = 0.25 และรถบัส = 2 (ค่านี้ใช้สำหรับการคำนวณค่าอัตราการไหลอิมัตว์เท่านั้น) จากการศึกษาพบว่า 1) ผลกระทบของจักรยานยนต์ที่มีผลต่ออัตราการไหลอิมัตว์สามารถประมาณค่าอัตราการไหลอิมัตว์ 4,092 PCU/egh หรือประมาณ 17050 mc/egh ในเมืองฮานอย และ 2253 PCU/egh ในกรุงเทพฯ รวมทั้งสามารถประมาณค่า (PCE) ใหม่จากการวิเคราะห์ได้จาก Regression analysis จากข้อมูลทั้งหมด สำหรับจักรยานยนต์เท่ากับ 0.24 ในฮานอย และ 0.18 ในกรุงเทพ ($R^2 = 0.99$ ทั้งสองพื้นที่) ซึ่งทั้งสองค่าถือว่าเป็นค่าที่มีความเหมาะสมและสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับพัฒนาแบบจำลองในพื้นที่ที่มีปริมาณ

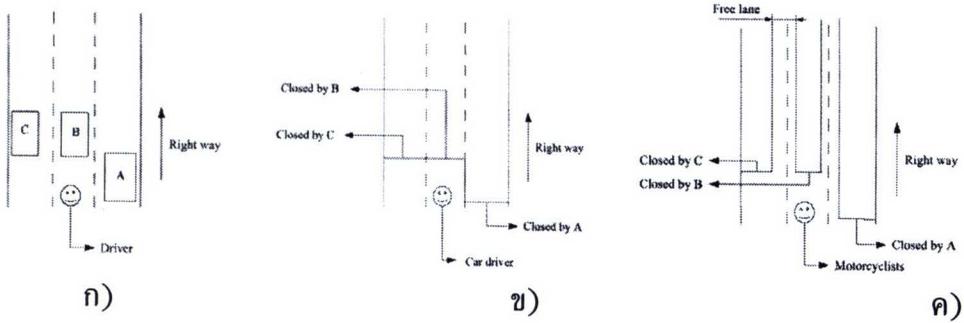
รถจักรยานยนต์ในสัดส่วนสูง 2) ผลของจักรยานยนต์ที่เกิดขวางรถยนต์ส่วนบุคคลทำให้ลดจำนวนของรถยนต์ส่วนบุคคลที่สามารถขับผ่านทางแยกได้ในหนึ่งรอบสัญญาณไฟเขียว โดยสามารถประมาณค่า Headway ของรถยนต์ที่เกิดจากจำนวนรถจักรยานยนต์ที่อยู่ด้านหน้าแถวคอยรถยนต์ระหว่างไฟแดง 3) ผลจากการศึกษาทำให้เห็นว่ารถจักรยานยนต์มีผลอย่างมากต่อความจุของการจราจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีสัดส่วนสูงและทำให้เกิดขวางยวดยานประเภทอื่นและควรมีการปรับปรุงลักษณะทางเรขาคณิตของทางแยกและปรับปรุงรอบสัญญาณไฟจราจรให้เหมาะสม

Bonte, Espi'e and Mathieu (2007) ได้ทำการศึกษาสร้างแบบจำลองพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในกระแสจราจรโดยใช้ช่องจราจรเสมือน (Virtual lanes) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจำลองสภาพการจราจรในปัจจุบัน ซึ่งไม่เหมือนจริงเนื่องจากโครงสร้างและการเคลื่อนที่ของจักรยานยนต์ ให้สามารถจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของยวดยานมีคุณภาพทั้งทั้งภาพเคลื่อนไหวและผลลัพธ์จากแบบจำลอง ในปัจจุบันมีเพียงโปรแกรม Vissim ที่สามารถจำลองรถจักรยานยนต์ได้โดยตรง โดยที่โปรแกรมอื่น ๆ จะต้องประยุกต์และปรับสัดส่วนจากยวดยานประเภทอื่น ซึ่งไม่สามารถจำลองพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของจักรยานยนต์ได้อย่างสมจริง โดยในการศึกษานี้ได้ให้คำนิยาม พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ออกเป็นสองแบบ คือ DRIVING ALONG สอดคล้องกับมุมมองด้านหน้าในการมองเห็นของผู้ขับขี่ที่แตกต่างกันซึ่งมีผลต่อการตัดสินใจเลือกช่องทางในการเดินทางเพื่อแข่งยวดยานด้านหน้า ดังแสดงในภาพที่ 16 และภาพที่ 17



ภาพที่ 16 พฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานยนต์

ก) Driving along ข) Dodging (Bonte et al., 2007)



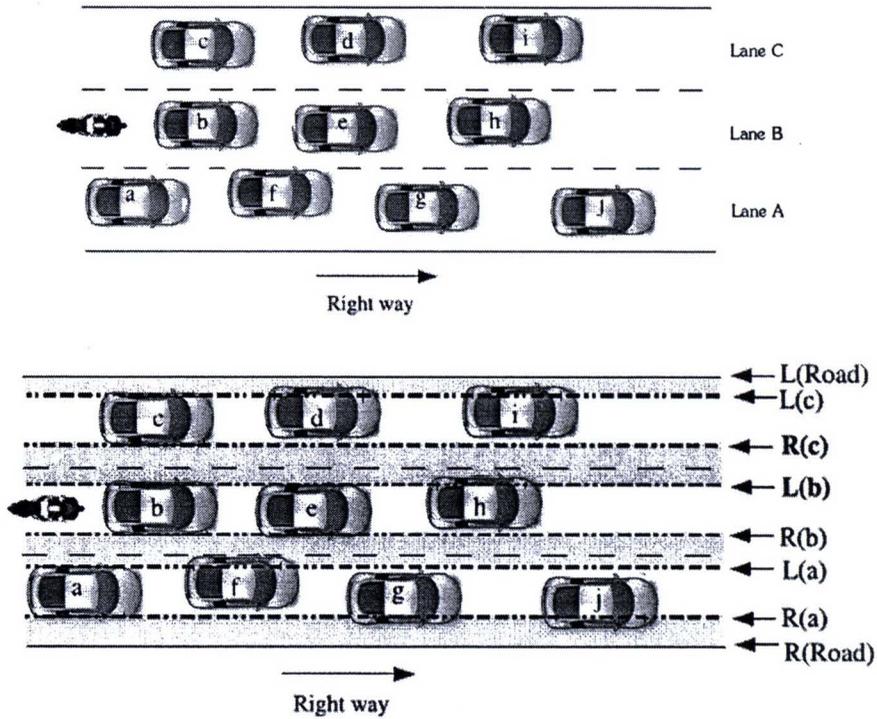
ภาพที่ 17 พฤติกรรมการขับขี่ของรถจักรยานยนต์

ก) การขับขี่ในสภาพการจราจรติดขัด

ข) มุมมองของรถยนต์ส่วนบุคคล

ค) มุมมองของรถจักรยานยนต์ (Bonte et al., 2007)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้สร้างช่องว่างสำหรับรถจักรยานยนต์ที่สามารถทำให้ยานเคลื่อนที่เป็นแนวยาว และให้นิยามของ Virtual lane คือ แนวการเคลื่อนที่ตามแนวยาวซึ่งถึงสร้างขึ้นด้านข้างของช่องจราจรซึ่งเป็นระยะห่างด้านข้างที่สามารถเป็นไปได้ในความคิดของผู้วิจัย ดังแสดงในภาพที่ 18 โดยแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นได้ใช้โปรแกรม ARCHISIM ในการพัฒนาและทำการเปรียบเทียบผลจากการจำลองยานพาหนะสองประเภท (รถยนต์กับรถจักรยานยนต์) ในการเดินทางตามแนวถนน 31 กิโลเมตร บน Departmental roads national roads และ highway โดยในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองใช้ค่า ปริมาณจราจร ความเร็วเฉลี่ย และจำนวนครั้งในการหยุด ในการตรวจสอบภาพรวมของความถูกต้องทั้งโครงข่ายและใช้การสังเกตจากภาพเคลื่อนไหวสำหรับตรวจสอบความถูกต้องของพฤติกรรมการเดินทางของจักรยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่า การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากแบบจำลองกับการสำรวจภาคสนามเมื่อมีการกำหนดช่องจราจรเสมือนสำหรับรถจักรยานยนต์ มีจำนวนครั้งในการหยุดที่ใกล้เคียงกับสภาพจริง แต่การสร้างแบบจำลองของรถจักรยานยนต์ให้สามารถขับขี่ระหว่างช่องจราจรปกติส่งผลทำให้ความเร็วและเวลาในการเดินทางของรถยนต์มีความเคลื่อนจากสภาพจริงค่อนข้างสูง ดังแสดงในตารางที่ 13



ภาพที่ 18 แนวทางการกำหนดช่องจราจรเสมือนสำหรับรถจักรยานยนต์
(ดัดแปลงจาก Bonte et al., 2007)

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบผลจากการประมวลผลแบบจำลองกับผลจากการสำรวจภาคสนาม
เมื่อมีการกำหนดช่องจราจรเสมือน

ค่าที่ใช้ในการ ตรวจสอบความ ถูกต้อง	รถยนต์ (Car)			รถจักรยานยนต์ (Motorcycle)		
	จากการ สำรวจ	จากแบบ จำลอง	% ความคลาด เคลื่อน	จากการ สำรวจ	จากแบบ จำลอง	% ความคลาด เคลื่อน
เวลาในการ เดินทาง	1:27:10	57:06	-34.5	44:23	32:32	-26.9
ความเร็วเฉลี่ย	21.18	24.29	+14.7	42.58	42.64	+0.4
จำนวนครั้งใน การหยุด	78	77	-1.3	23	31	+34.8

(Bonte et al., 2007)

Minh, Sano and Matsumoto (2005) ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นประเภทการเดินทางหลัก มีสัดส่วนกว่า 80% ของยานยนต์ทั้งหมด ในเมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อทำความเข้าใจในพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ ได้แก่ ความเร็ว ช่วงเวลาห่าง และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณจราจร (speed - flow

relationships) ด้วยวิธี Videotaping โดยทำการเก็บข้อมูลใน 4 กรณี ได้แก่กรณีที่ 1 และ 2 สำหรับถนนสี่ช่องจราจรที่มีแบ่งการไหลกระแสจราจรด้วยเกาะกลางถนน และ 3 และ 4 สำหรับถนนสองช่องจราจร ในการศึกษาได้ทำการเปลี่ยนขั้วรถยนต์ในกระแสจราจรให้เป็นหน่วยเทียบเท่ารถจักรยานยนต์ (Motorcycle Unit , MCU) ดังสมการที่ 1

$$MCU_i = \frac{V_{mc} / V_i}{A_{mc} / A_i} \quad (1)$$

เมื่อ

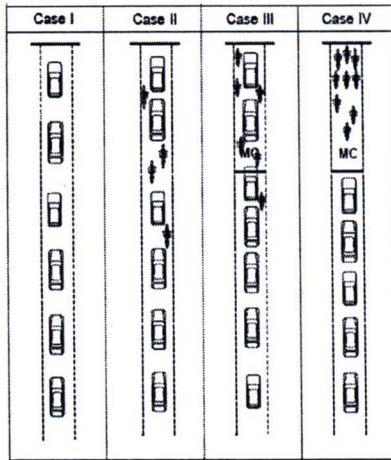
MCU_i คือ หน่วยเทียบเท่ารถจักรยานยนต์ของขั้วรถยนต์ประเภท i

V_{mc} , V_i คือ ความเร็วเฉลี่ยของจักรยานยนต์และความเร็วเฉลี่ยของขั้วรถยนต์ประเภท i (Km/h)

A_{mc} , A_i คือ พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้า (กว้าง x ยาว) ของจักรยานยนต์และขั้วรถยนต์ประเภท i (m^2).

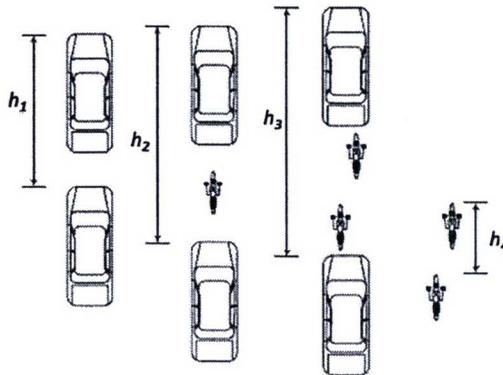
การศึกษาได้แนะนำว่ากระบวนการในการศึกษานี้ไม่สามารถใช้ได้กับพื้นที่ที่มีสัดส่วนปริมาณจราจรแตกต่างกันและมีพฤติกรรมจราจรที่ต่างกัน แต่เหมาะกับการนำเอาผลและข้อมูลไปพัฒนาและประยุกต์ในการพัฒนาแบบจำลองของรถจักรยานยนต์ต่อไป

Rongviriyapanich and Suppatrakul (2005) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของจักรยานยนต์ บนทางแยกสัญญาณไฟจราจรและช่วงถนนในเมือง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของรถจักรยานยนต์ในแถวคอย และเวลาที่สูญเสียไปช่วงเริ่มต้นออกตัวของรถยนต์ส่วนบุคคล (Start-up lost time) และวิเคราะห์ผลกระทบของจักรยานยนต์บนช่วงถนนเขตเมืองในรูปแบบของ PCE โดยแบ่งพื้นที่เป็น 2 กรณี คือ ทางแยกและช่วงถนน ทำการสำรวจโดยใช้วิธี Videotaping และทำการถอดข้อมูลที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วย ช่วงเวลาห่างของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ในช่วงออกตัว จำนวนของรถจักรยานยนต์ในแถวคอยในช่วงจังหวะสัญญาณไฟเขียว ช่วงเวลาห่างของรถยนต์ส่วนบุคคลและรถจักรยานยนต์ที่ผ่านจุดอ้างอิงบริเวณช่วงถนน จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ 1) กรณีทางแยก ซึ่งแบ่งเป็น 4 กรณี (ภาพที่ 19) พบว่าเมื่อไม่มีแถวคอยช่วงเวลาห่างจะมีค่าประมาณ 2-4 วินาที สำหรับตำแหน่งขั้วรถยนต์ที่ 1-3 (นับจากเส้นหยุด) และประมาณ 1 วินาที ในตำแหน่งถัดไป แต่กรณีที่ 4 ซึ่งมีแถวคอยพบว่า กรณีที่ 4 ซึ่งมีรถจักรยานยนต์อยู่ด้านหน้าแถวคอย จะมีค่า ช่วงเวลาห่างสูงกว่ากรณีที่ 3 ประมาณ 2 เท่าตัว แต่ในตำแหน่งถัดไปจะทำให้ค่าช่วงเวลาห่างที่ไม่ต่างจากกรณีที่ไม่มีแถวคอย และพบว่าเวลาที่สูญเสียไปของกรณีที่ 3 และ 4 ประมาณ 9-12 วินาที เมื่อมีปริมาณรถจักรยานยนต์ 30-40 คันต่อหนึ่งรอบสัญญาณไฟจราจร



ภาพที่ 19 กรณีวิเคราะห์สำหรับการตรวจสอบผลกระทบของจักรยานยนต์บริเวณทางแยก (Rongviriyapanich and Suppatrakul, 2005)

2) ผลกระทบของรถจักรยานยนต์ต่อการจัดการจราจรบริเวณช่วงถนน โดยเปลี่ยนรถจักรยานยนต์ให้เป็น PCE ซึ่งกำหนดรูปแบบเพื่อหาค่าช่วงเวลาที่ขึ้นอยู่กับจำนวนรถจักรยานยนต์ระหว่างรถยนต์ ดังแสดงภาพที่ 20 และคำนวณได้จากสมการที่ 2 ถึงสมการที่ 4 จะพบว่า PCE ของรถจักรยานยนต์ภายใต้เงื่อนไขต่าง ๆ ทั้งสามกรณี (สามสมการ) โดยลองผิดลองถูกตั้งแต่ 0.2-1.0 ใช้ค่าสัดส่วนของรถจักรยานยนต์ในกระแสจราจร สามช่วง คือ 0-30%, 30-60% และ 60-100% ของปริมาณจราจรทั้งหมด และเมื่อแปรผันค่าปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นระหว่าง 10-30 PCE/นาที พบว่า สามารถประมาณค่า PCE ของรถจักรยานยนต์สำหรับรูปแบบที่ 3 มีค่าค่อนข้างจะคงที่เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบอื่น (0.3 - 0.7) ส่วนกรณีอื่นๆ มีแนวโน้มชัดเจนว่าปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ PCE ลดลง



ภาพที่ 20 รูปแบบของช่วงเวลาทางบริเวณช่วงถนนในการศึกษา (Rongviriyapanich and Suppatrakul, 2005)

$$PCU_{mc} 1 = \frac{h_2}{h_1} - 1 \quad (2)$$

$$PCU_{mc} 2 = \frac{1}{2} \times \left[\frac{h_3 - h_1}{h_1} \right] \quad (3)$$

$$PCU_{mc} 3 = \frac{h_4}{h_1} \quad (4)$$

Prabnasak and Yue (2006) กล่าวว่า ผลกระทบของจักรยานยนต์ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ในประเทศไทยซึ่งมีผลต่อการสร้างแบบจำลองสภาพการจราจรด้วยโปรแกรม PARAMICS เนื่องจากรถจักรยานยนต์เบียดเสียดและแทรกตัวกันในช่องจราจรแตกต่างจากแบบจำลองที่รถจะเรียงต่อแถวกันทำให้เกิดแถวคอคที่ยาวเกินความเป็นจริงเนื่องจาก PARAMICS ไม่มีฟังก์ชันสำหรับจำลองจักรยานยนต์ได้โดยตรง ยิ่งไปกว่านั้นจักรยานยนต์มีพฤติกรรมซึ่งแตกต่างจากรถยนต์อย่างมาก ดังนั้นในการจำลองสภาพการจราจรในการศึกษาไม่นำปริมาณการจราจรของจักรยานยนต์มาร่วมในการศึกษาตรง โดยทำการปรับเปลี่ยนรถจักรยานยนต์ในกระแสจราจรเป็นหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล (PCU) แต่เพื่อชดเชยผลกระทบเนื่องจากจักรยานยนต์ซึ่งมีลักษณะเป็นความเสียดทานของกระแสจราจร (Traffic Friction) การปรับเทียบแบบจำลองในการศึกษานี้ได้ใช้การจำกัดความเร็ว (Link Speed Limit) เพื่อชดเชยความเสียดทานของกระแสจราจรซึ่งเกิดจากจักรยานยนต์ โดยได้ทำการตั้งค่าการจำกัดความเร็วไว้ที่ 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ทำให้รถยนต์มีความเสียดทานเพิ่มมากขึ้นชดเชยปริมาณ

Carrignon and Buchanan (2009) ได้ทำการศึกษาเพื่อพยายามสร้างแบบจำลองของรถจักรยานยนต์ในศูนย์กลางของลอนดอนโดยใช้โปรแกรม VISSIM มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยจำลองสภาพการจราจรให้เกิดความสมจริงเนื่องจากรถจักรยานยนต์ที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งในการศึกษานี้ได้สร้างช่องจราจรเฉพาะสำหรับรถจักรยานยนต์ โดยกำหนดค่า PCU ของรถจักรยานยนต์ เท่ากับ 0.4 และใช้สมมติฐานให้พฤติกรรมของรถจักรยานยนต์เคลื่อนตัวต่อท้ายกันอย่างเป็นระเบียบ และ PCU ของรถจักรยานและจักรยานมอเตอร์ เท่ากับ 0.2 โดยกำหนดให้เดินทางผ่านช่องว่างระหว่างรถยนต์ ในการพัฒนาแบบจำลองได้ใช้โปรแกรม VISSIM ซึ่งมีความสามารถในการจำลองพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ได้อย่างสมจริง ในการศึกษานี้ได้ทำการสำรวจ Saturation flow (โดยไม่นับรวมรถยนต์สองล้อ) นับจำนวนรถแยกประเภท, Vehicular Saturation Flow (VSF) โดยหาค่าช่วงระยะห่างระหว่างรถยนต์ที่เส้นหยุดที่ได้รับจากโปรแกรมโดยใช้ไฟล์การวิเคราะห์ผล Empirical ซึ่งได้ค่าช่วงเวลาห่างเท่ากับ 2.5 วินาที การศึกษาใช้ VSF เป็นเครื่องมือในการปรับเทียบแบบจำลองพฤติกรรมรถจักรยานยนต์ ซึ่งความยุ่งยากอีกประการคือ การกำหนดค่าความกว้างของช่องจราจรซึ่งมีผลต่อพฤติกรรมของผู้ขับขี่อย่างมาก ซึ่งได้ทำการปรับเทียบแบบจำลองโดยการลองผิดลองถูกค่าระยะด้านข้างเพื่อเปรียบเทียบ

การตัดสินใจของผู้ขับขี่รถสองล้อ โดยผลจากแบบจำลองและได้รับการวิเคราะห์ค่าบนถนน แสดงในรูปแบบของค่า PCU เฉลี่ยของรถจักรยานยนต์ต่อความกว้างของช่องจราจร (ตารางที่ 14) จากการศึกษา สรุปได้ว่าการจำลองสภาพการจราจรที่พยายามจำลองรถสองล้อประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง โดยให้ผลการเปรียบเทียบที่สมจริงเมื่อมีรถสองล้อเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระแสจราจร

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย PCU ของรถจักรยานยนต์ต่อความกว้างของช่องจราจร

ความกว้างของช่องจราจร (เมตร)	PCU ของรถจักรยานยนต์
2.5	0.30
3.0	0.28
3.5	0.27
4.0	0.20
4.5	0.19

(Carrignon and Buchanan, 2009)

8. บทสรุปการทบทวนวรรณกรรมและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1) โปรแกรมที่ใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคในปัจจุบัน ที่เป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Paramis, Vissim และ Aimsun เป็นต้น ซึ่งประสิทธิภาพและความสำคัญที่สำคัญของโปรแกรมที่วิศวกรจราจรควรเลือกใช้ในการจำลองสภาพการจราจรในระดับจุลภาคนอกจากฟังก์ชันในการจำลองพื้นฐานแล้ว (เช่น ทางแยก วงเวียน และสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น) ต้องมีความสามารถในการจำลองสภาพการจราจรและระบบควบคุมการจราจรขั้นสูง ได้แก่ ทางด่วน ระบบขนส่งสาธารณะ ระบบสัญญาณไฟจราจรแบบต่าง ๆ อุบัติเหตุ อุบัติการณ์ และคนเดินเท้า เป็นต้น นอกจากนี้ต้องพิจารณาและคำนึงถึงประสิทธิภาพและความถูกต้องของการแสดงผล การประมวลผล และผลลัพธ์ของแบบจำลอง

2) โปรแกรม PARAMICS มีข้อดีและมีความเหมาะสมในการใช้จำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคหลายประการ เช่น สามารถจำลองการจัดการจราจรในลักษณะที่เป็นวงเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความเหมาะสมกับการศึกษาที่สามารถสำรวจปริมาณการเดินทางจากต้นทาง-ปลายทางได้โดยตรง และสามารถกำหนดการเข้าออกของยานจากโซน มีความเหมาะสมกับการวิเคราะห์ที่ต้องการความละเอียดสูงและลักษณะทางเรขาคณิตของโครงข่ายมีนัยสำคัญอย่างมากกับความถูกต้องของแบบจำลอง มีความสม่ำเสมอในการแสดงผลข้อมูล มี API ที่สามารถพัฒนาแบบจำลองให้มีความสมจริงมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะระบบขนส่งอัจฉริยะ สามารถแสดงผลสามมิติได้เป็นอย่างดี และสามารถบันทึกภาพเคลื่อนไหวเพื่อใช้ในการนำเสนอได้ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โปรแกรม PARAMICS มีข้อด้อยที่ไม่สามารถจำลองรถจักรยานและรถจักรยานยนต์ได้

3) การประยุกต์ใช้โปรแกรม PARAMICS ในการจำลองสภาพการจราจรทั้งในและต่างประเทศมีวิธีการปรับเทียบแบบจำลองโดยใช้ตัวแปร 2 ตัวแปรหลัก คือ headway และ Reaction time โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.6-2.0 และ 0.4-1.3 (ในพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 1.9 และ 0.6) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองจะใช้ในการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจด้านการจราจรในสนาม (ปริมาณจราจร ปริมาณรถเฉลี่ย เวลาในการเดินทาง ความยาวแถวคอย และความเร็ว) ทั้งนี้แบบจำลองที่มีความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (GEH และร้อยละของความแตกต่าง) จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทางเลือกในการจัดการจราจรในอนาคต

4) ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองต้องทำการปรับเทียบแบบจำลองสภาพการจราจร เพื่อให้มีความสมจริงและใช้เป็นตัวแทนของพฤติกรรมของกระแสนจราจรในสถานะที่ทำการสำรวจ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมวลผลแบบจำลองกับผลที่ได้จากการสำรวจ (ทราบค่า) ให้มีผลสอดคล้องกัน ผู้ใช้มีความจำเป็นจะต้องปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรในแบบจำลอง ซึ่งแบ่งเป็น 5 ส่วน หลัก คือ 1) โครงข่าย 2) ปริมาณการเดินทาง 3) การตั้งค่าการประมวลผล 4) พฤติกรรมการขับชี่ และ 5) การเลือกเส้นทาง

5) เพื่อลดความยุ่งยากและซับซ้อนในกระบวนการปรับเทียบแบบจำลอง การศึกษาส่วนใหญ่จึงมักจะทำการปรับค่า (ลองผิดลองถูก) ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการขับชี่นั้นใช้ 2 ตัวแปรหลัก คือ ระยะเวลาห่าง (Headway) และ เวลารับรู้และเกิดปฏิกิริยา (Reaction time) เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลอย่างสูงต่อแบบจำลองหลักที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของยานยนต์แต่ละคัน (Vehicle following, Gap acceptance และ Lane changing models)

6) การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นกระบวนการทำซ้ำ ที่เชื่อมโยงกับแต่ละแบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบแล้ว โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยทั่วไปจะใช้ชุดข้อมูลที่ต่างกันกับปรับเทียบแบบจำลองเพื่อตรวจสอบตัวแปรว่ามีความเหมาะสมเพียงใด โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเป็นขั้นตอนสุดท้ายในพิสูจน์ว่าแต่ละองค์ประกอบของแบบจำลองมีลักษณะและพฤติกรรมการเดินทาง รวมทั้งประสิทธิภาพโดยรวมของระบบมีความใกล้เคียงกับสภาพที่ทำการสำรวจอย่างสมเหตุสมผลเพียงใด

7) วิธีการที่ใช้ในการจำลองพฤติกรรมของรถจักรยานยนต์ในแบบจำลองระดับจุลภาค ได้แก่ การใช้วิธีหน่วยเทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล การใช้หน่วยเทียบเท่ารถจักรยานยนต์ วิธีช่องจราจรเสมือน และการตัดปริมาณจราจรของรถจักรยานยนต์ออกจากการประมวลผลและวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง

