

บทที่ 4 การประยุกต์แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง โดยใช้แบบจำลองการปล่อยมลพิษทางอากาศ

- 4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับประเทศ
- 4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
- 4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งเพื่อประเมินการปล่อยมลพิษทางรถยนต์
- 4.4 การแสดงผลมลพิษของรถยนต์บนภูมิสารสนเทศ
- 4.5 สรุปท้ายบท

การวิเคราะห์ผลกระทบด้านมลพิษจากภาคการขนส่งถือเป็นหัวใจสำคัญที่ใช้ประกอบการพิจารณากำหนดนโยบายที่เหมาะสมในการวางแผนด้านการขนส่งที่ยั่งยืน สำหรับงานในส่วนนี้มีจุดประสงค์หลักดังต่อไปนี้

- (1) เพื่อทำการปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งให้สามารถวิเคราะห์มลพิษทางอากาศจากการขนส่งโดยใช้แบบจำลองการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะที่ได้จากงานทดสอบวิเคราะห์และประเมินการปล่อยมลพิษทางอากาศในเขตเมืองในบทที่ 3
- (2) เพื่อจัดทำระบบแสดงผลมลพิษทางอากาศด้วยระบบภูมิสารสนเทศ

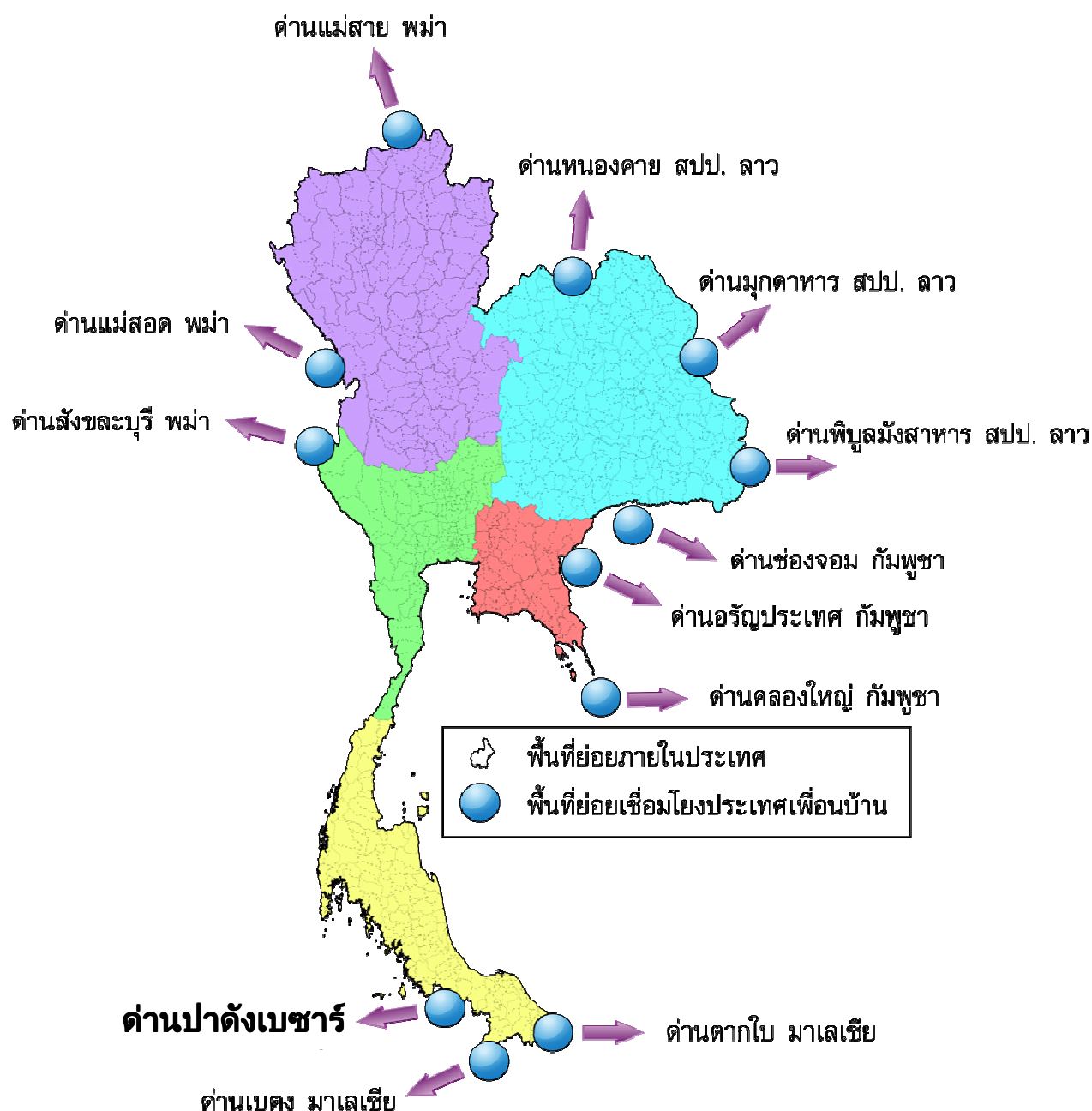
สำหรับการศึกษาแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับประเทศ (NAM) และแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (eBUM)

ในการปรับปรุงและประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง จะเริ่มจากการเปรียบเทียบแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งให้เป็นปัจจุบัน แล้วเพิ่มฟังก์ชันหรือชุดคำสั่งเข้าไปในแบบจำลองเพื่อให้ชุดคำสั่งดังกล่าวทำการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยมลพิษจากภาคการขนส่งและนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในรูปแบบข้อมูลด้านภูมิสารสนเทศ (GIS) โดยมีรายละเอียดของการดำเนินงานในแต่ละส่วน ดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับประเทศ

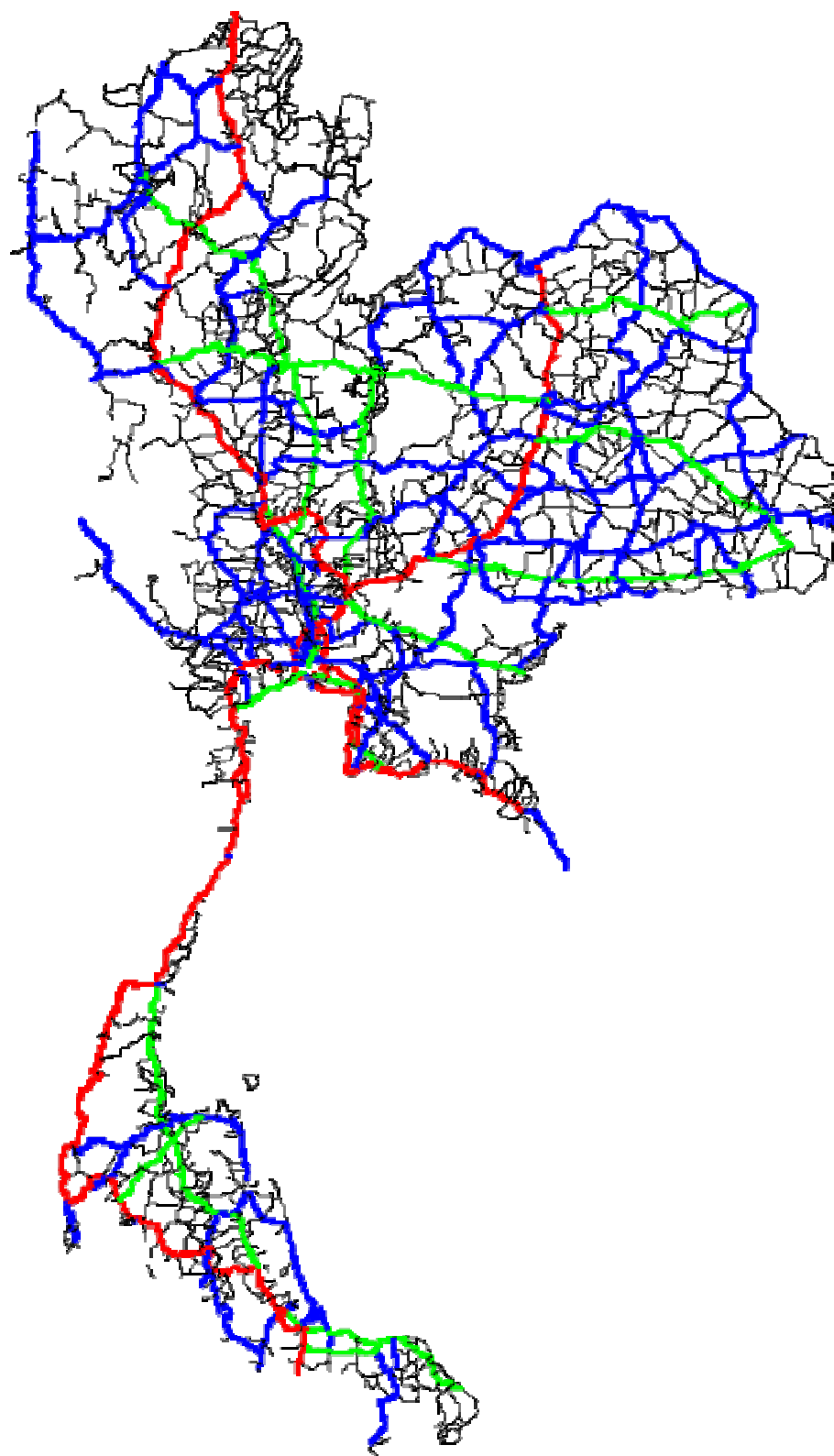
แบบจำลองระดับประเทศเป็นแบบจำลองเพื่อวางแผนการขนส่งที่มองภาพรวมทั้งประเทศ ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องจากการศึกษาโครงการพัฒนาแบบจำลองและระบบฐานข้อมูลจราจร (UTDM) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์การเดินทางของคนและสินค้าระหว่างจังหวัด โดยอาศัยข้อมูลด้านการวางแผนเช่น ข้อมูลจำนวนประชากร ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด ข้อมูลปริมาณจราจร ข้อมูลโครงข่ายและการบริการ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผน วิเคราะห์และ

ประเมินผลของการดำเนินโครงการที่เกี่ยวข้องกับการจราจรและขนส่งในระดับประเทศ ทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อนโยบายหรือมาตรการทางด้านการขนส่งต่างๆ โดยแบบจำลองระดับประเทศ ประกอบด้วยพื้นที่ย่อย (Zone) จำนวน 938 พื้นที่ย่อยซึ่งเป็นพื้นที่ย่อยภายในประเทศ 926 พื้นที่ และพื้นที่ย่อยเชื่อมต่อไปยังประเทศเพื่อนบ้านอีก 12 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.1-1 สำหรับโครงข่ายของแบบจำลองระดับประเทศ แสดงในรูปที่ 4.1-2



ที่มา : โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ขอสสนเทศและแบบจำลอง เพื่อบูรณาการพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระบบโลจิสติกส์ (TDL)

รูปที่ 4.1-1 พื้นที่ย่อยแบบจำลองระดับประเทศ



ที่มา : โครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุง บำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ขอสสนเทศและแบบจำลอง เพื่อบูรณาการพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระบบโลจิสติกส์ (TDL)

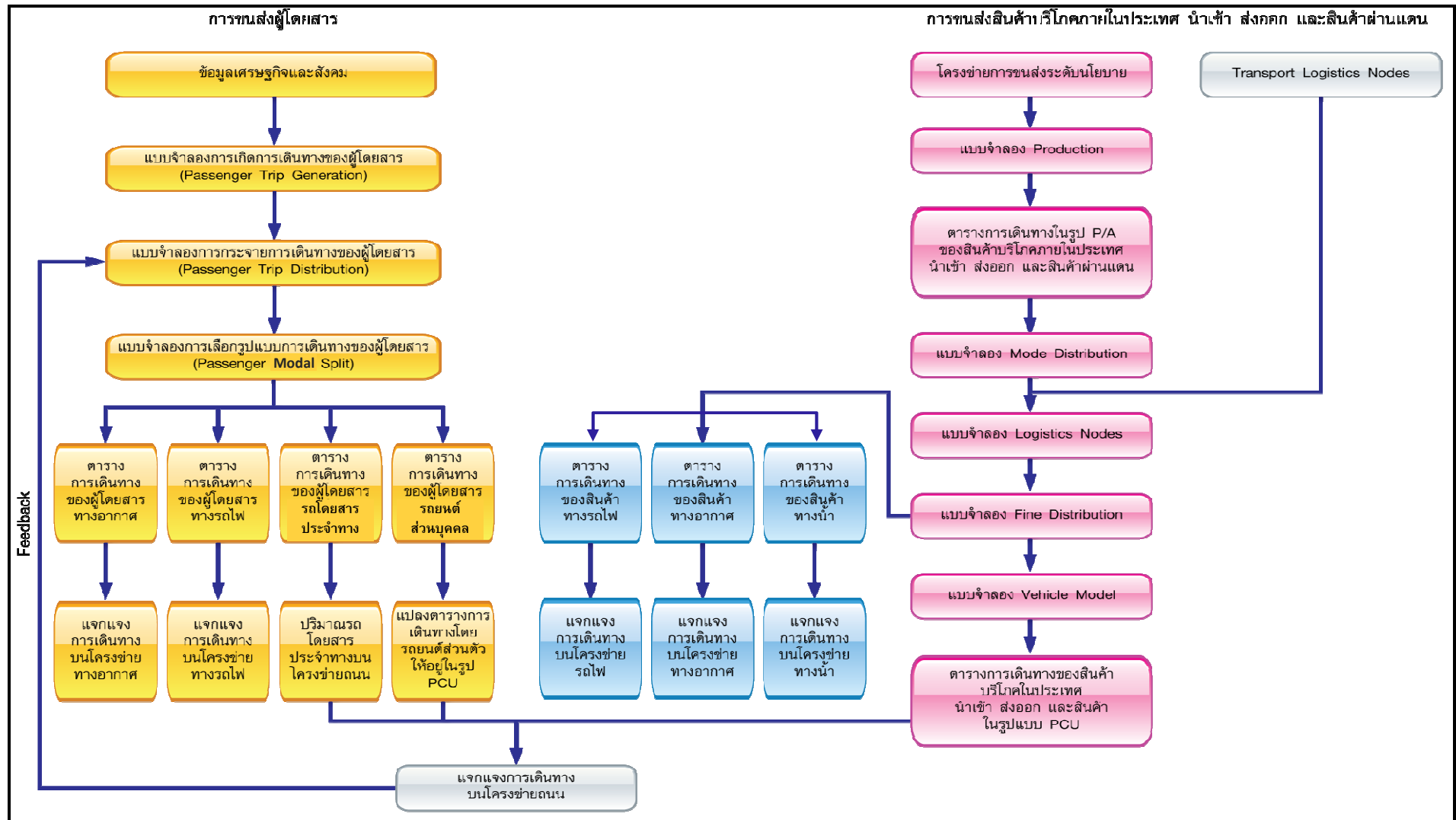
รูปที่ 4.1-2 โครงข่ายแบบจำลองระดับประเทศ (NAM)

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองระดับประเทศ ประกอบด้วย

- (1) ข้อมูลโครงข่ายการคมนาคมขนส่งทางถนน ทางราง ทางน้ำและทางอากาศ ซึ่งนำไปสร้างโครงข่ายการคมนาคมขนส่งสำหรับวิเคราะห์ในแบบจำลอง
- (2) ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งนำมาใช้ในการประมาณการการเกิดการเดินทาง การเลือกรูปแบบการเดินทางรวมทั้งปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่ง

แบบจำลองระดับประเทศเป็นแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (4-Step Model) ประกอบด้วยแบบจำลองการเกิดการเดินทาง แบบจำลองการกระจายการเดินทาง แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง และแบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 4.1-3

- (1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) เป็นแบบจำลองที่ใช้คำนวณปริมาณการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางสำหรับพื้นที่ย่อยใดๆ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง ได้แก่ จำนวนประชากรและผลิตภัณฑ์มวลรวมรายจังหวัด
- (2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) เป็นแบบจำลองเพื่อประมาณปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยใดๆ โดยใช้ Gravity Model ในการคำนวณ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย ได้แก่ ระยะทางและค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย
- (3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model) เป็นแบบจำลองเพื่อประมาณรูปแบบการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย ซึ่งรูปแบบการเดินทางหลัก ได้แก่ การเดินทางส่วนบุคคลและการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ โดยใช้ทฤษฎีอรรถประโยชน์หรือความพอใจ (Utility Theory) ซึ่งเกิดจากระดับความพอใจในการเดินทางลักษณะต่างๆ เช่น ความสะดวกสบาย เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่าย เป็นต้น
- (4) แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Model) เป็นแบบจำลองที่นำปริมาณการเดินทางมาแจกแจงบนโครงข่ายซึ่งใช้ในการเลือกเส้นทางในการเดินทาง โดยใช้การแจกแจงแบบ Incremental Loading โดยอาศัยข้อมูลประสิทธิภาพของถนนแต่ละสาย และปริมาณยวดยานแต่ละชนิด ซึ่งหลังจากการวิเคราะห์โดยแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคือ ปริมาณจราจร ความเร็วบนช่วงถนน เพื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการขนส่ง และวิเคราะห์ผลกระทบจากมลพิษจากภาคการขนส่งในขั้นตอนต่อไป ทั้งนี้ ได้มีการตรวจสอบและปรับปรุงข้อมูลแบบจำลองการจราจรและขนส่งให้มีความทันสมัยโดยเปรียบเทียบแบบจำลองให้สอดคล้องและปริมาณการเดินทางและการขนส่งให้เป็นปัจจุบัน



รูปที่ 4.1-3 โครงสร้างแบบจำลองระดับประเทศ (NAM)

สำหรับแบบจำลองซึ่งที่ปรึกษาได้นำมาใช้ในการศึกษาโครงการนี้ได้รับการปรับปรุงให้เข้ากับสถานการณ์จริงโดยการเปรียบเทียบแบบจำลองตามแนว Screen Line ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4 และผลการเปรียบเทียบแบบจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1-1



รูปที่ 4.1-4 ตัวอย่าง Screen Line ที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ตารางที่ 4.1-1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองระดับประเทศตามแนว Screen Line ปี พ.ศ. 2554

แนว Screen line		ประเภทยานพาหนะ			
		รถส่วนบุคคล	รถโดยสารประจำทาง	รถบรรทุก	รวม(คัน)
แนว Screen line 1	สำรวจ	87,645	3,366	21,363	112,374
	แบบจำลอง	71,195	3,400	19,150	93,745
ความคลาดเคลื่อน		-18.8%	1.0%	-10.4%	-16.6%
แนว Screen line 2	สำรวจ	350,796	31,293	101,568	483,657
	แบบจำลอง	307,145	31,300	84,316	422,761
ความคลาดเคลื่อน		-12.4%	0.0%	-17.0%	-12.6%
แนว Screen line 3	สำรวจ	17,868	1,322	6,227	25,417
	แบบจำลอง	19,330	1,300	5,078	25,708
ความคลาดเคลื่อน		8.2%	-1.7%	-18.5%	-1.1%
แนว Screen line 4	สำรวจ	53,028	5,410	17,482	75,920
	แบบจำลอง	41,708	5,400	14,780	61,888
ความคลาดเคลื่อน		-21.3%	-0.2%	-14.2%	-18.5%

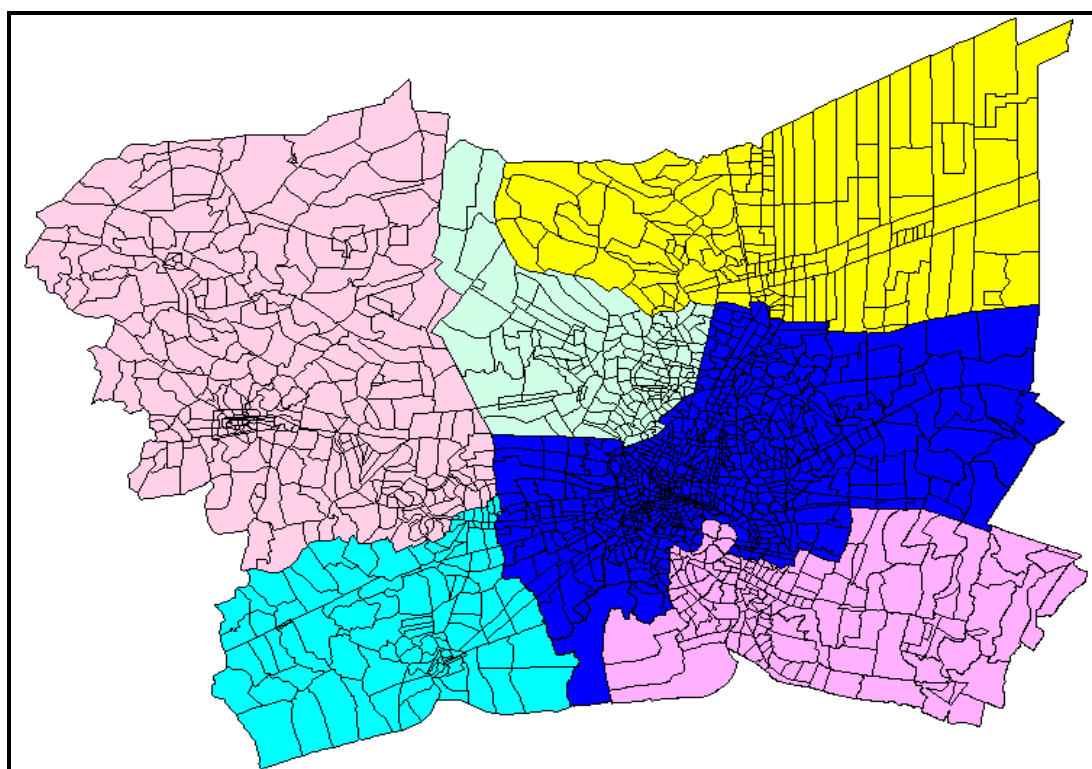
จากการเปรียบเทียบแบบจำลองปี พ.ศ. 2554 พบว่า

- (1) Screen line 1 มีปริมาณจราจร 93,745 คันต่อวัน โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 75.9 เป็นการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล รองลงมาได้แก่ รถบรรทุกคิดเป็นร้อยละ 20.4 ส่วนการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะคิดเป็นร้อยละ 3.6 จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอด Screen line ร้อยละ 16.6
- (2) Screen line 2 มีปริมาณจราจร 422,761 คันต่อวัน ส่วนใหญ่ร้อยละ 72.7 เป็นการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล รองลงมาได้แก่ การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกคิดเป็นร้อยละ 19.9 ส่วนการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะคิดเป็นร้อยละ 7.4 จากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอด Screen line ร้อยละ 12.6
- (3) Screen line 3 มีปริมาณจราจร 25,708 คันต่อวัน ส่วนใหญ่ร้อยละ 75.2 เป็นการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล รองลงมาได้แก่ การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกคิดเป็นร้อยละ 19.8 ส่วนการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะคิดเป็นร้อยละ 5.1 จากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอด Screen line ร้อยละ 1.1
- (4) Screen line 4 มีปริมาณจราจร 61,888 คันต่อวัน โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 67.4 เป็นการเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล รองลงมาได้แก่ การขนส่งสินค้าโดยรถบรรทุกคิดเป็นร้อยละ 23.9 ส่วนการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะคิดเป็นร้อยละ 8.7 จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตลอด Screen line ร้อยละ 18.5

จากผลการเปรียบเทียบแบบจำลองข้างต้น ทำให้สามารถแน่ใจได้ว่าแบบจำลองระดับประเทศนี้มีความเหมาะสม พร้อมทั้งจะนำไปใช้พัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับแบบจำลองการปล่อยมลพิษทางอากาศต่อไป

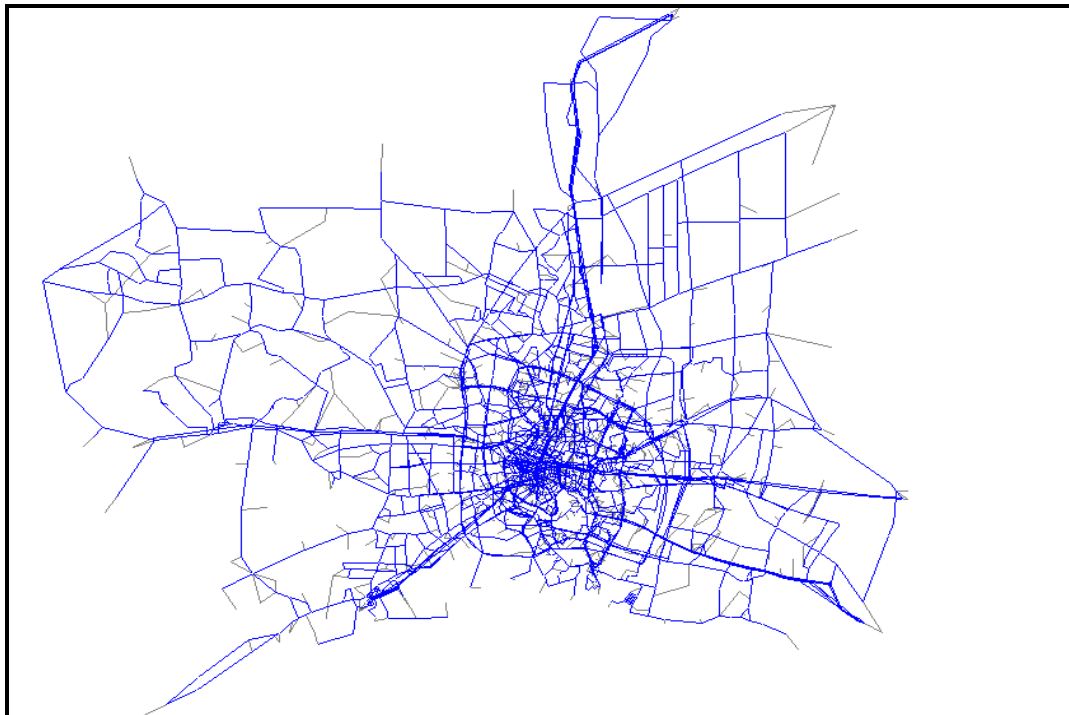
4.2 การเปรียบเทียบแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (eBUM) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการวางแผนและวิเคราะห์การจราจรและขนส่งในพื้นที่บริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลซึ่งได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับแบบจำลองระดับประเทศ และเป็นแบบจำลองที่ได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์แผนงานโครงการของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและจราจรในปัจจุบัน โดยแบบจำลองนี้มีพื้นที่ในการศึกษาครอบคลุมกรุงเทพมหานครกับอีก 5 จังหวัดโดยรอบ ได้แก่ นครปฐม ปทุมธานี สมุทรปราการ สมุทรสาคร และนนทบุรี แบ่งเป็นพื้นที่ย่อยจำนวน 1,657 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.2-1



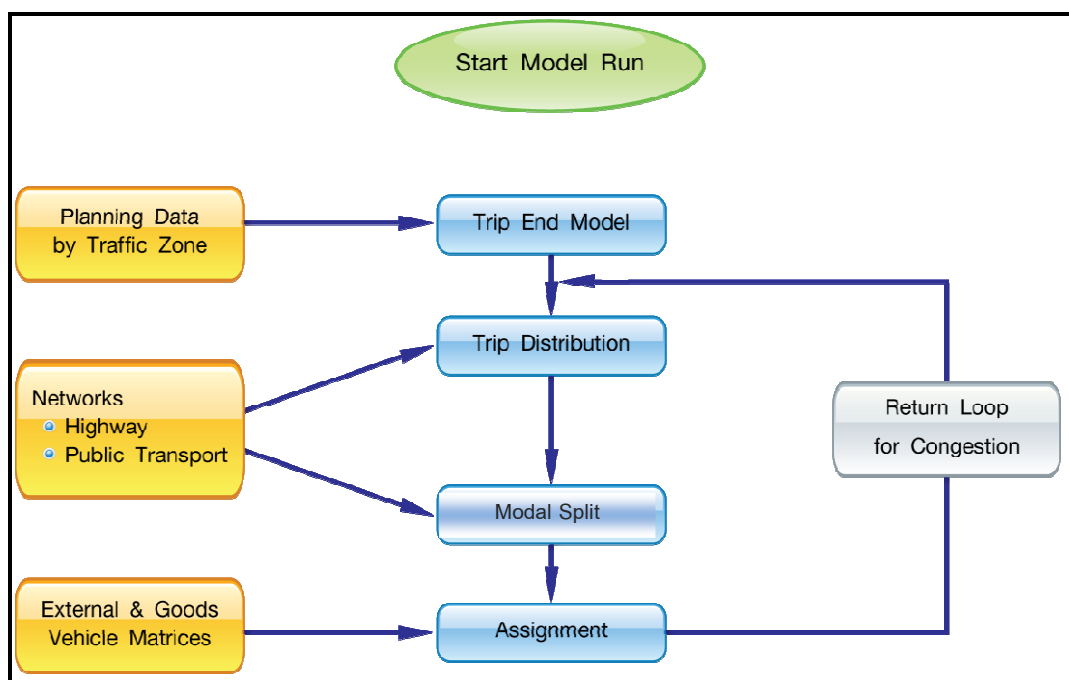
รูปที่ 4.2-1 พื้นที่ย่อยในแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง
ระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (eBUM)

โครงข่ายการจราจรและขนส่งในแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง ระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในรูปที่ 4.2-2



รูปที่ 4.2-2 โครงข่ายในแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

โครงสร้างของแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.2-3 โดยมีขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองดังนี้

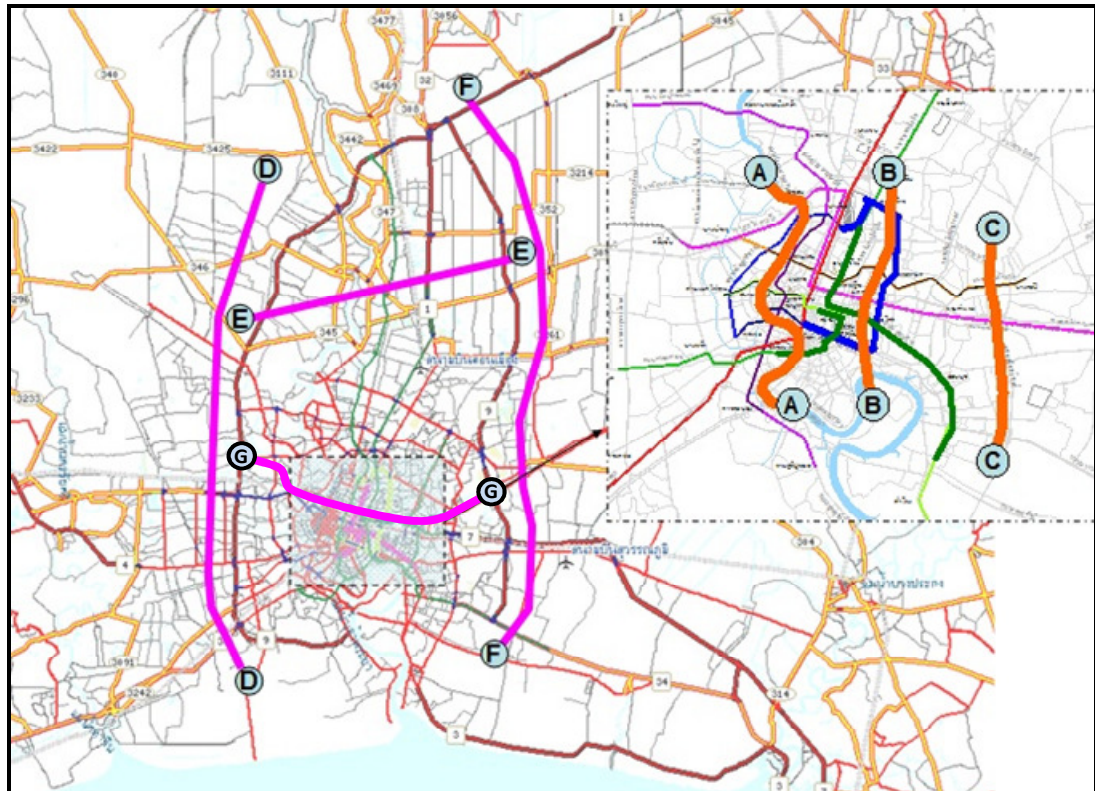


รูปที่ 4.2-3 โครงสร้างแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

โดยแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีรายละเอียดดังนี้

- (1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) ในการพัฒนาแบบจำลองการเกิดการเดินทางใช้วิธี Cross Classification โดยข้อมูลในการคำนวณการเกิดการเดินทาง (Trip Production) ได้แก่ จำนวนประชากร รายได้ต่อครัวเรือน (Household Income) เป็นต้น ส่วนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) ได้แก่ ข้อมูลการจ้างงาน และสถานศึกษา เป็นต้น
- (2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution) เป็นขั้นตอนในการกระจายการเดินทางจากพื้นที่ต้นทางไปยังพื้นที่ปลายทาง โดยใช้หลักการ Gravity Model โดยประเมินจากการเกิดและดึงดูดการเดินทางแต่ละพื้นที่ย่อย ตลอดจนค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยทั้งสอง เช่น ค่าโดยสาร ระยะเวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น
- (3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทางโดยแบ่งรูปแบบการเดินทางออกเป็นรูปแบบการเดินทางหลัก ได้แก่ การเดินทางส่วนบุคคลและการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ โดยในแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจะทำการเลือกรูปแบบการเดินทางแบบ Nested Logit Model ซึ่งมีสมมติฐานว่าผู้เดินทางจะเลือกรูปแบบการเดินทางที่ก่อให้เกิดอรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจสูงสุดเพียงทางเลือกเดียวในการเลือกแต่ละครั้ง (Discrete Choice) โดยความพึงพอใจที่ผู้เดินทางได้รับนี้จะตรวจสอบได้จากฟังก์ชันความพึงพอใจ (Utility Function) เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น
- (4) แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment) ผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้จากการเลือกรูปแบบการเดินทางจะถูกนำมารวมกันเพื่อที่จะแจกแจงการเดินทางลงบนโครงข่าย ซึ่งขั้นตอนสำหรับการแจกแจงการเดินทางจะเป็นแบบหลายรูปแบบหรือ Multi-Class Assignment ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการเดินทาง 5 ประเภทคือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถแท็กซี่ รถโดยสารไม่ประจำทาง (รถโรงเรียนหรือรถรับ-ส่งพนักงาน) และรถบรรทุก สำหรับปริมาณรถโดยสารประจำทางนั้นจะประมาณได้จากโครงข่ายระบบขนส่งสาธารณะซึ่งถูกบรรจุลงในโครงข่ายก่อนที่จะทำการแจกแจงการเดินทาง โดยวิธีการแจกแจงแบบสมดุล (Equilibrium Assignment)

เช่นเดียวกับแบบจำลองระดับประเทศ แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลได้รับการปรับเทียบให้เป็นปัจจุบันเพื่อให้ผลของแบบจำลองมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปโดยในการปรับเทียบแบบจำลองจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาปรับเทียบกับข้อมูลปริมาณจราจรบน Screen Line ต่างๆ ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในรูปที่ 4.2-4



รูปที่ 4.2-4 ตำแหน่งของ Screen Line ที่ใช้เปรียบเทียบแบบจำลอง eBUM

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่า ความแตกต่างของปริมาณจราจรระหว่างแบบจำลองกับข้อมูลที่สำรวจ ดังแสดงในตารางที่ 4.2-1 เป็นความแตกต่างหรือคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

ตารางที่ 4.2-1 ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
ตามแนว Screen Line

ปี 2554 (หน่วย: PCUต่อวัน)

Screen Line	ปริมาณการจราจร จากการสำรวจนับ	ปริมาณการจราจร จากแบบจำลอง	ความแตกต่าง
Screen Line A	1,546,700	1,339,400	-13.4%
Screen Line B	966,300	1,091,100	12.9%
Screen Line C	641,600	719,700	12.2%
Screen Line D	785,900	882,100	12.2%
Screen Line E	507,900	594,700	17.1%
Screen Line F	819,000	798,800	-2.5%
Screen Line G	1,606,700	1,725,800	7.4%
รวม	6,874,100	7,151,600	4.0%

ในการเปรียบเทียบทางด้านปริมาณผู้โดยสารรถไฟฟ้าพบว่า ปัจจุบันรถไฟฟ้าเปิดให้บริการทั้งหมด 3 สาย ได้แก่ รถไฟฟ้าสายสีเขียวมีผู้โดยสารเฉลี่ยประมาณ 4.7 แสนคน-เที่ยวต่อวัน รถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินมีผู้โดยสารเฉลี่ย 2.2 แสนคน-เที่ยวต่อวัน และสายสีแดงหรือแอร์พอร์ตลิงค์มีผู้โดยสารเฉลี่ยประมาณ 0.4 แสนคน-เที่ยวต่อวัน ผลการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการสำรวจกับแบบจำลองสรุปได้ว่า สายสีเขียวมีความแตกต่างจากแบบจำลองร้อยละ 11 ส่วนสายสีน้ำเงินและสายสีแดงข้อมูลจากการสำรวจแตกต่างจากแบบจำลองร้อยละ 4 และร้อยละ 6.9 ตามลำดับซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้เช่นกัน ผลการเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 4.2-2

ตารางที่ 4.2-2 ประเมินการผู้โดยสารที่ใช้ระบบขนส่งมวลชนรถไฟฟ้าปี พ.ศ. 2554

รถไฟฟ้าสาย	การสำรวจ (คน-เที่ยว/วัน)	แบบจำลอง (คน-เที่ยว/วัน)	ความแตกต่าง
สีเขียว	471,900	423,600	10.2%
สีน้ำเงิน	223,000	214,100	4.0%
สีแดง	42,200	45,100	6.9%

หมายเหตุ: ปริมาณผู้โดยสารเฉลี่ยในวันทำงาน

ผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้นำเสนอข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองวางแผนการขนส่งทั้งสองระดับได้ผ่านการตรวจสอบความแม่นยำสำหรับปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีฐานเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งจะนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นแบบจำลองการปล่อยมลพิษทางอากาศต่อไป

4.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งเพื่อประเมินการปล่อยมลพิษของรถยนต์

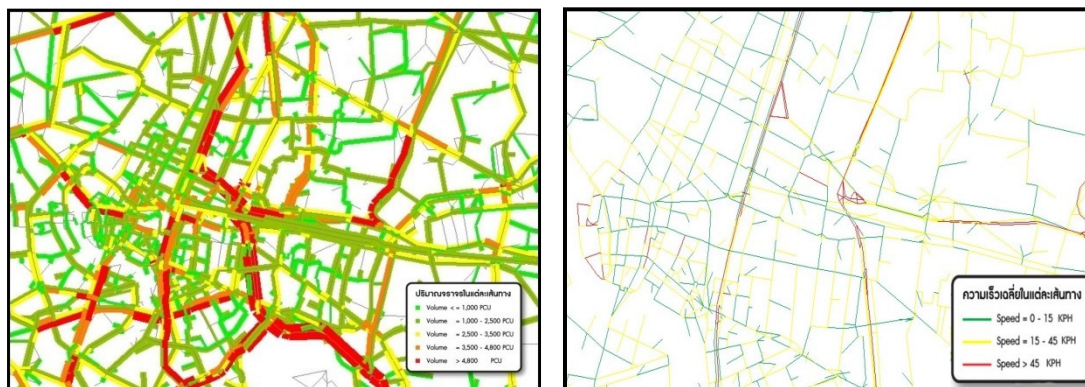
ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึง การทดสอบการปล่อยมลพิษของยานพาหนะและการพัฒนาตัวคูณการปล่อยมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ โดยประเมินอัตราการปล่อยมลพิษจากการตรวจวัดปริมาณการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะแต่ละประเภทที่ความเร็วระดับต่างๆ โดยทดสอบและตรวจวัดมลพิษจาก Emission Labs ซึ่งมีการจำลองสภาพการขับขี่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษที่ได้จากการทดสอบไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองการวางแผนการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ด้านการจราจรและขนส่งกล่าวคือ เป็นการนำผลลัพธ์เกี่ยวกับระยะทางใน การเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ความเร็วระดับต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งไปใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยการปรับปรุงแบบจำลองการขนส่งให้สามารถวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการจราจรและขนส่งบนโครงข่ายการขนส่งและทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษจากแบบจำลองกับข้อมูลทุติยภูมิของหน่วยงานภายในประเทศเพื่อความถูกต้อง และความเชื่อมั่นในการนำผลดังกล่าวไปใช้ในการวางแผนงานโครงการต่อไป

จากการที่แบบจำลองวางแผนการขนส่งทั้งในระดับประเทศ และระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นแบบจำลองเชิงกลยุทธ์ (Strategic Model) ที่มีเฉพาะโครงข่ายคมนาคมสายหลักและสายรองที่สำคัญเท่านั้น ทำให้แบบจำลองระดับประเทศซึ่งเป็นแบบจำลองของการเดินทางระหว่างเมืองขาดโครงข่ายคมนาคมภายในจังหวัด ปริมาณการเดินทางภายในจังหวัดจึงมีค่าเป็นศูนย์ ในขณะที่แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลซึ่งเป็นแบบจำลองการเดินทางในเขตเมืองแม้จะมีโครงข่ายคมนาคมครอบคลุมการเดินทางในพื้นที่เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็ตามแต่ก็ยังขาดโครงข่ายถนนระดับซอยเช่นกัน ข้อจำกัดที่เกิดขึ้นดังกล่าวทำให้ปริมาณการเดินทางที่ได้จากแบบจำลองน้อยกว่าปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงทำให้ผลการวิเคราะห์และประเมินการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะของแบบจำลองทั้งสองระดับมีค่าน้อยกว่าที่ควรจะเป็นด้วย ดังนั้น ในการพิจารณาเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองในการประเมินการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะจึงควรคำนึงถึงข้อจำกัดดังกล่าวด้วยเพื่อให้สามารถนำแบบจำลองไปใช้ได้เหมาะสมต่อไป

ในการวิเคราะห์โดยแบบจำลองการเดินทางระดับประเทศ (NAM) และแบบจำลองการเดินทางระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (e-BUM) ผลลัพธ์หลักที่ได้จากแบบจำลอง ได้แก่ จำนวนยานพาหนะรวมบนถนนในโครงข่ายมีหน่วยเป็น PCU (Passenger Car Unit) ซึ่งได้จากการแปลงค่าปริมาณการเดินทางของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในโครงข่ายจราจรให้เป็นหน่วยเดียวกัน

ปริมาณการเดินทางบนถนนแต่ละสายของโครงข่ายจราจร เป็นอีกหนึ่งผลลัพธ์หลักของแบบจำลอง หลังจากการแจกแจงการเดินทางของ Four-Step Model ที่แสดงปริมาณการเดินทางที่มาจากความต้องการเดินทางของประชากรในพื้นที่ทั้งความต้องการเดินทางเพื่อไปทำงาน การเดินทางเพื่อการศึกษา การเดินทางเพื่อการพักผ่อน และเพื่อจุดประสงค์อื่น โดยในการเลือกเส้นทาง การเดินทางจะใช้ปริมาณการเดินทางบนเส้นทาง การติดขัดของกระแสจราจร และระยะทางเป็นข้อพิจารณา ดังผลลัพธ์ในรูปที่ 4.3-1 (1) แถบเส้นสีแดงแสดงปริมาณการจราจรสูงกว่าเมื่อเทียบกับแถบเส้นสีเขียว

จากนั้นเมื่อพิจารณาระยะทางของถนนแต่ละสายประกอบกับปริมาณการเดินทางจะทำให้ทราบถึงปริมาณการเดินทางรวมของทั้งโครงข่าย(หน่วย PCU-km) เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจร นอกจากนี้เวลาที่ยานพาหนะใช้ในการเดินทางทั้งหมด (หน่วยเป็น PCU-hr) และความเร็วเฉลี่ยของการเดินทาง (Average Travel Speed) ในระบบยังสะท้อนถึงสภาพการจราจรบนโครงข่ายด้วย ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.3-1(2)



(1) ปริมาณการจราจรในแต่ละเส้นทาง

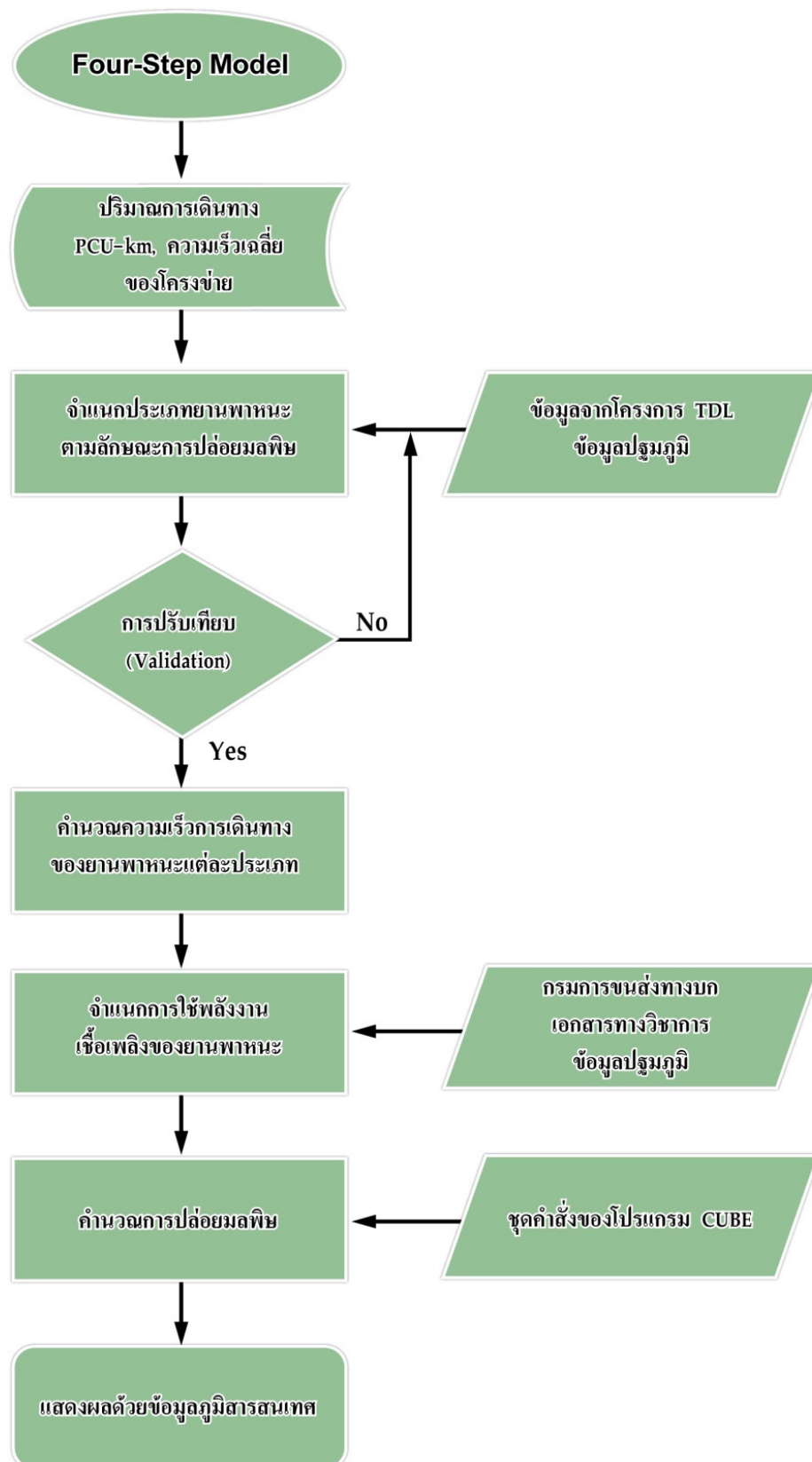
(2) ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะทุกประเภท

รูปที่ 4.3-1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองการเดินทางจาก Four-Step Model

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองการขนส่งให้สามารถวิเคราะห์การปล่อยมลพิษของยานพาหนะในโครงข่ายการจราจรสำหรับโครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นการพัฒนาต่อเนื่องจากการพัฒนาแบบจำลองการขนส่งของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) โดยเป็นการนำเอาผลของแบบจำลองในโครงการ TDL ปี พ.ศ.2544 ในส่วนของปริมาณการจราจร และความเร็วของยานพาหนะบนโครงข่ายมาวิเคราะห์การปล่อยมลพิษ โดยมีขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.3-2

ขั้นตอนแรกของการดำเนินงานเริ่มจาก การจำแนกประเภทยานพาหนะจากผลของการแจกแจงการเดินทางที่ได้จากโครงการพัฒนาแบบจำลอง TDL แต่ผลลัพธ์ของแบบจำลองเดิมนั้นมีหน่วยเป็น PCU (Passenger Car Unit) จึงต้องทำการแปลงค่าดังกล่าวให้มีหน่วยเป็นคันตามประเภทยานพาหนะที่ได้มีการจำแนกอย่างเหมาะสมในโครงการโดยพิจารณาลักษณะการปล่อยมลพิษเป็นสำคัญ จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการสำรวจปริมาณจราจรตามแนวScreen line ของโครงการ TDL ทั้งในส่วน of แบบจำลองระดับประเทศ และแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ขั้นตอนต่อไปเป็นการนำปริมาณยานพาหนะบนโครงข่ายที่ได้จากการเปรียบเทียบมาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยตามประเภทของยานพาหนะเพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษ ซึ่งความเร็วของการเดินทางดังกล่าวจะมีผลต่อปริมาณมลพิษที่ปล่อย เมื่อพิจารณาตามสมการของตัวคูณการปล่อยมลพิษ $EF = aV^b$ โดยที่ V คือ ความเร็วของการเดินทาง (กม./ชม.) จากนั้นจึงจำแนกการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทโดยพิจารณาข้อมูลสถิติของหน่วยงาน และข้อมูลปฐมภูมิจากโครงการเป็นข้อมูลนำเข้าร่วมกับการพัฒนาชุดคำสั่งเพื่อคำนวณการปล่อยมลพิษ และทำการเปรียบเทียบปริมาณมลพิษจากแบบจำลองให้สอดคล้องกับผลของการคาดการณ์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 4.3-2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองวางแผนการขนส่ง
เพื่อวิเคราะห์การปล่อยมลพิษทางอากาศ

4.3.1 การจำแนกประเภทยานพาหนะบนโครงข่ายของแบบจำลองการเดินทาง

เนื่องจากยานพาหนะแต่ละประเภทมีอัตราการระบายมลพิษแตกต่างกัน ดังนั้น ในการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถวิเคราะห์การปล่อยมลพิษจึงต้องทำการแปลงผลลัพธ์ของแบบจำลองจากหน่วย PCU เป็นจำนวนคันของยานพาหนะแต่ละประเภทตามลักษณะและอัตราการปล่อยมลพิษ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.3-3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

<pre> Classified DAY_CAR into PC, Van and PICKUP, apply composition from traffic count spassing screen lines in year 2010,2011 ; APPLY COMPOSITION FACTOR FROM TDL SURVEY ; SCREENLINE S1-S2 FOR JURISDICTION 1-9, 11 IF (RI.JURISDICTION = 1-9,11)P_C = 0.4219*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 1-9,11)VAN = 0.5781*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 1-9,11)PICKUP = 0.0761*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 1-9,11)TRK = 0.9338*RI.V2_1/3 IF (RI.JURISDICTION = 1-9,11)BUSES = RI.BUS/3 ; APPLY COMPOSITION FACTOR FROM TDL SURVEY ; SCREENLINE S3-S4 FOR JURISDICTION 10, 12-14 IF (RI.JURISDICTION = 10,12-14)P_C = 0.2725*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 10,12-14)VAN = 0.7275*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 10,12-14)PICKUP = 0.1497*RI.V2_1 IF (RI.JURISDICTION = 10,12-14)TRK = 0.8593*RI.V2_1/3 IF (RI.JURISDICTION = 10,12-14)BUSES = RI.BUS/3 </pre>	<pre> ; 90.5% ALL TRUCK, 9.5% OF TRUCK IS VAN VanBus = 0.60*BusBy ; ADJUST TOTAL PCU OF FIXED BUS DAY_MC = 0.10*V2_1/0.25 DAY_SAM = 0.10*V2_1/0.7 DAY_CAR = V2_1 DAY_TRK = V2_1 ; SPLIT TRUCK PCU INTO 94 VAN AND 94% ALL TRUCK TRUCK = 0.91*V2_1 DAY_VAN = 0.99*V2_1 ; 87% MEDIUM BUS, 13% HEAVY BUS FROM RIVER CROSSING SURVEY DATA AND ADD 7% OF TRUCK PCU DAY_MEDBUS = 0.87*V2_1/1.5 = 0.87*TRUCKS/1.5 DAY_HVTRKS = 0.13*V2_1/2 = 0.13*TRUCKS/2 ; 74% LIGHT TRUCK, 11% MEDIUM TRUCK, 15% HEAVY TRUCK DAY_LTRK = 0.74*TRUCK/1 DAY_MEDTRK = 0.11*TRUCK/2.0 DAY_HVTRKS = 0.15*TRUCK/2.4 IF (linktype =14) DAY_SAM = 0.00*DAY_TRK ; there is no Sedan on Expressway IF (linktype =14) DAY_MC = 0.00*DAY_MC ; there is no Motorcycle on Expressway </pre>
---	--

(1) แบบจำลองระดับประเทศ

(2) แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

รูปที่ 4.3-3 ชุดคำสั่งในการจำแนกประเภทยานพาหนะของแบบจำลองการเดินทาง

4.3.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์ (PCU Factors)

สำหรับการเดินทางในเขตเมืองโดยใช้แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในโครงการนี้ได้จำแนกยานพาหนะออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้ (1) รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (2) รถยนต์นั่งเกิน 7 คน (3) รถปิกอัพ (4) รถจักรยานยนต์ (5) รถยนต์รับจ้าง (แท็กซี่) (6) รถสามล้อ (ตุ๊ก ตุ๊ก) (7) รถโดยสาร และ (8) รถบรรทุก การแปลงค่าการเดินทางจากหน่วย PCU เป็นคันมีค่าสัมประสิทธิ์ (PCU Factors) แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 ค่า PCU (Passenger Car Unit) ที่ใช้ในโครงการ TDL ของแบบจำลอง e-BUM

ประเภท ยานพาหนะ	รถยนต์ นั่งไม่เกิน 7 คน	รถยนต์ นั่งเกิน 7 คน	รถปิกอัพ	รถจักร ยานยนต์	รถยนต์ รับจ้าง	รถสามล้อ	รถ โดยสาร	รถบรรทุก
PCU Factors	1	1	1	0.25	1	0.7	2	2.5

ที่มา: แบบจำลอง e-BUM โครงการ TDL (2554)

สำหรับการเดินทางระหว่างเมืองหรือการพัฒนาแบบจำลองระดับประเทศมีการจำแนกประเภทยานพาหนะเป็น 5 ประเภทดังนี้ (1) รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (2) รถยนต์นั่งเกิน 7 คน (3) รถปิกอัพ (4) รถโดยสาร และ (5) รถบรรทุก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ (PCU Factors) ที่ใช้จะแตกต่างจากการเดินทางในเขตเมืองบางส่วน ได้แก่ รถบรรทุกและรถโดยสารจะมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 3

4.3.1.2 การจำแนกประเภทยานพาหนะสำหรับแบบจำลองระดับประเทศ

สัดส่วนของยานพาหนะแต่ละประเภทในโครงข่ายระดับประเทศ จากข้อมูลการสำรวจปริมาณการจราจรตามแนว Screen line ของโครงการ TDL เมื่อปี พ.ศ. 2554 แสดงผลลัพธ์ออกเป็น 3 ส่วน (หน่วยเป็น PCU) ได้แก่

ส่วนที่ 1 ปริมาณการเดินทางของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล

ส่วนที่ 2 ปริมาณการเดินทางของรถบรรทุก

ส่วนที่ 3 ปริมาณการเดินทางของรถโดยสาร

ดังนั้น เพื่อให้ได้จำนวนยานพาหนะครบทั้ง 5 ประเภทตามที่ใช้ในแบบจำลอง จะต้องมีการจำแนกประเภทยานพาหนะเพิ่มขึ้นดังนี้ (1) จำแนกรถยนต์นั่งส่วนบุคคลในส่วนที่ 1 ออกเป็นรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน (อาทิ รถเก๋ง) และรถยนต์นั่งเกิน 7 คน (อาทิ รถตู้ รถสองแถว รถเก๋งสามตอน) (2) จำแนกรถบรรทุกในส่วนที่ 2 ออกเป็น รถปิกอัพ และรถบรรทุก โดยใช้สัดส่วนประเภทยานพาหนะตามแนว Screen line อย่างไรก็ดีตามพบว่าสัดส่วนประเภทยานพาหนะของแต่ละแนว Screen line มีความแตกต่างกัน จึงต้องพิจารณาใช้สัดส่วนของประเภทยานพาหนะที่ผ่านแนว Screen line S1-S2 สำหรับการเดินทางของยานพาหนะในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และใช้สัดส่วนของประเภทยานพาหนะที่ผ่านแนว Screen line S3-S4 สำหรับการเดินทางของยานพาหนะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยมีสัดส่วนดังแสดงในตารางที่ 4.3-2

ตารางที่ 4.3-2 สัดส่วนการจำแนกประเภทยานพาหนะในแบบจำลองระดับประเทศ

แนว Screen line	ผลลัพธ์ส่วนที่ 1		ผลลัพธ์ส่วนที่ 2	
	รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	รถปิกอัพ	รถบรรทุก
แนว Screen line S1	36.18%	63.82%	17.00%	83.00%
แนว Screen line S2	43.27%	56.73%	20.22%	79.78%
แนว Screen line S3	32.63%	67.37%	35.38%	64.62%
แนว Screen line S4	25.74%	74.26%	33.96%	66.04%
รวมทั้งหมด	40.41%	59.59%	9.06%	90.94%
แนว Screen line S1-S2	42.19%	57.81%	19.81%	80.19%
แนว Screen line S3-S4	27.25%	72.75%	34.57%	65.43%

ผลการใช้สัดส่วนจากการสำรวจปริมาณจราจรของโครงการ TDL และการเปรียบเทียบผลของสัดส่วนต่าง ๆ ข้างต้นพบว่า ปริมาณการจราจรแยกประเภทยานพาหนะที่เดินทางผ่านแนว Screen line S1-S4 ที่ได้จากแบบจำลองเปรียบเทียบกับผลของการสำรวจปริมาณจราจรเมื่อปี พ.ศ. 2553 และ 2554 ในส่วนของแบบจำลองระดับประเทศมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง ร้อยละ 2 - 15 แนว Screen line 1 (S1) มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 15.53 โดยมีความคลาดเคลื่อนของจำนวนยานพาหนะแต่ละประเภทน้อยกว่าร้อยละ 25 ส่วนแนว Screen line 2, 3 และ 4 (S2, S3, S4) มีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 8.12, 5.64 และ 2.54 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3-3

ตารางที่ 4.3-3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะของแบบจำลองระดับประเทศปี 2553

แนว Screen line		รถยนต์ นั่งไม่เกิน 7 คน	รถยนต์ นั่งเกิน 7 คน	รถโดยสาร	รถปิกอัพ	รถบรรทุก	รวม (คัน)
แนว Screen line 1	สำรวจ	31,047	54,753	3,300	3,570	17,430	110,100
	แบบจำลอง	29,788	40,812	3,200	3,804	15,396	93,000
คลาดเคลื่อน		4.06%	25.46%	3.03%	-6.54%	11.67%	15.53%
แนว Screen line 2	สำรวจ	139,320	182,680	24,000	19,631	77,469	443,100
	แบบจำลอง	122,710	180,990	20,300	16,464	66,636	407,100
คลาดเคลื่อน		11.92%	0.93%	15.42%	16.13%	13.98%	8.12%
แนว Screen line 3	สำรวจ	5,579	11,521	700	1,981	3,619	23,400
	แบบจำลอง	5,042	13,458	820	1,867	3,533	24,720
คลาดเคลื่อน		9.63%	-16.82%	-17.14%	5.80%	2.35%	-5.64%
แนว Screen line 4	สำรวจ	13,387	38,613	5,300	5,807	11,293	74,400
	แบบจำลอง	14,335	38,265	5,310	5,047	9,553	72,510
คลาดเคลื่อน		-7.09%	0.90%	-0.19%	13.10%	15.40%	2.54%

4.3.1.3 การจำแนกประเภทยานพาหนะสำหรับแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

สำหรับแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เมื่อพิจารณาจากผลของแบบจำลองที่แสดงผลลัพธ์ (ในหน่วย PCU) ออกมาเป็น 5 ส่วน สามารถจำแนกประเภทยานพาหนะเพิ่มเติมเพื่อนำไปใช้งานได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเดินทางของรถจักรยานยนต์และรถสามล้อ จำแนกสัดส่วนของรถจักรยานยนต์และรถสามล้อเป็นร้อยละ 80 และร้อยละ 20 ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 การเดินทางของรถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน

ส่วนที่ 3 การเดินทางของรถรับจ้าง หรือรถแท็กซี่

ส่วนที่ 4 การเดินทางของรถโดยสาร จำแนกสัดส่วนของรถโดยสารขนาดกลางและรถโดยสารขนาดใหญ่ออกเป็นร้อยละ 87 และร้อยละ 13 ตามลำดับ โดยพิจารณารวมการเดินทางของรถโดยสารประจำทางเข้าไว้ด้วยกัน

ส่วนที่ 5 การเดินทางของรถบรรทุก และรถปิกอัพ จำแนกสัดส่วนรถปิกอัพ รถบรรทุกขนาดกลาง และรถบรรทุกขนาดใหญ่เป็นร้อยละ 76 ร้อยละ 11 และร้อยละ 13 ตามลำดับ

โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณการจราจรแยกประเภทยานพาหนะที่เดินทางผ่านแนว Screen line A หรือแนวเหนือ-ใต้ ตามแนวแม่น้ำเจ้าพระยา และแนว Screen line G หรือแนวตะวันออก-ตะวันตก ตามแนวคลองแสนแสบ จำนวน 37 จุดสำรวจของโครงการ TDL และผลจากแบบจำลองจะได้ผล ดังแสดงในตารางที่ 4.3-4 และตารางที่ 4.3-5 โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของยานพาหนะรวมทุกประเภทในแนวเหนือ-ใต้ (Screen line A) เท่ากับร้อยละ 9 และมีค่าความคลาดเคลื่อนของยานพาหนะรวมทุกประเภทในแนวตะวันออก-ตะวันตก (Screen line G) เท่ากับร้อยละ 0.4 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาแยกประเภทยานพาหนะพบว่าความแตกต่างของการสำรวจนับกับผลของแบบจำลองมีความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่างร้อยละ 3-28 โดยหนึ่งในสาเหตุของความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมาจากข้อสมมุติฐานของการจำแนกประเภทยานพาหนะของแต่ละโครงการและหน่วยงานต่างๆ มีความแตกต่างกันทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเมื่อทำการเปรียบเทียบ อีกสาเหตุหนึ่งคือ ปริมาณการเดินทางในพื้นที่ต่างๆ มีความไม่แน่นอน แปรเปลี่ยนไปตามวันของสัปดาห์ในการสำรวจ หรือช่วงเวลาของการสำรวจ โดยต้องมีการวิเคราะห์ตัวคูณในการปรับแก้เกี่ยวกับช่วงเวลาดังกล่าวให้ถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง

ตารางที่ 4.3-4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะของแบบจำลองกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลปี 2553

Screen line A	จำนวนยานพาหนะ (คัน)			จำนวนยานพาหนะ (PCU)		
	สำรวจ	แบบจำลอง	ความแตกต่าง	สำรวจ	แบบจำลอง	ความแตกต่าง
รถยนต์ส่วนบุคคลและรถรับจ้าง	805,633	660,510	-18%	805,633	660,510	-18%
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	58,296	61,110	5%	58,296	61,110	5%
รถปิกอัพ	399,660	469,597	17%	399,660	469,597	17%
รถบรรทุกขนาดกลาง	28,565	33,984	19%	57,130	67,968	19%
รถบรรทุกขนาดใหญ่	26,864	32,130	20%	67,161	80,325	20%
รถโดยสารขนาดกลาง	33,692	27,180	-19%	50,538	40,770	-19%
รถโดยสารขนาดใหญ่	3,782	3,045	-19%	7,563	6,090	-19%
รถจักรยานยนต์และสามล้อ	284,516	217,185	-24%	100,719	62,307	-38%
รวม	1,381,100	1,504,741	9.0%	1,546,700	1,448,677	-6.3%

ตารางที่ 4.3-5 ผลการเปรียบเทียบปริมาณยานพาหนะของแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลปี 2554

Screen line G	จำนวนยานพาหนะ (คัน)			จำนวนยานพาหนะ (PCU)		
	สำรวจ	แบบจำลอง	ความแตกต่าง	สำรวจ	แบบจำลอง	ความแตกต่าง
รถยนต์ส่วนบุคคล และรับจ้าง	855,912	833,342	-3%	855,912	833,342	-3%
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	45,669	56,887	25%	45,669	56,887	25%
รถปิกอัพ	352,224	437,145	24%	352,224	437,145	24%
รถบรรทุกขนาดกลาง	24,755	31,634	28%	49,510	63,268	28%
รถบรรทุกขนาดใหญ่	24,012	29,912	25%	60,029	74,780	25%
รถโดยสารขนาดกลาง	55,534	47,285	-15%	83,301	70,928	-15%
รถโดยสารขนาดใหญ่	4,132	5,300	28%	8,264	10,600	28%
รถจักรยานยนต์และสามล้อ	446,444	348,961	-22%	151,791	100,112	-34%
รวม	1,808,682	1,802,300	-0.4%	1,606,700	1,665,500	3.7%

4.3.1.4 ผลการจำแนกประเภทยานพาหนะ

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองระดับประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 4.3-6 แสดงผลไปในทิศทางเดียวกับแบบจำลองของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล กล่าวคือ ยานพาหนะทุกประเภทมีระยะการเดินทาง (VKT) เพิ่มขึ้นจากปีปัจจุบัน หรือปีฐานในปี พ.ศ. 2554 (กรณีสมมติโครงสร้างพื้นฐานปัจจุบัน) และทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางบนโครงข่ายลดลงจาก 80 กม./ชม.เหลือเพียง 75 กม./ชม.โดยประมาณ หรือลดลงประมาณ ร้อยละ 6 ในปีพ.ศ. 2573 ผลจากแบบจำลองการเดินทางที่ได้ในขั้นต้นก็เพื่อนำไปใช้ประเมินสภาพการจราจรในปัจจุบันและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงปริมาณการเดินทางในอนาคต เช่นเดียวกันกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในตารางที่ 4.3-7

จากผลที่ได้พบว่า ระยะทางที่ยานพาหนะแต่ละประเภทเดินทาง (VKT) จะมีอัตราที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปีฐานในปี พ.ศ.2554 สาเหตุเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การพัฒนาพื้นที่ การเติบโตทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความต้องการการเดินทางเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเร็วในการเดินทางกลับลดลง จากผลลัพธ์ดังกล่าวทำให้เห็นถึงปัญหาการจราจรที่อาจเกิดขึ้นบนโครงข่ายในอนาคต เช่น ปัญหาความไม่คล่องตัวของการจราจร ความไม่สะดวกสบายในการเดินทาง รวมถึงปัญหาทางด้านอุบัติเหตุเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการเดินทาง

ผลที่ได้จากแบบจำลองแสดงให้เห็นถึงสภาพการจราจรและปัญหาในอนาคต ดังแสดงในรูปที่ 4.3-4 ที่แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณการเดินทางทั่วประเทศ ดังนั้น แบบจำลองนี้จึงสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือทางวิศวกรรมจราจรและขนส่งในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตเพื่อที่จะกำหนดมาตรการในการแก้ปัญหา และพัฒนาโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ เช่น การใช้แบบจำลองการเดินทางเพื่อประเมินผลของสิ่งก่อสร้างบนโครงข่ายคมนาคมในอนาคต ได้แก่ การเพิ่มถนน ช่องทางจราจร การเพิ่มขึ้นของโครงการระบบขนส่งมวลชน หรือการบังคับใช้มาตรการในการควบคุมปริมาณการเดินทาง เป็นต้น

ตารางที่ 4.3-6 ระยะทางในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะแต่ละประเภทของแบบจำลองระดับประเทศ

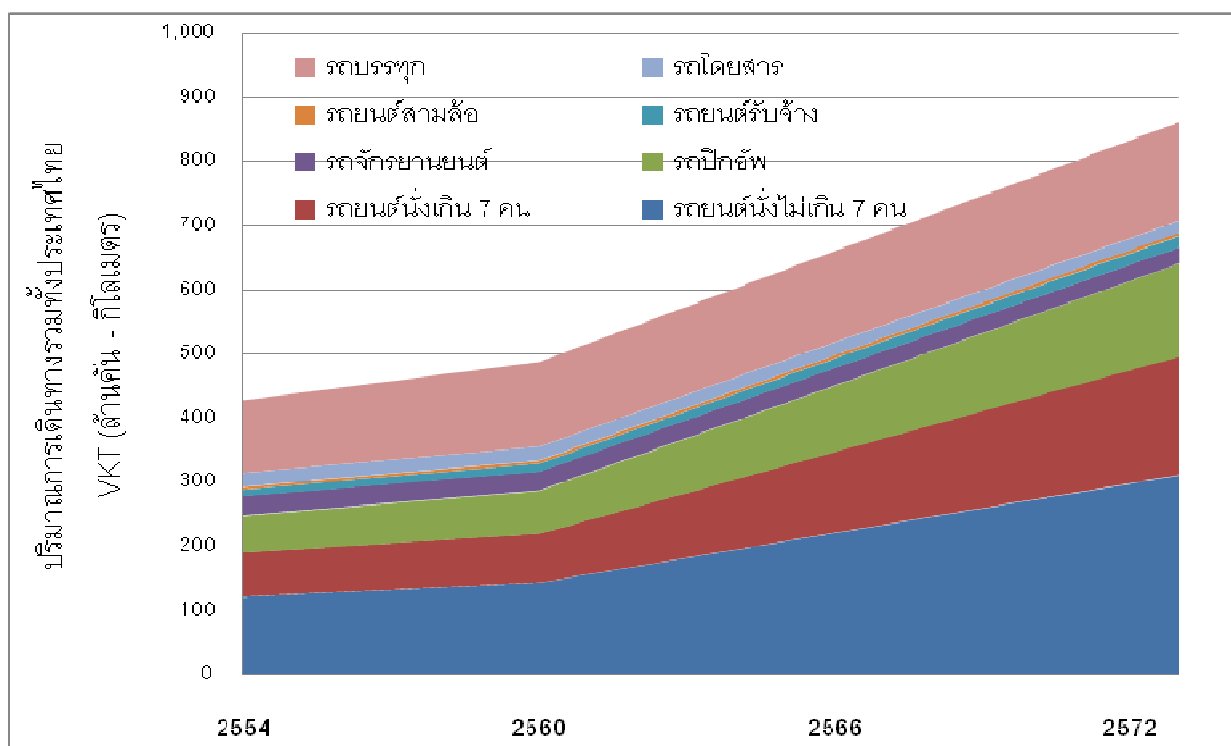
ประเภทยานพาหนะ	2554		2560		2573	
	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	SPEED (กม./ชม.)	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	SPEED (กม./ชม.)	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	SPEED (กม./ชม.)
รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	79,540,488	78.71	87,782,539	79.37	149,631,498	74.33
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	11,867,299	79.59	12,730,478	79.58	12,931,591	73.71
รถปิกอัพ	125,014,468	78.90	137,670,337	79.57	233,861,378	74.51
รถโดยสาร	11,673,623	79.59	11,673,623	81.00	11,652,090	77.08
รถบรรทุก	37,425,080	79.26	40,354,012	79.32	38,091,386	73.91

ที่มา: แบบจำลองการเดินทางจากคณะที่ปรึกษา

ตารางที่ 4.3-7 ระยะทางในการเดินทางและความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะแต่ละประเภทของ
แบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ประเภทยานพาหนะ	2554		2560		2573	
	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)	VKT (คัณ-กิโลเมตร)	ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.)
รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	52,924,324	28.49	73,926,982	23.5	105,688,185	17.54
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	97,325,196	25.54	121,285,718	21.27	160,937,618	16.57
รถปิกอัพ	12,665,254	25.54	15,783,343	21.27	20,943,313	16.57
รถจักรยานยนต์	14,197,448	28.28	16,879,492	22.94	22,014,808	17.06
รถยนต์รับจ้าง (แท็กซี่)	2,226,999	31.43	2,010,571	25.49	1,604,559	17.89
รถยนต์สามล้อ	24,942,229	31.43	22,518,568	25.49	17,970,214	17.89
รถโดยสาร	2,917,462	24.42	2,943,191	19.74	3,086,376	14.21
รถบรรทุก	13,702,355	25.54	17,075,751	21.27	22,658,177	16.57

ที่มา: แบบจำลองการเดินทางจากคณะที่ปรึกษา



ที่มา:แบบจำลองการเดินทางจากคณะที่ปรึกษา

รูปที่ 4.3-4 ปริมาณการเดินทางของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ รวมทั้งประเทศ

นอกจากความสามารถในการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเดินทางเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงหรือแนวโน้มของความต้องการการเดินทาง ปริมาณการเดินทาง ระยะทาง และความเร็วบนโครงข่ายในป้อนาคตแล้ว แบบจำลองนี้ยังสามารถพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการประเมินการปล่อยมลพิษประเภทต่างๆ ของยานพาหนะบนโครงข่ายจราจรได้ด้วยโดยการนำเอาผลของแบบจำลองวางแผนการขนส่งในส่วนของการแจกแจงการเดินทางที่แสดงปริมาณยานพาหนะแต่ละประเภทบนถนนแต่ละสาย ความเร็วเฉลี่ยของการเดินทาง รวมถึงระยะทางรวมของการเดินทาง จากนั้นจึงนำผลลัพธ์เหล่านี้ไปเป็นข้อมูลนำเข้า (INPUTS) สำคัญเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษ นอกจากนี้ผลจากการทดสอบเพื่อหาตัวคูณการปล่อยมลพิษ (Emission Factors) ของยานพาหนะประเภทต่างๆ ในห้องทดลองจากงานส่วนที่ 3 ของโครงการก็เป็นข้อมูลนำเข้าสำคัญอีกส่วนหนึ่งในการพัฒนาความสามารถของแบบจำลอง

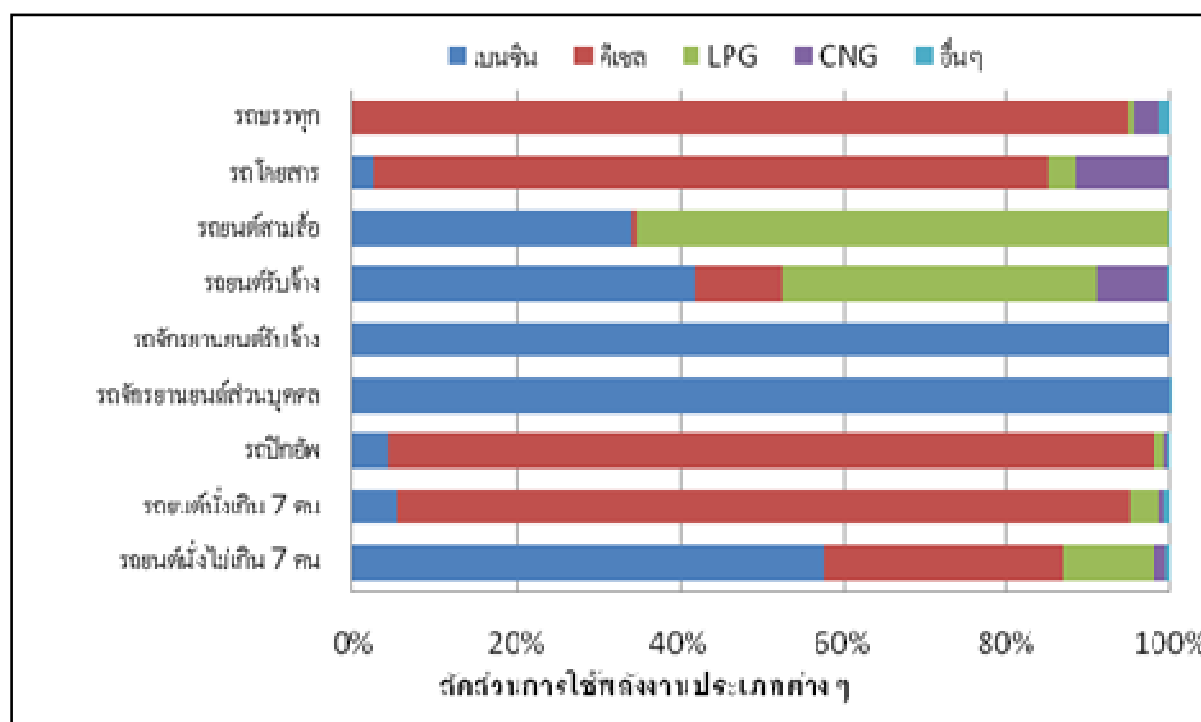
4.3.2 การจำแนกการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและอายุของยานพาหนะ

ข้อพิจารณาที่สำคัญอีกประการหนึ่งนอกจากข้อมูลนำเข้าที่ได้กล่าวข้างต้นก็คือ สัดส่วนของการใช้พลังงานเชื้อเพลิง และอายุของยานพาหนะในโครงข่ายจราจร ซึ่งจากการทดสอบหาค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษพบว่า อายุรถและประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้มีผลต่ออัตราการระบายมลพิษของยานพาหนะเช่นกัน แต่เนื่องจากข้อจำกัดของ Four-Step Model ในแบบจำลองการวางแผนการขนส่งที่ไม่สามารถจำแนกอายุและประเภทเชื้อเพลิงในขั้นตอนของการแจกแจงการเดินทางได้ ดังนั้น จึงได้มีการพิจารณาข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐในประเทศไทยประกอบกับการศึกษาขององค์กรที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น การศึกษาของ World Bank เพื่อนำผลของการศึกษาและการรวบรวมข้อมูลนั้นมาเป็นข้อมูลนำเข้าของการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถวิเคราะห์การระบายมลพิษได้

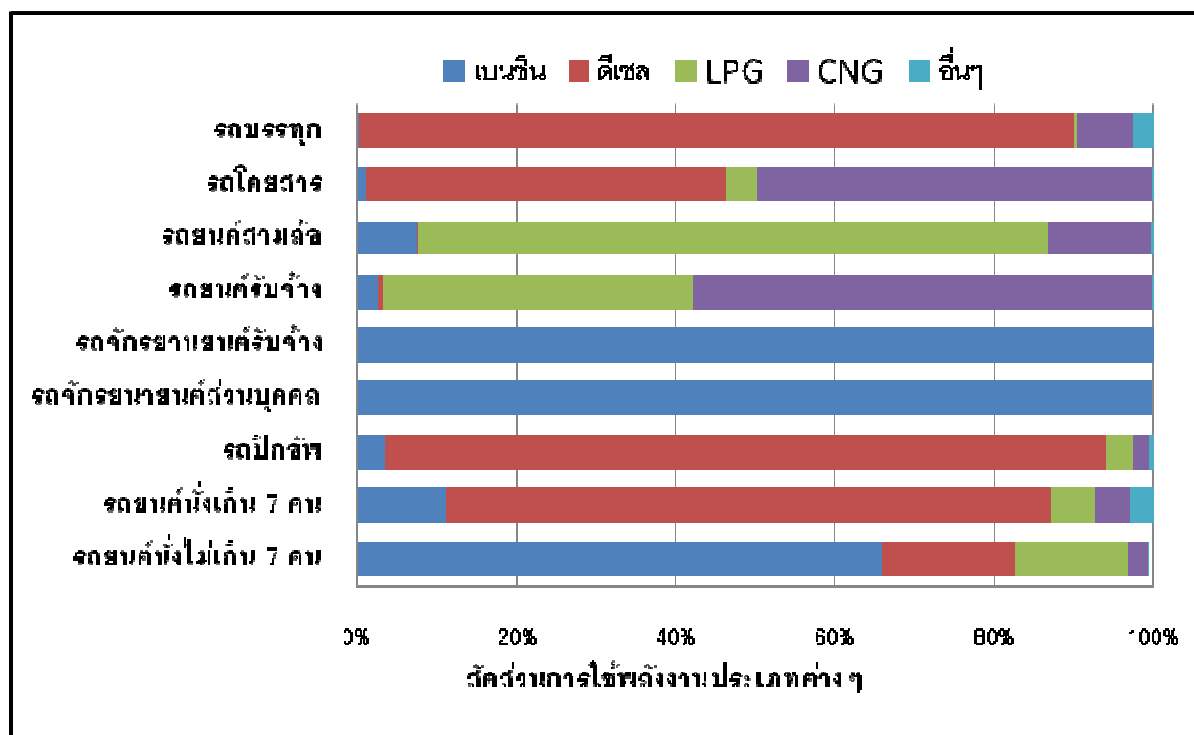
นอกจากข้อมูลทางสถิติของกรมการขนส่งทางบกที่แสดงถึงข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมรวมทั้งประเทศยกเว้นกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในรูปที่ 4.3-5 และข้อมูลการจดทะเบียนสะสมของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในรูปที่ 4.3-6 แล้ว ยังมี การทบทวนการศึกษาของต่างประเทศที่ได้ดำเนินงานในประเทศไทยเกี่ยวกับรูปแบบการเดินทางและประเภทเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง โดยการศึกษาของ World Bank ดังแสดงในตารางที่ 4.3-8 และ ตารางที่ 4.3-9 ได้แสดงรายละเอียดของรูปแบบการใช้พลังงานของรถยนต์ในการเดินทางบนถนนทั่วประเทศและในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยในรายงานนี้แบ่งประเภทรถยนต์ออกเป็น 6 ประเภท และแบ่งประเภทเชื้อเพลิงออกเป็น 5 ประเภทหลัก ในส่วนของรถยนต์ที่สามารถใช้พลังงานได้ 2 รูปแบบ เช่น รถยนต์ส่วนบุคคลสามารถใช้น้ำมันเบนซินร่วมกับก๊าซ LPG หรือสามารถใช้น้ำมันเบนซินร่วมกับก๊าซ CNG ใน การศึกษานี้ได้พิจารณารวมรถยนต์ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มที่มีแนวโน้มสูงกว่า กล่าวคือผู้ขับขี่มี

แนวโน้มที่จะใช้ประเภทเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกกว่าหรือมี fuel efficiency สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่าย

จากการเปรียบเทียบข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมของกรมการขนส่งทางบก และการศึกษาของ World Bank ในรายงาน Making Transport More Efficient ในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2552 พบว่ามีความสอดคล้องกันของข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของรถยนต์แต่ละประเภท กล่าวคือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คนจะมีความหลากหลายในการเลือกใช้เชื้อเพลิงมากที่สุด มีทั้งการใช้น้ำมันดีเซล ก๊าซ LPG ก๊าซ CNG และน้ำมันเบนซิน ส่วนยานพาหนะประเภทอื่นนั้นมีสัดส่วนการเลือกใช้เชื้อเพลิงอย่างชัดเจน เช่น รถบรรทุกและรถโดยสารประมาณร้อยละ 80 ใช้น้ำมันดีเซล รถจักรยานยนต์มากกว่าร้อยละ 95 ใช้น้ำมันเบนซิน และรถปิกอัพใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงหลัก



รูปที่ 4.3-5 สัดส่วนการใช้พลังงานจากข้อมูลการจดทะเบียนสะสมรวมทั้งประเทศ ยกเว้นกรุงเทพมหานครและปริมณฑล



ที่มา: สถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2554

รูปที่ 4.3-6 สัดส่วนการใช้พลังงานในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ตารางที่ 4.3-8 สัดส่วนประเภทเชื้อเพลิงของรถยนต์ในประเทศไทย (ไม่รวมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล) จากการศึกษาของ World Bank

ประเภทรถยนต์	ประเทศไทย (ไม่รวมกรุงเทพมหานครและปริมณฑล)					
	เบนซิน	ดีเซล	LPG*	CNG*	ไฟฟ้า และ อื่นๆ	รวมทั้งหมด
รถยนต์ส่วนบุคคล**	26.2%	72.1%	0.8%	0.1%	0.8%	100%
รถจักรยานยนต์	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
รถยนต์รับจ้าง***	43.2%	2.7%	53.6%	0.0%	0.4%	100%
อื่นๆ	3.5%	94.3%	0.1%	0.0%	2.2%	100%
รถโดยสาร	7.8%	90.6%	0.9%	0.3%	0.2%	100%
รถบรรทุก	0.1%	87.8%	0.1%	0.2%	11.9%	100%
รวมทั้งหมด	76.2%	22.9%	0.3%	0.0%	0.6%	100%

หมายเหตุ: * รถยนต์ที่ใช้ก๊าซ CNG และ LPG ส่วนใหญ่สามารถใช้น้ำมันควบคู่ไปด้วย (เบนซินหรือดีเซล)

** รถยนต์ส่วนบุคคลรวมถึงรถยนต์มากกว่า 7 ที่นั่ง และรถปิกอัพ *** รถยนต์รับจ้างรวมถึงรถมอเตอร์ไซด์รับจ้าง

ที่มา: Thailand: Making Transport More Energy Efficient (2009)

**ตารางที่ 4.3-9 สัดส่วนประเภทเชื้อเพลิงของรถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจาก
การศึกษาของ World Bank**

ประเภทรถยนต์	กรุงเทพมหานคร และปริมณฑล					
	เบนซิน	ดีเซล	LPG*	CNG*	ไฟฟ้า และ อื่นๆ	รวมทั้งหมด
รถยนต์ส่วนบุคคล**	54.0%	43.2%	1.9%	0.4%	0.5%	100%
รถจักรยานยนต์	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100%
รถยนต์รับจ้าง***	10.5%	0.6%	73.2%	15.6%	0.0%	100%
อื่นๆ	0.2%	95.9%	0.0%	0.0%	3.9%	100%
รถโดยสาร	0.9%	91.0%	3.6%	4.4%	0.1%	100%
รถบรรทุก	0.1%	79.4%	0.1%	0.4%	20.0%	100%
รวมทั้งหมด	70.4%	26.1%	2.3%	0.5%	0.7%	100%

หมายเหตุ: * รถยนต์ที่ใช้ก๊าซ CNG และ LPG ส่วนใหญ่สามารถใช้น้ำมันควบคู่ไปด้วย (เบนซินหรือดีเซล)

** รถยนต์ส่วนบุคคลรวมถึงรถยนต์มากกว่า 7 ที่นั่ง และรถปิคอัพ *** รถยนต์รับจ้างรวมถึงรถมอเตอร์ไซด์รับจ้าง

ที่มา: Thailand: Making Transport More Energy Efficient (2009)

เนื่องจากข้อจำกัดของข้อมูลและความหลากหลายของการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิงของรถยนต์นั้นไม่เกิน 7 คน (รถยนต์ส่วนบุคคล) ในส่วนของหลักเกณฑ์การพิจารณา และความถูกต้องของข้อมูลชุดข้อมูลของกรมการขนส่งทางบกและการศึกษาของ World Bank จึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาเก็บสำรวจข้อมูลโดยตรงของโครงการประกอบเพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของการใช้เชื้อเพลิงในปัจจุบันและเพื่อความถูกต้องเหมาะสมของข้อมูลตามจุดประสงค์ของโครงการ

การสำรวจข้อมูลเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลประเภทเชื้อเพลิง และอายุเครื่องยนต์ของรถยนต์ที่ได้มีการพิจารณาแบ่งกลุ่มตามลักษณะการปล่อยมลพิษ และสามารถนำข้อมูลนี้เพื่อเป็นตัวแทนของรถยนต์ในพื้นที่ศึกษานั้น นอกจากจะต้องเก็บให้ได้จำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมกับปริมาณของประชากรจริงแล้วจำเป็นต้องมีการเลือกและสุ่มเก็บตัวอย่างที่ดีด้วย อย่างไรก็ตามการที่จะเก็บสำรวจข้อมูลดังกล่าวจากกระแสรถโดยสารโดยไม่รบกวนการเดินทางและสภาพการจราจร รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านลบต่อการดำเนินโครงการนั้นเป็นเรื่องยาก จึงได้สำรวจข้อมูลที่สถานีจำหน่ายน้ำมัน และสถานีกระจายสินค้ารอบกรุงเทพมหานครแทน โดยพิจารณาเลือกจุดสำรวจให้ครอบคลุมพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร การเดินทางเข้า-ออกเขตกรุงเทพมหานคร และเลือกเก็บข้อมูลจากสถานีน้ำมันที่ตั้งอยู่บนถนนสายหลักที่มีปริมาณการจราจรสูง นอกจากนั้นยังได้มีการสุ่มเก็บตัวอย่างจากสถานศึกษา อาคารสำนักงาน และห้างสรรพสินค้าเนื่องจากสถานที่เหล่านี้เป็นจุดหมายหนึ่งของการเดินทาง ได้แก่ การเดินทางจากบ้านเพื่อไปทำงาน การเดินทางจากบ้านเพื่อไปสถานศึกษา และการเดินทางที่ตอบสนองความต้องการอื่น หรือทำธุรกิจส่วนตัว เป็นต้น

การเลือกกลุ่มตัวอย่างในการสำรวจข้อมูลนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเพราะเป็นการเลือกตัวแทนมาศึกษา ผลจากการศึกษาที่ได้สรุปอ้างอิงไปยังประชากร ดังนั้น ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่ได้ไม่เป็นตัวแทนที่ดี ผลการศึกษาที่กล่าวอ้างอิงไปยังประชากรก็จะไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง ดังนั้น ในการสำรวจข้อมูลจึงพิจารณาใช้การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่มตามประเภทรถยนต์ที่จะนำมาใช้คำนวณปริมาณมลพิษในโครงการ โดยอ้างอิงจำนวนประชากร หรือจำนวนของรถยนต์แต่ละประเภทจากข้อมูลสถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมของกรมการขนส่งทางบก ณ เดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2554 มาใช้ในการคำนวณหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยมีสมมุติฐานว่ากลุ่มตัวอย่างมีกระจายตัวแบบปกติ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 10



รูปที่ 4.3-7 การสำรวจข้อมูลบริเวณสถานีจำหน่ายน้ำมัน
และสถานีขนส่งสินค้าพุทธมณฑล

การสำรวจข้อมูลภาคสนามทำให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของรถยนต์หนึ่งไม่เกิน 7 คน (ตารางที่ 4.3-10) โดยร้อยละ 65.87 ของรถยนต์ประเภทดังกล่าวมีการใช้น้ำมันเบนซิน ประเภทไร้สารตะกั่วร้อยละ 35.87 แก๊สโซฮอล์ร้อยละ 20 และแก๊สโซฮอล์ E20 ร้อยละ 10 นอกนั้นเป็นการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) และน้ำมันดีเซลในสัดส่วนร้อยละ 14.41, 2.42 และ 16.66 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3-10 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์หนึ่งไม่เกิน 7 คน

ประเภทเชื้อเพลิง	สัดส่วน
น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว	35.87%
แก๊สโซฮอล์	20.00%
แก๊สโซฮอล์ E20	10.00%
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)	14.41%
ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG)	2.42%
น้ำมันดีเซล	16.66%

นอกจากประเภทพลังงานเชื้อเพลิงที่ยานพาหนะแต่ละประเภทเลือกใช้จะมีผลต่ออัตราการปล่อยมลพิษแล้ว อายุของเครื่องยนต์ หรืออายุของยานพาหนะก็มีผลด้วย เนื่องจากยานพาหนะที่ผลิตในแต่ละช่วงปีมีมาตรฐานการผลิต และข้อกำหนดด้านมลพิษแตกต่างกัน จึงทำให้มีอัตราการปล่อยมลพิษต่างกัน ดังนั้น อายุของยานพาหนะจึงเป็นข้อมูลนำเข้าสำคัญของการพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การปล่อยมลพิษ ดังแสดงในตารางที่ 4.3-11

ตารางที่ 4.3-11 สัดส่วนอายุของยานพาหนะตามมาตรฐาน EURO

ประเภทยานพาหนะ	กรุงเทพมหานครและปริมณฑล			ระดับประเทศ		
	EURO I	EURO II	EURO III	EURO I	EURO II	EURO III
รถยนต์นั่งไม่เกิน 7 คน	31%	17%	52%	36%	16%	48%
รถยนต์นั่งเกิน 7 คน	54%	12%	34%	68%	11%	21%
รถปิกอัพ	33%	17%	50%	52%	15%	34%
รถจักรยานยนต์	13%	17%	70%	-	-	-
รถยนต์รับจ้าง	6%	26%	68%	-	-	-
รถสามล้อ	84%	1%	15%	-	-	-
รถโดยสาร	38%	12%	50%	55%	18%	26%
รถบรรทุก	46%	20%	34%	51%	19%	30%

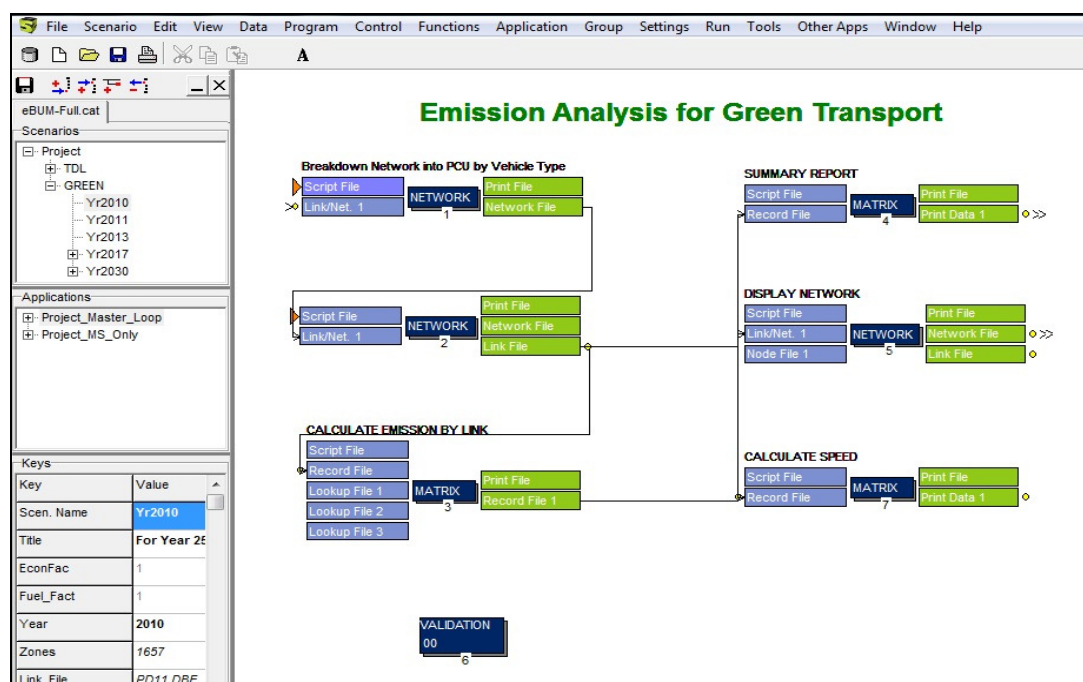
ที่มา: สถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมกรมการขนส่งทางบก ณ วันที่ 30 พฤศจิกายน 2554

4.3.3 การพัฒนาชุดคำสั่งในแบบจำลองวางแผนการเดินทาง

การพัฒนาแบบจำลองให้มีความสามารถในการวิเคราะห์การปล่อยมลพิษประเภทต่างๆ ตามประเภทของยานพาหนะ จำเป็นต้องมีการนำเข้าข้อมูลต่างๆ ที่ได้มีการเตรียมการและศึกษาในโครงการรวมถึงข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิที่รวบรวมได้ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณมลพิษ จะมีการเพิ่มฟังก์ชันที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการจราจรและขนส่ง ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และ ฝุ่นผงขนาดเล็ก (PM) ซึ่งเริ่มโดยการสร้างชุดคำสั่งสำหรับวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการจราจรและขนส่ง

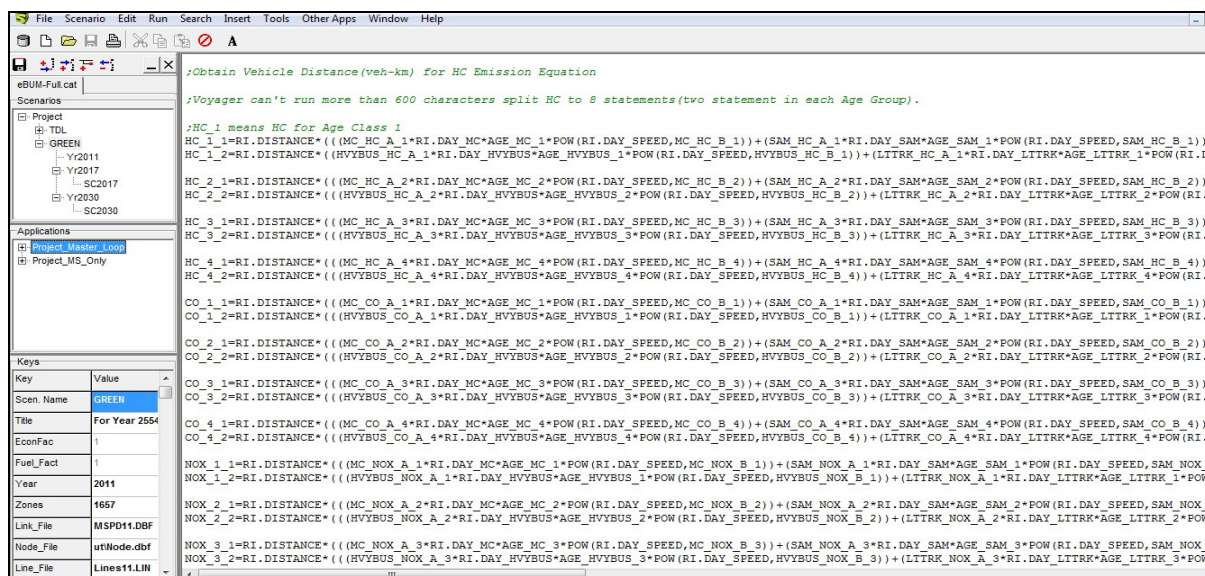
ภายในชุดคำสั่งสำหรับการวิเคราะห์การระบายมลพิษของการขนส่งทางบก (ECO_BOX) ด้วยแบบจำลองการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.3-8 ประกอบด้วยโปรแกรม Matrix ซึ่งเป็นการนำเข้าข้อมูลสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิง ผลจากการแจกแจงการเดินทาง ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะแต่ละประเภท ระยะทางที่เดินทางของยานพาหนะ โดยเป็นข้อมูลรายถนน รวมถึงค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษ (Emission Factors: EF) ที่ได้จากการทดสอบในห้องทดลองจากการดำเนินโครงการในรูปของ $EF=a \cdot V^b$ โดยที่ a และ b คือค่าคงที่ , V คือ ความเร็วเฉลี่ย

(กม./ชม.) จากนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลการจราจรบนโครงข่ายที่ได้ในขั้นตอนการแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment) ให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล (DBF format) เพื่อการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่เกิดจากการจราจร จากนั้นจึงใช้ชุดคำสั่ง Network เพื่อแสดงผลการระบายมลพิษของยานพาหนะประเภทต่างๆ ในโครงข่ายการขนส่ง โดยนำเข้าข้อมูลของโครงข่ายในส่วนของท่านของถนนตามพิกัดภูมิศาสตร์ และเชื่อมต่อกับผลของการคำนวณการระบายมลพิษของชุดคำสั่ง Matrix ข้างต้น



รูปที่ 4.3-8 การคำนวณการระบายมลพิษโดยใช้แบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่ง

นอกจากการนำเข้าข้อมูลจากการศึกษาจากโครงการ ได้แก่ ตัวคูณการปล่อยมลพิษ สัดส่วนการใช้พลังงานเชื้อเพลิง องค์ประกอบที่สำคัญของการพัฒนาแบบจำลองวางแผนการเดินทางให้สามารถวิเคราะห์การระบายมลพิษได้นั้น คือ ชุดคำสั่ง หรือ Script ของโปรแกรม CUBE (รูปที่ 4.3-9) ภายในชุดคำสั่งนี้ประกอบด้วยคำสั่ง Lookup เพื่อนำเข้าข้อมูลสำหรับการคำนวณโดยแยกประเภทของยานพาหนะ และตัวคูณการปล่อยมลพิษของยานพาหนะประเภทนั้นๆ จากนั้นจึงทำการคำนวณมลพิษแต่ละประเภทของยานพาหนะทุกประเภทเป็นรายถนน (Link Base) โดยพิจารณาอายุเครื่องยนต์และสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการประมวลผล



รูปที่ 4.3-9 ชุดคำสั่งที่ใช้ในการวิเคราะห์การระบายมลพิษในโปรแกรม CUBE

4.3.4 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์การระบายมลพิษจากแบบจำลองวางแผนการขนส่ง

จากการประมวลผลของโปรแกรม Matrix ที่มีชุดคำสั่งเพื่อการคำนวณมลพิษในขั้นตอนข้างต้น ทำให้ได้ผลลัพธ์อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล หรือ DBF format มีรายละเอียดแสดงข้อมูลรายถนน ดังแสดงในรูปที่ 4.3-10 โดยมีผลลัพธ์ดังนี้

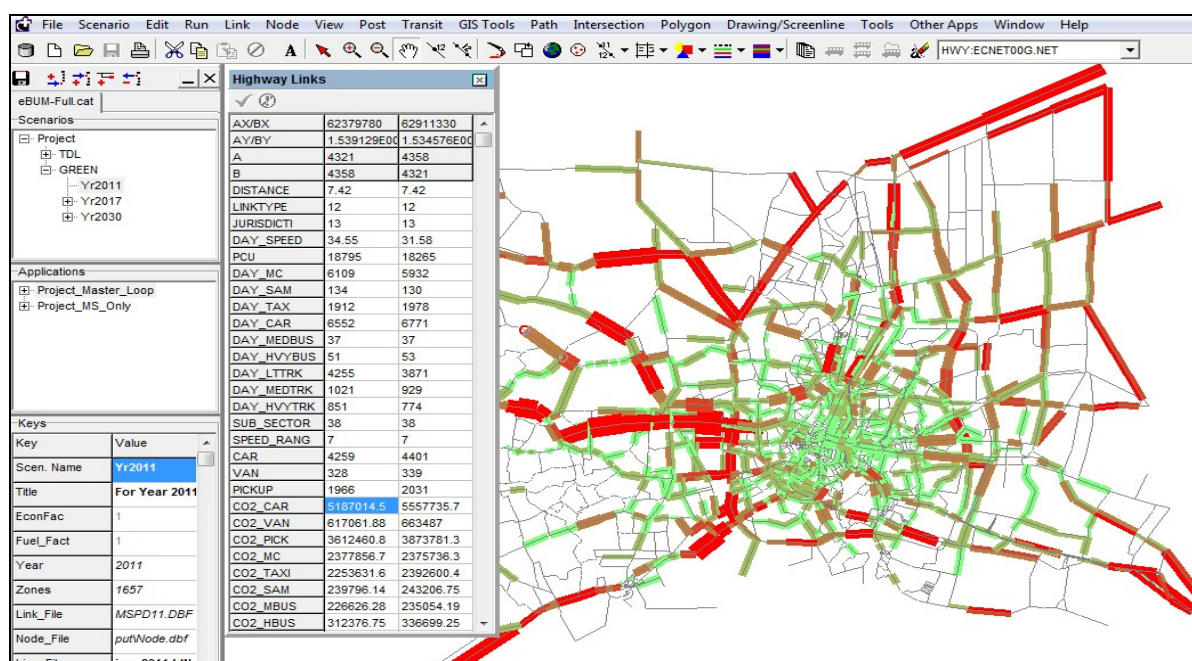
- จำนวนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ
- ความเร็วของยานพาหนะตามรายถนน (กม./ชม.)
- ความยาวของช่วงถนน (กม.)
- ปริมาณการเดินทางในหน่วย คัน-กิโลเมตร (VKT)
- ปริมาณการระบายมลพิษแต่ละประเภทของยานพาหนะ (กรัมต่อวัน)

File Scenario Edit Run Database Tools Other Apps Window Help													
A													
eBUM-Full cat													
Scenarios													
Project													
TDL													
GREEN													
Y12010													
Y12011													
Y12012													
Y12030													
Applications													
Project_Master_Leap													
Project_M5_Only													
Keys													
Key		Value											
Scen. Name		Yr2010											
Title		For Year 2552											
EconFac		1											
Fuel_Fact		0											
Year		2010											
Zones		1657											
Link_File		MSPD11.DBF											
Node_File		putNode.dbf											
PCKUP_CO2	PCKUP_PM	VAN_HC	VAN_CO	VAN_NOX	VAN_CO2	VAN_PM	VAN_PM_DIE	HC	CO	NOX	CO2	PM	
46505.14063	20.82	6.97	26.18	41.95	6532.33	0.01	0.01	425.95	2787.86	2098.07	276135.3125	33747.85938	
106761.85156	45.87	18.91	66.79	93.98	15055.88	0.01	0.01	1207.57	6062	3746.46	510507.625	206589.625	
194101.1875	77.93	45.35	144.45	163.36	27451.60938	0.03	0.03	1928.76	6466.67	3656.87	622108.25	26254.67188	
20431.26953	9.28	2.89	11.1	18.61	2869.1	0.01	0.01	163.38	1025.11	622.54	38028.00791	35315.57031	
0	0	0	0	0	0	0.03	0.03	371.72	3636.06	4712.65	32809.40625	39572.65625	
324041.96875	140.91	54.62	196.49	287.35	55650.16016	0.04	0.04	3606.58	20284.65039	14035.49	1860590.11	345309.3125	
386958.75	168.88	64.26	232.41	343.82	34484.01172	0.03	0.03	6102.36	27892.01953	8795.27	1505348.781	92990.5625	
1031608.06	398.81	282.43	848.13	847.28	46289.35938	0.05	0.05	21599.0293	60231.75	24742.88086	4432219.41	38215.28125	
200115.76563	89.35	30.31	113.43	180.31	28128.17969	0.01	0.01	1232.1	6138.66	3403.15	569926.8125	77531.89844	
183458.3125	79.28	31.68	112.9	161.89	25830.16016	0.02	0.02	2965.11	12835.52	3652.19	546017.4375	11048.39844	
35045.82813	16.02	4.84	18.77	32.13	4931.26	0.02	0.02	224.57	1229.24	532.85	30568.59375	13632.32	
156431.95313	69.38	24.34	90.2	140.42	22005.2207	0.02	0.02	698.31	3680.27	2871.74	444383.5625	14451.85938	
266312.0625	112.32	50.82	174.56	231.56	37578.80078	0.02	0.02	2031.61	8161.7	4529.96	759295.3125	10350.92188	
53093.96094	24	7.65	29.18	48.22	7458.08	0.02	0.02	319.87	2047.84	1494.44	38056.76563	30092.7344	
109059.10938	47.74	17.87	64.92	96.97	15334.49	0.04	0.04	2992.62	14230.36	3542.61	561223.875	13862.14063	
87964.49219	39.36	13.2	49.54	79.26	12347.17	0.02	0.02	676.1	3616.72	2041.54	19985.46875	39120.75781	
200064.20313	86.34	34.78	123.67	176.53	28193.75	0.03	0.03	2324.95	12573.55	8653.26	1150953.36	36622.21875	
115765.92188	49.46	20.94	73.35	101.41	16309.74	0.02	0.02	2080	8894.87	3088.3	97107.6875	3361.36719	
0	0	0	0	0	0	0.07	0.07	904.85	8935.36	11461.16	1174002.32	897524.625	
0	0	0	0	0	0	0.03	0.03	325.99	2712.22	1571.75	72115.95313	163973.9375	
230208.23438	84.24	29.63	219.22	182.28	32760.32031	0.01	0.01	2779.37	8840.01	7809.38	1049334.05	38843.34375	
105642.75781	41.12	28.1	85.3	87.18	14977.97	0	0	1389.08	4778.38	3533.32	503198.4375	133170.0625	
26875.4707	11.68	4.54	16.32	23.79	3782.25	0	0	344.19	2141.54	1671.19	206111.0625	16672.67969	
951.07	0.42	0.15	0.54	0.84	131.24	0.01	0.01	133.53	1012.23	715.31	77923.75	36290.63281	
85932.32031	35.62	17.61	58.9	73.86	12134.47	0	0	1002.39	4513.95	3269.74	458686.0625	53671.70313	

รูปที่ 4.3-10 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการวิเคราะห์การระบายมลพิษของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ

การแสดงผลของการวิเคราะห์การระบายมลพิษจากแบบจำลองวางแผนการขนส่ง

การแสดงผลการระบายมลพิษของยานพาหนะจากแบบจำลองการวางแผนการขนส่งโดยใช้โปรแกรม CUBE สามารถแสดงปริมาณมลพิษจากยานพาหนะเป็นรายถนนได้ทั้งเชิงตัวเลขและเชิงรูปภาพ (Graphic Display) สามารถปรับขนาดความกว้างของแถบสีที่ใช้แสดงผล และเลือกสีให้แสดงถึงความเข้มข้นของการปล่อยมลพิษได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.3-11 โดยในตัวอย่างการแสดงผลนี้ แถบสีแดงแสดงถึงความเข้มข้นของปริมาณมลพิษสูง และแถบสีเขียวแสดงปริมาณมลพิษตามแนวถนนที่น้อยกว่า ส่วนความหนาของแถบสีแดงแสดงถึงปริมาณมลพิษในแต่ละถนน



รูปที่ 4.3-11 การแสดงผลของการวิเคราะห์การระบายมลพิษโดยโปรแกรม CUBE

อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากแบบจำลองนี้เป็นเพียงข้อมูลทางการจราจรตามแนวถนน ไม่สามารถวิเคราะห์และแสดงผลการใช้พื้นที่หรือความเข้มข้นของปริมาณมลพิษในพื้นที่ได้ ดังนั้นเพื่อให้แบบจำลองสามารถรายงานผลปริมาณมลพิษเป็นเชิงพื้นที่ได้จำเป็นต้องมีการนำผลที่ได้ไปเชื่อมต่อกับแผนที่ระบบภูมิสารสนเทศ(GIS) ที่มีข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น พื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร จำนวนประชากรในพื้นที่ เป็นต้น เพื่อนำผลของการระบายมลพิษไปใช้ในการวิเคราะห์ผลกระทบและวางมาตรการให้เหมาะสมต่อไป

4.3.5 การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยมลพิษของแบบจำลอง

การนำผลของแบบจำลองการเดินทางไปใช้ในการวางแผนงาน เพื่อปรับปรุงพัฒนาโครงข่ายจราจรเพื่อการขนส่งที่ยั่งยืน หรือการกำหนดกรอบนโยบายเพื่อลดปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่ง จำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดและความสามารถของแบบจำลอง

ข้อพิจารณาประการแรก เนื่องจากแบบจำลองการเดินทางทั้งระดับประเทศ และระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นการคำนวณปริมาณการเดินทางเฉลี่ยของโครงข่ายจราจรทางบกต่อวัน ซึ่งเป็นประมาณการในภาพรวมโดยเฉลี่ย ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์ผลของการเดินทางเฉพาะเจาะจงจะเป็นรายพื้นที่ เช่น การหาปริมาณการจราจร หรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกรายจังหวัดอาจมีความคลาดเคลื่อนต่างจากสภาพจริง

ข้อพิจารณาประการที่สอง แบบจำลองการเดินทางมีข้อจำกัดของความสมบูรณ์ของข้อมูลโครงข่ายจราจรเนื่องจากแบบจำลองระดับประเทศมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเดินทางระหว่างเมืองของคนและสินค้า ดังนั้น จึงไม่มีการเดินทางภายในเมืองซึ่งเป็นการเดินทางภายในพื้นที่ (Zone) ซึ่งมีผลต่อปริมาณการเดินทางและปริมาณมลพิษในโครงข่าย

ข้อพิจารณาประการที่สาม ข้อจำกัดของฐานข้อมูลทุติยภูมิที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าของโครงการที่พิจารณาจากสัดส่วนยานพาหนะประเภทต่างๆ อายุของยานพาหนะ และสัดส่วนการเลือกใช้พลังงานเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท ส่งผลต่อความถูกต้องของการนำตัวคูณการปล่อยมลพิษมาใช้ และส่งผลต่อการประเมินปริมาณมลพิษของโครงข่าย

ข้อจำกัดข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของข้อสมมุติฐานที่มีผลต่อความถูกต้องของผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางให้สามารถวิเคราะห์การปล่อยมลพิษในภาคขนส่ง ดังนั้น จึงควรมีการเปรียบเทียบผลที่ได้กับการประมาณก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงาน หรือองค์กรที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปใช้งานให้เหมาะสม

กระทรวงพลังงานได้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่งโดยใช้วิธีการคำนวณจากปริมาณการบริโภคน้ำมันของแต่ละภาคเศรษฐกิจ โดยอ้างอิงวิธีการขององค์กร IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) และจากรายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทย ตลอดจนรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยทำให้ทราบปริมาณการบริโภคน้ำมัน และเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ในภาคการขนส่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.3-12 โดยกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคขนส่งสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 44 โดยประมาณ (10,869 ktoe ต่อปี) และจากปริมาณการใช้พลังงานดังกล่าวทำให้ทราบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงจากการประเมินของกระทรวงพลังงานที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่ง เมื่อปี พ.ศ. 2553 เท่ากับ 54.02 ล้านตัน จากการใช้พลังงานในภาคขนส่งทั้งสิ้น 24,594 ktoe ดังแสดงในตารางที่ 4.3-13

เมื่อพิจารณาสัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในแต่ละพื้นที่ต่อปริมาณรวมทั้งหมดที่ได้จากแบบจำลองเทียบกับการใช้พลังงาน พบว่าสัดส่วนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3-13 และรูปที่ 4.3-12

ตารางที่ 4.3-12 การใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553

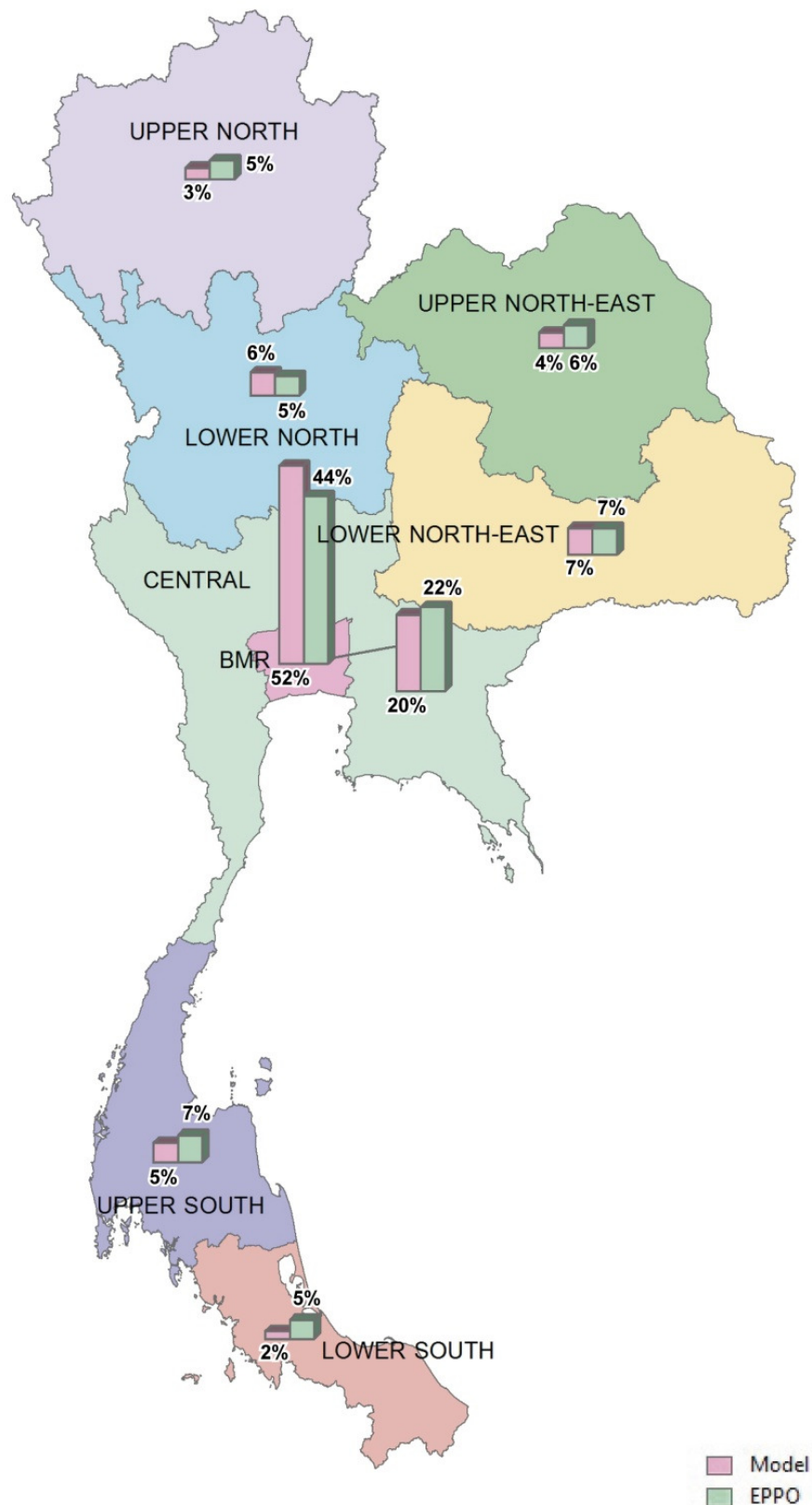
พื้นที่	ปริมาณ การใช้น้ำมัน รวมทุกสาขา ¹ (ล้านลิตร)	สัดส่วน จากการ ใช้น้ำมัน (ร้อยละ)	การใช้ พลังงาน ในภาคขนส่ง (ktoe)
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	15,799	44.19%	10,869
ภาคกลาง	7,792	21.80%	5,360
ภาคเหนือตอนบน	1,868	5.22%	1,285
ภาคเหนือตอนล่าง	1,614	4.51%	1,110
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	2,163	6.05%	1,488
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	2,444	6.84%	1,681
ภาคใต้ตอนบน	2,431	6.80%	1,672
ภาคใต้ตอนล่าง	1,641	4.59%	1,129
รวมทั้งประเทศ	35,752	100.00%	24,594

แหล่งข้อมูล: 1. รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทยปีพ.ศ. 2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ไม่รวมน้ำมันเครื่องบินและก๊าซ CNG)
2. สถิติพลังงานของประเทศไทย ปี 2554 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ตารางที่ 4.3-13 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่งของประเทศไทยปี พ.ศ. 2553

พื้นที่	การใช้ พลังงาน (ktoe)	ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่ง			
		กระทรวง พลังงาน (ล้านตัน)	สัดส่วนจาก การใช้ พลังงาน (ร้อยละ)	แบบจำลอง (ล้านตัน)	สัดส่วนจาก แบบจำลอง (ร้อยละ)
กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	10,869	23.87	44.19%	18.05	51.81%
ภาคกลาง	5,360	11.77	21.80%	7.01	20.12%
ภาคเหนือตอนบน	1,285	2.82	5.22%	1.08	3.10%
ภาคเหนือตอนล่าง	1,110	2.44	4.51%	2.18	6.26%
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน	1,488	3.27	6.05%	1.44	4.13%
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง	1,681	3.69	6.84%	2.55	7.32%
ภาคใต้ตอนบน	1,672	3.68	6.80%	1.73	4.96%
ภาคใต้ตอนล่าง	1,129	2.48	4.59%	0.8	2.30%
รวมทั้งประเทศ	24,594	54.02	100.00%	34.84	100.00%

แหล่งข้อมูล: 1. รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทยปีพ.ศ. 2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ไม่รวมน้ำมันเครื่องบินและก๊าซ CNG)
2. สถิติพลังงานของประเทศไทยปี 2554 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3. สถิติข้อมูลพลังงานกระทรวงพลังงาน



รูปที่ 4.3-12 สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากตารางที่ 4.3.13 จะเห็นว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคขนส่งทุกพื้นที่ ตัวเลขของกระทรวงพลังงานจะมีค่าสูงกว่าตัวเลขของแบบจำลอง ซึ่งเป็นไปตามข้อจำกัดของแบบจำลองที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น ดังนั้น จึงต้องมีการพิจารณาเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลและการคาดการณ์แนวโน้มของการใช้พลังงานภาคการขนส่งในป้อนาคตโดยอ้างอิงจากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573) ของกระทรวงพลังงานเป็นเกณฑ์ในการคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในป้อนาคต ซึ่งผลการเปรียบเทียบสำหรับแบบจำลองระดับประเทศ และระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ดังแสดงในตารางที่ 4.3-14 และ 4.3-15 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3-14 ค่าเปรียบเทียบผลของแบบจำลองการเดินทางระดับประเทศกับการประเมินของกระทรวงพลังงาน

ปี พ.ศ. (ค.ศ.)	การใช้พลังงาน ในภาคขนส่ง (ktoe)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ล้านตัน)		ค่าเปรียบเทียบ (ล้านตัน)
		การใช้พลังงาน	แบบจำลอง	
2548 (2005)	23,491	57.52	33.15	24.37
2553 (2010)	24,594	54.02	34.84	19.18
2554 (2011)	25,381	55.75	36.43	19.32
2560 (2017)	30,661	67.35	43.99	23.36
2563 (2020)	33,700	74.02	48.52	25.50
2573 (2030)	46,810	102.82	62.30	40.52

แหล่งข้อมูล: 1. แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573 ของกระทรวงพลังงาน
2. สถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3. รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทยปีพ.ศ. 2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ไม่รวมน้ำมันเครื่องบินและก๊าซCNG)

ตารางที่ 4.3-15 ค่าเปรียบเทียบผลของแบบจำลองการเดินทางระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลกับการประเมินของกระทรวงพลังงาน

ปี พ.ศ. (ค.ศ.)	การใช้พลังงาน ในภาคขนส่ง (ktoe)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ล้านตัน)		ค่าเปรียบเทียบ (ล้านตัน)
		การใช้พลังงาน	แบบจำลอง	
2548 (2005)	10,381	25.42	17.17	8.25
2553 (2010)	10,869	23.87	18.05	5.82
2554 (2011)	11,217	24.63	18.21	6.42
2560 (2017)	13,550	29.76	24.35	5.41
2563 (2020)	14,893	32.71	26.44	6.27
2573 (2030)	20,687	45.43	35.90	9.53

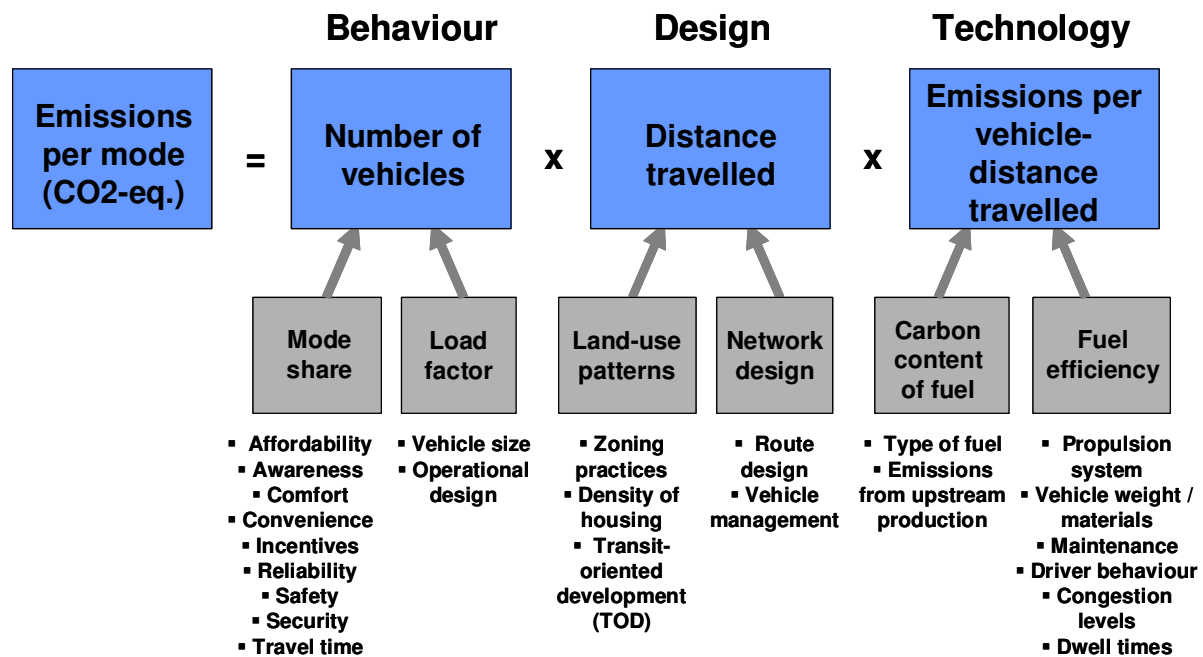
แหล่งข้อมูล: 1. แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573 ของกระทรวงพลังงาน
2. สถิติพลังงานของประเทศไทย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
3. รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทยปีพ.ศ. 2553 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (ไม่รวมน้ำมันเครื่องบินและก๊าซCNG)

4.3.6 การพัฒนาโปรแกรมคำนวณการปล่อยมลพิษทางอากาศ

ส่วนแรกของโปรแกรมการคำนวณปริมาณมลพิษ (รูปที่ 4.3-12) พิจารณาถึงพฤติกรรมการเดินทางเป็นสำคัญ โดยใช้สัดส่วนการเดินทาง และจำนวนยานพาหนะของการเดินทางประเภทต่างๆ เป็นปัจจัยในการคำนวณมลพิษ ได้แก่ การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล ระบบขนส่งมวลชน รถโดยสาร หรือการเดินทางที่ไม่ใช้เครื่องยนต์ เช่น การเดินและการใช้จักรยาน เนื่องจากอัตราการระบายมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภทแตกต่างกันตามขนาดเครื่องยนต์ รวมถึงขนาดของยานพาหนะซึ่งมีผลต่อภาระของเครื่องยนต์ และประเภทน้ำมันหรือเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งสัดส่วนของการเลือกรูปแบบการเดินทางในปัจจุบันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยผู้เดินทางที่เลือกใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมักมีรายได้เพียงพอต่อการซื้อรถยนต์ และพิจารณาปัจจัยด้านความสะดวกสบาย และความปลอดภัยเป็นหลัก สำหรับปัจจัยที่สำคัญต่อการตัดสินใจเลือกเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะ ได้แก่ ความตรงต่อเวลาของการให้บริการ เวลาในการเดินทาง ความปลอดภัย และการจูงใจทางด้านราคาค่าโดยสาร

ส่วนที่สองของโปรแกรมการคำนวณปริมาณมลพิษพิจารณาถึงระยะทางที่ยานพาหนะแต่ละประเภทใช้เดินทางในระบบขนส่ง โดยมีหลักการที่ว่าภาระการระบายมลพิษนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิง ดังนั้น หากมีการเดินทางในระยะทางมากจะทำให้มีการปล่อยมลพิษมากขึ้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะทางที่เดินทาง ได้แก่ การวางผังเมือง เช่น เมืองที่มีศูนย์กลางธุรกิจอยู่ใจกลางเพียงแห่งเดียวมักมีความหนาแน่นของที่อยู่อาศัยบริเวณศูนย์กลางสูง ดังนั้น จึงมีการกระจายตัวของที่อยู่อาศัยออกไปยังรอบนอกเมือง ส่งผลให้เกิดการเดินทางที่มีระยะทางมากกว่าเมืองที่มีการพัฒนาแบบหลายศูนย์กลาง ซึ่งปัจจัยดังกล่าวสะท้อนถึงลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายการเดินทาง หรือการวางตัวของถนนรวมถึงผังเมือง เป็นต้น

ส่วนสุดท้ายของโปรแกรมคำนวณมลพิษเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี และประเภทเครื่องยนต์ของยานพาหนะเป็นปัจจัยสำคัญ ข้อมูลนำเข้าในส่วนนี้จะเป็นการนำเอาผลค่าตัวคูณการปล่อยมลพิษที่ได้จากการทดลองของโครงการฯ มาใช้โดยพิจารณาถึงอัตราการระบายมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภท ประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้พฤติกรรมการขับขี และสภาพการจราจรก็เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยมลพิษและเป็นส่วนสำคัญในการระบายมลพิษเช่นกัน เนื่องจากสภาพการจราจรที่ติดขัด และพฤติกรรมการขับขีที่ไม่ราบรื่นมีการเร่งความเร็วและเบรคบ่อยครั้ง ทำให้มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันสูงและส่งผลโดยตรงต่อการระบายมลพิษ ซึ่งปัจจัยในส่วนนี้พิจารณาจากการเลือก Driving Cycle ที่เหมาะสมกับพฤติกรรมการเดินทาง



ที่มา : Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations (2005)

รูปที่ 4.3-13 องค์ประกอบของโปรแกรมการคำนวณปริมาณมลพิษ

จากข้อมูลนำเข้า (Inputs) ทั้งสามส่วนทำให้ได้สมการสำหรับพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อคำนวณการปล่อยมลพิษได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณมลพิษ} = \text{จำนวนเที่ยวการเดินทาง} \times \text{ระยะทางที่เดินทาง} \times \text{ตัวคูณการปล่อยมลพิษ}$$

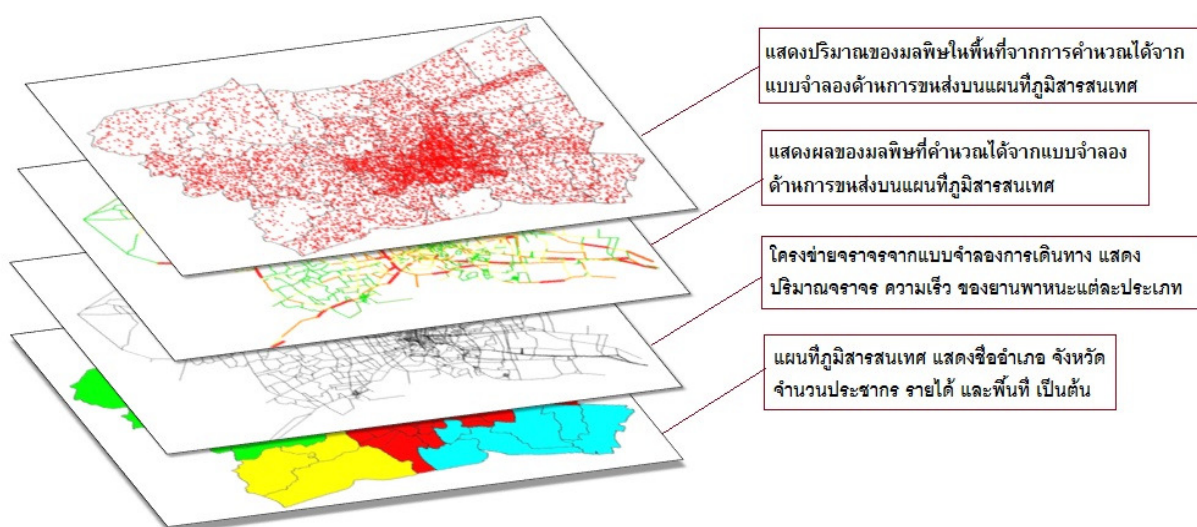
เนื่องจากแบบจำลองการเดินทางทั้งแบบจำลองการเดินทางระดับประเทศ (NAM) และระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (e-BUM) เป็นแบบจำลองเชิงกลยุทธ์ (Strategic Model) เหมาะสำหรับการใช้ในการคาดการณ์ ประเมินสภาพการเดินทาง และวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างพื้นฐานในป้อนาคของโครงข่ายคมนาคม เช่น การพัฒนาโครงข่ายถนน โครงการระบบขนส่งมวลชน โครงการพัฒนาโครงข่ายทางรถไฟ แต่ไม่สามารถใช้วิเคราะห์ผลกระทบจากมาตรการต่างๆ ได้ จึงจำเป็นต้องมีการนำโปรแกรมการประเมินศักยภาพในการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศจากการใช้พลังงานเชื้อเพลิงข้างต้นมาใช้ประกอบการพิจารณา วิเคราะห์และนำผลที่ได้ไปใช้งานต่อไป (รายละเอียดสมมุติฐานและการประเมินศักยภาพดังกล่าวแสดงในภาคผนวก ค)

4.4 การแสดงผลมลพิษของรถยนต์บนภูมิสารสนเทศ

นอกเหนือจากการปรับปรุงแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งเพื่อให้สามารถวิเคราะห์และประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากภาคการขนส่งได้แล้ว ยังได้มีการพิจารณาถึงการนำระบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) มาใช้ประกอบการแสดงผลด้วย โดยเห็นว่าการแสดงผลด้วยระบบ GIS จะทำให้ระบบมีความสามารถในการเก็บรวบรวมและปรับปรุงฐานข้อมูล เพื่อจัดเตรียมปรับแต่ง วิเคราะห์ สำหรับการแสดงผลข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้ โดยที่รูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาวิเคราะห์ และสื่อความหมายเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับช่วงเวลาได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของมลพิษที่เกิดจากโครงการในปีต่างๆ หรือบริเวณที่มีปริมาณมลพิษเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เป็นต้น

ข้อมูล GIS ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geo-code) ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยข้อมูลใน GIS ที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกโดยตรง หมายถึงข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน ฯลฯ สำหรับข้อมูล GIS ที่อ้างอิงกับข้อมูลบนพื้นโลกได้โดยทางอ้อมได้แก่ ข้อมูลของบ้าน รวมถึงบ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ทั้งนี้ ลักษณะการเก็บข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศและตัวอย่างการแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นโดยใช้ระบบภูมิสารสนเทศจะมีลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 4.4-1

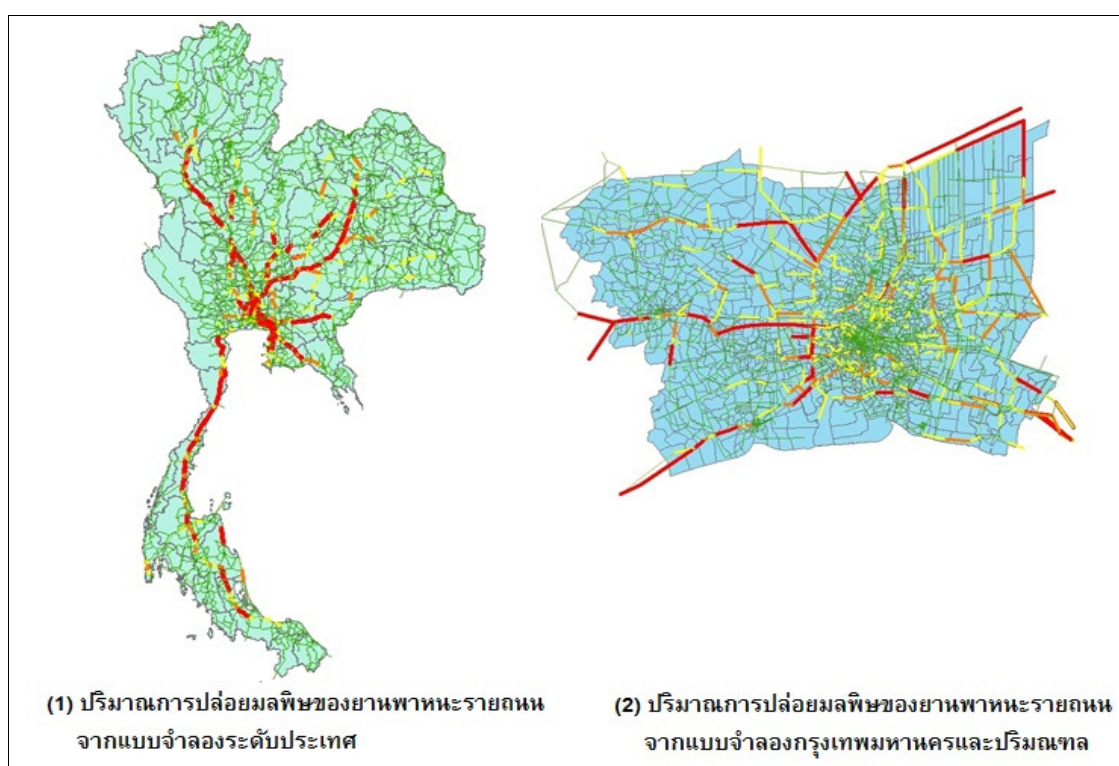
การนำผลของมลพิษที่คำนวณได้จากแบบจำลองด้านการขนส่งมาแสดงในระบบภูมิสารสนเทศ และแสดงผลบนแผนที่ข้อมูลเชิงตำแหน่ง หรือแผนที่ภูมิสารสนเทศให้เป็นแผนที่ฐานแล้วทำการลงพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geo-coding) ก่อนที่จะนำโครงข่ายที่ได้จากแบบจำลองด้านวางแผนการขนส่งมาซ้อนทับจะสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณจราจร และปริมาณมลพิษ แต่ละประเภท ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) และฝุ่นผงขนาดเล็ก (PM) ที่เกิดขึ้นจากการจราจรในพื้นที่



รูปที่ 4.4-1 การเก็บข้อมูลและการแสดงผลของระบบภูมิสารสนเทศ

4.4.1 การแสดงผลของการวิเคราะห์การระบายมลพิษแบบรายถนน (Link based)

การแสดงผลการปล่อยมลพิษจากภาคการขนส่งด้วยข้อมูลภูมิสารสนเทศเป็นการใช้ข้อมูลจาก 2 ส่วนคือ ข้อมูลการระบายมลพิษที่ได้จากแบบจำลองการเดินทางมาซ้อนทับฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่แสดงขอบเขตพื้นที่ของเขตการปกครองตามตำบล อำเภอ และจังหวัด รวมถึงการใช้พื้นที่และข้อมูลเชิงปริมาณ ดังนั้น จึงสามารถแสดงผลมลพิษเป็นรายถนน (เช่นเดียวกับโปรแกรม CUBE) ประกอบกับการแสดงตำแหน่งตามเขตการปกครองของถนนที่มีความซับซ้อนของการปล่อยมลพิษจากยานพาหนะที่มีปริมาณสูง โดยตัวอย่างที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.4-2 แถบสีแดงแสดงปริมาณมลพิษสูง และแถบสีส้ม เหลือง เขียว แสดงปริมาณมลพิษที่น้อยลงลดหลั่นลงไปตามลำดับ

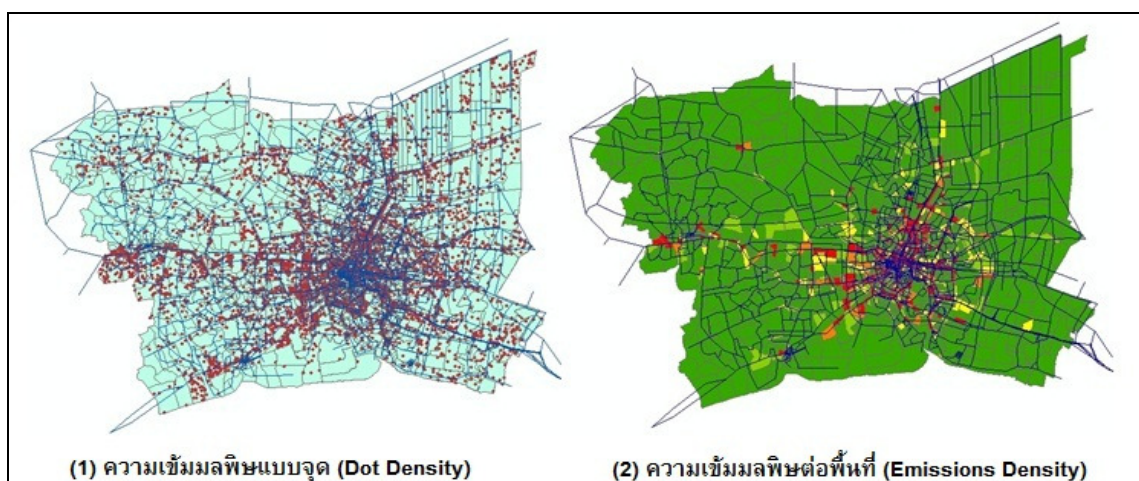


รูปที่ 4.4-2 การวิเคราะห์การระบายมลพิษแบบรายถนนในแผนที่ภูมิสารสนเทศ

4.4.2 การแสดงผลความเข้มข้นการระบายมลพิษแบบรายถนน (Emissions Density)

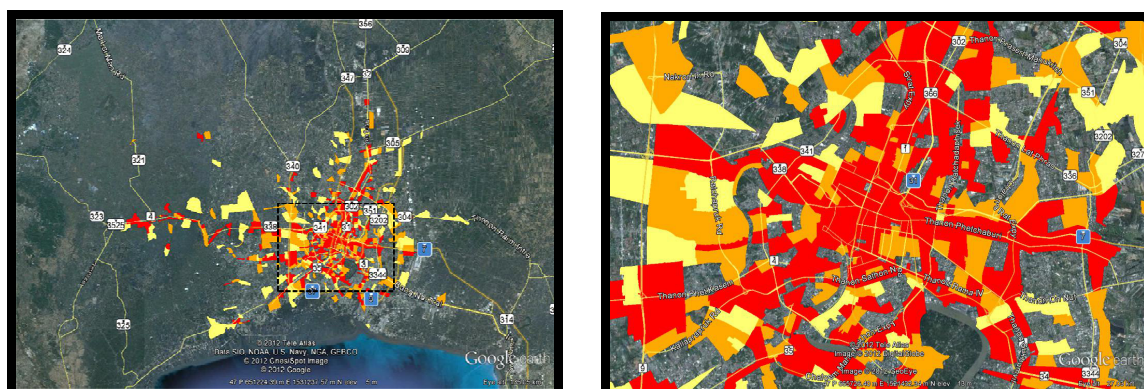
ปริมาณความเข้มข้นของมลพิษจากยานพาหนะรายถนนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายส่วน ได้แก่ ปริมาณการเดินทาง ความเร็วของการเดินทางบนถนนแต่ละช่วง รวมถึงสัดส่วนของประเภทยานพาหนะ ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณการบริโภคพลังงานเชื้อเพลิง ดังนั้น ถนนในเขตพื้นที่เศรษฐกิจที่มีการจราจรติดขัดตลอดวันอาจแสดงความเข้มข้นของปริมาณมลพิษน้อยกว่าถนนนอกเมืองเนื่องจากมีปริมาณจราจรน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.4-2 ดังนั้น การนำผลการวิเคราะห์ไปใช้เพื่อกำหนดมาตรการให้เหมาะสมจึงควรมีการแสดงผลในหลายมิติ ดังเช่น

หน่วยงาน EPA (Environmental Protection Agency) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แสดงผลความเข้มข้นของมลพิษต่อพื้นที่ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้แนวทางดังกล่าวเพื่อแสดงความหนาแน่นของมลพิษ ดังแสดงในรูปที่ 4.4-3 โดยรูปที่ (1) แสดงความเข้มข้นในพื้นที่แบบจุดโดยแต่ละจุดแสดงความเข้มของมลพิษเท่ากัน รูปที่ (2) แสดงความเข้มข้นของมลพิษต่อพื้นที่ (Emissions Density) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลา เช่น ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี เป็นต้น

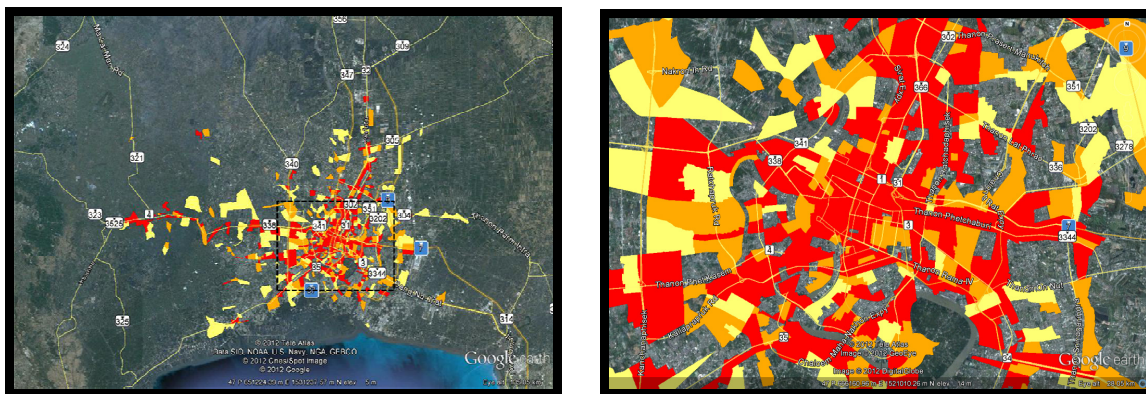


รูปที่ 4.4-3 การวิเคราะห์การระบายมลพิษแบบรายถนนในแผนที่ภูมิสารสนเทศ

นอกจากนั้นยังสามารถนำผลของมลพิษที่คำนวณได้จากแบบจำลองด้านการขนส่งมาเสนอในรูปแบบภูมิสารสนเทศบนแผนที่ Google Earth โดยนำแผนที่จาก Google Earth มาเป็นแผนที่ฐานแล้วทำการลงพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geocoding) และนำโครงข่ายที่ได้จากแบบจำลองด้านวางแผนการขนส่งมาซ้อนทับเพื่อสะท้อนให้เห็นมลพิษที่เกิดขึ้นบนพื้นที่จริงดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.4-4 และ รูปที่ 4.4-5



รูปที่ 4.4-4 ปริมาณมลพิษจากแบบจำลอง eBUM บนแผนที่ Google Earth (BAU-2560)



รูปที่ 4.4-5 ปริมาณมลพิษจากแบบจำลอง eBUM บนแผนที่ Google Earth (SCN1-2560)

4.5 สรุปท้ายบท

การประยุกต์ใช้แบบจำลองวางแผนการขนส่งเพื่อประเมินการปล่อยมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการนำเอาแบบจำลองจากโครงการศึกษาพัฒนาปรับปรุงบำรุงรักษาระบบฐานข้อมูล ข้อเสนอแนะและแบบจำลอง เพื่อบูรณาการพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบและระบบโลจิสติกส์ (TDL) ของ สนข.ทั้งระดับประเทศ (NAM) และระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (e-BUM) มาทำการปรับเทียบกับข้อมูลบน Screen line ให้เป็นปัจจุบัน ก่อนที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินการปล่อยมลพิษของรถยนต์โดยนำเอาค่าตัวคูณอัตราการระบายมลพิษ (Emission Factors) ของยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบฯ ในบทที่ 3 มาเป็นข้อมูลนำเข้าร่วมกับการพัฒนาชุดคำสั่งของโปรแกรม CUBE ในแบบจำลองฯ เพื่อคำนวณปริมาณการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเดินทางในโครงข่ายของแบบจำลองทั้งสองระดับ แต่ด้วยข้อจำกัดของแบบจำลอง NAM และแบบจำลอง e-BUM ที่เป็น Strategic Model ซึ่งมีโครงข่ายคมนาคมขนส่งครอบคลุมการเดินทางบนถนนสายหลัก และสายรองที่สำคัญๆ เท่านั้น ไม่ครอบคลุมการเดินทางในเขตเมือง และการเดินทางบนถนนสายรอง สายย่อย หรือตรอก ซอยต่างๆ ทำให้ผลการประเมินการปล่อยมลพิษทางอากาศที่ได้จากแบบจำลองฯ ต่ำกว่าผลการคาดการณ์ของหน่วยงาน จึงต้องมีการปรับเทียบผลของแบบจำลองฯ ให้สอดคล้องกับฐานข้อมูลและการคาดการณ์การใช้พลังงานภาคการขนส่ง โดยในที่นี้อ้างอิงผลการคาดการณ์จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573 ของกระทรวงพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.5-1 และตารางที่ 4.5-2

ตารางที่ 4.5-1 ผลการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่ง-แบบจำลอง NAM (ระดับประเทศ)

ปี พ.ศ. (ค.ศ.)	การใช้พลังงาน ในภาคขนส่ง (ktoe)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ที่ปล่อย กรณีดำเนินการตามปกติ – BAU (ล้านตันเทียบเท่า CO ₂)				
		จากการใช้พลังงาน	จากแบบจำลอง	%	ค่าเปรียบเทียบ	%
2548 (2005)	23,491	57.52	33.15	57.6	24.37	42.4
2560 (2017)	30,661	67.35	43.99	65.3	23.36	34.7
2563 (2020)	33,700	74.02	48.52	65.5	25.50	34.5
2573 (2030)	46,810	102.82	62.30	60.6	40.52	39.4

แหล่งข้อมูล: แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573 ของกระทรวงพลังงาน/การประเมินของที่ปรึกษา

ตารางที่ 4.5-2 ผลการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่ง-แบบจำลอง e-BUM (ระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑล)

ปี พ.ศ. (ค.ศ.)	การใช้พลังงาน ในภาคขนส่ง (ktoe)	ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ที่ปล่อย กรณีดำเนินการตามปกติ – BAU (ล้านตันเทียบเท่า CO ₂)				
		จากการใช้พลังงาน	จากแบบจำลอง	%	ค่าเปรียบเทียบ	%
2548 (2005)	10,381	25.42	17.17	67.5	8.25	32.5
2560 (2017)	11,217	29.76	24.35	81.8	5.41	18.2
2563 (2020)	14,893	32.71	26.44	80.8	6.27	19.2
2573 (2030)	20,687	45.43	35.90	79.0	9.53	21.0

แหล่งข้อมูล: แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ. 2554-2573 ของกระทรวงพลังงาน/การประเมินของที่ปรึกษา

นอกจากนั้นยังมีการจัดทำโปรแกรมเพื่อประเมินศักยภาพการลดการปล่อยมลพิษทางอากาศ (ก๊าซเรือนกระจก) สำหรับแผนงาน/มาตรการ/โครงการต่างๆ ที่แบบจำลองฯ ไม่สามารถประเมินหรือวิเคราะห์ได้ ซึ่งผลการประเมินมลพิษที่ได้ทั้งจากแบบจำลองฯ และจากโปรแกรมที่จัดทำขึ้นจะนำไปประกอบการพิจารณาจัดทำแผนแม่บทฯ ที่เหมาะสมต่อไป

นอกเหนือจากการปรับปรุงแบบจำลองด้านการวางแผนการขนส่งเพื่อให้สามารถวิเคราะห์และประเมินปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากภาคการขนส่งได้แล้ว ยังได้มีการพิจารณาถึงการนำระบบข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) มาใช้ประกอบการแสดงผลด้วยโดยแสดงความเข้มข้นในพื้นที่แบบจุด (Dot Density) โดยแต่ละจุดแสดงความเข้มของมลพิษเท่ากัน และแสดงความเข้มข้นของมลพิษต่อพื้นที่ (Emissions Density) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลา เช่น ตันต่อตารางกิโลเมตรต่อปี เป็นต้น โดยข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) สำหรับการวิเคราะห์แผนแม่บทนี้ จะแสดงไว้ในส่วนท้ายของบทที่ 5