รหัสโครงการ SUT7-704-52-24-41

รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยพัฒนากระบวนการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาคขนส่งสำหรับประเทศไทย

(Development of an Appropriate Transportation Energy Demand Forecasting Methodology for Thailand)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT7-704-52-24-41

รายงานการวิจัย

โครงการวิจัยพัฒนากระบวนการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาคขนส่ง สำหรับประเทศไทย

(Development of an Appropriate Transportation Energy Demand Forecasting Methodology for Thailand)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายสัจจากาจ จอมโนนเขวา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2552 - 2553

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มกราคม 2554

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ คือ (1) พัฒนาโครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางให้กระทรวงพลังงานนำไปใช้ประกอบการวางแผนพลังงานทั้งในระดับประเทศ และระดับจังหวัดต่อไป (2) สำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านการขนส่งที่สำคัญ ได้แก่ ระยะการเดินทางรวม ในหน่วยคัน-กิโลเมตร (Vehicle Kilometer of Travel) และสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแบบต่างๆ ในยวดยานแต่ละประเภท (3) ทบทวนและจัดทำรายการฐานข้อมูลด้านการขนส่งที่หน่วยงานอื่นได้รวบรวมและจัดเก็บไว้แล้ว ในส่วนที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพลังงาน ซึ่งเป็นการวิจัยระยะเวลา 2 ปี โดยในปีแรกนี้ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนคือ (1) การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งในประเทศไทยและต่างประเทศ จากการศึกษาสำหรับแบบจำลองในประเทศไทยจะใช้โปรแกรม LEAP และการวิเคราะห์ความถดถอย ส่วนการพัฒนาแบบจำลองในต่างประเทศจะพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีที่หลากหลาย เช่น การใช้โปรแกรม LEAP การวิเคราะห์ความถดถอย การใช้ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม การใช้ทฤษฎี Genetic Algorithms การสร้างโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) ซึ่งในแต่ละวิธีจะใช้ข้อมูลที่แตกต่างกันไป โดยข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจะประกอบด้วย ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่ ได้แก่ข้อมูล GDP ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง รายได้ของประชาชน ความหนาแน่นของพื้นที่ จำนวนประชากร เป็นต้น และข้อมูลการเดินทางของประชาชน ได้แก่ ข้อมูลระยะการเดินทางสำหรับยานพาหนะแต่ละประเภท ความถี่ในการเดินทาง วัตถุประสงค์การเดินทาง เป็นต้น (2) การสืบค้นหาข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบจำลองที่หน่วยงานต่าง ๆ รวบรวมไว้ ซึ่งจากการสืบค้นได้ข้อมูลจากหลายหน่วยงานเช่น กรมธุรกิจพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักงานสถิติแห่งชาติ เป็นต้น (3) ดำเนินการสำรวจข้อมูลสำหรับใช้ในการพัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในปีต่อไป โดยการสัมภาษณ์ข้อมูลการเดินทางของครัวเรือน ใน 3 จังหวัด ประกอบด้วย นครราชสีมา ปราจีนบุรี และพระนครศรีอยุธยา รวมทั้งสิ้นจำนวน 2,800 ครัวเรือน (4) ดำเนินการสำรวจข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท ณ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตจังหวัดนครราชสีมาจำนวน 31 สถานี จังหวัดปราจีนบุรี 2 สถานี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2 สถานี สำหรับการศึกษาในปีที่ 2 เป็นการพัฒนาแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยและจัดทำฐานข้อมูลที่จำเป็นต่อการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง

ABSTRACT

There are three objectives for this research include, first development of optimum transportation energy structure model for the Ministry of Energy use to guideline in national and region energy planning, second surveying and analysis of important transportation indicators such as VKT (Vehicle kilometer of Travel) and proportion of fuel consumption in each vehicle type, third review paper and searching for transportation database that collect by other organization. Period for this research are two years in first year have 4 sections: (1) review paper about transportation energy model in Thailand and abroad. From studying model in Thailand using LEAP (Long run Energy Alternative Planning) and regression analysis. The model developed in other countries to develop with several methodologies such as LEAP, regression analysis, artificial neural network, genetic algorithm, linear programming, in each method uses different data. The data used in model development are socio-economics, including fuel price, GDP, people income, population density, etc., and travel information, including travel distance for each vehicle type, frequency of travel, purpose of travel, etc. (2) Data searching related to model development that collected by various organizations such as Department of Energy Business, Office of Energy Policy and Planning, Office of Transport and Traffic Policy and Planning. National Statistical Office, etc. (3) Travel household survey in 3 province, including Nakhon Ratchasima, Prachinburi, Ayutthaya, amount 2,800 sample (4) the survey portion of fuel consumption in each vehicle type at gas stations , 31 stations in Nakhon Ratchasima, 2 stations in Prachinburi, 2 stations in Ayutthaya. For the second year development appropriate energy transportation model for Thailand and create the database needed to power the energy transportation sector.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยพัฒนากระบวนการวิเคราะห์การใช้พลังงานในภาคขนส่งสำหรับประเทศไทยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2552 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่ให้ความร่วมมือในการสำรวจข้อมูลและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วย

- สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
- ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม
- โรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- โรงเรียนจอมสุรางค์อุปถัมภ์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- โรงเรียนบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- โรงเรียนวังน้อย(พนมยงค์วิทยา) จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- โรงเรียนปราจีนกัลยาณี จังหวัดปราจีนบุรี
- โรงเรียนปราจิณราษฎรอำรุง จังหวัดปราจีนบุรี
- โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 7 จังหวัดปราจีนบุรี
- โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กบินทร์บุรีน้อมเกล้า จังหวัดปราจีนบุรี
- โรงเรียนกบินทร์วิทยา จังหวัดปราจีนบุรี
- สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงทุกสถานีที่ให้ความร่วมมือในการสำรวจข้อมูลปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง

ประโยชน์ของผลงานวิจันนี้จะเกิดขึ้นมิได้ หากผู้ที่เกี่ยวข้องมิได้นำไปสู่การปฏิบัติ คณะผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณผู้ที่นำผลงานวิจัยนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่สังคมไทยต่อไป

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ช
สารบัญรูป ญ

1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
2 ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคขนส่ง 5
2.1 น้ำมันเบนซิน (Gasoline) 5
2.2 น้ำมันดีเซล (Diesel) 7
2.3 น้ำมันเครื่องบิน (Jet Fuel) 10
2.4 น้ำมันเตา (Fuel Oil) 10
2.5 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG) 12
2.6 ก๊าซธรรมชาติ (Compressed Natural Gas: CNG) 13
2.7 ปริมาณการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยในอดีต 14
2.8 สรุปการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย 15
3 การศึกษาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่ง 16
3.1 แบบจำลองการใช้พลังงานภาคขนส่งในประเทศไทย 16
3.1.1 การใช้แบบจำลอง LEAP *16*
3.1.2 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจังหวัดเชียงใหม่ *22*
3.1.3 แบบจำลองระบบพลวัตของการใช้พลังงานในการขนส่งในระดับเมืองภูมิภาคของประเทศไทย: กรณีศึกษาเขตเมืองเชียงใหม่ *32*
3.2 แบบจำลองการใช้พลังงานในต่างประเทศ 35
3.2.1 สหรัฐอเมริกา (United State of America) *35*

3.2.2 สหราชอาณาจักร (United Kingdom) ... *38*

3.2.3 ประเทศแคนนาดา (Canada) ... *42*

3.2.4 ประเทศออสเตรเลีย (Australia) ... *47*

3.2.5 ประเทศฮ่องกง (Hongkong) ... *51*

3.2.6 International Energy Agency : IEA ... *57*

3.2.7 สาธารณรัฐประชาชนจีน (แบบจำลอง 1) ... *63*

3.2.8 แบบจำลองประเทศจีน (แบบจำลอง 2) ... *67*

3.2.9 แบบจำลองของอียู ... *69*

3.2.10 สรุปการใช้แบบจำลองในต่างประเทศ ... *72*

3.3 แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย ... 73

3.3.1 แบบจำลองระดับประเทศ ... *73*

3.3.2 แบบจำลองระดับจังหวัด ... *97*

4 การสำรวจข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านการขนส่งในจังหวัดนำร่อง ... 103

4.1 การสำรวจข้อมูลการเดินทางของครัวเรือน ... 103

4.1.1 วิธีการสำรวจ ... *103*

4.1.2 กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง ... *103*

4.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ ... *107*

4.1.4 ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน ... *111*

4.1.5 ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชน ... *115*

4.1.6 ข้อมูลการเดินทางของประชาชน ... *120*

4.1.7 ระยะการเดินทางรวมของประชากร ... *122*

4.2 การสำรวจข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ... 123

4.2.1 วิธีการสำรวจ ... *123*

4.2.2 กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง ... *123*

4.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ ... *131*

4.2.4 ข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ... *131*

4.2.5 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ... *144*

5 รายการฐานข้อมูลด้านการขนส่ง ... 151

5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ... 151

5.2 ข้อมูลทุติยภูมิที่เก็บรวบรวมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ... 155

5.2.1 ปริมาณการใช้พลังงานในภาคธุรกิจ ... *155*

5.2.2 Gross Domestic Product: GDP *157*
5.2.3 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ *161*
5.2.4 ปริมาณผู้โดยสาร *163*
5.2.5 จำนวนอุบัติเหตุและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุ *166*
5.2.6 ปริมาณมลพิษในภาคการขนส่ง *170*
5.2.7 จำนวนยานพาหนะในแต่ละปี *171*
5.2.8 โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง *177*
5.2.9 ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของครัวเรือน *179*
5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดด้านการขนส่ง เปรียบเทียบกับต่างประเทศ 180
5.3.1 ปริมาณการเดินทางต่อหัวประชากร *180*
5.3.2 ปริมาณการขนส่งสินค้า *181*
5.3.3 จำนวนอุบัติเหตุและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุต่อหัวประชากร *182*
5.3.4 จำนวนยานพาหนะในแต่ละปีต่อหัวประชากร *183*
5.3.5 โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งต่อหัวประชากร *184*
5.3.6 การครอบครองยานพาหนะของครัวเรือน *186*
5.3.7 การใช้พลังงานรวมต่อหัวประชากร *186*
5.3.8 การใช้พลังงานในภาคขนส่งต่อหัวประชากร *187*
5.4 การนำจัดทำฐานข้อมูลในเวปไซต์ 189
6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 190
6.1 แบบจำลองการใช้พลังงานในประเทศและต่างประเทศ 190
6.2 แบบจำลองที่เหมาะสำหรับประเทศไทย 191
6.3 การดำเนินการสำรวจข้อมูล 191
6.4 ข้อเสนอแนะ 192
บรรณานุกรม **........ 193**
ภาคผนวก 197
ภาคผนวก ก.ตัวอย่างแบบสำรวจการเดินทางของครัวเรือน 197
ภาคผนวก ข.ตัวอย่างแบบสำรวจสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 211
ประวัติผู้เขียน 213

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2. 1 การใช้น้ำมันเบนซินพิเศษ (ออกเทน 91) จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ 6
ตารางที่ 2. 2 การใช้น้ำมันเบนซินพิเศษ (ออกเทน 95) จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ 7
ตารางที่ 2. 3 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว 8
ตารางที่ 2. 4 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า 9
ตารางที่ 2. 5 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา 11
ตารางที่ 2. 6 ปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว 13
ตารางที่ 2. 7 ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ 14
ตารางที่ 2. 8 ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะแต่ละประเภท 15
ตารางที่ 3. 1 ปริมาณความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ 20
ตารางที่ 3. 2 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองของจังหวัดเชียงใหม่ 23
ตารางที่ 3. 3 ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลของจังหวัดเชียงใหม่ 26
ตารางที่ 3. 4 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 1 บ้านเดี่ยว 29
ตารางที่ 3. 5 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 2 ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ บ้านแฝด 29
ตารางที่ 3. 6 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 3 ห้องชุด หอพัก ห้องภายในบ้าน ที่อยู่อาศัยชั่วคราว 30
ตารางที่ 3. 7 แบบจำลองระยะทางสะสมรายปี 31
ตารางที่ 3. 8 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท 31
ตารางที่ 3. 9 ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล สำหรับแบบจำลองการใช้พลังงานภาคการขนส่งแบบพลวัต 33
ตารางที่ 3. 10 แหล่งข้อมูลแบบจำลองของประเทศแคนนาดา 45
ตารางที่ 3. 11 EMISSION FACTORS สำหรับยานพาหนะ (G/KG FUEL) 55
ตารางที่ 3. 12 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแบบจำลองของประเทศฮ่องกง 55
ตารางที่ 3. 13 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจและข้อมูลจากหน่วยงานราชการในประเทศฮ่องกง 56
ตารางที่ 3. 14 ข้อมูลปริมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะใหม่ของ IEA 60
ตารางที่ 3. 15 ข้อมูลปริมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะเก่าของ IEA 60
ตารางที่ 3. 16 รูปแบบการเดินทาง ประเภทเชื้อเพลิงและภูมิภาคของ IEA 61
ตารางที่ 3. 17 สมมติฐานอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจสำหรับแบบจำลองของจีน 66

ตารางที่ 3. 18 การแบ่งประเภทยานพาหนะและข้อมูลของรถในปี 2007 ประเทศจีน........................67
ตารางที่ 3. 19 จำนวนและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์...........................68
ตารางที่ 3. 20 สรุปวิธีการพัฒนาแบบจำลองของแต่ละประเทศ 72
ตารางที่ 3. 21 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งแยกรูปแบบการเดินทาง (คน+สินค้า)....79
ตารางที่ 3. 22 แบบจำลองการขนส่งทางถนน สำหรับคนและสินค้า...80
ตารางที่ 3. 23 แบบจำลองการขนส่งทางรถไฟ สำหรับคนและสินค้า...82
ตารางที่ 3. 24 แบบจำลองการขนส่งทางน้ำ สำหรับคนและสินค้า 84
ตารางที่ 3. 25 แบบจำลองการขนส่งทางอากาศ สำหรับคนและสินค้า 86
ตารางที่ 3. 26 ผลการพยากรณ์ค่า GDP..88
ตารางที่ 3. 27 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคการขนส่ง แยกรูปแบบการเดินทาง................89
ตารางที่ 3. 28 ผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น 92
ตารางที่ 3. 29 แบบจำลองการขนส่ง โดย ขสมก. (คน) 93
ตารางที่ 3. 30 แบบจำลองการขนส่งโดย บขส. (คน)...93
ตารางที่ 3. 31 แบบจำลองการขนส่งทางอากาศ (คน) 94
ตารางที่ 3. 32 แบบจำลองการขนส่งรถไฟ (คน)..95
ตารางที่ 3. 33 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางบก 95
ตารางที่ 3. 34 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางน้ำ...96
ตารางที่ 3. 35 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางอากาศ...96
ตารางที่ 3. 36 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางรถไฟ..97
ตารางที่ 3. 37 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดนครราชสีมา...98
ตารางที่ 3. 38 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดปราจีนบุรี 99
ตารางที่ 3. 39 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดพระนครศรีอยุธยา......................................99
ตารางที่ 3. 40 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท............................102
ตารางที่ 3. 41 สัดส่วนการเดินทางในยานพาหนะตามระยะทาง...102
ตารางที่ 4. 1 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละเขตพื้นที่...103
ตารางที่ 4. 2 ข้อมูลในแบบสอบถาม...107
ตารางที่ 4. 3 สถิติระยะการเดินทางรวม จากการสำรวจ 122
ตารางที่ 4. 4 ที่ตั้งและจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง 123
ตารางที่ 4. 5 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัด
นครราชสีมา (เปอร์เซ็นต์) 132

ตารางที่ 4. 6 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัด นครราชสีมา (เปอร์เซ็นต์) 133
ตารางที่ 4. 7 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัด ปราจีนบุรี (เปอร์เซ็นต์) 134
ตารางที่ 4. 8 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัด ปราจีนบุรี (เปอร์เซ็นต์) 135
ตารางที่ 4. 9 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัด พระนครศรีอยุธยา (เปอร์เซ็นต์) 136
ตารางที่ 4. 10 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัด พระนครศรีอยุธยา (เปอร์เซ็นต์) 137
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทุติยภูมิ 152
ตารางที่ 5. 2 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการคมนาคมขนส่ง แยกตามประเภทการขนส่ง 156
ตารางที่ 5. 3 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกตามภาคการผลิต 158
ตารางที่ 5. 4 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกภาคการขนส่ง 159
ตารางที่ 5. 5 การขนส่งสินค้าภายในประเทศ........ 162
ตารางที่ 5. 6 การขนส่งผู้โดยสารภายในประเทศ........ 164
ตารางที่ 5. 7 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยรถโดยสาร ขสมก......... 165
ตารางที่ 5. 8 จำนวนอุบัติเหตุที่ได้รับรายงาน แยกตามภาคการขนส่ง 167
ตารางที่ 5. 9 จำนวนผู้บาดเจ็บจากการเกิดอุบัติเหตุ แยกตามภาคการขนส่ง 168
ตารางที่ 5. 10 จำนวนผู้บาดผู้เสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุ แยกตามภาคการขนส่ง 169
ตารางที่ 5. 11 ดัชนีการระบายมลพิษจากยานพาหนะจากแบบจำลอง MOBILE 6 171
ตารางที่ 5. 12 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522........ 174
ตารางที่ 5. 13 จำนวนรถจดทะเบียน ภายใต้พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก 175
ตารางที่ 5. 14 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 176
ตารางที่ 5. 15 ระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง 178
ตารางที่ 5. 16 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน พ.ศ. 2549 179

สารบัญรูป

รูปที่ 2. 1 ปริมาณการใช้น้ำมันสาขาการขนส่งแยกตามประเภทน้ำมัน.......................................14
รูปที่ 3. 1 ลักษณะโปรแกรม LEAP 17
รูปที่ 3. 2 สัดส่วนของการใช้พลังงานต่อ GDP ในสาขาเศรษฐกิจต่าง ๆ 18
รูปที่ 3. 3 สัดส่วนจำนวนประชากรต่อความต้องการใช้พลังงานในสาขาครัวเรือน...........................18
รูปที่ 3. 4 สัดส่วนจำนวนครัวเรือนต่อความต้องการใช้พลังงานในสาขาครัวเรือน...........................19
รูปที่ 3. 5 ประมาณการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมในสาขาเศรษฐกิจ ต่าง ๆ...............................19
รูปที่ 3. 6 ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาคมนาคมและการขนส่ง 21
รูปที่ 3. 7 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของจังหวัดเชียงใหม่ 22
รูปที่ 3. 8 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่งแบบพลวัต...32
รูปที่ 3. 9 แนวโน้มการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง เขตเมืองเชียงใหม่..34
รูปที่ 3. 10 โครงสร้างแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของสหรัฐอเมริกา...............35
รูปที่ 3. 11 ผลการพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี 2002-2023.........................37
รูปที่ 3. 12 โครงสร้างการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในสหราชอาณาจักร 38
รูปที่ 3. 13 ปริมาณการน้ำมันเบนซินบนโครงข่ายถนน..40
รูปที่ 3. 14 ปริมาณการน้ำมันดีเซลบนโครงข่ายถนน 41
รูปที่ 3. 15 สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศแคนาดา 42
รูปที่ 3. 16 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศแคนาดา...43
รูปที่ 3. 17 โครงสร้างแบบจำลองของประเทศแคนนาดา..44
รูปที่ 3. 18 ข้อมูลและกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองของประเทศแคนนาดา.....................44
รูปที่ 3. 19 ความต้องการการใช้พลังงานภาคการขนส่งตามชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศแคนนาดา 46
รูปที่ 3. 20 ความต้องการการใช้พลังงานภาคการขนส่งตามรูปแบบการเดินทางในประเทศแคนนาดา 47
รูปที่ 3. 21 ความสัมพันธ์ระหว่าง GTEM, AUSREGION และ ESM กับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง 48
รูปที่ 3. 22 โครงสร้างแบบจำลองของประเทศออสเตรเลีย..48
รูปที่ 3. 23 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (ระยะทางการเดินทางรวม) 50
รูปที่ 3. 24 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง...50
รูปที่ 3. 25 โครงสร้างแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ 52

รูปที่ 3. 26 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของ IEA....59
รูปที่ 3. 27 ลักษณะ IEA/SMP SPREADSHEET....62
รูปที่ 3. 28 ผลแบบจำลอง IEA/SMP แยกตามชนิดเชื้อเพลิง....63
รูปที่ 3. 29 ผลแบบจำลอง IEA/SMP แยกตามรูปแบบการเดินทาง....63
รูปที่ 3. 30 ความต้องการการใช้พลังงานในภาคการขนส่งและค่า GDP ในสาธารณรับประชาชนจีน 64
รูปที่ 3. 31 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจีน....64
รูปที่ 3. 32 การเปรียบเทียบผลการพัฒนาแบบจำลองระหว่างข้อมูลจริง, PLSR และ MLR....66
รูปที่ 3. 33 ผลการพยากรณ์ด้วย PLSR....66
รูปที่ 3. 34 การใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยของยานพาหนะกับความเร็วที่ใช้....68
รูปที่ 3. 35 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเปรียบเทียบระหว่างประเทศจีนกับประเทศต่างๆ....69
รูปที่ 3. 36 โครงสร้างแบบจำลอง SYSTEM DYNAMICS MODEL....70
รูปที่ 3. 37 ความต้องการการเดินทางต่อหัวประชากร (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)....70
รูปที่ 3. 38 ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินใน 5 ประเทศ (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)....71
รูปที่ 3. 39 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลใน 5 ประเทศ (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)....71
รูปที่ 3. 40 โครงสร้างแบบจำลองสำหรับประเทศไทย (คน+สินค้า)....73
รูปที่ 3. 41 โครงสร้างแบบจำลองย่อยที่ 1 การขนส่งทางถนนสำหรับขนส่งคน....74
รูปที่ 3. 42 การพยากรณ์ GDP สำหรับภาพเหตุการณ์ที่ 2....88
รูปที่ 3. 43 ผลการพยากรณ์ภาพเหตุการณ์ 1....90
รูปที่ 3. 44 ผลการพยากรณ์ภาพเหตุการณ์ 2....90
รูปที่ 3. 45 ผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น....91
รูปที่ 3. 46 แสดงการแบ่งกลุ่มของตัวอย่าง....100
รูปที่ 3. 47 ขั้นตอนการหา VKT....101
รูปที่ 4. 1 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1,800 ครัวเรือน....104
รูปที่ 4. 2 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 500 ครัวเรือน....105
รูปที่ 4. 3 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 500 ครัวเรือน....106
รูปที่ 4. 4 ประเภทที่พักอาศัยของกลุ่มตัวอย่าง....111
รูปที่ 4. 5 รายได้ของครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่าง....112
รูปที่ 4. 6 จำนวนผู้อาศัยในครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง....113
รูปที่ 4. 7 จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง....114
รูปที่ 4. 8 การจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง....115

รูปที่ 4. 9 การจำแนกตามสถานะในบ้านของกลุ่มตัวอย่าง....116
รูปที่ 4. 10 การจำแนกตามการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง....116
รูปที่ 4. 11 การจำแนกตามอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง....117
รูปที่ 4. 12 การจำแนกตามรายได้ของกลุ่มตัวอย่าง....118
รูปที่ 4. 13 การจำแนกตามสถานภาพการสมรสของกลุ่มตัวอย่าง....119
รูปที่ 4. 14 การจำแนกตามอายุของกลุ่มตัวอย่าง....119
รูปที่ 4. 15 ความถี่ในการเดินทาง....120
รูปที่ 4. 16 สถานะในการเดินทาง....121
รูปที่ 4. 17 ระยะการเดินทาง....121
รูปที่ 4. 18 ระยะการเดินทางรวมในแต่ละเขตพื้นที่จากการสำรวจ....122
รูปที่ 4. 19 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวน 12 ปั๊ม....124
รูปที่ 4. 20 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอปักธงชัย จำนวน 3 ปั๊ม....125
รูปที่ 4. 21 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอสีคิ้ว จำนวน 2 ปั๊ม....125
รูปที่ 4. 22 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอปากช่อง จำนวน 3 ปั๊ม....126
รูปที่ 4. 23 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอด่านขุนทด จำนวน 2 ปั๊ม....126
รูปที่ 4. 24 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอพิมาย จำนวน 3 ปั๊ม....127
รูปที่ 4. 25 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอบัวใหญ่ จำนวน 2 ปั๊ม....127
รูปที่ 4. 26 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอโนนแดง จำนวน 1 ปั๊ม....128
รูปที่ 4. 27 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอจักราช จำนวน 2 ปั๊ม....128
รูปที่ 4. 28 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอห้วยแถลง จำนวน 1 ปั๊ม....129
รูปที่ 4. 29 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 1 ปั๊ม....129
รูปที่ 4. 30 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 1 ปั๊ม....130
รูปที่ 4. 31 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 ปั๊ม....130
รูปที่ 4. 32 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 ปั๊ม....131
รูปที่ 4. 33 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์....138
รูปที่ 4. 34 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสามล้อเครื่อง....139
รูปที่ 4. 35 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถเก๋ง....139
รูปที่ 4. 36 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถปิคอัพ....140
รูปที่ 4. 37 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถตู้....141
รูปที่ 4. 38 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบัส....141

รูปที่ 4. 39 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสองแคว 142
รูปที่ 4. 40 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 6 ล้อ 143
รูปที่ 4. 41 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 10 ล้อ 143
รูปที่ 4. 42 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ 144
รูปที่ 4. 43 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 145
รูปที่ 4. 44 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 145
รูปที่ 4. 45 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน 91 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ.. 146
รูปที่ 4. 46 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน 95 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ.. 147
รูปที่ 4. 47 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 147
รูปที่ 4. 48 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี2 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 148
รูปที่ 4. 49 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี5 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 149
รูปที่ 4. 50 สัดส่วนการใช้ NGV ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 149
รูปที่ 4. 51 สัดส่วนการใช้ LPG ในยานพาหนะประเภทต่างๆ 150
รูปที่ 5. 1 ข้อมูลสถิติการขนส่งจากเวปไซต์กระทรวงคมนาคม 151
รูปที่ 5. 2 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคธุรกิจ 155
รูปที่ 5. 3 ปริมาณการใช้น้ำมันในภาคการขนส่ง 157
รูปที่ 5. 4 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกตามภาคการผลิต 160
รูปที่ 5. 5 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกภาคการขนส่ง 160
รูปที่ 5. 6 การขนส่งสินค้าภายในประเทศ 161
รูปที่ 5. 7 การขนส่งผู้โดยสารภายในประเทศ 163
รูปที่ 5. 8 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยรถโดยสาร ขสมก. 163
รูปที่ 5. 9 สถิติอุบัติเหตุทางถนน 166
รูปที่ 5. 10 ปริมาณการปล่อยมลพิษในยานพาหนะประเภทต่างๆ 170
รูปที่ 5. 11 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ระบายจากยานพาหนะ 171
รูปที่ 5. 12 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 172
รูปที่ 5. 13 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก 172
รูปที่ 5. 14 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522 173
รูปที่ 5.15 ระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง 177
รูปที่ 5.16 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน พ.ศ. 2549 (หน่วย: บาท) 179
รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบปริมาณผู้โดยสารทางอากาศ 180
รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบปริมาณผู้โดยสารทางรถไฟ 180

รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ 181
รูปที่ 5. 20 เปรียบเทียบปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟ....... 181
รูปที่ 5. 21 เปรียบเทียบจำนวนการเกิดอุบัติเหตุต่อจำนวนประชากร....... 182
รูปที่ 5. 22 เปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิตต่อจำนวนประชากร 183
รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนต่อจำนวนประชากร 183
รูปที่ 5.24 เปรียบเทียบความยาวถนนต่อจำนวนประชากร 184
รูปที่ 5.25 เปรียบเทียบความยาวทางรถไฟต่อจำนวนประชากร....... 185
รูปที่ 5. 26 เปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง....... 186
รูปที่ 5. 27 เปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมของประเทศต่าง ๆ 187
รูปที่ 5. 28 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในการขนส่งทางถนนของประเทศต่าง ๆ....... 188
รูปที่ 5.29 เวปไซต์เผยแพร่ข้อมูลโครงการ 189

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ภาคการขนส่ง เป็นภาคที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างมาก มีความเกี่ยวข้องกับการเดินทางของคน และการขนส่งสินค้า ไม่ว่าจะเป็นทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ หรือระบบราง ประชาชนทุกคนจะต้องเดินทาง หรืออุปโภคบริโภคสิ่งของที่ผ่านการขนส่งมาจากที่ต่างๆ อยู่เป็นประจำทุกวัน ในแต่ละปี ภาคการขนส่ง จะใช้พลังงานเป็นจำนวนมหาศาล คิดเป็นประมาณร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานทั้งหมดภายในประเทศ (DANIDA, 2004) ยิ่งไปกว่านั้น ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2524 – 2544) พบว่า การใช้พลังงานภาคขนส่งมีอัตราการเพิ่มที่สูงมาก อยู่ที่ระดับร้อยละ 16.6 ต่อปี (ธเนศ อุทิศธรรม และ พิชัย วงศ์หาญ, 2006) ปัจจุบัน การเจริญเติบโตของการใช้พลังงานในภาคขนส่ง ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น การวางแผนพลังงานของประเทศ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันบนเวทีโลก ตลอดจนการพยายามลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ จึงไม่สามารถมองข้ามภาคการขนส่งไปได้

อย่างไรก็ตาม การวางแผนพลังงานทางด้านการขนส่งในปัจจุบัน ยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนัก ถึงแม้ว่าในช่วงที่ผ่านมา กระทรวงพลังงาน จะได้จัดสรรงบประมาณและทุ่มเททรัพยากรอย่างสุดความสามารถ การพัฒนาองค์ความรู้ การถ่ายทอดเทคโนโลยี การส่งเสริมการปรับปรุงคุณภาพ ตลอดจนการวางแผนต่างๆ ยังมุ่งเน้นไปที่ภาคอุตสาหกรรม และภาคบ้านเรือนและอาคารเป็นหลัก ขณะที่ภาคการขนส่งยังไม่ได้รับความสนใจมากนัก ทั้งนี้เพราะ 1) ประเทศไทยยังขาดแคลนฐานข้อมูลของภาคการขนส่ง ข้อมูลการเดินทางของประชาชนยังไม่ได้มีการสำรวจอย่างกว้างขวางเพียงพอ หรือข้อมูลบางประเภทมีการบันทึกไว้แล้ว แต่ยังไม่ได้ถูกจัดเก็บอย่างเป็นระบบให้สามารถเรียกใช้งานได้ง่าย และ 2) ความสนใจในงานศึกษาวิจัยทางด้านพลังงานกับภาคการขนส่งในประเทศยังมีไม่มากนัก ผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องถือได้ว่ามีจำนวนน้อยมาก ทั้งๆที่เป็นเรื่องที่สำคัญยิ่ง ดังนั้น การพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคขนส่ง และ การรวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางด้านการขนส่งที่เกี่ยวข้อง สำหรับกระทรวงพลังงานได้นำไปใช้ประกอบการวางแผนพลังงาน ถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วน

ในอนาคตอันใกล้ การวางแผนพลังงาน จะต้องดำเนินการทั้งในระดับประเทศ และระดับจังหวัด รัฐบาลหลายๆ ชุดที่ผ่านมา ได้มีแนวนโยบายที่จะกระจายอำนาจสู่หน่วยงานท้องถิ่นอย่างต่อเนื่อง โดยการโอนถ่ายอำนาจการวางแผน และบริหารงาน ตลอดจนการใช้งบประมาณไปสู่หน่วยงานท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นจังหวัด เทศบาล และองค์การบริหารงานส่วนท้องถิ่น กระทรวง

พลังงานเอง ก็มีแนวคิดที่จะให้อำนาจเจ้าหน้าที่ท้องถิ่น (ระดับจังหวัด) รับผิดชอบในการวางแผนพลังงานสำหรับพื้นที่ตนเอง ดังนั้น ภายหลังจากการถ่ายโอนอำนาจแล้ว จะมีการวางแผนพลังงานควบคู่กันไปในระดับจังหวัด ซึ่งดำเนินการโดยเจ้าหน้าที่ส่วนภูมิภาค และในระดับประเทศ ซึ่งดำเนินการโดยหน่วยงานส่วนกลาง แบบจำลองการใช้พลังงานด้านการขนส่ง จึงต้องมีการพัฒนาขึ้นอย่างเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนในระดับประเทศ และระดับจังหวัดได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ คือ

1.2.1 พัฒนาโครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางให้กระทรวงพลังงานนำไปใช้ประกอบการวางแผนพลังงานทั้งในระดับประเทศ และระดับจังหวัดต่อไป

1.2.2 สำรวจ และวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านการขนส่งที่สำคัญ ได้แก่ ระยะการเดินทางรวม ในหน่วยคัน-กิโลเมตร (vehicle kilometer of travel) และสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแบบต่างๆ ในยวดยานแต่ละประเภท ในจังหวัดนำร่องจำนวน 3 จังหวัด

1.2.3 ทบทวน และจัดทำรายการฐานข้อมูลด้านการขนส่งที่หน่วยงานอื่นได้รวบรวมและจัดเก็บไว้แล้ว ในส่วนที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนพลังงาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้ จะดำเนินการพัฒนาโครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความต้องการพลังงาน และสำรวจข้อมูลการขนส่งบางประเภท อย่างไรก็ตาม แบบจำลองดังกล่าว ต้องใช้ข้อมูลด้านการขนส่งจำนวนมหาศาล ซึ่งบางส่วนอาจจะมีการรวบรวม และจัดเก็บไว้อยู่แล้ว (โดยหน่วยงานอื่น) บางส่วนอาจจะมีการรวบรวมไว้แล้ว แต่ไม่ได้จัดเก็บอย่างเป็นระบบ แต่ส่วนใหญ่ จะเป็นข้อมูลที่ไม่มีการเก็บไว้เป็นสถิติ งานวิจัย เลือกดำเนินการสำรวจข้อมูลที่สำคัญบางตัวก่อน นั่นคือ ระยะการเดินทางเฉลี่ย ในหน่วยคัน-กิโลเมตร และสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยวดยานประเภทต่างๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าว จะเป็นข้อมูลสำคัญในการวิเคราะห์การใช้พลังงานจากการเดินทางของประชาชน ข้อมูลอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้เป็นพารามิเตอร์ในแบบจำลอง ก็คงจะต้องทำการสำรวจเพิ่มเติมในภายหลัง อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้ จะจัดทำรายการฐานข้อมูลที่จะต้องสำรวจ และจัดเก็บเป็นการเพิ่มเติมด้วย เพื่อเป็นแนวทางในการสำรวจครั้งต่อไปในอนาคต

อนึ่ง การสำรวจข้อมูลการเดินทางในงานวิจัยนี้ จะดำเนินการในจังหวัดนำร่องจำนวน 3 จังหวัดก่อน ได้แก่ พระนครศรีอยุธยา นครราชสีมา และปราจีนบุรี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ต่องานด้านการวางแผนพลังงานของประเทศ เป็นที่ทราบกันดีว่าในแต่ละปี ประเทศไทยได้นำเข้าพลังงานมาจากต่างประเทศเป็นจำนวนมหาศาล และปริมาณที่นำเข้าก็เพิ่มสูงขึ้นมาโดยตลอด การใช้พลังงานอย่างไร้ทิศทาง โดยไม่มีการควบคุม หรือวางแผนที่ดีเพียงพอนั้น จะส่งผลให้ประเทศประสบปัญหาพลังงานในอนาคตได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ และการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชนทั่วไป งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาพัฒนากระบวนการวางแผนพลังงานในภาคขนส่ง ซึ่งเป็นภาคที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานมากที่สุด แต่ปัจจุบันไม่ได้รับความสนใจในเชิงวิชาการมากนัก โครงการนี้ จึงถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนากระบวนการวางแผนพลังงานด้านการขนส่งอย่างเป็นระบบ เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับประกอบการวางแผนพลังงานการสร้างความมั่นคงทางพลังงานให้กับประเทศ

การวางแผนการใช้พลังงานเหมาะสม นอกจากจะสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศแล้ว ยังช่วยส่งเสริมให้สภาวะสิ่งแวดล้อมทั้งในระดับชุมชน และประชาคมโลกดีขึ้นด้วย เป็นที่ทราบกันดีว่าการใช้พลังงานในกิจกรรมใดๆ มักจะก่อให้เกิดของเสียออกมาด้วยเสมอ ในทางภาคขนส่งเอง การใช้พลังงานในเครื่องยนต์สันดาปภายใน ไม่ว่าจะเป็นเบนซินหรือดีเซล ก็จะปล่อยมลพิษผ่านทางท่อไอเสีย ตัวอย่างมลพิษเช่น ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์ ฝุ่นขนาดเล็ก ซัลเฟอร์ออกไซค์เป็นต้น ซึ่งมลพิษเหล่านี้ มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของประชาชน ที่สำคัญคือมลพิษจากท่อไอเสียยานพาหนะ (ในภาคขนส่ง) เหล่านี้ เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้สภาพอากาศในเขตชุมชนเมืองเลวร้าย จนเป็นอันตรายต่อประชาชน ตัวอย่างเช่นกรุงเทพมหานคร ในแต่ละปี โรงพยาบาลในเขตกรุงเทพฯ จะรักษาพยาบาลผู้ป่วยโรคระบบทางเดินลมหายใจ อันเนื่องมาจากการอยู่อาศัยหรือประกอบอาชีพในบริเวณที่มีมลพิษทางอากาศสูงเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ ในช่วง 30-40 ปีที่ผ่านมา ประเทศต่างๆ ทั่วโลก ได้ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล เป็นปริมาณมหาศาล ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ก๊าซเรือนกระจก) เกิดการสะสมตัวในชั้นบรรยากาศ ก่อให้เกิดวิกฤตการณ์ภาวะ “โลกร้อน” ในปัจจุบัน เมื่อเร็วๆ นี้ ประเทศต่างๆ ทั่วโลกเริ่มตื่นตัวกับปรากฏการณ์โลกร้อน เพราะจะส่งผลให้สภาพอากาศแปรเปลี่ยนอย่างรวดเร็วเกินกว่ามนุษย์จะปรับตัวได้ทัน และเป็นสาเหตุของปัญหารุนแรงอื่นๆ ตามมา ประเทศต่างๆ ตลอดจนองค์กรระดับนานาชาติต่างกลัวถึงภัยพิบัติ หรือเหตุการณ์ที่กำลังจะเกิดขึ้น จึงได้มีพยายามออกมาตรการต่างๆ เพื่อลดการปล่อยกาซคาร์บอนไดออกไซค์กันอย่างมากในระยะ 2-3 ปีที่ผ่านมา ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้ จะนำไปใช้ประกอบการวางแผนการใช้พลังงาน

ในภาคขนส่ง ซึ่งก็จะส่งผลดีต่อสภาวะแวดล้อม โดยจะช่วยควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศในเขตชุมชนเมือง และลดการสร้างก๊าซเรือนกระจกขึ้นไปสะสมในชั้นบรรยากาศด้วย

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ จะเป็นตัวกระตุ้นงานวิจัยทางด้านการขนส่งกับพลังงานในอนาคต งานวิจัยนี้ จะมีการอธิบายภาพรวมของแบบจำลองการใช้พลังงานด้านการขนส่งอย่างละเอียด แล้ววิเคราะห์ว่าข้อมูลพื้นฐานอะไรบ้างที่ยังมีไม่ครบถ้วน ข้อมูลอะไรบ้าง ที่หน่วยงานอื่นได้จัดเก็บไว้อยู่แล้ว เพื่อเป็นแนวทางการวิจัยในอนาคต นอกจากนี้ แบบจำลองย่อยต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงาน ส่วนใหญ่เป็นแบบจำลองที่พัฒนาและประยุกต์ใช้ในต่างประเทศ ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับประเทศไทย ก็จะมีการวิจัยพัฒนาเพื่อให้ได้แบบจำลองให้ดีที่สุดต่อไป

บทที่ 2
ชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในภาคขนส่ง

2.1 น้ำมันเบนซิน (Gasoline)

น้ำมันเบนซิน เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนที่เบาที่สุดที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งส่วนนี้เรียกว่า แนฟธา (Naphtha) แล้วจึงนำมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการเพิ่มค่าออกเทน ใช้สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ระบบจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน (Spark Ignition Engine) เลขออกเทน คือ ตัวเลขที่สมมติขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติการต้านการน็อกของเครื่องยนต์ ซึ่งได้จากการทดสอบด้วยเครื่องยนต์มาตรฐานสากลสำหรับหาค่าออกเทน ในการเพิ่มค่าออกเทนทำได้โดยการเพิ่มสารตะกั่วสำหรับในอดีต แต่เนื่องจากสารตะกั่วมีผลเสียต่อสุขภาพประชาชน ประเทศไทยจึงได้ห้ามมีการใช้สารตะกั่วในน้ำมันเบนซินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 ส่วนสารที่ใช้แทนสารตะกั่วได้แก่ เอทานอล (Ethanol) น้ำมันเบนซินแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ เบนซินออกเทน 91, เบนซินออกเทน 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอลล์

- **เบนซินออกเทน 91** มีสีแดง ใช้สำหรับเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดต่ำกว่า 8:1 ได้แก่ รถยนต์นั่งขนาดเล็ก รถมอเตอร์ไซค์ เครื่องยนต์ขนาดเล็ก เช่น เครื่องปั่นไฟ, รถตัดหญ้า หรือ ปั๊มน้ำขนาดเล็ก
- **เบนซินออกเทน 95** มีสีเหลืองอ่อน ใช้สำหรับเครื่องยนต์เบนซินที่มีอัตราส่วนกำลังอัดตั้งแต่ 8:1ขึ้นไป ซึ่งได้แก่ รถยนต์นั่งทั่วไป รถบรรทุกเล็ก
- **น้ำมันแก๊สโซฮอล์** คือน้ำมันเบนซิน 90% ผสมกับแอลกอฮอล์ 10% ข้อดีของแก๊สโซฮอล์คือเครื่องยนต์จะเกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ช่วยให้เครื่องยนต์สะอาดขึ้น ใช้งานได้นานขึ้น และช่วยลดมลพิษต่อสภาพแวดล้อมในระยะยาวอีกด้วย และราคาของน้ำมันแก๊สโซฮอล์ มีราคาต่ำกว่าน้ำมันเบนซินโดยทั่วไป

เมื่อพิจารณาการใช้น้ำมันเบนซินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – 2550 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2.1 และ 2.2 พบว่าสาขาการขนส่งเป็นสาขาที่ใช้น้ำมันประเภทนี้มากที่สุด ทั้งประเภทออกเทน 91(ร้อยละ 98) และออกเทน 95 (ร้อยละ 99) รองลงมาคือภาคเกษตรกรรม สำหรับเบนซินออกเทน 91(ร้อยละ 1.5) และภาคอุตสาหกรรมการผลิตสำหรับเบนซินออกเทน 95 (ร้อยละ 0.5)

ตารางที่ 2. 1 การใช้น้ำมันเบนซินพิเศษ (ออกเทน 91) จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

สาขาเศรษฐกิจ	2546	2547	2548	2549	2550
1. เกษตรกรรม	71,134	72,247	65,431	68,440	71,383
2. เหมืองแร่	-	-	-	-	-
3. อุตสาหกรรมและการผลิต	12,924	28,552	33,515	25,545	15,554
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	1,905	1,905	2,236	1,789	1,306
3.2 สิ่งทอ	921	788	925	652	637
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	1,552	1,288	1,512	1,035	1,071
3.4 กระดาษ	903	741	870	611	905
3.5 เคมี	2,175	1,381	1,621	1,984	2,074
3.6 อโลหะ	30	54	63	53	46
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	160	174	204	217	184
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	500	322	378	655	829
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	4,778	21,899	25,706	21,549	8,502
4. ไฟฟ้า	-	-	-	-	-
5. การก่อสร้าง	108	54	44	40	36
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	-	-	-	-	-
7. การขนส่ง	4,466,177	4,530,392	4,263,072	4,461,830	4,624,604
รวม	**4,550,343**	**4,631,245**	**4,362,062**	**4,555,855**	**4,711,577**

หน่วย : พันลิตร *(แหล่งข้อมูล: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

รวมเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว, เบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 87 และ 91

น้ำมันแก๊สโซฮอล์อี10 ออกเทน 91

ตารางที่ 2. 2 การใช้น้ำมันเบนซินพิเศษ (ออกเทน 95) จำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

สาขาเศรษฐกิจ	2546	2547	2548	2549	2550
1. เกษตรกรรม	3,248	3,317	3,171	3,317	3,460
2. เหมืองแร่	-	-	-	-	-
3. อุตสาหกรรมและการผลิต	11,326	17,326	18,223	11,172	7,069
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	957	771	811	646	772
3.2 สิ่งทอ	576	746	785	480	264
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	36	24	25	23	20
3.4 กระดาษ	553	506	532	408	558
3.5 เคมี	488	883	929	531	791
3.6 อโลหะ	949	627	659	518	774
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	-	-	-	-	-
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	2,891	3,406	3,582	2,346	2,104
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	4,876	10,363	10,900	6,220	1,786
4. ไฟฟ้า	-	-	-	-	-
5. การก่อสร้าง	44	29	19	17	15
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	-	-	-	-	-
7. การขนส่ง	3,070,186	3,008,748	2,864,619	2,641,774	2,614,662
รวม	**3,084,804**	**3,029,420**	**2,886,032**	**2,656,280**	**2,625,206**

หน่วย : พันลิตร *(แหล่งข้อมูล : กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

รวมเบนซินไร้สารตะกั่ว เบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี10 ออกเทน 95

2.2 น้ำมันดีเซล (Diesel)

น้ำมันดีเซล เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน ใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่มีแรงอัดสูง สามารถจุดระเบิดได้เองโดยไม่จำเป็นต้องใช้หัวเทียน ซึ่งเกิดขึ้นจากความร้อนของแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบ น้ำมันดีเซลปัจจุบันแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว น้ำมันดีเซลหมุนช้า และไบโอดีเซล

ตารางที่ 2. 3 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

สาขาเศรษฐกิจ	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**
1. เกษตรกรรม	3,744,866	3,987,405	3,630,671	3,746,811	3,900,430
2. เหมืองแร่	17,876	26,624	21,299	22,577	23,555
3. อุตสาหกรรมและการผลิต	977,547	1,298,139	964,161	754,862	992,817
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	336,612	473,757	287,247	262,207	359,439
3.2 สิ่งทอ	14,084	15,010	11,497	8,631	13,222
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	33,684	35,633	30,449	29,309	38,111
3.4 กระดาษ	31,221	32,865	27,906	26,898	31,933
3.5 เคมี	179,900	236,992	215,499	174,466	125,355
3.6 อโลหะ	80,123	92,536	82,743	66,316	62,523
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	34,849	47,804	32,673	29,805	38,510
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	42,949	62,629	41,468	42,962	48,135
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	224,125	300,913	234,679	114,268	275,589
4. ไฟฟ้า	52,001	121,157	83,997	40,740	23,846
5. การก่อสร้าง	128,765	145,174	130,656	117,590	113,236
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	-	-	-	-	-
7. การขนส่ง	12,542,496	13,959,586	14,689,609	13,631,100	13,624,996
รวม	**17,463,551**	**19,538,085**	**19,520,393**	**18,313,680**	**18,678,880**

หน่วย : พันลิตร *(แหล่งข้อมูล : กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

รวมน้ำมันดีเซลปาล์มและดีเซลหมุนเร็วบี5

- **น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว** หรือที่รู้จักกันในชื่อของ “น้ำมันโซล่า” ใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบมากกว่า 1,000 รอบต่อนาที เช่นรถยนต์ รถตู้ รถกะบะ รถโดยสาร รถบรรทุก เรือประมง รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรหนักทุกชนิดที่มีความเร็วรอบมากกว่า 1,000 รอบต่อนาที จากสถิติการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 -2550 ดังแสดงในตารางที่ 2.3 พบว่ามีการใช้สูงสุดในปี 2547 และปริมาณการใช้ลดน้อยลงเรื่อย ๆ จนถึงปี 2549 และเพิ่มขึ้นในปี 2550 สาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้มากที่สุดคือสาขาการขนส่ง คิดเป็นร้อยละประมาณ 70 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด

ตารางที่ 2. 4 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้า

สาขาเศรษฐกิจ	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**
1. เกษตรกรรม	-	-	-	-	-
2. เหมืองแร่	309	314	231	254	175
3. อุตสาหกรรมและการรผลิต	17,591	16,705	6,991	4,810	2,942
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	3,342	2,535	1,061	422	292
3.2 สิ่งทอ	1,298	1,216	509	223	325
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	-	509	213	-	728
3.4 กระดาษ	-	-	-	-	-
3.5 เคมี	1,873	2,541	1,063	399	294
3.6 อโลหะ	1,916	1,875	785	523	204
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	5,993	5,677	2,376	2,049	229
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	1,046	1,050	439	1,047	859
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	2,123	1,302	545	147	11
4. ไฟฟ้า	-	-	-	-	-
5. การก่อสร้าง	-	-	-	-	-
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	553	310	154	131	117
7. การขนส่ง	81,072	87,230	69,806	53,968	29,535
รวม	**99,525**	**104,559**	**77,182**	**59,163**	**32,769**

หน่วย : พันลิตร *(แหล่งข้อมูล: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

- **น้ำมันดีเซลหมุนช้า** ใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบปานกลางหรือรอบช้า เช่นเรือเดินสมุทร และเครื่องยนต์ดีเซลที่ติดตั้งอยู่ตามโรงงานที่มีความเร็วรอบ 500-1,000 รอบต่อนาที จากสถิติการใช้น้ำมันดีเซลหมุนช้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 -2550 ดังแสดงในตารางที่ 2.4 พบว่ามีการใช้สูงสุดในปี 2547 และปริมาณการใช้ลดน้อยลงเรื่อย ๆ จนถึงปี 2550 สาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้มากที่สุดคือสาขาการขนส่ง คิดเป็นร้อยละประมาณ 80 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด รองลงมาคือภาคอุตสาหกรรมและการผลิต

- **ไบโอดีเซล** เป็นเชื้อเพลิงดีเซลที่ผลิตจากแหล่งผลิตทรัพยากรหมุนเวียน เช่นน้ำมันพืช ไขมันสัตว์ ทานตะวัน งา ฝ้าย ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ละหุ่ง สบู่ดำ มะพร้าว ปาล์ม และน้ำมันที่เหลือ

จากการปรุงอาหาร โดยผ่านกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลเล็กลง ให้อยู่ในรูปของ เอทิลเอสเตอร์ หรือเมทิลเอสเตอร์ เมื่อนำไปผสมกับน้ำมันดีเซลจะได้เป็น น้ำมันดีเซลB2 (น้ำมันดีเซล 98% + ไบโอดีเซล 2%) น้ำมันดีเซลB5 (น้ำมันดีเซล 95% + ไบโอดีเซล 5%)

2.3 น้ำมันเครื่องบิน (Jet Fuel)

น้ำมันเครื่องบิน เป็นน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบในกลุ่มเดียวกับน้ำมันเบนซินสำหรับรถยนต์ แต่น้ำมันเครื่องบินจะมีค่าออกเทนสูงกว่ามาก เชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องบิน สามารถแบ่งออกตามลักษณะของเครื่องยนต์ ได้แก่ น้ำมันเบนซินเครื่องบินใบพัด (Aviation Gasoline) และน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบินไอพ่น (Aviation Turbine Fuels)

- **น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องบินใบพัด** จัดอยู่ในประเภท Distillate Fuel กลุ่มเดียวกันกับน้ำมันเบนซินรถยนต์ เพราะระบบเครื่องยนต์เครื่องบินใบพัด มีลักษณะคล้ายคลึงกับเครื่องยนต์เบนซินที่ใช้กับยานพาหนะ แต่คุณสมบัติต่างๆ ของน้ำมันประเภทนี้จะดีกว่า คือ ผลิตด้วยความบริสุทธิ์สะอาดเป็นพิเศษ มีจุดเยือกแข็งที่ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินเพราะเครื่องบินต้องบินในระดับสูงอากาศเย็นจัด น้ำมันจะต้องไหลได้สะดวกตลอดเวลา คุณภาพในการต้านการน็อก หรือค่าออกเทนสูงกว่ามาก เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ในสภาวะที่อุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้างมาก
- **น้ำมันเครื่องบินไอพ่น** ใช้กับเครื่องยนต์เทอร์ไบน์หรือกังหัน ซึ่งหลักการทำงานแตกต่างจากเครื่องยนต์ในเครื่องบินใบพัด จึงไม่ต้องการเชื้อเพลิงที่มีคุณภาพ ต้านทานการน็อค แต่จะต้องสะอาด บริสุทธิ์ และเผาไหม้ได้ดีที่สุดอุณหภูมิต่ำ นอกจากนั้นต้องมีความคงตัวสูง เพื่อไม่ให้น้ำมันสลายตัวหรือเสื่อมระหว่างเก็บในถังหรือใช้งาน น้ำมันเครื่องบินไอพ่นยังมีการแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (1) น้ำมันเครื่องบินไอพ่นเพื่อการพาณิชย์ (JP-1 หรือ JET A-1) มีช่วงการกลั่นใกล้เคียงกับน้ำมันก๊าดใช้กับเครื่องบินพาณิชย์ของสายการบินทั่วไป (2) น้ำมันเครื่องบินไอพ่นทหาร (JP-4) ใช้ในกิจกรรมของทหาร เช่น เครื่องบินขับไล่ซึ่งต้องการช่วงอุณหภูมิจุดเดือดกว้าง เป็นน้ำมันผสมกันระหว่างน้ำมันเบนซินกับน้ำมันก๊าด

2.4 น้ำมันเตา (Fuel Oil)

น้ำมันเตาน้ำมันเตาได้จากกากที่เหลือในกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบโดยตรง การกลั่นภายใต้สุญญากาศ กากน้ำมันพวกนี้มักหนืดมาก จึงต้องผสมกับสารทำให้เจือจาง (Diluents) เพื่อให้ได้ความหนืด และปริมาณกำมะถันตามต้องการสารที่ทำให้เจือจางที่ใช้ก็ได้แก่ พวกน้ำมัน

ดีเซล หรือองค์ประกอบหรือน้ำมันก๊าดคุณภาพต่ำ น้ำมันเตาเป็นน้ำมันที่มีราคาถูก ใช้ง่าย ให้ความร้อนสูงไม่มีขี้เถ้า

ตารางที่ 2. 5 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา

สาขาเศรษฐกิจ	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**
1. เกษตรกรรม	3,486	4,313	4,359	4,559	4,755
2. เหมืองแร่	8,250	9,739	8,765	9,641	7,356
3. อุตสาหกรรมและการผลิต	3,088,155	2,900,537	2,515,816	2,113,733	1,634,641
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	620,353	552,359	479,095	454,845	354,406
3.2 สิ่งทอ	425,374	387,137	335,788	256,649	154,508
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	24,705	21,187	18,377	6,283	6,366
3.4 กระดาษ	206,326	202,848	175,943	172,242	124,276
3.5 เคมี	279,194	224,252	194,508	189,267	161,488
3.6 อโลหะ	169,941	135,913	117,886	168,528	106,347
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	294,740	291,763	253,064	226,922	179,765
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	53,648	44,843	38,895	12,938	12,605
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	1,013,874	1,040,235	902,260	626,059	534,880
4. ไฟฟ้า	705,144	1,711,325	2,012,697	2,030,573	942,898
5. การก่อสร้าง	43,366	48,307	43,476	39,128	17,858
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	2,138	3,291	2,633	2,351	1,698
7. การขนส่ง	1,165,095	1,409,176	1,639,331	1,978,064	1,635,137
รวม	**5,015,634**	**6,086,688**	**6,227,077**	**6,178,049**	**4,244,343**

หน่วย : พันลิตร *(แหล่งข้อมูล: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

น้ำมันเตาแบ่งออกเป็นน้ำมันเตา 3 ประเภทคือ ประเภทใส (Light Fuel Oil : LFO), ประเภทปานกลาง (Medium Fuel Oil : MFO) และประเภทข้น (Heavy Fuel Oil : HFO) ชนิดของน้ำมันเตาที่ใช้ก็ขึ้นอยู่กับประเภทเตาและหัวฉีดในต่างประเทศที่มีอุณหภูมิต่ำนิยมใช้น้ำมันเตาทำความอบอุ่นบ้านเรือน น้ำมันเตาส่วนใหญ่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม แต่ก็สามารถใช้ได้กับเครื่องดีเซลขนาดใหญ่สำหรับกำเนิดไฟฟ้า หรือกับเครื่องดีเซลขนาดใหญ่เพื่อขับเคลื่อนเรือเดินทะเล โดยที่มีการ

ใช้น้ำมันเตากันอย่างแพร่หลายจึงทำให้มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันไป เช่น Stove Oil, Furnace Oil, Burner Oil และ Bunker Oil (Bunker หมายถึง เชื้อเพลิงในเรือ) จากสถิติการใช้น้ำมันเตาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 - 2550 ดังแสดงในตารางที่ 2.5 พบว่ามีการใช้สูงสุดในปี 2548 และปริมาณการใช้ลดน้อยลงเรื่อย ๆ จนถึงปี 2550 สาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้มากที่สุดคือภาคอุตสาหกรรมและการผลิต คิดเป็นร้อยละประมาณ 60 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด รองลงมาคือสาขาการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 20

2.5 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquefied Petroleum Gas : LPG)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแยกน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมันหรือการแยกก๊าซธรรมชาติในโรงแยกก๊าซธรรมชาติ ก๊าซปิโตรเลียมเหลวประกอบด้วยส่วนผสมของไฮโดรคาร์บอน 2 ชนิด คือ โพรเพนและบิวเทน ในอัตราส่วนเท่าใดก็ได้ หรืออาจจะเป็นโพร-เพนบริสุทธิ์ 100% หรือบิวเทนบริสุทธิ์ 100% ก็ได้ สำหรับในประเทศไทยก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่ได้จากโรงแยกก๊าซธรรมชาติโดยใช้อัตราส่วนผสมของโพรเพน และบิวเทนประมาณ 70:30 ซึ่งจะให้ค่าความร้อนที่สูง ทำให้ผู้ใช้ประหยัดเวลาและค่าเชื้อเพลิง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงต้ม ในครัวเรือน ในโรงงานอุตสาหกรรม และในยานพาหนะได้ เช่นเดียวกับก๊าซธรรมชาติที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในโรงงานอุตสาหกรรม และในยานพาหนะ คุณสมบัติของ LPG ด้อยกว่าน้ำมันเบนซินประมาณ 20% มีค่าออกเทน ประมาณ 103 – 105 จึงจุดสันดาปยากกว่าน้ำมันเบนซิน แต่การนำไปใช้งานในเครื่องยนต์สามารถทำได้ง่ายและมีมลภาวะต่ำ จากสถิติการใช้น้ำมันก๊าซปิโตรเลียมเหลวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 -2550 ดังแสดงในตารางที่ 2.6 พบว่ามีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นทุกปี สาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้มากที่สุดคือที่อยู่อาศัยและธุรกิจร้านค้า คิดเป็นร้อยละประมาณ 70 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด รองลงมาคืออุตสาหกรรมและการผลิตคิดเป็นร้อยละ 20 ถัดมาคือภาคการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 9 และมีสัดส่วนการใช้เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

ตารางที่ 2. 6 ปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

สาขาเศรษฐกิจ	2546	2547	2548	2549	2550
1. เกษตรกรรม	3,174	3,159	3,565	3,729	3,889
2. เหมืองแร่	-	-	-	-	-
3. อุตสาหกรรมและการรผลิต	804,713	816,130	832,991	946,024	1,114,701
3.1 อาหารและเครื่องดื่ม	41,130	39,591	40,409	40,584	49,286
3.2 สิ่งทอ	24,633	25,091	25,609	25,749	30,803
3.3 ไม้และเครื่องเรือน	904	1,680	1,715	1,915	2,392
3.4 กระดาษ	29,278	5,717	5,835	6,897	9,167
3.5 เคมี	220,300	163,481	166,858	207,421	289,176
3.6 อโลหะ	122,059	127,298	129,928	146,696	163,619
3.7 โลหะขั้นมูลฐาน	100,420	109,067	111,320	129,852	142,977
3.8 ผลิตภัณฑ์โลหะ	111,569	121,922	124,441	132,245	129,100
3.9 อื่น ๆ (จำแนกไม่ได้)	154,420	222,283	226,876	254,665	298,181
4. ไฟฟ้า	-	-	-	-	-
5. การก่อสร้าง	-	-	-	-	-
6. บ้านอยู่อาศัยและธุรกิจการค้า	2,778,970	2,799,089	2,967,020	3,183,978	3,485,623
7. การขนส่ง	388,319	416,646	560,343	849,151	1,058,985
รวม	**3,975,176**	**4,035,024**	**4,363,919**	**4,982,882**	**5,663,198**

หน่วย : พันลิตร (แหล่งข้อมูล: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

2.6 ก๊าซธรรมชาติ (Compressed Natural Gas: CNG)

Compressed Natural Gas (CNG) คือก๊าซธรรมชาติที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ เป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ โดยก๊าซ CNG นี้มีมีส่วนประกอบหลัก คือ ก๊าซมีเทนที่มีคุณสมบัติเบากว่าอากาศ ส่วนใหญ่จะมีการใช้ อยู่ในสภาพเป็นก๊าซที่ถูกอัดจนมีความดันสูง (ประมาณ 3,000 ปอนด์ ต่อ ตารางนิ้ว) เก็บไว้ในถังที่มีความแข็งแรง ทนทานสูงเป็นพิเศษ เช่น เหล็กกล้า การใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ มีข้อดีคือ เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ ให้มลพิษต่ำโดยเฉพาปริมาณฝุ่นละอองและควันดำ จากสถิติการใช้ก๊าซธรรมชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 -2550 ดังแสดงในตารางที่ 2.7 พบว่ามีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นทุกปี สาขาเศรษฐกิจที่มีการใช้

มากที่สุดคือการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละประมาณ 90 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด รองลงมาคืออุตสาหกรรมและการผลิตคิดเป็นร้อยละ 9 ถัดมาคือภาคการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 1 โดยประมาณ และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ

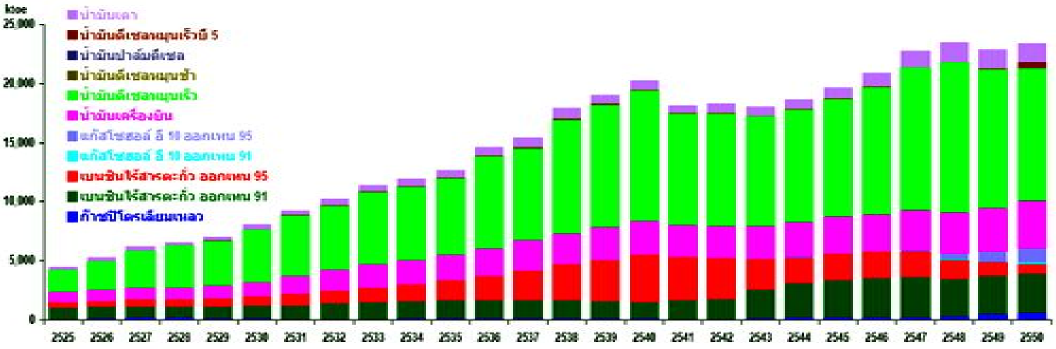
ตารางที่ 2. 7 ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ

สาขาเศรษฐกิจ	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**
1. การผลิตไฟฟ้า	796,614	818,263	858,959	857,103	877,862
2. อุตสาหกรรมและการผลิต	81,760	95,702	81,782	88,999	98,677
2.1 ปิโตรเลียม	8,760	10,860	11,720	11,884	20,237
2.2 อื่น ๆ	73,000	84,842	70,062	77,115	78,440
3. การขนส่ง	520	1,123	2,032	3,417	8,616
รวม	**878,894**	**915,088**	**942,773**	**949,519**	**985,155**

หน่วย : ล้านลูกบาศก์ฟุต *(แหล่งข้อมูล : กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)*

2.7 ปริมาณการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยในอดีต

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและที่อยู่อาศัยในแต่ละปี ผนวกกับความเจริญทางเศรษฐกิจและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ปริมาณการขนส่งสินค้าและการเดินทางของคนซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจมีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในภาคการขนส่งเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี



รูปที่ 2. 1 ปริมาณการใช้น้ำมันสาขาการขนส่งแยกตามประเภทน้ำมัน

(แหล่งข้อมูล: กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

ข้อมูลการใช้พลังงานในภาคการขนส่งแยกตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง แสดงดังรูปที่ 2.1 โดยจำนวนปริมาณน้ำมันที่มีการใช้มากที่สุดและเพิ่มขึ้นทุกปี คือ น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว

2.8 สรุปการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทย

ยานพาหนะที่ใช้ในประเทศไทยปัจจุบัน เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทมีดังนี้คือ จักรยานยนต์ รถเก๋ง รถปิคอัพ รถตู้ รถบัส รถบรรทุก เรือ รถไฟ เครื่องบิน ซึ่งแต่ละชนิดใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2. 8 ชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานพาหนะแต่ละประเภท

ยานพาหนะ / น้ำมันเชื้อเพลิง	จักรยานยนต์	รถเก๋ง	รถปิคอัพ	รถตู้	รถบัส	รถบรรทุก	เรือ	รถไฟ	เครื่องบิน
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว LPG		x	x	x	x	x			
เบนซิน ออกเทน 91	x	x	x	x					
เบนซิน ออกเทน 95	x	x	x	x					
แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 91		x	x	x		x			
แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95		x	x	x		x			
น้ำมันเครื่องบิน									x
ดีเซลหมุนเร็ว		x	x	x	x	x	x	x	
ดีเซลหมุนช้า							x		
ปาล์มดีเซล		x	x	x	x	x			
ดีเซลหมุนเร็ว บี5		x	x	x	x	x			
น้ำมันเตา							x		
NGV		x	x	x	x	x			

(แหล่งข้อมูล: คณะผู้วิจัย)

บทที่ 3
การศึกษาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่ง

3.1 แบบจำลองการใช้พลังงานภาคขนส่งในประเทศไทย

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ดังนี้ LEAP (Long range Energy Alternatives Planning system) การวิเคราะห์ความถดถอย การวิเคราะห์หาสัดส่วนการใช้ยานพาหนะและอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และแบบจำลองระบบพลวัตของการใช้พลังงาน (Energy System Dynamics) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

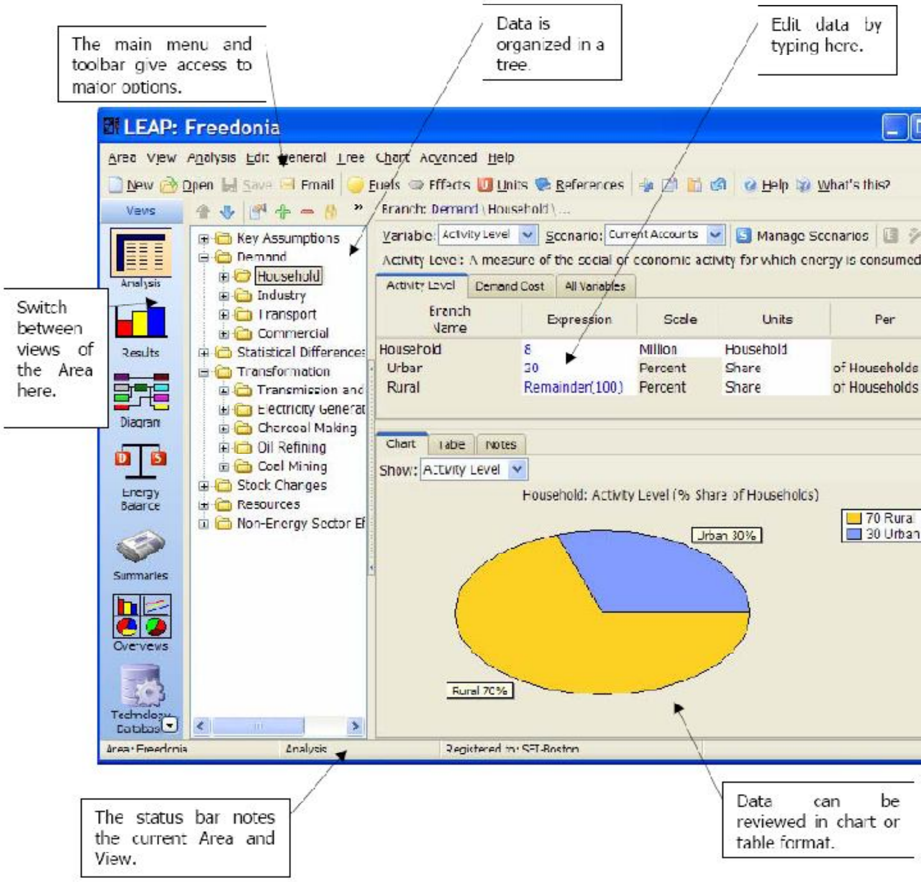
3.1.1 การใช้แบบจำลอง LEAP

LEAP ย่อมาจาก Long range Energy Alternatives Planning system เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ที่ใช้ในการวิเคราะห์นโยบายทางด้านการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1980 โดย U.S. Center of the Stockholm Environment Institute ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยที่ไม่หวังผลกำไรของ Tufts University ใน Massachusetts ช่วงปลายทศวรรษที่ 90 Charlie Heaps ได้เป็นผู้พัฒนา LEAP ให้อยู่ในรูปแบบของ Windows ซึ่งจะมีความสะดวกต่อการใช้งานและเป็นที่คุ้นเคยของผู้ใช้คอมพิวเตอร์ทั่วไปโดยมีการเผยแพร่ LEAP ที่ใช้งานบน Windows ในครั้งแรกเมื่อต้นปี ค.ศ.2001 ปัจจุบัน LEAP ได้ถูกใช้งานในการวางแผนพลังงานของประเทศต่าง ๆ กว่า 146 ประเทศ โดยหน่วยราชการ สถาบันการศึกษา รวมถึงองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร

LEAP สามารถสร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้งานได้สะดวกกว่าแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์มหภาคอื่น ๆ จุดเด่นของ LEAP คือสามารถรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับด้านพลังงาน ตั้งแต่ความต้องการใช้ การเปลี่ยนรูปของพลังงานภายใต้สมมติฐานต่าง ๆ เช่น จำนวนประชากร สภาพสังคม การเจริญเติบโตและการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมเทคโนโลยี ราคา ฯลฯ มาใช้ในการจำลองภาพเหตุการณ์ที่หลากหลายและไม่ขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ แสดงดังรูปที่ 3.1

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2551) ได้พัฒนาภาพเหตุการณ์ความต้องการการใช้พลังงานของประเทศไทย ค.ศ. 2030 โดยใช้ LEAP Accounting Tools ซึ่งเป็นการจำลองเหตุการณ์และคาดการณ์เกี่ยวกับการใช้และการจัดหาพลังงานของประเทศไทยในอนาคต จนถึงปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) ในกรณีต่าง ๆ ที่มีโอกาสเป็นไปได้ในหลายรูปแบบที่ส่งผลต่อการใช้และการจัดหาพลังงานของไทย โดยสมมติฐานและปัจจัยสำคัญที่นำมาประกอบการพิจารณาภาพเหตุการณ์เหล่านั้นประกอบด้วยตัวแปรที่หลากหลาย เช่น การพัฒนาทางเศรษฐกิจ แหล่งพลังงาน เทคโนโลยี

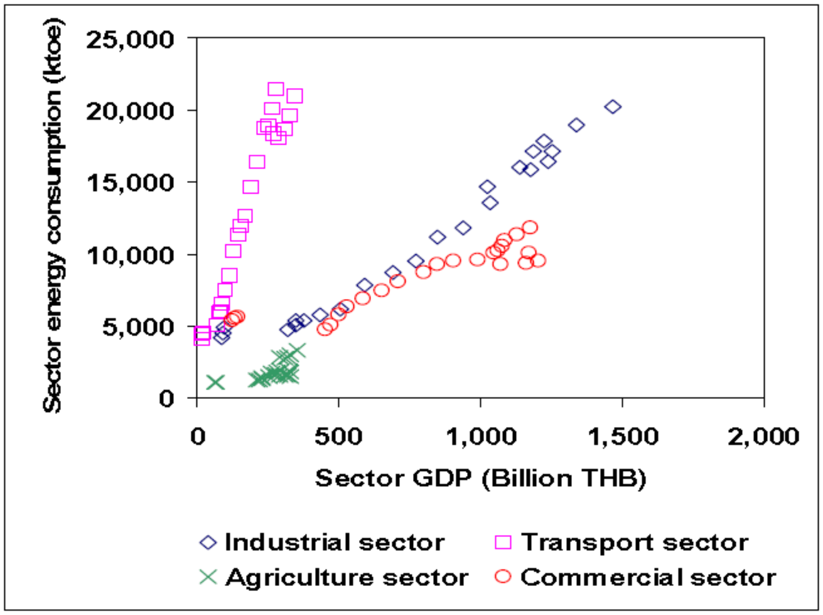
ราคา ผลกระทบทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม โดยเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณ LEAP เป็นเครื่องมือสำหรับจำลองภาพเหตุการณ์ ผลจากการวิเคราะห์ภาพเหตุการณ์ต่างๆ จะสามารถเตรียมการรองรับเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างเหมาะสม นำไปสู่การกำหนดยุทธศาสตร์ การวางแผน และเตรียมการด้านพลังงานของประเทศให้มีความเหมาะสมต่อสถานการณ์ในอนาคตที่มีความไม่แน่นอนสูง



รูปที่ 3. 1 ลักษณะโปรแกรม LEAP

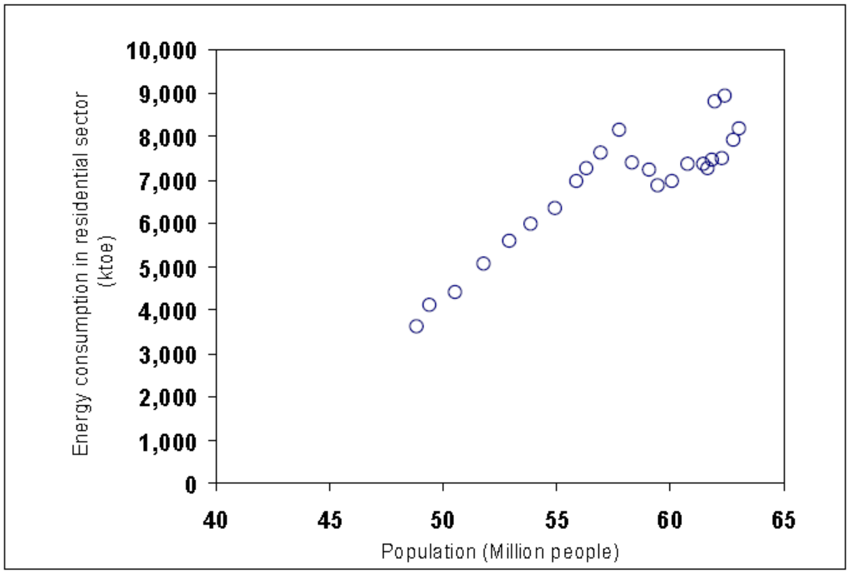
ในการศึกษาโดยสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้แบ่งสาขาเศรษฐกิจออกเป็น 5 สาขา ประกอบด้วย สาขาครัวเรือนบ้านพักอาศัย สาขาอุตสาหกรรม สาขาคมนาคมและการขนส่ง สาขาเกษตรกรรม และสาขาธุรกิจ โดยอาศัยข้อมูลของปี ค.ศ.2004 (พ.ศ.2547) เป็นปีฐาน ภายใต้สมมติฐานและคาดว่าความต้องการใช้ยังเติบโตไปตามปกติและแผนการจัดหาพลังงานของประเทศไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะใช้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการใช้และการจัดหาพลังงานของไทย การขยายตัวทางเศรษฐกิจ ตั้งแต่อดีต ค.ศ.1981 (พ.ศ. 2524) จนกระทั่งถึงปี ค.ศ.

2004 (พ.ศ. 2547) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.2 – 3.3 ไปใช้ประกอบการพิจารณา โดยกำหนดข้อมูลในปี ค.ศ. 2004 เป็นปีฐานสำหรับการอ้างอิงต่าง ๆ



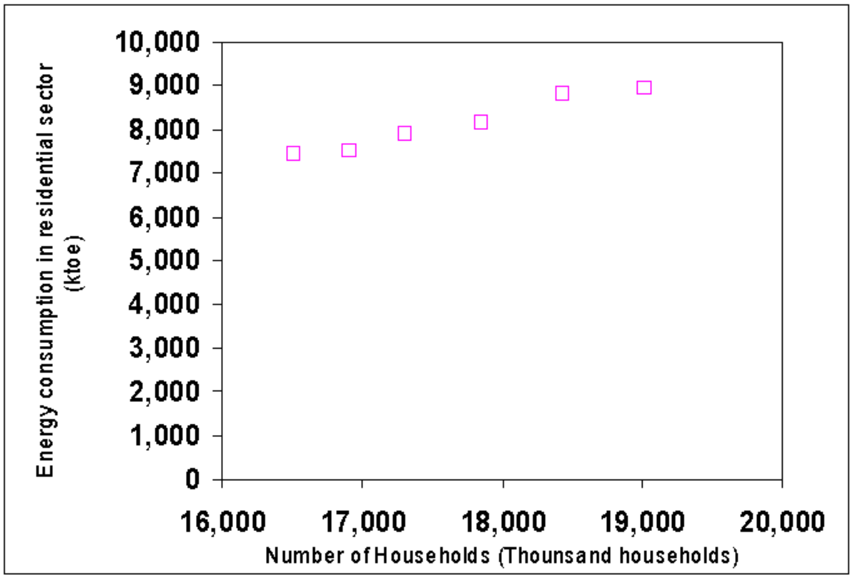
รูปที่ 3. 2 สัดส่วนของการใช้พลังงานต่อ GDP ในสาขาเศรษฐกิจต่าง ๆ

(แหล่งข้อมูล: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



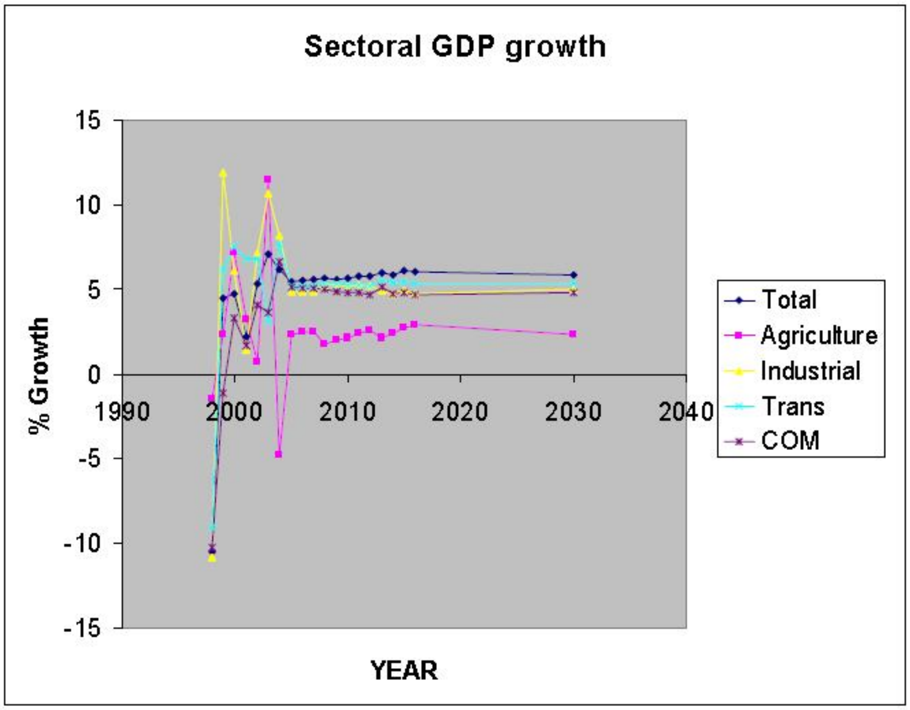
รูปที่ 3. 3 สัดส่วนจำนวนประชากรต่อความต้องการใช้พลังงานในสาขาครัวเรือน

(แหล่งข้อมูล: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



รูปที่ 3. 4 สัดส่วนจำนวนครัวเรือนต่อความต้องการใช้พลังงานในสาขาครัวเรือน

(แหล่งข้อมูล: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



รูปที่ 3. 5 ประมาณการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมในสาขาเศรษฐกิจ ต่าง ๆ

(แหล่งข้อมูล: มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2546)

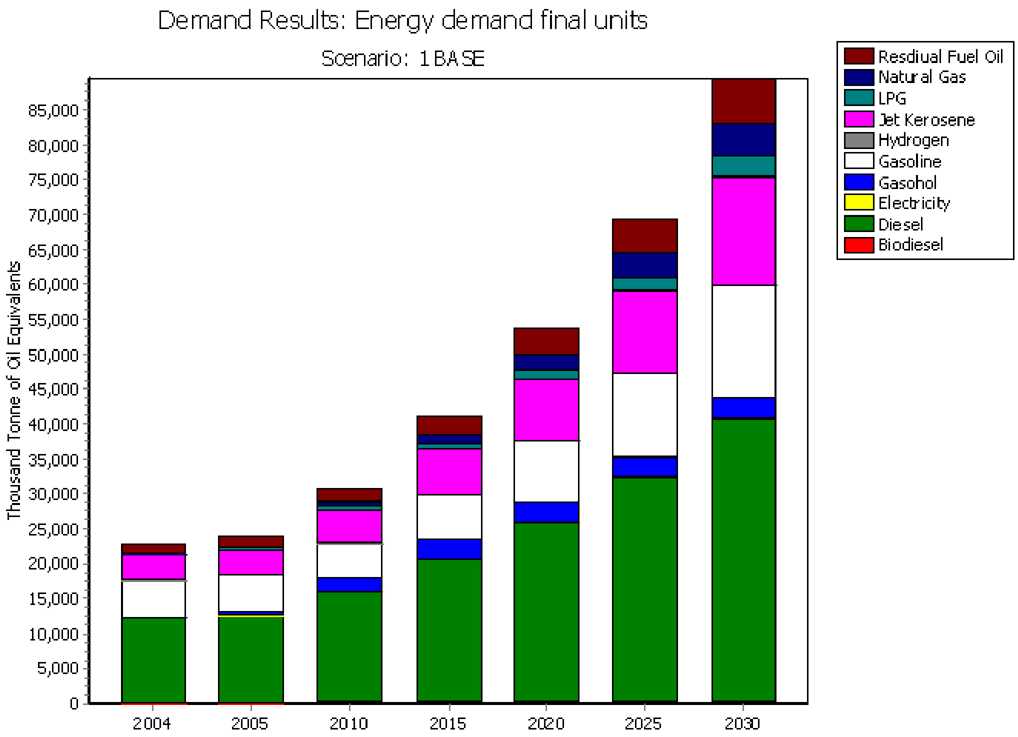
การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของภาพเหตุการณ์พลังงาน เมื่อใส่สมมติฐานและข้อมูลในปีฐานลงใน LEAP ตามสาขาเศรษฐกิจต่าง ๆ รวมถึงนโยบายด้านการจัดหาแหล่งพลังงานในปัจจุบันและอนาคต เพื่อรองรับความต้องการใช้พลังงานที่คาดว่าจะมีมากขึ้นตามสภาวะการเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมซึ่งแสดงการประมาณการจากมุมมองของผู้พัฒนาภาพเหตุการณ์ดังรายละเอียดของการเติบโตในสาขาคมนาคมและการขนส่ง และประมาณการสัดส่วนของผลิตภัณฑ์มวลรวมในสาขาย่อยของอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นตัวแปรที่นำเข้าสู่ปัจจัยหลักต่อการใช้พลังงานภายใต้อัตราความต้องการใช้ที่ยังเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่องและแผนการจัดหายังไม่มีการเปลี่ยนแปลงจะสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของภาพเหตุการณ์พลังงานในกรณีฐานแสดงในตารางที่ 3.1 โดยพบว่าอัตราการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นในทุกสาขาเศรษฐกิจตั้งแต่ปี ค.ศ.2005-2030 รวม 25 ปี มีปริมาณการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 61.89 Mtoe (ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ) ในปี ค.ศ.2004 จนถึง 221.33 Mtoe ในปี ค.ศ.2030 โดยสาขาที่มีความต้องการการใช้พลังงานมากที่สุดคือสาขาการขนส่งประมาณร้อยละ 40.5 รองลงมาคือสาขาอุตสาหกรรม ประมาณร้อยละ 40 จากรูปที่ 3.6 พบว่าปริมาณทุกประเภทเพิ่มขึ้นในปี ค.ศ. 2030 โดยปริมาณน้ำมันที่มีการใช้สูงสุดคือน้ำมันดีเซล รองลงมาคือน้ำมันเบนซิน และน้ำมันเครื่องบินตามลำดับ

ตารางที่ 3. 1 ปริมาณความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

ภาคธุรกิจ	**2004**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**
สาขาครัวเรือน	8.80	8.99	10.14	11.45	12.89	14.66	16.90
สาขาขนส่ง	22.81	23.76	30.71	41.04	53.59	69.44	89.52
สาขาอุตสาหกรรม	22.57	23.76	30.63	40.20	52.48	68.33	89.02
สาขาธุรกิจ	3.85	4.06	5.30	6.86	8.86	11.51	14.98
สาขาเกษตรกรรม	3.55	3.66	4.10	4.76	6.11	7.94	10.33
สาขาอื่นๆ	0.30	0.31	0.36	0.41	0.45	0.50	0.58
รวม	**61.89**	**64.55**	**81.23**	**104.73**	**134.38**	**172.40**	**221.33**

หน่วย: ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Mtoe)

(แหล่งข้อมูล: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)



รูปที่ 3. 6 ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาคมนาคมและการขนส่ง

(สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

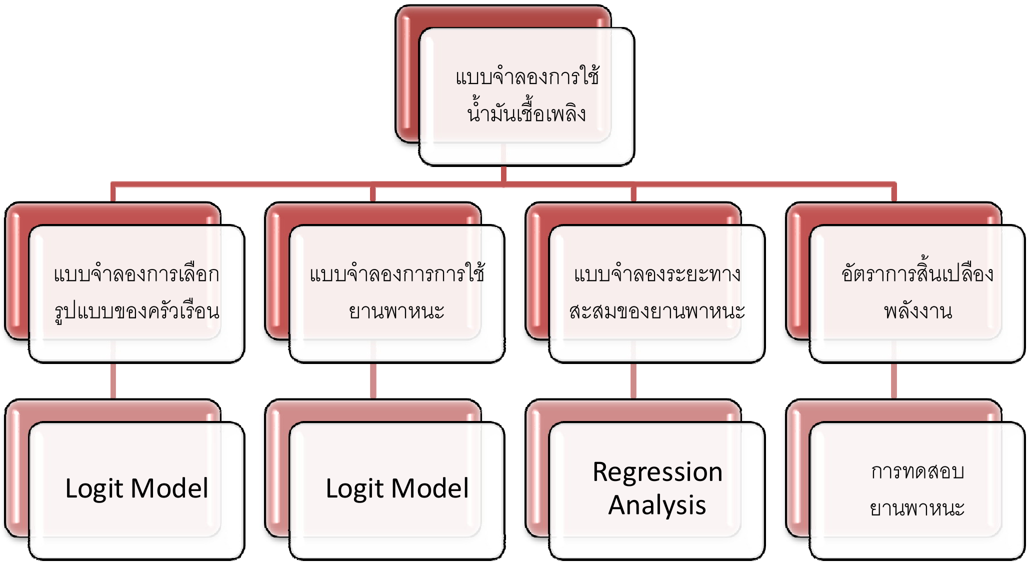
3.1.2 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจังหวัดเชียงใหม่

แบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะในครัวเรือนในเขตเมืองเชียงใหม่ ถูกพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ.2546 โดย พันธ์ระวี กองบุญเทียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะด้านเศรษฐกิจและสังคมกับการใช้พลังงานในการเดินทางของยานพาหนะในครัวเรือน และพัฒนาแบบจำลองเพื่อสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของครัวเรือน ซึ่งแบบจำลองจะประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลอง คือ

- แบบจำลองการกระจายตัวรูปแบบครัวเรือน
- แบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง
- แบบจำลองระยะทางการเดินทางสะสม
- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท

เมื่อพัฒนาแบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลองเรียบร้อยก็สามารถคาดคะเนปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของครัวเรือนได้จากผลคูณของสามแบบจำลอง (แบบจำลองการเลือกยานพาหนะ x แบบจำลองระยะทางการเดินทางสะสม x อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท)

- **โครงสร้างแบบจำลอง**



รูปที่ 3. 7 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานของจังหวัดเชียงใหม่

โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจังหวัดเชียงใหม่ประกอบด้วย 4 แบบจำลองย่อย ดังที่แสดงในรูป 3.7 ซึ่งแต่ละแบบจำลองจะใช้วิธีการในกาพัฒนาแบบจำลองที่แตกต่างกัน แบบจำลองการเลือกรูปแบบของครัวเรือนใช้ Logit Model แบบจำลองการใช้ยานพาหนะใช้ Logit Model แบบจำลองระยะทางสะสมของยานพาหนะใช้การวิเคราะห์ความถดถอย และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงใช้การทดสอบยานพาหนะ

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

ในการพัฒนาแบบจำลองครั้งนี้จะพิจารณาคุณลักษณะทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พฤติกรรมการเดินทางของคนในครัวเรือน ที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง โดยตัวแปรที่พิจารณาแสดงดังตารางที่ 3.2 และแหล่งที่มาของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3. 2 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองของจังหวัดเชียงใหม่

ตัวแปร	**ความหมาย**	**การนำใช้พัฒนาแบบจำลอง**		
		แบบจำลองการเลือกรูปแบบของครัวเรือน	แบบจำลองการเลือกยานพาหนะ	แบบจำลองระยะทางสะสม
ตัวแปรตาม	รูปแบบของกลุ่มครัวเรือน	✓		
	ประเภทยานพาหนะที่เลือก		✓	
	ระยะทางเฉลี่ยสะสมรายปี (km)			✓
ตัวแปร Individual Specific	จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (คน)	✓	✓	✓
	จำนวนคนทำงานในครัวเรือน (คน)	✓	✓	✓
	จำนวนนักเรียน/นักศึกษาในครัวเรือน (คน)	✓	✓	✓
	จำนวนผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปีในครัวเรือน (คน)	✓	✓	
	รายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อเดือน (บาท)	✓	✓	✓

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ตัวแปร	**ความหมาย**	**การนำใช้พัฒนาแบบจำลอง**		
		แบบจำลองการเลือกรุปแบบของครัวเรือน	แบบจำลองการเลือกยานพาหนะ	แบบจำลองระยะทางสะสม
	รายได้เฉลี่ยของคนในครัวเรือน (บาท/เดือน)	✓	✓	✓
	จำนวนยานพาหนะทั้งหมาดที่มีในครัวเรือน (คัน)	✓	✓	
	เพศ (1=ชาย, 2=หญิง)		✓	
	อายุ (ปี)	✓	✓	
	ความถี่ในการใช้งานยานพาหนะต่อสัปดาห์(วัน/สัปดาห์)		✓	✓
	จำนวนผู้โดยสารรวมคนขับที่เดินทางไปกับยานพาหนะ (คน)		✓	✓
	ระยะทางที่เดินทางได้ใน 1 วันของยานพาหนะ (กม./วัน)		✓	✓
	เวลารวมการเดินทางจากจุดหมายถึงยานพาหนะ (นาที/วัน)		✓	
	เวลารวมในการคอยยานพาหนะ (นาที/วัน)		✓	
	เวลารวมในการเดินทางในยานพาหนะ (นาที/วัน)		✓	
	เวลารวมในการเดินจากยานพาหนะไปถึงปลายทาง (นาที/วัน)		✓	
	จำนวนเที่ยวการเดินทางใน 1 วัน (เที่ยว/วัน)		✓	✓

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลอง (ต่อ)

ตัวแปร	ความหมาย	การนำใช้พัฒนาแบบจำลอง		
		แบบจำลองการเลือกรูปแบบของครัวเรือน	แบบจำลองการเลือกยานพาหนะ	แบบจำลองระยะทางสะสม
	ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตร.กม.)	✓		
	ความหนาแน่นของแรงงาน (คน/ตร.กม.)	✓		
	สัดส่วนที่ดินประเภทที่อยู่ (%)	✓		
	สัดส่วนที่ดินประเภทเพื่อการพาณิชย์ (%)	✓		
	สัดส่วนที่ดินประเภทอื่นๆ (%)	✓		
	ราคาที่ดิน (บาท/ตร.วา)	✓		
	ระยะห่างจากศูนย์กลางเศรษฐกิจของเมือง (กม.)		✓	✓
	เวลาในการเดินทางสู่ศูนย์กลางของเมือง (นาที)		✓	✓
ตัวแปร Alternative Specific	ตัวแปรสำหรับผู้เดินทางด้วยรถเก๋ง		✓	✓
	ตัวแปรสำหรับการเดินทางด้วยรถปิคอัพ	✓	✓	✓
	ตัวแปรสำหรับการเดินทางด้วยรู้ตู้	✓	✓	✓
	ตัวแปรสำหรับการเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์	✓	✓	✓
	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท/วัน)			✓
	ราคาน้ำมันที่ยานพาหนะใช้ (บาท/ลิตร)			✓

(แหล่งข้อมูล : พันธ์ระวี กองบุญเทียม, 2546)

ตารางที่ 3. 3 ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูลของจังหวัดเชียงใหม่

ข้อมูล	แหล่งที่มา
ข้อมูลปฐมภูมิ	
- สภาพสังคมและเศรษฐกิจของผู้เดินทางและครัวเรือน	ข้อมูลทั้งหมดได้มาจากการ
- ลักษณะการเดินทาง	สำรวจข้อมูลภาคสนาม
- รูปแบบของยานพาหนะที่ผู้เดินทางเลือกใช้	
- คุณลักษณะของยานพาหนะที่ผู้เดินทางเลือกใช้	
- ระยะทางสะสมในการเดินทาง	
- การกระจายของรูปแบบของกลุ่มครัวเรือน	
ข้อมูลทุติยภูมิ	
- จำนวนและลักษณะของประชากร	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
- ลักษณะทางกายภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของพื้นที่	เทศบาลนครเชียงใหม่
- คุณลักษณะทางกายภาพของพื้นที่	
- อัตรการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ	เทศบาลนครเชียงใหม่ นิตยาสารนักเลงรถ ยานยนต์ กรังด์ปรีซ์ มอเตอร์ไซด์ และ EPA

(แหล่งข้อมูล : พันธ์ระวี กองบุญเทียม, 2546)

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

แบบจำลองแบ่งออกเป็นแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลอง ซึ่งแต่ละแบบจำลองใช้หลักการในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

- แบบจำลองการกระจายตัวรูปแบบครัวเรือน ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดย Logit Model ตัวแปรที่ใช้พิจารณาแสดงดังตารางที่ 3.2 โดยมีทางเลือกเป็นกลุ่มครัวเรือน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 บ้านเดี่ยว กลุ่มที่ 2 ตึกแถว ทาวน์เฮ้าส์ บ้านแฝด และกลุ่มที่ 3 ห้องชุด หอพัก ห้องภายในบ้าน ที่อยู่อาศัยชั่วคราวและอื่นๆ แบบจำลองจะหาความน่าจะเป็นการเลือกรูปแบบครัวเรือนแต่ละกลุ่มเทียบกับ กลุ่มที่ 3 โดยมีรูปแบบของแบบจำลองดังสมการด้านล่าง

$$P(G_i) = \frac{e^{V(Gi-G3)}}{\sum_{j \in C'_{Cn}} e^{V(Gj-G3)} + 1} \tag{3.1}$$

เมื่อ *P(Gi)* คือสัดส่วนหรือความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกครัวเรือนรูปแบบกลุ่ม i

$V_{(Gi-G3)}$ คืออรรถประโยชน์ของครัวเรือนกลุ่มที่ i เทียบกับครัวเรือนกลุ่มที่ 3

j คือครัวเรือนประเภทใดๆ ที่ j เป็นสมาชิกของทางเลือกทั้งหมด (C_n)

C'_{Gn} คือเซตของทางเลือกรูปแบบกลุ่มครัวเรือนทั้งหมดยกเว้นทางเลือกที่เป็นตัวเทียบ

- แบบจำลองการเลือกยานพาหนะเดินทาง ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดย Logit Model ตัวแปรที่ใช้พิจารณาแสดงดังตารางที่ 2.10 ทางเลือกของยานพาหนะที่พิจารณาได้แก่ รถเก๋ง (PC) รถปิคอัพ (PU) รถตู้ (Van) รถจักรยานยนต์ (MC) โดยจะคำนวณความน่าจะเป็นที่จะเลือกยานพาหนะประเภทต่างๆ (PC, PU, Van) เทียบกับรถจักรยานยนต์ ดังสมการด้านล่าง

$$P(i) = \frac{e^{V(i-MC)}}{\sum_{j \in C'_n} e^{V(j-MC)} + 1} \tag{3.2}$$

เมื่อ *P(i)* คือสัดส่วนหรือความน่าจะเป็นที่ผู้เดินทางจะเลือกยานพาหนะประเภท i

$V_{(i-MC)}$ คืออรรถประโยชน์ของยานพาหนะประเภท I เทียบกับรถจักรยานยนต์

j คือยานพาหนะประเภทใดๆ ที่ j เป็นสมาชิกของทางเลือกทั้งหมด (C_n)

C'_n คือเซตของทางเลือกประเภทยานพาหนะในครัวเรือนที่เลือกใช้ยกเว้นทางเลือกที่เป็นตัวเทียบ

- แบบจำลองระยะทางการเดินทางสะสม ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดย Regression analysis ตัวแปรที่ใช้พิจารณาแสดงดังตารางที่ 2.10
- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยทดสอบยานพาหนะหาอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

- **ผลลัพธ์**

    - แบบจำลองการกระจายรูปแบบของครัวเรือน

จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลต่ออรรถประโยชน์การเลือกรูปแบบของครัวเรือนในเมืองเชียงใหม่เรียงตามลำดับความสำคัญได้แก่ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (MEMBER) อายุเฉลี่ยของสมาชิกทั้งหมดในครัวเรือน (AGE) และราคาที่ดิน (LANDPRICE) ดังสมการด้านล่าง

$$V_{(G1/G3)}=-4.670+0.09758AGE+0.991MEMBER+1.270E\text{-}5LANDPRIC$$

$$V_{(G2/G3)}=-4.151+0.06806AGE+0.750MEMBER+1.500E\text{-}5LANDPRIC$$

โดยแบบจำลองมีค่า ρ^2 เท่ากับ 0.260 โดยความน่าจะเป็นที่บุคคลจะเลือกรูปแบบของครัวเรือนแต่ละรูปแบบแสดงดังสมการที่ 2.3-2.5

$$P(G1)=\frac{e^{V_{G1}}}{e^{V_{G1}}+e^{V_{G2}}+1} \tag{3.3}$$

$$P(G2)=\frac{e^{V_{G2}}}{e^{V_{G1}}+e^{V_{G2}}+1} \tag{3.4}$$

$$P(G3)=\frac{e^{V_{G3}}}{e^{V_{G1}}+e^{V_{G2}}+1} \tag{3.5}$$

    - แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการเลือกใช้ยานพาหนะในการเดินทางมีดังนี้ คือ รายได้เฉลี่ยของครัวเรือน(HHINCOME) อายุ (AGE) จำนวนยานพาหนะในครัวเรือน (VEHNUM) ขนาดการบรรทุกสิ่งของ (CARSIZE) จำนวนผู้โดยสาร (PSSNUM) ระยะทางในการเดินทาง เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (TCOST) ผลการพัฒนาแบบจำลองแยกตามประเภทที่พักอาศัยแสดงดังตารางที่ 3.4 – 3.6 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยค่า ρ^2 พบว่าแบบจำลองสำหรับครัวเรือนกลุ่มที่ 1 ถึง กลุ่มที่ 3 ให้ค่า ρ^2 เท่ากับ 0.399, 0.425, 0.663 ลำดับ

ตารางที่ 3. 4 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 1 บ้านเดี่ยว

ยานพาหนะ	แบบจำลอง	ρ^2
PC/MC	$V_{(PC\text{-}MC)}$ = -2.198 + 1.278E-6HHINCOME*AGE + 2.392PSSNUMB - 1.84E-2SUMT3 - 1.527PC_CARSIZE - 1.273PC_VAR/VEHNUM - 0.158PC_TCOST	0.399
PU/MC	$V_{(PU\text{-}MC)}$ = -1.769 + 8.300E-7HHINCOME*AGE + 2.493PSSNUMB - 1.11E-2SUMT3 – 1.491PU_CARSIZE – 3.344PU_VAR/VEHNUM - 0.154PU_TCOST	
Van/MC	$V_{(Van\text{-}MC)}$ = -4.368 + 1.480E-6HHINCOME*AGE + 2.779PSSNUMB - 1.01E-2SUMT3 – 1.708Van_CARSIZE – 4.920Van_VAR/VEHNUM - 0.159Van_TCOST	

ตารางที่ 3. 5 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 2 ตึกแถว ทาวน์เฮาส์ บ้านแฝด

ยานพาหนะ	แบบจำลอง	ρ^2
PC/MC	$V_{(PC\text{-}MC)}$ = -1.802 + 8.012E-6HHINCOME*AGE + 3.014PSSNUMB – 0.106SUMDIST/SUMT3 – 2.281PC_CARSIZE – 0.283PC_TCOST	0.425
PU/MC	$V_{(PU\text{-}MC)}$ = -1.565 + 7.912E-7HHINCOME*AGE + 2.957PSSNUMB – 0.107SUMDIST/SUMT3 – 2.735PU_CARSIZE – 0.284PU_TCOST	
Van/MC	$V_{(Van\text{-}MC)}$ = -5.649 + 1.153E-6HHINCOME*AGE + 1.917PSSNUMB – 0.082SUMDIST/SUMT3 – 1.162Van_CARSIZE – 0.283Van_TCOST	

ตารางที่ 3. 6 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของกลุ่มครัวเรือนที่ 3 ห้องชุด หอพัก ห้องภายในบ้าน ที่อยู่อาศัยชั่วคราว

ยานพาหนะ	แบบจำลอง	ρ^2
PC/MC	$V_{(PC-MC)}$ = -2.135 + 2.305E-6HHINCOME*AGE – 1.884SUMDIST/TRIPMADE – 2.143PC_VAR – 1.093PC_TCOST	0.663
PU/MC	$V_{(PU-MC)}$ = -1.657 + 2.270E-6HHINCOME*AGE – 1.847SUMDIST/TRIPMADE – 3.583PU_VAR – 1.083PU_TCOST	
Van/MC	$V_{(Van-MC)}$ = -1.571 + 2.690E-6HHINCOME*AGE – 1.902SUMDIST/TRIPMADE – 5.779Van_VAR – 1.088Van_TCOST	

ความน่าจะเป็นที่ประชาชนจะเลือกใช้ยานพาหนะรูปแบบต่างๆหาได้จากสมการที่ 2.6-2.9

$$P(PC/MC) = \frac{e^{V_{PC}}}{e^{V_{PC}} + e^{V_{PU}} + e^{V_{Van}} + 1} \tag{3.6}$$

$$P(PU/MC) = \frac{e^{V_{PU}}}{e^{V_{PC}} + e^{V_{PU}} + e^{V_{Van}} + 1} \tag{3.7}$$

$$P(Van/MC) = \frac{e^{V_{Van}}}{e^{V_{PC}} + e^{V_{PU}} + e^{V_{Van}} + 1} \tag{3.8}$$

$$P(MC/MC) = \frac{1}{e^{V_{PC}} + e^{V_{PU}} + e^{V_{Van}} + 1} \tag{3.9}$$

- แบบจำลองระยะทางสะสมรายปีในการเดินทางของยานพาหนะ

ปัจจัยที่มีต่อระยะทางสะสมรายปีในการเดินทางของยานพาหนะ ได้แก่ระยะทางที่เดินทางได้ต่อวัน ความถี่ในการใช้งานต่อสัปดาห์ ดังสมการที่แสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3. 7 แบบจำลองระยะทางสะสมรายปี

ยานพาหนะ	แบบจำลอง	R^2
รถเก๋ง	VKT_{PC} = -6,337.619 + 212.725PC_SUMDIST	0.935
(PC)	+ 1,527.122PC_FOU	
รถปิคอัพ	VKT_{PU}= -10,086.60 + 244.401PU_SUMDIST	0.791
(PU)	+ 2,053.118PU_FOU	
รถตู้	VKT_{Van}= -8,332.871 + 256.107Van_SUMDIST	0.965
(Van)	+ 2,078.983Van_FOU	
รถจักรยานยนต์	VKT_{MC}=-3,308.968 + 343.713MC_SUMDIST	0.831
(MC)	+ 522.258MC_FOU	

- อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทแสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3. 8 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท

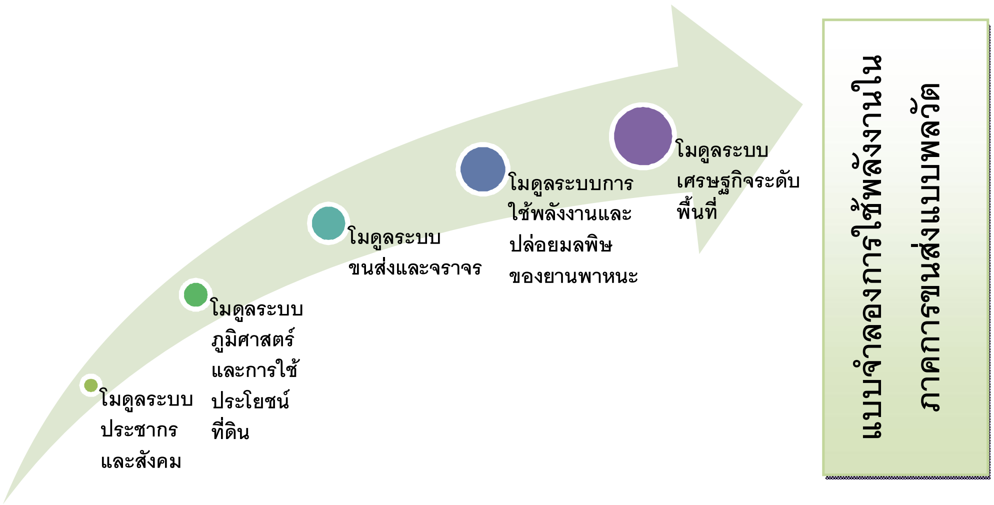
กลุ่มยานพาหนะ	อัตราการสิ้นเปลือง (km/KOE)	อัตราการสิ้นเปลือง (KOE/100 km)
รถเก๋ง	13.332	7.501
รถปิคอัพ	3.535	7.489
รถตู้	10.985	9.103
รถจักรยานยนต์	40.241	2.485

3.1.3 แบบจำลองระบบพลวัตของการใช้พลังงานในการขนส่งในระดับเมืองภูมิภาคของประเทศไทย: กรณีศึกษาเขตเมืองเชียงใหม่

แบบจำลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย พันธุ์ระวี กองบุญเทียม ในปี พ.ศ.2552 ซึ่งได้สร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งโดยสร้างระบบที่มีการปรับตัวได้ที่ประกอบด้วยระบบย่อยหลายตัว ซึ่งแต่ละระบบจะมีความเกี่ยวข้องกันและมีความสัมพันธ์เป็นพลวัต (System Dynamics Model) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

ในการพัฒนาแบบจำลองได้จำแนกระบบย่อยออกเป็น 5 ระบบ ได้ ระบบประชากรและสังคม ระบบภูมิศาสตร์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระบบการขนส่งและจราจร ระบบการใช้พลังงานและปล่อยมลพิษของยานพาหนะ และ ระบบเศรษฐกิจระดับพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3. 8 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคขนส่งแบบพลวัต

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

  ในการพัฒนาแบบจำลองมีการใช้ข้อมูลจำนวนมากเนื่องจากมีแบบจำลองย่อยหลายตัวที่สนใจ ตัวแปรและแหล่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3. 9 ข้อมูลและแหล่งที่มาของข้อมูล สำหรับแบบจำลองการใช้พลังงานภาคการขนส่งแบบพลวัต

ประเภทข้อมูล	แหล่งข้อมูล
1.ข้อมูลประชากรและสังคม	
1.1 สำมะโนประชากร/ครัวเรือ	สนง.สถิติจังหวัด
1.2 สำมะโนแรงงาน/อุตสาหกรรม	สนง.สถิติจังหวัด
2.ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน	
2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)	สนง.โยธาธิการและผังเมือง
2.2 ราคาประเมินที่ดิน	สนง.ที่ดินจังหวัด
3.ข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางและขนส่ง	
3.1 สถิติยานพาหนะจดทะเบียน	สนง.ขนส่งจังหวัด
3.2 ข้อมูลปริมาณการจราจรรายชั่วโมงและรายวัน	ข้อมูลทุติยภูมิ พ.ศ. 2546-2549 และจาก Detector ในปี พ.ศ. 2551 เป็นระยะเวลา 1 ปี การสำรวจด้วยวิธีการนับเพิ่มเติมจำนวน 30 จุด
3.3 ข้อมูลคุณลักษณะการจราจร	เหมือน 3.2
3.4 ข้อมูลการเดินทางประจำวัน	การสำรวจด้วยวิธีสัมภาษณ์จำนวน 1,500 ชุด
3.5 ข้อมูลการเลือกรูปแบบการเดินทาง	การสำรวจด้วยแบบสอบถาม จำนวน 500 ชุด
3.6 ข้อมูลพฤติกรรมขับขี่ยานพาหนะ	การสำรวจด้วยการบันทึกจากอุปกรณ์ GPS
4.ข้อมูลคุณลักษณะของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง	
4.1 ข้อมูลคุณลักษณะเฉพาะ	ผู้ผลิตและตัวแทนจำหน่าย
4.2 ข้อมูลการใช้พลังงาน	การสำรวจจากรถทดสอบจำนวน 100 คัน
4.3 ข้อมูลการปล่อยมลพิษ	อู่กลางตรวจสภาพรถ
5.ข้อมูลเศรษฐกิจและการลงทุนในพื้นที่	
5.1 ข้อมูล GPP/บัญชีประชาชาติ	สนง.สถิติจังหวัด
5.2 ข้อมูลการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานและสาธารณูปโภค	เทศบาลท้องถิ่น กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และสนง.จังหวัด

(แหล่งข้อมูล: พันธุ์ระวี กองบุญเทียม, 2552)

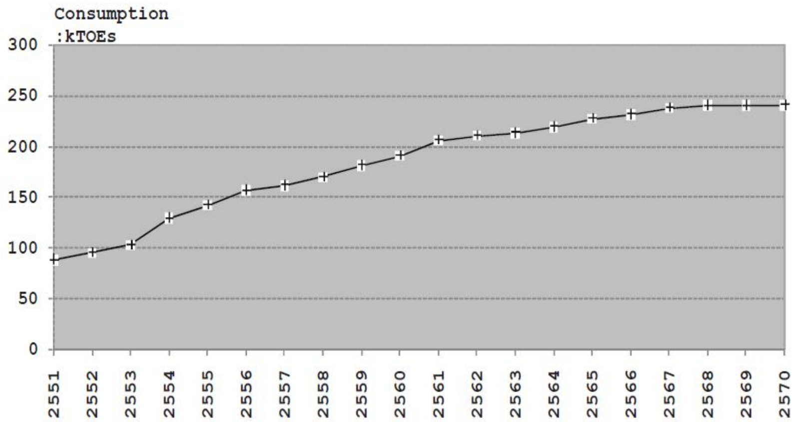
- **วิธีการพัฒนาแบบจำลอง**

  วิธีการพัฒนาแบบจำลองคือการสร้างระบบแบบพลวัต (System Dynamics Model) คือการพิจารณาระบบย่อยหลายระบบที่มีความสัมพันธ์กัน และนำผลลัพธ์ของระบบย่อยย้อนกลับมาใส่เป็นอินพุตจึงส่งผลให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบอื่น ๆ ตามมา ทำให้แบบจำลองมีการปรับตัวคล้ายกับสภาพการณ์จริง ซึ่งแบบจำลองประเภทนี้มีจุดเด่นที่สามารถสรุปได้ดังนี้

  - มีการพิจารณาระบบเป็นระบบย่อย หลายระบบทำให้สามารถเข้าใจปัญหาได้ง่าย
  - มีการนำผลลัพธ์ของแบบจำลองย่อยกลับเข้ามาสัมพัทธ์กับระบบที่เกี่ยวข้อง (Feedback Loop) ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงตามเวลาได้
  - ทำให้สามารถเข้าใจปัญหาและจำลองได้เสมือนความเป็นจริงมากที่สุด

- **ผลลัพธ์**

  จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองระบบพลวัตได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงในรูปที่3.9 ซึ่งได้ทำนายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 – พ.ศ. 2570 โดยมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในทุกปี



รูปที่ 3. 9 แนวโน้มการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง เขตเมืองเชียงใหม่

(แหล่งข้อมูล: พันธุ์ระวี กองบุญเทียม, 2552)

3.2 แบบจำลองการใช้พลังงานในต่างประเทศ

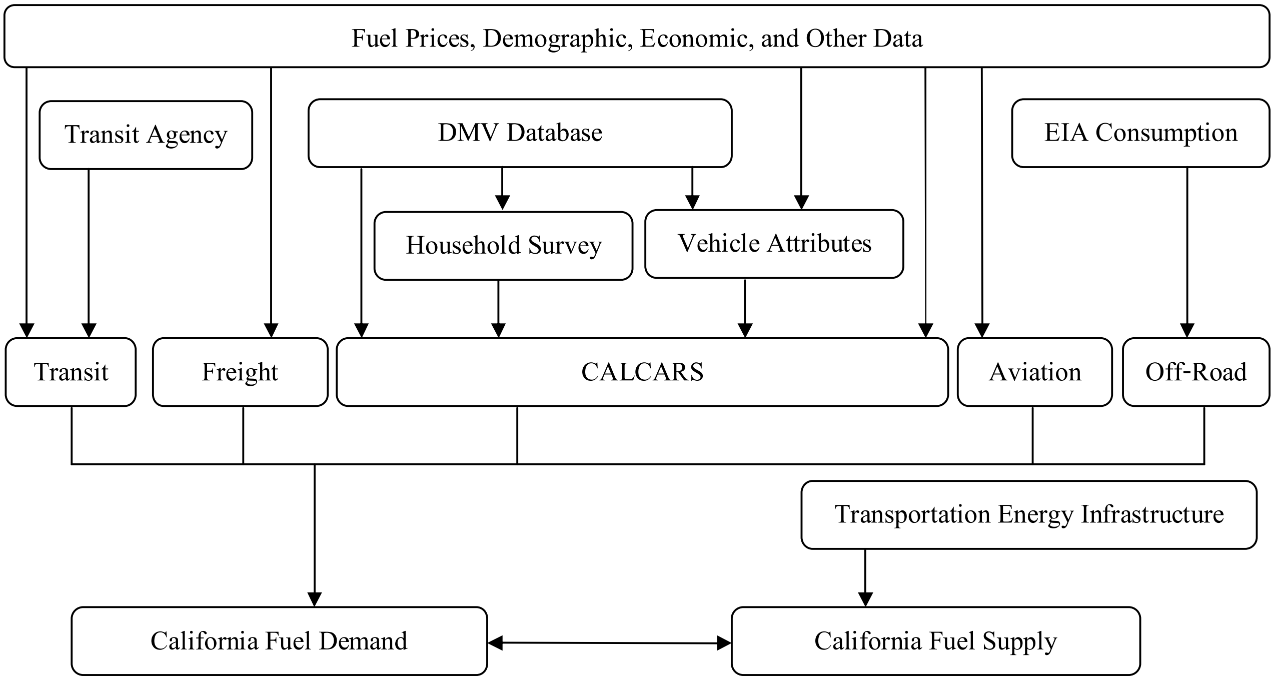
สำหรับการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองในต่างประเทศจะมีวิธีการที่หลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ซึ่งได้มีการทบทวนงานวิจัยใน 8 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร แคนนาดา ออสเตรเลีย ฮ่องกง IEA สาธารณรัฐประชาชนจีน กลุ่มประเทศอียู ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 สหรัฐอเมริกา (United State of America)

แบบจำลองความต้องการการใช้พลังงานในภาคการขนส่งในประเทศสหรัฐอเมริกา พัฒนาขึ้นโดย The California Energy Commissions โดยแบบจำลองจะถูกแบ่งออกเป็นแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลองคือ แบบจำลองสำหรับรถยนต์ แบบจำลองสำหรับการขนส่งสินค้า แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางเครื่องบิน และแบบจำลองสำหรับรถโดยสารสาธารณะ ซึ่งในการสร้างแบบจำลองต้องใช้ตัวแปรจำนวนมาก

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมาก ข้อมูลที่เกี่ยวข้องแสดงดังรูปที่ 3.10 ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลราคาเชื้อเพลิง ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจ ข้อมูลจากบริษัทขนส่งสาธารณะ ฐานข้อมูลรถจดทะเบียนจากกรมการขนส่งทางบก (Department of Motor Vehicle: DMV) ข้อมูลจากการสำรวจครัวเรือน ข้อมูลลักษณะยานพาหนะ และข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของ EIA เป็นต้น



รูปที่ 3. 10 โครงสร้างแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของสหรัฐอเมริก

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**
    - แบบจำลองสำหรับการขนส่งสาธารณะ

แบบจำลองการขนส่งสาธารณะประกอบด้วยแบบจำลองทั้งการขนส่งในเมืองและระหว่างเมืองโดยรถประจำทาง รถไฟ และรถรับส่งนักเรียน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองจะประกอบด้วย ราคาค่าโดยสาร การใช้บริการ ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ประชากร ลูกจ้างและรายได้ โดยแบบจำลองจะประมาณประสิทธิภาพนโยบายด้านการขนส่งสาธารณะว่าสามารถประหยัดพลังงานโดยการรณรงค์ให้ประชาชนเปลี่ยนจากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมาใช้รถสาธารณะ ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองมาจากผู้ประกอบการการขนส่ง

- แบบจำลองสำหรับการขนส่งสินค้า

แบบจำลองการขนส่งสินค้าจะประกอบด้วยการขนส่งสินค้าทางรถบรรทุกและทางรถไฟ โดยตัวแปรที่นำมาพิจารณาในแบบจำลองได้แก่ VMT, ton-miles ปริมาณรถบรรทุก สภาพเศรษฐกิจ และราคาน้ำมันเชื้อเพลิง

- แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางถนน

สำหรับแบบจำลองการขนส่งทางถนนใช้แบบจำลองที่มีชื่อว่า CALCARS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ และ VMT ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วย ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประชากร ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง แนวโน้มลักษณะของยานพาหนะในอนาคต และ ความพึงพอใจของผู้ขับขี่ต่อยานพาหนะที่ใช้ และข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองได้มาจาก การสำรวจของสถาบันการศึกษาด้านขนส่ง มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย, กรมการขนส่งทางบก และการสำรวจการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของครัวเรือน

- แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางอากาศ

แบบจำลองจะใช้สำหรับทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งทางอากาศโดยใช้ข้อมูล สภาพทางเศรษฐกิจ ลักษณะของประชากร และเทคโนโลยี โดยแบบจำลองจะประมาณผู้โดยสารในหน่วย Passenger-Miles

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**
    - แบบจำลองสำหรับการขนส่งสาธารณะ

ไม่ระบุ

- แบบจำลองสำหรับการขนส่งสินค้า

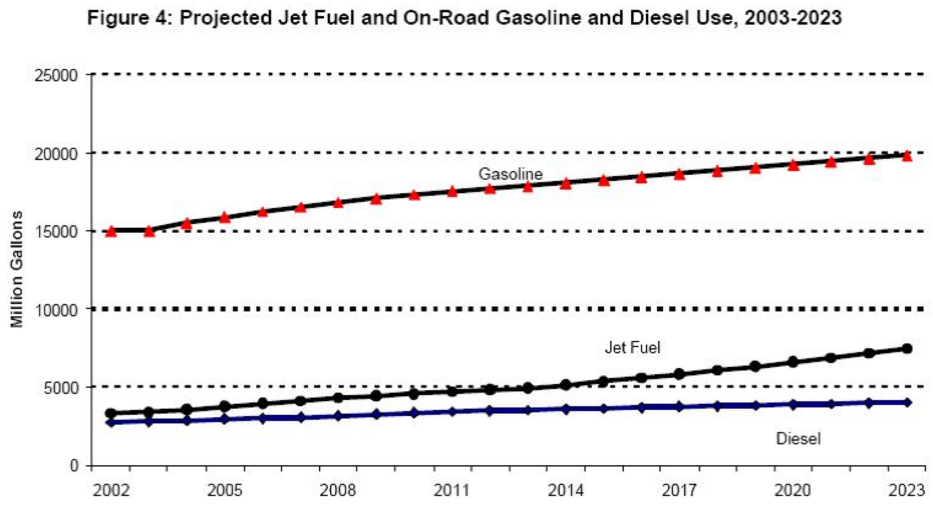
ใช้วิธีการทางเศรษฐศาสตร์

- แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางถนน

แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางถนนใช้แบบจำลอง CALCARS ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ discrete choice model

○ แบบจำลองสำหรับการขนส่งทางอากาศ

ไม่ระบุ



รูปที่ 3. 11 ผลการพยากรณ์ความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี 2002-2023

- **ผลลัพธ์**

จากแบบจำลองที่ได้เมื่อนำมาพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี 2003-2023 แสดงได้ดังรูปที่ 3.11ซึ่งพบว่าในปี 2023 มีจำนวนรถยนต์มากกว่า 33 พันล้านคันในแคลิฟอร์เนีย ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2003 ซึ่งมีอยู่ 24.4 พันล้านคัน จำนวนรถเพิ่มขึ้นคิดเป็นมากกว่า 97% อัตราการเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 1.45% ต่อปี และปริมาณความต้องการการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นจาก 15.0 พันล้านแกลลอนในปี 2002 เป็น 17.3 พันล้านแกลลอนในปี 2010 และ เพิ่มขึ้นเป็น 19.8 พันล้านแกลลอนในปี 2023 น้ำมันเครื่องบินเพิ่มขึ้นจาก 3.3 พันล้านแกลลอนในปี 2002 เป็น 4.6 พันล้านแกลลอนในปี 2010 และ เพิ่มขึ้นเป็น 7.4 พันล้านแกลลอนในปี 2023 และน้ำมันดีเซล เพิ่มขึ้นจาก 2.7 พันล้านแกลลอนในปี 2002 เป็น 3.3 พันล้านแกลลอนในปี 2010 และ เพิ่มขึ้นเป็น 4 พันล้านแกลลอนในปี 2023 เมื่อสรุปเป็นค่าเฉลี่ยต่อปีพบว่ามีความต้องการการใช้น้ำมันเบนซิน เครื่องบิน และดีเซล เป็น 1.35%, 3.95% และ 1.9% ตามลำดับ

- **จุดเด่น**

- แบบจำลองแบ่งรูปแบบการเดินทางที่ชัดเจนและมีการแยกระหว่างการขนส่งคนและการขนส่งสินค้า ซึ่งเมื่อมีการแบ่งข้อมูลละเอียดจึงสะดวกต่อการนำข้อมูลไปใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละนโยบาย

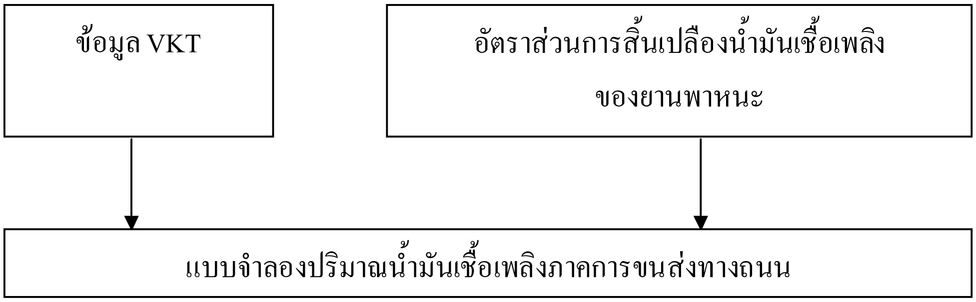
- **ข้อจำกัด**

- แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์ผล และใช้ข้อมูลที่หน่วยงานอื่นจัดเก็บการพัฒนาแบบจำลองในลักษณะนี้อาจเหมาะสมสำหรับประเทศที่มีการเก็บข้อมูลไว้เป็นอย่างดี
- แบบจำลองประกอบด้วยหลายแบบจำลองย่อยซึ่งยากต่อการพัฒนา

3.2.2 สหราชอาณาจักร (United Kingdom)

แบบจำลองสำหรับการประมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในสหราชอาณาจักร ประกอบด้วยแบบจำลองสำหรับการขนส่งทางถนน โดยการใช้ข้อมูลปริมาณจราจรจากโครงข่ายถนน VKT อัตราส่วนการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ และปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการขนส่งมาใช้พัฒนาแบบจำลอง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**



รูปที่ 3. 12 โครงสร้างการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในสหราชอาณาจักร

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองโดยการหาข้อมูล VKT จากปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนน

  - ข้อมูล AADT จาก DfT’s annual traffic census.
  - ข้อมูลการไหลของการจราจรบนถนนสายหลัก ของ Northern Ireland

- ข้อมูลการไหลของการจราจรบนถนนสายรอง
- ข้อมูลรถจดทะเบียนประกอบด้วย อายุรถ ชนิดเชื้อเพลิง เป็นต้น
- ข้อมูลจำนวนประชนที่มีขับขี่ ใน Northern Ireland
- ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะในหน่วย กรัมต่อกิโลเมตร
- ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนโครงข่ายถนนที่ประมาณการโดย Netcen

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

คำนวณ VKT บนโครงข่ายถนน จากนั้นนำไปคูณกับอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของยานพาหนะแต่ละประเภท ดังสมการ

Fuel Consumption = VKT x Fuel Consumption Factor

- **ผลลัพธ์**

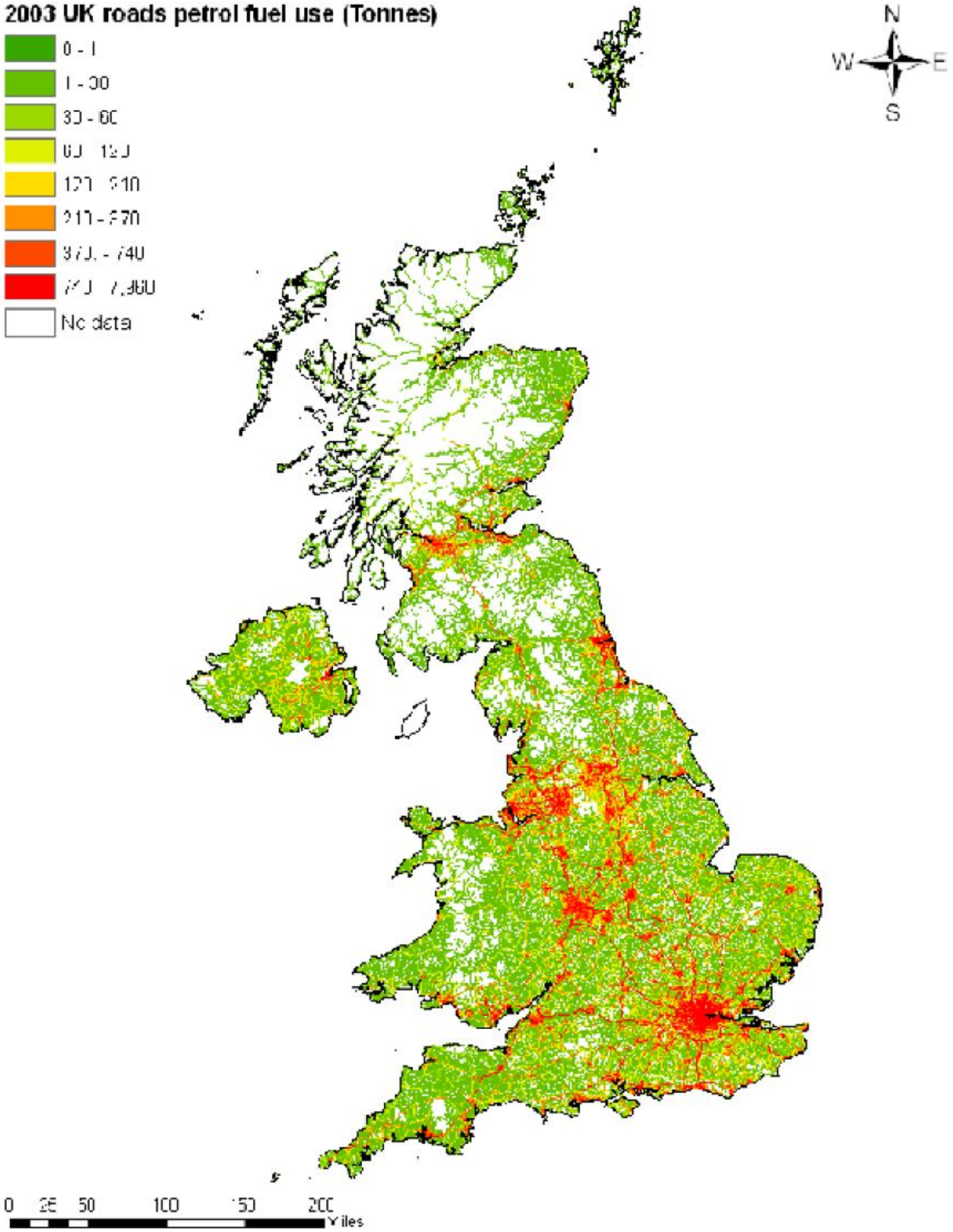
เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์แล้วสร้างเป็นแผนที่ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงบนโครงข่ายถนนได้ดังรูปที่ 3.13 และ 3.14

- **จุดเด่น**

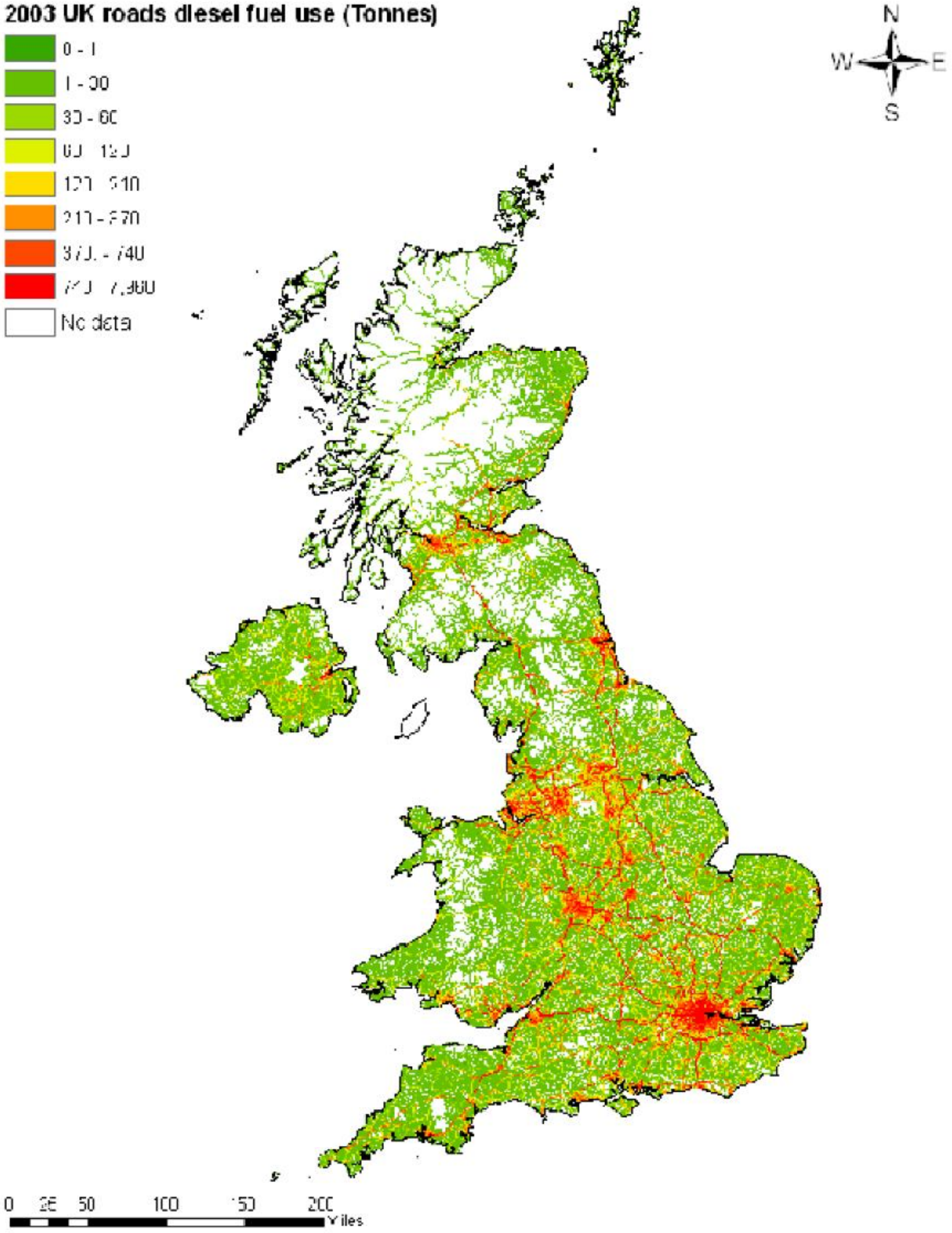
- แบบจำลองมีความง่ายต่อการเข้าใจ ซึ่งสามารถวัดปริมาณการเดินทางได้บนโครงข่ายถนนจากการนับปริมาณจราจร

- **ข้อจำกัด**

- แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนน ซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือและค่าใช้จ่ายสูงจึงจะไดข้อมูลที่มีความถูกต้องแม่นยำ



รูปที่ 3. 13 ปริมาณการน้ำมันเบนซินบนโครงข่ายถนน

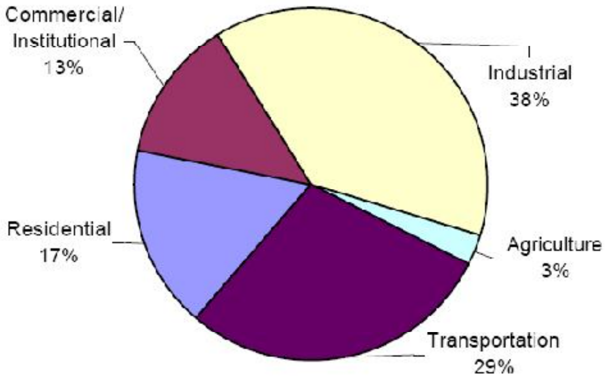


รูปที่ 3. 14 ปริมาณการน้ำมันดีเซลบนโครงข่ายถนน

3.2.3 ประเทศแคนนาดา (Canada)

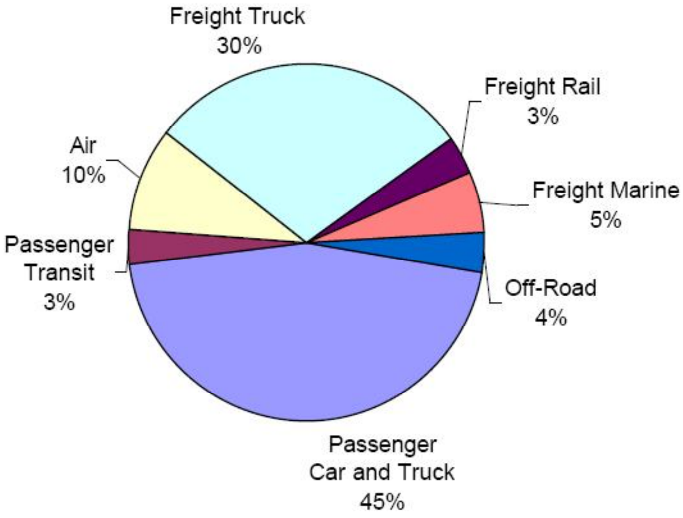
การใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศแคนนาดามากเป็นอันสองของภาคธุรกิจอื่นๆ คิดเป็น 29% ดังรูปที่ 3.15 และมีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี จากปี 1990-2006 การใช้พลังงานในการเดินทางของประชาชนเพิ่มขึ้น 0.9 เปอร์เซ็นต์ต่อปี (National Energy Board, 2008) และเมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานในภาคการขนส่งตามรูปแบบต่างๆ พบว่าสัดส่วนการเดินของทางถนนโดยรถส่วนตัวและรถกระบะมากที่สุดคือ 45% รองลงมาคือการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกคิดเป็น 30 % ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงภาคการขนส่งในอนาคตใช้แบบจำลอง Transportation End-Use Model ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Office of Energy Efficiency (OEE) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะประกอบด้วย

- ข้อมูลการใช้พลังงานแยกตามรูปแบบการขนส่ง ชนิดเชื้อเพลิง และภูมิภาค
- ปริมาณยานพาหนะ(Stock of vehicles) ระยะการเดินทางรวม(vehicle kilometers traveled) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน (fuel efficiency) ปริมาณการขนส่งสินค้าในหน่วย tone-km ปริมาณการเดินของประชาชนในหน่วย passenger-km
- ปริมาณมลพิษ แก๊สเรือนกระจก



รูปที่ 3. 15 สัดส่วนการใช้พลังงานของประเทศแคนาดา

(ที่มา Natural Resources Canada, Energy Use Handbook, 2003.)



รูปที่ 3. 16 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศแคนาดา

(ที่มา Natural Resources Canada, Energy Use Handbook, 2003.)

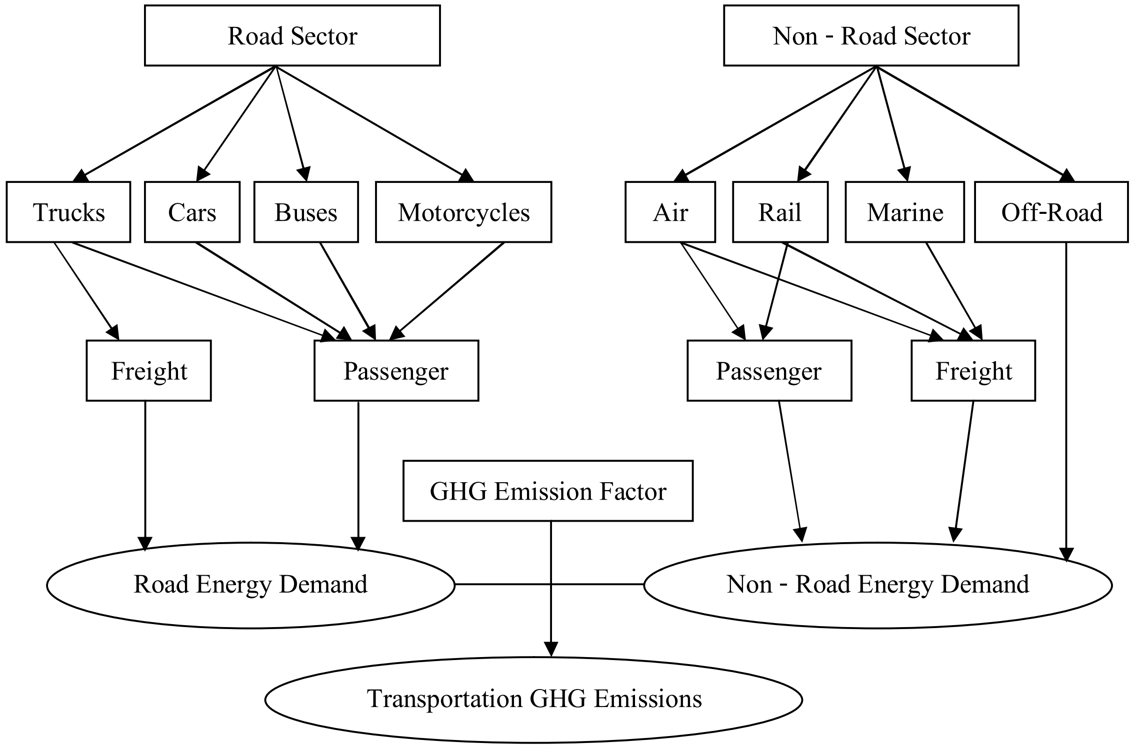
- **โครงสร้างแบบจำลอง**

ในการพัฒนาแบบจำลองจะแบ่งแบบจำลองการเดินทางออกเป็น 2 รูปแบบ คือ (1) การเดินทางทางถนนซึ่งประกอบด้วย รถบรรทุก รถยนต์ รถประจำทาง และรถจักรยานยนต์ (2) การเดินทางรูปแบบอื่นที่ไม่ใช้ถนน ซึ่งประกอบด้วย ทางอากาศ ทางราง ทางน้ำ ดังที่แสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งในแต่ละยานพาหนะแต่ละประเภทจะพิจารณาแยกผู้โดยสาร และสินค้าออกจากกัน จากนั้นจึงรวมแต่ละแบบจำลองย่อยเข้าด้วยกันเพื่อหาความต้องการการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง และปริมาณมลพิษ ก๊าซเรือนกระจกด้วย

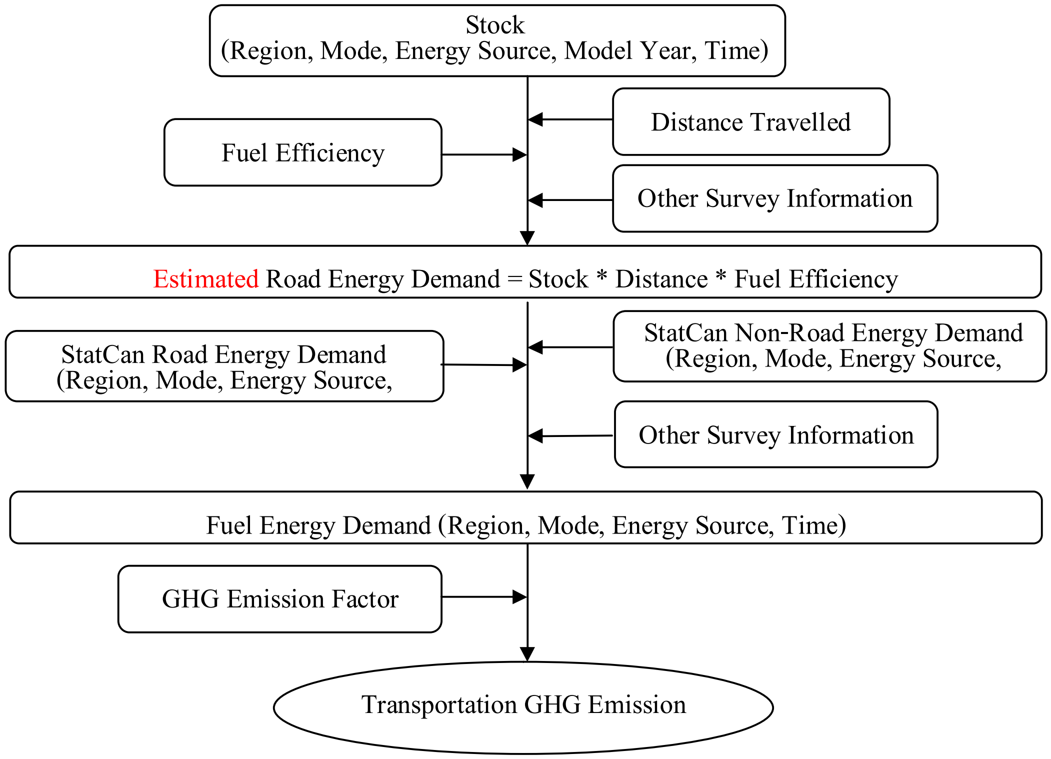
จากรูปที่ 3.18 เป็นตัวแปรและขั้นตอนที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งจะประกอบด้วย ข้อมูลยานพาหนะ ระยะการเดินทาง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ข้อมูลสำรวจอื่นๆ เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลจะสามารถประมาณความต้องการการใช้พลังงานได้โดย

ความต้องการการใช้พลังงาน = จำนวนยานพาหนะ x ระยะการเดินทาง x อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

เมื่อได้ข้อมูลแล้วเบื้องต้นแล้วก็ทำการตรวจสอบความถูกต้องและปรับแก้แบบแบบจำลองโดยการสำรวจข้อมูลเพิ่ม



รูปที่ 3. 17 โครงสร้างแบบจำลองของประเทศแคนนาดา



รูปที่ 3. 18 ข้อมูลและกระบวนการที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองของประเทศแคนนาดา

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

  แบบจำลองนี้จะประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญดังด้านล่างและแหล่งข้อมูลแสดง ดังตารางที่ 3.10

1. ปริมาณยานพาหนะจดทะเบียน
2. ระยะการเดินทาง
3. อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของยานพาหนะ
4. ข้อมูลจำเพาะของยานพาหนะแต่ละประเภท เช่น รุ่น เชื้อเพลิงที่ใช้ อายุรถ
5. ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น เพศ อายุ รายได้ เป็นต้น
6. ข้อมูลการเดินทาง เช่น วัตถุประสงค์การเดินทาง ระยะเวลาในการเดินทาง

ตารางที่ 3. 10 แหล่งข้อมูลแบบจำลองของประเทศแคนนาดา

ข้อมูล	**แหล่งข้อมูล**
- ปริมาณยานพาหนะ - ข้อมูลจำเพาะของยานพาหนะแต่ละประเภท เช่น รุ่น เชื้อเพลิงที่ใช้ อายุรถ เป็นต้น	– Desrosier's *Canadian Vehicles in Operation Census* (CVIOC) – R.L. Polk & Co.'s *Trucking Industry Profile* (TIP). – STC's *Road Motor Vehicles Registrations* (Cat. No. 53-219-XIB) – The United States (U.S.) Department of Energy's *Transportation Energy Data Book, Edition 25*
ข้อมูลการเดินทาง	- Canadian Vehicle Survey (CVS)
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของยานพาหนะ	- Canadian Vehicle Survey (CVS)
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม	- Canadian Vehicle Survey (CVS)

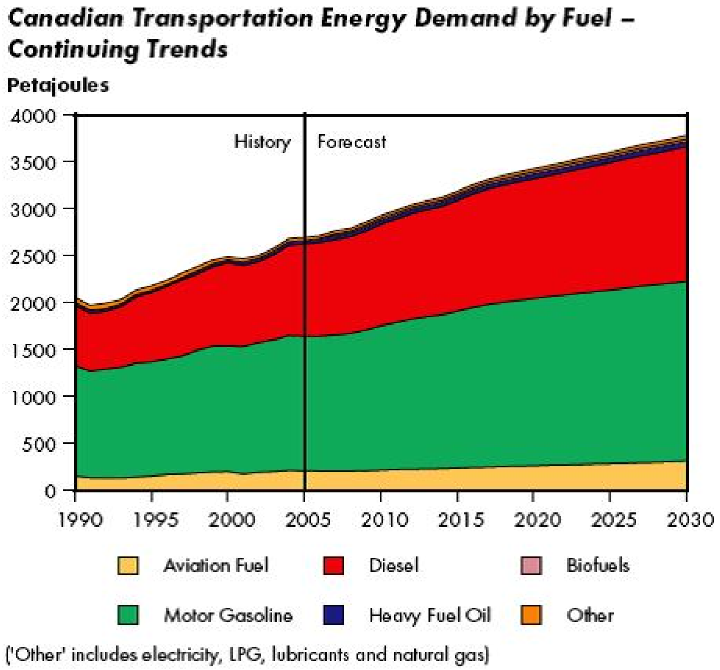
- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

  - Decomposition Analysis – Log-Mean Divisia Index I (LMDI I) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อ ดูการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับ 5 ปัจจัยดังนี้ คือ activity, structure, weather, service level and energy efficiency.

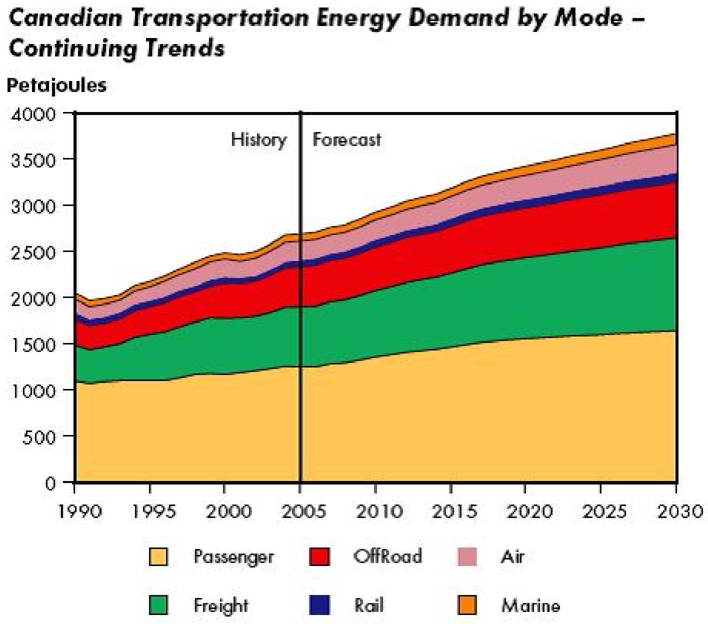
- **ผลลัพธ์**

  ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง จะประกอบด้วย

  - Passenger-kilometer (Pkm): เป็นค่าที่บอกถึงการปริมาณการเดินทางของประชาชนโดยเฉลี่ย ว่า 1 คน เดินทางได้กี่กิโลเมตรใน 1 ปี
  - Energy Intensity (MJ/Pkm): ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อ Pkm
  - Estimated Road Energy demand: ความต้องการการใช้พลังงาน
  - GHG Emissions: ปริมาณมลพิษก๊าซเรือนกระจก



รูปที่ 3. 19 ความต้องการการใช้พลังงานภาคการขนส่งตามชนิดน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศแคนนาดา

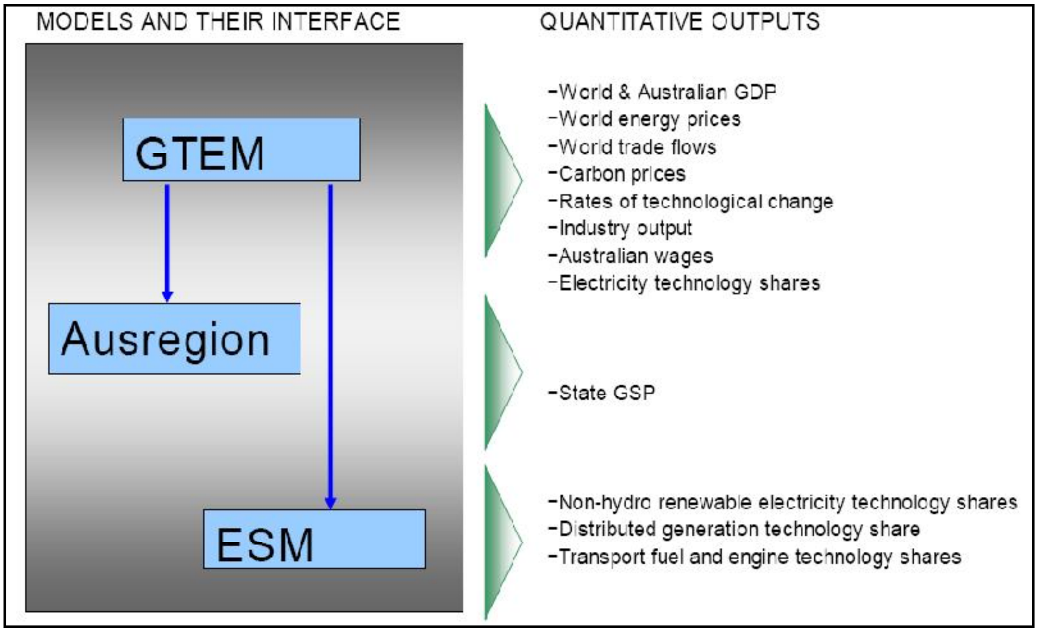


รูปที่ 3. 20 ความต้องการการใช้พลังงานภาคการขนส่งตามรูปแบบการเดินทางในประเทศแคนนาดา

- **จุดเด่น**
  - แบบจำลองมีผลลัพธ์จำนวนหลายตัว ที่ใช้สำหรับเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
  - แบบจำลองไม่มีความซับซ้อนมากนักจึงสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย
- **ข้อจำกัด**
  - แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์ผล

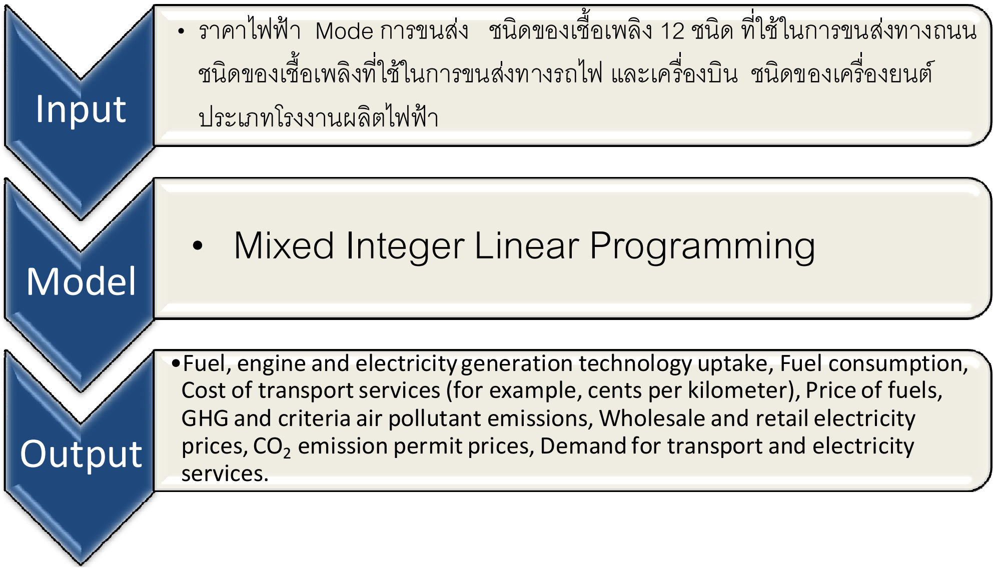
3.2.4 ประเทศออสเตรเลีย (Australia)

แบบจำลองใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศออสเตรเลียนี้ ถูกพัฒนาขึ้น โดย Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) โดยความร่วมมือของ Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics (ABARE) ในปี ค.ศ. 2006 แบบจำลองมีชื่อว่า Energy Sector Model (ESM) ซึ่งแบบจำลองจะใช้เทคนิค Linear Programming ซึ่งเป็นแบบจำลองย่อยภายในแบบจำลองใหญ่คือ Global Trade and Environment Model (GTEM) ดังแสดงในรูป 3.22



รูปที่ 3. 21 ความสัมพันธ์ระหว่าง GTEM, Ausregion และ ESM กับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**



รูปที่ 3. 22 โครงสร้างแบบจำลองของประเทศออสเตรเลีย

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

  แบบจำลองนี้จะประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญดังนี้

  - ราคาไฟฟ้า
  - รูปแบบการขนส่ง 9 รูปแบบ ซึ่งประกอบด้วย รถยนต์ส่วนบุคคลขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่, รถยนต์พาณิชย์ขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่, รถบรรทุกตอนเดียว รถพ่วงและรถประจำทาง
  - ชนิดของเชื้อเพลิง 12 ชนิด ที่ใช้ในการขนส่งทางถนน
  - ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งทางรถไฟ และเครื่องบิน
  - ชนิดของเครื่องยนต์
  - ประเภทโรงงานผลิตไฟฟ้า

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้เทคนิค Mixed Integer Linear Programming โดยการสร้างแบบจำลองจะแบ่งแบบจำลองออกเป็นหลายภาพเหตุการณ์ (Scenario)

- **ผลลัพธ์**

  ข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะประกอบด้วย

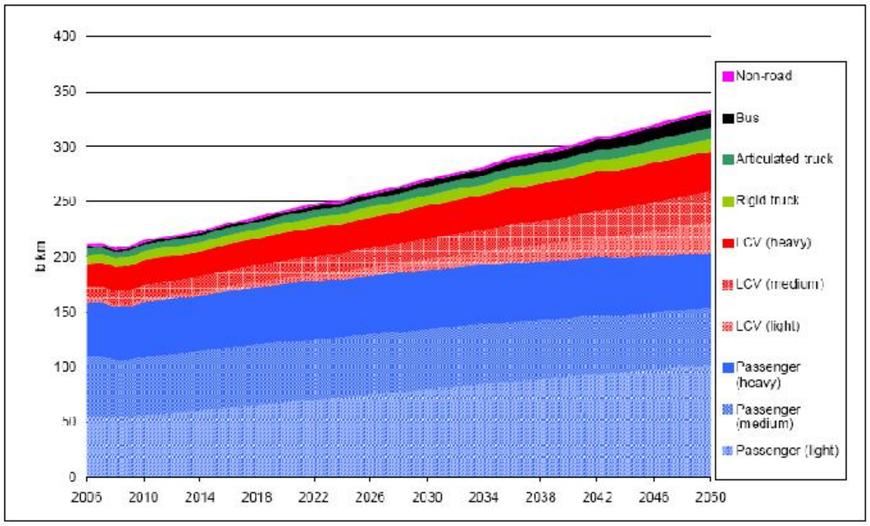
  - ชนิดเชื้อเพลิง ขนาดเครื่องยนต์ เทคโนโลยีการจ่ายไฟฟ้า
  - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
  - ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง
  - ราคาเชื้อเพลิง
  - ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมลพิษประเภทอื่น ๆ
  - ปริมาณCO_2 ที่อนุญาต
  - ความต้องการการขนส่งและการใช้ไฟฟ้า

ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.23 – 3.24 เป็นข้อมูลระยะการเดินทางรวม

- **จุดเด่น**

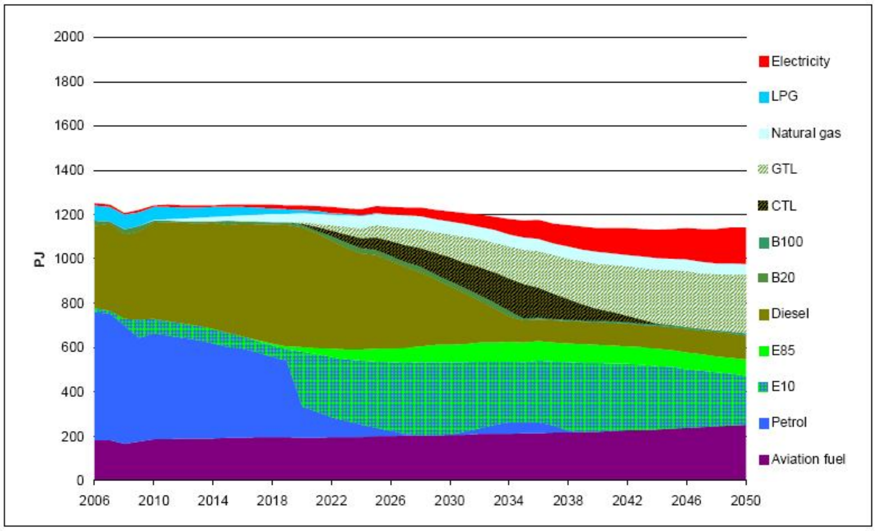
  - เป็นแบบจำลองที่ใช้ Linear Programming ซึ่งเป็นวิธีการที่ให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ

- **ข้อจำกัด**
  - แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากและมีสมมติฐานที่หลากหลาย หากสมมติฐานไม่เป็นจริงก็อาจทำให้แบบจำลองไม่ถูกต้อง



รูปที่ 3. 23 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (ระยะทางการเดินทางรวม)

(แหล่งข้อมูล: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Australia)



รูปที่ 3. 24 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่ง

(แหล่งข้อมูล: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization Australia)

3.2.5 ประเทศฮ่องกง (Hongkong)

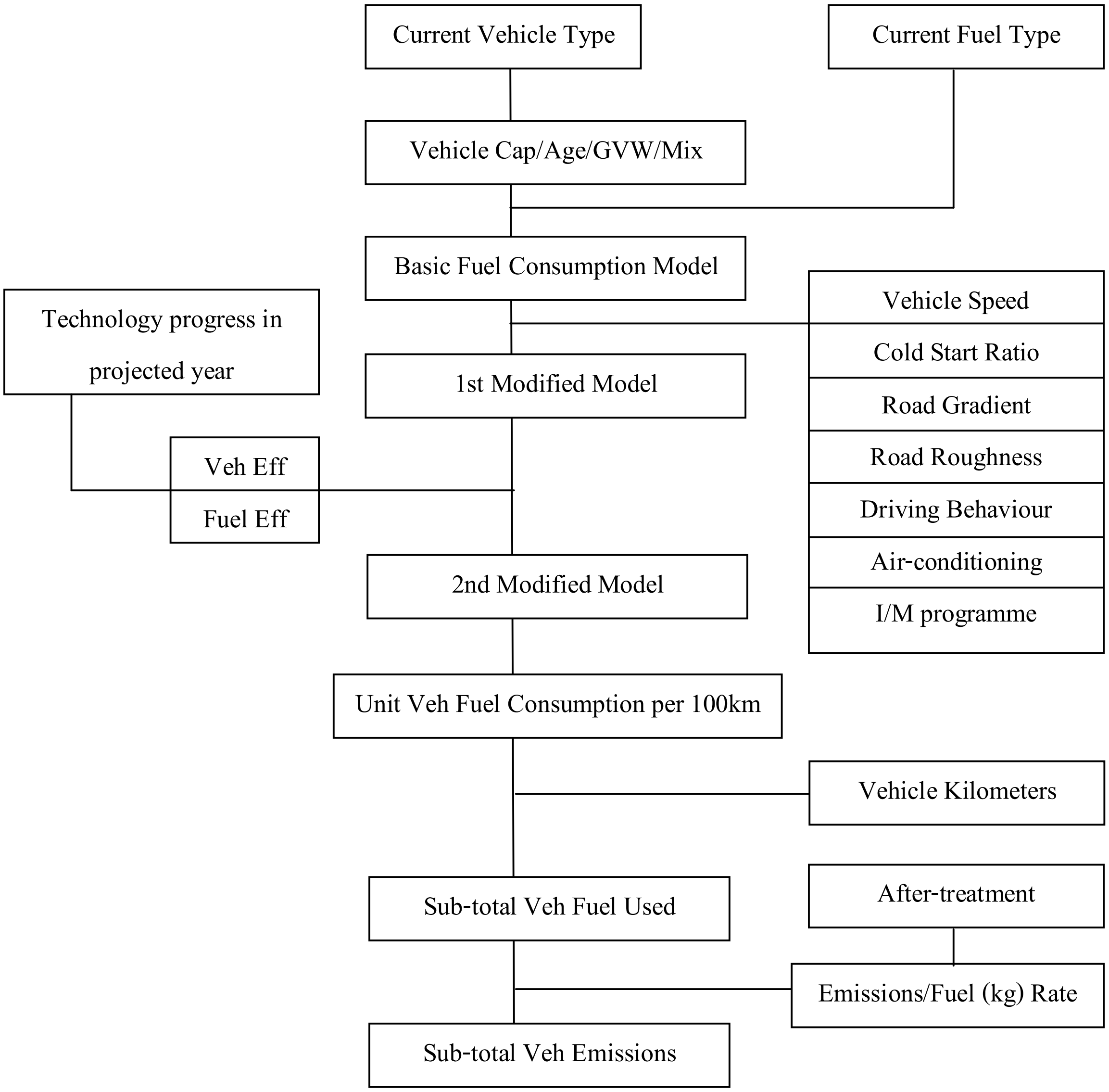
แบบจำลองอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศฮ่องกงนี้ ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1996 โดย HUNG Wing-tat ซึ่งได้เสนอไว้ในวิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิตเรื่อง Transport, Energy and Environment: A Model for Policy Evaluation in Hong Kong ซึ่งแบบจำลองที่เสนอจะใช้ในการหาอัตราการสิ้นเปลืองการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทและปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเดินทาง โดยการพัฒนาแบบจำลองจะใช้ข้อมูลจาก Government Land Transport Agency และการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Regression Analysis และ Categories Analysis

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

แบบจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ แบบจำลองเพื่อหาอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการก่อมลพิษจากการขนส่ง โดยโครงสร้างแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.25 ข้อมูลเริ่มต้นจะพิจารณาลักษณะของยานพาหนะที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่ อายุของยานพาหนะ ความจุของยานพาหนะ และน้ำหนักของยานพาหนะ ประกอบกับข้อมูลชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อพัฒนาแบบจำลองเบื้องต้นจากนั้นก็ปรับแก้แบบจำลองโดยใช้ปัจจัยต่อไปนี้

- ความเร็ว
- คุณลักษณะของผู้ขับขี่
- ลักษณะของเส้นทาง
- ลักษณะของผิวทาง
- ประสิทธิภาพของยานพาหนะและเชื้อเพลิง
- สภาพอากาศ

เมื่อปรับแก้แล้วก็จะได้แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทต่อการเดินทาง 100 กิโลเมตร จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองมาคูณกับข้อมูลระยะการเดินทางรวมของยานพาหนะแต่ละประเภทจะได้ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งหมด แล้วนำปริมาณการเดินทางไปคำนวณหาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเดินทาง



รูปที่ 3. 25 โครงสร้างแบบจำลองเพื่อหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและปริมาณมลพิษ

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้องและที่มาของข้อมูล**

แบบจำลองนี้จะประกอบด้วยตัวแปรที่สำคัญดังนี้

1. ลักษณะของยานพาหนะ ซึ่งได้แก่ อายุของยานพาหนะ ความจุของยานพาหนะ และน้ำหนักของยานพาหนะ
2. ความเร็ว
3. คุณลักษณะของผู้ขับขี่
4. ลักษณะของเส้นทาง
5. ลักษณะของผิวทาง
6. ประสิทธิภาพของยานพาหนะและเชื้อเพลิง
7. สภาพอากาศ

- **แหล่งข้อมูล**

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองใช้ข้อมูลจาก Government Land Transport Agency และการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ดูตัวอย่างแบบสำรวจท้ายรายงาน

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้เทคนิค Multiple Regression และ Category Analysis โดยเรียงลำดับตามการพัฒนาแบบจำลองดังนี้

(1) แบบจำลองหาอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเบื้องต้น โดยใช้ Regression Analysis

$$FC_{mp}^{b} = \sum f_p \left(CAP_i * PROP_i, CARAGE_j * PROP_j, GVW_k * PROP_k \right) \qquad (3.10)$$

FC_{mp}^{b}	คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิงพื้นฐานในหน่วยลิตรต่อระยะทาง 100 กิโลเมตร ของยานพาหนะประเภท m ที่ใช้เชื้อเพลิง p
f_p	คือ ฟังก์ชันการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ชนิด p
CAP_i	คือ ความจุของเครื่องยนต์ ในหน่วย cc
$CARAGE_j$	คือ อายุยานพาหนะ ในหน่วย ปี
GVW_k	คือ น้ำหนักของยานพาหนะ ในหน่วย ตัน
$PROP_{i,j,k}$	คือ สัดส่วนของยานพาหนะ

(2) ปรับแก้แบบจำลองครั้งที่ 1 โดยใช้ข้อมูลการขับขี่ ลักษณะของเส้นทาง และสภาพอากาศ

$$FC^{a}_{mp}=FC^{b}_{mp}*(1+AF_{im}*AFP_{im})/AE(Yr) \qquad (3.11)$$

FC^{a}_{mp}	คือ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่ปรับแก้แล้วในหน่วย ลิตรต่อ 100 กิโลเมตรสำหรับยานพาหนะ m ที่ใช้เชื้อเพลิง p
AF_{im}	คือ factor ปรับแก้ไข
AFP_{im}	คือ สัดส่วนยานพาหนะที่ปรับแก้
AE(Yr)	คือ factor ปรับแก้ประสิทธิภาพของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกปรับปรุงในปีที่ต้องการพยากรณ์

(3) คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท

$$FC_{mp}=\sum(FC^{a}_{mp}*TKT_{mp})/100 \qquad (3.12)$$

FC_{mp}	คือ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงชนิด p ในหน่วยการผลิตที่ใช้งานในยานพาหนะประเภท m
TKT_{mp}	คือ ระยะทางการเดินทางรวมที่ยานพาหนะประเภท m ใช้เชื้อเพลิง p ในการเดินทาง

(4) คำนวณหาปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ปริมาณมลพิษสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3.13 ซึ่งต้องใช้ค่า Emission Factors จากตารางที่ 3.11 สำหรับยานพาหนะแต่ละประเภท

$$E_{mpq}=(FC_{mp}/p)*(EF_{mpq}*AF_{at}*ATP_{m}) \qquad (3.13)$$

E_{mpq}	คือ ปริมาณมลพิษชนิด g ที่เกิดจากยานพาหนะชนิด m และใช้เชื้อเพลิง p ในหน่วยกรัม
P	คือ ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงในหน่วย กรัม/ลิตร
EF_{mpq}	คือ Emission factor สำหรับมลพิษชนิด g ที่เกิดจากยานพาหนะชนิด m และใช้เชื้อเพลิง p ในหน่วย (กรัม/กก. ของน้ำมัน)
AF_{at}	คือ factor ปรับแก้หลังจากปรับปรุงคุณภาพ
ATP_{m}	คือ สัดส่วนของยานพาหนะประเภท m หลังจากที่มีการปรับปรุง

ตารางที่ 3. 11 Emission factors สำหรับยานพาหนะ (g/kg fuel)

ชนิดยานพาหนะ	CO	NO_x	HC	Particulate
รถจักรยานยนต์	730.0	2.7	500.0	0.0
รถยนต์ส่วนบุคคล	300.0	20.0	30.0	0.0
รถแท็กซี่	18.0	12.0	2.6	3.5
รถประจำทางขนาดเล็ก	18.0	12.0	2.6	3.5
รถขนส่งสินค้าขนาดเล็ก	28.0	55.0	12.0	4.3
รถบรรทุกขนส่งสินค้าขนาดใหญ่	20.0	50.0	16.0	4.3
รถประจำทางขนาดใหญ่	28.0	55.0	12.0	4.3

Source: Eggleston et al ,1989

- **ผลลัพธ์**

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 3.13 เป็นแบบจำลองอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานพื้นฐาน ซึ่งตัวย่อที่อยู่ในตารางที่ 3.12 มีความหมายดังนี้

ตารางที่ 3. 12 สัญลักษณ์ที่ปรากฏในแบบจำลองของประเทศฮ่องกง

อักษรย่อ	ความหมาย	อักษรย่อ	ความหมาย
M/C	Motorcycle	PV	Passenger vehicle
P/C	Private car	PLB	Public light bus
LGV	Light goods vehicle	MGV	Medium goods vehicle
HGV	Heavy goods vehicle	U	Unleaded petrol
L	Leaded petrol	D	Diesel
GLTA	Government Land Transport Agency	CAP	cylinder capacity
CARAGE	Age of car	GV W	Gross vehicle weight
R^2	Coefficient of determination		

Note fuel consumption rate in V 100 Km

(*) equations adopled to be used in the proposed model

ตารางที่ 3. 13 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจและข้อมูลจากหน่วยงานราชการในประเทศฮ่องกง

Veh Type	**Fuel Type**	**Data Source**	**Sample Size**	**Best fit equation for fuel consumption rate**	R^2	**Level of Significance of F**
M/C(*)	U	GLTA	1985	2.80+0.006CAP+0.08CARGE	0.6224	0.0000
P/C(*)	D	GLTA	12	25.85-0.010CAP	0.9663	0.1176
P/C	L	GLTA	83	0.70+0.0055CAP+0.67CARGE	0.7319	0.0000
P/C(*)	U	GLTA	1392	3.48+0.010CAP+0.16CARAGE	0.3560	0.0000
P/C(*)	L	SURVEY	105	-0.92+0.003CAP+1.00CARAGE	0.3748	0.0000
P/C	U	SURVEY	113	8.29+0.001CAP+0.31 CARAGE	0.0391	0.1115
TAXI(*)	D	SURVEY	9	8+2CARAGE	1.0000	Undefined
PLB/PV(*)	D	SURVEY	28	48.49-0.011CAP-1.06CARAGE	0.6307	0.0000
LGV(*)	D	SURVEY	42	26.39-0.006CAP-0.51CARAGE+0.003GVW	03824	0.0003
LGV	D	GLTA	123	23.08-0.0005CAP-0.64CARAGE	0.0190	0.7713
LGV(*)	U	GLTA	4113	-0.67+0.005CAP+0.33CARAGE+0.003GVW	0.3239	0.0000
MGV	D	GLTA	1125	-21.46+0.0019CAP+1.11CARAGE+0.004CVW	0.7088	0.0000
MGV	U	GLTA	223	7.8-032CAP+0.26CARAGE+0.020GVW	0.1086	0.2916
HGV	D	SURVEY	18	-49354+0.0025CAP+0.61CARAGE+0.020GVW	0.9915	0.0000
HGV(*)	D	GLTA	43	58.47-0.0093CAP+0.0044CVW	0.7689	0.0000
BUS(*)	D	GLTA	34	23.83+1.87CARAGE	0.5475	0.0309
BUS	U	GLTA	49	56.90-1.47CARAGE	0.5026	0.0325

(แหล่งข้อมูล: HUNG Wing-tat, 1996)

- **จุดเด่น**
  - แบบจำลองมีผลลัพธ์จำนวนหลายตัว ที่ใช้สำหรับเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
  - แบบจำลองไม่มีความซับซ้อนมากนักจึงสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย
- **ข้อจำกัด**
  - แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์ผล และใช้ข้อมูลที่หน่วยงานอื่นจัดเก็บการพัฒนาแบบจำลองในลักษณะนี้อาจเหมาะสมสำหรับประเทศที่มีการเก็บข้อมูลไว้เป็นอย่างดี
  - แบบจำลองนี้พัฒนาขึ้นเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองยานพาหนะของแต่ละประเภทเท่านั้น ไม่ได้บอกถึงวิธีการหาระยะการเดินทางทั้งหมด (Total Vehicle Kilometer of Travel) เสนอเพียงวิธีการที่จะหาปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคือการนำ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานคูณกับระยะการเดินทางของยานพาหนะแต่ละประเภทเท่านั้น

3.2.6 International Energy Agency : IEA

IEA เป็นองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศด้านพลังงาน มีสมาชิกกว่า 28 ประเทศทั่วโลก ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1974 สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงาน IEA ได้ทำโครงการ Sustainable Mobility Project (SMP) ซึ่งได้มีการจัดทำ Transport Spreadsheet Model เป็นการพยากรณ์ปริมาณยานพาหนะ ปริมาณการเดินทาง การใช้พลังงาน และตัวชี้วัดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จนถึงปี ค.ศ. 2050 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

โครงสร้างแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ 3.26 ซึ่งมีกล่องข้อความ 3 สี คือ

1) กล่องสีม่วงจะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง (ตัวแปรต้น) ประกอบด้วย ข้อมูลการเป็นเจ้าของรถยนต์ในหน่วย คันต่อประชากร 1,000 คน ข้อมูลสัดส่วนประเภทรถยนต์แยกตามเทคโนโลยีหรือประเภทเชื้อเพลิง ข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพรถใหม่ในห้องปฏิบัติการและการใช้งานบนถนนจริงซึ่งมีความแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.14 – 3.15 ข้อมูลระยะการเดินทางเฉลี่ยของยานพาหนะ ข้อมูลแฟกเตอร์การโดยสารรถยนต์ในหน่วย คนต่อคัน เป็นต้น

2) กล่องสีขาวจะเป็นแบบจำลองย่อยที่ใช้เป็นตัวชี้วัดในการพัฒนาแบบจำลองหลัก ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองประชากร ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์ ปริมาณการจำหน่ายน้ำมัน

เชื้อเพลิง ปริมาณรถยนต์ 5 ปีย้อนหลัง ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะใหม่และเก่า ระยะการเดินทางของรถยนต์ จำนวนประชาชนที่ใช้รถยนต์ และปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

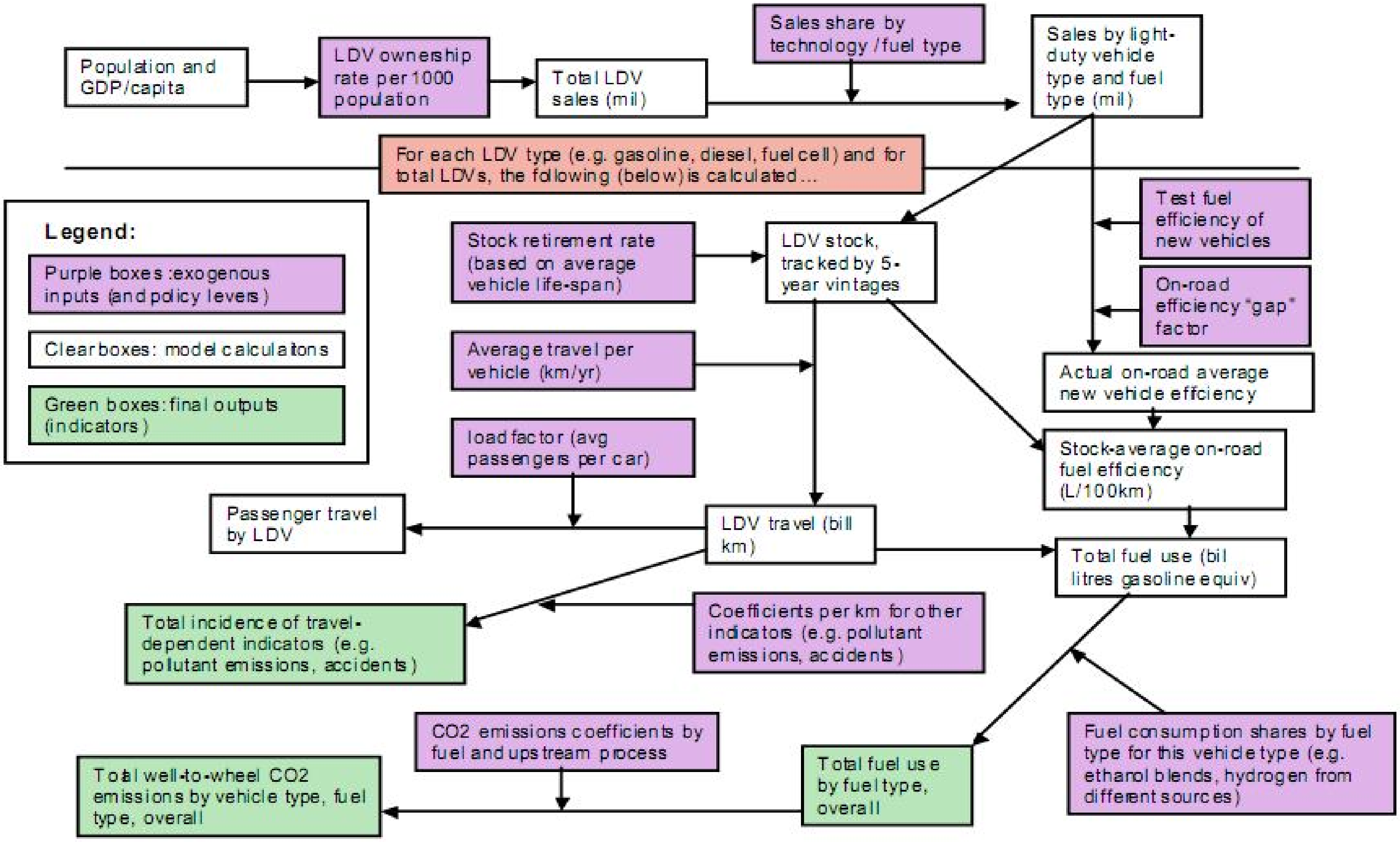
3) กล่องสีเขียว คือแบบจำลองหลักซึ่งประกอบด้วย ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณมลพิษและอุบัติเหตุเป็นต้น

ในการพัฒนาแบบจำลองจะแยกประเภทของรูปแบบการเดินทาง ชนิดของเชื้อเพลิง และพื้นที่ดังที่แสดงในตารางที่ 3.16

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้อง**

  สำหรับการสร้าง SMP Spreadsheet จะใช้ตัวแปรดังนี้
  - ระยะการเดินทางของผู้โดยสารในหน่วย คน-กิโลเมตร
  - ปริมาณการจำหน่ายรถยนต์
  - ปริมาณรถยนต์ที่จดทะเบียน
  - ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของยานพาหนะ
  - ระยะการเดินทางของยานพาหนะ
  - ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
  - ปริมาณมลพิษ
  - ความปลอดภัยในการเดินทาง

- **จุดเด่น**
  - แบบจำลองมีผลลัพธ์จำนวนหลายตัว ที่ใช้สำหรับเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
  - แบบจำลองไม่มีความซับซ้อนมากนักจึงสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย
- **ข้อจำกัด**
  - แบบจำลองต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากในการวิเคราะห์ผล และใช้ข้อมูลที่หน่วยงานอื่นจัดเก็บการพัฒนาแบบจำลองในลักษณะนี้อาจเหมาะสมสำหรับประเทศที่มีการเก็บข้อมูลไว้เป็นอย่างดี



รูปที่ 3. 26 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของ IEA

ตารางที่ 3. 14 ข้อมูลปริมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะใหม่ของ IEA

ภูมิภาค	**รถใหม่ทดสอบ ใน LAB (ลิตร/100 กม.)**	**แหล่ง ข้อมูล**	**ความแตกต่างระหว่าง LAB และการวิ่งบน ถนน (ลิตร/100 กม.)**	**แหล่งข้อมูล**
OECD North America	9.6	US EIA/AEO 2002	22%	US EPA
OECD Europe	6.6	IEA WEO 20002	18%	Best fit
OECD Pacific	8.4	IEA WEO 20002	18%	Best fit
FSU	8.4	Russia	25%	Best fit
Eastern Europe	8.0	Best fit	22%	Best fit
China	9.4	China	25%	Best fit
Other Asia	8.8	Best fit	25%	Best fit
India	8.7	Best fit	25%	Best fit
Middle East	8.7	Best fit	25%	Best fit
Latin American	8.7	Best fit	25%	Best fit
Africa	10.3	Best fit	25%	Best fit

(แหล่งข้อมูล: International Energy Agency)

ตารางที่ 3. 15 ข้อมูลปริมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะเก่าของ IEA

ภูมิภาค	**รถเก่าวิ่งบนถนน (ลิตร/100 กม.)**	**แหล่งข้อมูล**
OECD North America	11.5	US EIA/AEO 2002
OECD Europe	8.0	IEA Indicator database
OECD Pacific	10.6	IEA Indicator database
FSU	10.5	WEC 1999
Eastern Europe	9.5	WEC 1999

ตารางที่ 3.15 ข้อมูลปริมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะเก่าของ IEA (ต่อ)

ภูมิภาค	รถเก่าวิ่งบนถนน (ลิตร/100 กม.)	แหล่งข้อมูล
China	11.4	WEC 1999
Other Asia	11.9	WEC 1999
India	11.8	WEC 1999
Middle East	12.0	WEC 1999
Latin American	11.8	WEC 1999
Africa	13.9	WEC 1999

(แหล่งข้อมูล: International Energy Agency)

ตารางที่ 3. 16 รูปแบบการเดินทาง ประเภทเชื้อเพลิงและภูมิภาคของ IEA

รูปแบบการเดินทาง	ประเภทเชื้อเพลิง	ภูมิภาค
● Light-duty vehicles (cars, minivans, SUVs) ● Medium truck ● Heavy-duty (long-haul) trucks ● Mini-buses (“paratransit”) ● Large buses ● 2-3 wheelers ● Aviation (Domestic + Int’l) ● Rail freight ● Rail passenge ● National water borne (Inland plus coastal) ● Int’l shipping	● Internal combustion engine: - Gasoline - Diesel - LPG-CNG - Ethanol - Biodiesel ● Hybrid-Electric ICE (same fuels) ● Fuel-cell vehicle - Hydrogen	● OECD North America ● OECD Europe ● OECD Pacific ● FSU ● Eastern Europe ● China ● Other Asia ● India ● Middle East ● Latin American ● Africa

(แหล่งข้อมูล: International Energy Agency)

- **แหล่งที่มาของข้อมูล**

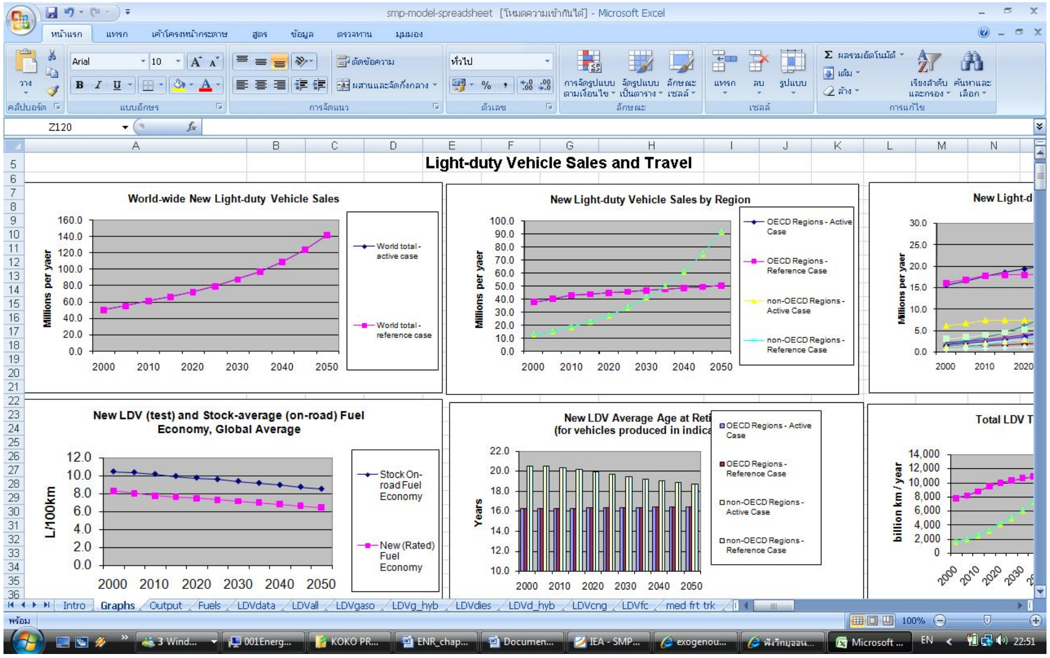
  - ข้อมูลได้มาจากหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลจากโครงการเก่าที่ IEA เคยทำมา World Energy Council (WEC)

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

  - สร้าง Spreadsheet ในการพัฒนาแบบจำลองย่อยต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.27

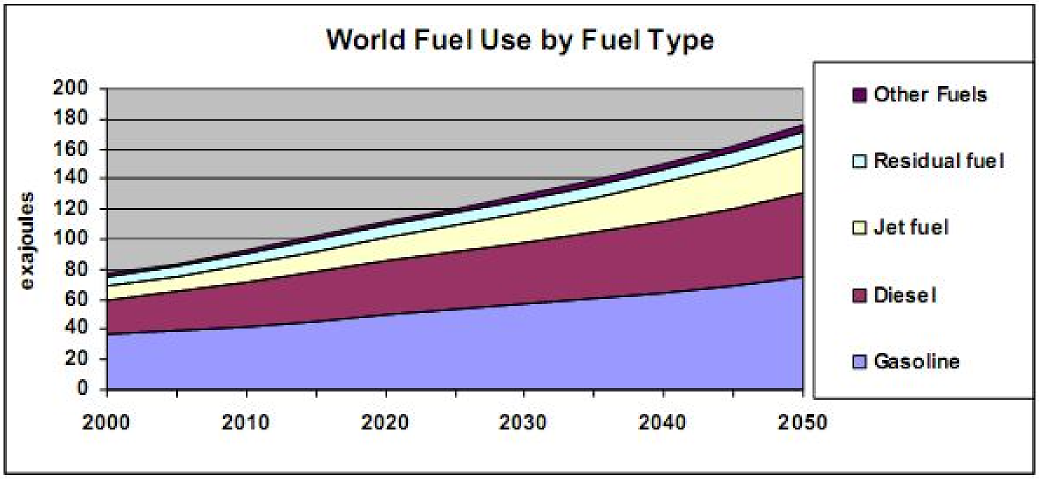
- **ผลลัพธ์**

  ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลอง จะเป็นการพยากรณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากปี 2000-2050 ดังที่แสดงในรูปที่ 3.28 และ 3.29 ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี



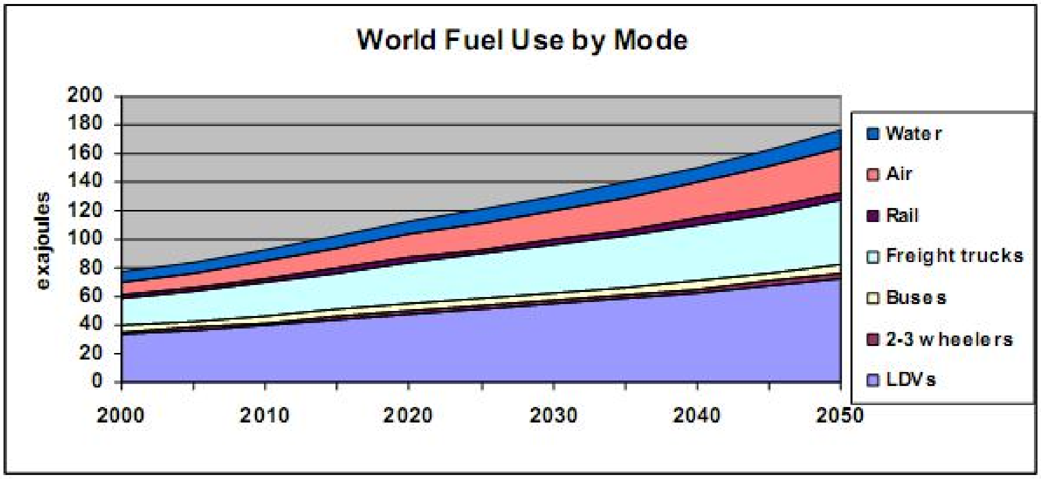
รูปที่ 3. 27 ลักษณะ IEA/SMP Spreadsheet

จากโครงสร้างข้อมูลข้อ IEA ซึ่งใช้ข้อมูลจำนวนมาก สำหรับประเทศไทยมีข้อมูลเพียงบางส่วน หากประเทศไทยต้องการสร้างแบบจำลองที่คล้ายกับ IEA อาจจะทำได้เพียงร้อยละ 70 เท่านั้น



รูปที่ 3. 28 ผลแบบจำลอง IEA/SMP แยกตามชนิดเชื้อเพลิง

(แหล่งข้อมูล: International Energy Agency)



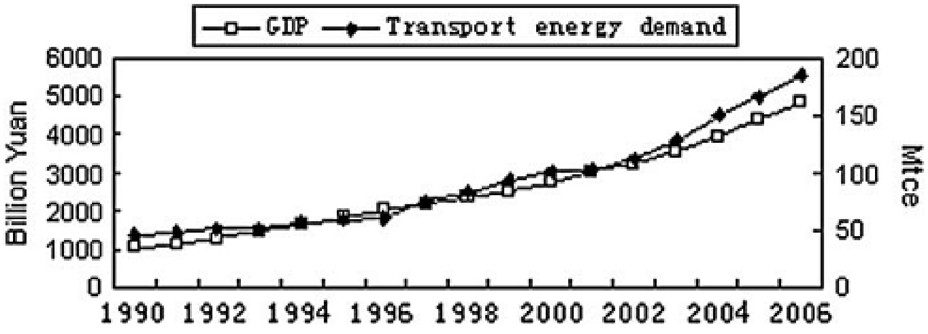
รูปที่ 3. 29 ผลแบบจำลอง IEA/SMP แยกตามรูปแบบการเดินทาง

(แหล่งข้อมูล: International Energy Agency)

3.2.7 สาธารณรัฐประชาชนจีน (แบบจำลอง 1)

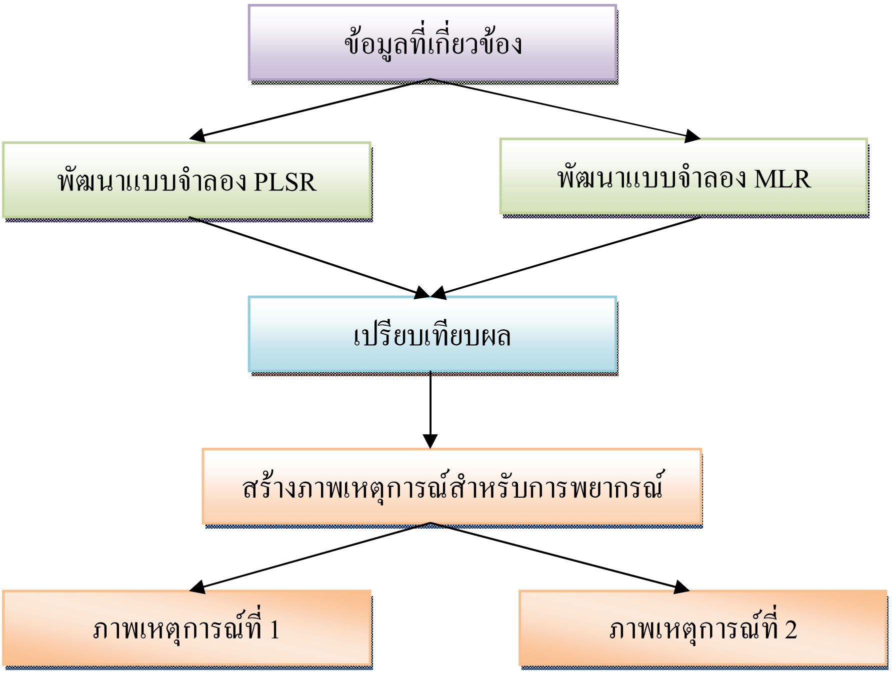
สาธารณรัฐประชาชนจีนเป็นประเทศที่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุดเป็นอันดับ 2 ของโลกตั้งแต่ปี 2003 เมื่อพิจารณาภาคธุรกิจการใช้พลังงานจะถูกใช้ในภาคการขนส่งเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งพบว่าการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจีนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 309.2 จากปี ค.ศ.1990 จนถึงปี ค.ศ.

2006 มีอัตราการใช้เพิ่มขึ้นต่อปีร้อยละ 9.2 เมื่อพิจารณาความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและค่า GDP พบว่าความต้องการการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามค่า GDP ดังที่แสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3. 30 ความต้องการการใช้พลังงานในภาคการขนส่งและค่า GDP ในสาธารณรัฐประชาชนจีน

(แหล่งข้อมูล: DeLaquil, P., C. Wenying, et al. 2003)



รูปที่ 3. 31 โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของจีน

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

  โครงสร้างแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.31ซึ่งเป็นการพัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์คือ Partial Least Square Regresion (PLSR) จากนั้นใช้สมการที่พัฒนาได้ พยากรณ์การใช้พลังงานด้วยภาพเหตุการณ์ 2 ชุด

- **ตัวแปรปัจจัยที่เกี่ยวข้อง**

  ในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วยตัวแปร 5 ตัวคือ ตัวแปรตามได้แก่ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ตัวแปรต้น ได้แก่ GDP การใช้ประโยชน์ของพื้นที่ ระยะการเดินทางของประชาชนในหน่วย คน-กิโลเมตร ปริมาณการขนส่งสินค้าในหน่วย ตัน-กิโลเมตร

- **แหล่งที่มาของข้อมูล**

  - China Transportation & Communications

  - China Statistical Yearbook

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

  - Partial Least Square Regresion (PLSR)

- **ผลลัพธ์**

  จากการพัฒนาแบบจำลองด้วย PLSR ได้สมการดังสมการที่ 3.13 และ Multiple Linear Regression (MLR) ได้สมการดังสมการที่ 3.14 ซึ่งเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้เป็นอย่างดี และเมื่อเปรียบเทียบผลของทั้งสองวิธีได้ผลดังรูปที่ 3.32 จะพบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันมากมีค่าความคลาดเคลื่อน 2.3%, 2.6% สำหรับ PLSR และ MLR ตามลำดับ จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้มาพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ด้วยภาพเหตุการณ์ 2 ชุดดังตารางที่ 3.17 ซึ่งเป็นการตั้งสมมติฐานอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน และผลการพยากรณ์ได้ดังรูปที่ 3.33 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลกับ Energy Research Institute of China ให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกัน

$$y = -4518.37 + 0.89x_1 + 156.21x_2 + 0.25x_3 + 0.07x_4 \quad (3.13)$$

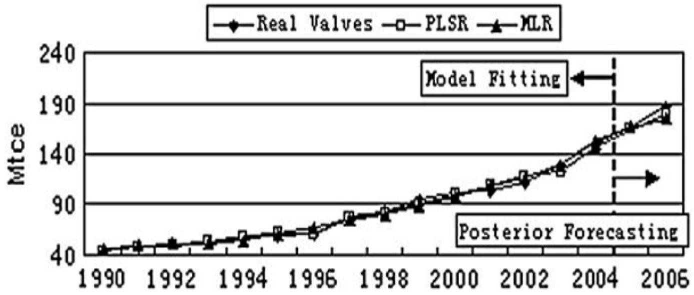
$$R^2 = 0.99$$

$$y = -13616.92 - 0.104x_1 + 631.36x_2 - 0.28x_3 + 0.15x_4 \quad (3.14)$$

$$R^2 = 0.98$$

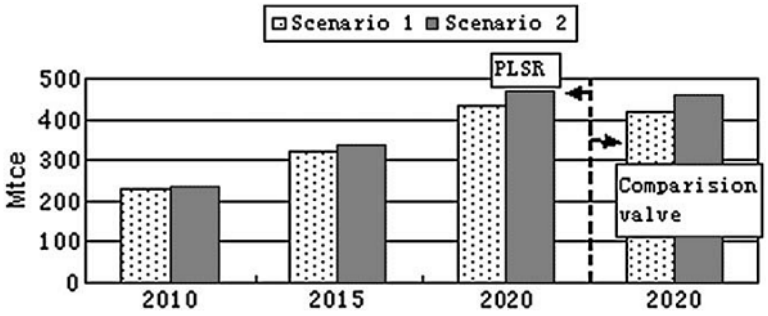
ตารางที่ 3. 17 สมมติฐานอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจสำหรับแบบจำลองของจีน

ภาพเหตุการณ์	ปี 2006-2010	ปี 2010-2015	ปี 2015-2020
ภาพเหตุการณ์ที่1	8.1%	7.5%	6.8%
ภาพเหตุการณ์ที่2	8.5%	8.2%	7.7%



รูปที่ 3. 32 การเปรียบเทียบผลการพัฒนาแบบจำลองระหว่างข้อมูลจริง, PLSR และ MLR

(แหล่งข้อมูล: DeLaquil, P., C. Wenying, et al. 2003)



รูปที่ 3. 33 ผลการพยากรณ์ด้วย PLSR

(แหล่งข้อมูล: DeLaquil, P., C. Wenying, et al. 2003)

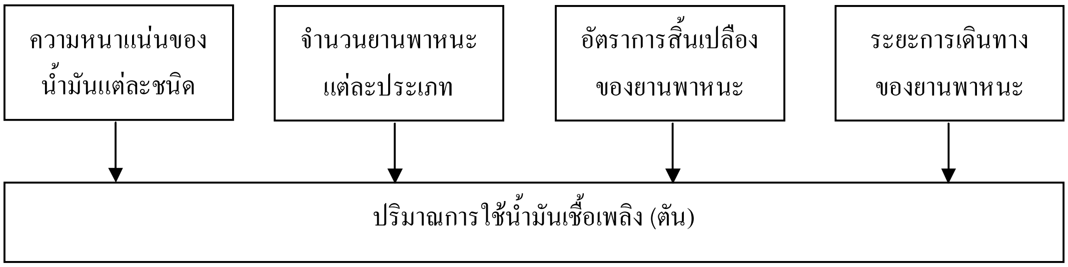
- **จุดเด่น**
  - แบบจำลองใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ไม่มากนักจึงเหมาะกับประเทศที่ไม่มีการเก็บข้อมูลที่มากเพียงพอ
  - แบบจำลองเป็นการใช้วิการทางสถิติ Partial Least Square Regression สามารถแก้จุดบอดของการวิเคราะห์ความถดถอยธรรมดาได้
- **ข้อจำกัด**
  - ในการพัฒนาภาพเหตุการณ์ต้องมีการกำหนดค่าที่เหมาะสม

3.2.8 แบบจำลองประเทศจีน (แบบจำลอง 2)

- **วัตถุประสงค์**

เพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งของประเทศจีนและเปรียบเทียบกับต่างประเทศ ซึ่งได้แก่อเมริกาและอังกฤษ

- **โครงสร้างแบบจำลอง**



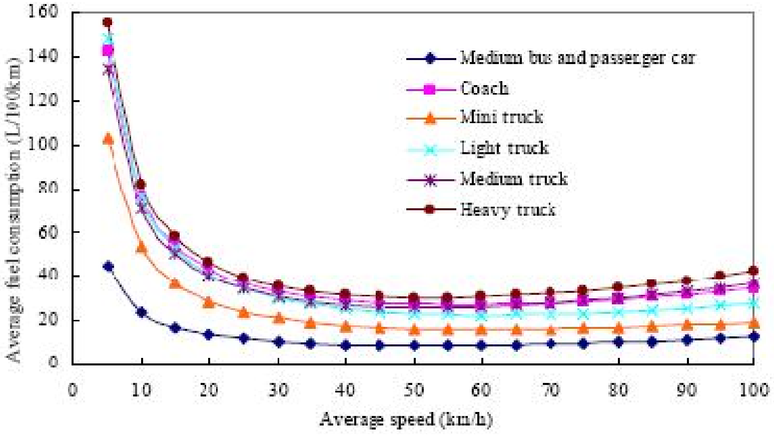
- **ตัวแปรและที่มาของข้อมูล**

- จำนวนยานพาหนะ อัตราการสิ้นเปลือง และระยะการเดินทาง ได้ข้อมูลมาจากYear book house of china transportation and communication. ดังตารางที่ 3.18 – 3.19 และรูปที่ 3.34

- ข้อมูลการใช้พลังงานจากประเทศอื่น ได้ข้อมูลมาจาก international statistical caliber

ตารางที่ 3. 18 การแบ่งประเภทยานพาหนะและข้อมูลของรถในปี 2007 ประเทศจีน

ประเภทยานพาหนะ	ลักษณะ	จำนวนยานพาหนะ (10,000 คัน)	ระยะการเดินทางเฉลี่ยต่อปี (100 กม.)	การใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย (L/100 กม.)
Medium bus and passenger car	Seat <=19	2821	170	9.2
Coach	Seat>19	80	200	28.5
Mini truck	Capacity<=2 tons	19	200	16.8
Light truck	2 tons < Capacity <=7 tons	228	210	24.2
Medium truck	7 tons < Capacity <=14 tons	76	250	27.6
Heavy truck	Capacity > 14 tons	47	350	31.8



รูปที่ 3. 34 การใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยของยานพาหนะกับความเร็วที่ใช้

ตารางที่ 3. 19 จำนวนและอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถจักรยานยนต์

ขนาดของรถจักรยานยนต์ (ml)	จำนวน (10,000 คัน)	การใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย (L/100 กม.)
<=50	523.3	2.0
50-100	1733.3	2.3
100-125	5581.9	2.5
125-250	610.5	2.9
สามล้อเครื่อง	261.7	3.8

- **วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล**

ใช้วิธีการประมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยใช้สูตร

$$E = D \times \sum_{i=1}^{n} \left(Q_i \times G_i \times L_i \right) \div 1000$$

เมื่อ *E คือ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (1000 ตัน)*

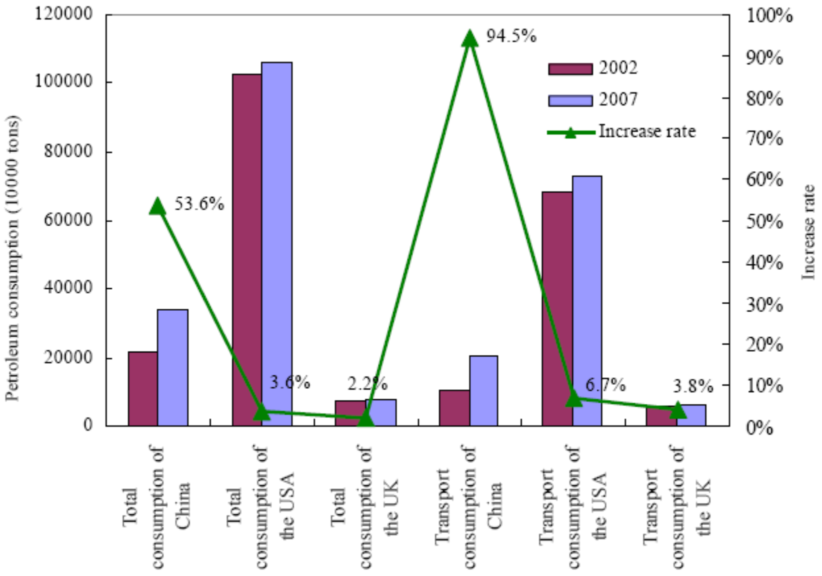
D คือ ความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิง (เบนซิน เท่ากับ 0.740 ton/kL, ดีเซล คือ 0.839 ton/kL และ เท่ากับ 0.7895 สำหรับเชื้อเพลิงอื่น ๆ)

Q คือ จำนวนยานพาหนะประเภท i (10,000 คัน)

G คือ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะ i (ลิตร/100 กม.)

L คือ ระยะการเดินทางของยานพาหนะ i (100 กม.)

- **ผลลัพธ์**



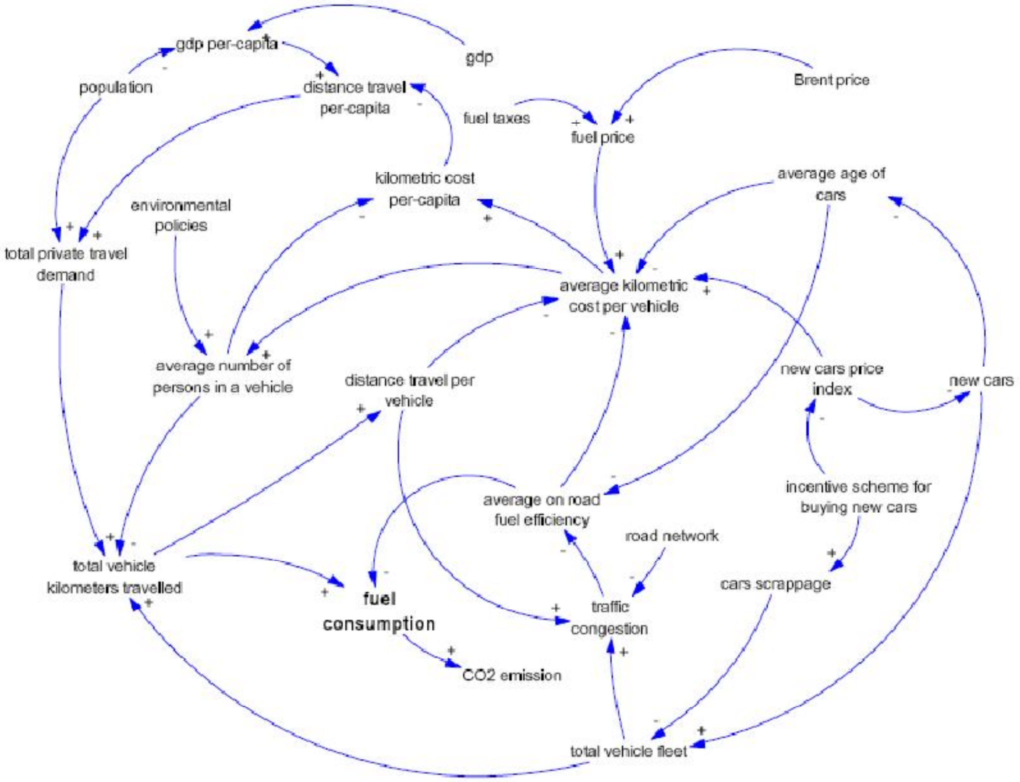
รูปที่ 3. 35 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเปรียบเทียบระหว่างประเทศจีนกับประเทศต่างๆ

3.2.9 แบบจำลองของอียู

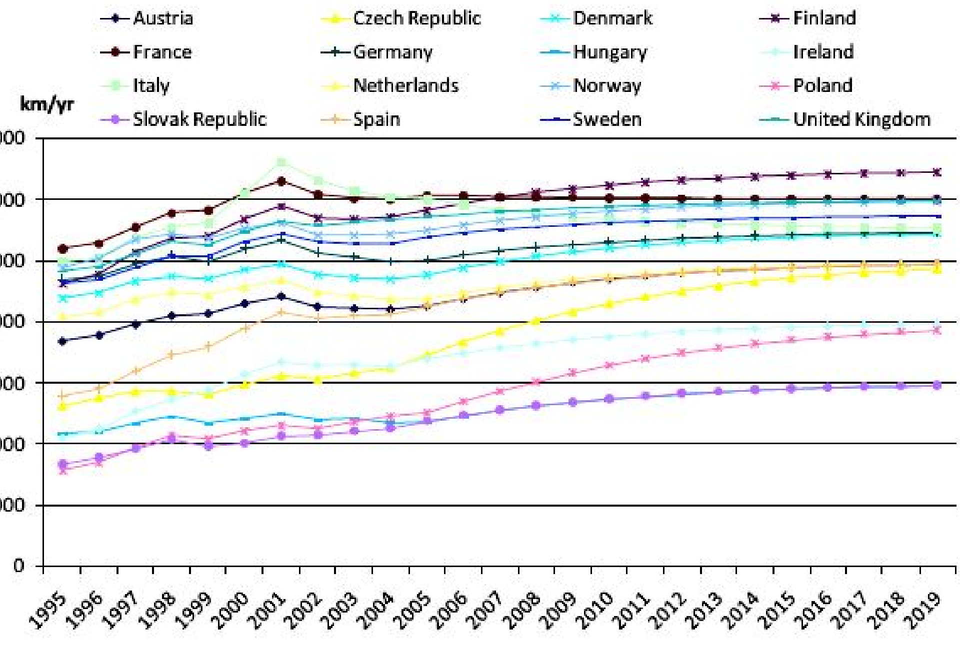
แบบจำลองนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Stefano Armenia, Fabrizio Baldoni, Diego Falsini, Emanuele Taibi ซึ่งเป็นชาวอิตาลีและออสเตรียซึ่งแบบจำลองนี้ใช้วิธีการพัฒนาโดย System Dynamics Model ซึ่งถูกพัฒนาโดย Centre for Economic and Energy Studies (StuEcEn) at ENI SpA (Italy), เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการการใช้พลังงานในการขนส่งทางถนนของกลุ่มประเทศยูอี โครงสร้างแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.36 โดยใช้ข้อมูลจำนวนมากเช่น GDP จำนวนประชากร นโยบายสิ่งแวดล้อม ภาษีน้ำมัน ราคาน้ำมัน จำนวนยานพาหนะ ระยะการเดินทาง ประมาณมลพิษ เป็นต้น และผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแสดงดังรูปที่ 3.37 -3.39

ข้อดีของแบบจำลอง เนื่องจากใช้ข้อมูลจำนวนมากในการพัฒนาแบบจำลองทำให้ผลลัพธ์แบบจำลองมีความแม่นยำสูง

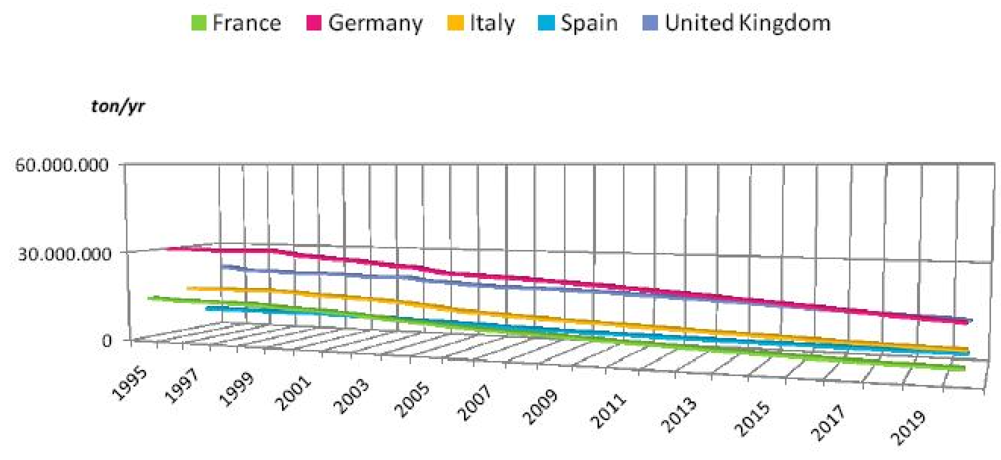
ข้อจำกัดของแบบจำลอง เป็นวิธีที่มีความซับซ้อน ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากในการพัฒนาแบบจำลอง



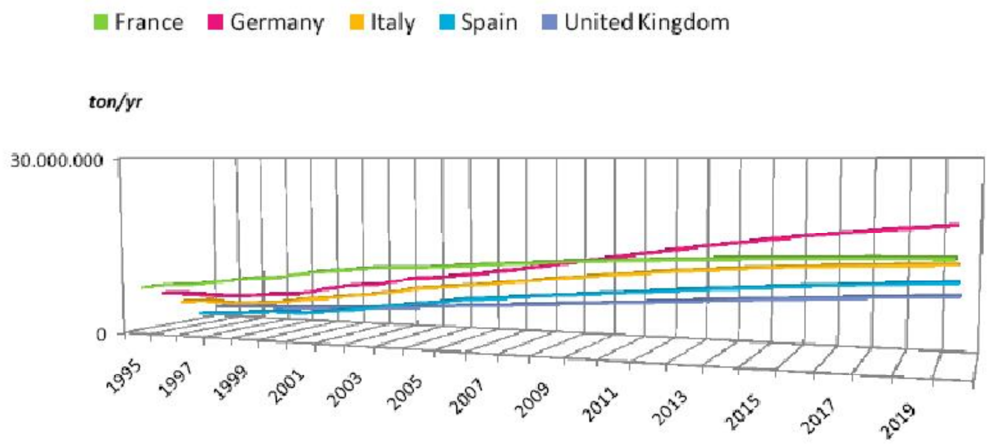
รูปที่ 3. 36 โครงสร้างแบบจำลอง System Dynamics Model



รูปที่ 3. 37 ความต้องการการเดินทางต่อหัวประชากร (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)



รูปที่ 3. 38 ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินใน 5 ประเทศ (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)



รูปที่ 3. 39 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลใน 5 ประเทศ (ผลลัพธ์จากแบบจำลอง)

3.2.10 สรุปการใช้แบบจำลองในต่างประเทศ

ในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของแต่ละประเทศมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น การวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อสร้างสมการหาระยะการเดินทางรวมแล้วคูณด้วยอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง การใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น เป็นต้น ซึ่งวิธีการต่างๆ ของแต่ละประเทศสรุปดังตารางที่ 3.20

ตารางที่ 3. 20 สรุปวิธีการพัฒนาแบบจำลองของแต่ละประเทศ

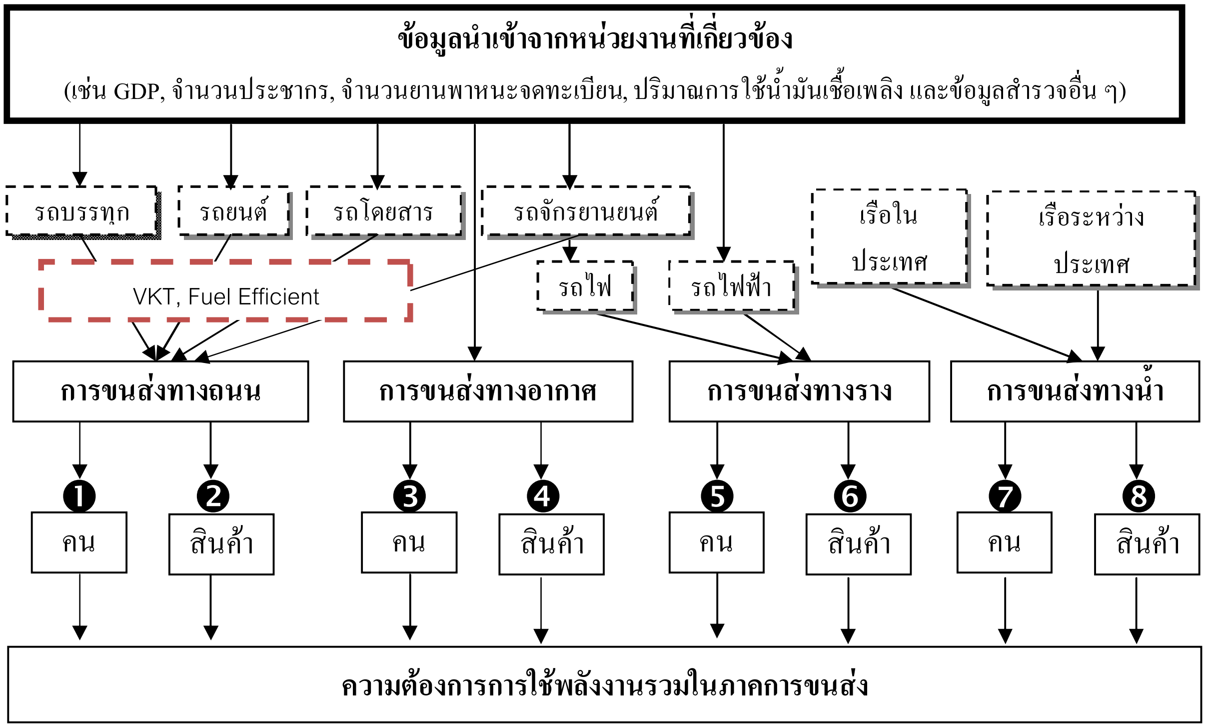
ประเทศ	การวิเคราะห์ VKT	การหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิง
สหรัฐอเมริกา	เก็บข้อมูล VKT จากการสำรวจการเดินทาง โดย VKT เป็นแบบจำลองย่อยใน CALCARS ซึ่งวิธีการหา VKT จะใช้การวิเคราะห์ความถดถอย	ใช้แบบจำลอง CALCARS หาการใช้เชื้อเพลิงซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองย่อย VKT, แบบจำลองการครอบครองยานพาหนะของครัวเรือน
สหราชอาณาจักร	เก็บข้อมูล VKT จากปริมาณจราจรบนโครงข่ายถนนโดยใช้เครื่องตรวจนับอัตโนมัติ จากนั้นนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาสร้างแบบจำลอง	Fuel consumption = VKT x Fuel Economy
แคนนาดา	เก็บข้อมูล VKT จากการสำรวจการเดินทาง จากนั้นสร้างแบบ-จำลองวิเคราะห์ความถดถอย	ความต้องการการใช้พลังงาน = จำนวนรถ x ระยะการเดินทาง x อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน
ออสเตรเลีย	ไม่มีการวิเคราะห์ VKT	ใช้การวิเคราะห์โดย Linear Programming
ฮ่องกง	ไม่ได้ระบุวิธีการ	Fuel consumption = VKT x Fuel Economy
International Energy Agency	ไม่ได้ระบุวิธีการ	ใช้ข้อมูลจากหลายหน่วยงานมาสร้าง Spread Sheet
จีน	ไม่ใช้ข้อมูล VKT	ใช้การวิเคราะห์ Partial Least Square Regression

3.3 แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

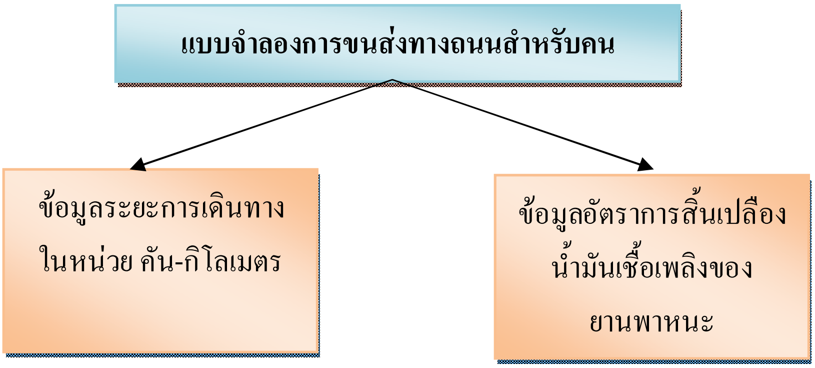
3.3.1 แบบจำลองระดับประเทศ

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

โครงสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งที่แนะนำสำหรับประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 3.40 ซึ่งจะประกอบด้วย 8 แบบจำลองย่อย ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองการขนส่งทางถนนสำหรับประชากรและสินค้า แบบจำลองการขนส่งทางน้ำสำหรับการเดินทางของคนและการขนส่งสินค้า แบบจำลองการขนส่งทางอากาศสำหรับการเดินทางของคนและการขนส่งสินค้า และแบบจำลองสำหรับการขนส่งทางรถไฟสำหรับการเดินทางของคนและการขนส่งสินค้า



รูปที่ 3. 40 โครงสร้างแบบจำลองสำหรับประเทศไทย (คน+สินค้า)



รูปที่ 3. 41 โครงสร้างแบบจำลองย่อยที่ 1 การขนส่งทางถนนสำหรับขนส่งคน

แบบจำลองการขนส่งทางถนนสำหรับการเดินทางของคน จะประกอบด้วย 2 แบบจำลองย่อยดังที่แสดงในรูปที่ 3.41 คือ แบบจำลองระยะการเดินทางรวมในหน่วย คัน-กิโลเมตร (VKT) และแบบจำลองอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท ซึ่งมีวิธีการพัฒนาแต่ละแบบจำลองดังนี้

- **แบบจำลองระยะการเดินทางรวม**

แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจะวิเคราะห์รายครัวเรือน ผลลัพธ์ที่ออกมาจะมีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อครัวเรือน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วยตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ระยะทางการเดินทางรวม (VKT) และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ประเภทที่อยู่อาศัย รายได้เฉลี่ยของครัวเรือน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนมีครอบครอง โดยข้อมูลได้จากการสำรวจพฤติกรรมการเดินทางของครัวเรือน

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองระยะการเดินทางรวมโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งสามารถเขียนโครงสร้างแบบจำลองเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_n X_n$$

Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X_1-X_n คือ ตัวแปรต้น (Independent Variable) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ n

β_0 คือ เป็นระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย

$\beta_1 - \beta_n$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ตัวที่1 ถึงตัวที่ n

○ **แบบจำลองอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ**

แบบจำลองอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะจะพิจารณาแยกประเภทยานพาหนะ โดยแยกเป็น รถจักรยานยนต์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารประจำทาง จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก หน่วยที่ออกมาจะเป็น <u>กิโลเมตรต่อลิตร</u> ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ขนาดเครื่องยนต์ ความเร็ว อายุการใช้งาน น้ำหนักรถ เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากการหน่วยทดสอบมลพิษจากยานพาหนะ

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองระยะการเดินทางรวมโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

○ **แบบจำลองการขนส่งทางถนนสำหรับการขนส่งสินค้า**

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางถนน โดยพิจารณาในหน่วย <u>ตัน-กิโลเมตร</u> ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าทางถนน และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณรถบรรทุกจดทะเบียน จำนวนประชากร ระยะทางโครงข่ายถนน เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางน้ำสำหรับการเดินทางของคน**

แบบจำลองการเดินทางของคนทางน้ำ โดยพิจารณาในหน่วยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคือ ลิตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการใช้น้ำมันสำหรับการเดินทางของคนทางน้ำ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณเรือโดยสารจดทะเบียน จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางน้ำสำหรับการขนส่งสินค้า**

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางน้ำ โดยพิจารณาในหน่วย ตัน-กิโลเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าทางน้ำ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณเรือบรรทุกจดทะเบียน จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางอากาศสำหรับการเดินทางของคน**

  แบบจำลองการเดินทางของคนทางอากาศ โดยพิจารณาในหน่วยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคือ ลิตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

  - **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

    ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการใช้น้ำมันสำหรับการเดินทางของคนทางอากาศ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณผู้โดยสาร จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

  - **โครงสร้างแบบจำลอง**

    สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางอากาศสำหรับการขนส่งสินค้า**

  แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางอากาศ โดยพิจารณาในหน่วย ตัน-กิโลเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

  - **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

    ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณเที่ยวบิน จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

  - **โครงสร้างแบบจำลอง**

    สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางรถไฟสำหรับการเดินทางของคน**

  แบบจำลองการเดินทางของคนทางอากาศ โดยพิจารณาในหน่วยการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงคือ ลิตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการใช้น้ำมันสำหรับการเดินทางของคนทางอากาศ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณผู้โดยสาร จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการขนส่งทางรถไฟสำหรับการขนส่งสินค้า**

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางรถไฟ โดยพิจารณาในหน่วย ตัน-กิโลเมตร ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองแสดงประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟ และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ปริมาณเที่ยวการเดินรถของรถไฟ จำนวนประชากร เป็นต้น โดยข้อมูลได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- **โครงสร้างแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ เช่นเดียวกับแบบจำลองระยะการเดินทางรวม

- **แบบจำลองการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งระดับประเทศ โดยไม่แยกการขนส่งคนและสินค้า**

ในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ครั้งนี้ ใช้ข้อมูลมหภาค พิจารณาแยกรูปแบบการขนส่งเป็น 4 รูปแบบดังนี้คือ การขนส่งทางถนน การขนส่งทางรถไฟ การขนส่งทางน้ำ และการขนส่งทางอากาศ ซึ่งไม่ได้แยกระหว่างบุคคลและสินค้า ซึ่งได้แบบจำลองดังตารางที่ 3.21 และรายละเอียดอยู่ในตารางที่ 3.22 - 3.25

ตารางที่ 3. 21 แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งแยกรูปแบบการเดินทาง (คน+สินค้า)

รูปแบบการเดินทาง	**แบบจำลอง**
การขนส่งทางถนน	TED = 2.431 + 0.004GDP R^2 = 0.739
การขนส่งทางรถไฟ	TED = 7.3711 + 0.0001GDP R^2 = 0.017
การขนส่งทางน้ำ	TED = 0.1465 + 0.0003GDP R^2 = 0.520
และการขนส่งทางอากาศ	TED = 0.645 + 0.001GDP R^2 = 0.875
หมายเหตุ: TED = Transport Energy Demand (MTOE), GDP = Gross Domestic Product (Million Bath)	

ตารางที่ 3. 22 แบบจำลองการขนส่งทางถนน สำหรับคนและสินค้า

VARIABLE	Model 1			Model2			Model 3		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-156.999	-2.879	0.014	3.549	1.891	0.076	-1.079	-0.453	0.657
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางถนน	-0.063	-2.139	0.054				-0.051	-2.642	0.018
จำนวนผู้โดยสาร ขสมก.	-2.949	-0.388	0.705						
จำนวนผู้โดยสาร บขส.	-0.470	-1.108	0.289						
จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน	-1.689	-3.171	0.008						
จำนวนประชากร	3.084	3.046	0.010						
GDP	0.008	3.742	0.003	0.004	6.329	0.000	0.007	5.261	0.000
Adjusted R^2	**0.859**			**0.685**			**0.767**		
F-test	**19.228**			**40.062**			**30.571**		
Durbin-watson	**1.658**			**0.624**			**1.125**		
Method	**Enter**			**Stepwise 99 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .010 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3.22 แบบจำลองการขนส่งทางถนน สำหรับคนและสินค้า (ต่อ)

VARIABLE	Model 4			Model 5			Model 6**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-1.079	-0.453	0.657	-1.079	-0.453	0.657	2.431	1.417	0.173
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางถนน	-0.051	-2.642	0.018	-0.051	-2.642	0.018			
จำนวนผู้โดยสาร ขสมก.									
จำนวนผู้โดยสาร บขส.									
จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน									
จำนวนประชากร									
GDP	0.007	5.261	0.000	0.007	5.261	0.000	0.004	7.396	0.000
Adjusted R^2	**0.767**			**0.767**			**0.739**		
F-test	**30.571**			**30.571**			**54.705**		
Durbin-watson	**1.125**			**1.125**			**0.633**		
Method	**Stepwise 90 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 85 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .150 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Enter**		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3. 23 แบบจำลองการขนส่งทางรถไฟ สำหรับคนและสินค้า

VARIABLE	Model 1			Model2 *			Model 3*		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	291.680	0.663	0.517						
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟ	-0.004	-0.091	0.929						
จำนวนผู้โดยสารรถไฟ	0.001	0.410	0.688						
จำนวนประชากร	-3.574	-0.506	0.620						
GDP	0.008	0.350	0.731						
Adjusted R^2	**0.085**								
F-test	**0.346**								
Durbin-watson	**1.593**								
Method	**Enter**			**Stepwise 99 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .010 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3.23 แบบจำลองการขนส่งทางรถไฟ สำหรับคนและสินค้า (ต่อ)

VARIABLE	Model 4 *			Model 5 *			Model 6**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant							73.711	1.986	0.062
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟ									
จำนวนผู้โดยสารรถไฟ							0.001	1.151	0.265
จำนวนประชากร									
GDP									
Adjusted R^2							**0.017**		
F-test							**1.324**		
Durbin-watson							**1.542**		
Method	**Stepwise 90 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 85 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .150 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 70 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .300 Probability-of-F-to-remove >= .400		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3. 24 แบบจำลองการขนส่งทางน้ำ สำหรับคนและสินค้า

VARIABLE	Model 1			Model2			Model 3 *		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	4.0670	1.1046	0.2867	7.4873	4.2350	0.0006			
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ	-0.1071	-0.7104	0.4884						
จำนวนผู้โดยสาร	-0.0891	-1.0697	0.3017						
จำนวนประชากร	-0.0717	-0.9590	0.3528	-0.1421	-4.1686	0.0006			
GDP	0.0006	4.0977	0.0010	0.0007	6.6105	0.0000			
Adjusted R^2	**0.736**			**0.749**					
F-test	**14.264**			**29.330**					
Durbin-watson	**1.482**			**1.488**					
Method	**Enter**			**Stepwise 99 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .010 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3.24 แบบจำลองการขนส่งทางน้ำ สำหรับคนและสินค้า (ต่อ)

VARIABLE	Model 4 *			Model 5 *			Model 6**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant							0.1465	0.6741	0.5088
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ									
จำนวนผู้โดยสาร									
จำนวนประชากร									
GDP							0.0003	4.6493	0.0002
Adjusted R^2	0.875			0.895			0.909		
F-test	127.243			52.037			95.397		
Durbin-watson	2.162			2.386			2.155		
Method	Stepwise 90 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200			Stepwise 85 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .150 Probability-of-F-to-remove >= .200			Enter		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

ตารางที่ 3. 25 แบบจำลองการขนส่งทางอากาศ สำหรับคนและสินค้า

VARIABLE	Model 1			Model2 **			Model 3		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	4.301	1.680	0.115	0.645	3.031	0.008	0.645	3.031	0.008
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ	0.015	2.080	0.056						
จำนวนผู้โดยสาร	0.004	0.116	0.909						
จำนวนประชากร	-0.071	-1.492	0.158						
GDP	0.001	2.910	0.011	0.001	11.280	0.000	0.001	11.280	0.000
Adjusted R^2	**0.887**			**0.875**			**0.875**		
F-test	**36.465**			**127.243**			**127.243**		
Durbin-watson	**2.398**			**2.162**			**2.162**		
Method	**Enter**			**Stepwise 99 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .010 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

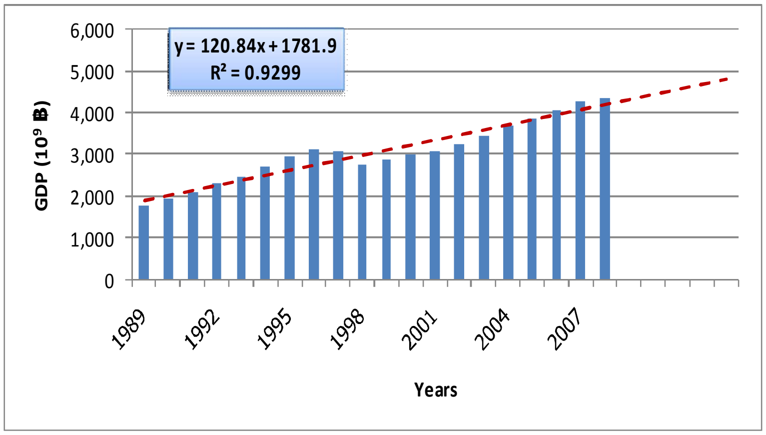
ตารางที่ 3.25 แบบจำลองการขนส่งทางอากาศ สำหรับคนและสินค้า (ต่อ)

VARIABLE	Model 4			Model 5			Model 6		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	0.645	3.031	0.008	4.195	1.812	0.090	0.565	3.179	0.005
ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ				0.014	2.207	0.043	0.010	1.835	0.084
จำนวนผู้โดยสาร									
จำนวนประชากร				-0.070	-1.560	0.140			
GDP	0.001	11.280	0.000	0.001	6.699	0.000	0.001	9.017	0.000
Adjusted R^2	**0.875**			**0.895**			**0.909**		
F-test	**127.243**			**52.037**			**95.397**		
Durbin-watson	**2.162**			**2.386**			**2.155**		
Method	**Stepwise 90 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 85 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .150 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Enter**		

** ไม่มีตัวแปรที่ significant ตามเงื่อนไข*

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

สำหรับการพยากรณ์ครั้งนี้จะพิจารณาออกเป็น 2 ภาพเหตุการณ์ (Scenario) โดยภาพเหตุการณ์ที่ 1 จะใช้ข้อมูลอัตราการเติบโตของ GDP เฉลี่ยตลอด 20 ปี มาใช้สำหรับคาดการณ์ข้อมูล GDP ในอีก 20 ปีข้างหน้า ซึ่งมีอัตราการเติบโตอยู่ที่ร้อยละ 5.0 ส่วนภาพเหตุการณ์ที่ 2 ใช้ Curve Fitting สำหรับหาสมการเพื่อพยากรณ์ค่า GDP ดังรูปที่ 3.42 ค่าพยากรณ์ค่า GDP ของทั้งสองภาพเหตุการณ์ แสดงดังตารางที่ 3.26



รูปที่ 3. 42 การพยากรณ์ GDP สำหรับภาพเหตุการณ์ที่ 2

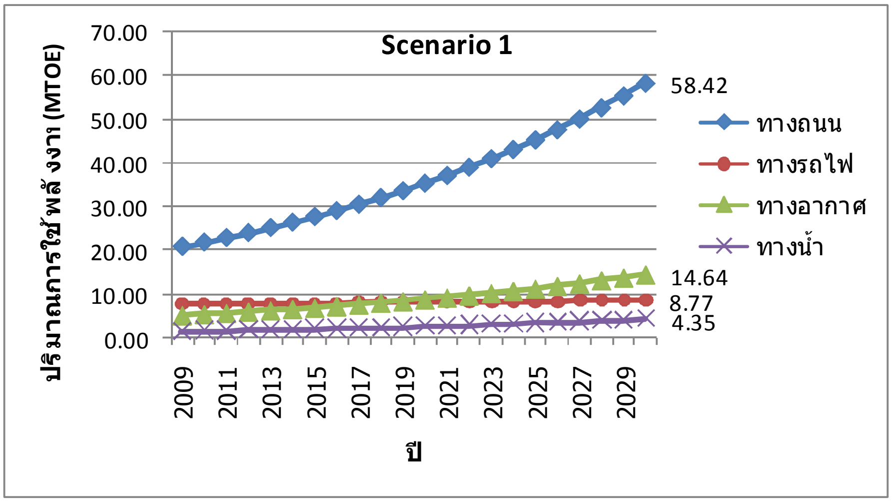
ตารางที่ 3. 26 ผลการพยากรณ์ค่า GDP

Years	Scenario 1	Scenario 2	Years	Scenario 1	Scenario 2
2009	4,599	4,320	**2020**	8,238	5,649
2010	4,849	4,440	**2021**	8,687	5,770
2011	5,113	4,561	**2022**	9,160	5,890
2012	5,391	4,682	**2023**	9,658	6,011
2013	5,685	4,803	**2024**	10,184	6,132
2014	5,994	4,924	**2025**	10,738	6,253
2015	6,320	5,045	**2026**	11,323	6,374
2016	6,664	5,165	**2027**	11,939	6,495
2017	7,027	5,286	**2028**	12,589	6,616
2018	7,410	5,407	**2029**	13,274	6,736
2019	7,813	5,528	**2030**	13,996	6,857

ตารางที่ 3. 27 ผลการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคการขนส่ง แยกรูปแบบการเดินทาง

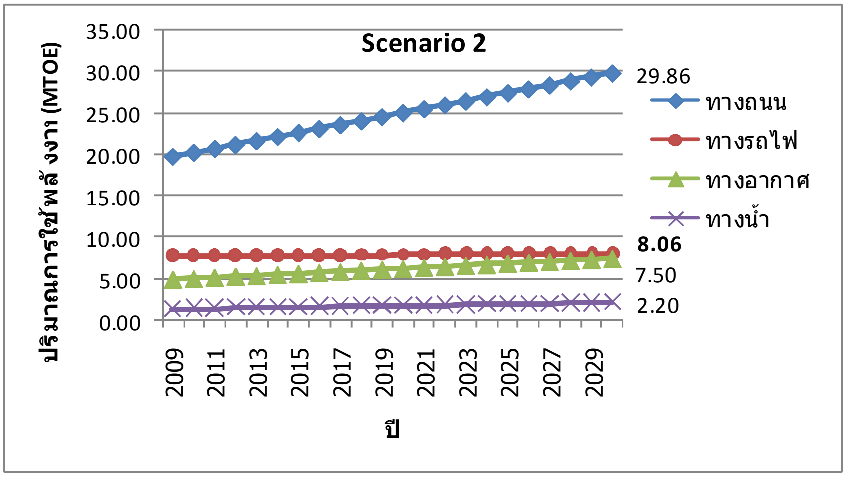
ปี	ทางถนน		ทางรถไฟ		ทางอากาศ		ทางน้ำ		รวม	
	S1	**S2**	**S1**	**S2**	**S1**	**S2**	**S1**	**S2**	**S1**	**S2**
2009	20.83	19.71	7.83	7.80	5.24	4.96	1.53	1.44	**35.43**	**33.92**
2010	21.83	20.19	7.86	7.82	5.49	5.09	1.60	1.48	**36.78**	**34.57**
2011	22.88	20.68	7.88	7.83	5.76	5.21	1.68	1.51	**38.20**	**35.22**
2012	24.00	21.16	7.91	7.84	6.04	5.33	1.76	1.55	**39.71**	**35.88**
2013	25.17	21.64	7.94	7.85	6.33	5.45	1.85	1.59	**41.29**	**36.53**
2014	26.41	22.13	7.97	7.86	6.64	5.57	1.94	1.62	**42.96**	**37.18**
2015	27.71	22.61	8.00	7.88	6.97	5.69	2.04	1.66	**44.72**	**37.83**
2016	29.09	23.09	8.04	7.89	7.31	5.81	2.15	1.70	**46.58**	**38.49**
2017	30.54	23.58	8.07	7.90	7.67	5.93	2.25	1.73	**48.54**	**39.14**
2018	32.07	24.06	8.11	7.91	8.05	6.05	2.37	1.77	**50.61**	**39.79**
2019	33.68	24.54	8.15	7.92	8.46	6.17	2.49	1.80	**52.78**	**40.44**
2020	35.38	25.03	8.19	7.94	8.88	6.29	2.62	1.84	**55.08**	**41.10**
2021	37.18	25.51	8.24	7.95	9.33	6.41	2.75	1.88	**57.50**	**41.75**
2022	39.07	25.99	8.29	7.96	9.80	6.54	2.89	1.91	**60.05**	**42.40**
2023	41.06	26.48	8.34	7.97	10.30	6.66	3.04	1.95	**62.75**	**43.05**
2024	43.17	26.96	8.39	7.98	10.83	6.78	3.20	1.99	**65.59**	**43.71**
2025	45.38	27.44	8.44	8.00	11.38	6.90	3.37	2.02	**68.58**	**44.36**
2026	47.72	27.93	8.50	8.01	11.97	7.02	3.54	2.06	**71.74**	**45.01**
2027	50.19	28.41	8.56	8.02	12.58	7.14	3.73	2.09	**75.06**	**45.66**
2028	52.79	28.89	8.63	8.03	13.23	7.26	3.92	2.13	**78.57**	**46.32**
2029	55.53	29.38	8.70	8.04	13.92	7.38	4.13	2.17	**82.27**	**46.97**
2030	58.42	29.86	8.77	8.06	14.64	7.50	4.35	2.20	**86.17**	**47.62**

จากการพยากรณ์ด้วยภาพเหตุการณ์ที่ 1 ดังรูปที่ 3.43 และตารางที่ 3.26 ในปี 2030 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางถนน 58.42 MTOE ทางรถไฟ 8.77 MTOE ทางอากาศ 14.64 MTOE ทางน้ำ 4.35 MTOE และเมื่อรวมทุกรูปแบบการขนส่งมีปริมาณการใช้น้ำมัน 86.17 MTOE



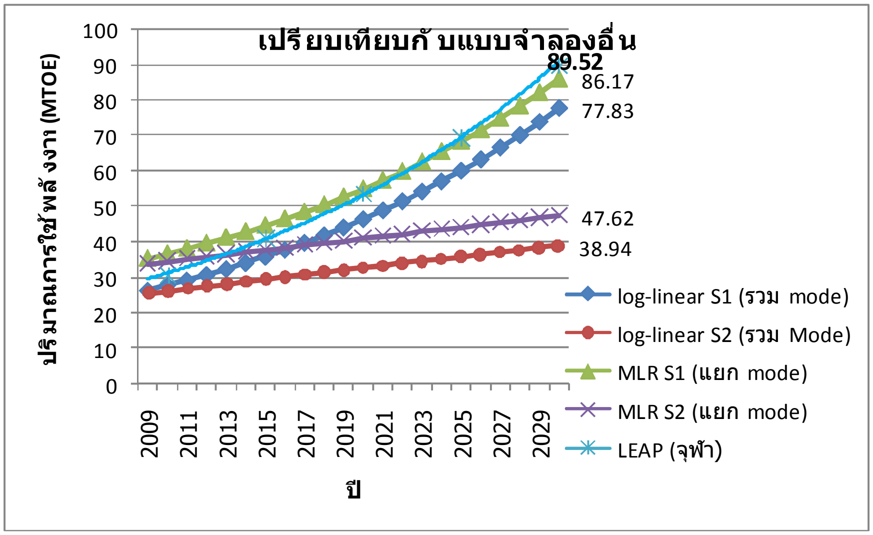
รูปที่ 3. 43 ผลการพยากรณ์ภาพเหตุการณ์ 1

จากการพยากรณ์ด้วยภาพเหตุการณ์ที่ 2 ดังรูปที่ 3.44 และตารางที่ 3.27 ในปี 2030 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทางถนน 29.86 MTOE ทางรถไฟ 8.06 MTOE ทางอากาศ 7.50 MTOE ทางน้ำ 2.20 MTOE และเมื่อรวมทุกรูปแบบการขนส่งมีปริมาณการใช้น้ำมัน 47.62 MTOE



รูปที่ 3. 44 ผลการพยากรณ์ภาพเหตุการณ์ 2

เมื่อนำแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ ดังรูปที่ 3.45 และตารางที่ 3.28 พบว่า ในภาพเหตุการณ์ที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี log-linear regression มีความแตกต่างกันร้อยละ 10.72 และ LEAP มีความแตกต่างร้อยละ3.74 ในภาพเหตุการณ์ที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี log-linear regression มีความแตกต่างกันร้อยละ 22.29 และ LEAP มีความแตกต่างร้อยละ 46.81



รูปที่ 3. 45 ผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น

ตารางที่ 3. 28 ผลการเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่น

Years	Scenario 1		Scenario 2		LEAP*
	MLR	Log-linear	MLR	Log-linear	
2009	35.43	26.46	33.92	25.46	
2010	36.78	27.86	34.57	26.13	30.71
2011	38.20	29.32	35.22	26.79	
2012	39.71	30.87	35.88	27.45	
2013	41.29	32.5	36.53	28.1	
2014	42.96	34.21	37.18	28.76	
2015	44.72	36.02	37.83	29.41	41.04
2016	46.58	37.91	38.49	30.06	
2017	48.54	39.91	39.14	30.7	
2018	50.61	42.02	39.79	31.35	
2019	52.78	44.23	40.44	31.99	
2020	55.08	46.56	41.10	32.63	53.59
2021	57.50	49.02	41.75	33.27	
2022	60.05	51.6	42.40	33.91	
2023	62.75	54.32	43.05	34.54	
2024	65.59	57.19	43.71	35.17	
2025	68.58	60.2	44.36	35.81	69.44
2026	71.74	63.37	45.01	36.44	
2027	75.06	66.72	45.66	37.06	
2028	78.57	70.23	46.32	37.69	
2029	82.27	73.94	46.97	38.31	
2030	86.17	77.83	47.62	38.94	89.52

- **แบบจำลองการใช้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งระดับประเทศ โดยแยกการขนส่งคนและสินค้า**
    - **แบบจำลองการขนส่งคน**

แบบจำลองของ ขสมก. จากตารางที่ 3.29 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากรและ GDP มีค่าสัมประสิทธิ์ติดลบซึ่งหมายความว่ายิ่งตัวแปร 2 ตัวนี้มีค่ามากขึ้นจำนวนผู้ใช้รถขนส่งมวลชนกรุงเทพจะมีจำนวนน้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจุบันประชาชนนิยมใช้รถยนต์ส่วนบุคคล

ตารางที่ 3. 29 แบบจำลองการขนส่ง โดย ขสมก. (คน)

VARIABLE	Model 1			Model2**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	4.584	5.296	0.000	4.5845	5.296	0.000
จำนวนประชากร	-0.043	-2.592	0.020	-0.0003	-5.595	0.000
GDP	0.000	-5.595	0.000	-0.0428	-2.592	0.020
Adjusted R^2	**0.935**			**0.935**		
F-test	**130.037**			**130.037**		
Durbin-watson	**0.724**			**0.724**		
Method	**Enter**			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองของ บขส. จากตารางที่ 3.30 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากรและGDP ซึ่ง จำนวนประชากรมีค่าสัมประสิทธิ์ติดลบซึ่งหมายความว่ายิ่งจำนวนประชากรมีค่ามากขึ้นจำนวนผู้ใช้บริการของ บขส. จะมีจำนวนน้อยลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากปัจจุบันประชาชนนิยมใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ส่วน GDP มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก เพราะว่าการขยายตัวทางเศรษฐกิจดีจะกระตุ้นการเดินทางระหว่างจังหวัด

ตารางที่ 3. 30 แบบจำลองการขนส่งโดย บขส. (คน)

VARIABLE	Model 1**			Model2		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	79.050	8.709	0.000	79.050	8.709	0.000
จำนวนประชากร	-1.185	-6.837	0.000	-1.185	-6.837	0.000

ตารางที่ 3.30 แบบจำลองการขนส่งโดย บขส. (คน) (ต่อ)

VARIABLE	Model 1**			Model2		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
GDP	0.002	3.312	0.004	0.002	3.312	0.004
Adjusted R^2	**0.803**			**0.803**		
F-test	**37.657**			**37.657**		
Durbin-watson	**0.833**			**0.833**		
Method	**Enter**			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองของการขนส่งทางอากาศ จากตารางที่ 3.31 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ GDP ซึ่ง GDP มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก เพราะว่าการขยายตัวทางเศรษฐกิจดีจะกระตุ้นการเดินทางทางอากาศ เช่นการท่องเที่ยวเป็นต้น

ตารางที่ 3. 31 แบบจำลองการขนส่งทางอากาศ (คน)

VARIABLE	Model 1**			Model2		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-18.429	-1.038	0.315	-10.574	-6.341	0.000
จำนวนประชากร	0.151	0.445	0.663			
GDP	0.008	7.428	0.000	0.008	16.235	0.000
Adjusted R^2	**0.933**			**0.936**		
F-test	**125.663**			**263.567**		
Durbin-watson	**1.368**			**1.313**		
Method	**Enter**			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองของการขนส่งทางอากาศ จากตารางที่ 3.32 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากร ซึ่งจำนวนประชากรมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ เพราะว่าพัฒนาการการให้บริการรถไฟเป็นไปอย่างช้าประชากรจึงเลือกรูปแบบอื่นในการเดินทางเป็นต้น

ตารางที่ 3. 32 แบบจำลองการขนส่งรถไฟ (คน)

VARIABLE	Model 1**			Model2		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	211.578	3.175	0.006	258.792	7.460	0.000
จำนวนประชากร	-2.381	-1.853	0.081	-3.337	-5.832	0.000
GDP	-0.004	-0.833	0.417			
Adjusted R^2	**0.628**			**0.635**		
F-test	**17.060**			**34.007**		
Durbin-watson	**0.717**			**0.707**		
Method	**Enter**			**Stepwise 90 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

- **แบบจำลองการขนส่งสินค้า**

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางบก จากตารางที่ 3.33 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ GDP ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก ซึ่งหมายความว่าถ้า GDP สูงจะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางบกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3. 33 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางบก

VARIABLE	Model 1			Model2**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	246.593	1.212	0.242	-77.971	-4.130	0.001
จำนวนประชากร	-6.284	-1.601	0.128			
GDP	0.078	6.078	0.000	0.060	9.924	0.000
Adjusted R^2	**0.850**			**0.837**		
F-test	**54.806**			**98.493**		
Durbin-watson	**0.959**			**0.894**		
Method	**Enter**			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางน้ำ จากตารางที่ 3.34 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก ซึ่งหมายความว่าถ้าจำนวนประชากรมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางน้ำเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3. 34 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางน้ำ

VARIABLE	Model 1			Model2**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-9.659	-2.889	0.010	-5.611	-3.108	0.006
จำนวนประชากร	0.205	3.183	0.005	0.123	4.140	0.001
GDP	0.000	-1.423	0.173			
Adjusted R^2	0.488			0.459		
F-test	10.069			17.137		
Durbin-watson	1.185			1.080		
Method	Enter			Stepwise 95 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางอากาศ จากตารางที่ 3.35 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ซึ่งหมายความว่าถ้าจำนวนประชากรมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 3. 35 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางอากาศ

VARIABLE	Model 1			Model2**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-192.721	-2.526	0.022	-171.053	-4.379	0.000
จำนวนประชากร	3.730	2.535	0.021	3.291	5.108	0.000
GDP	-0.002	-0.334	0.743			
Adjusted R^2	0.547			0.569		
F-test	12.458			26.092		
Durbin-watson	0.666			0.634		
Method	Enter			Stepwise 95 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

แบบจำลองการขนส่งสินค้าทางรถไฟ จากตารางที่ 3.36 ตัวแปรที่มีผลต่อแบบจำลองได้แก่ จำนวนประชากร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ซึ่งหมายความว่าถ้าจำนวนประชากรมากขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟลดน้อยลง

ตารางที่ 3. 36 แบบจำลองขนส่งสินค้าทางรถไฟ

VARIABLE	Model 1			Model2**		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	4.344	2.097	0.051	5.100	4.797	0.000
จำนวนประชากร	-0.018	-0.457	0.654	-0.034	-1.914	0.072
GDP	0.000	-0.429	0.673			
Adjusted R^2	0.081			0.123		
F-test	1.841			3.663		
Durbin-watson	1.206			1.153		
Method	Enter			Stepwise 90 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .200		

*** แบบจำลองที่เลือกใช้*

3.3.2 แบบจำลองระดับจังหวัด

- **แบบจำลองระยะการเดินทางรวมในหน่วย คัน-กิโลเมตร (Vehicle Kilometer of Travel)**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางทางถนนสำหรับคนซึ่งเป็นระยะการเดินทางรวมในหน่วย คัน-กิโลเมตร ในเขตพื้นที่ 3 จังหวัดคือ นครราชสีมา ปราจีนบุรี และพระนครศรีอยุธยา

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง**

ตัวแปรที่นำมาพิจารณาในการพัฒนาแบบจำลองประกอบด้วย ตัวแปรที่เป็นตัวแปรตาม คือ ระยะทางการเดินทางรวม (VKT) และตัวแปรที่เป็นตัวแปรต้น คือ ประเภทที่อยู่อาศัย รายได้เฉลี่ยของครัวเรือน จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนมีครอบครอง โดยข้อมูลได้จากการสำรวจพฤติกรรมการเดินทางของครัวเรือน

- **วิธีการพัฒนาแบบจำลอง**

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองระยะการเดินทางรวมโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งสามารถเขียนโครงสร้างแบบจำลองเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + ... + \beta_n X_n$$

- **ผลลัพธ์**

จากการพัฒนาแบบจำลองได้แบบจำลองระยะทางการเดินทางรวมในหน่วยคัน-กิโลเมตร ดังตารางที่ 3.37 – 3.39

ตารางที่ 3. 37 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดนครราชสีมา

VARIABLE	นครราชสีมา ในเมือง			นครราชสีมา นอกเมือง		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	16.881	7.371	0.000	20.241	8.996	0.000
ขนาดครัวเรือน						
จำนวนรถยนต์	29.288	16.213	0.000	30.479	17.102	0.000
จำนวนรถจักรยานยนต์	10.879	7.107	0.000	7.431	5.017	0.000
Adjusted R^2	0.317			0.317		
F-test	131.440			146.457		
Durbin-watson	1.818			1.806		
Method **Dependent Var : VKT**	**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .100			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .100		

ตารางที่ 3. 38 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดปราจีนบุรี

VARIABLE	ปราจีนบุรี ในเมือง			ปราจีนบุรี นอกเมือง		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	-0.494	-0.046	0.964	-4.871	-0.428	0.674
ขนาดครัวเรือน	6.319	2.606	0.012			
จำนวนรถยนต์	24.298	4.270	0.000	31.254	3.376	0.003
จำนวนรถจักรยานยนต์				21.199	2.678	0.015
Adjusted R^2	0.290			0.415		
F-test	11.810			8.450		
Durbin-watson	1.588			1.518		
Method Dependent Var : VKT	Stepwise 95 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .100			Stepwise 95 % confidence Probability-of-F-to-enter <= .050 Probability-of-F-to-remove >= .100		

ตารางที่ 3. 39 แบบจำลองระยะการเดินทางรวมจังหวัดพระนครศรีอยุธยา

VARIABLE	พระนครศรีอยุธยาในเมือง			พระนครศรีอยุธยา นอกเมือง		
	β	t-stat	P-value	β	t-stat	P-value
Constant	32.926	4.862	0.000	33.232	7.203	0.000
ขนาดครัวเรือน						
จำนวนรถยนต์				13.499	1.764	0.083
จำนวนรถจักรยานยนต์	9.706	1.631	0.110			
Adjusted R^2	0.037			0.038		
F-test	2.661			3.311		
Durbin-watson	2.041			1.693		
Method **Dependent Var : VKT**	**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .150 Probability-of-F-to-remove >= .200			**Stepwise 95 % confidence** Probability-of-F-to-enter <= .100 Probability-of-F-to-remove >= .150		

- **การประมาณระยะการเดินทางรวม (VKT)**

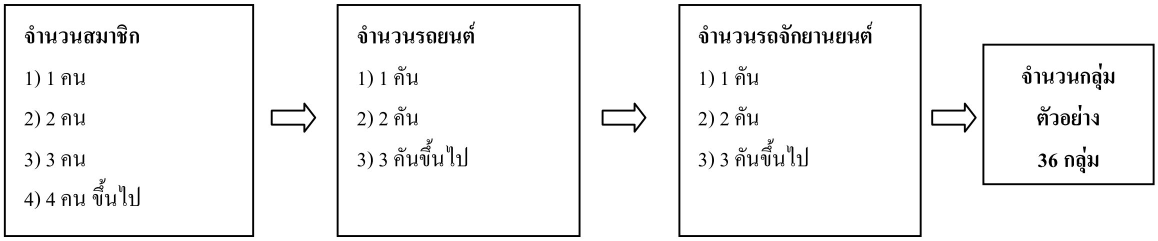
แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 36 กลุ่ม จากตัวแปรที่มีผลในแบบจำลอง คือ จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนรถจักรยานยนต์ และจำนวนรถยนต์ ดังรูปที่ 3.46 โดยใช้ข้อมูลสำรวจจากสำนักงานสถิติแห่งชาติปี พ.ศ. 2550 มาใช้ประมาณระยะการเดินทางรวมซึ่งได้ผลดังนี้ จังหวัดนครราชสีมา 4,651 กม./คน/ปี จังหวัดปราจีนบุรี 4,057 กม./คน/ปี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 6,604

กม./คน/ปี รายละเอียดดังรูปที่ 3.45 เพื่อความเข้าใจจะขอยกตัวอย่างให้ดู 1 กลุ่มครัวเรือน เป็นครัวเรือนที่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 3 คน มีจำนวนรถยนต์ 2 คัน รถจักรยานยนต์ 1 ครัน อยู่ในพื้นที่เขตในเมือง จังหวัดนครราชสีมา สามารถประมาณระยะการเดินทางได้โดยใช้สมการความถดถอยที่พัฒนาขึ้น เมื่อแทนค่าในสมการจะได้ 16.881 + 29.288(2) + 10.879(1) = 67.93 กิโลเมตรต่อวัน จากนั้นแปลงข้อมูลเป็นปีโดยคูณ 365 จะได้ว่า กลุ่มครัวเรือนนี้เดินทาง 24,793 *(VKT_1)* กิโลเมตรต่อปี ต่อไปเป็นการขยายจากข้อมูลครัวเรือนเป็นข้อมูลจังหวัดโดยหาสัดส่วนของครัวเรือนกลุ่มนี้ว่ามีจำนวนเท่าใด ซึ่งหาได้จากข้อมูลการสำรวจสำมะโนประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่าครัวเรือนกลุ่มนี้มีสัดส่วนอยู่ร้อยละ 0.8522 *($Household_1$)* ของครัวเรือนทั้งหมด ก็นำสัดส่วนนี้ไปคูณกับ 24,793 จะได้ 7,043.57 กิโลเมตรต่อปี ซึ่งต้องทำเช่นนี้ให้ครบทั้ง 36 กลุ่มครัวเรือนสำหรับในเมืองและนอกเมืองจากนั้นค่อยนำมารวมกันแล้วหารด้วยผลรวมของสัดส่วนครัวเรือนซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

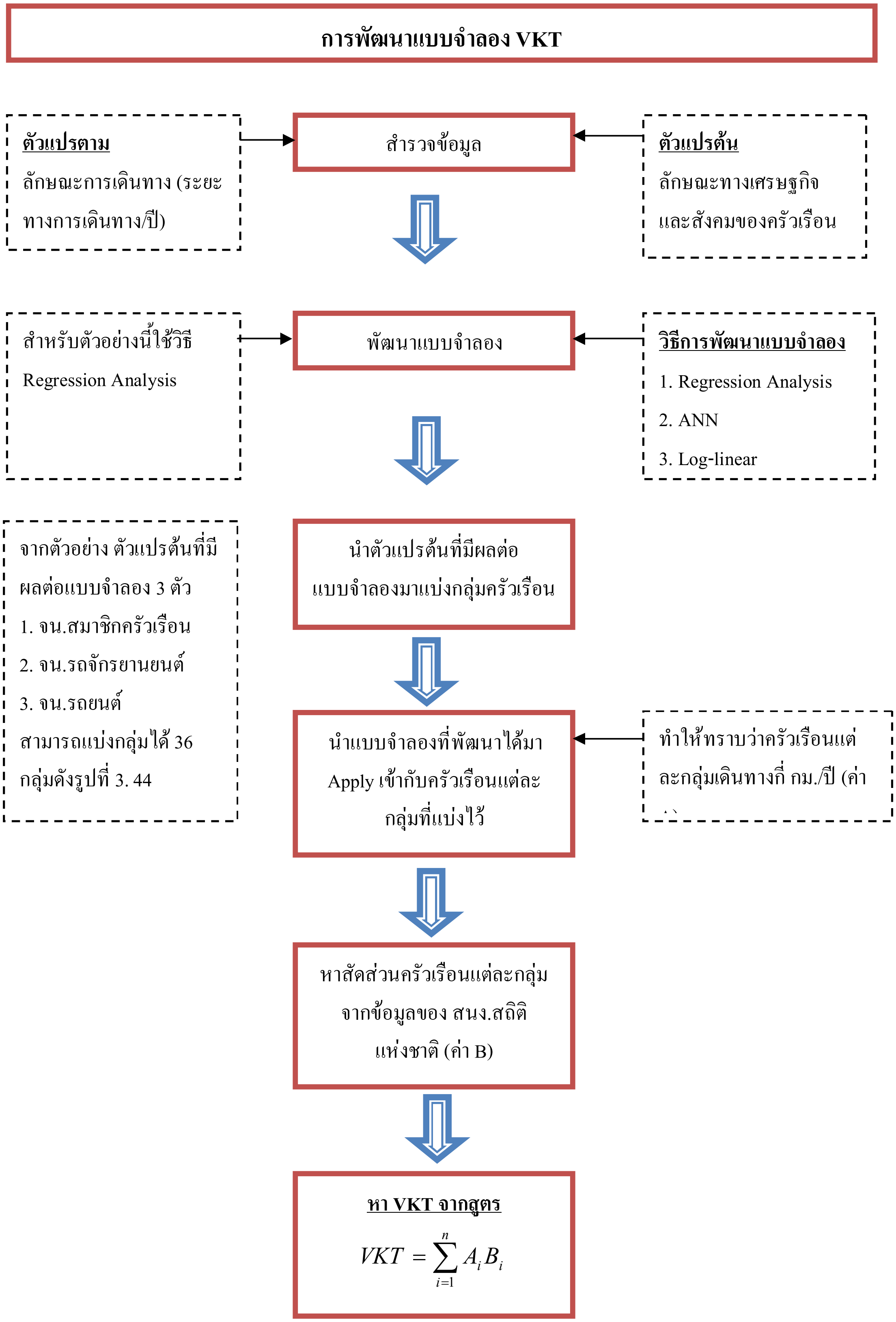
$$\text{VKT}_{(\text{Urban / Rural})} = \frac{(VKT_1 \times Household_1) + ... + (VKT_{36} \times Household_{36})}{(Household_1 + ... + Household_{36})}$$

เมื่อแทนค่าดังกล่าวเสร็จแล้วในแต่ละจังหวัดจะมีค่า VKT สำหรับในเมืองและนอกเมือง สามารถทำเป็น VKT ของจังหวัดได้โดยหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก

$$\text{VKT} = \frac{(\text{VKT ในเมือง X สัดส่วนประชากรในเมือง}) + (\text{VKT นอกเมือง X สัดส่วนประชากรนอกเมือง})}{\text{สัดส่วนประชากรในเมือง} + \text{สัดส่วนประชากรนอกเมือง}}$$



รูปที่ 3. 46 แสดงการแบ่งกลุ่มของตัวอย่าง



รูปที่ 3. 47 ขั้นตอนการหา VKT

- **อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ**

การหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะหาโดยข้อมูลจาก หน่วยทดสอบมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ แต่เนื่องจากแบบจำลองยังไม่ได้พัฒนาในปีนี้จึงใช้แบบจำลองที่พัฒนาโดย พันธ์ระวี กองบุญเทียม เมื่อปี พ.ศ.2546 ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 3.40

ตารางที่ 3. 40 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท

ยานพาหนะ	อัตราสิ้นเปลือง (km/KOE)	อัตราสิ้นเปลือง (KOE/100km)
รถเก๋ง*	13.332	7.501
รถปิกอัพ*	13.353	7.489
รถจักรยานยนต์*	40.241	2.485
รถประจำทาง**	5.624	17.781

KOE: kilograms of oil equivalents (กิโลกรัมเทียบเท่าน้ำมันดิบ)

** พันธ์ระวี กองบุญเทียม พ.ศ.2546*

** * ข้อมูลจากโครงการศึกษาและสำรวจการใช้พลังงานในภาคขนส่ง สนพ.*

ตารางที่ 3. 41 สัดส่วนการเดินทางในยานพาหนะตามระยะทาง

ยานพาหนะ	สัดส่วน(%)
รถเก๋ง	41.50
รถปิคอัพ	15.55
รถจักรยานยนต์	41.56
รถประจำทาง	1.37

จากตารางที่ 3.41 เป็นสัดส่วนการเดินทางโดยเทียบตามระยะทางจากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ 3 จังหวัด เพื่อใช้ในการหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{อัตราสิ้นเปลืองน้ำมัน} = \frac{(41.50x7.501)+(15.55x7.489)+(41.56x2.485)+(1.37x17.781)}{41.50+15.55+41.56+1.37}$$

= 5.556 KOE/100km

บทที่ 4
การสำรวจข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานด้านการขนส่งในจังหวัดนำร่อง

4.1 การสำรวจข้อมูลการเดินทางของครัวเรือน

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการสำรวจข้อมูลการเดินทางของประชาชน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานสำหรับการเดินทางทางบก สำหรับในปีแรกนี้จะดำเนินการสำรวจข้อมูลในเขตพื้นที่ 3 จังหวัด คือ นครราชสีมา พระนครศรีอยุธยา และปราจีนบุรี ซึ่งวิธีการสำรวจ กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 วิธีการสำรวจ

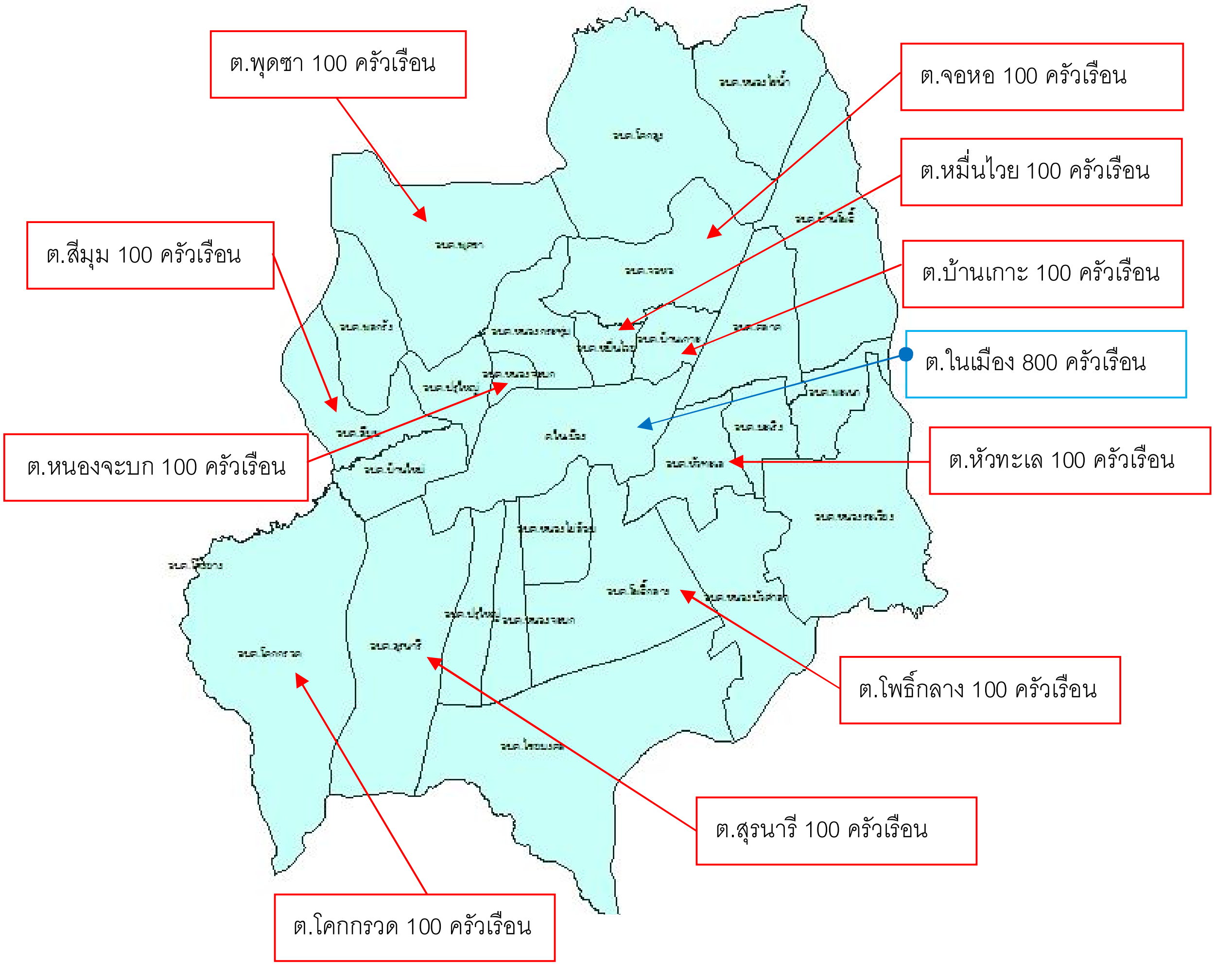
ในการสำรวจครั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการเดินทางและลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน โดยการสัมภาษณ์สมาชิกในครัวเรือน (Household Travel Survey) ลักษณะคำถามจะเป็นแบบ Reveal Preference (RP) ซึ่งเป็นคำถามที่ถามถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่บุคคลได้ประสบเหตุการณ์นั้นมาแล้วตัวอย่างแบบสำรวจแสดงในภาคผนวก ก.

4.1.2 กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ครัวเรือนที่มีที่ตั้งอยู่ในเขตเมืองและนอกเมืองในแต่ละจังหวัด การเลือกตัวอย่างเลือกโดยวิธีการสุ่ม (Random) ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการศึกษา จำนวนตัวอย่างในแต่ละพื้นที่แสดงดังตารางที่ 3.2 และพื้นที่การและจำนวนตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมาแสดงดังรูปที่ 4.1 จังหวัดปราจีนบุรีแสดงดังรูปที่ 4.2 และจังหวัดพระนครศรีอยุธยาแสดงดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4. 1 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในแต่ละเขตพื้นที่

ที่	พื้นที่	จำนวนตัวอย่าง
1	ในเขตเทศบาลนครราชสีมา	800 ครัวเรือน
2	นอกเขตเทศบาลนครราชสีมา	1,000 ครัวเรือน
3	เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยา	300 ครัวเรือน
4	เขตนอกเมืองพระนครศรีอยุธยา	200 ครัวเรือน
5	เขตในเมืองปราจีนบุรี	300 ครัวเรือน
6	เขตนอกเมืองปราจีนบุรี	200 ครัวเรือน



รูปที่ 4. 1 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1,800 ครัวเรือน

รูปที่ 4. 2 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 500 ครัวเรือน

รูปที่ 4. 3 จำนวนตัวอย่างในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา 500 ครัวเรือน

4.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

ในการสำรวจจะใช้แบบสำรวจที่พัฒนาขึ้นตามความเหมาะสมกับพื้นที่ทำการศึกษา โดยลักษณะแบบสำรวจแสดงใน ซึ่งรายละเอียดข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4. 2 ข้อมูลในแบบสอบถาม

ประเภทข้อมูล	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน	ประเภทที่พักอาศัย	1. บ้านเดี่ยว 2. ทาวน์เฮาส์ 3. ตึกแถว 4. คอนโดมิเนียม/แฟลต 5. อื่น ๆ
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน	รายได้ของครัวเรือนต่อเดือน	1. ไม่มีรายได้ 2. น้อยกว่า 3,000 3. 3,000-4,999 บาท 4. 5,000-7,499 บาท 5. 7,500-9,999 บาท 6. 10,000-12,499 บาท 7. 12,500-14,999 บาท 8. 15,000-17,499 บาท 9. 17,500-19,999 บาท 10. 20,000-24,999 บาท 11. 25,000-29,999 บาท 12. 30,000-39,999 บาท 13. 40,000-49,999 บาท 14. 50,000-59,999 บาท 15. 60,000-69,999 บาท 16. 70,000-79,999 บาท 17. 80,000-89,999 บาท 18. 90,000-99,999 บาท 19. 100,000 บาท ขึ้นไป

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลในแบบสอบถาม (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน	จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน	เลขจำนวนเต็ม
	จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนที่ทำงานแล้ว	เลขจำนวนเต็ม
	จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนกำลังศึกษาอยู่	เลขจำนวนเต็ม
	จำนวนผู้ที่อาศัยอยู่ในบ้านที่ไม่ได้ทำงานและศึกษา	เลขจำนวนเต็ม
	จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนมีครอบครอง แยกประเภทยานพาหนะ	เลขจำนวนเต็ม
	เพศ	1. ชาย 2. หญิง
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของบุคคล	อายุ	เลขจำนวนเต็ม
	สถานะในบ้าน	1. พ่อบ้าน 2. ลูก 3. ผู้อาศัย/ลูกจ้าง 4. แม่บ้าน 5. ญาติ 6. อื่น ๆ

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลในแบบสอบถาม (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของบุคคล	การศึกษา	1. ประถมศึกษา
		2. ม.3
		3. ม.6/ปวช.
		4. อนุปริญญา/ปวส.
		5. ปริญญาตรี
		6. ปริญญาโท
		7. ปริญญาเอก
	อาชีพ	1. ไม่ได้ทำงาน
		2. นักเรียน/นักศึกษา
		3. ข้าราชการ
		4. รัฐวิสาหกิจ
		5. ลูกจ้างเอกชน
		6. กิจการส่วนตัว
		7. เกษตรกรรม
		8. รับจ้างทั่วไป
		9. อื่น ๆ
	รายได้ต่อเดือน	1. ไม่มีรายได้
		2. น้อยกว่า 3,000
		3. 3,000-4,999 บาท
		4. 5,000-7,499 บาท
		5. 7,500-9,999 บาท
		6. 10,000-12,499 บาท
		7. 12,500-14,999 บาท
		8. 15,000-17,499 บาท

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลในแบบสอบถาม (ต่อ)

ประเภทข้อมูล	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ
ข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของบุคคล	รายได้ต่อเดือน	9. 17,500-19,999 บาท 10. 20,000-24,999 บาท 11. 25,000-29,999 บาท 12. 30,000-39,999 บาท 13. 40,000-49,999 บาท 14. 50,000-59,999 บาท 15. 60,000-69,999 บาท 16. 70,000-79,999 บาท 17. 80,000-89,999 บาท 18. 90,000-99,999 บาท 19. 100,000 บาท ขึ้นไป
	สถานภาพสมรส	1. โสด 2. แต่งงาน 3. หย่า/แยกกันอยู่
ข้อมูลการเดินทางของบุคคล	ความถี่ในการเดินทางต่อวัน	เลขจำนวนเต็ม
	ยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทาง	1. รถจักรยาน 2. รถสามล้อถีบ 3. รถจักรยานยนต์ 4. รถสามล้อเครื่อง 5. รถเก๋ง 6. รถปิคอัพ 7. รถตู้ 8. รถบัส 9. รถสองแถว/มินิบัส 10. รถบรรทุก 6 ล้อขึ้นไป 11. อื่น ๆ โปรดระบุ

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลในแบบสอบถาม (ต่อ)

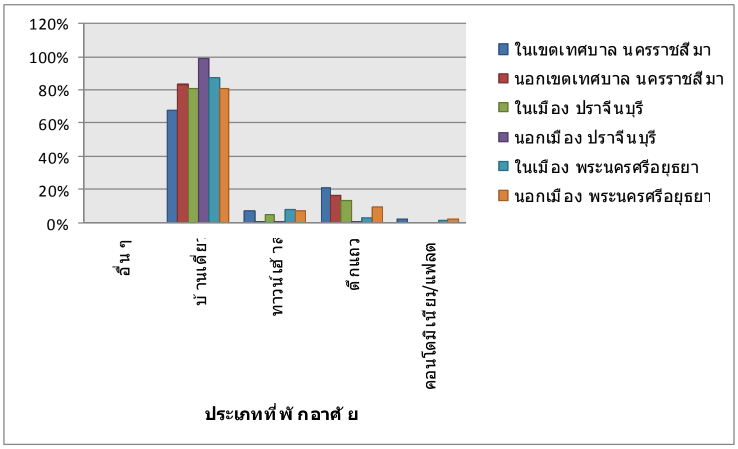
ประเภทข้อมูล	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูลที่จัดเก็บ
ข้อมูลการเดินทางของบุคคล	สถานะภาพการขับขี่	1. ผู้ขับขี่ 2. ผู้โดยสาร
	ระยะทางในการเดินทางต่อวัน แยกประเภทยานพาหนะ	เลขจำนวนเต็ม
	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง	เลขจำนวนเต็ม
	ระยะเวลาในการเดินทาง	เลขจำนวนเต็ม

4.1.4 ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน

จากการสำรวจข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนในเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษา 3 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดปราจีนบุรี พบข้อมูลดังนี้

- **ประเภทที่พักอาศัย**

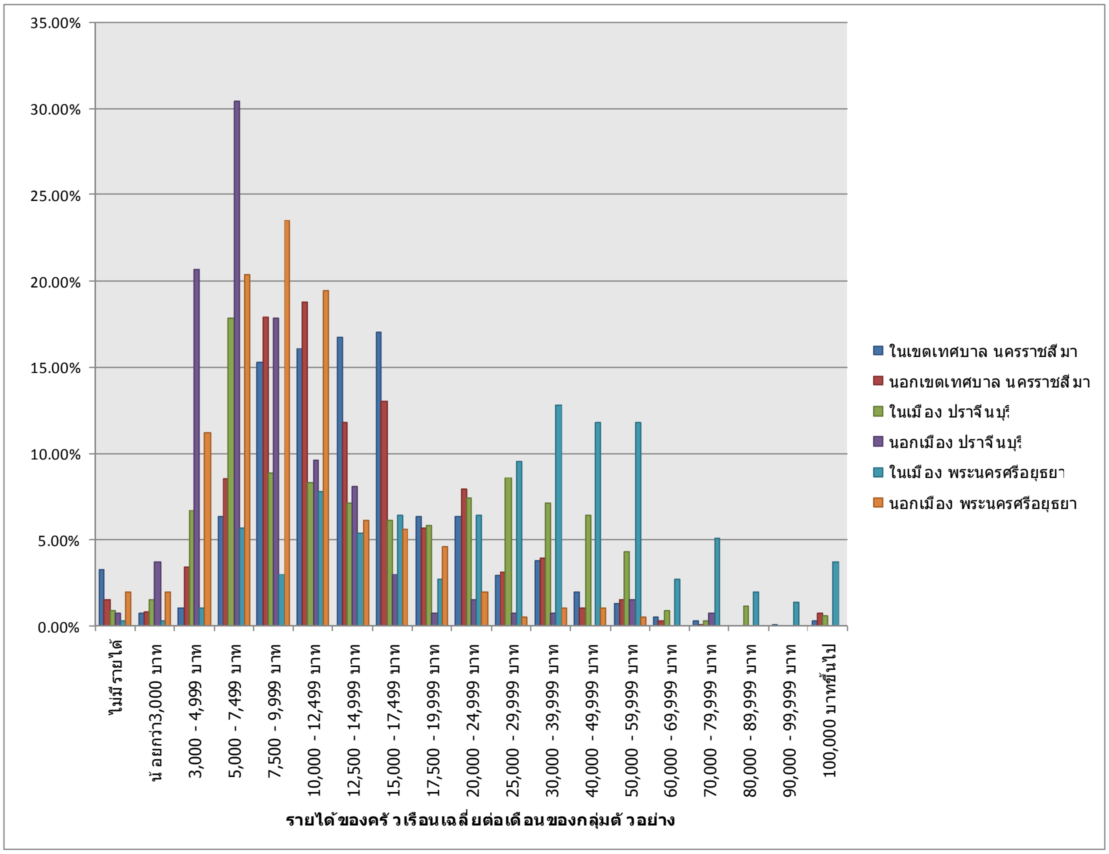
เมื่อพิจารณาแยกตามพื้นที่ ดังรูปที่ 4.4 พบว่าในทุกเขตพื้นที่ส่วนใหญ่มีที่พักอาศัยเป็นบ้านเดี่ยว ซึ่งในเขตเทศบาลนครราชสีมาคิดเป็นร้อยละ 67.60 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาคิดเป็นร้อยละ 83.00 ในเมืองปราจีนบุรีคิดเป็นร้อยละ 80.70 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีคิดเป็นร้อยละ 98.50 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาคิดเป็นร้อยละ 86.50 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 81.10



รูปที่ 4. 4 ประเภทที่พักอาศัยของกลุ่มตัวอย่าง

- **รายได้ของครัวเรือน**

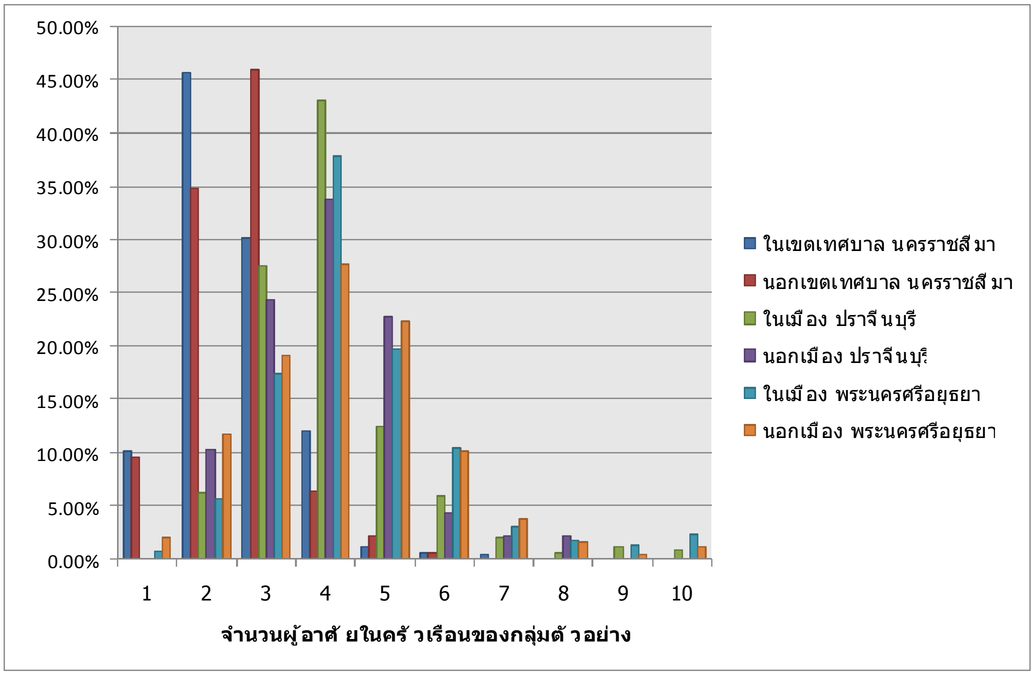
เมื่อพิจารณารายได้ของครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.5 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีรายได้ 15,000 – 17,499 บาท คิดเป็นร้อยละ 17.00 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีรายได้ 10,000 – 12,499 บาท คิดเป็นร้อยละ 18.80 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000 – 7,499 บาท คิดเป็นร้อยละ 17.80 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000 – 7,499 บาท คิดเป็นร้อยละ 30.40 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีรายได้ 30,000 – 39,999 บาท คิดเป็นร้อยละ 12.50 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีรายได้ 7,500 – 9,999 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.50



รูปที่ 4. 5 รายได้ของครัวเรือนเฉลี่ยต่อเดือนของกลุ่มตัวอย่าง

- **จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน**

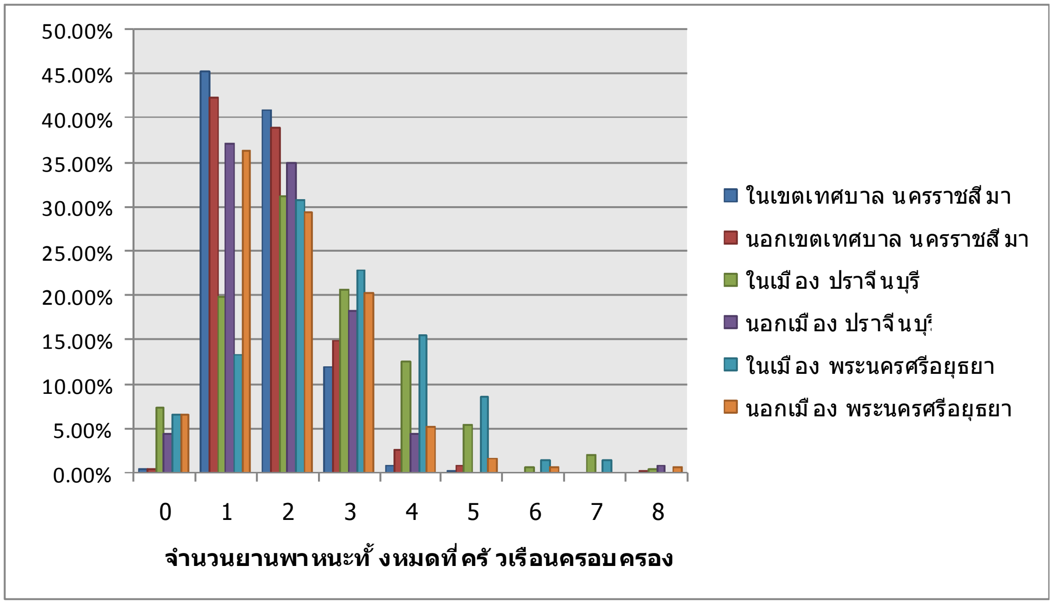
เมื่อพิจารณาจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.6 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 45.60 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 46.00 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 43.00 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 33.80 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 37.80 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีจำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 27.70



รูปที่ 4. 6 จำนวนผู้อาศัยในครัวเรือนของกลุ่มตัวอย่าง

- **จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง**

เมื่อพิจารณาจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครองของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.7 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 1 คัน คิดเป็นร้อยละ 45.30 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 1 คัน คิดเป็นร้อยละ 42.30 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 2 คัน คิดเป็นร้อยละ 31.20 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 1 คัน คิดเป็นร้อยละ 37.20 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 2 คัน คิดเป็นร้อยละ 30.70 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง 1 คัน คิดเป็นร้อยละ 36.40

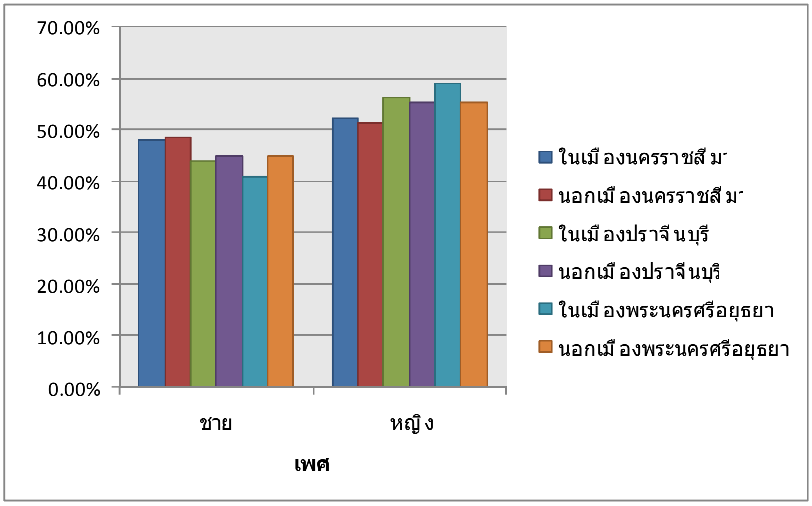


รูปที่ 4. 7 จำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง

4.1.5 ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชน

- **เพศ**

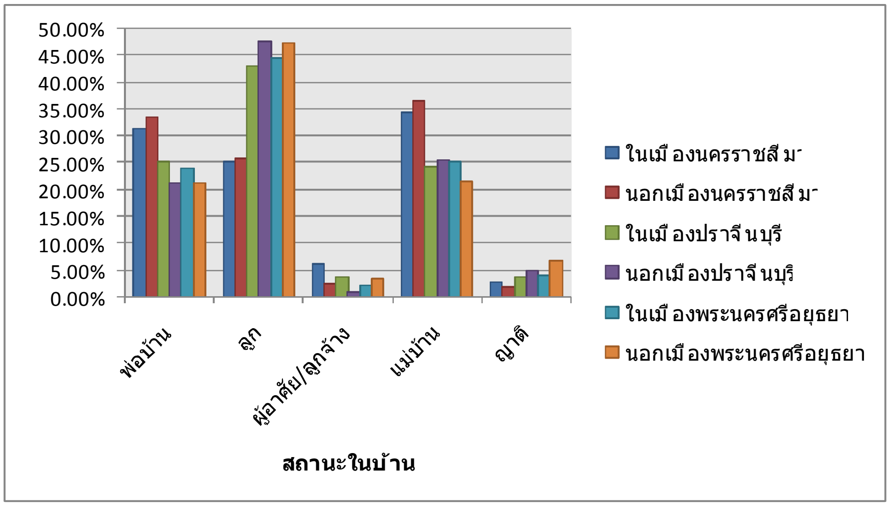
จากการสำรวจเมื่อพิจารณาเพศของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.8 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชายในทุกเขตพื้นที่ดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 52.20 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 51.40 ในเมืองปราจีนบุรี คิดเป็นร้อยละ 56.10 เขตนอกเมืองปราจีนบุรี คิดเป็นร้อยละ 55.30 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 59.10 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 55.20



รูปที่ 4. 8 การจำแนกตามเพศของกลุ่มตัวอย่าง

- **สถานะในบ้าน**

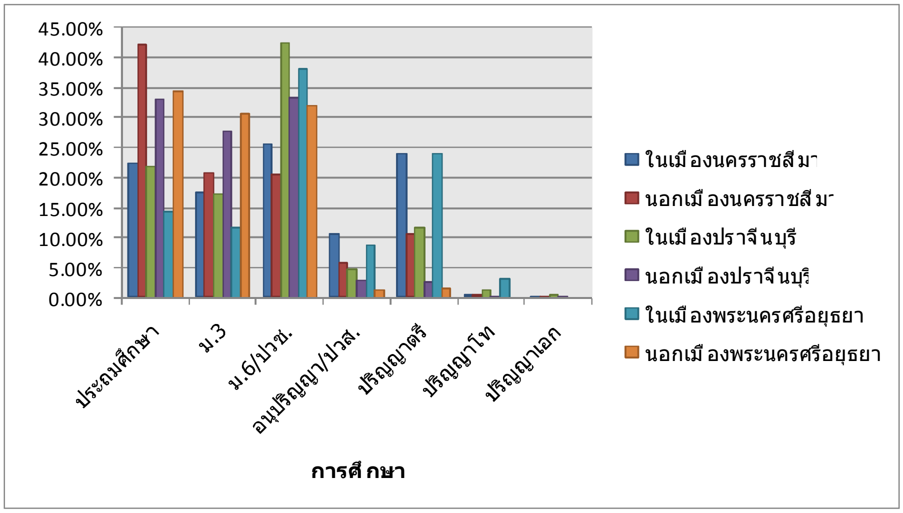
เมื่อพิจารณาสถานะในบ้านของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.9 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นแม่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 34.50 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นแม่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 36.60 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นลูก คิดเป็นร้อยละ 43.00 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นลูก คิดเป็นร้อยละ 47.40 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นลูก คิดเป็นร้อยละ 44.60 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานะในบ้านเป็นลูกคิดเป็นร้อยละ 47.20



รูปที่ 4. 9 การจำแนกตามสถานะในบ้านของกลุ่มตัวอย่าง

- **การศึกษา**

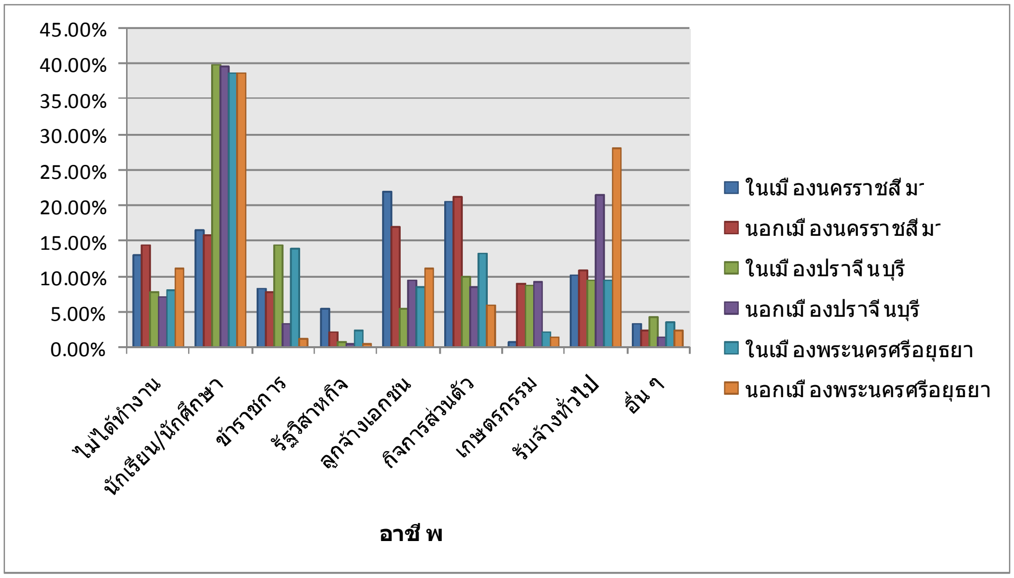
เมื่อพิจารณาระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.10 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ ม.6 คิดเป็นร้อยละ 25.40 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีมีระดับการศึกษาอยู่ที่ประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 42.00 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ ม.6 คิดเป็นร้อยละ 42.30 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ ม.6 คิดเป็นร้อยละ 38.00 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ ม.6 คิดเป็นร้อยละ 38.00 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาอยู่ที่ ม.6 คิดเป็นร้อยละ 34.40



รูปที่ 4. 10 การจำแนกตามการศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง

- **อาชีพ**

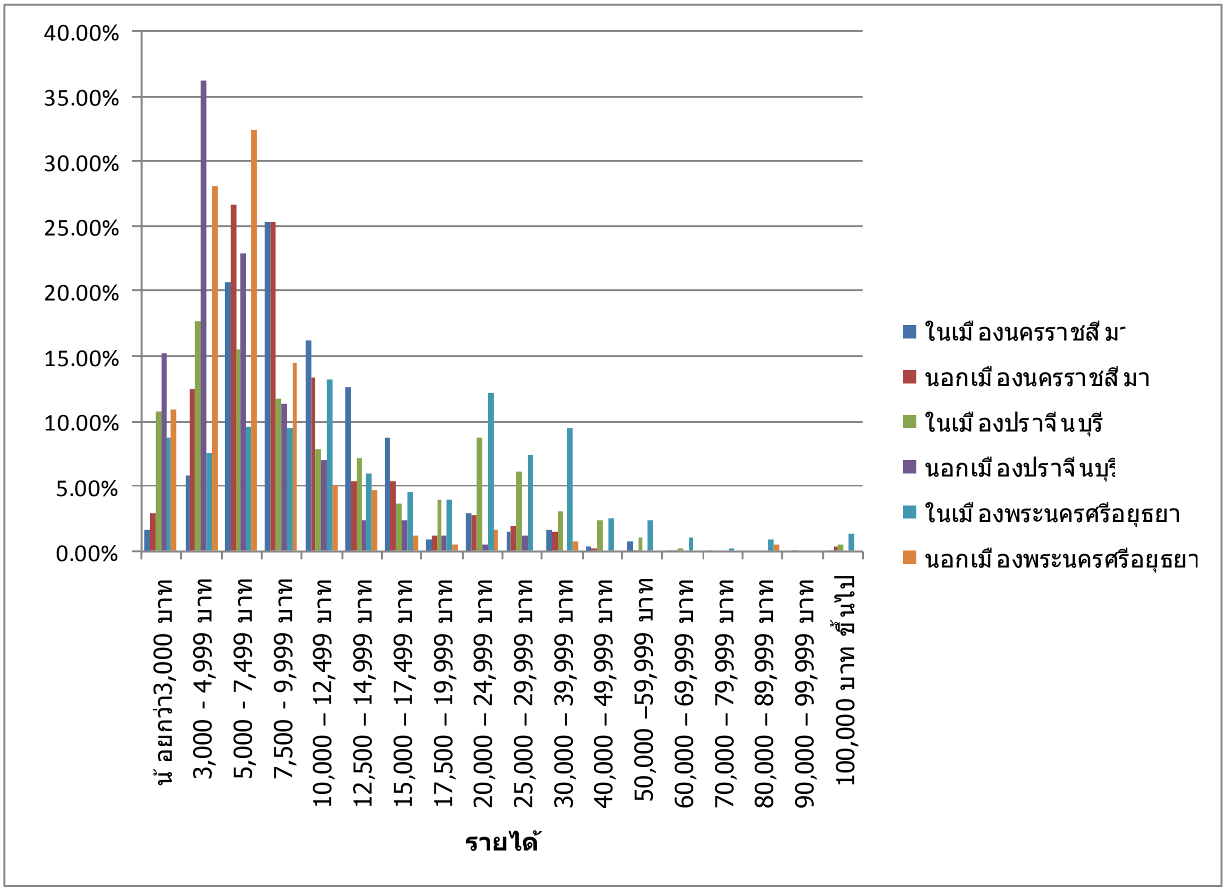
เมื่อพิจารณาอาชีพกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.11 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นลูกจ้างเอกชน คิดเป็นร้อยละ 22.00 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นกิจการส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 21.30 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 39.80 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 39.50 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 38.60 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษา คิดเป็นร้อยละ 38.70



รูปที่ 4. 11 การจำแนกตามอาชีพของกลุ่มตัวอย่าง

- **รายได้**

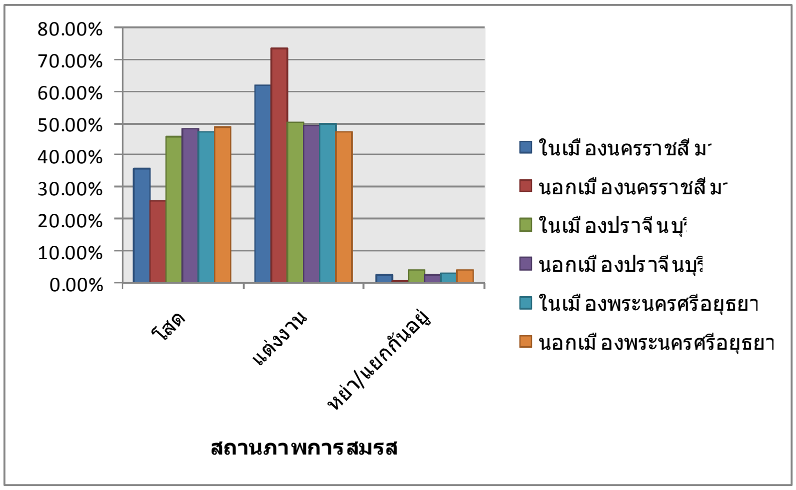
เมื่อพิจารณารายได้ของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.12 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีรายได้ 7,500 – 9,999 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 25.35 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000 – 7,499 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 26.70 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีรายได้ 3,000 – 4,999 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 17.69 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีรายได้ 3,000 – 4,999 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 36.19 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีรายได้ 10,000 – 12,499 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 13.20 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีรายได้ 5,000 – 7,499 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 32.42



รูปที่ 4. 12 การจำแนกตามรายได้ของกลุ่มตัวอย่าง

- **สถานภาพการสมรส**

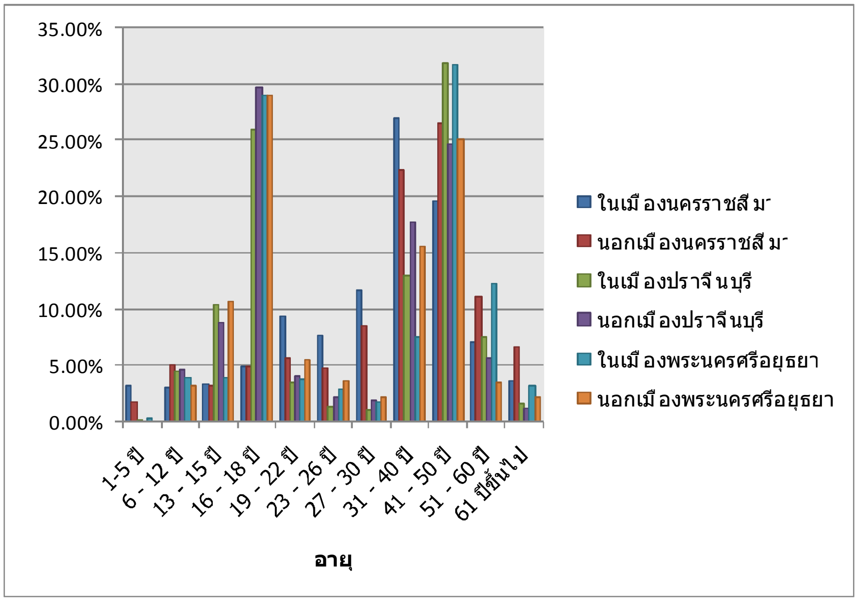
เมื่อพิจารณาสถานภาพการสมรสของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.13 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสแต่งงาน คิดเป็นร้อยละ 62.00 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสแต่งงาน คิดเป็นร้อยละ 73.50 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสแต่งงาน คิดเป็นร้อยละ 50.10 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสแต่งงาน คิดเป็นร้อยละ 49.30 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสแต่งงาน คิดเป็นร้อยละ 49.70 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานภาพการสมรสโสด คิดเป็นร้อยละ 47.30



รูปที่ 4. 13 การจำแนกตามสถานภาพการสมรสของกลุ่มตัวอย่าง

- **อายุ**

เมื่อพิจารณาอายุของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.14 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่อายุ 31 – 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.90 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่อายุ 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.50 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่อายุ 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 31.80 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่อายุ 16 – 18 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.60 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่อายุ 16 – 18 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.00 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่อายุ 16 – 18 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.00

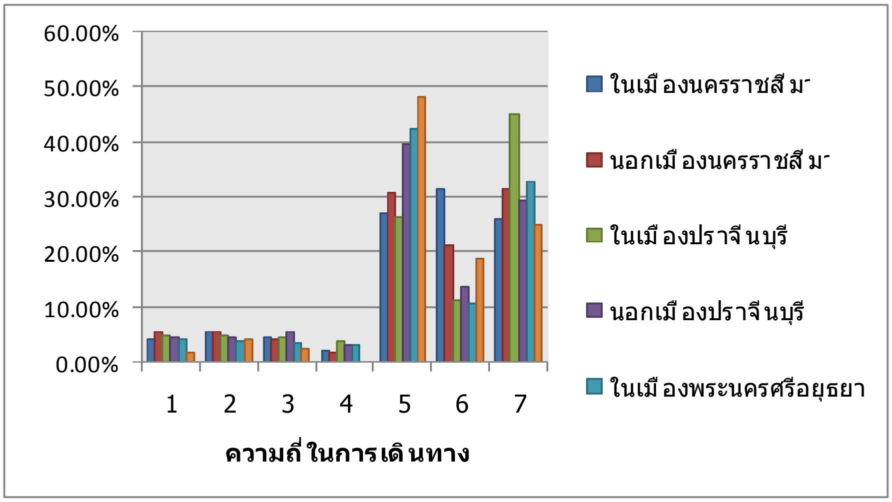


รูปที่ 4. 14 การจำแนกตามอายุของกลุ่มตัวอย่าง

4.1.6 ข้อมูลการเดินทางของประชาชน

- **ความถี่ในการเดินทาง**

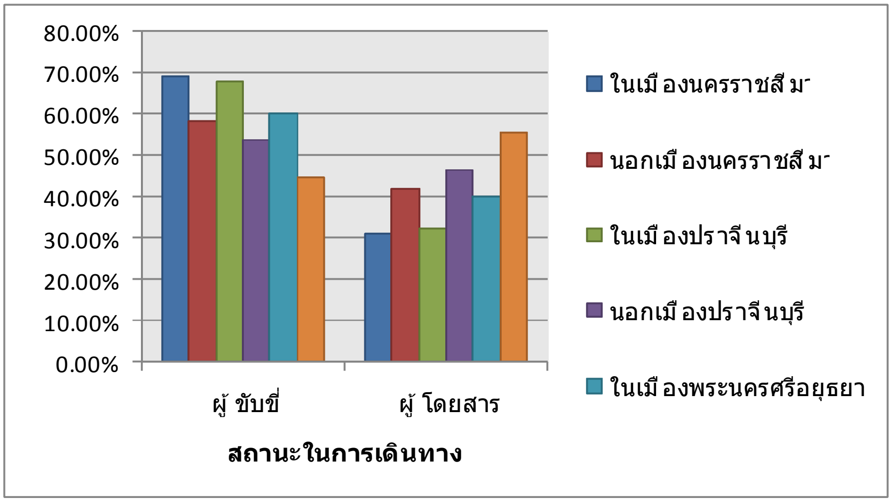
เมื่อพิจารณาความถี่ในการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.15 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่เดินทาง 5 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 26.80 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่เดินทาง 7 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 31.20 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่เดินทาง 7 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 44.90 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่เดินทาง 5 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 39.40 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่เดินทาง 5 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 42.20 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่เดินทาง 5 วัน/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 31.90



รูปที่ 4. 15 ความถี่ในการเดินทาง

- **สถานะในการเดินทาง**

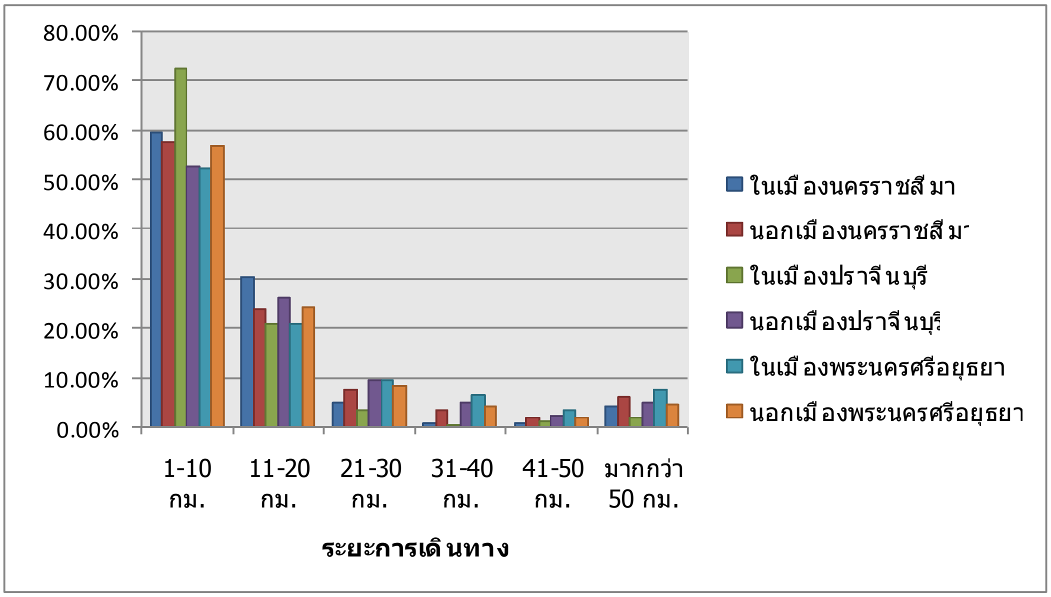
เมื่อพิจารณาสถานะในการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.16 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกันดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 69.00 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมาส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 58.10 ในเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 67.60 เขตนอกเมืองปราจีนบุรีส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 53.60 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้ขับขี่ คิดเป็นร้อยละ 60.00 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยาส่วนใหญ่มีสถานะในการเดินทางเป็นผู้โดยสาร คิดเป็นร้อยละ 55.40



รูปที่ 4. 16 สถานะในการเดินทาง

- **ระยะทางการเดินทาง**

จากการสำรวจเมื่อพิจารณาระยะการเดินทางของกลุ่มตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.17 พบว่าในแต่ละเขตพื้นที่มีกลุ่มตัวอย่างที่เดินทางในระยะทางสั้น ๆ คือ 1 – 10 กม./วัน ในทุกเขตพื้นที่ ดังนี้ ในเขตเทศบาลนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 59.50 นอกเขตเทศบาลนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 57.60 ในเมืองปราจีนบุรี คิดเป็นร้อยละ 72.30 เขตนอกเมืองปราจีนบุรี คิดเป็นร้อยละ 52.70 เขตในเมืองพระนครศรีอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 52.40 เขตเมืองพระนครศรีอยุธยา คิดเป็นร้อยละ 56.70



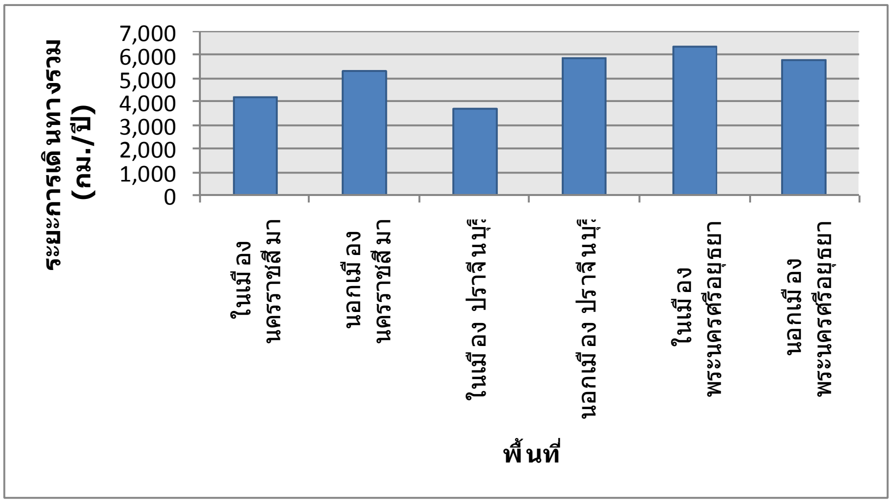
รูปที่ 4. 17 ระยะการเดินทาง

4.1.7 ระยะการเดินทางรวมของประชากร

จากการสำรวจข้อมูลการเดินทางของประชาชนสามารถอนุมานระยะการเดินทางรวมของประชากรในจังหวัดตัวอย่าง 3 จังหวัดได้ดังนี้คือ เขตในเมืองจังหวัดนครราชสีมา 4,191 กม./ปี นอกเมืองจังหวัดนครราชสีมา 5,279 กม./ปี มีความแตกต่างระหว่างเขตนอกเมืองกับในเมืองร้อยละ 25.96 ในเมืองปราจีนบุรี 3,732 กม./ปี นอกเมืองปราจีนบุรี 5,866 กม./ปี ความแตกต่างระหว่างเขตนอกเมืองกับในเมืองร้อยละ 57.17 ในเมืองพระนครศรีอยุธยา 6,355 กม./ปี นอกเมืองพระนครศรีอยุธยา 5,773 กม./ปี ความแตกต่างระหว่างเขตนอกเมืองกับในเมืองร้อยละ 9.17 ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4. 3 สถิติระยะการเดินทางรวม จากการสำรวจ

พื้นที่	N	Mean	Std. Deviation	ร้อยละความแตกต่างในเมืองกับนอกเมือง
ในเมือง นครราชสีมา	1,312	4,191	4,016	25.96
นอกเมือง นครราชสีมา	3,099	5,279	6,191	
ในเมือง ปราจีนบุรี	258	3,732	4,582	57.17
นอกเมือง ปราจีนบุรี	269	5,866	6,500	
ในเมือง พระนครศรีอยุธยา	490	6,355	7,062	9.17
นอกเมือง พระนครศรีอยุธยา	326	5,773	6,432	



รูปที่ 4. 18 ระยะการเดินทางรวมในแต่ละเขตพื้นที่จากการสำรวจ

4.2 การสำรวจข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะดำเนินการสำรวจข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะประเภทต่าง ๆ โดยสำรวจ ณ สถานีบริการน้ำมัน ในเขตจังหวัดนครราชสีมา ปราจีนบุรี และพระนครศรีอยุธยา ซึ่งวิธีการสำรวจ กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 วิธีการสำรวจ

ในการสำรวจข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะ ดำเนินการสำรวจโดยการให้เจ้าหน้าที่เก็บข้อมูลปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิงแต่ละชนิด บริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวอย่างแบบสำรวจแสดงในภาคผนวก ข.

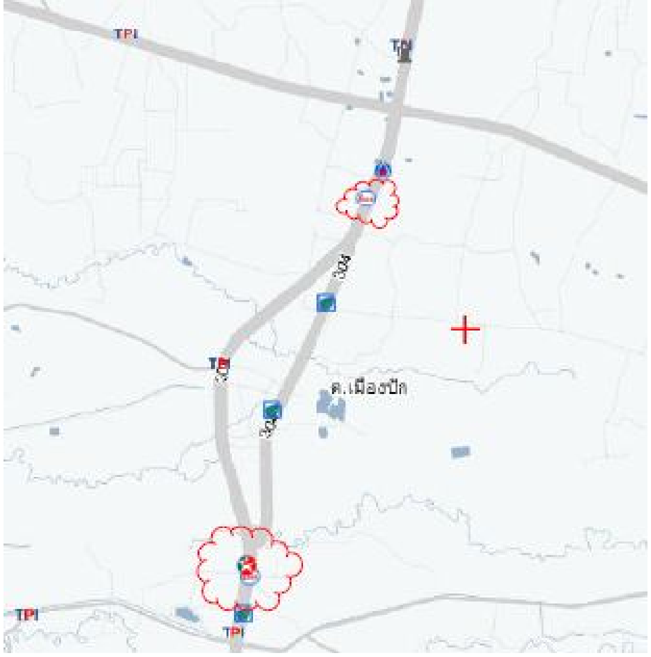
4.2.2 กลุ่มตัวอย่างและขนาดตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองนครราชสีมาจำนวน 12 สถานี สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่นอกเขตอำเภอเมืองนครราชสีมาจำนวน 19 สถานี สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองปราจีนบุรีจำนวน 1 สถานี สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่นอกเขตอำเภอเมืองปราจีนบุรีจำนวน 1 สถานี สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยาจำนวน 1 สถานี สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงที่ตั้งอยู่นอกเขตอำเภอเมืองพระนครศรีอยุธยาจำนวน 1 สถานี การเลือกตัวอย่างเลือกโดยวิธีการสุ่ม (Random) ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการศึกษา ดังตารางที่ 4.4

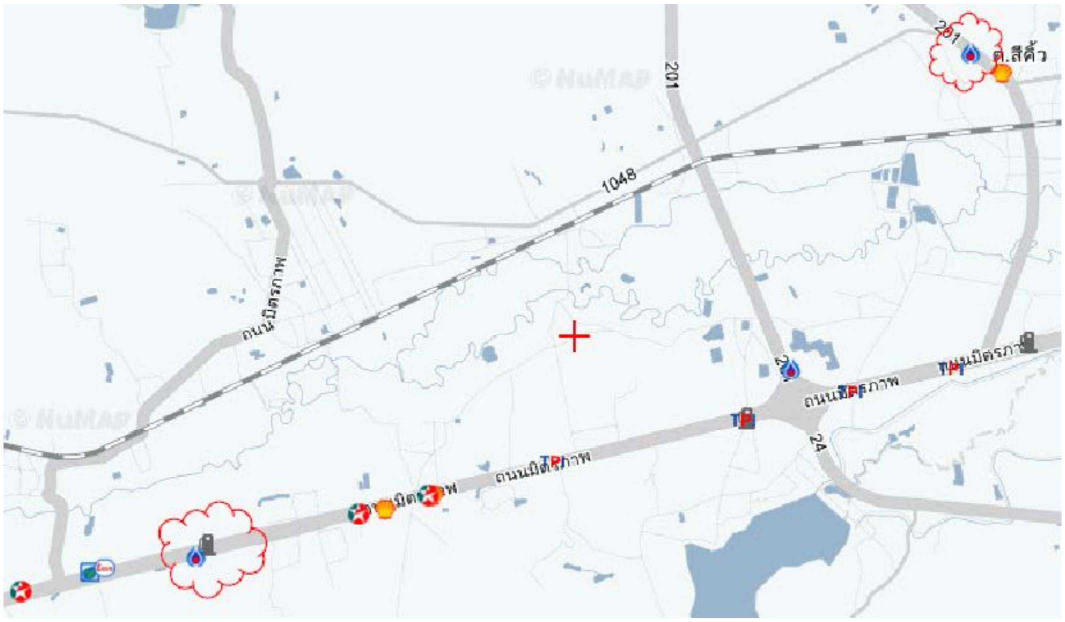
ตารางที่ 4. 4 ที่ตั้งและจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ที่	ที่ตั้ง	จำนวน	รูปที่ตั้ง
1	เมืองนครราชสีมา	12	รูปที่ 4.19
2	อำเภอปักธงชัย	3	รูปที่ 4.20
3	อำเภอสีคิ้ว	2	รูปที่ 4.21
4	อำเภอปากช่อง	3	รูปที่ 4.22
5	อำเภอด่านขุนทด	2	รูปที่ 4.23
6	อำเภอพิมาย	3	รูปที่ 4.24
7	อำเภอบัวใหญ่	2	รูปที่ 4.25
8	อำเภอโนนแดง	1	รูปที่ 4.26
9	อำเภอจักราช	2	รูปที่ 4.27
10	อำเภอห้วยแถลง	1	รูปที่ 4.28
11	จังหวัดปราจีนบุรี	2	รูปที่ 4.29 – 4.30
12	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	2	รูปที่ 4.31 – 4.32

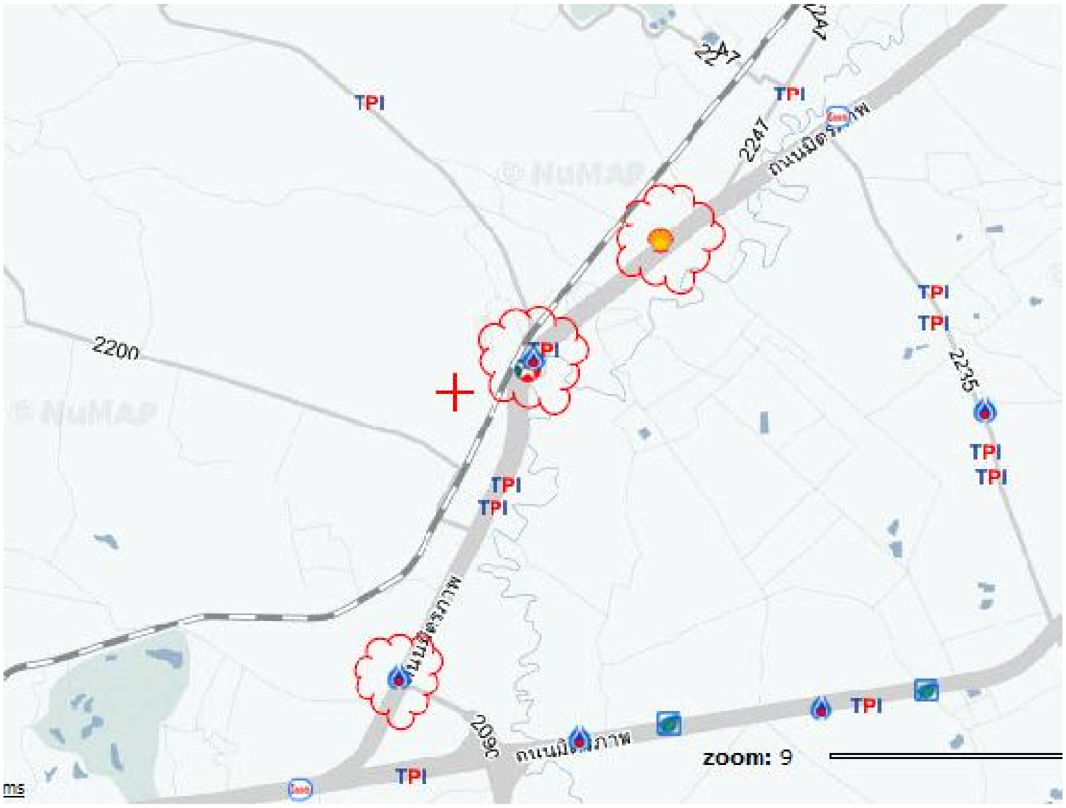
รูปที่ 4. 19 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอเมืองนครราชสีมา จำนวน 12 ปั๊ม



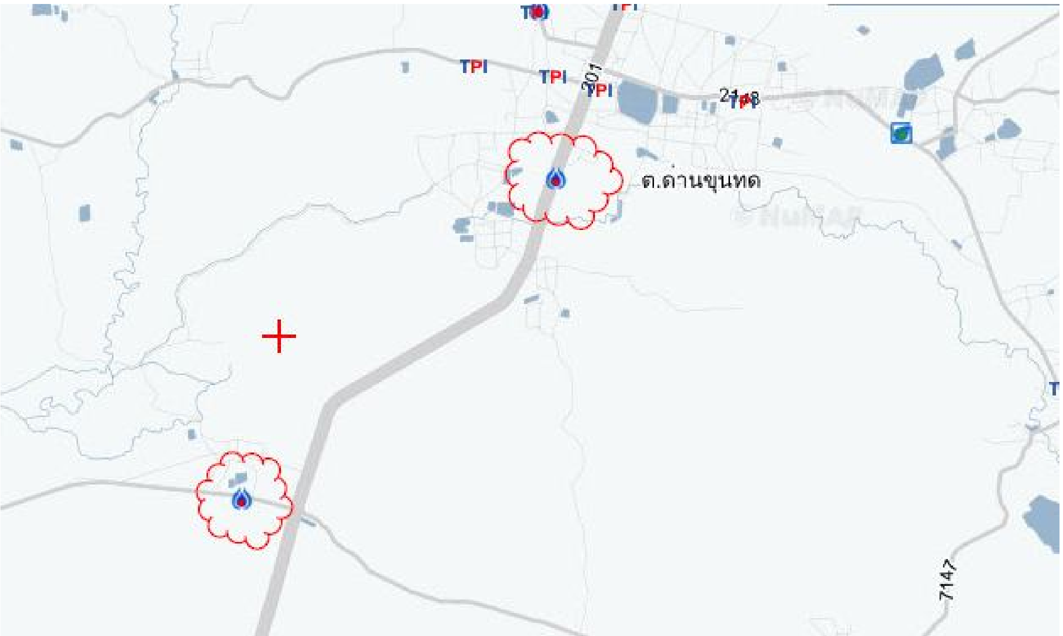
รูปที่ 4. 20 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอปักธงชัย จำนวน 3 ปั๊ม



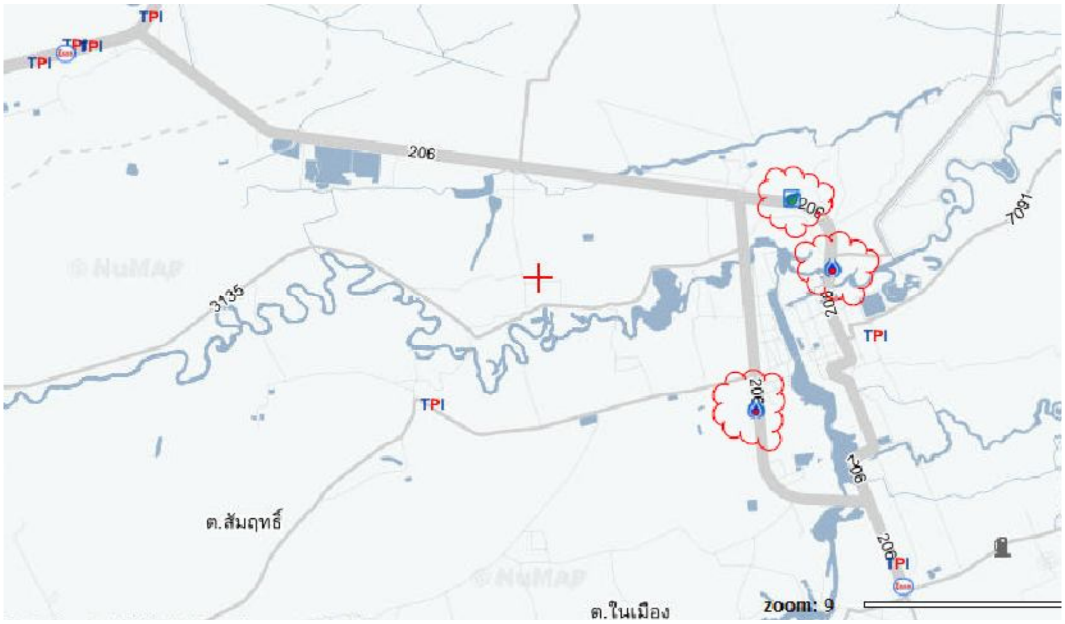
รูปที่ 4. 21 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอสีคิ้ว จำนวน 2 ปั๊ม



รูปที่ 4. 22 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอปากช่อง จำนวน 3 ปั๊ม

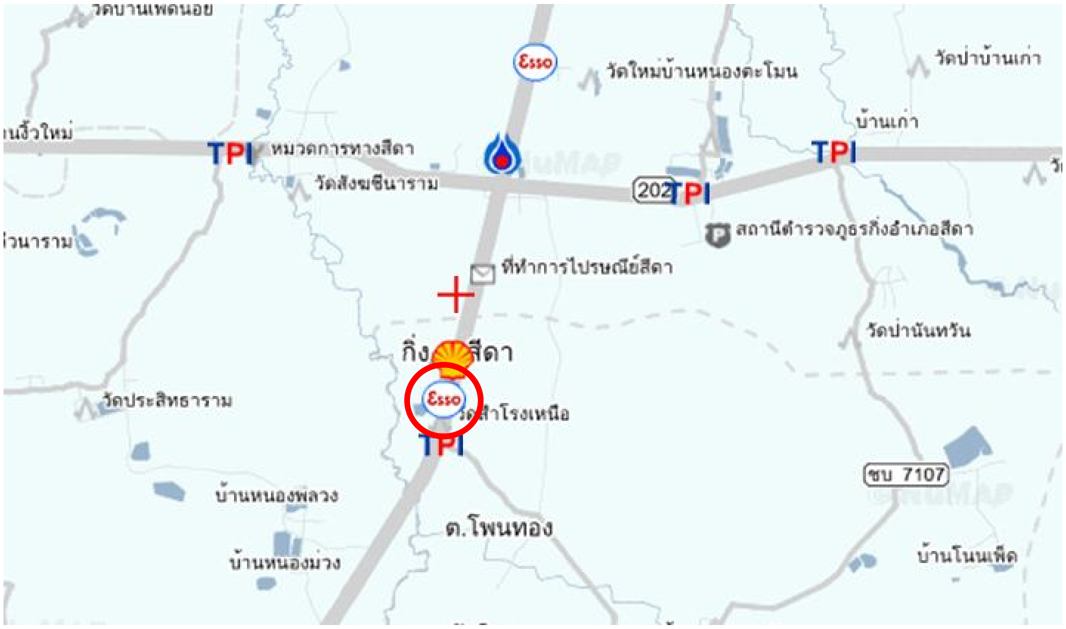


รูปที่ 4. 23 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอด่านขุนทด จำนวน 2 ปั๊ม

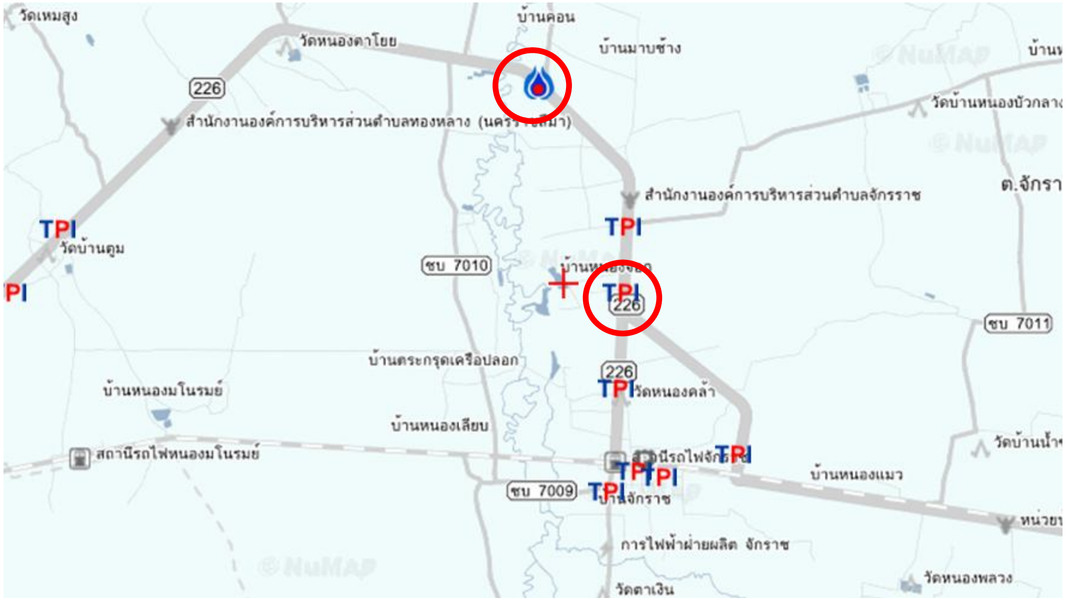


รูปที่ 4. 24 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอพิมาย จำนวน 3 ปั๊ม

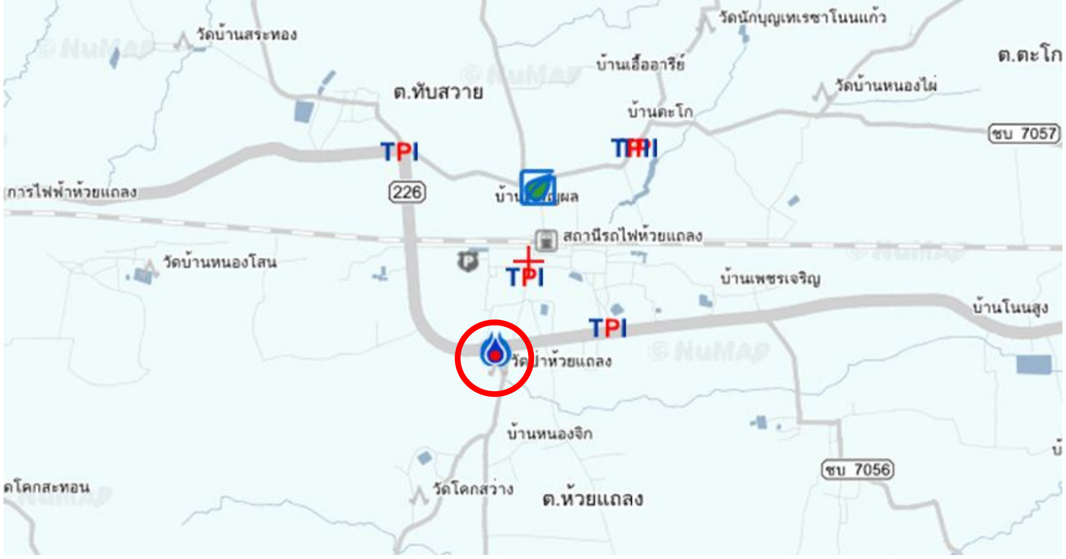
รูปที่ 4. 25 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอบัวใหญ่ จำนวน 2 ปั๊ม



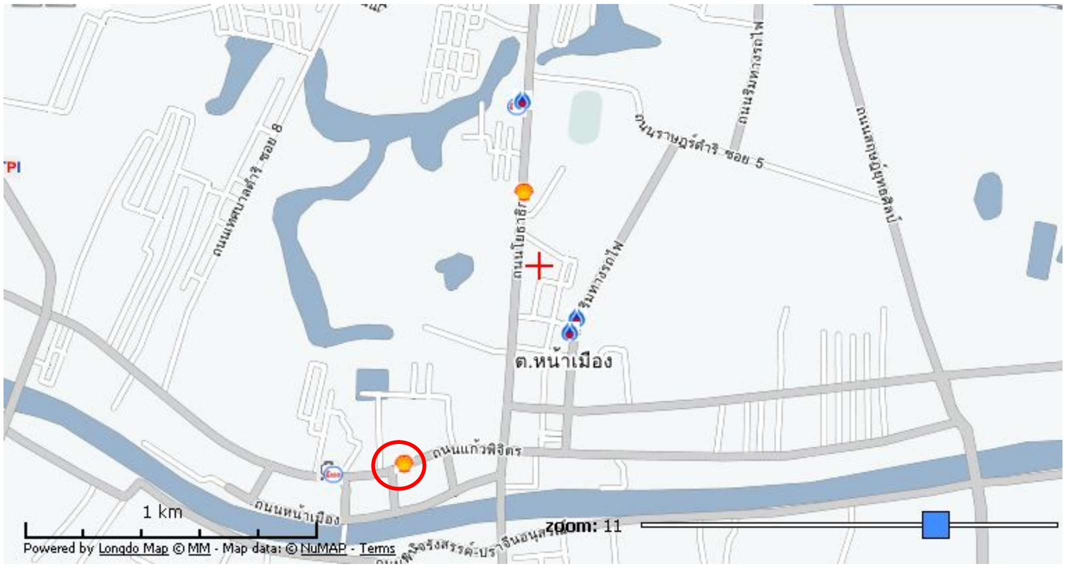
รูปที่ 4. 26 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอโนนแดง จำนวน 1 ปั๊ม



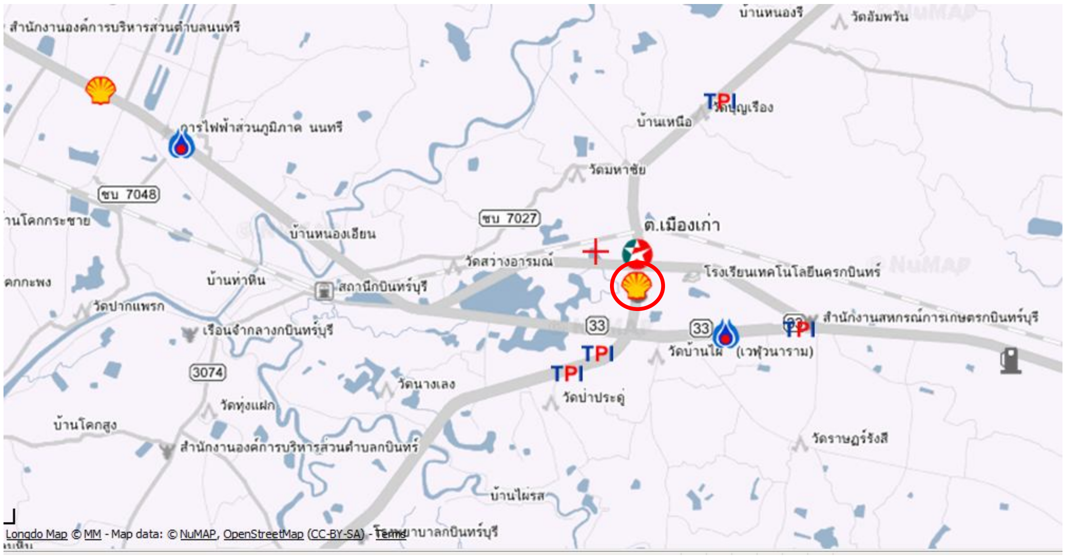
รูปที่ 4. 27 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอจักราช จำนวน 2 ปั๊ม



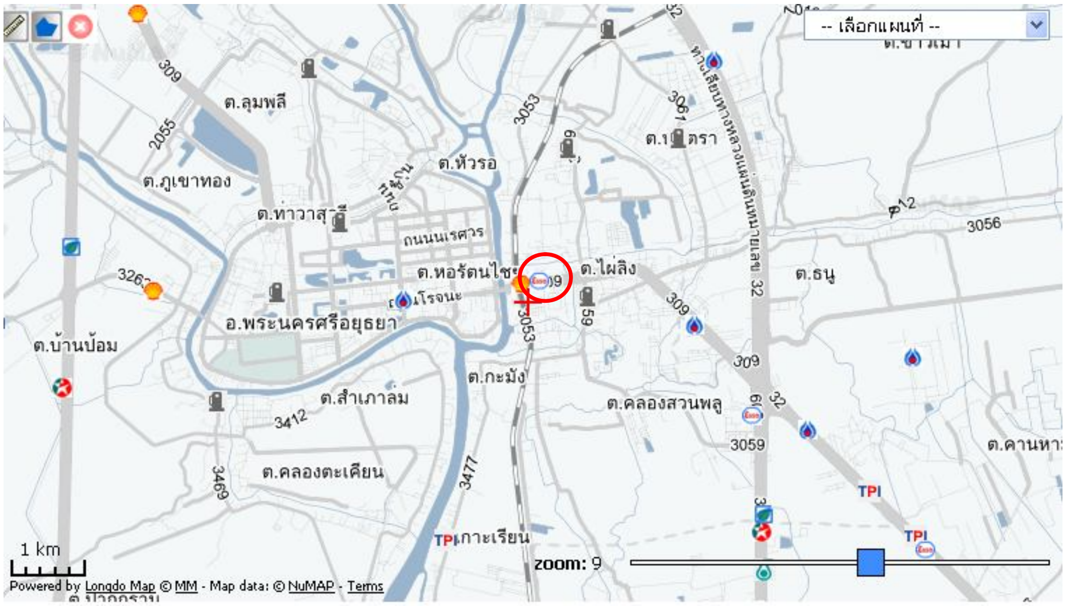
รูปที่ 4. 28 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอห้วยแถลง จำนวน 1 ปั๊ม



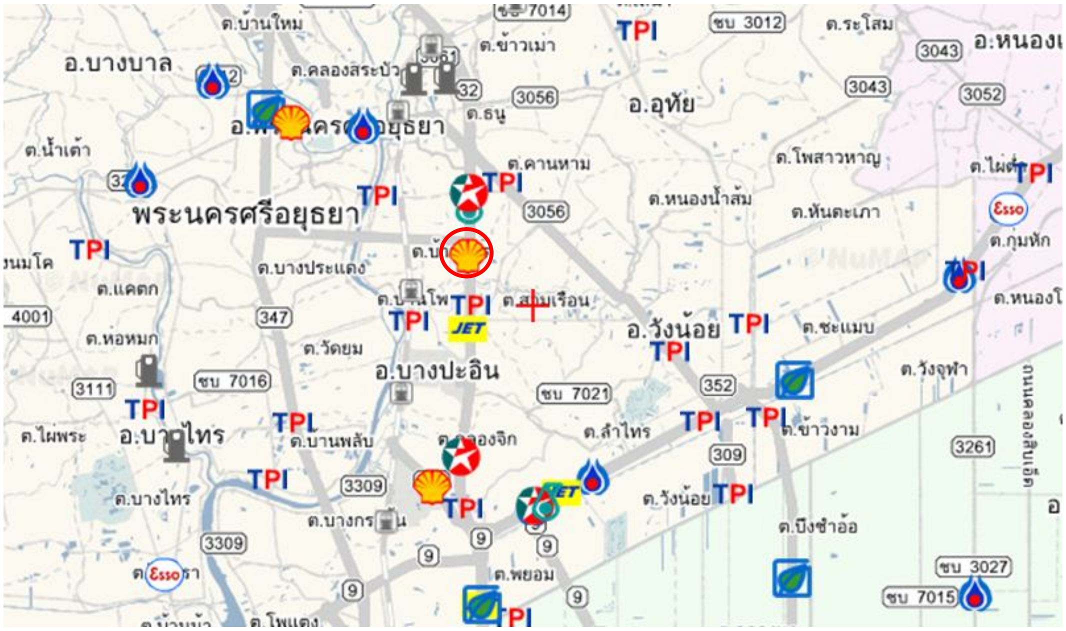
รูปที่ 4. 29 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 1 ปั๊ม



รูปที่ 4. 30 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 1 ปั๊ม



รูปที่ 4. 31 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 ปั๊ม



รูปที่ 4. 32 ที่ตั้งปั๊มที่สำรวจในเขต อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จำนวน 1 ปั๊ม

4.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจ

ในการสำรวจจะใช้แบบสำรวจที่พัฒนาขึ้นตามความเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ประเภทของยานพาหนะ ชนิดของเชื้อเพลิง ปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิง เวลาที่จำหน่าย

4.2.4 ข้อมูลสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

จากการสำรวจปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงโดยสำรวจหน้าสถานีบริการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจำนวน 31 สถานีแบ่งเป็นในเขตเมืองนครราชสีมา 12 สถานี และเขตนอกเมืองนครราชสีมา 19 สถานี เมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่สำหรับจังหวัดนครราชสีมา ในเมืองแสดงดังตารางที่ 4.5 นอกเมืองแสดงดังตารางที่ 4.6 สำหรับจังหวัดปราจีนบุรี ในเมืองแสดงดังตารางที่ 4.7 นอกเมืองแสดงดังตารางที่ 4.8 สำหรับจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในเมืองแสดงดังตารางที่ 4.9 นอกเมืองแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4. 5 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัดนครราชสีมา(เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเชื้อเพลิง	**เบนซิน ออกเทน 95**	**เบนซิน ออกเทน 92**	**แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91**	**แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95**	**ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา**	**ดีเซลหมุนเร็ว บี2**	**ดีเซลหมุนเร็ว บี5**	**NGV**	**LPG**
รถจักรยานยนต์	59.67	22.65	30.11	14.05	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	0.05	-	0.01	0.21	-	-	-	-	-
รถเก๋ง	35.01	62.66	63.63	81.00	0.48	-	1.97	19.99	-
รถปิคอัพ	3.93	14.69	5.53	3.56	76.39	42.51	57.50	5.12	-
รถตู้	1.34	-	0.72	1.18	3.40	3.35	2.42	3.74	-
รถบัส	-	-	-	-	0.99	-	13.50	38.98	-
รถสองแถว	-	-	-	-	0.77	3.05	1.79	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	-	8.26	27.73	8.21	0.95	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	-	7.29	17.95	8.80	3.61	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	2.41	5.41	5.82	27.61	-

ตารางที่ 4. 6 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัดนครราชสีมา(เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเชื้อเพลิง	เบนซิน ออกเทน 95	เบนซิน ออกเทน 92	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95	ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา	ดีเซลหมุนเร็ว บี2	ดีเซลหมุนเร็ว บี5	NGV	LPG
รถจักรยานยนต์	62.19	48.03	38.01	20.34	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	1.75	2.32	0.90	0.53	0.01	0.04	0.01	-	-
รถเก๋ง	27.05	43.13	54.31	67.88	0.98	2.24	0.66	15.89	-
รถปิคอัพ	7.71	6.52	5.66	6.88	75.01	72.33	56.68	3.55	-
รถตู้	1.11	-	0.90	2.49	5.72	3.71	2.30	7.84	-
รถบัส	-	-	-	-	2.45	2.51	7.63	1.42	-
รถสองแถว	0.21	-	0.22	-	1.44	0.55	1.64	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	1.08	9.02	9.93	11.90	2.58	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	0.81	3.87	4.78	9.46	13.27	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	1.49	3.91	9.71	55.45	-

ตารางที่ 4. 7 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัดปราจีนบุรี(เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเชื้อเพลิง	เบนซิน ออกเทน 95	เบนซิน ออกเทน 92	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95	ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา	ดีเซลหมุนเร็ว บี2	ดีเซลหมุนเร็ว บี5	NGV	LPG
รถจักรยานยนต์	60.89	-	38.14	28.91	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	0.50	-	2.55	1.10	-	-	-	-	-
รถเก๋ง	37.12	-	59.31	66.07	-	-	-	-	-
รถปิคอัพ	0.59	-	-	3.93	100.00	-	100.00	-	-
รถตู้	0.89	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบัส	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถสองแถว	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4. 8 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัดปราจีนบุรี (เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเชื้อเพลิง	**เบนซิน ออกเทน 95**	**เบนซิน ออกเทน 92**	**แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91**	**แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95**	**ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา**	**ดีเซลหมุนเร็ว บี2**	**ดีเซลหมุนเร็ว บี5**	**NGV**	**LPG**
รถจักรยานยนต์	-	9.09	19.64	7.34	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถเก๋ง	-	90.91	80.36	89.73	-	-	-	-	-
รถปิคอัพ	-	-	-	2.93	69.45	-	42.52	-	-
รถตู้	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบัส	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถสองแถว	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	-	-	-	27.01	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	-	-	-	19.13	-	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	30.55	-	11.34	-	-

ตารางที่ 4. 9 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตในเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา(เปอร์เซ็นต์)

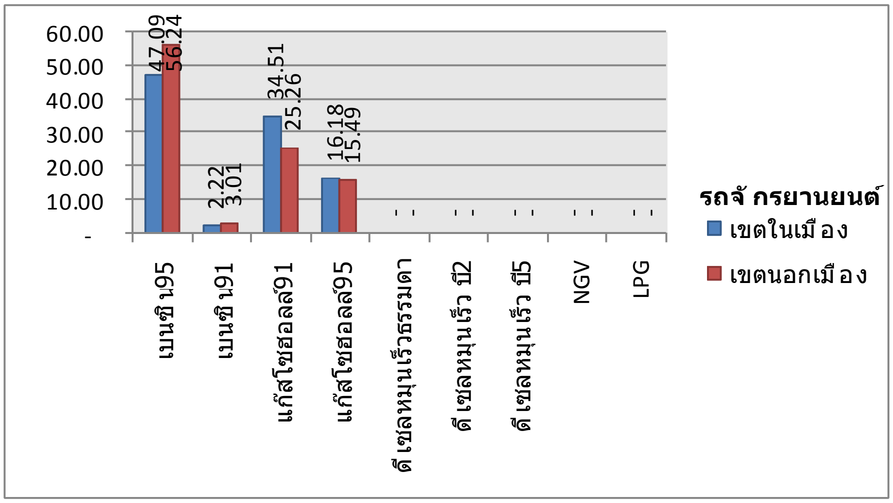
น้ำมันเชื้อเพลิง	เบนซิน ออกเทน 95	เบนซิน ออกเทน 92	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95	ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา	ดีเซลหมุนเร็ว บี2	ดีเซลหมุนเร็ว บี5	NGV	LPG
รถจักรยานยนต์	55.15	5.66	28.03	25.47	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	1.08	-	5.52	1.15	-	-	-	-	-
รถเก๋ง	32.38	94.34	63.85	73.38	-	-	-	-	-
รถปิคอัพ	4.71	-	2.60	-	79.49	-	-	-	-
รถตู้	6.68	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบัส	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถสองแถว	-	-	-	-	0.32	-	-	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	-	16.90	-	-	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	-	3.28	-	-	-	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4. 10 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะแต่ละประเภท เขตนอกเมือง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา(เปอร์เซ็นต์)

น้ำมันเชื้อเพลิง	เบนซิน ออกเทน 95	เบนซิน ออกเทน 92	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91	แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95	ดีเซลหมุนเร็ว ธรรมดา	ดีเซลหมุนเร็ว บี2	ดีเซลหมุนเร็ว บี5	NGV	LPG
รถจักรยานยนต์	12.38	19.35	-	9.63	-	-	-	-	-
รถสามล้อเครื่อง	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถเก๋ง	87.62	80.65	-	85.23	2.57	-	-	-	-
รถปิคอัพ	-	-	-	5.14	78.07	-	40.76	-	-
รถตู้	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบัส	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถสองแถว	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รถบรรทุก 6 ล้อ	-	-	-	-	10.81	-	34.16	-	-
รถบรรทุก 10 ล้อ	-	-	-	-	5.70	-	9.83	-	-
รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ	-	-	-	-	2.85	-	15.25	-	-

- **รถจักรยานยนต์**

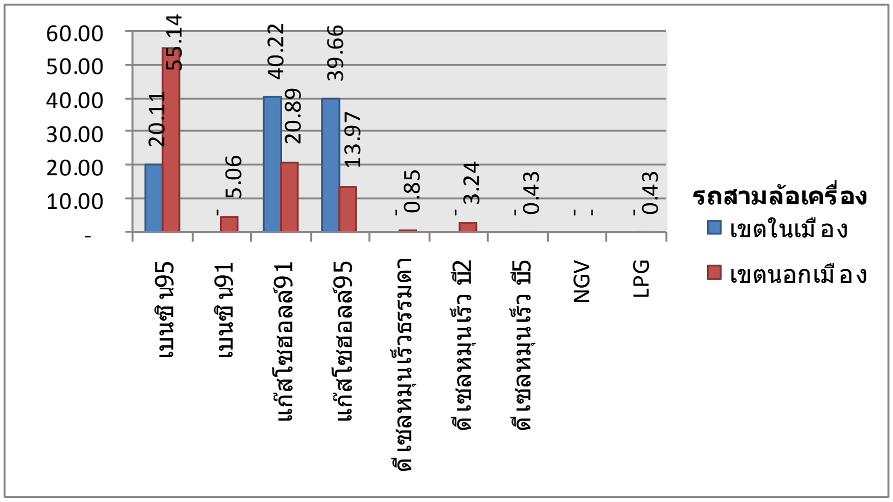
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ แสดงดังรูปที่ 4.33 พบว่า รถจักรยานยนต์ใช้เชื้อเพลิงในกลุ่มของน้ำมันเบนซิน ซึ่งประกอบด้วย เบนซิน95 เบนซิน91 แก๊สโซฮอลล์95 และแก๊สโซฮอลล์91 โดยสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองและในเมืองมีความคล้ายกัน มากที่สุดคือ เบนซิน95 คิดเป็นร้อยละ 47.09 สำหรับในเมือง ร้อยละ 56.24 สำหรับนอกเมือง และน้อยที่สุดคือ เบนซิน91 คิดเป็นร้อยละ 2.22 สำหรับในเมือง และร้อยละ 3.01 สำหรับนอกเมือง



รูปที่ 4. 33 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์

- **รถสามล้อเครื่อง**

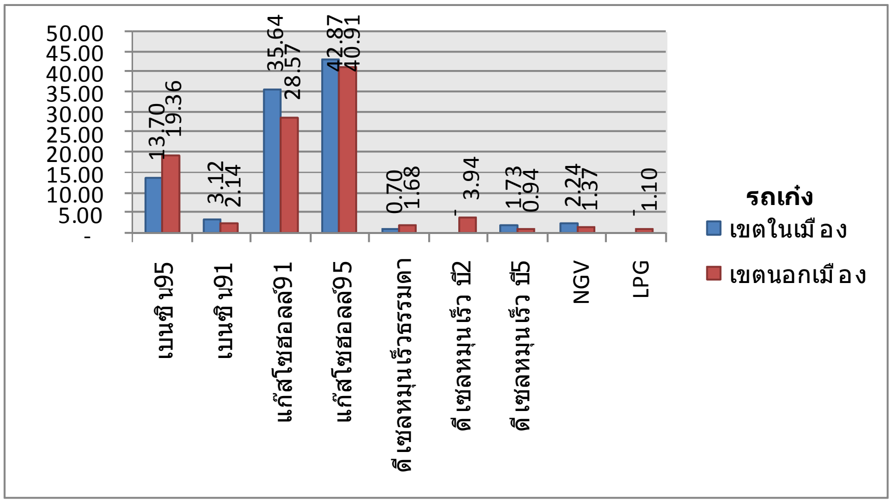
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสามล้อเครื่อง แสดงดังรูปที่ 4.34 พบว่า รถสามล้อเครื่องใช้เชื้อเพลิงในกลุ่มของน้ำมันเบนซิน ซึ่งประกอบด้วย เบนซิน95 เบนซิน91 แก๊สโซฮอลล์95 และแก๊สโซฮอลล์91 โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นแก๊สโซฮอลล์ 91 คิดเป็นร้อยละ 40.22 และน้อยที่สุดเป็นเบนซิน 95 คิดเป็นร้อยละ 20.11 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือเบนซิน 95 คิดเป็นร้อยละ 55.14 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็ว บี5 คิดเป็นร้อยละ 0.43



รูปที่ 4. 34 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสามล้อเครื่อง

- **รถเก๋ง**

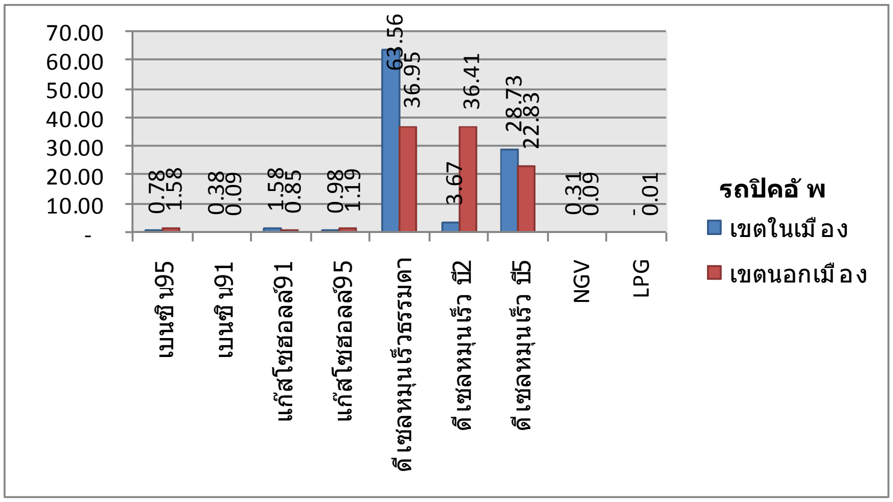
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถเก๋ง แสดงดังรูปที่ 4.35 พบว่ารถเก๋งใช้เชื้อเพลิงทุกประเภท โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นแก๊สโซฮอลล์ 95 คิดเป็นร้อยละ 42.87 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วธรรมดาคิดเป็นร้อยละ 0.70 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือแก๊สโซฮอลล์ 95 คิดเป็นร้อยละ 40.91 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วบี5 คิดเป็นร้อยละ 0.94



รูปที่ 4. 35 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถเก๋ง

- **รถปิกอัพ**

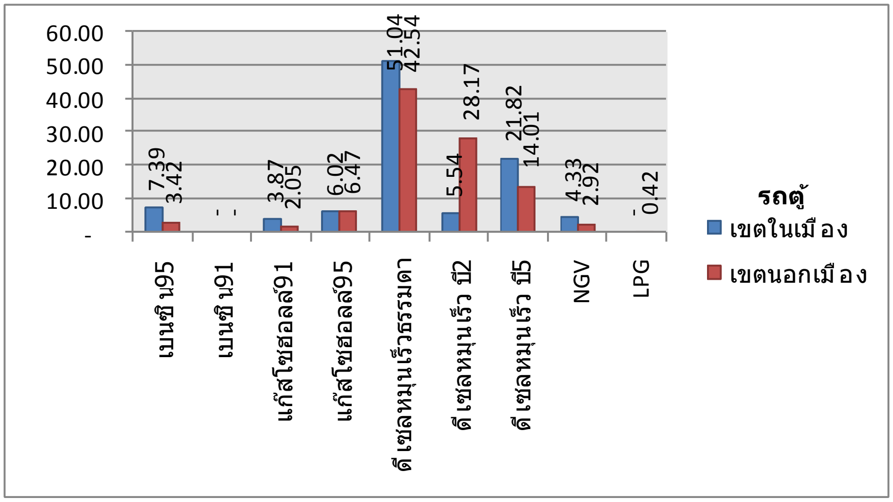
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถปิกอัพ แสดงดังรูปที่ 4.36 พบว่ารถปิกอัพใช้เชื้อเพลิงทุกประเภท โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 63.56 และน้อยที่สุดเป็น NGV คิดเป็นร้อยละ 0.31 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 36.41 และน้อยที่สุดเป็น LPG คิดเป็นร้อยละ 0.01



รูปที่ 4. 36 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถปิคอัพ

- **รถตู้**

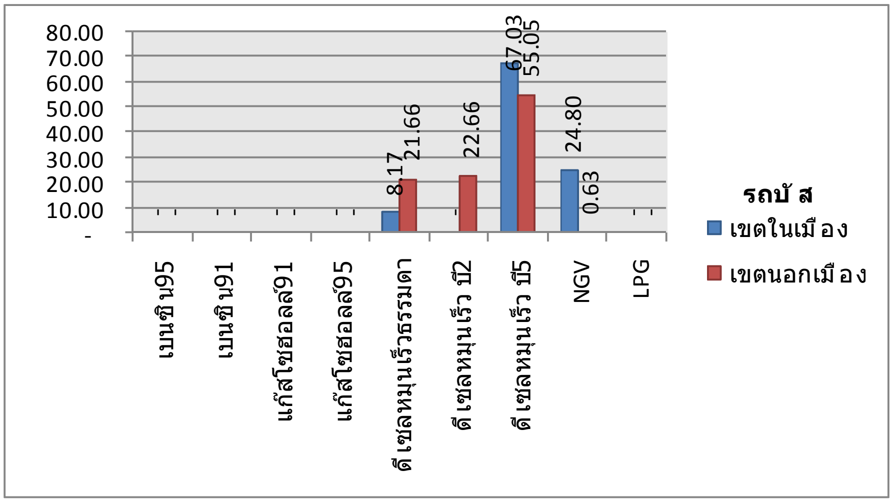
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถตู้ แสดงดังรูปที่ 4.37 พบว่ารถตู้ใช้เชื้อเพลิงทุกประเภท โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 51.04 และน้อยที่สุดเป็นแก๊สโซฮอลล์ 91 คิดเป็นร้อยละ 3.87 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 42.54 และน้อยที่สุดเป็น LPG คิดเป็นร้อยละ 0.42



รูปที่ 4. 37 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถตู้

- **รถบัส**

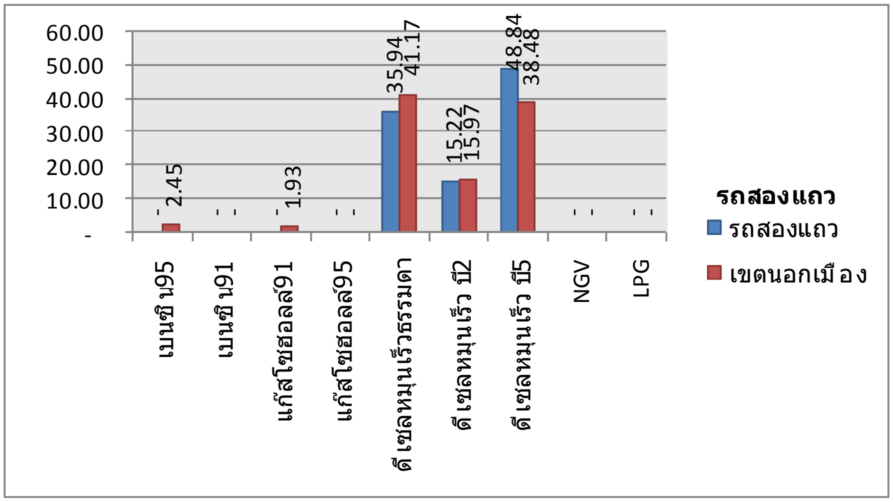
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบัส แสดงดังรูปที่ 4.38 พบว่ารถบัสใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ดีเซลหมุนเร็วบี2 ดีเซลหมุนเร็วบี 5 และ NGV โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วบี 5 คิดเป็นร้อยละ 67.03 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 8.17 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วบี 5 คิดเป็นร้อยละ 55.05 และน้อยที่สุดเป็น NGV คิดเป็นร้อยละ 0.63



รูปที่ 4. 38 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบัส

- **รถสองแถว**

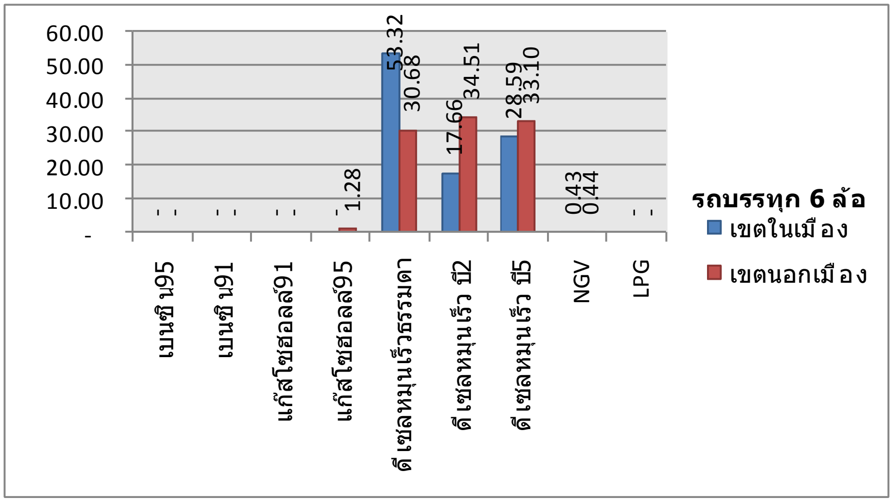
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสองแถว แสดงดังรูปที่ 4.39 พบว่ารถสองแถวใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ดีเซลหมุนเร็วบี2 และดีเซลหมุนเร็วบี 5 โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วบี 5 คิดเป็นร้อยละ 48.84 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วบี 2 คิดเป็นร้อยละ 15.22 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 41.17 และน้อยที่สุดเป็น แก๊สโซฮอลล์ 91 คิดเป็นร้อยละ 1.93



รูปที่ 4. 39 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถสองแคว

- **รถบรรทุก 6 ล้อ**

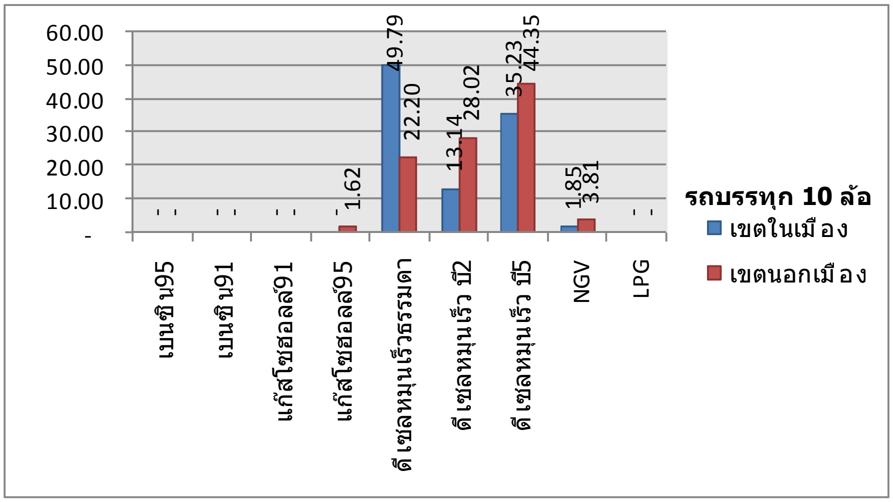
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 6 ล้อ แสดงดังรูปที่ 4.40 พบว่ารถบรรทุก 6 ล้อ ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ดีเซลหมุนเร็วบี2 และดีเซลหมุนเร็วบี 5 โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 53.32 และน้อยที่สุดเป็น NGV คิดเป็นร้อยละ 0.43 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วบี 2 คิดเป็นร้อยละ 34.51 และน้อยที่สุดเป็น NGV คิดเป็นร้อยละ 0.44



รูปที่ 4. 40 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 6 ล้อ

- **รถบรรทุก 10 ล้อ**

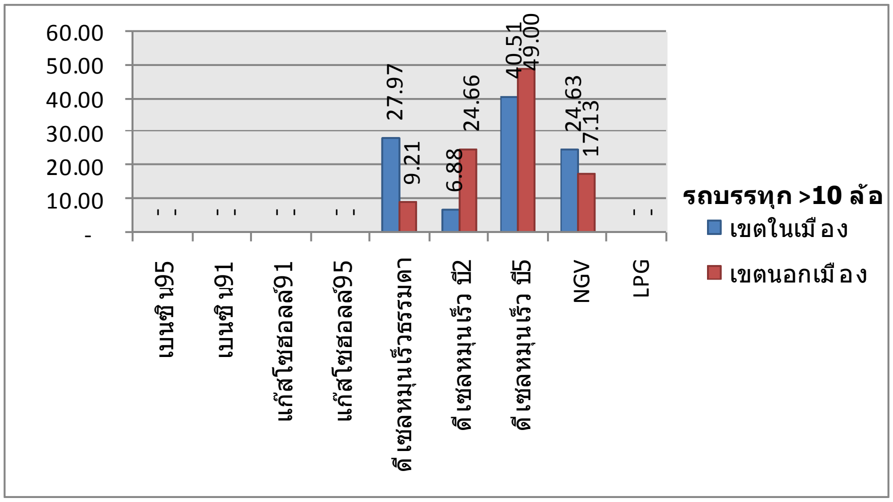
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 10 ล้อ แสดงดังรูปที่ 4.41 พบว่า รถบรรทุก 6 ล้อ ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ดีเซลหมุนเร็วบี2 ดีเซลหมุนเร็วบี 5 และ NGV โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 49.79 และน้อยที่สุดเป็น NGV คิดเป็นร้อยละ 1.85 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็วบี 5 คิดเป็นร้อยละ 44.35 และน้อยที่สุดเป็นแก๊สโซฮอลล์ 95 คิดเป็นร้อยละ 1.62



รูปที่ 4. 41 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 10 ล้อ

- **รถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ**

จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุก 10 ล้อ แสดงดังรูปที่ 4.42 พบว่า รถบรรทุก 6 ล้อ ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ดีเซลหมุนเร็วบี2 ดีเซลหมุนเร็วบี 5 และ NGV โดยสัดส่วนการใช้ในเมืองมากที่สุดเป็นดีเซลหมุนบี 5 คิดเป็นร้อยละ 40.51 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็ว บี2 คิดเป็นร้อยละ 6.88 ส่วนสัดส่วนการใช้ในเขตนอกเมืองมากที่สุดคือดีเซลหมุนเร็ว บี 5 คิดเป็นร้อยละ 49.00 และน้อยที่สุดเป็นดีเซลหมุนเร็วธรรมดา คิดเป็นร้อยละ 9.21

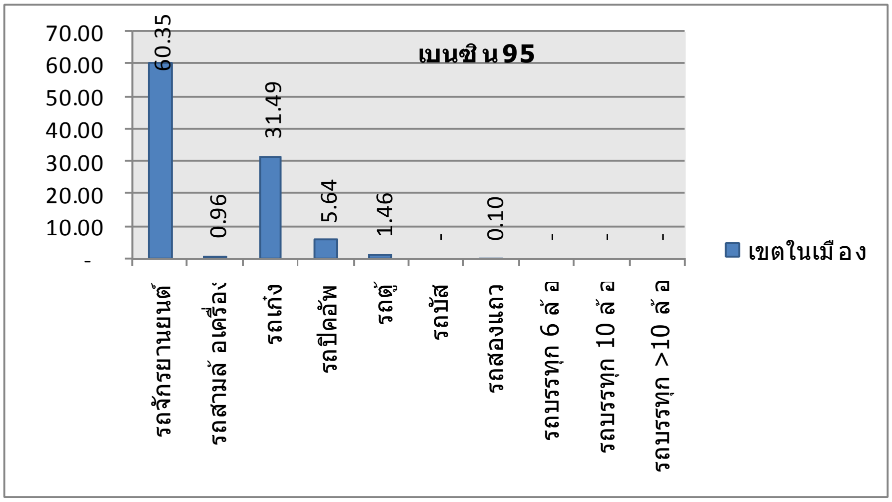


รูปที่ 4. 42 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ

4.2.5 สัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ

- **น้ำมันเบนซิน ออกเทน95**

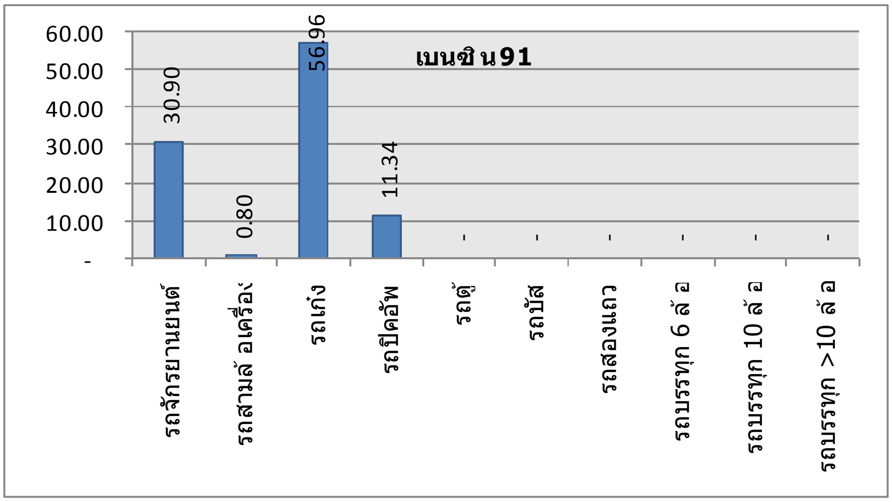
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน95 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.43 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง รถเก๋ง รถปิกอัพ และรถตู้ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 61.35 รองลงมาคือรถเก๋ง คิดเป็นร้อยละ 31.49



รูปที่ 4. 43 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 95 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **น้ำมันเบนซิน ออกเทน91**

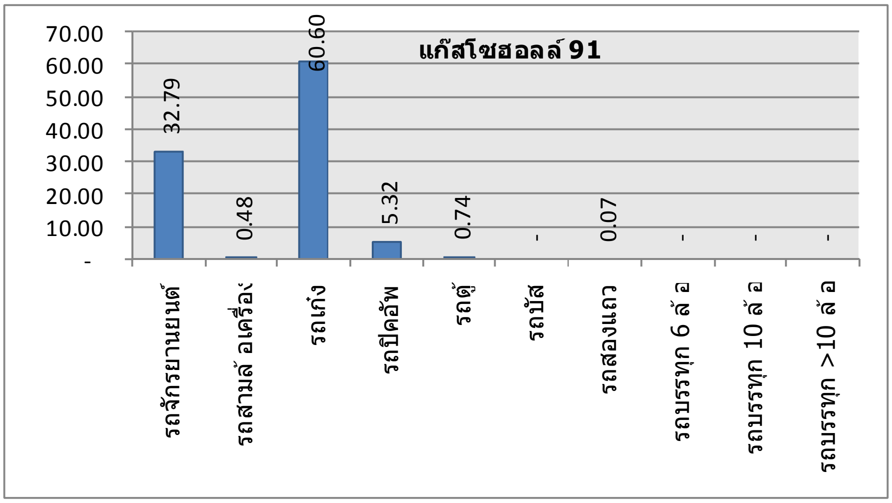
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน91 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.4 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ รถสามล้อเครื่อง รถเก๋ง และรถปิกอัพ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถรถเก๋ง คิดเป็นร้อยละ 56.96 รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 30.90



รูปที่ 4. 44 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน ออกเทน 91 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน 91**

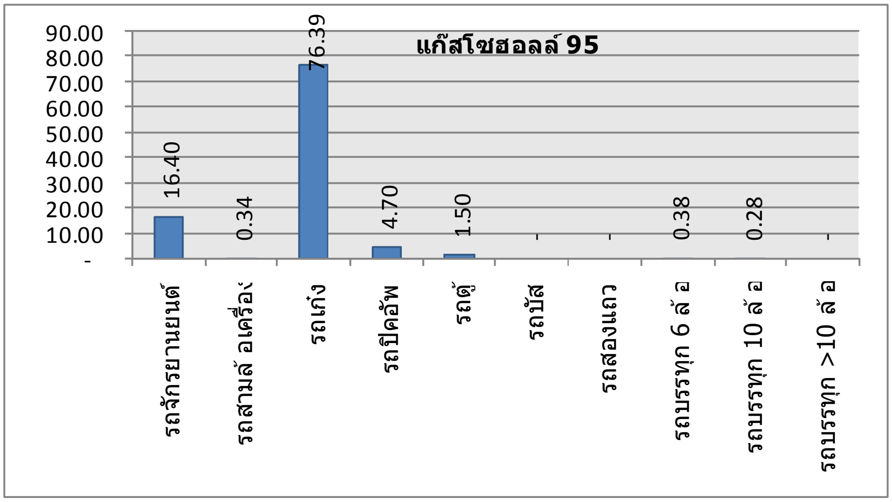
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน91 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.45 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ รถเก๋ง รถปิกอัพ และรถตู้ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถรถเก๋ง คิดเป็นร้อยละ 60.60 รองลงมาคือรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 32.79



รูปที่ 4. 45 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน 91 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **แก๊สโซออลล์ ออกเทน 95**

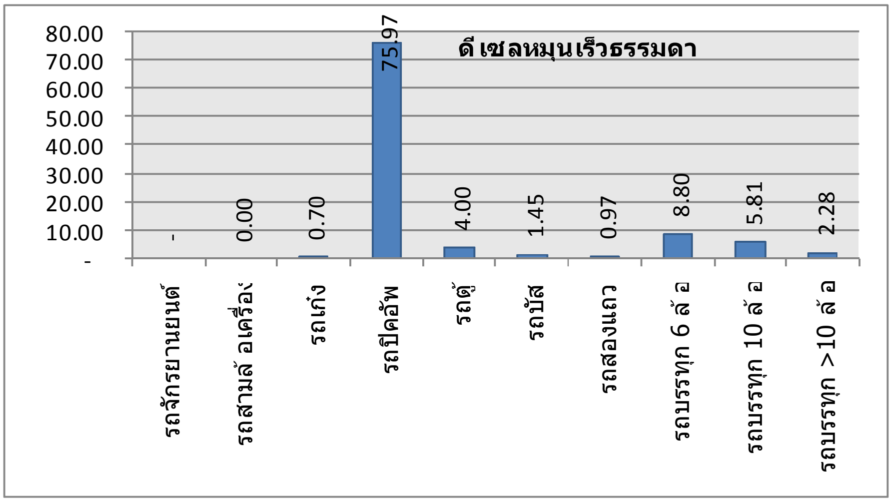
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน95 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.46 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถจักรยานยนต์ รถเก๋ง รถปิกอัพ และรถตู้ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถรถเก๋ง คิดเป็นร้อยละ 76.39 รองลงมาคือรถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 16.40



รูปที่ 4. 46 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน แก๊สโซฮอลล์ ออกเทน 95 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา**

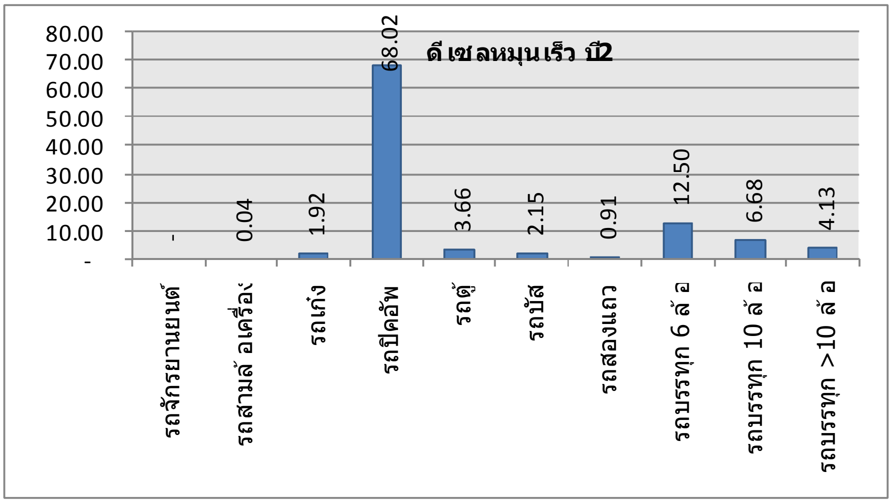
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.47 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถเก๋ง รถปิกอัพ รถตู้ รถบัส รถสองแถว รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถปิกอัพ คิดเป็นร้อยละ 75.97 รองลงมาคือรถบรรทุก 6 ล้อ คิดเป็นร้อยละ 8.80



รูปที่ 4. 47 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็วธรรมดา ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี2**

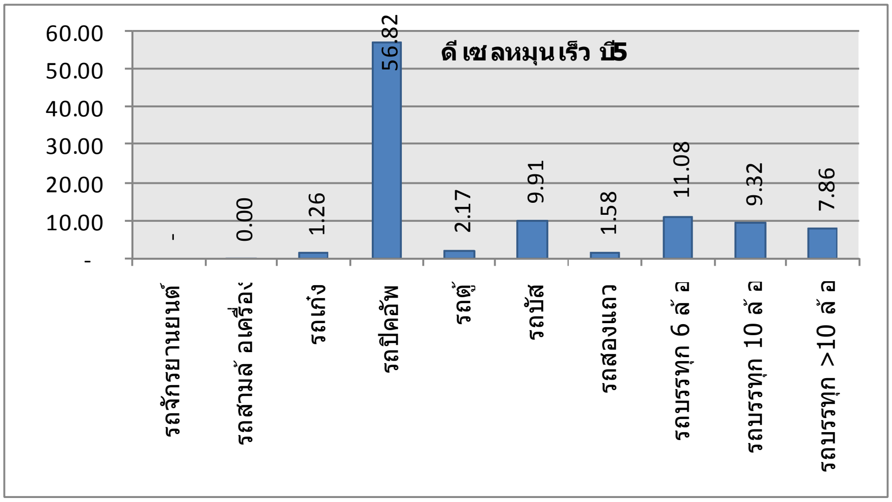
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี2 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.48 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถเก๋ง รถปิกอัพ รถตู้ รถบัส รถสองแถว รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดย รถปิกอัพ คิดเป็นร้อยละ 68.02 รองลงมาคือรถบรรทุก 6 ล้อ คิดเป็นร้อยละ 12.50



รูปที่ 4. 48 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี2 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี5**

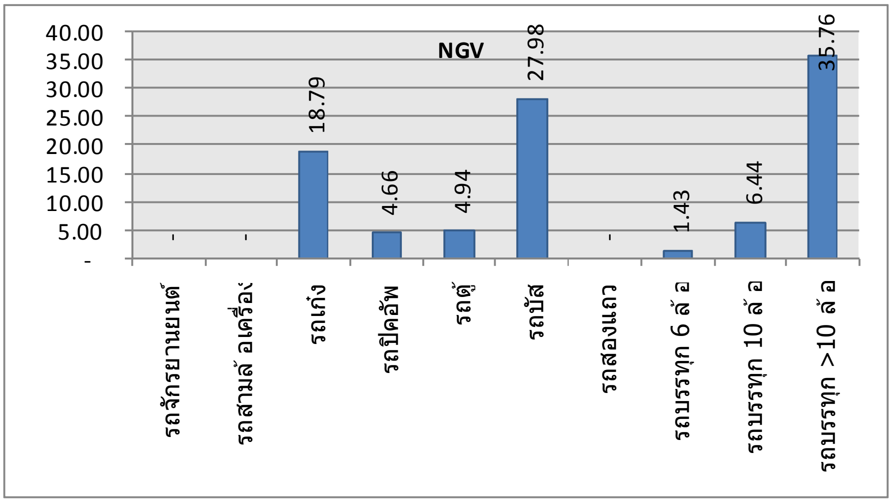
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว บี5 ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.49 พบว่ายานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถเก๋ง รถปิกอัพ รถตู้ รถบัส รถสองแถว รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดย รถปิกอัพ คิดเป็นร้อยละ 56.82 รองลงมาคือรถบรรทุก 6 ล้อ คิดเป็นร้อยละ 11.08



รูปที่ 4. 49 สัดส่วนการใช้น้ำมันดีเซลหมุนเร็ว ปี5 ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **NGV**

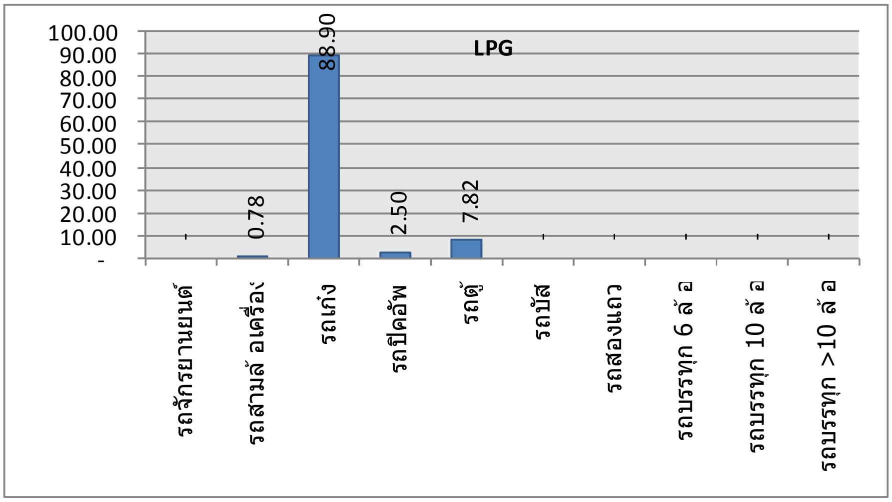
จากการสำรวจสัดส่วนการใช้ NGV ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.50 พบว่า ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถเก๋ง รถปิกอัพ รถตู้ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยรถบรรทุกมากกว่า 10 ล้อ คิดเป็นร้อยละ 35.76 รองลงมาคือรถบัส คิดเป็นร้อยละ 27.98



รูปที่ 4. 50 สัดส่วนการใช้ NGV ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

- **LPG**

จากการสำรวจสัดส่วนการใช้ LPG ในยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.51 พบว่า ยานพาหนะที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทนี้ ประกอบด้วย รถเก๋ง รถปิกอัพ และรถตู้ ซึ่งถูกใช้มากที่สุดโดยเก๋ง คิดเป็นร้อยละ 88.90 รองลงมาคือรถตู้ คิดเป็นร้อยละ 7.82



รูปที่ 4. 51 สัดส่วนการใช้ LPG ในยานพาหนะประเภทต่างๆ

บทที่ 5

รายการฐานข้อมูลด้านการขนส่ง

5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ซึ่งมีหน่วยงานข้อมูลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 5.1 ซึ่งในการสืบค้นข้อมูลจะเริ่มจากการหาข้อมูลจากเวบไซต์ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ตัวอย่างสถิติข้อมูลจากเวบไซต์ของกระทรวงคมนาคมแสดงดังรูปที่ 5.1 หากยังขาดข้อมูลที่ต้องการทางโครงการวิจัยจะดำเนินการติดต่อกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง

การขนส่งสินค้า	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
ทางถนน	397,976	400,241	434,918	440,018	435,147	430,275	427,581	428,123	424,456	423,677
ทางรถไฟ	9,171	8,776	8,889	10,521	12,883	11,760	11,579	11,055	12,807	11,133
ทางน้ำภายในประเทศ	25,185	28,809	31,382	30,055	43,389	42,306	40,340	47,229	47,687	41,561
ชายฝั่งทะเล	24,154	22,117	28,198	27,222	36,975	34,254	31,574	31,216	29,615	29,311
ทางอากาศ	104	110	107	103	114	120	122	110	106	103
รวม	456,590	460,053	503,494	507,919	528,508	518,715	511,196	517,733	514,671	505,785

รูปที่ 5. 1 ข้อมูลสถิติการขนส่งจากเวปไซต์กระทรวงคมนาคม

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

ลำดับที่	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ความละเอียดของข้อมูล	ช่วงที่ข้อมูลแสดง	ระยะเวลาการแสดงผล	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล
1	ปริมาณการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง	- ปริมาณการใช้น้ำมันในภาคการขนส่งแยกรูปแบบการเดินทาง ทางบก ทางน้ำ ทางอากาศ *(หน่วย : MTOE)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2543-2551	ทุก 1 ปี	กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
2	ราคาน้ำมัน	-ราคาน้ำมันประเภทต่าง ๆ *(หน่วย: บาท/ลิตร)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2530-2551	รายเดือน	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
3	การขยายตัวทางธุรกิจการขนส่ง GDP	-ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาติ แยกภาคการผลิต -ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาติ แยกภาคการขนส่ง *(หน่วย : บาท)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2543-2551	รายไตรมาศ	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี
4	ปริมาณการขนส่งสินค้าในประเทศ	การขนส่งสินค้าแยกรูปแบบการเดินทาง *(หน่วย : ตัน, ตัน-กม.)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2542-2551	ทุก 1 ปี	สนข. กรมการขนส่งทางอากาศ การรถไฟแห่งประเทศไทย

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ความละเอียดของข้อมูล	ช่วงที่ข้อมูลแสดง	ระยะเวลาการแสดงผล	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล
5	ปริมาณการเดินทาง	จำนวนผู้โดยสารแยกประเภทขนส่งสาธารณะ *(หน่วย : คน)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2542-2551	ทุก 1 ปี	กรมการขนส่งทางอากาศ การรถไฟแห่งประเทศไทย บริษัท ขนส่ง จำกัด และองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ
6	อุบัติเหตุ	-จำนวนอุบัติเหตุแยกตามรูปแบบการเดินทาง *(หน่วย : ครั้ง)* -จำนวนผู้บาดเจ็บแยกตามรูปแบบการเดินทาง *(หน่วย : คน)* -จำนวนผู้เสียชีวิตแยกตามรูปแบบการเดินทาง *(หน่วย : คน)*		พ.ศ. 2546-2550	ทุก 1 ปี	สำนักงานตำรวจแห่งชาติ การรถไฟแห่งประเทศไทย กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชย์นาวี และกรมการขนส่งทางอากาศ
7	จำนวนประชากร	-จำนวนประชากร *(หน่วย: คน)*	-รายจังหวัด -รายประเทศ	พ.ศ. 2530-2552	ทุก 1 เดือน	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

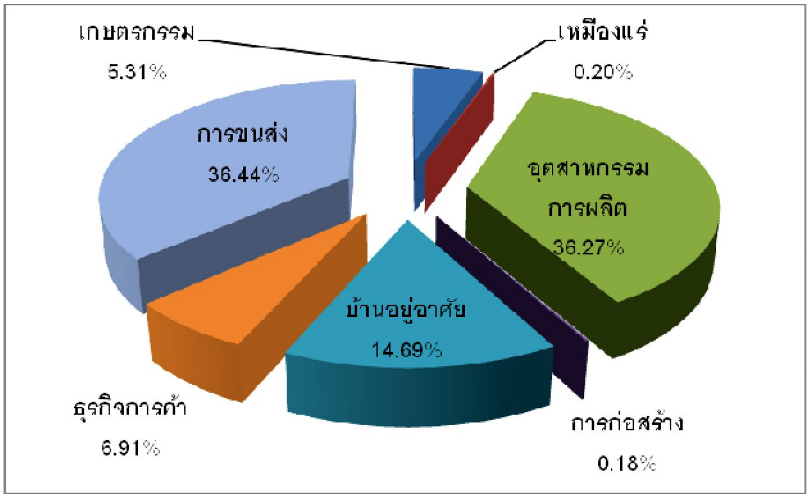
ตารางที่ 5.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	ลักษณะข้อมูล	ความละเอียดของข้อมูล	ช่วงที่ข้อมูลแสดง	ระยะเวลาการแสดงผล	หน่วยงานที่ให้ข้อมูล
8	มลพิษ	-อัตราการปล่อยมลพิษของยานพาหนะแต่ละประเภท *(หน่วย : กรัม/กม.)* -ปริมาณการปล่อยมลพิษในภาคการขนส่ง *(หน่วย :กรัม)*	-รายประเทศ	-	-	กรมควบคุมมลพิษ
9	จำนวนยานพาหนะ	-ยานพาหนะทั้งหมด *(คัน)* -ยานพาหนะจดทะเบียนใหม่	-รายประเทศ -รายจังหวัด	พ.ศ. 2532-2552	ทุก 1 เดือน	กรมการขนส่งทางบก
10	ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของครัวเรือน	ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของครัวเรือน *(หน่วย : บาทต่อครัวเรือน)*	-รายประเทศ -รายภูมิภาค	2550	-	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
11	โครงสร้างพื้นฐาน	-ระยะทางกรมทางหลวง -ทางรถไฟ -ทางรถไฟฟ้า *(หน่วย : กิโลเมตร)*	-รายประเทศ	พ.ศ. 2530-2551	ทุก 1 ปี	กรมทางหลวง การรถไฟแห่งประเทศ รถไฟฟ้ามหานคร

5.2 ข้อมูลทุติยภูมิที่เก็บรวบรวมโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

5.2.1 ปริมาณการใช้พลังงานในภาคธุรกิจ

ปริมาณการใช้พลังงานในภาคธุรกิจสามารถแบ่งเป็น 7 สาขาคือ เกษตรกรรม เหมืองแร่ อุตสาหกรรมการผลิต การก่อสร้าง บ้านที่อยู่อาศัย ธุรกิจการค้า และการขนส่ง เมื่อสามารถหาปริมาณใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละสาขาธุรกิจ ทำให้ทราบว่าธุรกิจใดที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด หรือน้อยที่สุด เพื่อหามาตรการสำหรับการลดการใช้เชื้อเพลิงให้ตรงกับกลุ่มธุรกิจ จากรูปที่ 5.2 จะพบว่าภาคธุรกิจที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือภาคการขนส่งคิดเป็นร้อยละ 36.44 รองลงมาคือภาคอุตสาหกรรมและภาคการผลิตคิดเป็นร้อยละ 36.27 และเมื่อพิจารณาเฉพาะภาคการขนส่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.3 ซึ่งเป็นสถิติการใช้พลังงานในภาคการขนส่งตั้งแต่ปี พ.ศ.2543 - 2551พบว่าการขนส่งทางบกเป็นส่วนที่ใช้พลังงานมากที่สุด รองลงมาคือการขนส่งทางอากาศ และการขนส่งทางน้ำ



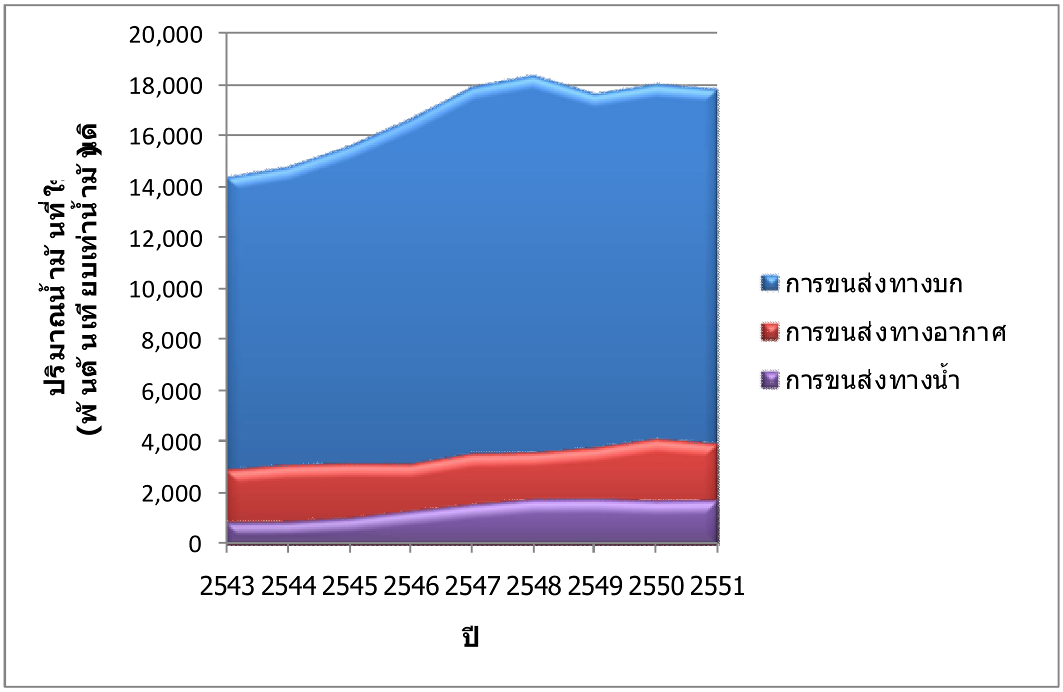
รูปที่ 5. 2 สัดส่วนการใช้พลังงานในภาคธุรกิจ

ตารางที่ 5. 2 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในการคมนาคมขนส่ง แยกตามประเภทการขนส่ง

ประเภทการขนส่ง	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
การขนส่งทางบก	14,342	14,743	15,561	16,617	17,865	18,312	17,602	17,973	17,788	-1.03
- การคมนาคมขนส่งทางถนน	14,244	14,638	15,442	16,509	17,767	18,209	17,499	17,868	17,684	-1.03
- การคมนาคมขนส่งทางรถไฟ	98	105	119	108	98	103	103	105	104	-0.95
การขนส่งทางน้ำ	824	851	987	1,236	1,480	1,670	1,689	1,618	1,645	1.67
- ทางน้ำภายในประเทศ	60	57	65	70	79	67	63	53	66	24.53
- ทางน้ำภายต่างประเทศ	764	794	922	1,166	1,401	1,603	1,626	1,565	1,579	0.89
การขนส่งทางอากาศ	2,856	3,038	3,088	3,074	3,467	3,509	3,694	4,031	3,847	-4.56
- ภายในประเทศ	306	307	275	396	281	265	249	253	245	-3.16
- ระหว่างประเทศ	2,550	2,731	2,813	2,678	3,186	3,244	3,445	3,778	3,602	-4.66
รวม	**18,022**	**18,632**	**19,636**	**20,927**	**22,812**	**23,491**	**22,985**	**23,622**	**23,280**	**-1.45**

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน



รูปที่ 5. 3 ปริมาณการใช้น้ำมันในภาคการขนส่ง

5.2.2 Gross Domestic Product: GDP

GDP (Gross Domestic Product) มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ เป็นมูลค่าสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ผลิตขึ้นภายในขอบเขตประเทศในรอบหนึ่งปีคิด ณ ราคาตลาด ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงการเติบโตของเศรษฐกิจในภาคธุรกิจต่างๆ ซึ่งข้อมูล GDP ของประเทศไทยแสดงได้ดังตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.4 ซึ่งเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2551 ซึ่งพบว่า GDP ในทุกภาคธุรกิจมีการเติบโตขึ้นในทุก ๆ ปี ภาคการขนส่งมีค่า GDP เป็นอันดับที่ 5 ของทุกภาคธุรกิจ และเมื่อพิจารณาเฉพาะภาคการขนส่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.5 พบว่าการขนส่งทางบกมีค่า GDP สูงกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ๆ

ตารางที่ 5. 3 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกตามภาคการผลิต

ภาคการผลิต	**2543**	**2544**	**2545**	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**	**2551**	**อัตราการเติบโต**
การเกษตร	444	469	513	15	669	727	46	911	1,062	16.56
เหมืองแร่และหิน	99	108	17	131	149	85	212	35	257	9.16
สินค้าที่ผลิตด้วยเครื่องจักร	1,432	1,469	1 ,551	1,755	1,946	2,150	2,361	2,630	2,806	6.68
การก่อสร้าง	143	148	157	165	83	199	217	232	242	4.50
การคมนาคมขนส่งและสื่อสาร	392	421	443	443	483	95	540	12	629	2.83
รถจักรยานยนต์ และสินค้าครัวเรือน	698	6 97	685	7 71	747	8 02	873	66	1,033	6.92
อื่นๆ	1,232	1 ,310	1,397	1 ,461	1,613	1,766	1,915	2,051	2,188	6.66
รวม GDP	**4,440**	**4,621**	**4,863**	**5,242**	**5,790**	**6,325**	**6,963**	**7,637**	**8,217**	**7.59**

หน่วย : พันล้านบาท

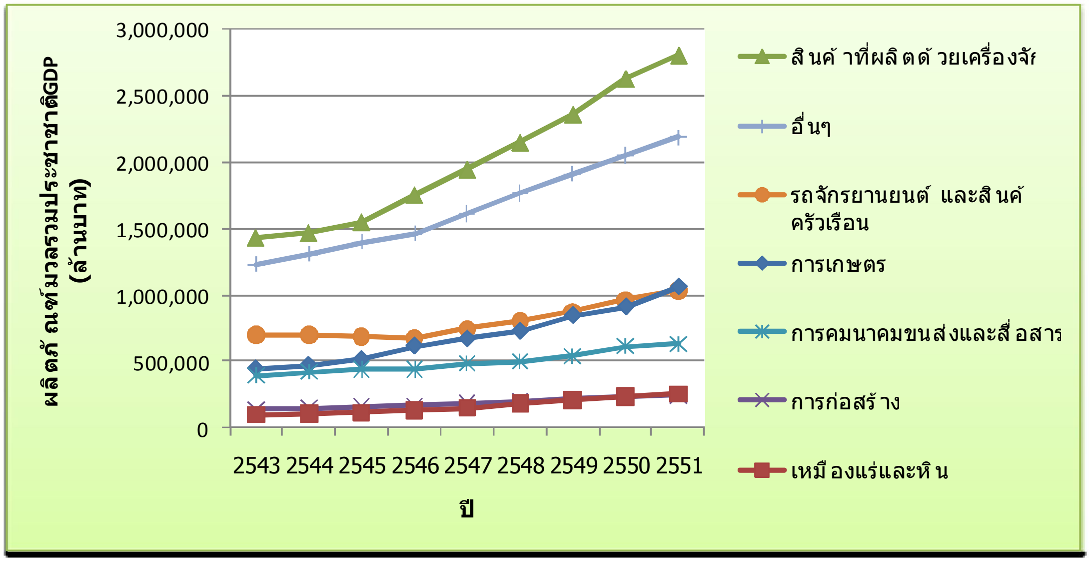
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี

ตารางที่ 5. 4 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกภาคการขนส่ง

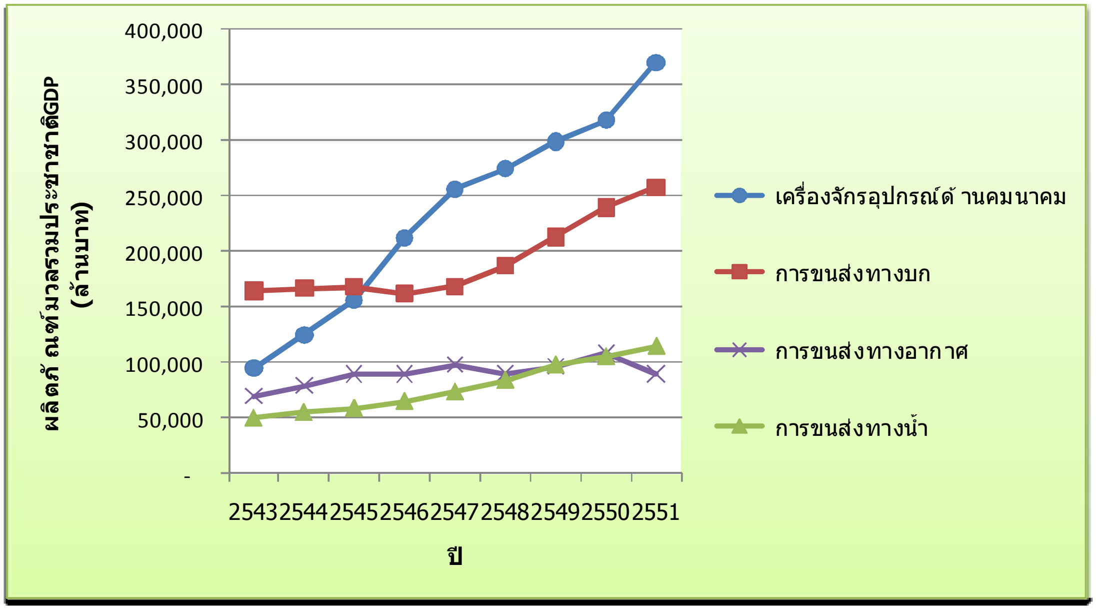
ภาคการคมนาคมขนส่ง	**2543**	**2544**	**2545**	**2546**	**2547**	**2548**	**2549**	**2550**	**2551**	**อัตราการเติบโต**
เครื่องจักรอุปกรณ์ด้านคมนาคม	95	125	156	212	256	274	299	318	370	16.38
การขนส่งทางบก	164	166	168	162	169	187	213	239	258	7.74
การขนส่งทางน้ำ	50	55	59	65	73	84	98	105	115	8.92
การขนส่งทางอากาศ	70	79	90	89	98	90	96	109	89	-17.60

หน่วย : พันล้านบาท

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี



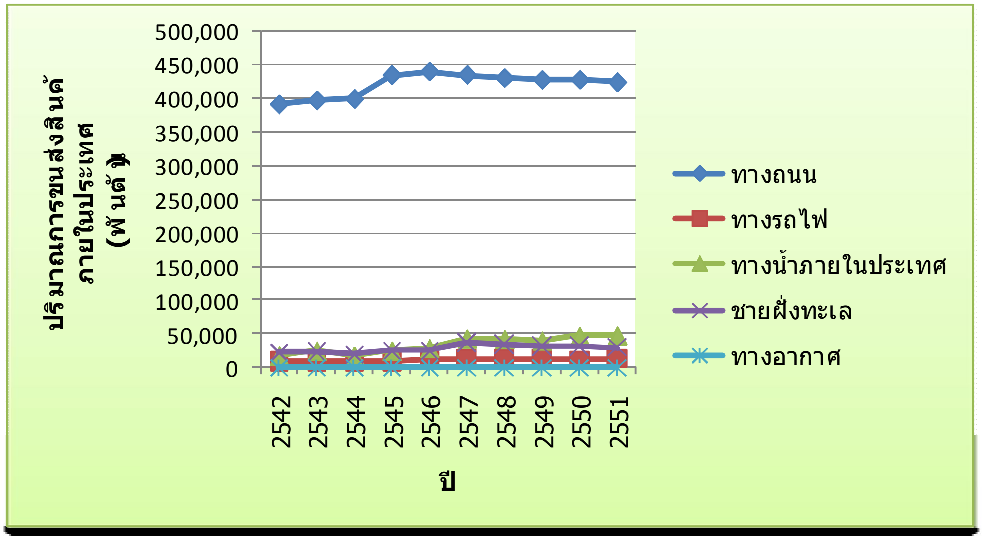
รูปที่ 5. 4 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกตามภาคการผลิต



รูปที่ 5. 5 ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP) แยกภาคการขนส่ง

5.2.3 ปริมาณการขนส่งสินค้าภายในประเทศ

ปริมาณการขนส่งสินค้าเป็นตัวแปรที่จะใช้ในการพิจารณาแนวทางในการลดการใช้เชื้อเพลิงหรือการลดการขนส่งสินค้าลงในแต่ละรูปแบบการเดินทาง โดยเลือกรูปแบบการเดินทางที่สามารถขนสินค้าได้จำนวนทีละมากๆและประหยัดพลังงาน จากข้อมูลสถิติการขนส่งสินค้าภายในประเทศแยกตามรูปแบบการเดินทางตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 – 2551 ซึ่งข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5.5พบว่าประเทศไทยใช้การขนส่งทางถนนเป็นหลัก เมื่อพิจารณารูปที่ 5.6 จะสังเกตได้ว่าการขนส่งทางถนนมีปริมาณมากกว่าการขนส่งรูปแบบอื่น ๆ จำนวนหลายเท่าตัว



รูปที่ 5. 6 การขนส่งสินค้าภายในประเทศ

ตารางที่ 5. 5 การขนส่งสินค้าภายในประเทศ

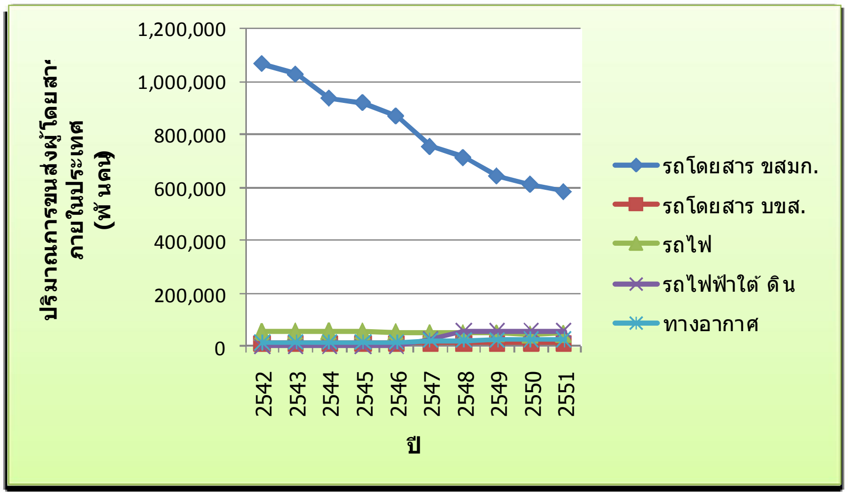
การขนส่งสินค้า	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
ทางถนน	392,244	397,976	400,241	434,918	440,018	435,147	430,275	427,581	428,123	424,456	-0.86
ทางรถไฟ	9,264	9,171	8,776	8,889	10,521	12,883	11,760	11,579	11,055	12,807	15.85
ทางน้ำภายในประเทศ	17,910	25,235	17,833	25,043	29,024	43,389	42,310	40,340	47,233	47,687	0.96
ชายฝั่งทะเล	21,970	23,347	19,657	24,795	24,628	36,975	34,253	31,574	31,216	29,615	-5.13
ทางอากาศ	97	104	110	107	103	114	120	122	110	106	-3.64
รวม	**441,485**	**455,833**	**446,617**	**493,752**	**504,294**	**528,508**	**518,718**	**511,196**	**517,737**	**514,671**	**-0.59**

หน่วย : พันตัน

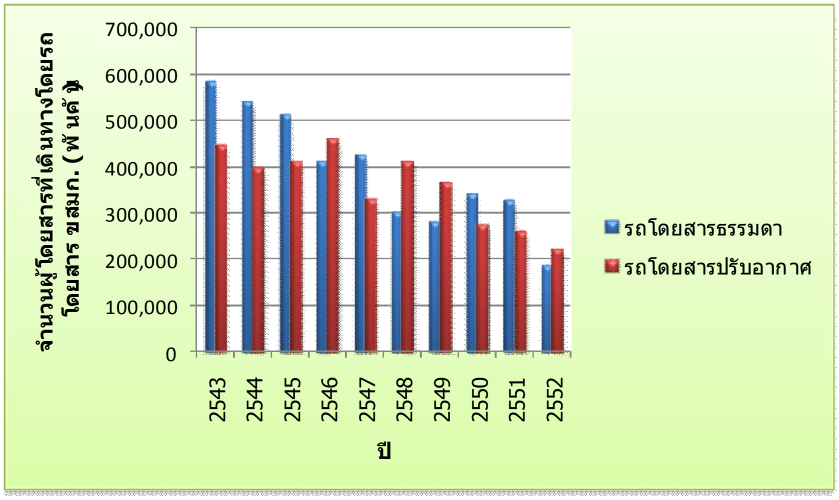
ที่มา : กรมการขนส่งทางอากาศ การรถไฟแห่งประเทศไทย บริษัท ขนส่ง จำกัด และองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

5.2.4 ปริมาณผู้โดยสาร

ปริมาณผู้โดยสารของระบบขนส่งสาธารณะก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่บ่งบอกถึงความต้องการการเดินทางของประชาชน และทำให้ทราบถึงแนวโน้มการใช้บริการรถสาธารณะซึ่งเป็นระบบที่ควรส่งเสริมเพราะสามารถขนส่งได้ทีละมาก ๆ ซึ่งทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลงได้จำนวนมาก จากสถิติจำนวนผู้โดยสารดังแสดงในตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.7 พบว่าจำนวนผู้โดยสารลดลงในทุก ๆ ปี โดยเฉพาะรถโดยสารของขนส่งมวลชนกรุงเทพ และเมื่อพิจารณาการใช้บริการของรถ ขสมก. ดังรูปที่ 5.8 พบว่าในปีหลัง ๆ ประชาชนใช้รถปรับอากาศมากกว่ารถธรรมดา



รูปที่ 5. 7 การขนส่งผู้โดยสารภายในประเทศ



รูปที่ 5. 8 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยรถโดยสาร ขสมก.

ตารางที่ 5. 6 การขนส่งผู้โดยสารภายในประเทศ

จำนวนผู้โดยสาร	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
รถโดยสาร ขสมก.	1,069,094	1,028,987	938,289	921,688	871,114	755,908	713,626	644,733	613,475	585,160	-4.62
รถโดยสาร บขส.	10,878	10,961	10,787	10,852	11,364	11,585	11,907	11,989	12,054	12,067	0.11
รถไฟ	54,439	55,213	56,749	55,500	53,216	50,228	49,077	48,487	45,050	47,835	6.18
รถไฟฟ้าใต้ดิน*	0	0	0	0	0	26,741	57,203	57,826	59,686	59,166	-0.87
ทางอากาศ	14,835	15,979	16,241	15,732	15,598	21,794	21,522	24,111	26,614	26,802	0.71
รวม	**1,149,246**	**1,111,140**	**1,022,066**	**1,003,772**	**951,292**	**866,256**	**853,335**	**787,147**	**756,879**	**731,030**	**-3.42**

หน่วย : พันคน

ที่มา : กรมการขนส่งทางอากาศ การรถไฟแห่งประเทศไทย บริษัท ขนส่ง จำกัด และองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

ตารางที่ 5. 7 จำนวนผู้โดยสารที่เดินทางโดยรถโดยสาร ขสมก.

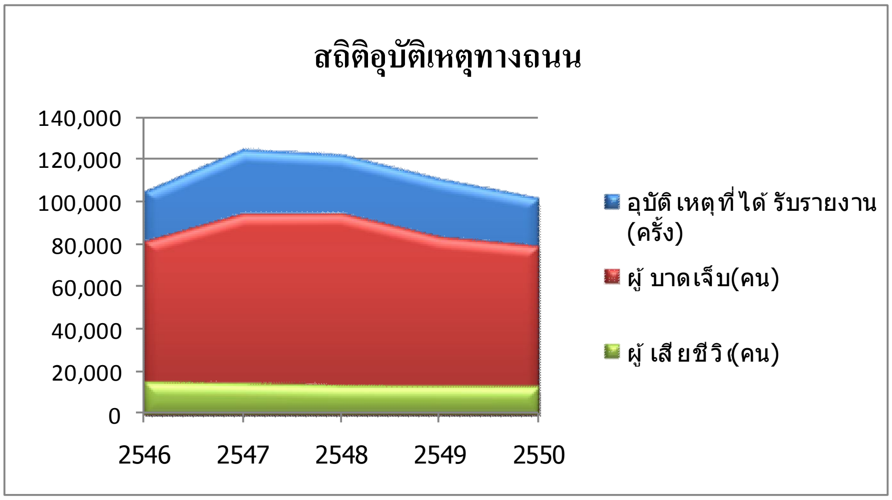
จำนวนผู้โดยสาร	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	อัตราการเติบโต
รถโดยสารธรรมดา	584,267	540,403	511,705	410,703	426,340	303,239	279,789	340,526	326,652	184,558	-43.50
รถโดยสารปรับอากาศ	444,720	397,886	409,983	460,411	329,568	410,386	364,944	272,949	258,508	221,817	-14.19
รวม	1,028,987	938,289	921,688	871,114	755,908	713,625	644,733	613,475	585,160	406,375	-30.55

หน่วย : พันคน

ที่มา : กรมการขนส่งทางอากาศ การรถไฟแห่งประเทศไทย บริษัท ขนส่ง จำกัด และองค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

5.2.5 จำนวนอุบัติเหตุและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุ

จำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุจะสะท้อนถึงความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุแต่ละครั้ง หากจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุมีจำนวนมากก็หมายความว่าประชาชนขาดการป้องกัน หรือระบบความป้องกันอันตรายของโครงข่ายพื้นฐานทางด้านการขนส่งไม่ดี ต้องมีการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งข้อมูลจำนวนอุบัติเหตุแสดงดังตารางที่ 5.8 จำนวนผู้เสียชีวิตเนื่องจากอุบัติเหตุแสดงดังตารางที่ 5.9 และจำนวนผู้บาดเจ็บแสดงดังตารางที่ 5.10 เมื่อพิจารณารูปที่ 5.9 ซึ่งเป็นสถิติอุบัติเหตุทางถนนพบว่าจำนวนอุบัติเหตุในช่วง 3 ปีย้อนหลังคือ 2548 – 2550 มีจำนวนลดน้องลงทั้งนี้อาจเนื่องจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีการดูแลเรื่องอุบัติเหตุอย่างจริงจัง เช่น โครงการเมาไม่ขับ 3ม2ข1ร เป็นต้น



รูปที่ 5. 9 สถิติอุบัติเหตุทางถนน

ตารางที่ 5. 8 จำนวนอุบัติเหตุที่ได้รับรายงาน แยกตามภาคการขนส่ง

ประเภทการขนส่ง	2546	2547	2548	2549	2550	อัตราการเติบโต
- ถนน	104,642	124,530	122,040	110,686	101,752	-8.07
- รถไฟ	1,028	1,052	512	518	555	7.14
- น้ำในประเทศ	12	17	9	9	13	44.44
- เลียบชายฝั่ง	14	19	18	16	18	12.50
- ทะเล	3	4	3	5	13	160.00
- อากาศ	4	3	4	9	7	-22.22
รวม	105,703	125,625	122,586	111,243	102,358	-7.99

หน่วย : ครั้ง

ที่มา : สำนักงานตำรวจแห่งชาติ การรถไฟแห่งประเทศไทย กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี และกรมการขนส่งทางอากาศ

ตารางที่ 5. 9 จำนวนผู้บาดเจ็บจากการเกิดอุบัติเหตุ แยกตามภาคการขนส่ง

ประเภทการขนส่ง	2546	2547	2548	2549	2550	อัตราการเติบโต
- ถนน	81,070	94,164	94,364	83,290	79,029	-5.12
- รถไฟ	349	382	417	467	438	-6.21
- น้ำในประเทศ	7	1	0	0	74	-
- เลียบชายฝั่ง	2	0	74	10	2	-80.00
- ทะเล	0	0	0	0	1	-
- อากาศ	7	2	0	26	45	73.08
รวม	81,435	94,549	94,855	83,793	79,589	-5.02

หน่วย : ครั้ง

ที่มา : สำนักงานตำรวจแห่งชาติ การรถไฟแห่งประเทศไทย กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี และกรมการขนส่งทางอากาศ

ตารางที่ 5. 10 จำนวนผู้บาดผู้เสียชีวิตจากการเกิดอุบัติเหตุ แยกตามภาคการขนส่ง

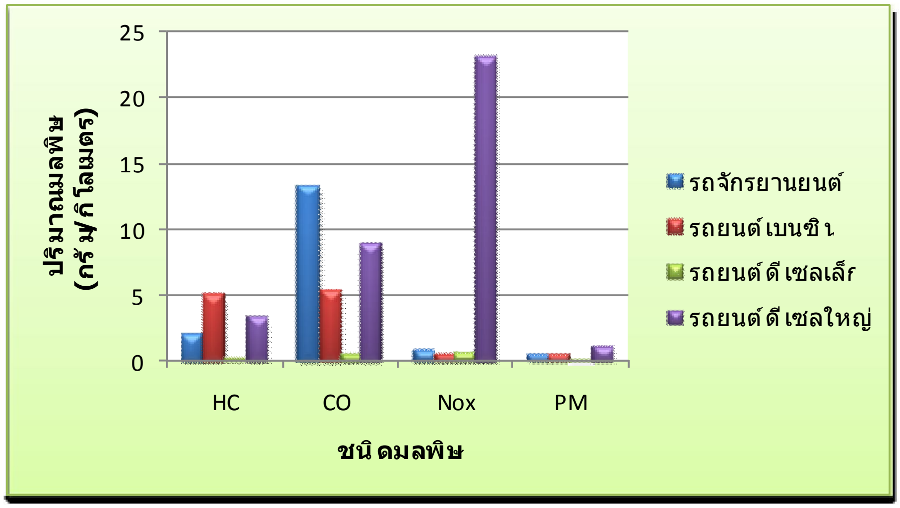
ประเภทการขนส่ง	2546	2547	2548	2549	2550	อัตราการเติบโต
- ถนน	14,446	13,766	12,858	12,693	12,492	-1.58
- รถไฟ	164	158	194	160	240	50.00
- น้ำในประเทศ	3	10	4	3	9	200.00
- เลียบชายฝั่ง	29	35	42	4	26	550.00
- ทะเล	0	15	0	1	7	600.00
- อากาศ	3	0	3	0	90	-
รวม	14,645	13,984	13,101	12,861	12,864	0.02

หน่วย : ครั้ง

ที่มา : สำนักงานตำรวจแห่งชาติ การรถไฟแห่งประเทศไทย กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี และกรมการขนส่งทางอากาศ

5.2.6 ปริมาณมลพิษในภาคการขนส่ง

ปริมาณมลพิษทางด้านการขนส่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการเดินทาง โดยปัจจุบันรถยนต์มีจำนวนมากขึ้นทำให้มลพิษที่เกิดจากการเดินทางมีมากขึ้น ซึ่งต้องหาแนวทางในการลดมลพิษนี้ลงเพื่อสุขภาพพลานามัยของประชาชน ซึ่งยานพาหนะแต่ละชนิดมีปริมาณการปล่อยมลพิษที่ไม่เท่ากัน กรมควบคุมมลพิษได้ใช้แบบจำลอง MOBILE6 ในหาปริมาณการปล่อยมลพิษ ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5.11 และรูปที่ 5.10 พบว่ารถที่ปล่อยไฮโดรคาร์บอนมากที่สุดคือรถยนต์เบนซิน รถที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุดคือ รถจักรยานยนต์ และรถที่ปล่อยออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สุดคือ รถยนต์ดีเซลเล็ก เมื่อนำแบบจำลองที่ได้มาคำนวณร่วมกับจำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในเขต กทม. พบว่ามีปริมาณการระบายออกไซด์ของไนโตรเจน 495,000 ตันต่อปี ก๊าซไฮโดรคาร์บอน 418,000 ตันต่อปี ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ 3,170,000 ตันต่อปี และฝุ่นละออง 54,000 ตันต่อปี (ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ 2548)



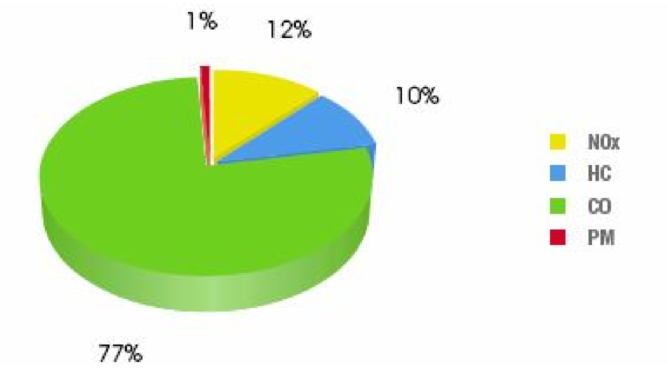
รูปที่ 5. 10 ปริมาณการปล่อยมลพิษในยานพาหนะประเภทต่างๆ

ตารางที่ 5. 11 ดัชนีการระบายมลพิษจากยานพาหนะจากแบบจำลอง MOBILE 6

ประเภทรถยนต์	HC	CO	NO_x	PM
รถจักรยานยนต์	2.07	13.325	0.845	0.48
รถยนต์เบนซิน	5.035	5.413	0.485	0.48
รถยนต์ดีเซลเล็ก	0.213	0.493	0.583	0.06
รถยนต์ดีเซลใหญ่	3.42	8.89	23.12	1.15

หน่วย : กรัมต่อกิโลเมตร

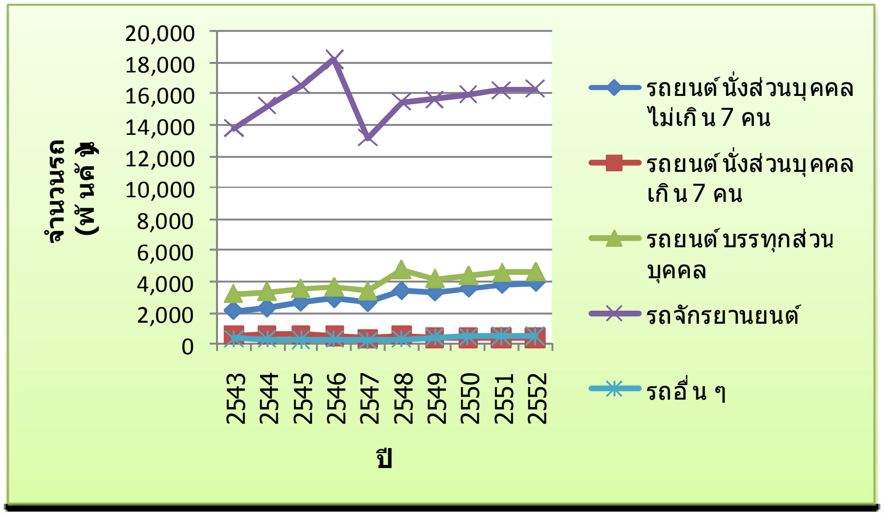
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ



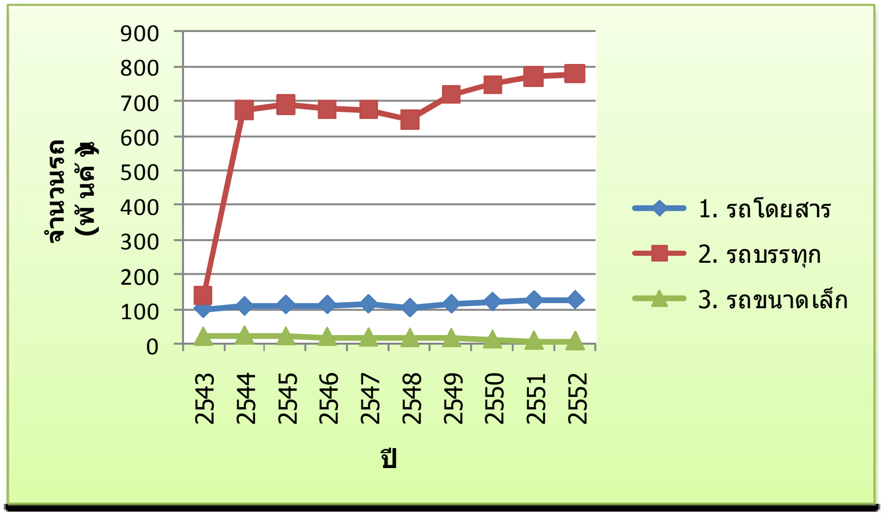
รูปที่ 5. 11 ผลการประเมินปริมาณสารมลพิษที่ระบายจากยานพาหนะ

5.2.7 จำนวนยานพาหนะในแต่ละปี

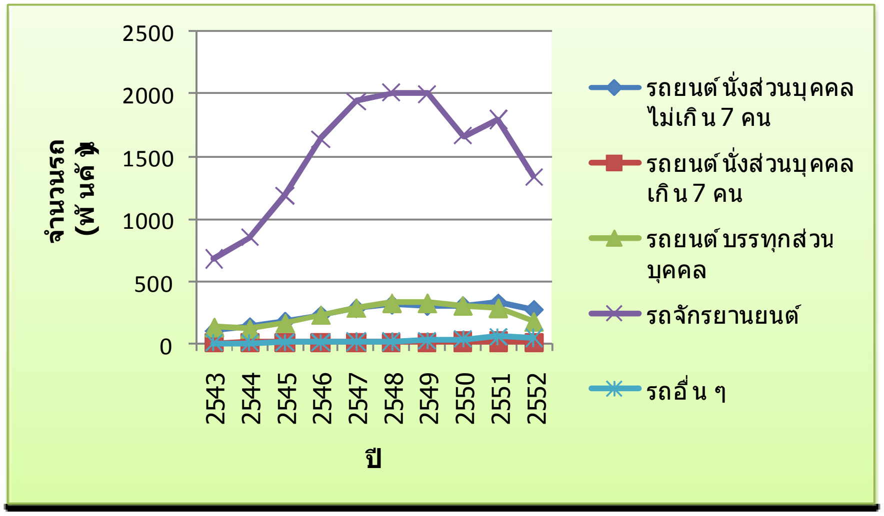
จำนวนยานพาหนะที่จดทะเบียนในแต่ละปีทำให้ทราบว่าประชาชนมีจะการใช้ยานพาหนะเพิ่มขึ้นหรือลดลง และทราบถึงแนวโน้มการเดินทางด้วยยานพาหนะแต่ละประเภท ดังที่แสดงในตารางที่ 5.12 และรูปที่ 5.12 พบว่าจำนวนยานพาหนะมีอัตราเพิ่มขึ้นในปี 2548 – 2552 โดยจำนวนยานพาหนะที่มากที่สุดคือจำนวนรถจักรยานยนต์ รองลงมาคือรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล และอันดับที่สามคือรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน จากตารางที่ 5.13 และรูปที่ 5.13 เป็นจำนวนรถโดยสารที่จดทะเบียนมีอัตราเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี 2548 – 2552 เช่นกัน จากตารางที่ 5.14 และรูปที่ 5.14 เป็นจำนวนรถจดทะเบียนใหม่ในแต่ละปี พบว่ามีอัตราการจดทะเบียนลดลงในปี 2548 -2552 ในยานพาหนะทุกประเภท



รูปที่ 5. 12 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522



รูปที่ 5. 13 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก



รูปที่ 5. 14 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522

ตารางที่ 5. 12 จำนวนรถจดทะเบียนภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522

ประเภทรถ	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	2,111	2,281	2,651	2,881	2,630	3,396	3,313	3,560	3,809	6.99
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล เกิน 7 คน	554	583	608	518	364	546	395	382	379	-0.79
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	3,209	3,341	3,544	3,631	3,385	4,752	4,174	4,371	4,552	4.14
รถจักรยานยนต์	13,817	15,236	16,581	18,210	13,207	15,501	15,650	15,962	16,264	1.89
รถอื่น ๆ	339	319	290	309	229	305	426	463	507	9.50
รวม	20,030	21,760	23,674	25,549	19,815	24,500	23,958	24,738	25,512	3.13

หน่วย : พันคัน

ที่มา : กรมการขนส่งทางบก

ตารางที่ 5. 13 จำนวนรถจดทะเบียน ภายใต้พระราชบัญญัติการขนส่งทางบก

ประเภทรถ	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
1. รถโดยสาร	101	108	112	112	114	103	114	121	125	3.31
- ประจำทาง	73	78	80	80	75	72	79	82	84	2.44
- ไม่ประจำทาง	19	21	22	22	24	23	26	29	31	6.90
- ส่วนบุคคล	9	9	9	9	16	8	9	10	10	0.00
2. รถบรรทุก	140	674	690	678	675	646	719	748	772	3.21
- ไม่ประจำทาง	83	90	90	107	110	109	125	136	148	8.82
- ส่วนบุคคล	57	583	599	571	565	537	594	612	624	1.96
3. รถขนาดเล็ก	21	23	22	20	18	17	16	12	9	-25.00
รวม	263	804	823	809	808	766	849	880	906	2.95

หน่วย : พันคัน

ที่มา : กรมการขนส่งทางบก

ตารางที่ 5. 14 จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ภายใต้พระราชบัญญัติรถยนต์ พ.ศ.2522

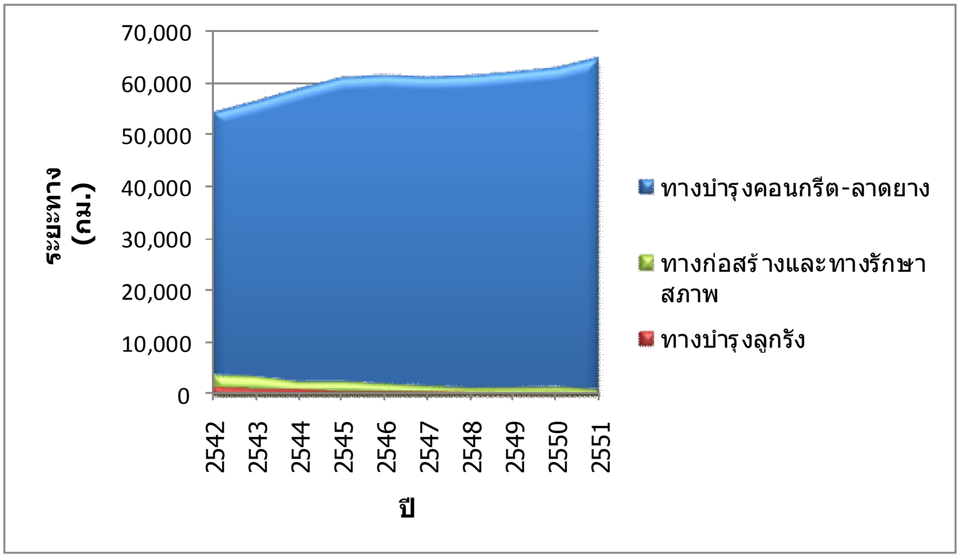
ประเภทรถ	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล ไม่เกิน 7 คน	103	136	181	231	285	315	305	306	329	7.52
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล เกิน 7 คน	10	14	15	15	14	15	16	21	21	0.00
รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	133	122	167	232	289	329	328	308	288	-6.49
รถจักรยานยนต์	683	850	1,187	1,643	1,944	2,012	2,002	1,665	1,796	7.87
รถอื่น ๆ	10	10	13	13	17	21	28	40	61	52.50
รวม	939	1,132	1,564	2,134	2,549	2,691	2,679	2,341	2,496	6.62

หน่วย : พันคัน

ที่มา : กรมการขนส่งทางบก

5.2.8 โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่ง

โครงสร้างพื้นฐานต้องมีเพียงพอสำหรับรองรับความต้องการการขนส่ง ซึ่งหากโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการขนส่งแต่ละรูปแบบมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ก็จะสะท้อนให้เห็นว่าการเดินทางเพิ่มมากขึ้น แต่การเพิ่มโครงข่ายพื้นฐานก็อาจเป็นตัวที่ทำให้ความต้องการการเดินทางเพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการพิจารณาให้ถี่ถ้วนในการขยายโครงข่ายด้านคมนาคมขนส่ง จากตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.15 เป็นระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง พบว่าทางบำรุงคอนกรีต-ลาดยางมีอัตราการเพิ่มขึ้น แต่ทางที่ก่อสร้างมีอัตราลดลง



รูปที่ 5.15 ระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง

ตารางที่ 5. 15 ระยะทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง

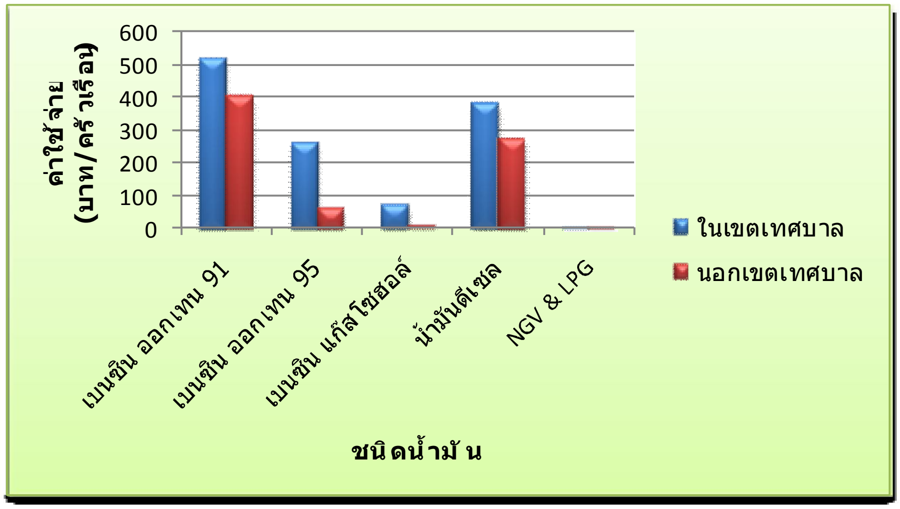
ปี	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	อัตราการเติบโต
ทางบำรุงคอนกรีต-ลาดยาง	56,559	58,967	61,125	61,559	61,238	61,468	62,177	62,988	64,977	3.16
ทางบำรุงลูกรัง	844	784	483	355	348	279	225	218	231	5.96
รวมทางบำรุง	57,403	59,751	61,608	61,913	61,586	61,747	62,402	63,206	65,208	3.17
ทางก่อสร้างและทางรักษาสภาพ	3,385	2,444	2,487	2,069	1,702	1,315	1,371	1,539	1,058	-31.25
ระยะทางทั้งสิ้น	60,788	62,195	64,095	63,983	63,287	63,062	63,773	64,745	66,266	2.35

หน่วย : กิโลเมตร

ที่มา : กรมทางหลวง

5.2.9 ค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของครัวเรือน

ปริมาณการใช้จ่ายของครัวเรือนในภาคการขนส่งนี้เป็นตัวแปรที่ทำให้ทราบว่าปริมาณการเดินทางของประชาชนมีมากน้อยแค่ไหน เพราะถ้าการเดินทางมากค่าใช้จ่ายในการเดินทางก็จะมากตาม จากตารางที่ 5.16 และรูปที่ 5.16 เป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือนเปรียบเทียบกันระหว่างครัวเรือนที่อยู่ในเขตเทศบาลและนอกเขตเทศบาล ซึ่งพบว่าครัวเรือนที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงกว่านอกเขตเทศบาล



รูปที่ 5.16 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน พ.ศ. 2549 (หน่วย: บาท)

ตารางที่ 5. 16 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเฉลี่ยต่อเดือนของครัวเรือน พ.ศ. 2549

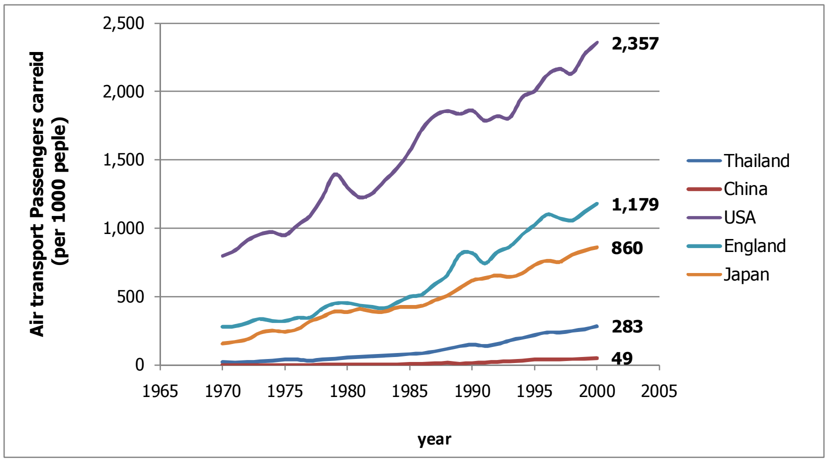
ประเภทน้ำมัน	ในเขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล	รวม
น้ำมันเบนซิน	854	475	1,329
- ออกเทน 91	521	403	924
- ออกเทน 95	262	63	325
- แก๊สโซฮอล์	71	9	80
น้ำมันดีเซล	383	272	655
แก๊สใช้สำหรับยานพาหนะ	3	1	4
- NGV	0	0	0
- LPG	3	1	4

หน่วย: บาท *(ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ)*

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดด้านการขนส่ง เปรียบเทียบกับต่างประเทศ

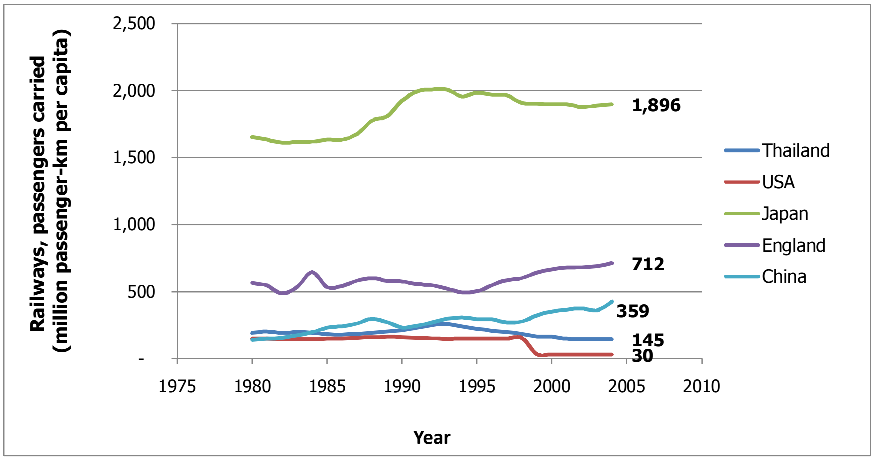
5.3.1 ปริมาณการเดินทางต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.17 แสดงปริมาณการเดินทางทางอากาศ ของสถานการณ์ของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากข้อมูลในปี ค.ศ. 1970 – 1990 เท่ากับ 16.27 % และพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในช่วง ค.ศ. 1990 – 2000 คิดเป็น 6.9 % ตามลำดับ โดยที่สถานการณ์ของประเทศไทยใกล้เคียงกับประเทศจีน และประเทศญี่ปุ่น แต่เส้นกราฟจะอยู่สูงกว่าประเทศจีน และอยู่ต่ำกว่าประเทศญี่ปุ่น ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับค่า GDP ของประเทศไทยนั้นมีค่าใกล้เคียงกับประเทศจีน



รูปที่ 5.17 เปรียบเทียบปริมาณผู้โดยสารทางอากาศ

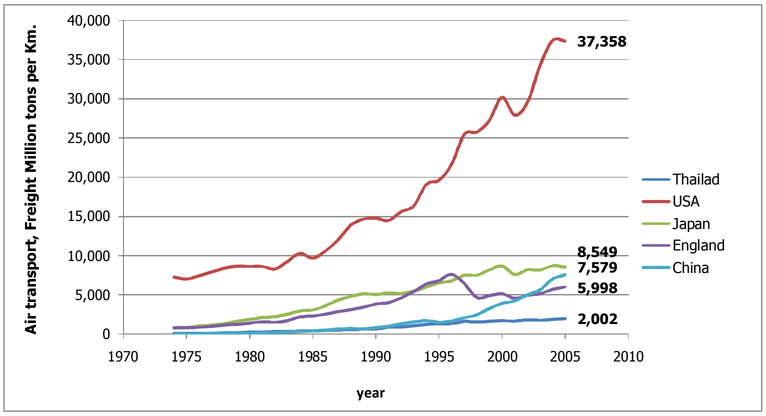
จากรูปที่ 5.18 แสดงปริมาณการเดินทางในระบบรางในหน่วยการเดินทาง Million passenger- km (per capita) พบว่าสถานการณ์ของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปี ค.ศ. 1980 – 1993 และจากนั้นมีแนวโน้มลดลงจากปี ค.ศ. 1994 – 2004 โดยมีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.05 เท่า และลดลง 0.93 เท่าตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับสถานการณ์ของประทศจีน



รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบปริมาณผู้โดยสารทางรถไฟ

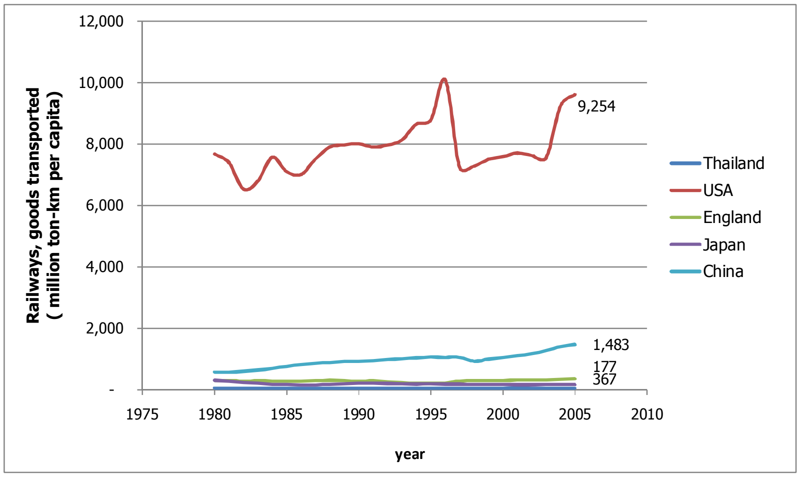
5.3.2 ปริมาณการขนส่งสินค้า

จากรูปที่ 5.19 แสดงปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ สถานการณ์ของประเทศไทยในรอบ 31 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ ค.ศ. 1974 -2005 จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งคิดจากปี ค.ศ. 2004 – 2005 แล้วเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของข้อมูลการขนส่งสินค้าทางอากาศในหน่วย Million tons per km ใกล้เคียงกับสถานการณ์ของประเทศจีน จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศสหรัฐอเมริกา นั้นมีความแตกต่างกันถึง 123 เท่า และแตกต่างจากประเทศญี่ปุ่น 12.6 เท่า ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับค่า GDP ซึ่งประเทศไทยนั้นมีค่า GDP ใกล้เคียงกับประเทศจีนมากเมื่อเปรียบเทียบจาก 4 ปะเทศ คือ ประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น ประเทศอังกฤษ และ ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 5.19 เปรียบเทียบปริมาณการขนส่งสินค้าทางอากาศ

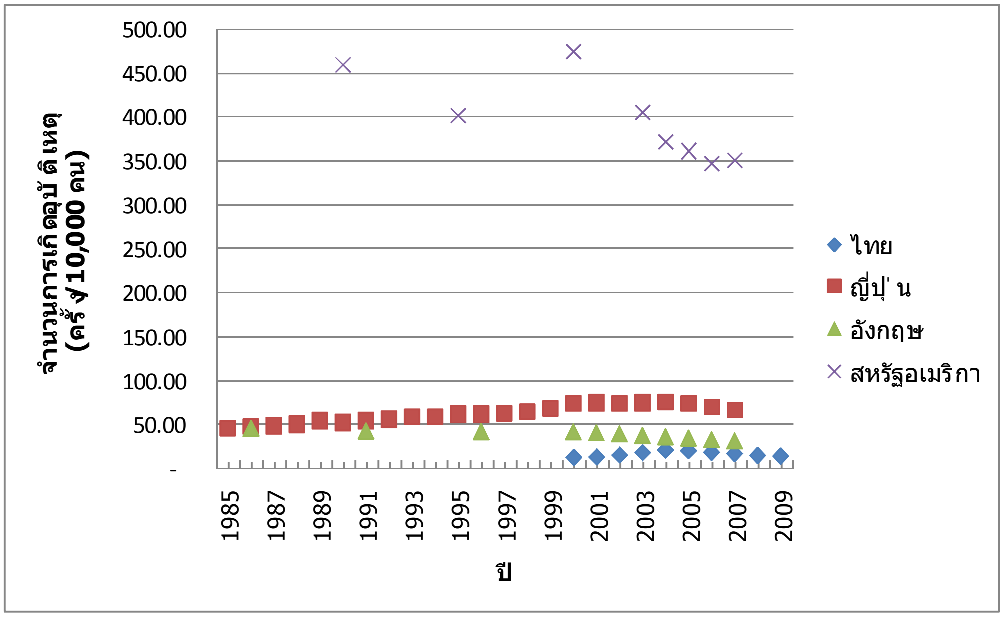
จากรูปที่ 5.20 แสดงปริมาณการขนส่งสินค้าในระบบราง ในหน่วยการเดินทาง Million tons- km (per capita) พบว่าสถานการณ์ของประเทศไทยมีแนวโน้มคงที่ตั้งปี ค.ศ. 1980 – 2004 ซึ่งมีแนวโน้มใกล้เคียงกับสถานการณ์ของประทศญี่ปุ่นและประเทศอังกฤษ เมื่อมีการเปรียบเทียบระหว่าง 5 ประเทศ ได้แก่ ประเทศจีน ประเทศญี่ปุ่น ประเทศอังกฤษ และประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 5. 20 เปรียบเทียบปริมาณการขนส่งสินค้าทางรถไฟ

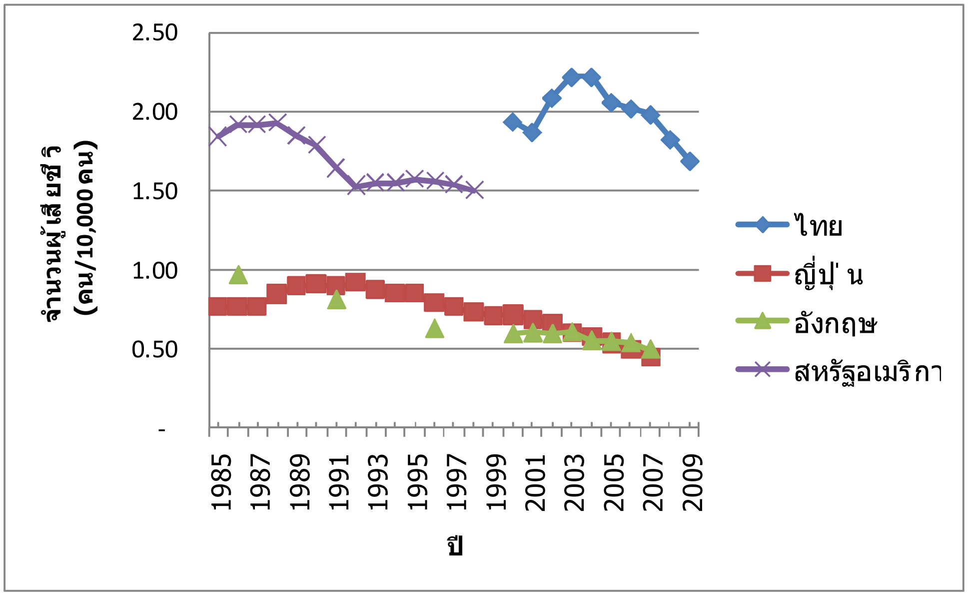
5.3.3 จำนวนอุบัติเหตุและผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.21 จะเห็นได้ว่า จำนวนอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในแต่ละประเทศสอดคล้องกับกราฟแสดงจำนวนยานพาหนะในครัวเรือน ประเทศไทยมีจำนวนการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่าประเทศอื่นๆ และตั้งแต่ปี 2005 นั้นมีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ย 7.8 % โดยที่ทุกประเทศมีแนวโน้มของจำนวนอุบัติเหตุลดลง แต่ประเทศญี่ปุ่นมีจำนวนอุบัติเหตุมากกว่า GB ทั้งที่มีจำนวนยานพาหนะในครัวเรือนใกล้เคียงกัน ส่วนสหรัฐอเมริกา เนื่องจามีจำนวนประชากรมากและจำนวนยานพาหนะมาก จึงมีจำนวนอุบัติเหตุมากกว่าแระเทศอื่นๆ ประมาณ 6-7 เท่า



รูปที่ 5. 21 เปรียบเทียบจำนวนการเกิดอุบัติเหตุต่อจำนวนประชากร

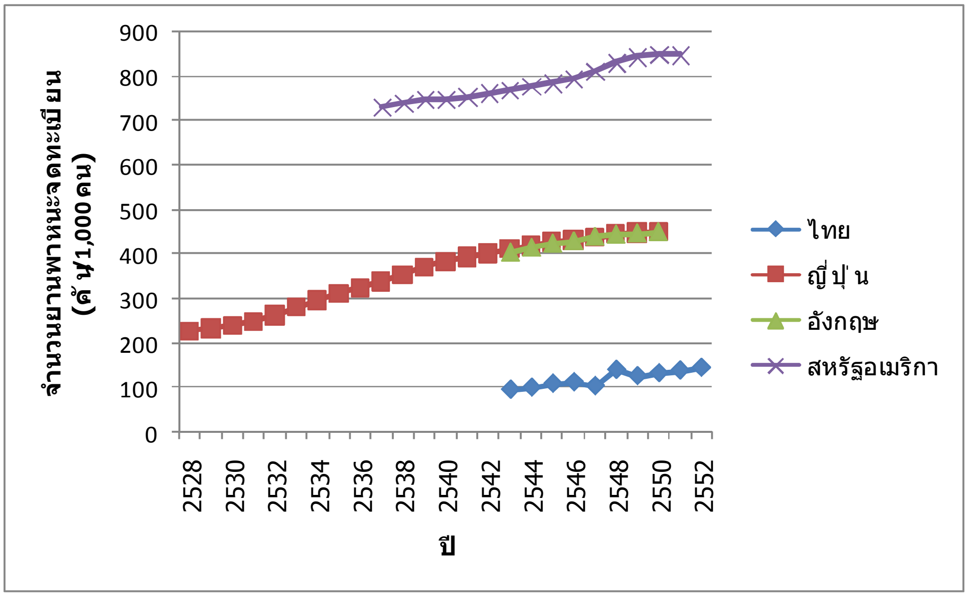
จากรูปที่ 5.22 จะเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีจำนวนผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุมากกว่าญี่ปุ่น GB และสหรัฐอเมริกา โดยที่ทุกประเทศมีแนวโน้มลดลง และประเทศไทยมีแนวโน้มลดลงโดยเฉลี่ยประมาณ 5.3 %



รูปที่ 5. 22 เปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิตต่อจำนวนประชากร

5.3.4 จำนวนยานพาหนะในแต่ละปีต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.23 พบว่าจำนวนรถจดทะเบียนต่อจำนวนประชากร 1,000 คน พบว่าประเทศไทยมีจำนวนรถจดทะเบียนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ ญี่ปุ่น อังกฤษ และอเมริกา ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสามประเทศเป็นประเทศที่พัฒนาแล้วและมีการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจที่ค่อนข้างสูงกว่าประเทศไทยมาก

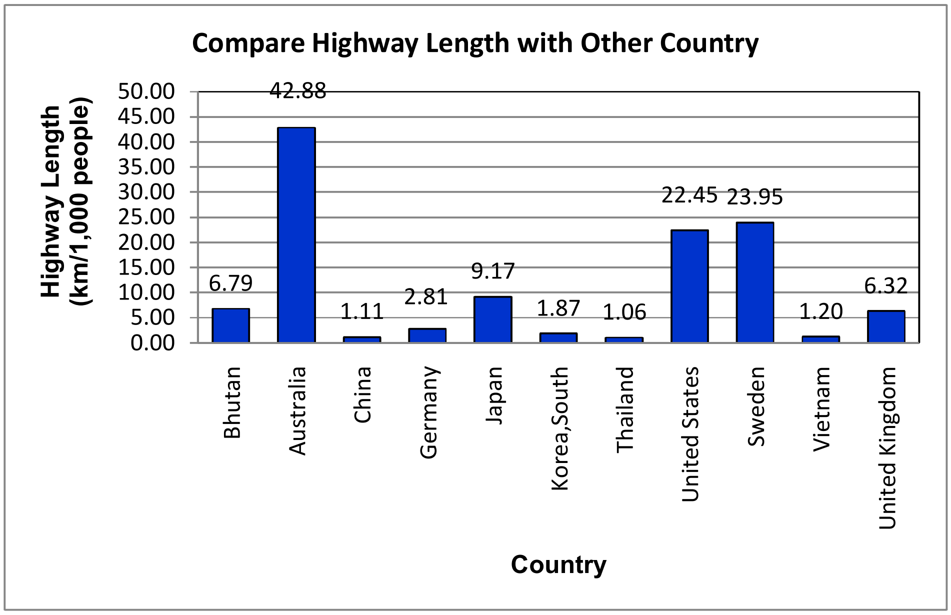


รูปที่ 5.23 เปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนต่อจำนวนประชากร

5.3.5 โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.24 ประเทศไทยมีถนน Highway ต่อหัวประชากรใกล้เคียงกับ ประเทศจีน เกาหลีใต้ และเวียดนาม และมีค่าน้อยกว่าประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และอังกฤษ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับประเทศ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และอังกฤษ สรุปได้ดังนี้

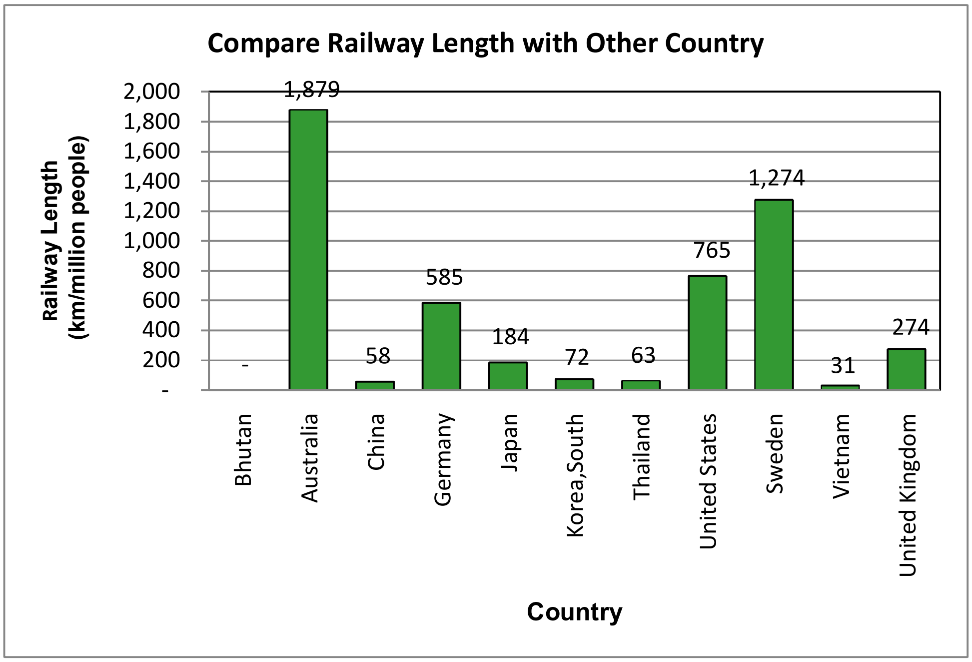
- ประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบความยาว Highway กับประเทศ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และอังกฤษ จะมีค่าน้อยสุด อาจจะเนื่องจากมีค่ารายได้ต่อหัวน้อยกว่าและ เป็นประเทศที่กำลังพัฒนา
- ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศสหรัฐพบว่ามีความยาวของถนน Highway สูง อาจจะเนื่องมาจากมีพื้นที่มากเป็นอันดับ 3 หรือ 4 ของโลก และมีรายได้ต่อหัวสูง และมีจำนวนรัฐ 50 รัฐ การขนส่งโดยส่วนใหญ่ใช้รถยนต์โดยสารเป็นทางเลือกที่มีความสะดวก
- รองลงมาคือ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งพบว่าการคมนาคมโดยรถไฟ มีเครือข่ายรถไฟของญี่ปุ่นมีประสิทธิภาพมากและบริการให้ทั่วถึงมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก จึงพบว่าคนโดยส่วนใหญ่นิยมเดินทางโดยรถไฟ ทำให้การเดินทางโดยรถยนต์หรือการใช้ถนนน้อยลง
- และสุดท้าย ประเทศอังกฤษ พบว่าการเดินทางที่สะดวกสบายที่สุดในลอนดอนคือ รถไฟและรถไฟฟ้าใต้ดิน จึงอาจทำให้การเดินทางโดยรถยนต์หรือการใช้ถนนน้อยลง



รูปที่ 5.24 เปรียบเทียบความยาวถนนต่อจำนวนประชากร

จากรูปที่ 5.25 ประเทศไทยมีความยาวรางรถไฟ ต่อหัวประชากรใกล้เคียงกับ ประเทศจีน และเกาหลีใต้ และมีค่าน้อยกว่าประเทศญี่ปุ่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และอังกฤษ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับประเทศ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และอังกฤษ สรุปได้ดังนี้

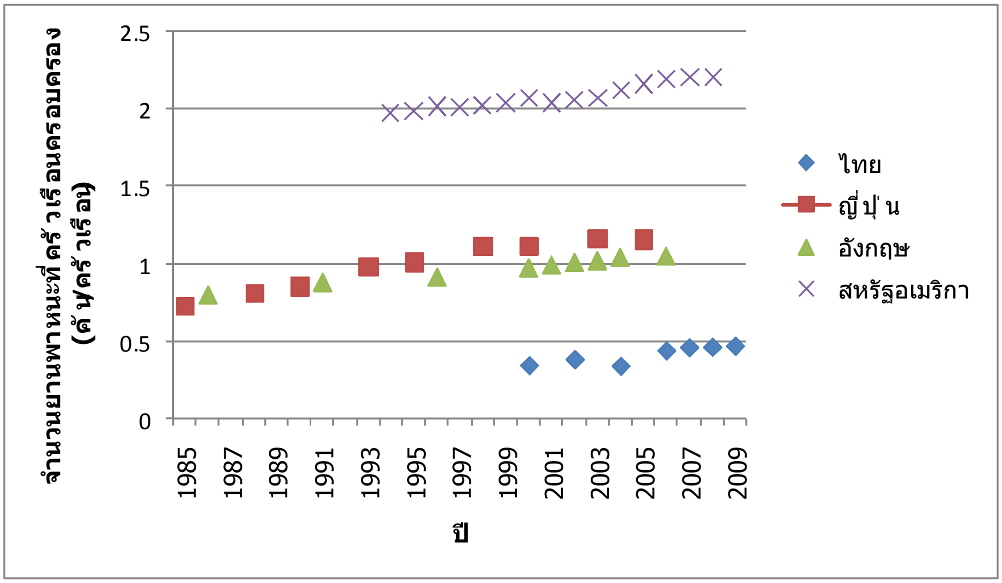
- ประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบความยาวรางรถไฟ กับประเทศ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และอังกฤษ จะมีค่าน้อยสุด อาจจะเนื่องจากมีค่ารายได้ต่อหัวน้อยกว่าและเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา
- ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศสหรัฐพบว่ามีความยาวของรางรถไฟสูง อาจจะเนื่องมาจากมีพื้นที่มากเป็นอันดับ 3 หรือ 4 ของโลก และมีรายได้ต่อหัวสูง การเดินทางโดยใช้รถไฟมีความสะดวกและปลอดภัย
- รองลงมาคือ ประเทศอังกฤษพบว่ามีความยาวของรางรถไฟเป็นอันดับที่ 2 รองจากประเทศสหรัฐอเมริกา อาจจะเนื่องมาจากมีค่ารายได้ต่อหัวสูง และการเดินทางโดยรถไฟและรถไฟใต้ดินสะดวกสุด
- และสุดท้าย ประเทศญี่ปุ่นพบว่ามีความยาวของรางรถไฟเป็นอันดับที่ 3 รองจากประเทศอังกฤษ โดยระบบการขนส่งโดยรถไฟและรถไฟฟ้าใต้ดินมีประสิทธิภาพมาก จึงทำให้มีความยาวของรางรถไฟมากเพื่อให้มีประสิทธิภาพและบริการได้ทั่วถึง



รูปที่ 5.25 เปรียบเทียบความยาวทางรถไฟต่อจำนวนประชากร

5.3.6 การครอบครองยานพาหนะของครัวเรือน

จากรูปที่ 5.26 จะเห็นได้ว่า จำนวนยานพาหนะต่อครัวเรือนของประเทศไทยน้อยกว่าประเทศอื่นๆ โดยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 1.9 % โดยมีจำนวนใกล้เคียงกับประเทศสหรัฐอเมริกา

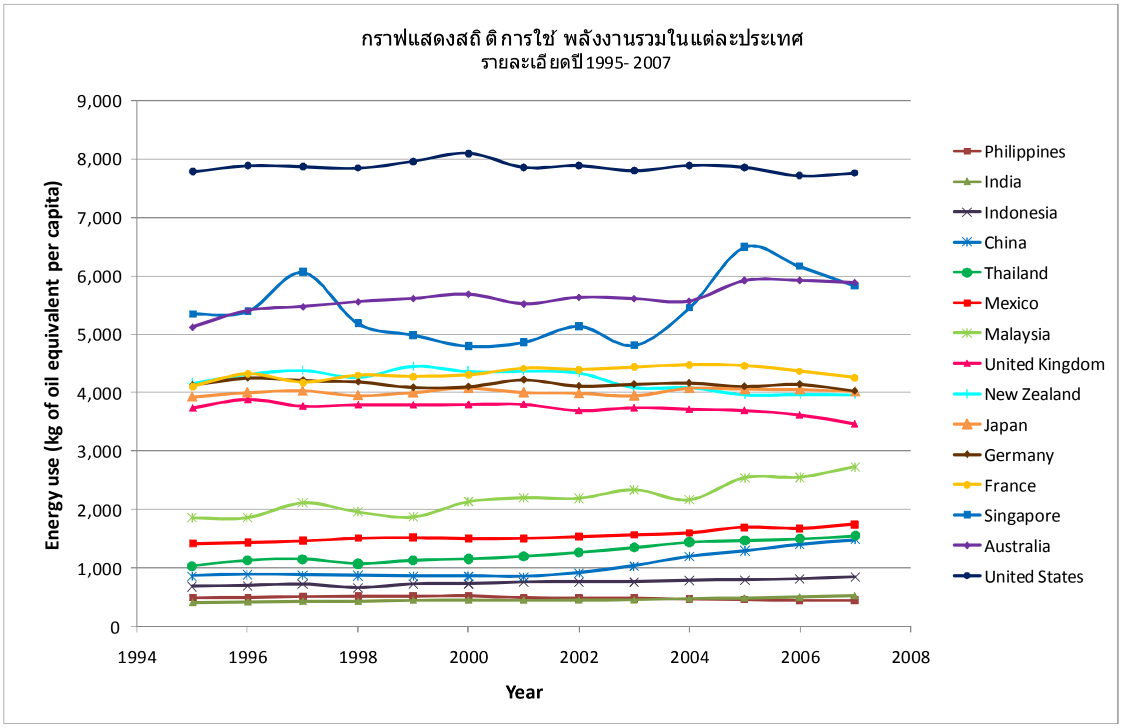


รูปที่ 5. 26 เปรียบเทียบจำนวนยานพาหนะที่ครัวเรือนครอบครอง

5.3.7 การใช้พลังงานรวมต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.27 แสดงสถิติการใช้พลังงานรวมในแต่ละประเทศ โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากทั้งหมด 15 ประเทศ เป็นข้อมูลในปี 1995 - 2007 พบว่าประเทศไทย มีการใช้พลังงานรวมมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี มากกว่าประเทศ ฟิลิปปินส์ อินเดีย อินโดนีเซีย และ จีน ส่วนประเทศอังกฤษจะพบว่ามีการใช้พลังงานค่อนข้างคงที่ แต่จะลดลงเห็นได้ชัดเจนในปี 2007 จากสถิติประเทศที่ใช้พลังงานรวมในประเทศสหรัฐอเมริกาสูงที่สุด รองลงมาเป็นออสเตรเลีย และ สิงค์โปร ส่วนประเทศที่ใช้พลังงานน้อยได้แก่ฟิลิปปินส์ และอินเดีย

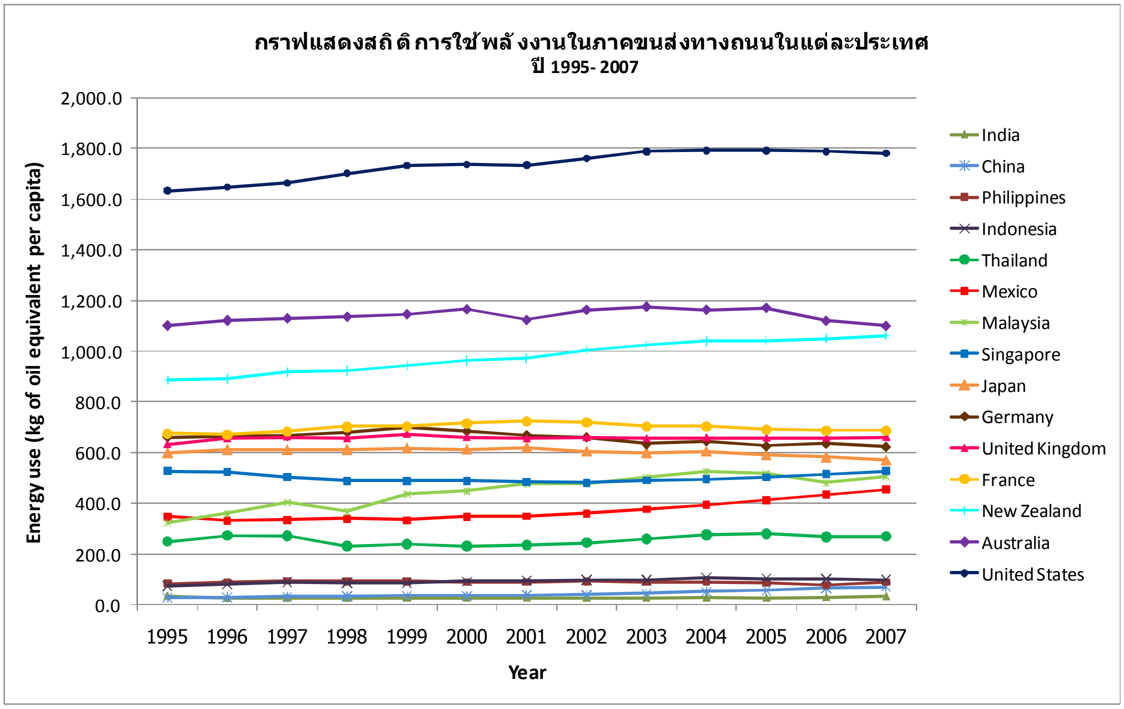
จากกราฟ แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้พลังงานรวมในประเทศไทย อินเดีย มีความสัมพันธ์กับค่ากราฟผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เพิ่มขึ้น ลดลง ตามค่า GDP



รูปที่ 5. 27 เปรียบเทียบการใช้พลังงานรวมของประเทศต่าง ๆ

5.3.8 การใช้พลังงานในภาคขนส่งต่อหัวประชากร

จากรูปที่ 5.28 แสดงสถิติการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางบกในแต่ละประเทศ โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากทั้งหมด 15 ประเทศ เป็นข้อมูลในปี 1995 - 2007 พบว่าประเทศไทย มีการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางบกมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ลดลง ตามค่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ในแต่ละปี และมีการใช้พลังงานในภาคขนส่งทางบกมากกว่าประเทศ ฟิลิปปินส์ อินเดีย อินโดนีเซีย และจีน ส่วนประเทศอังกฤษจะพบว่ามีการใช้พลังงานค่อนข้างคงที่ แต่จะลดลงเห็นได้ชัดเจนในปี 2001, 2006 และปี 2007 จากสถิติประเทศที่ใช้พลังงานรวมในประเทศสหรัฐอเมริกาสูงที่สุด รองลงมาเป็นออสเตรเลีย และ นิวซีแลนด์ ส่วนประเทศที่ใช้พลังงานน้อยได้แก่จีน และอินเดีย



รูปที่ 5. 28 เปรียบเทียบการใช้พลังงานในการขนส่งทางถนนของประเทศต่าง ๆ

5.4 การนำจัดทำฐานข้อมูลในเวปไซต์

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลดังที่แสดงในรายงานข้างบนแล้ว ยังรวมรวมไว้บนเว็บไซต์เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้ โดยสามารถเข้าไปสืบค้นได้ที่ www.sut.ac.th/transportenergy/data.php ดังรูปที่ 5.29

รูปที่ 5.29 เวปไซต์เผยแพร่ข้อมูลโครงการ

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการศึกษาในบทนี้จะบรรยายสรุปแยกตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้ (1) การศึกษาและทบทวนงานวิจัยในประเทศและต่างประเทศ (2) แบบจำลองที่แนะนำในประเทศไทย (3) การดำเนินการสำรวจข้อมูล และสุดท้ายจะเป็นข้อเสนอแนะ

6.1 แบบจำลองการใช้พลังงานในประเทศและต่างประเทศ

ในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งมีวิธีการที่หลากหลาย และแตกต่างกันในแต่ละประเทศ ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแบบจำลองว่ามีการเก็บรวบรวมไว้เป็นอย่างดีและเพียงพอหรือไม่ สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการใช้ในประเทศไทย จะเป็นการสร้างภาพเหตุการณ์การใช้พลังงานด้วยโปรแกรม Long run Energy Alternative Planning (LEAP) โดยจะใช้ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคมเป็นข้อมูลอินพุตในการพัฒนาแบบจำลอง ส่วนอีกแบบจำลองหนึ่งคือแบบจำลองการใช้พลังงานในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลสำรวจเพื่อหาระยะการเดินทางของประชาชน รูปแบบการเดินทางของประชาชน และการทดสอบยานพาหนะเพื่อหาอัตราการสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง วิธีการนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในหลายประเทศ เช่น สหราชอาณาจักร แคนนาดา และฮ่องกง เป็นต้น

สำหรับการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในต่างประเทศ เช่นประเทศสหรัฐอเมริกาจะพัฒนาแบบจำลองสำหรับการขนส่งด้วยโปรแกรม CALCARS ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ และ VMT ซึ่งตัวแปรที่เกี่ยวข้องจะประกอบด้วย ลักษณะทางสภาพเศรษฐกิจและสังคมของประชากร ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง แนวโน้มลักษณะของยานพาหนะในอนาคต และ ความพึงพอใจของผู้ขับขี่ต่อยานพาหนะที่ใช้โดยการใช้ Logit Model เข้ามาช่วยในการคำนวณหาระยะการเดินทางของประชากร สำหรับสหราชอาณาจักรจะคำนวณหาระยะการเดินทางของประชาชนโดยการนับปริมาณจราจรบนถนนสายหลักและถนนสายรอง จากนั้นนำระยะทางที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อไป ประเทศแคนนาดาใช้การสำรวจข้อมูลการเดินทางของประชาชนจากนั้นนำมาพัฒนาแบบจำลองโดยใช้วิธีการทางสถิติ ประเทศออสเตรเลียจะพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ Linear Programming ประเทศฮ่องกงใช้ข้อมูลการสำรวจการเดินทางของประชาชนจากนั้นสร้างแบบจำลองด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย ประเทศจีนใช้ข้อมูลสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่หน่วยงานต่าง ๆ เก็บรวมรวมไว้ โดยใช้ข้อมูลที่ไม่มากนักพัฒนาแบบจำลองด้วย Partial Least Square Regression และสุดท้าย International Energy Agency (IEA) ได้สร้าง

Spreadsheet สำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยใช้ข้อมูลของประเทศสมาชิกจำนวน 28 ประเทศ ซึ่งใช้ข้อมูลจำนวนมากมีความละเอียดของข้อมูลสูง

6.2 แบบจำลองที่เหมาะสำหรับประเทศไทย

แบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งที่แนะนำสำหรับประเทศไทยซึ่งจะประกอบด้วย 8 แบบจำลองย่อย ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองการขนส่งทางถนนสำหรับประชากรและสินค้า แบบจำลองการขนส่งทางน้ำสำหรับประชากรและสินค้า แบบจำลองการขนส่งทางอากาศสำหรับประชากรและสินค้า และแบบจำลองสำหรับการขนส่งทางรถไฟสำหรับประชากรและสินค้า สำหรับวิธีการในการพัฒนาแบบจำลองย่อยแต่ละแบบจำลองมี รายละเอียดดังนี้

- แบบจำลองย่อยที่ 1 ประกอบด้วยอีกสามแบบจำลองย่อย แบบจำลองระยะการเดินทางรวมในหน่วยคันกิโลเมตรใช้การวิเคราะห์ความถดถอย แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางใช้แบบจำลองโลจิต ข้อมูลอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะใช้ผลการทดสอบจากหน่วยตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ
- แบบจำลองย่อยที่ 2 ถึง 8 จะใช้การวิเคราะห์ความถดถอยในการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่หน่วยงานต่าง ๆ สำรวจไว้เช่น ข้อมูล GDP จำนวนประชากร โครงสร้างพื้นที่ที่รองรับการเดินทางในแต่ละรูปแบบ เป็นต้น

6.3 การดำเนินการสำรวจข้อมูล

สำหรับการดำเนินการสำรวจข้อมูลได้ดำเนินการสำรวจข้อมูล 2 ชุดคือ

6.3.1 การสำรวจข้อมูลการเดินทางของประชนชนในเขตพื้นที่ 3 จังหวัด คือ นครราชสีมา ปราจีนบุรี และพระนครศรีอยุธยา จำนวนทั้งสิ้น 2,800 ครัวเรือน วิธีการสำรวจใช้การสัมภาษณ์ครัวเรือนเกี่ยวกับ ข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน ข้อมูลการเดินทางของบุคคลในครัวเรือนเป็นต้น

6.3.2 การสำรวจสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภท ซึ่งได้ดำเนินการสำรวจปริมาณการจำหน่ายเชื้อเพลิงบริเวณสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 31 สถานี แยกเป็นเขตในเมือง 12 สถานี และเขตนอกเมือง 19 สถานี จังหวัดปราจีนบุรี 2 สถานี และพระนครศรีอยุธยา 2 สถานี

6.4 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในภาคการขนส่งต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก ดังนั้นหากหน่วยงานที่เกี่ยวมีการเก็บข้อมูลไว้เป็นอย่างดีและสืบค้นง่ายจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาแบบจำลองอย่างยิ่ง

ในอนาคตสมควรมีการสำรวจข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้สมการแบบจำลองมีความเชื่อมั่นสูงขึ้น ซึ่งอาจจะพิจารณาสำรวจ เก็บข้อมูลให้มีข้อมูลของการเดินทางของประชากรในจังหวัดกลุ่มตัวอย่าง 3 จังหวัดให้ครบทุกอำเภอ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วน เพราะในบางอำเภอมีลักษณะการเดินทางที่แตกต่างกัน และอาจพิจารณาเก็บข้อมูลในเมืองใหญ่ที่มีรูปแบบการเดินทางต่างจากเมืองตัวอย่าง เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีการจัดระบบขนส่งมวลชนภายในเมืองแตกต่างจากจังหวัดนครราชสีมา โดยในจังหวัดเชียงใหม่เป็นรถสองแถวสีแดงวิ่งแบบไม่ประจำเส้นทาง ส่วนในจังหวัดนครราชสีมาจะเป็นรถสองแถวแบบวิ่งประจำเส้นทาง และจังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นเมืองที่มีนิคมอุตสาหกรรมจำนวนมาก ซึ่งทำให้มีแรงงานจำนวนมากและรูปแบบการเดินทางก็จะแตกต่างไป โดยมีการเดินทางโดยรถโดยสารของบริษัท และเป็นจังหวัดที่มีแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล มีจำนวนนักท่องเที่ยวจำนวนมาก ซึ่งรูปแบบการเดินทางของนักท่องเที่ยวก็จะแตกต่างไปจากประชาชนโดยทั่วไป

สำหรับงานวิจัยนี้พัฒนาขึ้นภายใต้เงื่อนไขของรูปแบบการเดินทางที่เหมือนสภาพปัจจุบัน โดยไม่ได้พิจารณาถึงเทคโนโลยีของรูปแบบการขนส่งที่อาจจะเปลี่ยนไปในอนาคต ดังนั้นในอนาคตอาจเพิ่มปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีการขนส่ง เข้ามาในแบบจำลองโดยการสร้างภาพเหตุการณ์ (Scenario) เพิ่ม เพื่อที่จะได้ทราบว่าหากรูปแบบการเดินทางเปลี่ยนไปผลของการใช้พลังงานในภาคการขนส่งจะเปลี่ยนไปอย่างไร

บรรณานุกรม

California Energy Commission (2005). Integrated Energy Policy Report 2005. California, California Energy Commission.

California Energy Commission (2007). Integrated Energy Policy Report 2007. California, California Energy Commission.

Chawana, S. (2004). Long-Term Energy and Environmental Planning in Thailand. The Joint Graduate School of Energy and Enviraonment. Bangkok, King Mongkut's University of Technology Thonburi. Doctor of Philosophy.

DeLaquil, P., C. Wenying, et al. (2003). "Modeling China’s energy future." Energy for Sustainable Development 12(4): 41-56.

Energy Information Administration (1994). Model Documentation Report: Transportation Sector Model of the National Energy Modeling System. Washington, DC, US Department of Energy.

Energy Information Administration (1999). Model Documentation Report: Transportation Sector Module of the World Energy Projection System. Washington, D.C., U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration (2005). Household Vehicles Energy Use: Latest Data & Trends. Washington, Dc, Office of Energy Markets And End Use U.S. Department Of Energy.

Gielen, D. and S. Karbuz (2003). Challenges in energy and environment modelling: a materials perspective. Canada, International Energy Agency.

Graham, P., J. Cheng, et al. (2006). Modelling Energy Futures Forum Scenarios Using ESM. New South Wales, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Australia

Graham, P., L. Reedman, et al. (2008). Modelling of the future of transport fuels in Australia. New South Wales, CSIRO Energy Transformed.

Hoffman, R. and B. McInnis (2004). Modeling Tools for Energy Scenario Analysis: The Canadian Transportation Energy and Emissions Model. APEC Experts’ Workshop on Foresighting Future Fuel Technology. Krabi, Thailand.

HUNG Wing-tat (1996). Transport, Energy and Environment: A Model for Policy Evaluation in Hong Kong. Doctor of Philosophy. Faculty of Engineering and Centre for Urban Planning and Environmental Management. Hong Kong, The University of Hong Kong.

ICF Consulting (2005). Estimating Transportation Related Greenhouse Gas Emissions and Energy Use in New York State. Washington, DC, Department of Transportation's Center for Climate Change and Environmental Forecasting.

International Energy Agency. (2008). "Key World Energy Statistics. (Online)" Available URL: http://www.iea.org/

Juhasz, B. (1999). State Motor-Fuel Survey, Office of Highway Policy Information FHWA Division Administrators.

Kavalac, C. (1997). "Transportation Energy Demand: Model Development and Use." Nonrenewable Resources 7(2).

Kavalec, C. (1996). CALCARS: The California Conventional and Alternative Fuel Response Simulator-A Nested Multinomial Logit Vehicle Demand and Choice Model. California, California Energy Commission.

Kavalec, C. (2003). Forecasts of California Transportation Energy Demand, 2003-2023. California, California Energy Commission.

Kavalec, C., J. Page, et al. (2005). Forecasts Of California Transportation Energy Demand 2005-2025. California, California Energy Commission.

L. Fulton and G. Eads (2004). IEA/SMP Model Documentation and Reference Case Projection. Canada, International Energy Agency.

Leary, F. O., M. Howley, et al. (2006). Energy in Transport Trends and Influencing Factors 2006 Report, Sustainable Energy Ireland.

M.M. Mintz and A.D. Vyas (1990). Forecast of Transportation Energy Demand Through the Year 2010. Argonne, Center for Transportation Research.

Natural Resource Canada (2008). Transportation End-Use Model Overview. Canada, Resources Naturelles Canada.

Paltsev, S., L. Viguier, et al. (2004). Disaggregating Household Transport in the MIT-EPPA Model. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology.

Rickwood, P., D. Giurco, et al. (2008). Integrating Population, Land-use, Transport, Water and Energy-use Models to Improve the Sustainability of Urban Systems. Sydney, University of Technology, Sydney.

Stockholm Environment Institute. (2006). "Long-range Energy Alternatives Planning System Training Exercises." from http://forums.seib.org/leap.

Suehiro, S. (2005). Short-Term Energy Demand/Supply Outlook (Forecast through FY 2005 and Analysis of the Impact of Oil Prices, Economic Growth and Temperatures), The Institute of Energy Economics, Japan.

Syed, A., Wilson, R., Sandu, S., Cuevas-Cubria, C. and Clarke, A., (2005). Australian Energy: National and State Projections to 2029-30, ABARE Research Report 07.24,, Australian Government Department of Resources, Energy and Tourism.

The European Commission (2005). The Annual Energy and Transport Review for 2004. Belgium, Office for Official Publications of the European Communities.

The European Commission Under The Transport Rtd Programme Of The 4th Framework Programme (2002). SCENES European Transport Scenarios, SCENES.

The European Communities (2008). EU energy and transport in figures Statistical pocketbook 2007/2008. Belgium, Office for Official Publications of the European Communities.

The European Communities (2008). European Energy And Transport Trends To 2030 — Update 2007. Belgium, Office for Official Publications of the European Communities.

Wang, M. (1999). The Greenhouse Gases, Regulated Emissions, and Energy Use in Transportation (GREET) Model. Argonne, Center for Transportation Research Argonne National Laboratory.

Whelan, G., K. Fox, et al. (2001). Updating Car Ownership Forecasts, The Department of the Environment, Transport and the Regions.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2550). รายงานน้ำมันเชื้อเพลิงของประเทศไทย 2550. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงพลังงาน.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2550). รายงานพลังงานของประเทศไทย 2550. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงพลังงาน.

ธาตรี พิบูลมณฑา (2541). การศึกษารูปแบบการใช้ยานยนต์และน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. ปริญญามหาบัณฑิต. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, จินตนา อุบลวัฒน์, et al. (2551). "ภาพเหตุการณ์ความต้องการใช้พลังงานของประเทศไทย ค.ศ. 2030 กรณีฐาน โดยใช้ LEAP Accounting Tools." วารสารพลังงาน ปีที่ 9.

พันธุ์ระวี กองบุญเทียม (2546). แบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะในครัวเรือนในเขตเมืองเชียงใหม่. ปริญญามหาบัณฑิต. วิศวกรรมโยธา. เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนต์ชัย ชุ่มอินทรจักร์ (2546). แบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ส่วนบุคคลในเขตเมืองเชียงใหม่. ปริญญามหาบัณฑิต. วิศวกรรมโยธา. เชียงใหม่, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2552). รายงานการทบทวน และจัดทำรูปแบบมาตรฐานข้อมูลสถิติการขนส่งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงคมนาคม.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (2552). รายงานสรุปสารสนเทศด้านการขนส่งและจราจร. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงคมนาคม.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2552). รายงานสถิติจำงหวัดนครราชสีมา 2551. นครราชสีมา, กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2549). "สถาณการณ์และจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2549. (ออนไลน์)" www.aqnis.pcd.go.th.

ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ (2549). รายงานประจำปี 2549. กรุงเทพมหานคร, กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างแบบสำรวจการเดินทางของครัวเรือน

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างแบบสำรวจสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ประวัติผู้เขียน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมโยธา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ.2537 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมโยธา Arizona State University สหรัฐอเมริกา ในปี พ.ศ.2540 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก วิศวกรรมโยธา University of California สหรัฐอเมริกา ในปีพ.ศ.2544 มีความชำนาญด้าน วิศวกรรมจราจรและขนส่ง การศึกษาผลกระทบทางด้านการจราจรของโครงการ ปัญหามลพิษทางอากาศจากการจราจร แบบจำลองการเดินทาง ระบบการขนส่งแบบยั่งยืน ระบบการขนส่งและจราจรอัจฉริยะ และการประยุกต์ใช้หลักสถิติศาสตร์ในทางวิศวกรรมจราจรและขนส่ง

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา