การคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมเพื่อการเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

นางสาวสุวรรณา เหมือนสอาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SELECTION OF SUITABLE INDICES FOR ENERGY INFRASTRUCTURE COMPARISON

Miss Suwanna Meansa-ard

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Energy Technology and Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมเพื่อการเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน
โดย	นางสาวสุวรรณา เหมือนสอาด
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเนตร ชุตินธรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. วีรพัฒน์ เกียรติเฟื่องฟู)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สุวรรณา เหมือนสอาด : การคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมเพื่อการเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน (SELECTION OF SUITABLE INDICES FOR ENERGY INFRASTRUCTURE COMPARISON) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ, 148 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ โดยพิจารณาคัดเลือกจากดัชนีชี้วัดต่างๆ เพื่อให้ได้ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดสถานการณ์ด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทยเพื่อนำมาซึ่งข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการวางแผน ซึ่งการศึกษานี้จะเน้นไปที่พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้า เป็นหลัก โดยใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 ในระดับประเทศ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา และทุกกลุ่ม ประมาณ 60 ประเทศในโลก และในระดับจังหวัด ใช้ข้อมูล 77 จังหวัดของไทย เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งพิจารณาจากระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และคัดเลือกสมการแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าสูงสุด ในแบบจำลองที่สมเหตุสมผล พบว่า ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศ สำหรับในภาพรวมโดยเฉพาะกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว(OECD) ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ อย่างไรก็ดี ในกรณีสำหรับกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร จะมีความเหมาะสมกว่า ในส่วนของไทยนั้น ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่ถือเป็นดัชนีที่ควรนำมาพิจารณา ดัชนีเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับภาครัฐไทยในการกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศต่อไป ได้แก่ กำหนดระยะเวลาที่จะต้องขยายโรงกลั่นน้ำมัน หรือสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

5787590320 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORDS: ENERGY INFRASTEUCTURE / INDEX SELECTION / FUEL OIL / ELECTRICITY / MULTIPLE LINEAR REGRESSION ANALYSIS

SUWANNA MEANSA-ARD: SELECTION OF SUITABLE INDICES FOR ENERGY INFRASTRUCTURE COMPARISON. ADVISOR: ASSOC. PROF. JITTICHAI RUDJANAKANOKNAD, Ph.D., 148 pp.

This research's objective is to compare energy infrastructures though the selection of indices and use these indices to point out situations regarding Thailand's energy infrastructures and propose recommendation for planning and policy. This study focuses on fuel oil and electricity only by use data from approximately 60 countries around the world (for country scale) and all 77 provinces in Thailand (for provincial scale). These data are analyzed by multiple linear regression with the statistical significance (p-value) at 0.05 and high coefficients of determination. Then, the models are obtained with reasonableness. The findings show that the appropriate indices for overall especially the OECD countries are fuel consumption and electricity usage per area, while more appropriate ones for developing countries arefuel consumption and electricity usage per capita. For Thailand, the diesel and gasoline consumption per vehicle kilometers on national highways and electricity usage per area would be considered. These indices would be useful if the government agents has used them for policy determination regarding energy infrastructure planning such as timeframe for expanding oil refineries or opening new power plants.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature	.....
		Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2015		

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างสูง ที่ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.วีรพัฒน์ เกียรติเฟื่องฟู นักวิเคราะห์นโยบายและแผนพลังงานชำนาญการพิเศษ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และเสียละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอบคุณหน่วยงานที่ให้ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่ กรมธุรกิจพลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน กรมการขนส่งทางบก กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และสำนักบัญชีประชาชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้

ขอบคุณท่านอาจารย์ และเจ้าหน้าที่หลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานทุกท่าน ที่ให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ หลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงานทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และกำลังใจตลอดจนสำเร็จการศึกษา

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องสาว และทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจให้ตลอดจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูป ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 2

1.5 ขั้นตอนงานวิจัย 3

1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Indicator) 5

2.1.1 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานขององค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) 5

2.1.2 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของคณะกรรมาธิการพลังงานโลก (World Energy Council: WEC) ร่วมกับสำนักงานการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานแห่งประเทศฝรั่งเศส (The French Agency for Environment and Energy Management: ADEME) 8

2.1.3 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของธนาคารโลก (The World Bank) 10

2.1.4 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทย 17

หน้า

2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....19
2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....24
บทที่ 3 ขั้นตอนงานวิจัย....25
3.1 ภาพรวมของงานวิจัย....25
3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....26
3.2.1 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานระดับประเทศและประเทศไทย....26
3.2.2 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดัชนีโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน....26
3.3 กำหนดปัจจัยที่ศึกษา....26
3.3.1 ปัจจัยหลักที่ใช้ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในระดับประเทศ....26
3.3.2 ปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย....27
3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย....28
3.5 การเคราะห์ข้อมูล และการคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน....31
3.5.1 รวบรวมข้อมูลปัจจัย ด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน....31
3.5.2 พิจารณาเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ และระดับจังหวัด....31
3.5.3 การใช้ดัชนีชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน....32
3.6 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนวนโยบายที่ได้ศึกษา....32
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับประเทศ....33
4.1 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง....33
4.1.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร....35
4.1.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่....37
4.1.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ....39
4.2 แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน....43

หน้า

4.2.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร 45
4.2.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานต่อขนาดพื้นที่ 48
4.2.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ.....50
4.3 แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า 54
4.3.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร 55
4.3.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่.....59
4.3.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ.....61
4.4 การคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิต น้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้า 64
4.4.1 แบบจำลองที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง.....64
4.4.2 แบบจำลองที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า 68
บทที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลในประเทศไทย 74
5.1 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล 74
5.1.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร 75
5.1.2 แบบจำลองเพื่อทำนายการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่.....79
5.1.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด....79
5.1.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนน 82
5.1.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง.....84
5.1.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน 84
5.1.7 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง.87
5.2 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน 89
5.2.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร 90

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่.....92

5.2.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด.94

5.2.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน 94

5.2.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง.....98

5.2.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน 100

5.2.7 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง..... 103

5.3 แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า 105

5.3.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร 105

5.3.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่..... 107

5.3.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด..... 109

5.3.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า 111

5.3.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย 113

5.3.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน 113

บทที่ 6 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 116

6.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างประเทศกับประเทศไทย 116

6.1.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง..... 116

6.1.2 แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานในระดับประเทศ..... 117

6.1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า 118

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของประเทศไทย 120

6.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงโยบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 120

6.2.2 ข้อเสนอนะเชิงนโยบายปริมาณการใช้ไฟฟ้า..... 120

Chulalongkorn University

6.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย 120

6.4 แนวทางงานวิจัยขั้นต่อไป 121

รายการอ้างอิง 122

ภาคผนวก 124

ภาคผนวก ก บทความการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 125

ภาคผนวก ข ที่มาของปัจจัยด้านการภาพ กิจกรรม และพลังงาน 139

ภาคผนวก ค รายชื่อกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) และกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) 144

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 148

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัย....4
ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวชี้วัด กิจกรรม โครงสร้างตัวชี้วัดที่ระดับภาคและภาคย่อย ใน IEA....6
ตารางที่ 3 ตัวชี้วัดรวมในฐานข้อมูล ENERDATA และรายงาน WEC 9
ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก....12
ตารางที่ 5 ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ในส่วนต่างประเทศ 29
ตารางที่ 6 ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงานในไทย 30
ตารางที่ 7 ตัวแปรอิสระใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 33
ตารางที่ 8 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 34
ตารางที่ 9 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร 36
ตารางที่ 10 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ 38
ตารางที่ 11 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ....40
ตารางที่ 12 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน....43
ตารางที่ 13 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร 46
ตารางที่ 14 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่....49
ตารางที่ 15 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ....51
ตารางที่ 16 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า....54
ตารางที่ 17 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร....57
ตารางที่ 18 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่....60
ตารางที่ 19 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ....63
ตารางที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว....64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา.....65
ตารางที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ.....66
ตารางที่ 23 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว.....69
ตารางที่ 24 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา.....70
ตารางที่ 25 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ.....71
ตารางที่ 26 ตัวแปรอิสระใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล เบนซินและไฟฟ้า.....74
ตารางที่ 27 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล.....75
ตารางที่ 28 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร.....77
ตารางที่ 29 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่.....80
ตารางที่ 30 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด.....81
ตารางที่ 31 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางของถนน.....83
ตารางที่ 32 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง.....85
ตารางที่ 33 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน...86
ตารางที่ 34 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง...88
ตารางที่ 35 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน.....90
ตารางที่ 36 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร.....91
ตารางที่ 37 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่.....93
ตารางที่ 38 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมรวมจังหวัด.....96
ตารางที่ 39 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน.....97

ตารางที่ 40 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง.....99
ตารางที่ 41 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถที่จดทะเบียน.... 101
ตารางที่ 42 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง..... 104
ตารางที่ 43 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า..... 105
ตารางที่ 44 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร 106
ตารางที่ 45 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่..... 108
ตารางที่ 46 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด..... 110
ตารางที่ 47 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า..... 112
ตารางที่ 48 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย 114
ตารางที่ 49 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน..... 115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 ภาพรวมงานวิจัย 3

รูปที่ 2 พีรามิดตัวชี้วัดพลังงานของ IEA 6

รูปที่ 3 ดัชนีความเข้มพลังงาน (Energy Intensity: EI) ของประเทศต่างๆ 18

รูปที่ 4 ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity: EE) ของประเทศไทย 19

รูปที่ 5 ภาพรวมงานวิจัย 25

รูปที่ 6 การใช้น้ำมันเบนซินเฉลี่ย และจำนวนบ้านในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล..... 102

รูปที่ 7 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน และสถิติจำนวนรถยนต์เบนซินจดทะเบียนใหม่ 102

รูปที่ 8 การใช้ไฟฟ้าในรายสาขา 109

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการที่องค์กรด้านพลังงานในต่างประเทศได้จัดทำดัชนีเกี่ยวกับพลังงาน ซึ่งดัชนีเหล่านี้จะมีส่วนสำคัญในการชี้วัดความเพียงพอต่อพื้นที่ ต่อประชากร และใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างประเทศหรือระหว่างพื้นที่ภายในประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางกำหนดนโยบาย และแนวโน้มด้านพลังงานของประเทศนั้น ๆ ในส่วนของประเทศไทยนั้น แม้ว่าจะได้มีการจัดทำแผนบูรณการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2558 – 2579 ทั้งหมด 5 แผน ได้แก่ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEDP) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan) และแผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ (Gas Plan) โดยพิจารณาความสำคัญด้านความมั่นคงทางพลังงาน เศรษฐกิจ และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินภาพรวมความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการลดใช้พลังงานและการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต แต่การจัดทำแผนพัฒนาเหล่านั้น ยังไม่ได้มีการสร้างดัชนีชี้วัดเพื่อใช้ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอให้มีการจัดทำดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศ โดยคัดเลือกหาดัชนีที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้หน่วยงานที่กำหนดนโยบายชาติได้เห็นภาพรวมและศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในเชิงพื้นที่และเชิงเปรียบเทียบได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นแนวทางกำหนดนโยบายให้กับประเทศได้

ในปัจจุบัน ดัชนีชี้วัดพลังงานของไทย ส่วนใหญ่จะวัดการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศ ได้แก่ การใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) หรือความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) ความยืดหยุ่นของการใช้พลังงานต่อ GDP (Energy Elasticity: EE) และการใช้พลังงานต่อประชากร (Energy Consumption per capita) จัดทำโดยสำนักนโยบายและ แผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นดัชนีวัดพลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยเป็นดัชนีที่ใช้วัดในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง และภาคครัวเรือน

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศไทยที่ผ่านมา การใช้ดัชนีด้านพลังงานส่วนมากจะใช้ในภาคอุตสาหกรรม หรือศึกษาในระดับโรงงาน ซึ่งงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในประเทศยังมีไม่มาก งานวิจัยนี้จึงการรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงานในรายจังหวัด นำมาคัดเลือกสร้างเป็นดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย เพื่อวิเคราะห์และ

คัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานภายในประเทศ และเสนอแนวทางในการวางแผนเชิงนโยบายต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ โดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดต่าง ๆ
2. เพื่อคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทยทั้งในระดับประเทศและระดับจังหวัด
3. เพื่อเสนอแนะแนวทางการใช้ดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทยในการวางแผนเชิงนโยบายต่อไป

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นเปรียบเทียบระดับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างต่างประเทศกับประเทศไทย และสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะ ด้านพลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง เท่านั้น โดยจะพิจารณาใน 2 ระดับดังนี้

1. การเปรียบเทียบระดับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ โดยใช้ข้อมูล ทุติยภูมิประมาณ 30-40 ประเทศ ด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน เพื่อคัดเลือกหาดัชนี ที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ และวิเคราะห์ศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย
2. การเปรียบเทียบระดับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานภายในประเทศไทย โดยพิจารณาเป็นระดับจังหวัดและระดับภูมิภาค โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของประเทศไทย จำนวน 77 จังหวัด ด้านกายภาพ ด้านกิจกรรมการใช้ และด้านผลผลิตพลังงาน เพื่อคัดเลือกหาดัชนีชี้วัด ที่สามารถอธิบายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทยได้อย่างเหมาะสม

เมื่อได้ดัชนีที่เหมาะสมทั้งระดับประเทศ ภูมิภาคและจังหวัดแล้ว จะนำเอาดัชนีที่เหมาะสมมาเสนอแนะนโยบายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทำให้เห็นภาพในเชิงเปรียบเทียบของโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศโดยพิจารณาจากดัชนีชี้วัดต่าง ๆ
2. ได้ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทยทั้งในระดับประเทศและระดับจังหวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. ได้แนวทางการใช้ดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทยในการวางแผนเชิงนโยบายต่อไป

1.5 ขั้นตอนงานวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีสำหรับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน
2. กำหนดปัจจัยหลักที่จะทำการสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศและในประเทศไทย
3. เก็บรวบรวมข้อมูลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก
4. สร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน
5. วิเคราะห์ และคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่เหมาะสม สรุปผลการศึกษา และเสนอแนะนโยบายที่ได้จากการศึกษา

รูปที่ 1 ภาพรวมงานวิจัย

1.6 แผนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานทั้งสิ้น 13 เดือน ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม 2558-เดือนพฤษภาคม 2559 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย	ปี 2558												ปี 2559				
	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีด้านพลังงาน	■	■	■										
2. กำหนดปัจจัยหลักที่จะสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศ และในไทย			■	■	■	■							
3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลัก				■	■	■	■	■	■				
4. คัดเลือกหาดัชนีที่เกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน							■	■	■				
5. วิเคราะห์ และคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานที่เหมาะสม								■	■	■	■		
6. สรุปผลการศึกษา และเสนอแนะนโยบายที่ได้จากการศึกษา										■	■	■	■

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

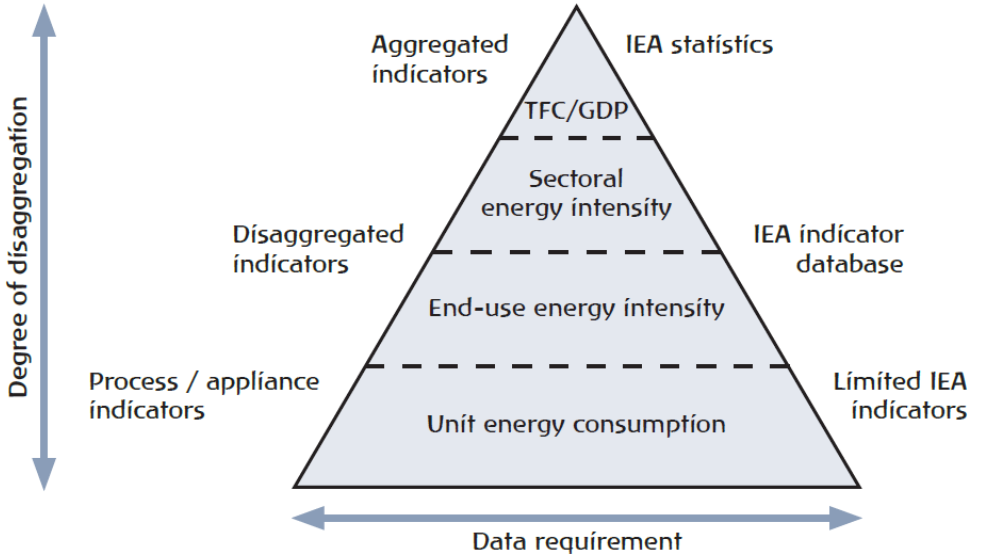
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย ประเภทของดัชนีชี้วัดด้านพลังงาน ประโยชน์ของการจัดทำดัชนี การนำดัชนีด้านพลังงานไปใช้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีด้านพลังงาน เพื่อเป็นแนวทางวิเคราะห์ การคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน และเสนอแนะนโยบายที่ได้จากการศึกษา

2.1 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Indicator)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานเป็นการวัดประสิทธิภาพของพลังงาน สามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพพลังงานในระดับมหภาคและจุลภาคได้ ทั้งในระดับประเทศ ระดับกลุ่มอุตสาหกรรม จนกระทั่งระดับโรงงาน ซึ่งในระดับประเทศได้มีการสร้างดัชนีประสิทธิภาพพลังงานหลายแบบ

2.1.1 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานขององค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA)

IEA เป็นความร่วมมือของเครือข่ายองค์การเพื่อความร่วมมือ ทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) (IEA, 2014) เพื่อให้ความช่วยเหลือ และแนะนำด้านพลังงานให้แก่ประเทศสมาชิก และประเทศที่ไม่ใช่สมาชิก OECD IEA ได้อธิบายดัชนีชี้วัดด้านพลังงานว่า เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจ การใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งช่วยให้ผู้กำหนดนโยบาย สามารถติดตามผลการอนุรักษ์พลังงาน แนวโน้มของการใช้พลังงาน นอกจากนี้สมารถช่วยในการสร้างแบบจำลองและทำนายความต้องการพลังงานในอนาคตได้ วิธีที่การสร้างตัวชี้วัดด้านพลังงาน จะอยู่บนพื้นฐานลำดับแบบโครงสร้างพีรามิดจากการเก็บข้อมูลอย่างละเอียดให้มากที่สุดอยู่ด้านล่าง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลแล้วรวบรวมไปในระดับที่สูงขึ้น (International Energy Agency, 2014) ดังรูปที่ 2



Notes: unless otherwise indicated, all tables and figures in this publication are derived from IEA data and analysis. TFC = total final consumption.

รูปที่ 2 พีรามิดตัวชี้วัดพลังงานของ IEA (International Energy Agency, 2014)

ในปัจจุบัน IEA ได้ใช้ข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ซึ่งครอบคลุมในภาคการใช้พลังงาน 5 ภาค ได้แก่ ภาคที่อยู่อาศัย ภาคบริการ ภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง และภาคอื่นๆ โดยใช้คู่กับข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และประชากรศาสตร์ ชนิดตัวชี้วัดพลังงานของ IEA จะสะท้อนในรูปอัตราส่วน หรือปริมาณ แยกออกเป็นระดับต่างๆ สามารถอธิบายการเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงาน มนุษย์ และกิจกรรมทางเศรษฐศาสตร์ รวมถึงขนาดกิจกรรม (เช่น ผลผลิตอุตสาหกรรม หรือปริมาณการขนส่งสินค้า) มาตรการพัฒนาโครงสร้าง (จำนวนรอบในการขนส่ง) และการวัดค่าความเข้มพลังงาน (การใช้พลังงานต่อหน่วยกิจกรรม)

ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวชี้วัด กิจกรรม โครงสร้างตัวชี้วัดที่ระดับภาคและภาคย่อย ใน IEA (Phylipsen, 2010)

Sector	Sub-sector	Activity	Structure	Intensity indicator
Residential				
	Space Heating	Population	Floor area/capita	Heat/floor area
	Water Heating	Population	Person/household	Energy/capita
	Cooking	Population	Person/household	Energy/capita

ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวชี้วัด กิจกรรม โครงสร้างตัวชี้วัดที่ระดับภาคและภาคย่อย ใน IEA (Phylipsen, 2010)

Sector	Sub-sector	Activity	Structure	Intensity indicator
Residential				
	Lighting	Population	Floor area/capita	Electricity/floor area
	Appliances	Population	Ownership/capita	Energy/appliance
Passenger Transport				
	Cars	Passenger-km or vehicle-km	Share of total p-km	Energy/pass-km or Energy/vehicle-km
	Bus	Passenger-km	Share of total p-km	Energy/pass-km
	Rail	Passenger-km	Share of total p-km	Energy/pass-km
	Domestic Air	Passenger-km	Share of total p-km	Energy/pass-km
Freight Transport				
	Trucks	Tonne-km or Value added	Share of total t-km or Share of value added	Energy/t-km or Energy/Value added
	Rail	Tonne-km	Share of total t-km	Energy/t-km
	Domestic Shipping	Tonne-km	Share of total t-km	Energy/t-km
	Other modes	Value added	Share of value added	Energy/Value added
Services				
	Total Services	Services GDP	(not defined)	Energy/GDP
	Total Services	Floor area	Share of sector floor area	Energy/floor area

ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวชี้วัด กิจกรรม โครงสร้างตัวชี้วัดที่ระดับภาคและภาคย่อย ใน IEA (Phylipsen, 2010)

Sector	Sub-sector	Activity	Structure	Intensity indicator
Manufacturing				
	Paper & Pulp	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Chemicals	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Non-metallic minerals	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Iron & Steel	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Non-ferrous metals	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Food & Beverages	Value added	Share of total value added	Energy/Value added
	Other	Value added	Share of total value added	Energy/Value added

2.1.2 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของคณะกรรมาธิการพลังงานโลก (World Energy Council: WEC) ร่วมกับสำนักงานการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานแห่งประเทศฝรั่งเศส (The French Agency for Environment and Energy Management: ADEME)

WEC ให้บริการทางเทคนิคนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงานและมีโครงการตัวชี้วัดร่วมกับ ADEME โดยมุ่งเน้นประเมินแนวโน้มประสิทธิภาพพลังงานทั่วโลก และการทำงานร่วมกันระหว่างประเทศ เกี่ยวกับนโยบายประสิทธิภาพพลังงาน และสมรรถนะประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency performance) โดยมีประเทศที่เข้าร่วมเป็นสมาชิก WEC 70 ประเทศ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการใช้ตัวชี้วัดด้านพลังงาน ดังนี้

1. ระบุแนวโน้มสมรรถนะประสิทธิภาพพลังงานในปัจจุบัน ประเทศที่ได้รับการคัดเลือก ระดับภูมิภาค และการวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานในระดับภูมิภาค

2. อธิบาย และประเมินนโยบายประสิทธิภาพพลังงานในแต่ละประเทศทั่วโลก เตรียมพร้อมสำรวจเพิ่มเติม และ 5 กรณีศึกษา ได้แก่ การตรวจสอบข้อบังคับด้านพลังงาน บริษัทจัดการพลังงาน (Energy Services Company: ESCO) การส่งเสริมพลังงานสำหรับรถยนต์ ภาระผูกพันประสิทธิภาพพลังงานในสาธารณูปโภค และมาตรการสำหรับเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

3. ระบุมาตรการเชิงนโยบายพลังงานที่ได้รับการตรวจสอบประสิทธิภาพพื้นฐานสูงสุด เพื่อให้คำแนะนำในประเทศที่เริ่มต้นพัฒนาพื้นที่

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของ WEC- ADEME ถูกนำเสนอในรูปแบบพลังงานเชิงเศรษฐกิจโดยรวม และในภาครวม ส่วนมากอยู่ในรูปแบบตัวชี้วัดมูลค่าเพิ่ม ครัวเรือน บริการ ภาคขนส่ง และการขนส่งผู้โดยสาร ซึ่งแสดงอยู่ในรูปต่อหัวประชากร ต่อครัวเรือน หรือต่อหัวพนักงาน นอกจากนี้ยังเพิ่มตัวชี้วัด การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแหล่งพลังงานหมุนเวียน ตัวชี้วัดเหล่านี้ เป็นประโยชน์ในการทำ ความเข้าใจแนวโน้มในช่วงเวลา ความแตกต่างระหว่างภูมิภาค และระดับประเทศ

ตารางที่ 3 จะเป็นการแสดงตัวชี้วัดรวมในฐานข้อมูล ENERDATA และรายงาน WEC สำหรับแต่ละตัวบ่งชี้ระดับที่แน่นอนและแนวโน้ม (ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อปี ในช่วง ค.ศ. 1990-2008) โดยในท้ายที่สุดภาคการใช้ความเข้มพลังงานสะท้อนให้เห็นถึงการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายการปล่อย CO_2 รวมถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเท่านั้น (Phylipsen, 2010)

ตารางที่ 3 ตัวชี้วัดรวมในฐานข้อมูล ENERDATA และรายงาน WEC (Phylipsen, 2010)

Sector	Indicator	Variations, remarks
Global Indicators	Energy intensity (koe/$05 PPP)	Primary intensity; Primary intensity excl biomass; Final intensity
	Ratio final/primary intensity (%)	-

ตารางที่ 3 ตัวชี้วัดรวมในฐานข้อมูล ENERDATA และรายงาน WEC (Phylipsen, 2010)

Sector	Indicator	Variations, remarks
Households	Electricity use per capita (kWh/cap)	-
	Electricity use per household (kWh/household)	Electrified households only
	Number of solar water heaters per capita (#/1000 inhabitants)	-
Transport	Energy intensity (koe/$05 PPP)	Relative to total GDP, NOT sector value added
	Share of biofuels (%)	Share of bio-ethanol and biodiesel in road transport fuel consumption
Services	Energy intensity (koe/$05 PPP)	Relative to sector value added
	Electricity intensity (kWh/$05 PPP)	Relative to sector value added
	Energy use per employee (koe/emp)	-
	Electricity use per employee (kWh/emp)	-
Industry	Energy intensity (koe/$05 PPP)	Relative to sector value added
	Share of biomass (%)	Share of wood and waste in sector energy consumption
	Unit consumption for steel (toe/t)	-
Agriculture	Energy intensity (koe/$05 PPP)	Relative to sector value added
Electricity	Efficiency of power generation (%)	Total power generation; Thermal generation capacity only
	Transportation/distribution losses (%)	-

2.1.3 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของธนาคารโลก (The World Bank)

ธนาคารโลกได้กล่าวว่าประสิทธิภาพพลังงานมีความสำคัญต่อการเข้าถึงพลังงานและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในประเทศกำลังพัฒนา จึงต้องมีภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วม ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานของธนาคารโลก เกิดจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของ 3 ประเทศ คือ รัสเซีย ตุรกี และเวียดนาม แล้วจึงพัฒนามาเป็นตัวชี้วัด

เพื่อใช้เปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ในตารางที่ 4 ได้แสดงตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก ไม่รวมเวียดนาม นอกเหนือจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหัวในภาคที่อยู่อาศัย

รายงานของธนาคารทั่วโลกแสดงให้เห็นตัวอย่างของวิธีการตัวชี้วัดที่มีการใช้ในปัจจุบันในการอภิปรายนโยบายในประเทศที่อยู่ในขั้นตอนของการพัฒนาที่แตกต่างกัน รายงานการใช้การเปรียบเทียบระหว่างประเทศเป็นวิธีการที่จะนำสถานการณ์ของประเทศในบริบทระหว่างประเทศและการจัดลำดับความสำคัญให้เหมาะสมกับนโยบาย รายงานสำหรับตุรกีและรัสเซียนั้นสามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของประเทศทั้งสองไปยังประเทศต่างๆ และการดำเนินการวิเคราะห์รายละเอียดของศักยภาพการพัฒนาประสิทธิภาพและอุปสรรค เพื่อนำมาปรับปรุง

ทั้งสามประเทศนำเสนอรายงานเป็นจำนวนรวมที่แตกต่างกันของข้อมูลและตัวชี้วัดภาคที่แตกต่างกันและเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ในขณะที่รายงานของตุรกีแสดงให้เห็นรายละเอียดสำหรับครัวเรือน และอุตสาหกรรมมาก ส่วนรายงานของรัสเซียจะรวมถึงรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับภาคอื่น ๆ ซึ่งทั้งสองประเทศใช้ตัวชี้วัดทั้งทางการเงินและทางกายภาพ ในรายงานแสดงให้เห็นทั้งแนวโน้มการวิเคราะห์และการเปรียบเทียบระหว่างประเทศที่ใช้เป็นจุดเริ่มต้นที่ไปยังการทำความเข้าใจในการขับเคลื่อนและศักยภาพการปรับปรุงประมาณการ สำหรับเวียดนามเกือบจะไม่มีตัวชี้วัดจะถูกนำเสนอ แต่แนวโน้มในการใช้พลังงาน (แบ่งส่วนการใช้พลังงานของแต่ละภาค และเชื้อเพลิง อัตราการเจริญเติบโตการใช้พลังงาน) ถูกนำมาใช้เพื่อเน้นให้ความเหมาะกับนโยบาย

ในการเปรียบเทียบระหว่างประเทศรายงานรัสเซีย มีการเลือกอย่างกว้างขวางในระดับประเทศเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงาน การเปรียบเทียบบางชุดไม่สอดคล้องกัน บางครั้งชุดถูกใช้มีขนาดใหญ่มาก บางครั้งใช้ในการเลือกเปรียบเทียบกลุ่มประเทศเครือรัฐเอกราชของรัสเซีย (CIS: Commonwealth of Independent States) ในขณะที่ในกรณีอื่น ๆ ก่อนการเลือกใช้การเปรียบเทียบระหว่างประเทศ จะขึ้นอยู่กับเปรียบเทียบโครงสร้างทางเศรษฐกิจ สภาพภูมิอากาศ ฯลฯ ก่อน ซึ่งบางครั้งอาจจะนำไปสู่การเลือกประเทศที่ผิดปกติ (เช่น ซูดาน, บอตสวานา, อิหร่าน, คอสตาริกา)

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก (Phylipsen, 2010)

Sector	Russia		Turkey	
	Efficiency indicator	**Remarks**	**Efficiency indicator**	**Remarks**
Whole economy	Energy intensity (kgoe/GDP $-PPP)	-	Energy intensity (toe/GDP – 2000 $)	-
	Energy intensity – similar countries	Similar GDP/cap	Total primary Energy Supply per capita (toe/cap)	-
	Energy intensity – similar countries	Similar surface	-	-
	Energy intensity – similar countries	Similar average temperature	-	-
	Energy intensity – similar countries	Similar economic structure	-	-

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก (Phylipsen, 2010)

Sector	Russia		Turkey	
	Efficiency indicator	**Remarks**	**Efficiency indicator**	**Remarks**
Residential	Energy intensity (kgoe/GDP $-PPP)	-	Unit energy consumption (toe/building and toe/m^2)	Time series, no cross-country comparisons
	-	-	Unit power consumption (MWh/building and MWh/m^2)	Turkish time series, no cross-country comparisons
Residential (Space heating)	Energy intensity (kgoe/GDP $-PPP)	-	Maximum heat transmission coefficients (W/m^2.K)	-
	Energy intensity (toe/m^2)	-	-	-
Appliances	-	-	Ownership (%) (and sales)	For 8 different appliances. Turkish time series, no cross-country comparisons

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก (Phylipsen, 2010)

Sector	Russia		Turkey	
	Efficiency indicator	Remarks	Efficiency indicator	Remarks
Transport	Energy intensity (kgoe/VA $-PPP)	For Transport, storage and communication sector	-	-
Services	Energy intensity (kgoe/VA $-PPP)	Wholesale, retail trade, restaurants and hotels	-	-
Industry (Whole industry)	Energy intensity (kgoe/VA $-PPP)	-	-	-
Industry (Iron & steel)	Energy intensity (GJ/t)	-	Energy efficiency/ intensity (toe/t)	-
Industry (Pulp & paper)	Energy intensity (GJ/t)	-	Energy efficiency/ intensity (toe/t)	-

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใช้ในรายงานธนาคารโลก (Phylipsen, 2010)

Sector	Russia		Turkey	
	Efficiency indicator	Remarks	Efficiency indicator	Remarks
Industry (Glass)	-	-	Energy efficiency/ intensity (toe/t)	-
Industry (Textiles)	-	-	Energy efficiency/ intensity (toe/100€)	-
Industry (Food)	-	-	Energy efficiency/ intensity (toe/100€)	-
Other sectors (Agriculture)	Energy intensity (kgoe/VA $-PPP)	For Agriculture, hunting and fishing sector	-	-
Other sectors (Other)	Energy intensity (kgoe/VA $-PPP)	-	-	-

แนวโน้มตุรกีส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับประเทศในยุโรปกลางและยุโรปตะวันออกและคาบสมุทรบอลข่าน สอดคล้องกับความตั้งใจที่จะแสดงผลการดำเนินงานสอดคล้องกับประเทศสมาชิกสหภาพยุโรปในบริบทของการภาคยานุวัติสหภาพยุโรป เวียดนามบางครั้งเปรียบเทียบแนวโน้มและผลการดำเนินงานกับประเทศไทย ฟิลิปปินส์ และจีน (Phylipsen, 2010)

การประชุมที่แตกต่างกันค่อนข้างถูกนำมาใช้ในรายงานที่แตกต่างกันเกี่ยวกับการจัดสรรของการผลิตพลังงาน และการกระจายการสูญเสีย และตัวชี้วัดพลังงานขั้นสุดท้ายหรือพลังงานขั้นต้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ยกตัวอย่างเช่นเวียดนามพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าจะจัดสรรให้ภาคการใช้งานของผู้บริโภค (end-use sectors) เพื่อแสดงให้เห็นถึงผลกระทบเต็มรูปแบบของการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานโดยผู้ใช้ รายงานรัสเซียใช้ทั้งตัวชี้วัดขั้นสุดท้ายและขั้นต้น (หรือการใช้พลังงานทั้งหมด)

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของทั้ง 3 องค์กรข้างต้น มีจุดสนใจหลักในของความแตกต่างในแต่ละส่วน จากการวิเคราะห์ตัวชี้วัด และการวิเคราะห์รายละเอียดแนวโน้มศักยภาพการวัดประสิทธิภาพด้านพลังงาน และวิธีการดำเนินการของทั้ง 3 องค์กร โดย IEA จะเริ่มต้นจากด้านบนของปิรามิดตัวชี้วัด ซึ่งพยายามไล่ระดับลงไปถึงระดับต่ำสุดในกลุ่มที่สามารถทำได้และผลักดันให้ไปถึงในระดับที่ต่ำกว่า ธนาคารโลกมุ่งเน้นที่ด้านล่างสุดของปิรามิด โดยการดำเนินการวิเคราะห์รายละเอียดของศักยภาพของการพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ และอุปสรรคในการพัฒนาประสิทธิภาพด้านพลังงาน โดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างประเทศข้างเคียง เป็นวิธีการที่จะนำสถานการณ์ในประเทศในบริบทระหว่างประเทศมาวิเคราะห์ และการจัดลำดับความสำคัญโดยคำนึงถึงนโยบายเป็นหลัด และ WEC อยู่ในระหว่างการรวมตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงาน และรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวชี้วัดด้านนโยบาย

ข้อจำกัดของการเริ่มสร้างตัวชี้วัดของ IEA คือ ความพร้อมของข้อมูล และงบประมาณที่ล่าช้า ซึ่งข้อมูลเชิงลึกเป็นพื้นฐานในการขับเคลื่อนการกำหนดแนวนโยบายด้านพลังงานในอนาคต และอธิบายความแตกต่างระหว่างประเทศ รายงานของ WEC แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่กำลังประสบความสำเร็จในการพัฒนาประเทศโดยไม่ต้องมีส่วนร่วมของหน่วยงานท้องถิ่น นอกจากนี้ยังมีจุดเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบนโยบาย และนโยบายต่อตัวชี้วัดเกี่ยวข้อง แต่ยังไม่สามารถทำให้การเชื่อมโยงโดยตรงระหว่างตัวชี้วัดและนโยบายที่กำหนด รายงานของธนาคารโลกแสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดสามารถนำมาใช้ในการพัฒนาประเทศ โดยใช้กับการจัดลำดับความสำคัญของนโยบายและการดำเนินการการสร้างตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานจากการขับเคลื่อนการใช้พลังงานทางกายภาพมากกว่าการยึดหลักทางการเงิน และการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดทั้ง IEA และ WEC โดยการวิเคราะห์แนวโน้ม

ในอดีต เพื่อประเมินผลกระทบของการพัฒนาประสิทธิภาพด้านพลังงานที่ผ่านมา และเปรียบเทียบผลระหว่างประเทศ ในส่วนความร่วมมือการสร้างตัวชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานในประเทศมีน้อยกว่าระหว่างประเทศ แต่การเปรียบเทียบระหว่างประเทศ สามารถนำมาวิเคราะห์แนวโน้มของประเทศได้ และทำให้ทราบว่ามีประเทศที่คล้ายกัน หรือแตกต่างกัน อย่างไร เพื่อนำข้อมูลมาเป็นแนวทางการพัฒนาประเทศต่อไป (Phylipsen, 2010)

2.1.4 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทย

สำหรับประเทศไทยได้มีการนำตัวชี้วัดพลังงานเชิงเศรษฐศาสตร์มาใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างประเทศ ซึ่งได้แก่ ดัชนีความเข้มพลังงาน ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน และดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต

ดัชนีความเข้มพลังงาน (Energy Intensity: EI)

ดัชนีความเข้มพลังงาน คือ การใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เป็นการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตของประเทศโดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อให้เกิด GDP 1 หน่วย โดยนำมาเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆกัน หรือนำไปเปรียบเทียบดัชนีความเข้มพลังงานของต่างประเทศได้ ซึ่งดัชนีความเข้มพลังงาน สามารถวัดได้ในรายสาขาเศรษฐกิจ เช่น ดัชนีความเข้มพลังงานในภาคขนส่ง และ ดัชนีความเข้มพลังงานในภาคอุตสาหกรรม เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) ความเข้มพลังงานสามารถหาได้จากสูตร

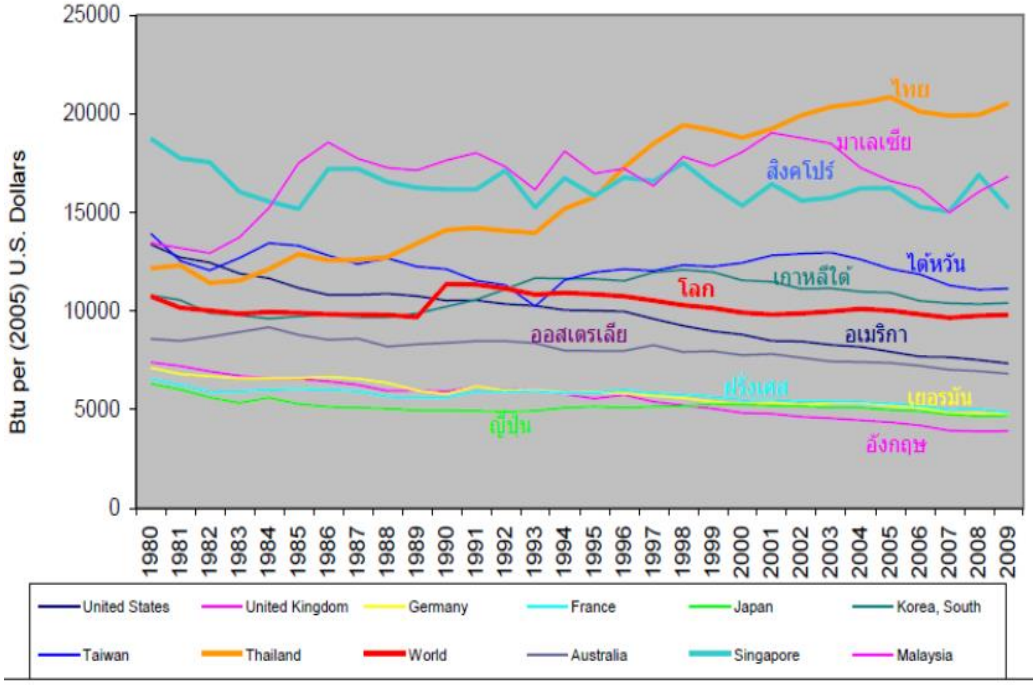
$$\text{Energy Intensity (EI)} = \frac{\text{ผลรวมของพลังงานทั้งหมดในภาค (MJ)}}{\text{ผลรวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในภาคหรือ GDP (ตามสกุลเงิน)}}$$

$$= \frac{\sum E}{\sum S} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $\sum E$ = ผลรวมของพลังงานทั้งหมดในภาค (MJ)

$\sum S$ = ผลรวมผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในภาคหรือ GDP (ตามสกุลเงิน)

เนื่องจากขนาดของผลของกิจกรรมการใช้พลังงานที่ต่างกัน (Activity effect) โครงสร้างของเศรษฐกิจ (Structural Effect) ในแต่ละช่วงที่เปรียบเทียบกัน มีความแตกต่างกัน ในการวิเคราะห์อย่างละเอียด จำเป็นต้องหักลบผลกระทบเหล่านี้ออก เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่แท้จริง แต่สามารถใช้ในการประเมินเบื้องต้นได้ ดังรูปที่ 3



Source: Energy Information Administration (EIA)

รูปที่ 3 ดัชนีความเข้มพลังงาน (Energy Intensity: EI) ของประเทศต่างๆ
(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน)

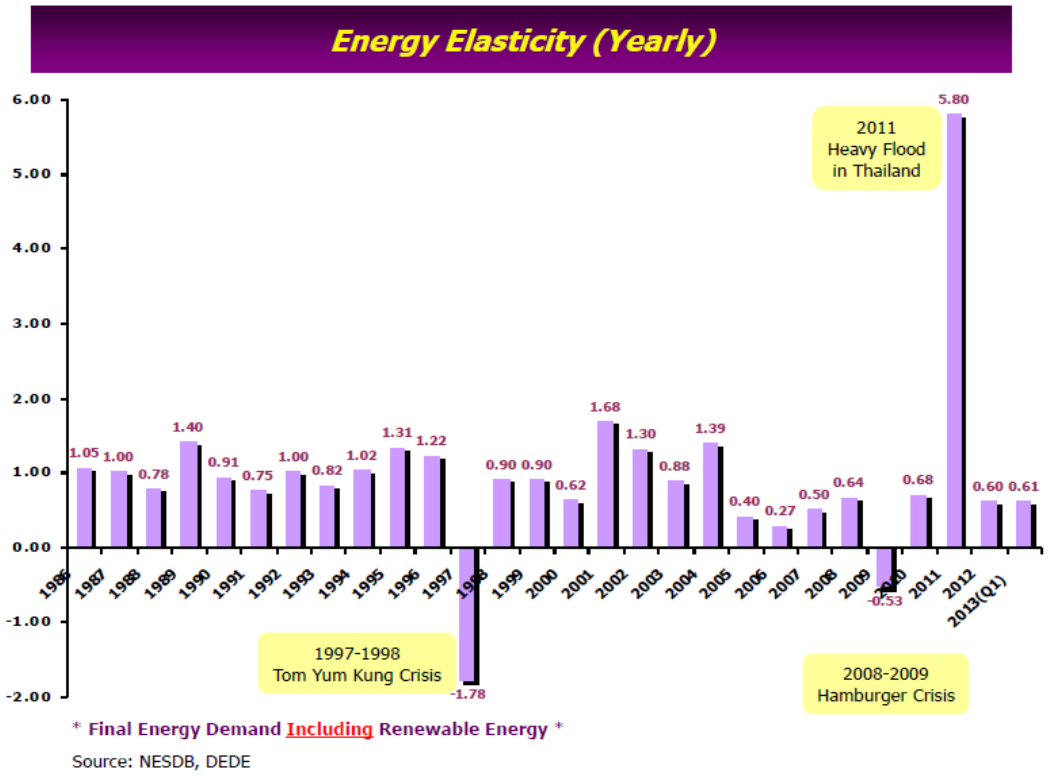
ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity: EE)

ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน คือ ความยืดหยุ่นของการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของ GDP เป็นตัวชี้วัดว่าประเทศมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยถ้าค่าความยืดหยุ่นใกล้เคียงหรือต่ำกว่าหนึ่งถือว่าการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงานสามารถหาได้จากสูตร

$$\text{Energy Elasticity (EE)} = \frac{\%\Delta \text{ การใช้พลังงาน}}{\%\Delta \text{ GDP}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ $\%\Delta$ การใช้พลังงาน = อัตราการเพิ่มของการใช้พลังงาน

$\%\Delta$ GDP = อัตราการเติบโตของ GDP



รูปที่ 4 ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity: EE) ของประเทศไทย (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน)

2.2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Al-Ghandoor, A., et al. (2013) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การบริโภคน้ำมันเบนซินที่ผ่านมาในภาคการขนส่งของจอร์แดนและระบุปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อความต้องการในอนาคต และมีการพัฒนาตั้งแต่การวางแผนพลังงาน โดยใช้หลักการง่ายๆ การวิเคราะห์การบริโภคพลังงานที่ผ่านมาและปัจจุบัน เพื่อเป็นการสนับสนุนต่อเนื่องในส่วนของงานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานในอนาคต และนโยบาย ซึ่งใช้ข้อมูลการบริโภคน้ำมันเบนซิน ย้อนหลัง 22 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1988-2009 วิธีการศึกษาสร้างตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นพหุ (multiple linear regression model) ใช้ซอฟแวร์ มินิแทบ (Minitab) ส่วนการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องกันแต่ละตัวแปร และทดสอบนัยสำคัญใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA จากผลการศึกษาพบว่า จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่จดทะเบียน ระดับรายได้ และราคาขายปลีกน้ำมันเบนซิน เป็นตัวแปรสำคัญที่สุดที่มีผลกระทบต่อความต้องการการใช้น้ำมันเบนซินในภาคการขนส่ง ในขณะที่ขนาดเครื่องยนต์และประชากรต่อรถยนต์ส่วนบุคคลมีนัยสำคัญ จึงทำให้มีจำนวนช่องว่างของนโยบาย ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพพลังงานต่ำของขนาดของเครื่องยนต์ ความพร้อมของระบบขนส่งสาธารณะ ราคาเชื้อเพลิง อายุรถยนต์ และประเภทของการจุดระเบิด ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนนโยบายพลังงานทำได้ง่ายขึ้น และเข้าใจ

การเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยภายนอกที่สัมพันธ์กับพื้นฐานความยุติธรรม แนะนำแนวทางสำหรับผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจที่จะนำเครื่องมือไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถบรรเทาสถานการณ์พลังงานในภาคขนส่ง คาดการณ์ศักยภาพการประหยัดพลังงานในอนาคต ภายใต้สถานการณ์สมมุติจากงานวิจัย งานวิจัยนี้สามารถประยุกต์ใช้กับประเทศกลุ่มอาหรับที่มีสภาวะคล้ายกับจอร์แดน เช่น เยเมน ซีเรีย เลบานอน และปาเลสไตน์ (Al-Ghandoor, Jaber, Al-Hinti, & Y., 2013)

Mraihi, R., et al. (2013) ศึกษาผลกระทบต่อการใช้พลังงานการขนส่งทางถนนในประเทศตูนิเซีย ระหว่าง ค.ศ. 1990-2006 ตรวจสอบผลกระทบที่เกิดจากความเข้มของการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ ความเข้มของยานพาหนะ รายได้ ระยะทางภายในเมือง และเครือข่ายถนน โดยแบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วน 1) การดูภาพรวมประสิทธิภาพพลังงานและปัจจัยหลักที่มีผลต่อภาคขนส่ง ความเข้มของการขนส่ง และความเข้มพลังงาน ที่เป็นปัจจัยหลักในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการขนส่งทางถนนและการใช้พลังงาน 2) รายละเอียดเกี่ยวกับการขนส่งทางถนนและการใช้พลังงานในภาคนี้ของประเทศตูนิเซีย 3) ประการแรก เสนอปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานทางถนนและวิธีการจำแนก ประการที่สอง พิจารณาผลและเสนอทางเลือกเชิงนโยบาย เพื่อการอนุรักษ์การใช้พลังงานในการขนส่งทางถนน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานที่เกี่ยวกับภาคการขนส่งทางถนน ได้แก่ ความเข้มของการใช้เชื้อเพลิงของรถยนต์ ความเข้มของยานยนต์ การเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาของเครื่องยนต์ ประชากรและการเติบโตของเมือง เครือข่ายทางหลวง โดยเลือกศึกษาประชากร เศรษฐกิจ และการใช้พลังงานทางถนนในการขับรถในเมือง ซึ่งวิเคราะห์แยกองค์ประกอบ (Decomposition) โดยใช้วิธี Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) ปัจจัยที่เลือกใช้ ได้แก่ ความเข้มของยานยนต์ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวประชากร ระยะทางภายในเมือง และเครือข่ายทางหลวง จากการวิเคราะห์แยกองค์ประกอบความสัมพันธ์ระหว่างภาคขนส่งทางถนนและการใช้พลังงาน ในระหว่างการศึกษาปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อการเสื่อมของการใช้พลังงาน อย่างไรก็ตามการปรับระยะทางในเมืองสามารถยับยั้งการเสื่อมสภาพของการขนส่งทางถนนในเวลา 2 ปี การใช้ภาษีเชื้อเพลิงและการเพิ่มราคาน้ำมัน ข้อจำกัดด้านกฎระเบียบสำหรับการนำเข้ารถยนต์ ได้แก่ สินเชื่อและการส่งเสริมการขนส่งสาธารณะ การวางผังเมืองและการขนส่งซึ่งบางส่วนเป็นการแก้ปัญหาหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคการขนส่งทางถนนดีขึ้น หน่วยงานภาครัฐมีความตระหนักในความจำเป็นเร่งด่วนที่จะใช้มาตรการที่สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานยนต์ ในบริบทนี้กระบวนการการตัดสินใจจากส่วนกลางสำคัญอย่างมากสำหรับการขนส่งในประเทศตูนิเซีย การเก็บข้อมูลช่วยในการตัดสินใจได้เป็นอย่างมาก ซึ่งมีความจำเป็นต่อการควบคุมการใช้เชื้อเพลิงอย่างจริงจัง ยังมีบางภูมิภาคที่ราคาขายเชื้อเพลิงนอกเหนือการควบคุม และไม่ได้นำมาพิจารณาการจดทะเบียน ดังนั้นเป็นไปได้อยาก ที่จะทราบถึงจำนวนการขนส่ง และกำหนด

ประสิทธิภาพพลังงานการขนส่งในภูมิภาคนั้น เพราะการควบคุมการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศมีความสำคัญ จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงและกรรมสิทธิ์ยานยนต์ เพื่อควบคุมปริมาณและคุณภาพเชื้อเพลิง ระยะทาง สภาพการจราจร และโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งทางถนน การจดทะเบียนการใช้พลังงานในภาคขนส่งแท้จริงสามารถทำได้ เมื่อยานยนต์มีการใช้เชื้อเพลิงที่ถูกกฎหมาย มีบทลงโทษสำหรับการซื้อขายเชื้อเพลิงที่ผิดกฎหมาย ซึ่งเป็นการทำให้ประสิทธิภาพพลังงานดีขึ้น นอกจากนี้เพื่อให้ทราบการใช้เชื้อเพลิงที่แท้จริง ควรให้ผู้ขับขี่ยานยนต์ควรจดบันทึกการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง แต่สุดท้ายก็ไม่สามารถแก้ไขนโยบายประสิทธิภาพพลังงานภาคการขนส่งได้ (Mraihi, Abdallah, & Abid, 2013)

Liimatainen, H. et al. (2014) เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพลังงานของผู้รับเหมาขนส่งสินค้าในการขนส่งสินค้าทางถนนระหว่างประเทศ ได้แก่ ฟินแลนด์ เดนมาร์ค นอร์เวย์ และสวีเดน โดยการพัฒนาดัชนีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy efficiency index: EEI) ให้สามารถใช้ง่าย เพื่อสำหรับเปรียบเทียบระหว่างประเทศได้ ซึ่งทางสถาบันวิจัยใช้ซอฟแวร์ Webropol ใช้ต้นฉบับแบบสอบถามจากประเทศฟินแลนด์ แบบสำรวจประกอบด้วยชุดคำถาม 6 ชุด ได้แก่ พื้นหลัง การตรวจสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิง ระดับประสิทธิภาพพลังงาน การปฏิบัติเพื่อประสิทธิภาพพลังงาน ประสิทธิภาพพลังงานระหว่างผู้รับเหมาขนส่งสินค้าและพ่อค้าขายส่งสินค้าและการมองอนาคต การตรวจติดตามการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการรายงานด้านสิ่งแวดล้อม การตรวจติดตามการปฏิบัติที่เป็นธรรมคล้ายกันในทั้งสี่ประเทศโดยมีการตรวจสอบโดยทั่วไป ข้อมูลเป็นหน่วย เมตริกตัน- กิโลเมตร

ดัชนีการพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการวิจัยนี้พิสูจน์แล้วว่า เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากสำหรับการเปรียบเทียบผู้รับเหมาขนส่งสิ้นค้าในสี่ประเทศ การวิจัยในอนาคตโดยใช้ดัชนีเดียวกันในประเทศอื่นๆ และเก็บข้อมูลเป็นระยะๆ เพื่อให้ข้อมูลระยะยาว เป็นที่น่าสนใจและมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการประเมินผลกระทบของมาตรการนโยบายต่างๆ ที่มีจุดมุ่งหมายในการดำเนินงานปลอดคาร์บอนในการขนส่งสินค้าทางถนน ประเด็นที่น่าสนใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิจัยในประเทศมากขึ้นรวมถึงผลกระทบจากราคาน้ำมันที่อยู่ในระดับของการดำเนินงานของการปฏิบัติเพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานและความแตกต่างที่อาจจะทำได้ให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานระหว่างผู้รับเหมาขนส่งสินค้าในระดับชาติและนานาชาติ นอกจากนี้การวิจัยในประเทศมีค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงสูงขึ้นหรือลดลง มีความสัมพันธ์กัน มีความเข้าใจมากขึ้นเกี่ยวกับความสำคัญของค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นแรงผลักดันในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน นอกจากนี้งานวิจัยที่ช่วยให้การวิเคราะห์ผู้รับเหมาขนส่งสินค้าระหว่างประเทศและต่างประเทศจะให้

ความรู้ที่น่าสนใจเกี่ยวกับผลกระทบของสภาพแวดล้อมที่มีการแข่งขันที่แตกต่างกันเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Liimatainen & al., 2014)

Chang, Y., et al. (2012) ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจ พลังงาน และนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการประเมินด้านอื่นๆ โดยเฉพาะการใช้พลังงานในอนาคตจากแนวโน้มข้อมูลในอดีต ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแบบดั้งเดิม และแบบหักงอ (kinked experience models) ระหว่างแบบจำลองขององค์การสารสนเทศพลังงานสหรัฐอเมริกา (U.S. Energy Information Administration: EIA) กับแบบจำลองที่สร้างใหม่ใน 8 ประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา จีน อินเดีย บราซิล ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ แคนนาดา และเม็กซิโก ในแบบจำลองที่สร้างใหม่กำหนดให้ตัวแปรตาม (dependent variable) คือความเข้มพลังงานในแต่ละปี และตัวแปรอิสระ (independent variable) คือปริมาณการใช้พลังงานสะสม จาก ค.ศ. 1980 จากผลการศึกษาพบว่า 5 ประเทศ คือ สหรัฐอเมริกา จีน อินเดีย ญี่ปุ่น และเม็กซิโก ไม่สามารถใช้แบบจำลองที่สร้างใหม่ได้ เนื่องจากไม่สามารถนำใช้ข้อมูลในอดีตมาพยากรณ์ได้ (Chang, Lee, & Yoon, 2012)

Melaina, M. and Bremson, J. (2008) ได้ศึกษาความเพียงพอของสถานีบริการเชื้อเพลิงในเมือง สำหรับตลาดยานยนต์พลังงานทางเลือก ยานยนต์พลังงานทางเลือกมีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ความมั่นคงทางด้านพลังงาน และความเจริญอย่างต่อเนื่องของความต้องการในภาคขนส่ง ความสำเร็จของการค้ายานยนต์พลังงานทางเลือก ขึ้นอยู่กับจำนวนปัจจัย ได้แก่ ค่าใช้จ่ายยานยนต์ และสมรรถนะ ท่ามกลางประเด็นโครงสร้างพื้นฐานเชื้อเพลิง ความพร้อมในสถานีบริการเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นฐานสำคัญที่สุดในความประสบความสำเร็จเชิงพาณิชย์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. ทบทวนประเด็นการเติมเชื้อเพลิงในยานยนต์พลังงานทางเลือก
2. ทบทวนการขายปลีกน้ำมันเบนซินในรอบร้อยปี และข้อเสนอแนวโน้มในอนาคต
3. อธิบายการคาดการณ์จำนวนสถานีบริการเชื้อเพลิงทั้งในเมือง และชนบท นำเสนอการเปรียบเทียบการตรวจสอบพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นตัวแทนสถานีบริการ ซึ่งสอดคล้องกับการขนส่ง และแนวโน้มประชากร
4. ขยายการวิเคราะห์นี้โดยการเสนอระดับความพร้อมการเติมเชื้อเพลิงที่เพียงพอในเขตเมือง
5. สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าในเมืองทั่วไป มีสถานีบริการเชื้อเพลิง 164,300 สถานีทั่วสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีแนวโน้มจำนวนที่เกินจริง จำนวนสถานีที่รองรับยานยนต์พลังงานทางเลือกมีอยู่แพร่หลาย

การกระจายตัวของสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในพื้นที่เขตเมืองเป็นแบบเครือข่าย และมีให้บริการมากเกินความเพียงพอ (1 สถานีต่อตารางไมล์) สามารถปรับตามปัจจัยระหว่างขนาดของเมืองและความหนาแน่นของประชากร และจำนวน 51,000 สถานีเป็นระดับที่เพียงพอสำหรับประชาชนในเขตพื้นที่เมือง คิดเป็นร้อยละ 33 น้อยกว่าที่คาดการณ์สถานีเชื้อเพลิงในเมืองทั้งหมด ซึ่งการศึกษาครั้งสามารถนำไปปรับปรุงเครือข่ายสถานีบริการเชื้อเพลิงทางเลือกในเชิงพาณิชย์ และปรับการวิเคราะห์เครื่องยนต์ เศรษฐกิจ และนโยบาย ของเชื้อเพลิงทางเลือก ปรับปรุงสถานีเชื้อเพลิงทั่วประเทศให้พร้อมสำหรับยานยนต์พลังงานทางเลือกต่อไป (Melaina & Bremson, 2008)

González, P.F., et al (2014) ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่อยู่เบื้องหลังการใช้พลังงานโดยรวมในยุโรป 27 ประเทศ ซึ่งชี้ให้เห็นความแตกต่างระหว่างประเทศสมาชิก ด้วยวิธี Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) เป็นการประยุกต์ใช้ multiplicatively decompose ในระดับประเทศการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานโดยรวมในประเทศยุโรป 27 ประเทศ ในระหว่างปี 2001-2008 แล้วจึงวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity) ของผลการศึกษา โดยใช้ความเข้มพลังงานของแต่ละประเทศเป็นเกณฑ์ ซึ่งช่วยในการตรวจความละเอียดของผลการศึกษา และยังช่วยให้เข้าใจผลการะทบทั้งภายใน และภายนอกได้ ผลการศึกษา พบว่า การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในยุโรป ไม่เพียงพอที่จะชดเชยแรงกดดันจากการใช้พลังงานของกิจกรรมทางเศรษฐกิจได้ โดยเฉพาะประเทศแถบเมริเตอร์เรเนียน ที่เคยเป็นประเทศคอมมิวนิสต์ มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น แต่ก็ได้รับการสนับสนุนให้ปรับเปลี่ยนโครงสร้าง การวิเคราะห์นี้ยังแสดงให้เห็นเพียงบางส่วนที่มีผลกระทบการเคลื่อนไหวภายในกลุ่มการใช้พลังงานโดยรวม จากระดับสูงมาระดับที่ต่ำกว่า (González, Landajo, & Presno, 2014)

Yin, Y., et al (2013) ได้วิเคราะห์อิทธิพลรูปแบบของเมืองคุมาโมโต๊ะ ประเทศญี่ปุ่นที่ผลต่อการใช้พลังงาน โดยศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานแต่ละบุคคลในมุมมองทางเศรษฐศาสตร์จุลภาค ซึ่งใช้ข้อมูลการสำรวจการเดินทางส่วนบุคคล (personal trip survey: PTS) ในปี 1997 แล้วสร้างแบบจำลองการประมาณการใช้พลังงานในสิ้นค้า และบริการทั้งหมด ซึ่งสมมุติความพึงพอใจ ความต้องการของประชาชน โดยการประเมินการใช้พลังงานแต่ละบุคคลตามความต้องการสิ้นค้า ปัญหาที่พบมากที่สุด คือสาธารณูปโภคที่ถูกจำกัดโดยรายได้ คาดการณ์ว่าในเมืองคุมาโมโต๊ะ มีการใช้พลังงาน 52.84 จิกะจูล (GJ) ต่อคนต่อปี และร้อยละ 19.75 ของพลังงานที่ใช้ในการขนส่งสิ้นค้า โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (spatial regression) ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพพลังงาน และลักษณะรูปแบบของเมืองในเทอมความหนาแน่น ความหลากหลาย การเข้าถึง ผลการวิเคราะห์การถดถอยแสดงให้เห็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพพลังงานส่วนใหญ่ ได้แก่ ความหนาแน่นของการจ้างงาน

Chulalongkorn University

อัตราส่วนของพนักงานในแผนกค้าปลีก ค่าโดยสาร และระยะเดินทางจากกลางเมือง และพบว่าการพัฒนาที่รัดกุมและนโยบายที่บูรณการ เพิ่มความหนาแน่นของจ้างงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สัดส่วนการจ้างงานของประชาชนในท้องถิ่น นอกจากนี้ยังมีมาตรสนับสนุนปรับปรุงความน่าสนใจของระบบขนส่งมวลชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในเมืองคุมาโมโต๊ะ (Yin, Mizokami, & Maruyama, 2013)

2.3 สรุปเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดทำดัชนีชี้วัดด้านพลังงานขององค์กรระดับประเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำด้านพลังงานให้แก่ประเทศต่างๆ เป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตประชาชน และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละภาคทางเศรษฐกิจอย่างละเอียด แล้วทำการประมวลผลด้วยวิธีทางสถิติ ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานส่วนมากจะใช้เปรียบเทียบในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้ 5 ภาคหลัก ได้แก่ ภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง ภาคบริการ และภาคอื่นๆ ซึ่งช่วยให้ประเทศต่างๆสามารถนำดัชนีชี้วัดด้านพลังงานไปใช้เปรียบเทียบระดับศักยภาพด้านพลังงาน และใช้ในการกำหนดนโยบายของประเทศ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับดัชนีชี้วัดด้านพลังงานส่วนมากมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เห็นภาพการใช้พลังงานของประเทศในภาคต่างๆทางเศรษฐกิจ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างด้านพลังงาน โครงสร้างพื้นฐาน เศรษฐกิจ และช่วงเวลา ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุ (multiple regression analysis) เพื่อหาประสิทธิภาพพลังงาน แนวโน้มด้านพลังงาน การจำลองสถานการณ์ในอนาคต (scenario) และเสนอแนวนโยบายการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพให้แก่ประเทศ

การจัดทำดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทย โดยสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เป็นผู้จัดทำดัชนีชี้วัดด้านพลังงานเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งใช้การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจากภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง และภาคอื่นและ GDP มาคำนวณหาดัชนีชี้วัดด้านพลังงาน ได้แก่ ดัชนีความเข้มพลังงาน ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน และการใช้พลังงานต่อประชากร เพื่อใช้เปรียบเทียบกับต่างประเทศ ติดตามแนวโน้มพลังงานของประเทศ และใช้ในการกำหนดนโยบายพลังงานของประเทศ งานวิจัยโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทยยังไม่มาก ส่วนมากมุ่งเน้นการศึกษาดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาดัชนีชี้วัดเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย เพื่อใช้เป็นแนวในการกำหนดนโยบายด้านพลังงาน

บทที่ 3
ขั้นตอนงานวิจัย

3.1 ภาพรวมของงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการสร้างดัชนีชี้วัดพลังงานที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างประเทศ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดปัจจัยหลักในการสร้างดัชนีโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของไทย ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย และคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสม สรุปผลการศึกษา จึงเสนอแนะนโยบายต่อไป ดังรูปที่ 5

รูปที่ 5 ภาพรวมงานวิจัย

3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาดัชนีชี้วัดพลังงานต่างๆ ที่ใช้ในระดับประเทศ และของไทย และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน ดังนี้

3.2.1 ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานระดับประเทศและประเทศไทย

- ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานขององค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA)
- ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของคณะกรรมาธิการพลังงานโลก (World Energy Council: WEC) ร่วมกับสำนักงานการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานแห่งประเทศฝรั่งเศส (The French Agency for Environment and Energy Management: ADEME)
- ดัชนีชี้วัดพลังงานของธนาคารโลก (The World Bank)
- ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทย (สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน)

3.2.2 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างดัชนีโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

- วัตถุประสงค์ของการสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน
- การกำหนดปัจจัยที่ใช้ทำการวิจัย
- การรวบรวมข้อมูลพลังงาน และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
- การใช้สถิติต่างๆ ในการสร้างดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพลังงาน
- การสรุปผล และการนำเสนอดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพลังงาน

3.3 กำหนดปัจจัยที่ศึกษา

ปัจจัยหลักที่ใช้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน ซึ่งใช้ข้อมูลปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ในแต่ละประเทศ และข้อมูลของไทย จำนวน 77 จังหวัด โดยนำปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกายภาพ และปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกิจกรรม

3.3.1 ปัจจัยหลักที่ใช้ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในระดับประเทศ

การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในระดับประเทศ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) และกลุ่มประเทศทั้ง 2 กลุ่มรวมกันประมาณ 30-40 ประเทศ โดยนำข้อมูลจากเว็บไซต์หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละด้าน ดังนี้ ด้าน

กายภาพ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร และระยะทางถนน ด้านกิจกรรม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรและด้านพลังงาน ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Consumption) ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน (Primary Energy Consumption) และปริมาณการใช้ไฟฟ้า (Electricity Consumption) แล้วจึงนำปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกายภาพ และปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกิจกรรม ดังต่อไปนี้

- ปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบด้านกายภาพในแต่ละประเทศ
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร
  - ปริมาณการใช้พลังงานต่อขนาดพื้นที่
  - ปริมาณการใช้พลังงานต่อจำนวนประชากร
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่
  - กำลังการผลิตไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร
- ปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบด้านกิจกรรมในแต่ละประเทศ
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)
  - ปริมาณการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)

3.3.2 ปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย

การศึกษาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย โดยนำข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในแต่ละด้าน ดังนี้ ด้านกายภาพ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร ระยะทางถนน จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวนรถที่จดทะเบียน แบ่งเป็นเครื่องยนต์ดีเซลและเครื่องยนต์เบนซิน ยกเว้นรถจักรยานยนต์ เนื่องจากมีปริมาณการเติมน้ำมันเบนซินน้อยมาก จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัย ด้านกิจกรรม ได้แก่ ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และด้านพลังงาน ได้แก่ ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินให้สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ระยะทางถนน จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปริมาณน้ำมันที่ผู้ค้าน้ำมันจำหน่ายให้ลูกค้าและผู้ใช้ในจังหวัดต่างๆ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับจำนวนประชากร ขนาดพื้นที่ และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

และพลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายและใช้ทั้งหมดให้เป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้า แล้วจึงนำปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกายภาพ และปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกิจกรรม ดังต่อไปนี้

- ปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบด้านกายภาพของไทย
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางของถนน
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางของถนน
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถที่จดทะเบียน
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถที่จดทะเบียน
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อขนาดพื้นที่
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อจำนวนประชากร
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในรายผู้ใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัย
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการทั้งหมดต่อจำนวนโรงงาน
- ปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบด้านกิจกรรมของไทย
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP)
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP)
  - ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง
  - ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง
  - ปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลต่างประเทศ และข้อมูลในประเทศไทย โดยแบ่งเป็นตัวแปรในปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ซึ่งข้อมูลตัวแปรในต่างประเทศและประเทศไทยจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิของปี พ.ศ. 2557 ดังตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ในส่วนต่างประเทศ

ตัวแปร	หน่วย	แหล่งข้อมูล
กายภาพ		
ขนาดพื้นที่	ตารางกิโลเมตร	ธนาคารโลก
จำนวนประชากร	คน	
ความหนาแน่นของประชากร	คนต่อตารางกิโลเมตร	
ระยะทางถนน	กิโลเมตร	เดอะเวิลด์แฟกต์บุ๊ก
กิจกรรม		
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)	ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา	ธนาคารโลก
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร (GDP per capita)	ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา	
พลังงาน		
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	พันบาร์เรลต่อวัน	BP Data workbook Statistical Review of World 2015
ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง	พันบาร์เรลต่อวัน	
ปริมาณการใช้พลังงาน	ล้านตันน้ำมันดิบเทียบเท่า (Million tonnes oil equivalent)	
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	เทราวัตต์-ชั่วโมง (Terawatt-hours)	
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	เทราวัตต์-ชั่วโมง (Terawatt-hours)	Global Energy Statistical Yearbook 2015

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงานในไทย

ตัวแปร	หน่วย	แหล่งข้อมูล
กายภาพ		
ขนาดพื้นที่	ตารางกิโลเมตร	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
ระยะทางของถนน	กิโลเมตร	กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
จำนวนประชากร	คน	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า	ราย	สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม	โรงงาน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม	คัน	กรมการขนส่ง กระทรวงคมนาคม
จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	สถานี	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
กิจกรรม		
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP)	ล้านบาท	สำนักบัญชีประชาชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร (GPP per capita)	บาท	
ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง	คัน-กิโลเมตร	กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6 ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงานในไทย

ตัวแปร	หน่วย	แหล่งข้อมูล
พลังงาน		
ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	ล้านลิตร	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายและใช้	กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)	สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีและสารสนเทศ

3.5 การเคราะห์ข้อมูล และการคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

3.5.1 รวบรวมข้อมูลปัจจัย ด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน

รวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ให้ตัวแปรปัจจัยด้านกายภาพและด้านกิจกรรมเป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรปัจจัยด้านพลังงานเป็นตัวแปรตาม แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วน คือส่วนโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ และส่วนโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย

3.5.2 พิจารณาเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ และระดับจังหวัด

นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุ (Multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม STATA โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการด้วยวิธีแบบขั้นตอน (Stepwise) ซึ่งเป็นเทคนิคการผสมผสานระหว่างวิธีแบบเดินหน้า (Forward) และวิธีแบบถอยหลัง (Backward) โดยมีการพิจารณาตัดตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในแบบจำลองออกหลังจากเพิ่มตัวแปรอิสระตัวใหม่เข้าไปในแบบจำลอง ทั้งนี้เนื่องจากตัวแปรอิสระเดิมที่มีอยู่ในแบบจำลอง อาจมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระตัวใหม่ที่เข้าไป ทำให้ไม่มีความจำเป็นในการเก็บตัวแปรเดิมไว้ในแบบจำลอง หากตัวแปรอิสระตัวนั้นไม่ส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination: R^2) ที่เพิ่มขึ้นอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนไม่สามารถเพิ่มตัวแปรอิสระใหม่เข้ามาในตัวแบบจำลองได้หรือไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในตัวแบบได้จึงหยุด โดยพิจารณาจากระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) ของตัวแปรอิสระที่ 0.05 แล้วเลือกตัวแบบที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงที่สุด

เพื่อนำมาเป็นต้นแบบดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศและในประเทศไทย

3.5.3 การใช้ดัชนีชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

นำข้อมูลตัวแปรอิสระของในแต่ละประเทศ มาแทนค่าเข้าไปในดัชนีการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในระดับประเทศ ได้แก่ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานขั้นพื้นฐาน และไฟฟ้า และในระดับจังหวัด ได้แก่ การใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบในระดับประเทศ และระดับจังหวัด

นำปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้า ที่ได้จาการแทนค่าในดัชนี มาเปรียบเทียบกับกำลังการกลั่นน้ำมัน และการผลิตไฟฟ้าในระดับประเทศ เพื่อดูศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานแต่ละประเทศ ส่วนประเทศไทยทำการเปรียบเทียบกำลังการกลั่นน้ำมัน และปริมาณการผลิตไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP 2015) เพื่อนำไปวางแนวนโยบายพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทยต่อไป

3.6 สรุปผลการศึกษาและเสนอแนวนโยบายที่ได้ศึกษา

เมื่อคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานทั้งระดับประเทศและในประเทศไทย มาสรุปผลการศึกษา และเสนอแนะแนวนโยบายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย จากดัชนีโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในระดับประเทศ โดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการกลั่นน้ำมันกับการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการผลิตไฟฟ้ากับการใช้ไฟฟ้า เพื่อการกำหนดสัดส่วนปัจจัยด้านกายภาพ และกิจกรรม ต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้า ที่มีอิทธิพลต่อโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศ และการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานมากเกินไป เพื่อให้การใช้พลังงานของประเทศมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับประเทศ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับประเทศ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) และทุกประเทศ โดยทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานขั้นพื้นฐาน และไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาระดับนัยสำคัญที่ (p-value) 0.05 และตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวแปรอิสระใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง พลังงานขั้นพื้นฐาน และไฟฟ้า

ตัวแปรอิสระ	ตัวย่อ	หน่วย
ขนาดพื้นที่	Area (Surface area)	ตารางกิโลเมตร
ระยะทางของถนน	RW (Roadway)	กิโลเมตร
จำนวนประชากร	Pop (Population)	คน
ความหนาแน่นของประชากร	Den (Population density)	คนต่อตารางกิโลเมตร
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	GDP (Gross Domestic Product)	ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร	GDPPC (Gross Domestic Product per capita)	ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ดังตารางที่ 8 ซึ่งมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ระยะทางของถนน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ดังตารางที่ 7 ซึ่งกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) จำนวน 29 ประเทศ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) จำนวน 34 ประเทศ และทุกประเทศ จำนวน 63 ประเทศ

ตารางที่ 8 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

กลุ่มประเทศ	ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
พัฒนาแล้ว (OECD) (29 ประเทศ)	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร	OPC_O (Oil consumption per capita)	บาร์เรลต่อวันต่อพันคน
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	OPA_O (Oil consumption per area)	บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	OPG_O (Oil consumption per GDP)	บาร์เรลต่อวันต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
กำลังพัฒนา (Non-OECD) (34 ประเทศ)	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร	OPC_N (Oil consumption per capita)	บาร์เรลต่อวันต่อพันคน
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	OPA_N (Oil consumption per area)	บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	OPG_N (Oil consumption per GDP)	บาร์เรลต่อวันต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
ทุกประเทศ (63 ประเทศ)	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร	OPC_W (Oil consumption per capita)	บาร์เรลต่อวันต่อพันคน
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	OPA_W (Oil consumption per area)	บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	OPG_W (Oil consumption per GDP)	บาร์เรลต่อวันต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.1.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 6 แบบจำลอง ดังตารางที่ 9 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่สูง

- แบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.1

$OPC_{O2} = 7.5705+3.19x10^{-6}Area + 3.441x10^{-4}GDPPC + 0.0443Den, R^2= 0.7296$ (4.1)

จากสมการ 4.1 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 3.19×10^{-6} บาร์เรล ส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 3.441×10^{-4} บาร์เรล และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.0443 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร แปรผันตามขนาดพื้นที่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 72.96

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.2

$OPC_{N2}= - 0.1305 + 0.0018\ GDPPC + 0.0076\ Den, R^2 = 0.7722$ (4.2)

จากสมการ 4.2 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.0018 บาร์เรล และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.0076 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 77.22

ตารางที่ 9 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	**Area**	**RW**	**Pop**	**Den**	**GDP**	**GDPPC**	**Constant**	**ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)**
OPC_{O1}	3.18×10^{-6} (0.001)	6.68×10^{-6} (0.402)	-1.14×10^{-7} (0.150)	0.0519 (0.001)	-5.36×10^{-7} (0.874)	2.924×10^{-4} (0.003)	10.4754 (0.033)	0.7736
OPC_{O2}	3.19×10^{-6} (0.000)	n/a (0.127)	n/a (0.189)	0.0443 (0.000)	n/a (0.873)	3.441×10^{-4} (0.000)	7.5705 (0.052)	0.7296
OPC_{N1}	-2.84×10^{-7} (0.900)	4.29×10^{-6} (0.844)	-2.22×10^{-8} (0.783)	0.0077 (0.012)	9.83×10^{-7} (0.858)	17.806×10^{-4} (0.000)	0.9761 (0.881)	0.7736
OPC_{N2}	n/a (0.900)	n/a (0.880)	n/a (0.729)	0.0076 (0.007)	n/a (0.896)	0.0018 (0.000)	- 0.1305 (0.979)	0.7722
OPC_{W1}	1.07×10^{-6} (0.384)	1.54×10^{-7} (0.986)	-1.21×10^{-8} (0.608)	0.0137 (0.000)	-2.24×10^{-7} (0.936)	7.774×10^{-4} (0.000)	5.1992 (0.311)	0.5897
OPC_{W2}	n/a (0.502)	n/a (0.9859)	n/a (0.385)	0.0135 (0.000)	n/a (0.908)	8.002×10^{-4} (0.000)	5.1302 (0.251)	0.5809

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของทุกประเทศ ดังสมการ 4.3

$$OPC_{W2} = 5.130241 + 8.002 \times 10^{-4} \text{ GDPPC} + 0.0135 \text{ Den}, R^2 = 0.5809 \quad (4.3)$$

จากสมการ 4.3 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 8.002×10^{-4} บาร์เรล และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มของประชากรหนึ่งพันคน ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.0135 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 58.09

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมของ 3 กลุ่มประเทศ มีแนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร แปรผันตามขนาดพื้นที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร เนื่องจากทุกกลุ่มประเทศมีตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากรทั้ง 2 ตัวแปรนี้จึงมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร

4.1.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 6 แบบจำลอง ดังตารางที่ 10 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.4

$$OPA_{O2} = -1.5370 + 0.0420 \text{ Den}, R^2 = 0.8788 \quad (4.4)$$

จากสมการ 4.4 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มคือ ทุก 1 ตารางกิโลเมตร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.0420 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 87.88

ตารางที่ 10 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
OPA_{O1}	1.05×10^{-7} (0.661)	3.51×10^{-6} (0.132)	2.72×10^{-9} (0.902)	0.0473 (0.000)	-1.37×10^{-6} (0.166)	3.98×10^{-5} (0.121)	-3.7914 (0.009)	0.9105
OPA_{O2}	n/a (0.644)	n/a (0.508)	n/a (0.902)	0.0420 (0.000)	n/a (0.086)	n/a (0.056)	-1.5370 (0.021)	0.8788
OPA_{N1}	-1.67×10^{-6} (0.920)	5.09×10^{-5} (0.751)	-2.18×10^{-7} (0.713)	0.1426 (0.000)	9.87×10^{-6} (0.807)	0.0012 (0.542)	-32.4543 (0.499)	0.7092
OPA_{N2}	n/a (0.920)	n/a (0.728)	n/a (0.910)	0.1485 (0.000)	n/a (0.811)	n/a (0.422)	-19.4385 (0.532)	0.7008
OPA_{W1}	2.65×10^{-6} (0.685)	5.15×10^{-6} (0.911)	- 3.22 x 10-8 (0.796)	0.1469 (0.000)	-2.68×10^{-6} (0.857)	4.637×10^{-4} (0.558)	-30.3469 (0.266)	0.7076
OPA_{W2}	n/a (0.750)	n/a (0.911)	n/a (0.712)	0.1478 (0.000)	n/a (0.875)	n/a (0.484)	-18.4022 (0.263)	0.7038

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.5

$$OPA_{N2} = -19.4385 + 0.1485\ Den,\ R^2 = 0.7008 \quad (4.5)$$

จากสมการ 4.5 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้ม คือ ทุก 1 ตารางกิโลเมตร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.1485 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 70.08

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ ดังสมการ 4.6

$$OPA_{W2} = -18.4022 + 0.1478\ Den,\ R^2 = 0.7038 \quad (4.6)$$

จากสมการ 4.6 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้ม คือ ทุก 1 ตารางกิโลเมตร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นวันละ 0.1478 บาร์เรล แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 70.38

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของ 3 กลุ่มประเทศ ทุกกลุ่มประเทศมีแนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ดังนั้น ความหนาแน่นของประชากรจึงมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 7 แบบจำลอง ดังตารางที่ 11 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.7

$$OPG_{O2} = 1.1241 + 4.44 \times 10^{-8}\ Area - 8.19 \times 10^{-6}\ GDPPC,\ R^2 = 0.2793 \quad (4.7)$$

ตารางที่ 11 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
OPG_{O1}	5.63×10^{-8} (0.077)	3.14×10^{-7} (0.287)	5.30×10^{-9} (0.072)	1.0777×10^{-3} (0.032)	-2.23×10^{-7} (0.082)	-4.70×10^{-7} (0.151)	0.7781 (0.000)	0.4741
OPG_{O2}	4.44×10^{-8} (0.048)	n/a (0.287)	n/a (0.106)	n/a (0.082)	n/a (0.460)	-8.19×10^{-6} (0.009)	1.1241 (0.000)	0.2793
OPG_{O3}	n/a (0.122)	n/a (0.168)	6.64×10^{-9} (0.021)	n/a (0.062)	-1.12×10^{-7} (0.044)	n/a	0.7657 (0.000)	0.1949
OPG_{N1}	-1.14×10^{-8} (0.910)	9.85×10^{-8} (0.919)	-4.77×10^{-10} (0.895)	8.34×10^{-5} (0.518)	-4.16×10^{-8} (0.865)	1.87×10^{-6} (0.879)	1.9399 (0.000)	0.0481
OPG_{N2}	n/a (0.953)	n/a (0.919)	n/a (0.910)	n/a (0.347)	n/a (0.451)	n/a (0.825)	1.9436 (0.000)	n/a

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 11 แบบจำลองเพื่อการทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์ภายในประเทศ

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
OPG_{W1}	3.3×10^{-8} (0.474)	1.06×10^{-7} (0.744)	-3.7×10^{-10} (0.674)	2.177×10^{-4} (0.022)	-6.88×10^{-8} (0.510)	-1.44×10^{-5} (0.012)	1.7345 (0.000)	0.1889
OPG_{W2}	n/a (0.786)	n/a (0.744)	n/a (0.786)	2.126×10^{-4} (0.020)	n/a (0.575)	-1.48×10^{-5} (0.004)	1.7375 (0.000)	0.1721

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

จากสมการ 4.7 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้นวันละ 4.44×10^{-8} บาร์เรลต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลงวันละ 8.19×10^{-6} บาร์เรลต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม ในประเทศ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 27.93

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา
  พบว่า ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปร มีระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 แสดงว่า แสดงว่าตัวแปรอิสระทุกตัวแปร ไม่มีนัยสำคัญกับปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของทุกประเทศ ดังสมการ 4.8

$$OPG_{W2} = 1.7375 - 1.48 \times 10^{-5}\ GDPPC + 2.126 \times 10^{-4}\ Den,\ R^2 = 0.1721 \qquad (4.8)$$

จากสมการ 4.8 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลงวันละ 1.48×10^{-5} บาร์เรลต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้นวันละ 2.126×10^{-4} บาร์เรลต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 17.21

สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง ในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และทุกประเทศ อาจเกิดจากการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลลดลง เนื่องจากระบบบริการรถโดยสารสาธารณะมีประสิทธิภาพมากขึ้น การส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นพลังงานทดแทน เช่น เอทานอล ไบโอดีเซล เป็นต้นมาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ แก๊สโซฮอล (gasohol) เป็นต้น เพื่อช่วยในการลดสัดส่วนปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มาจากปิโตรเลียมได้มาก และการแข่งขันทางเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์เพื่อประหยัด

น้ำมันเชื้อเพลิง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Eco Car) ส่งผลให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตรถยนต์มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่เหมาะสมของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และทุกประเทศ มีแนวโน้มปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แปรผันตามขนาดพื้นที่ และความหนาแน่นของประชากร แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ดังนั้น ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

4.2 แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน เป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ดังตารางที่ 12 ซึ่งมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ความยาวถนน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ดังตารางที่ 7 ซึ่งกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว จำนวน 29 ประเทศ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา จำนวน 34 ประเทศ และทุกประเทศ จำนวน 63 ประเทศ

ตารางที่ 12 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน

กลุ่มประเทศ	ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
พัฒนาแล้ว (OECD) (29 ประเทศ)	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร	PPC_O (Primary Energy consumption per capita)	ตันน้ำมันดิบต่อคน
	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่	PPA_O (Primary Energy consumption per area)	ตันน้ำมันดิบต่อตารางกิโลเมตร

ตารางที่ 12 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน

กลุ่มประเทศ	**ตัวแปรตาม**	**ตัวย่อ**	**หน่วย**
พัฒนาแล้ว (OECD) (29 ประเทศ)	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	PPG_O (Primary Energy consumption per GDP)	ตันน้ำมันดิบต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
กำลังพัฒนา (Non-OECD) (34 ประเทศ)	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร	PPC_N (Primary Energy consumption per capita)	ตันน้ำมันดิบต่อคน
	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่	PPA_N (Primary Energy consumption per area)	ตันน้ำมันดิบต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	PPG_N (Primary Energy consumption per GDP)	ตันน้ำมันดิบต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
ทุกประเทศ (63 ประเทศ)	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร	PPC_W (Primary Energy consumption per capita)	ตันน้ำมันดิบต่อคน
	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่	PPA_W (Primary Energy consumption per area)	ตันน้ำมันดิบต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	PPG_W (Primary Energy consumption per GDP)	ตันน้ำมันดิบต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

4.2.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 7 แบบจำลอง ดังตารางที่ 13 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.9

$$PPC_{O2} = 1.4431 + 3.00 \times 10^{-7} \text{ Area} + 5.63 \times 10^{-5} \text{ GDPPC}, R^2 = 0.6524 \quad (4.9)$$

จากสมการ 4.9 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นคนละ 3.00×10^{-7} ตันน้ำมันดิบ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นคนละ 5.63×10^{-5} ตันน้ำมันดิบ แสดงว่า ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร แปรผันตามขนาดพื้นที่ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 65.24

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.10

$$PPC_{N2} = 0.1766 + 2.508 \times 10^{-4} \text{ GDPPC} - 4.399 \times 10^{-4} \text{ Den}, R^2 = 0.9120 \quad (4.10)$$

จากสมการที่ 4.10 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นคนละ 2.508×10^{-4} ตันน้ำมันดิบ และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานลดลงคนละ 4.399×10^{-4} ตันน้ำมันดิบต่อคน แสดงว่า ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรแปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 91.20

สาเหตุที่ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากรลดลงในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา การกระจายตัวของประชากรเข้าสู่เมืองทำให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (economic activity) ที่สูงขึ้น

ตารางที่ 13 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
PPC_{O1}	3.62×10^{-7} (0.011)	5.30×10^{-7} (0.674)	-1.21×10^{-8} (0.331)	0.0025 (0.234)	-2.32×10^{-8} (0.965)	5.09×10^{-5} (0.001)	1.4551 (0.059)	0.6951
PPC_{O2}	3.00×10^{-7} (0.001)	n/a (0.398)	n/a (0.244)	n/a (0.313)	n/a (0.965)	5.63×10^{-5} (0.000)	1.4431 (0.005)	0.6524
PPC_{O3}	n/a	n/a (0.093)	n/a (0.519)	n/a (0.335)	n/a (0.216)	6.64×10^{-5} (0.000)	1.4337 (0.018)	0.4827
PPC_{N1}	9.45×10^{-8} (0.490)	-6.58×10^{-7} (0.616)	2.63×10^{-9} (0.589)	-4.393×10^{-4} (0.016)	-1.74×10^{-7} (0.599)	2.534×10^{-4} (0.000)	0.0557 (0.887)	0.9136
PPC_{N2}	n/a (0.700)	n/a (0.616)	n/a (0.833)	-4.399×10^{-4} (0.010)	n/a (0.785)	2.508×10^{-4} (0.000)	0.1766 (0.563)	0.9120

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 13 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
PPC_{W1}	1.80×10^{-7} (0.171)	$- 5.22 \times 10^{-8}$ (0.955)	-2.87×10^{-10} (0.908)	4.091×10^{-4} (0.123)	-1.21×10^{-7} (0.683)	1.111×10^{-4} (0.000)	0.6328 (0.245)	0.5486
PPC_{W2}	n/a (0.293)	n/a (0.955)	n/a (0.823)	n/a (0.138)	n/a (0.314)	1.13×10^{-4} (0.000)	0.8228 (0.089)	0.5137

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ส่งผลให้บริเวณรอบเมืองมีความหนาแน่นของประชากรน้อย และการเดินทางระยะสั้น เพราะความสะดวกในการเดินทาง เนื่องจากระบบบริการรถโดยสารสาธารณะมีประสิทธิภาพมากขึ้นการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลจึงลดลง (Yin, Y., et al, 2013)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรทุกประเทศ ดังสมการ 4.11

$$PPC_{W2} = 0.8228 + 1.13 \times 10^{-4} \text{ Den}, R^2 = 0.5137 \quad (4.11)$$

จากสมการ 4.11 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นคนละ 1.13×10^{-4} ตันน้ำมันดิบ แสดงว่าปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 51.37

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากรที่เหมาะสมของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว มีแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากร แปรผันตามขนาดพื้นที่ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา มีแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากร แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของประชากร และทุกประเทศมีแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากร แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ดังนั้น ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 6 แบบจำลอง ดังตารางที่ 14 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.12

$$PPA_{O2} = - 105.2934 + 4.2780 \text{ Den}, R^2 = 0.9041 \quad (4.12)$$

จากสมการ 4.12 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 4.2780 ตันน้ำมันดิบ แสดงว่า

ตารางที่ 14 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
PPA_{O1}	$1.06\ 10^{-5}$ (0.645)	1.658×10^{-4} (0.449)	-3.77×10^{-7} (0.859)	4.5782 (0.000)	-5.38×10^{-5} (0.562)	2.3963×10^{-3} (0.322)	- 242.2124 (0.068)	0.9181
PPA_{O2}	n/a (0.648)	n/a (0.587)	n/a (0.859)	4.2780 (0.000)	n/a (0.269)	n/a (0.147)	- 105.2934 (0.072)	0.9041
PPA_{N1}	-1.137×10^{-4} (0.901)	3.001×10^{-3} (0.732)	-1.28×10^{-5} (0.694)	8.7977 (0.000)	5.948×10^{-4} (0.787)	0.0966 (0.388)	-2,044.645 (0.436)	0.7609
PPA_{N2}	n/a (0.901)	n/a (0.721)	n/a (0.914)	9.2638 (0.000)	n/a (0.802)	n/a (0.274)	- 1,030.915 (0.548)	0.7494
PPA_{W1}	1.424×10^{-4} (0.692)	1.614×10^{-4} (0.949)	-1.53×10^{-6} (0.824)	9.1404 (0.000)	-1.215×10^{-4} (0.881)	0.0350 (0.421)	- 1,805.304 (0.229)	0.7573
PPA_{W2}	n/a (0.779)	n/a (0.949)	n/a (0.709)	9.2243 (0.000)	n/a (0.864)	n/a (0.3486)	-940.0794 (0.299)	0.7526

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 90.41

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.13

$$PPA_{N2} = - 1{,}030.915 + 9.2638\ Den,\ R^2 = 0.7494 \quad (4.13)$$

จากสมการ 4.13 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 9.2638 ตันน้ำมันดิบ แสดงว่าปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 74.94

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา ดังสมการ 4.14

$$PPA_{W2} = - 940.0794 + 9.2243\ Den,\ R^2 = 0.7526 \quad (4.14)$$

จากสมการ 4.14 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 9.2243 ตันน้ำมันดิบ แสดงว่าปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 75.26

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของ 3 กลุ่มประเทศ มีแนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ดังนั้น ความหนาแน่นของประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่

4.2.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 7 แบบจำลอง ดังตารางที่ 15 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

ตารางที่ 15 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
PPG_{O1}	5.46×10^{-6} (0.185)	5.6×10^{-5} (0.153)	5.69×10^{-7} (0.137)	0.0773 (0.226)	-3.21×10^{-5} (0.059)	-5.948×10^{-4} (0.166)	110.2887 (0.000)	0.4099
PPG_{O2}	5.95×10^{-6} (0.033)	n/a (0.340)	n/a (0.340)	n/a (0.226)	n/a (0.476)	-9.964×10^{-4} (0.010)	139.3321 (0.000)	0.2860
PPG_{O3}	n/a (0.297)	5.88×10^{-5} (0.040)	8.12×10^{-7} (0.020)	n/a (0.205)	-3.55×10^{-5} (0.009)	n/a	99.8336 (0.000)	0.2751
PPG_{N1}	-3.99×10^{-6} (0.820)	6.12×10^{-5} (0.717)	-2.05×10^{-7} (0.742)	-0.0117 (0.599)	-2.9×10^{-7} (0.995)	-0.0014 (0.513)	319.6576 (0.000)	0.0531
PPG_{N2}	n/a (0.759)	n/a (0.760)	n/a (0.819)	n/a (0.556)	n/a (0.994)	n/a (0.296)	287.938 (0.000)	n/a

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 15 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	RW	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
PPG_{W1}	5.86 x 10-6 (0.447)	2.76 x 10^{-5} (0.613)	- 2.88 x 10^{-8} (0.845)	0.0039 (0.802)	- 1.54 x 10^{-5} (0.378)	- 0.0028 (0.003)	271.8497 (0.000)	0.2031
PPG_{W2}	n/a (0.504)	n/a (0.592)	n/a (0.844)	n/a (0.814)	n/a (0.411)	-0.0030 (0.000)	280.0796 (0.000)	0.1824

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.15

$$PPG_{O2} = 139.3321 + 5.95 \times 10^{-6} \text{ Area} - 9.964 \times 10^{-4} \text{ GDPPC}, R^2 = 0.2860 \quad (4.15)$$

จากสมการ 4.15 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้พลังงานขั้น พื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้น 5.95×10^{-6} ตันน้ำมันดิบต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง 9.964×10^{-4} ตันน้ำมันดิบต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา การใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศแปรผันตามขนาดพื้นที่ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศได้ ร้อยละ 28.60

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา
  พบว่า ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปร

มีระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 แสดงว่า แสดงว่าตัวแปรอิสระทุกตัวแปร ไม่มีนัยสำคัญกับปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ของทุกประเทศ ดังสมการ 4.16

$$PPG_{W2} = 280.0796 - 0.0030 \text{ GDPPC}, R^2 = 0.1824 \quad (4.16)$$

จากสมการ 4.16 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง 9.964×10^{-4} ตันน้ำมันดิบต่อล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา0.0030 ตันน้ำมันดิบต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แสดงว่าการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ได้ร้อยละ 18.24

สาเหตุที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง อาจเกิดจากความก้าวหน้าของนวัตกรรมเกี่ยวกับการจัดการพลังงานที่ดีขึ้น และนโยบายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของแต่ละประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จึงช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และการใช้พลังงานทดแทนเข้ามาเสริมกับพลังงานจากฟอสซิล ส่งผลให้การใช้พลังงานขั้นพื้นฐานลดลง

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศที่เหมาะสมของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว มีแนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แปรผันตามขนาดพื้นที่ แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกลับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ทุกประเทศ มีแนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ดังนั้น ขนาดพื้นที่ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

4.3 แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ดังตารางที่ 16 ซึ่งมีตัวแปรอิสระทั้งหมด 5 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ดังตารางที่ 7 ซึ่งกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว จำนวน 21 ประเทศ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา จำนวน 19 ประเทศ และทุกประเทศ จำนวน 40 ประเทศ

ตารางที่ 16 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า

กลุ่มประเทศ	ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
พัฒนาแล้ว (OECD)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร	EPC_O (Electricity consumption per capita)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อคน
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	EPA_O (Electricity consumption per area)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	EPG_O (Electricity consumption per GDP)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

ตารางที่ 16 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า

กลุ่มประเทศ	ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
กำลังพัฒนา (Non-OECD)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร	EPC_N (Electricity consumption per capita)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อคน
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	EPA_N (Electricity consumption per area)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	EPG_N (Electricity consumption per GDP)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา
ทุกประเทศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร	EPC_W (Electricity consumption per capita)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อคน
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	EPA_W (Electricity consumption per area)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	EPG_W (Electricity consumption per GDP)	วัตต์ - ชั่วโมงต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 7 แบบจำลอง ดังตารางที่ 17 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.17

$$EPC_{O2} = 136{,}972 + 193.4424\ GDPPC,\ R^2 = 0.7177 \quad (4.17)$$

จากสมการ 4.17 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคนละ 193.4424 วัตต์ - ชั่วโมง แสดงว่า ปริมารณการใช้ไฟฟ้า แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 71.77

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.18

EPC_{N2} = 798,178.1 + 239.7320 GDPPC, R^2 = 0.8121 (4.18)

จากสมการ 4.18 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคนละ 239.732 วัตต์ - ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 81.21

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของทุกประเทศ ดังสมการ 4.19

EPC_{W2} = 1,547,970 - 4,940.409 Den+ 183.2131 GDPPC, R^2 = 0.8107 (4.19)

จากสมการ 4.19 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงคนละ 4,940.409 วัตต์ – ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคนละ 183.2131 วัตต์ - ชั่วโมง แสดงว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของประชากร แต่แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรได้ร้อยละ 81.07

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากรที่เหมาะสมของ 3 กลุ่มประเทศ มีแนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นของประชากร และแปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ดังนั้น ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร

ตารางที่ 17 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPC_{O1}	0.2477 (0.370)	$- 8.535 \times 10^{-4}$ (0.978)	- 3,020.878 (0.496)	- 0.1104 (0.859)	185.1566 (0.000)	81,0857.9 (0.698)	0.7581
EPC_{O2}	n/a (0.4714)	n/a (0.978)	n/a (0.190)	n/a (0.535)	193.4424 (0.000)	136,972 (0.912)	0.7177
EPC_{N1}	- 0.2762 (0.246)	0.0026 (0.456)	- 9,153.683 (0.307)	0.0419 (0.914)	235.9682 (0.000)	1,704,562 (0.063)	0.8394
EPC_{N2}	n/a (0.230)	n/a (0.510)	n/a (0.582)	n/a (0.914)	239.7320 (0.000)	798178.1 (0.053)	0.8121

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 17 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPC_{W1}	0.1225 (0.485)	7.599×10^{-4} (0.650)	- 4,539.345 (0.139)	- 0.1053 (0.483)	187.639 (0.000)	1,228,807 (0.067)	0.8171
EPC_{W2}	n/a (0.433)	n/a (0.650)	- 4,940.409 (0.042)	n/a (0.544)	183.2131 (0.000)	1,547,970 (0.008)	0.8107
EPC_{W3}	n/a (0.190)	n/a (0.775)	n/a	n/a (0.286)	180.6823 (0.000)	986,853.1 (0.057)	0.7881

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

4.3.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 8 แบบจำลอง ดังตารางที่ 18 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังสมการ 4.20

$$EPA_{O2} = - 148,000,000 + 7,222,341\ Den,\ R^2 = 0.8746 \quad (4.20)$$

จากสมการ 4.20 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 7,222,341 วัตต์ - ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 87.46

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ดังสมการ 4.21

$$EPA_{N2} = - 1,7800,000 - 54.8871\ Area + 74.0171\ GDP + 19,274.56\ GDPPC + 862,386.4\ Den,\ R^2 = 0.7426 \quad (4.21)$$

จากสมการ 4.21 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงตารางกิโลเมตรละ 54.8871 วัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้น 1 ล้านดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 74.0171 วัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 19,274.56 วัตต์ - ชั่วโมง และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าตารางกิโลเมตรละ 862,386.4 วัตต์ - ชั่วโมง แสดง ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดพื้นที่ แต่แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 74.26

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ ดังสมการ 4.22

$$EPA_{W2} = - 152,000,000 - 1.4624\ Pop + 6,647,430\ Den + 71.8868\ GDP,\ R^2 = 0.8109 \quad (4.22)$$

ตารางที่ 18 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPA_{O1}	25.8342 (0.599)	- 0.8930 (0.873)	7,465,576 (0.000)	15.2730 (0.891)	2151.211 (0.756)	- 295,000,000 (0.436)	0.8821
EPA_{O2}	n/a (0.390)	n/a (0.925)	7,222,341 (0.000)	n/a (0.891)	n/a (0.590)	- 148,000,000 (0.302)	0.8746
EPA_{N1}	- 41.4190 (0.153)	- 0.4719 (0.266)	1,970,407 (0.079)	115.6295 (0.025)	18,442.14 (0.000)	- 90,100,000 (0.387)	0.7668
EPA_{N2}	- 54.8871 (0.046)	n/a (0.266)	862,386.4 (0.049)	74.01712 (0.022)	19,274.56 (0.000)	- 1,7800,000 (0.828)	0.7426
EPA_{N3}	n/a	n/a (0.077)	1,242,828 (0.010)	n/a (0.238)	20,348.15 (0.000)	- 103,000,000 (0.190)	0.6195

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

จากสมการ 4.22 พบว่า เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลง กิโลเมตรละ 1.4624 วัตต์ – ชั่วโมง ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 6,647,430 วัตต์ - ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 71.8868 วัตต์ - ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร แต่แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 81.09

จากการศึกษาบทความของ Vincenzo B., et al (2009) ได้สร้างแบบจำลองด้วยสมการเส้นตรง เพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศอิตาลี พบว่า บางแบบจำลองของ Vincenzo B., et al มีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลง และให้ค่าการทำนายใกล้เคียงกับบริษัทด้านพลังงานในอิตาลี (Vincenzo, Oronzio, & Sergio, 2009)

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว มีแนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา และทุกประเทศ มีแนวโน้มปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้น แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ดังนั้น ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จึงมีอิทธิพลต่อการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่

4.3.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

สามารถสร้างแบบจำลองแบ่งตามกลุ่มประเทศได้ 3 กลุ่ม สามารถสร้างแบบจำลอง 6 แบบจำลอง ดังตารางที่ 19 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละกลุ่มประเทศ โดยคัดเลือกจากระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ของตัวแปรอิสระ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา พบว่า ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากตัวแปรอิสระทุกตัว มีระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05
- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศของทุกประเทศ ดังสมการ 4.23

$$EPG_{W2} = 394.8924 - 0.0040\ GDPPC,\ R^2 = 0.2076 \qquad (4.23)$$

จากสมการ 4.23 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง 0.0040 วัตต์ - ชั่วโมงต่อดอลลาร์สหรัฐอเมริกา แสดงว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 20.76

จากการวิเคราะห์สาเหตุผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศลดลง อาจมาจากนโยบายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของภาครัฐ เทคโนโลยีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้มากขึ้น และราคาค่าบริการไฟฟ้าที่สูง ส่งผลให้มีการใช้ไฟฟ้าลดลง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 19 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GDP	GDPPC	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPG_{O1}	7.73×10^{-6} (0.263)	-2.73×10^{-7} (0.724)	- 0.0030 (0.978)	1.17×10^{-6} (0.939)	- 0.0012 (0.232)	249.3356 (0.000)	0.1720
EPG_{O2}	n/a (0.261)	n/a (0.365)	n/a (0.978)	n/a (0.939)	n/a (0.267)	203.3099 (0.000)	n/a
EPG_{N1}	-6.02×10^{-5} (0.208)	5.65×10^{-7} (0.418)	- 1.6248 (0.361)	-8.38×10^{-6} (0.914)	- 0.0078 (0.236)	647.7608 (0.002)	0.2160
EPG_{N2}	n/a (0.526)	n/a (0.663)	n/a (0.258)	n/a (0.914)	n/a (0.180)	395.3311 (0.000)	n/a
EPG_{W1}	-2.69×10^{-6} (0.862)	1.18×10^{-7} (0.429)	- 0.2175 (0.418)	-3.89×10^{-6} (0.770)	- 0.0034 (0.036)	403.0619 (0.000)	0.2315
EPG_{W2}	n/a (0.862)	n/a (0.490)	n/a (0.525)	n/a (0.670)	- 0.0040 (0.003)	394.8924 (0.000)	0.2076

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

4.4 การคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงและไฟฟ้า

4.4.1 แบบจำลองที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

สำหรับกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร และทุกประเทศ คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ เนื่องจากการคัดเลือกแบบจำลอง จะเลือกแบบจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุดในแต่ละกลุ่มประเทศเพื่อประยุกต์ใช้เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงกับปริมาณกำลังการกลั่น ดังตารางที่ 20-22

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)		
แคนนาดา	-1.3727	0.1968	-6.97 : 1
แมกซิโก	1.1745	0.7747	1.52 : 1
สหรัฐอเมริกา	-0.0717	1.8095	-0.04 : 1
ญี่ปุ่น	13.1226	9.9199	1.32 : 1
เกาหลีใต้	20.2111	28.7939	0.70 : 1
ออสเตรเลีย	-1.4084	0.0692	-20.34 : 1
เบลเยียม	14.0469	25.4176	0.55 : 1
ฝรั่งเศส	3.5459	2.5040	1.42 : 1
เยอรมันนี	8.2191	5.7687	1.42 : 1
กรีซ	2.0366	3.7738	0.53 : 1
อิตาลี	7.2290	6.5839	1.09 : 1
เนเธอร์แลนด์	19.5057	30.7067	0.63 : 1
นอร์เวย์	-0.9458	0.8204	-1.15 : 1

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)		
สเปน	2.3628	3.0563	0.77 : 1
สวีเดน	-0.5370	0.9744	-0.55 : 1
ตุรกี	2.6105	0.7823	3.33 : 1
สหราชอาณาจักร	9.6723	5.6138	1.72 : 1

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อพันคน)		
จีน	14.7374	10.3335	1.43 : 1
อินเดีย	6.1458	3.3344	1.84 : 1
อินโดนีเซีย	7.3088	4.3033	1.70 : 1
สิงคโปร์	160.8411	276.7976	0.58 : 1
รัสเซีย	23.0139	44.0691	0.52 : 1
อาร์เจนตินา	23.4046	14.4718	1.62 : 1
บราซิล	21.0993	10.8444	1.95 : 1
เวเนซุเอลา	30.0866	42.4515	0.71 : 1
แอฟริกาใต้	11.9467	52.2574	0.23 : 1
อิหร่าน	9.8261	25.4019	0.39 : 1

ตารางที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากรที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อพันคน)		
ซาอุดิอารเบีย	46.0202	91.3666	0.50 : 1
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	77.7479	125.7960	0.62 : 1
ไทย	10.9560	18.3312	0.60 : 1

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)		
แคนนาดา	- 17.8245	0.1969	-90.54 : 1
แมกซิโก	- 8.8683	0.7747	-11.44 : 1
สหรัฐอเมริกา	- 13.2498	1.8096	-7.32 : 1
ญี่ปุ่น	33.1433	9.9200	3.34 : 1
เกาหลีใต้	58.0675	28.7939	2.01 : 1
ออสเตรเลีย	- 17.9502	0.0693	-259.17 : 1
เบลเยียม	36.3932	25.4176	1.43 : 1
ฝรั่งเศส	- 0.5299	2.5040	-0.21 : 1
เยอรมันนี	15.9019	5.7688	2.75 : 1
กรีซ	- 5.8368	3.7739	-1.54 : 1
อิตาลี	12.4205	6.5839	1.88 : 1

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ

ประเทศ	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง : ปริมาณการกลั่น
	(บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร)		
เนเธอร์แลนด์	55.5874	30.7068	1.81 : 1
นอร์เวย์	- 16.3235	0.8204	-19.89 : 1
สเปน	- 4.6897	3.0563	-1.53 : 1
สวีเดน	- 14.8861	0.9745	-15.27 : 1
ตุรกี	- 3.8190	0.7823	-4.88 : 1
สหราชอาณาจักร	21.0114	5.6139	3.74 : 1
จีน	3.0773	1.4742	2.08 : 1
อินเดีย	45.9926	1.3139	35.00 : 1
อินโดนีเซีย	2.3595	0.5730	4.11 : 1
สิงคโปร์	1,125.1334	2,111.5760	0.53 : 1
รัสเซีย	- 17.1041	0.3707	-46.14 : 1
อาร์เจนตินา	- 16.0808	0.2237	-71.88 : 1
บราซิล	- 14.7577	0.2624	-56.23 : 1
เวเนซุเอลา	- 13.2586	1.4286	-9.28 : 1
แอฟริกาใต้	- 11.8222	2.3148	-5.10 : 1
อิหร่าน	- 11.3097	1.1374	-9.94 : 1
ซาอุดิอารเบีย	- 16.2784	1.3127	-12.40 : 1
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	- 2.3372	13.6722	-0.17: 1
ไทย	1.1923	2.4195	0.49 : 1

จากตารางที่ 20-22 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้กับปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ -20.34 : 1 และ 3.33 : 1 ได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย และตุรกี ตามลำดับ ประเทศกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ 0.23 : 1 และ 1.95 : 1 ได้แก่ ประเทศแอฟริกาใต้ และบราซิล ตามลำดับ และทุกประเทศ มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อปริมาณการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ -259.17 : 1 และ 35.00 : 1 ได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย และอินเดีย ตามลำดับ

จากการแทนค่าแบบจำลองของทุกประเทศ โดยใช้ข้อมูลของประเทศไทยแทนค่าในแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ เพื่อเปรียบเทียบการใช้ และการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง จากรายงานสรุปการจัดหาและการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 2557 ของกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน มีกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 1,025,619 บาร์เรลต่อวัน ซึ่งกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศสูงสุดอยู่ที่ 1,180,000 บาร์เรลต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 86.9 ของกำลังการกลั่นน้ำมันในประเทศสูงสุด โดยนำไปใช้ในประเทศ 875,303 บาร์เรลต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 89.6 ของน้ำมันสำเร็จรูปที่ผลิตได้ภายในประเทศ จากการคำนวณแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ในระดับประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 0.8673 บาร์เรลต่อวันต่อตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 445,747 บาร์เรลต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 50.9 ของปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศ

4.4.2 แบบจำลองที่เหมาะสมกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า

สำหรับกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร และทุกประเทศ คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ เมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้กับการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากการคัดเลือกแบบจำลอง จะเลือกแบบจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุดในแต่ละกลุ่มประเทศ เพื่อประยุกต์ใช้เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้กับปริมาณการผลิตไฟฟ้าดังตารางที่ 23-25

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว

ประเทศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้ : ปริมาณการผลิตไฟฟ้า
	(วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร)		
แคนนาดา	- 119,772,723	64,145,554	-1.87 : 1
ชิลี	24,538,497	98,358,284	0.25 : 1
แมกซิโก	317,844,925	150,105,599	2.12 : 1
สหรัฐอเมริกา	103,753,433	440,436,067	0.24 ; 1
ญี่ปุ่น	2,370,623,029	2,634,578,540	0.90 : 1
เกาหลีใต้	3,588,472,181	5,384,183,901	0.67 : 1
ออสเตรเลีย	- 125,915,715	32,111,563	-3.92 : 1
นิวซีแลนด์	- 24,303,250	162,862,672	-0.15 : 1
เบลเยียม	2,529,419,840	2,407,638,290	1.05 : 1
สาธารณรัฐเช็ก	834,919,743	1,091,707,874	0.76 : 1
ฝรั่งเศส	725,277,166	1,024,144,516	0.71 : 1
เยอรมันนี	1,528,167,982	1,724,681,031	0.89 : 1
อิตาลี	1,358,059,368	918,471,242	1.48 : 1
เนเธอร์แลนด์	3,467,285,325	2,418,603,518	1.43 : 1
นอร์เวย์	- 46,431,535	369,509,681	-0.13 : 1
โปแลนด์	748,171,474	507,015,466	1.48 : 1
โปรตุเกส	671,798,229	573,605,053	1.17 : 1
สเปน	522,018,312	549,653,623	0.95 : 1
สวีเดน	23,800,634	346,867,708	0.07 : 1
ตุรกี	564,562,283	321,729,527	1.75 : 1
สหราชอาณาจักร	1,777,829,511	1,365,678,441	1.30 : 1

ตารางที่ 24 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา

ประเทศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากรที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณผลิตไฟฟ้าต่อประชากร	ปริมาณการใช้ : ปริมาณการผลิตไฟฟ้า
	(วัตต์-ชั่วโมงต่อคน)		
จีน	2,618,675	4,092,298	0.64 : 1
อินเดีย	1,189,137	1,000,332	1.19 : 1
อินโดนีเซีย	1,640,744	893,784	1.84 : 1
มาเลเซีย	3,394,461	5,057,263	0.67 : 1
คาซัคสถาน	3,741,222	5,463,720	0.68 : 1
ยูเครน	1,537,143	4,007,261	0.38 : 1
อุซเบกิสถาน	1,286,680	1,801,345	0.71 : 1
อาร์เจนตินา	3,896,095	3,257,059	1.20 : 1
บราซิล	3,582,069	2,833,350	1.26 : 1
โคลอมเบีย	2,648,920	1,398,700	1.89 : 1
เวเนซุเอลา	4,760,881	4,280,804	1.11 : 1
แอลจิเรีย	2,083,406	1,794,179	1.16 : 1
อียิปต์	1,621,958	1,929,259	0.84 : 1
ไนจีเรีย	1,561,633	141,327	11.05 : 1
แอฟริกาใต้	2,351,128	4,677,201	0.50 : 1
อิหร่าน	2,067,066	3,532,689	0.59 : 1
ซาอุดิอารเบีย	6,889,535	9,843,000	0.70 : 1
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	10,992,056	12,054,485	0.91 : 1
ไทย	2,131,246	2,538,992	0.84 : 1

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ

ประเทศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้ : ปริมาณการผลิตไฟฟ้า
	(วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร)		
แคนนาดา	- 49,558,568	64,145,554	- 0.77 : 1
ชิลี	- 621,484	98,358,284	- 0.01 : 1
แมกซิโก	185,604,064	150,105,599	1.24 : 1
สหรัฐอเมริกา	865,599,433	440,436,067	1.97 : 1
ญี่ปุ่น	2,310,997,649	2,634,578,540	0.88 : 1
เกาหลีใต้	3,314,688,263	5,384,183,901	0.62 : 1
ออสเตรเลีย	- 61,520,633	32,111,563	- 1.92 : 1
นิวซีแลนด์	- 30,547,261	162,862,672	- 0.19 :1
เบลเยียม	2,334,219,491	2,407,638,290	0.97 : 1
สาธารณรัฐเช็ก	752,080,902	1,091,707,874	0.69: 1
ฝรั่งเศส	758,320,521	1,024,144,516	0.74 : 1
เยอรมันนี	1,549,393,764	1,724,681,031	0.90 : 1
อิตาลี	1,298,623,102	918,471,242	1.41 : 1
เนเธอร์แลนด์	3,213,360,160	2,418,603,518	1.33 : 1
นอร์เวย์	- 30,077,558	369,509,681	- 0.08 : 1
โปแลนด์	656,662,626	507,015,466	1.30 : 1
โปรตุเกส	603,839,311	573,605,053	1.05 : 1
สเปน	497,770,748	549,653,623	0.91 : 1
สวีเดน	32,972,563	346,867,708	0.10 : 1
ตุรกี	450,270,484	321,729,527	1.40 : 1
สหราชอาณาจักร	1,737,670,137	1,365,678,441	1.27 : 1
จีน	- 436,422,928	583,818,045	- 0.75 : 1

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ

ประเทศ	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง	ปริมาณผลิตไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่	ปริมาณการใช้ : ปริมาณการผลิตไฟฟ้า
	(วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร)		
อินเดีย	998,296,023	394,164,675	2.53 : 1
อินโดนีเซีย	473,453,135	119,014,130	3.98 : 1
มาเลเซีย	432,768,242	457,141,061	0.95 : 1
คาซัคสถาน	-119,455,774	34,666,517	- 3.45 : 1
ยูเครน	311,652,850	301,186,304	1.03 : 1
อุซเบกิสถาน	288,173,370	123,777,068	2.33 : 1
อาร์เจนตินา	-71,624,062	50,348,327	- 1.42 : 1
บราซิล	-120,823,195	68,565,831	- 1.76 : 1
โคลอมเบีย	91,598,522	58,546,877	1.56 : 1
เวเนซุเอลา	71,090,921	144,064,737	0.49 : 1
แอลจิเรีย	- 84,885,234	29,329,464	- 2.89 : 1
อียิปต์	335,789,692	172,572,184	1.95 : 1
ไนจีเรีย	924,662,679	27,151,919	34.06 : 1
แอฟริกาใต้	90,089,756	207,185,688	0.43 : 1
อิหร่าน	82,544,302	158,185,359	0.52 : 1
ซาอุดิอารเบีย	- 48,014,700	141,423,307	- 0.34 : 1
สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์	586,066,867	1,310,152,177	0.45 : 1
ไทย	657,040,880	335,117,914	1.96 : 1

จากตารางที่ 23-25 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้กับการผลิตไฟฟ้า ในประเทศกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ -3.92 : 1

และ 2.12 : 1 ได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย และแมกซิโก ตามลำดับ ประเทศกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ 0.38 : 1 และ 11.05 : 1

ได้แก่ ประเทศยูเครน และไนจีเรีย ตามลำดับ และทุกประเทศ มีอัตราส่วนปริมาณการใช้ต่อการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด และมากที่สุด คือ - 3.45 : 1 และ 34.06 : 1 ได้แก่ ประเทศคาซัคสถาน และไนจีเรียตามลำดับ

จากการแทนค่าแบบจำลองของทุกประเทศ โดยใช้ข้อมูลของประเทศไทยแทนค่าในแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ของทุกประเทศ เพื่อเปรียบเทียบการใช้ และการผลิตไฟฟ้า จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 (PDP 2015) ของกระทรวงพลังงาน ในปี พ.ศ. 2557 มีการผลิตไฟฟ้า 182,882.6 ล้านหน่วย หรือ 182,882.6 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งจากการคำนวณแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ในระดับประเทศ พบว่า ประเทศไทยมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 330,774.7 ล้านหน่วย หรือประมาณ 330,774.7 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 180 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าในประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การวิเคราะห์ข้อมูลในประเทศไทย

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในประเทศไทยใช้ข้อมูลทั้ง 77 จังหวัด ทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล เบนซิน และไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาระดับนัยสำคัญที่ (p-value) 0.05 ตัวแปรอิสระ 9 ตัวแปร ดังตารางที่ 26 และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) สูงสุด

ตารางที่ 26 ตัวแปรอิสระใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล เบนซินและไฟฟ้า

ตัวแปรอิสระ	ตัวย่อ	หน่วย
ขนาดพื้นที่	Area (Surface area)	ตารางกิโลเมตร
จำนวนประชากร	Pop (Population)	คน
ความหนาแน่นของประชากร	Den (Population density)	คนต่อตารางกิโลเมตร
ระยะทางของถนน	RW (Roadway)	กิโลเมตร
ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง	Travel (Travelled Vehicle - kilometers On Highways)	ล้านคัน – กิโลเมตร
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ	GDP (Gross Domestic Product)	ล้านบาท
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร	GDPPC (Gross Domestic Product per capita)	บาท
จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน	Car (Passenger Car)	คัน
จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	Station (Gas station)	สถานี
จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า	Person	ราย
จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม	Factory	โรงงาน

5.1 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลเป็น 7 แบบ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อคน ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนน ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อรถยนต์ที่จดทะเบียน และ

ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังตาราง 27 โดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 9 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร ระยะทางถนน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัดต่อประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 27 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล

ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อคน	DPC (Diesel per capita)	ลิตรต่อคน
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อพื้นที่	DPA (Diesel per area)	พันลิตรต่อตาราง กิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อ ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	DPG (Diesel per GPP)	พันลิตรต่อล้านบาท
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อ ระยะทางถนน	DPRW (Diesel per roadway)	พันลิตรต่อกิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อ ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง	DPT (Diesel per distance traveled)	ลิตรต่อคัน – กิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อ รถยนต์ที่จดทะเบียน	DPV (Diesel per vehicle)	ลิตรต่อคัน
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อ จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	DPS (Diesel per gas station)	พันลิตรต่อสถานี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.1.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 6 แบบจำลอง ดังตารางที่ 28 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPC_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร ดังสมการ 5.1

$$DPC_2 = 150.3266 - 0.0900\ RW + 0.0553\ Travel + 0.0004\ GPPPC,\ R^2 = 0.6646 \quad (5.1)$$

จากสมการ 5.1 พบว่า เมื่อระยะทางถนนเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงคนละ 0.0900 ลิตร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 ล้านคัน-กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นคนละ 0.0553 ลิตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นคนละ 0.0004 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร มีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะทางถนน และแปรผันตามปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 66.46

แบบจำลอง DPC_2 ไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากเมื่อระยะทางถนนมีความยาวเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ควรเพิ่มขึ้นตามระยะทาง แบบจำลองนี้จึงไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 28 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPC_1	-0.0015 (0.800)	-5.53 x 10^{-5} (0.503)	-0.0274 (0.763)	-0.0422 (0.501)	0.0583 (0.000)	4.95 x 10^{-5} (0.842)	0.0003 (0.147)	0.0001 (0.728)	-0.1113 (0.449)	160.8825 (0.002)	0.6774
DPC_2	n/a (0.818)	n/a (0.223)	n/a (0.812)	-0.0900 (0.000)	0.0553 (0.000)	n/a (0.842)	0.0004 (0.001)	n/a (0.519)	n/a (0.405)	150.3266 (0.000)	0.6646
DPC_3	n/a (0.318)	n/a (0.214)	n/a (0.930)	n/a	0.0583 (0.000)	n/a (0.773)	0.0004 (0.000)	n/a (0.118)	-0.2805 (0.002)	101.2043 (0.001)	0.6511
DPC_4	n/a (0.243)	-0.0002 (0.000)	n/a (0.943)	n/a	0.0676 (0.000)	0.0003 (0.000)	n/a (0.100)	n/a (0.886)	n/a	176.618 (0.000)	0.6513
DPC_5	-0.0098 (0.005)	n/a	n/a (0.695)	n/a	0.0504 (0.000)	n/a (0.247)	0.0004 (0.000)	n/a (0.543)	n/a	105.7798 (0.002)	0.6417

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 28 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPC_6	n/a	n/a	n/a (0.983)	n/a	0.0421 (0.000)	n/a (0.062)	0.0006 (0.000)	n/a (0.115)	n/a	40.67874 (0.095)	0.6003

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

5.1.2 แบบจำลองเพื่อทำนายการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 29 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPA_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 5.2

$$DPA_2 = 36.64369 - 9.99 \times 10^{-5} Pop + 0.3250 Den + 0.0006 GPP - 0.0005 GPPPC + 0.0003 Car, R^2 = 0.9961 \quad (5.2)$$

จากสมการ 5.2 พบว่า เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงตารางกิโลเมตรละ 9.99×10^{-5} พันลิตร หรือ 0.0999 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.3250 พันลิตร หรือ 325 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.0006 พันลิตร หรือ 0.6 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงตารางกิโลเมตรละ 0.0005 พันลิตร หรือ 0.5 ลิตร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.0003 พันลิตร 0.3 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ ได้ร้อยละ 99.61

แบบจำลอง DPA_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC มีความสัมพันธ์กับ GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 30 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPG2

ตารางที่ 29 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPA_1	-0.0005 (0.702)	-9.78×10^{-5} (0.000)	0.3134 (0.000)	-0.0022 (0.881)	0.0036 (0.202)	0.0006 (0.000)	-0.0005 (0.000)	0.0003 (0.002)	-0.0186 (0.595)	42.67319 (0.001)	0.9962
DPA_2	n/a (0.562)	-9.99×10^{-5} (0.000)	0.3250 (.000)	n/a (0.881)	n/a (0.215)	0.0006 (0.000)	-0.0005 (0.000)	0.0003 (0.001)	n/a (0.479)	36.64369 (0.000)	0.9961
DPA_3	n/a (0.558)	n/a	0.3712 (0.000)	n/a (0.058)	-0.0126 (0.001)	0.0002 (0.000)	n/a	0.0008 (0.000)	-0.1788 (0.000)	-33.6007 (0.002)	0.9901
DPA_4	n/a (0.449)	n/a	0.3390 (0.000)	-0.0767 (0.000)	n/a	0.0002 (0.002)	n/a	0.0009 (0.000)	n/a	-6.7060 (0.673)	0.9884
DPA_5	n/a	n/a	0.3945 (0.000)	n/a	n/a	0.0003 (0.000)	n/a	0.0005 (0.000)	n/a	-98.7912 (0.000)	0.9815

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 30 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPG_1	3.69 $\times 10^{-5}$ (0.307)	3.04 $\times 10^{-7}$ (0.542)	-0.0002 (0.717)	-0.0004 (0.303)	5.92 $\times 10^{-5}$ (0.410)	-1.33 $\times 10^{-6}$ (0.379)	-1.42 $\times 10^{-6}$ (0.300)	1.9 $\times 10^{-6}$ (0.446)	0.0002 (0.798)	1.9191 (0.000)	0.2689
DPG_2	n/a (0.488)	n/a (0.512)	n/a (0.701)	n/a (0.490)	n/a (0.192)	-2.47 $\times 10^{-6}$ (0.000)	n/a (0.366)	4.77 $\times 10^{-6}$ (0.000)	n/a (0.798)	1.7442 (0.000)	0.2251
DPG_3	4.34 $\times 10^{-5}$ (0.020)	n/a (0.605)	n/a (0.656)	n/a (0.402)	n/a (0.130)	n/a	-1.82 $\times 10^{-6}$ (0.003)	n/a (0.912)	n/a (0.597)	1.8630 (0.000)	0.2204
DPG_4	5.97 $\times 10^{-5}$ (0.002)	n/a (0.745)	n/a (0.624)	n/a (0.529)	n/a (0.416)	n/a	n/a	n/a (0.540)	n/a (0.406)	1.4893 (0.000)	0.1241

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ดังสมการ 5.3

$$DPG_2 = 0.2251 - 2.47 \times 10^{-6}\ GPP + 4.77 \times 10^{-6}\ Car,\ R^2 = 0.2251 \quad (5.3)$$

จากสมการ 5.3 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลง 1 ล้านบาทละ 2.47×10^{-6} พันลิตร หรือ 0.00247 ลิตร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาทละ 4.77×10^{-6} พันลิตร หรือ 0.00477 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดได้ ร้อยละ 22.51

เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPP เป็นตัวแปรที่อยู่ในตัวแปรตาม และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับ GPP ที่เป็นตัวแปรอิสระ จึงไม่สามารถใช้ในการทำนายได้

5.1.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนน

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 31 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนนที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง $DPRW_2$

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนน ดังสมการ 5.4

$$DPRW_2 = 100.8868 + 0.0296\ Travel + 0.2133\ Den + 0.0014\ GPP - 0.0008\ GPPPC - 0.0014\ Car,\ R^2 = 0.9493 \quad (5.4)$$

จากสมการ 5.4 พบว่า เมื่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 คัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นกิโลเมตรละ 0.0296 พันลิตร หรือ 29.6 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นกิโลเมตรละ 0.2133 พันลิตร หรือ 213.3 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นกิโลเมตรละ 0.0014 พันลิตร หรือ 1.4 ลิตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงกิโลเมตรละ 0.0008 พันลิตร หรือ 0.8 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนน แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางถนนได้ ร้อยละ 94.93

ตารางที่ 31 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อระยะทางของถนน

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
$DPRW_1$	0.0039 (0.451)	2.74 x 10^{-5} (0.704)	0.1769 (0.028)	-0.0860 (0.119)	0.0332 (0.002)	0.0013 (0.000)	-0.0008 (0.000)	-0.0014 (0.000)	0.0776 (0.545)	141.0625 (0.002)	0.9513
$DPRW_2$	n/a (0.472)	n/a (0.704)	0.2133 (0.002)	n/a (0.211)	0.0296 (0.001)	0.0014 (0.000)	-0.0008 (0.000)	-0.0014 (0.000)	n/a (0.442)	100.8868 (0.004)	0.9493
$DPRW_3$	n/a (0.288)	n/a (0.342)	0.3389 (0.000)	-0.0604 (0.024)	0.0206 (0.032)	0.0005 (0.000)	n/a	n/a (0.324)	n/a (0.892)	40.3441 (0.249)	0.9376
$DPRW_4$	n/a (0.964)	n/a (0.805)	0.3946 (0.000)	n/a	n/a (0.133)	0.0005 (0.000)	n/a	n/a (0.062)	n/a (0.547)	-0.2595 (0.986)	0.9320

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

แบบจำลอง $DPRW_2$ ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน และปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ควรแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น และในปี พ.ศ. 2557 ราคาขายปลีกเฉลี่ยน้ำมันดีเซลอยู่ในระดับต่ำกว่า 30 บาทต่อลิตร ซึ่งน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดของพลังงานในภาคการขนส่งทางบก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2557) ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลควรเพิ่มขึ้นด้วย

5.1.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 2 แบบจำลอง ดังตารางที่ 32 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPT_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ดังสมการ 5.5

$$DPT_2 = 0.0496 + 2.45 \times 10^{-8}\ GPP,\ R^2 = 0.2244 \quad (5.5)$$

จากสมการ 5.5 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นคัน - กิโลเมตรละ 2.45×10^{-8} ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงได้ ร้อยละ 22.44

แบบจำลอง DPT_2 เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เพราะเมื่อ GPP เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเศรษฐกิจในประเทศดีขึ้น ประชาชนมีกำลังซื้อสินค้า และบริการมากขึ้น ทำให้มีการผลิตสินค้า และบริการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลให้มีการขนส่งสินค้า และการท่องเที่ยวสูงขึ้น ซึ่งทางหลวงเป็นถนนที่เชื่อมโยงทุกภาคของประเทศ การขนส่งทางบกจึงมีความสำคัญมาก ในปี พ.ศ. 2557 ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง พบว่า เป็นการเดินทางเพื่อการขนส่งบรรทุกสินค้าคิดเป็นร้อยละ 43 ของการเดินทางทั้งหมดที่ไม่รวมการเดินทางของรถจักรยานยนต์ (สำนักความปลอดภัย, 2558) ซึ่งรถบรรทุกสินค้าเป็นรถเครื่องยนต์ดีเซล และต้องเดินทางไกล ทำให้การใช้น้ำมันดีเซลมากขึ้นด้วย

5.1.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 33 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPV_2

ตารางที่ 32 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPT_1	5.02 $\times 10^{-7}$ (0.650)	2.02 $\times 10^{-8}$ (0.190)	-9.47 $\times 10^{-6}$ (0.574)	-1.05 $\times 10^{-5}$ (0.370)	-2.34 $\times 10^{-8}$ (0.370)	4.33 $\times 10^{-8}$ (0.351)	2.21 $\times 10^{-8}$ (0.597)	-8.5 $\times 10^{-8}$ (0.268)	-1.27 $\times 10^{-6}$ (0.963)	0.0489 (0.000)	0.2929
DPT_2	n/a (0.645)	n/a (0.177)	n/a (0.568)	n/a (0.438)	n/a (0.992)	2.45 $\times 10^{-8}$ (0.000)	n/a (0.577)	n/a (0.064)	n/a (0.963)	0.0496 (0.000)	0.2244

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 33 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPV_1	0.0436 (0.370)	0.0001 (0.880)	0.8369 (0.259)	-0.4345 (0.395)	0.5292 (0.000)	0.0083 (0.000)	-0.0049 (0.009)	-0.0208 (0.000)	0.4753 (0.690)	1851.869 (0.000)	0.6733
DPV_2	n/a (0.621)	n/a (0.880)	n/a (0.154)	n/a (0.449)	0.5608 (0.000)	0.0102 (0.000)	-0.0065 (0.000)	-0.0228 (0.000)	n/a (0.625)	2,041.696 (0.000)	0.6584
DPV_3	n/a (0.546)	n/a (0.513)	1.8809 (0.000)	n/a (0.350)	0.4181 (0.000)	0.0038 (0.000)	n/a	-0.0136 (0.000)	n/a (0.906)	1,053.049 (0.000)	0.6291
DPV_4	n/a (0.896)	-0.0019 (0.000)	2.9498 (0.000)	n/a (0.738)	0.5770 (0.000)	-0.0017 (0.000)	n/a	n/a	n/a (0.378)	1,288.855 (0.000)	0.4451
DPV_5	n/a	n/a	0.9890 (0.011)	n/a	n/a (0.177)	n/a	n/a	n/a	n/a	1,435.797	0.0837

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ดังสมการ 5.6

DPV_2 = 2,041.696 + 0.5608 Travel + 0.0102 GPP - 0.0065 GPPPC- 0.0228 Car,

R^2 = 0.6584 (5.6)

จากสมการ 5.6 พบว่า เมื่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 ล้านคัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นคันละ 0.5608 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นคันละ 0.0102 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงคันละ 0.0065 ลิตร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงคันละ 0.0228 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน แปรผันตามปริมารณการเดินทางบนทางหลวง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนได้ ร้อยละ 65.84

แบบจำลอง DPV_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน และปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลควรแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น และในปี พ.ศ. 2557 ราคาขายปลีกเฉลี่ยน้ำมันดีเซลอยู่ในระดับต่ำกว่า 30 บาทต่อลิตร ซึ่งน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดของพลังงานในภาคการขนส่งทางบก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2557) ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลควรเพิ่มขึ้นด้วย

5.1.7 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 34 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง DPS_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังสมการ 5.7

DPS_2 = 473.0713 + 0.7709 Den + 0.2392 Travel + 0.0015 GPP - 0.0041 Car

-1.1993 Station, R^2 = 0.6422 (5.7)

ตารางที่ 34 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
DPS_1	0.0111 (0.698)	0.00040 (0.314)	0.5701 (0.192)	-0.2055 (0.494)	0.2224 (0.000)	0.0014 (0.239)	0.0002 (0.872)	-0.0045 (0.025)	-1.4121 (0.047)	521.0942 (0.036)	0.6480
DPS_2	n/a (0.707)	n/a (0.423)	0.7709 (0.010)	n/a (0.571)	0.2392 (0.000)	0.0015 (0.019)	n/a (0.872)	-0.0041 (0.001)	-1.1993 (0.020)	473.0713 (0.001)	0.6422
DPS_3	n/a (0.787)	n/a (0.420)	n/a	-0.7443 (0.000)	0.2633 (0.000)	n/a (0.492)	n/a (0.112)	n/a	n/a	981.2089 (0.00)	0.5100
DPS_4	n/a	n/a	0.8736 (0.000)	n/a	n/a (0.244)	n/a	0.0024 (0.000)	n/a	n/a	180.19 (0.110)	0.4613
DPS_5	n/a	n/a	n/a	n/a	0.1301 (0.003)	n/a (0.263)	0.0025 (0.000)	n/a	n/a	17.6005 (0.899)	0.3677

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

จากสมการ 5.7 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเพิ่มขึ้นสถานีละ 0.7709 พันลิตร หรือ 770.9 ลิตร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 คัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นสถานีละ 0.2392 พันลิตร หรือ 239.2 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลเพิ่มขึ้นสถานีละ 0.0015 พันลิตร หรือ 1.5 ลิตร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลง 0.0041 พันลิตร หรือ 4.1 ลิตร และจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 1 สถานี แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลลดลงสถานีละ 1.1993 พันลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงและผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 64.22

แบบจำลอง DPS_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล ควรแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น และในปี พ.ศ. 2557 ราคาขายปลีกเฉลี่ยน้ำมันดีเซลอยู่ในระดับต่ำกว่า 30 บาทต่อลิตร ซึ่งน้ำมันดีเซลมีสัดส่วนการใช้มากที่สุดของพลังงานในภาคการขนส่งทางบก (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2557) ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลควรเพิ่มขึ้นด้วย

5.2 แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินเป็น 7 แบบ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อคน ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อรถยนต์ที่จดทะเบียน และปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 35 โดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 9 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร ระยะทางถนน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัดต่อประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 35 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน

ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อคน	GPC (Gasoline per capita)	ลิตรต่อคน
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อพื้นที่	GPA (Gasoline per area)	พันลิตรต่อตาราง กิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	GPG (Gasoline per GPP)	พันลิตรต่อล้านบาท
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน	GPRW (Gasoline per roadway)	พันลิตรต่อกิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง	GPT (Gasoline per travelled)	ลิตรต่อคัน – กิโลเมตร
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อรถยนต์ที่จดทะเบียน	GPV (Gasoline per vehicle)	ลิตรต่อคัน
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	GPS (Gasoline per gas station)	พันลิตรต่อสถานี

5.2.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 36 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากรที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPC_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร ดังสมการ 5.8

$$GPC_2 = 42.4470 - 5.36 \times 10^{-5}\ Pop + 0.1053\ Den + 0.0203\ Travel + 0.0002\ GPPPC,$$

$$R^2 = 0.6769 \qquad (5.8)$$

ตารางที่ 36 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPC_1	0.0012 (0.645)	-2.27 x 10^{-5} (0.520)	0.0757 (0.040)	-0.0202 (0.451)	0.0217 (0.000)	-8.83 x 10^{-5} (0.484)	0.0002 (0.063)	9.09 x 10^{-5} (0.453)	-0.0579 (0.344)	53.5897 (0.020)	0.6907
GPC_2	n/a (0.645)	-5.36 x 10^{-5} (0.001)	0.1053 (0.000)	n/a (0.548)	0.0203 (0.000)	n/a (0.536)	0.0002 (0.002)	n/a (0.569)	n/a (0.186)	42.4470 (0.000)	0.6769
GPC_3	n/a (0.598)	n/a	0.0532 (0.002)	n/a (0.226)	0.0179 (0.000)	n/a (0.573)	0.0002 (0.002)	n/a (0.365)	-0.1271 (0.002)	51.7863 (0.000)	0.6756
GPC_4	n/a (0.576)	n/a	n/a (0.074)	-0.0558 (0.000)	0.0242 (0.000)	n/a (0.429)	0.0001 (0.008)	n/a (0.346)	n/a	86.4482 (0.000)	0.6570
GPC_5	n/a (0.063)	n/a	0.0712 (0.000)	n/a	0.0086 (0.016)	n/a (0.380)	0.0002 (0.000)	n/a (0.257)	n/a	26.3459 (0.013)	0.6274

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

จากสมการ 5.8 พบว่า เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงคนละ 5.36×10^{-5} พันลิตร หรือ 0.0536 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคนละ 0.1053 ลิตร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 คัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคนละ 0.0203 ลิตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคนละ 0.0002 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร และแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากรได้ ร้อยละ 67.69

แบบจำลอง GPC_2 ไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากตัวแปรอิสระผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรมีความสัมพันธ์กับประชากร ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินจึงควรจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

5.2.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 37 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPA_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 5.9

$$GPA_2 = - 10.2144 - 2.24 \times 10^{-5} \text{ Pop} + 0.2283 \text{ Den} + 0.0003 \text{ GPPC}, R^2 = 0.9910 \quad (5.9)$$

จากสมการ 5.9 พบว่า เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงตารางกิโลเมตรละ 2.24×10^{-5} พันลิตร หรือ 0.0224 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.2283 พันลิตร หรือ 228.3 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.0003 พันลิตร หรือ 0.3 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร และแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ ได้ร้อยละ 99.10

แบบจำลอง GPA_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระความหนาแน่นของประชากรมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากร ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินจึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

ตารางที่ 37 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPA_1	0.0011 (0.273)	-3.09 $\times 10^{-5}$ (0.026)	0.2339 (0.000)	-0.0028 (0.789)	0.0010 (0.601)	2.34 $\times 10^{-6}$ (0.962)	1.46 $\times 10^{-5}$ (0.748)	0.0003 (0.000)	0.0066 (0.779)	-15.1405 (0.086)	0.9914
GPA_2	n/a (0.279)	-2.24 $\times 10^{-5}$ (0.000)	0.2283 (0.000)	n/a (0.781)	n/a (0.597)	n/a (0.962)	n/a (0.200)	0.0003 (0.000)	n/a (0.828)	-10.2144 (0.026)	0.9910
GPA_3	n/a (0.660)	n/a	0.2264 (0.000)	n/a	n/a (0.086)	n/a (0.255)	n/a (0.043)	0.0003 (0.000)	n/a	-25.9829 (0.000)	0.9887
GPA_4	n/a (0.086)	n/a	0.2050 (0.000)	n/a	n/a	0.0002 (0.000)	-0.0002 (0.000)	n/a	n/a	-14.6355 (0.006)	0.9808

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

5.2.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 38 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPG_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ดังสมการ 5.10

$$GPG_2 = 0.8270 - 8.59 \times 10^{-7}\ GPP + 1.05 \times 10^{-6}\ Car,\ R^2 = 0.1544 \qquad (5.10)$$

จากสมการ 5.10 พบว่า เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลง 1 ล้านบาทละ 8.59×10^{-7} พันลิตร หรือ 0.00859 ลิตร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาทละ 1.05×10^{-6} พันลิตร หรือ 0.00105 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดได้ ร้อยละ 15.44

แบบจำลอง GPG_2 ไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPP เป็นตัวแปรที่อยู่ในตัวแปรตาม และมีความสัมพันธ์เชิงลบกัน จึงไม่สามารถใช้ในการทำนายได้

5.2.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ดังตารางที่ 39 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนนที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง $GPRW_2$

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน ดังสมการ 5.11

$$GPRW_2 = 56.2278 - 7.38 \times 10^{-5}\ Pop + 0.3128\ Den + 0.0008\ GPP - 0.0006\ GPPPC,$$

$$R^2 = 0.9890 \qquad (5.11)$$

จากสมการ 5.11 พบว่า เมื่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงกิโลเมตรละ 7.38×10^{-5} พันลิตร หรือ 0.00738 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นกิโลเมตรละ 0.3128 พันลิตร หรือ 312.8 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นกิโลเมตรละ 0.0008 พันลิตร หรือ 0.8 ลิตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซิน

ลดลงกิโลเมตรละ 0.0006 พันลิตร หรือ 0.6 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนนมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร แต่แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนนได้ ร้อยละ 98.90

แบบจำลอง $GPRW_2$ ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน และจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้การใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 38 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมรวมจังหวัด

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPG_1	1.87 $\times 10^{-5}$ (0.173)	07.09 $\times 10^{-8}$ (0.707)	0.0002 (0.228)	-9.25 $\times 10^{-5}$ (0.519)	2.94 $\times 10^{-5}$ (0.281)	-1.04 $\times 10^{-6}$ (0.126)	-1.86 $\times 10^{-7}$ (0.768)	8.52 $\times 10^{-7}$ (0.190)	-0.0002 (0.579)	0.7527 (0.000)	0.2498
GPG_2	n/a (0.062)	n/a (0.598)	n/a (0.090)	n/a (0.384)	n/a (0.345)	-8.59 $\times 10^{-7}$ (0.000)	n/a (0.768)	1.05 $\times 10^{-6}$ (0.001)	n/a (0.694)	0.8270 (0.000)	0.1544

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 39 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อระยะทางถนน

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
$GPRW_1$	0.0045 (0.070)	-5.38 x 10^{-5} (0.118)	0.3239 (0.000)	-0.0417 (0.111)	0.0014 (0.780)	0.0007 (0.000)	-0.0004 (0.000)	0.0002 (0.163)	0.0093 (0.875)	49.7763 (0.025)	0.9899
$GPRW_2$	n/a (0.224)	-7.38 x 10^{-5} (0.000)	0.3128 (0.000)	n/a (0.110)	n/a (0.777)	0.0008 (0.000)	-0.0006 (0.000)	n/a (0.160)	n/a (0.874)	56.2278 (0.000)	0.9890
$GPRW_3$	n/a (0.270)	n/a	0.3781 (0.000)	n/a	n/a	0.0002 (0.000)	n/a	0.0005 (0.000)	n/a	-43.5227 (0.000)	0.9854

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

5.2.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 2 แบบจำลอง ดังตารางที่ 40 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPT_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ดังสมการ 5.12

$GPT_2 = 0.0170 + 2.94 \times 10^{-5}$ Den $+ 2.24 \times 10^{-8}$ GPPPC, $R^2 = 0.6842$ (5.12)

จากสมการ 5.12 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคัน – กิโลเมตรละ 2.94×10^{-5} ลิตร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคัน - กิโลเมตรละ 2.24×10^{-8} ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง แปรผันตามความหนาแน่นของประชากรและผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวงได้ ร้อยละ 68.42

แบบจำลอง GPT_2 เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เพราะเมื่อ GPP เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเศรษฐกิจในประเทศดีขึ้น ประชาชนมีกำลังซื้อสินค้า และบริการมากขึ้น ทำให้มีการผลิตสินค้า และบริการเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงส่งผลให้มีการขนส่งสินค้า และการท่องเที่ยวสูงขึ้น ประกอบกับราคาขายปลีกน้ำมันเบนซินในปี พ.ศ. 2557 ปรับตัวลดลงตามการลดลงของราคาน้ำมันดิบในตลาดโลก อีกทั้งการปรับโครงสร้างราคาน้ำมันในวันที่ 29 สิงหาคม 2557 ส่งผลให้ราคาน้ำมันเบนซินลดลง และระบบขนส่งมวลชน (Mass transit system) ยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ จึงทำให้การเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลยังคงใช้เพื่อความสะดวกในการเดินทาง (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

ตารางที่ 40 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPT_1	8.51 x 10^{-7} (0.105)	1.03 x 10^{-8} (0.155)	2.01 x 10^{-5} (0.008)	-7.02 x 10^{-6} (0.201)	-1.04 x 10^{-6} (0.318)	9.96 x 10^{-10} (0.969)	2.73 x 10^{-8} (0.257)	-1.22 x 10^{-9} (0.961)	-1.35 x 10^{-5} (0.280)	0.0198 (0.000)	0.7154
GPT_2	n/a (0.350)	n/a (0.174)	2.94 x 10^{-5} (0.000)	n/a (0.135)	n/a (0.306)	n/a (0.969)	2.24 x 10^{-8} (0.016)	n/a (0.969)	n/a (0.252)	0.0170 (0.000)	0.6842

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

5.2.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 41 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPV_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ดังสมการ 5.13

$$GPV_2 = 2{,}776.521 - 0.0015\ Pop + 1.9577\ Den + 0.2593\ Travel + 0.0121\ GPP - 0.0099\ GPPPC - 0.0151\ Car,\ R^2 = 0.5325 \quad (5.13)$$

จากสมการ 5.13 พบว่า เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงคันละ 0.0015 ลิตร ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคันละ 1.9577 ลิตร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 ล้านคัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคันละ 0.2593 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นคันละ 0.0121 ลิตร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงคันละ 0.0099 ลิตร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงคันละ 0.0151 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน แต่แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนได้ ร้อยละ 53.25

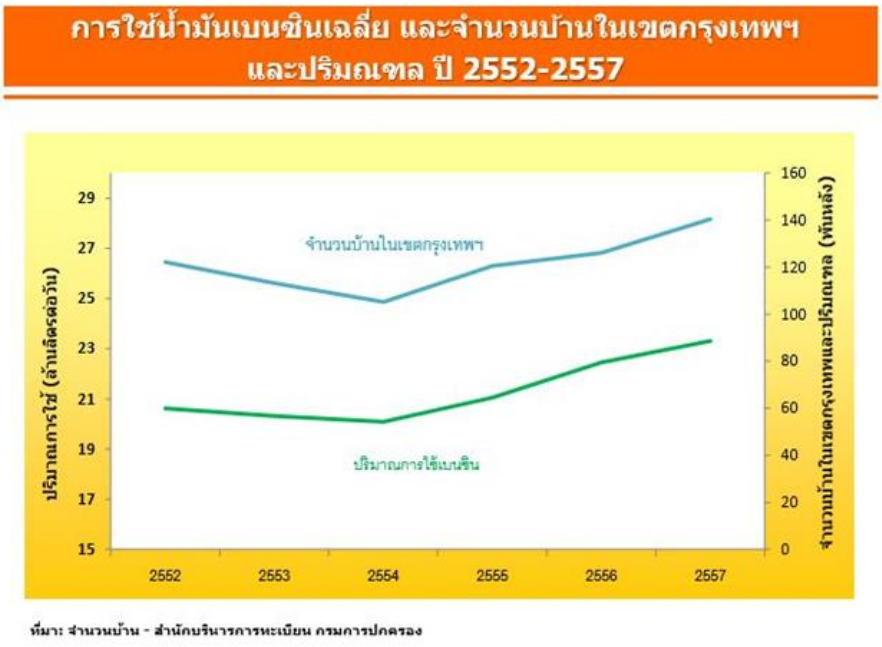
แบบจำลอง GPV_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน และการเพิ่มขึ้นของบ้านในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งส่งผลให้การตัดสินซื้อรถยนต์ในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล เพื่ออำนวยความสะดวกในการเดินทาง สอดคล้องกับการใช้น้ำมันเบนซิน และการเพิ่มขึ้นของรถยนต์เบนซินจดทะเบียนใหม่ในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล ดังรูปที่ 6 และ 7

ตารางที่ 41 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถที่จดทะเบียน

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPV_1	0.0958 (0.104)	-0.0011 (0.167)	1.9882 (0.019)	-0.4521 (0.461)	0.2480 (0.035)	0.0118 (0.000)	-0.0094 (0.001)	-0.0153 (0.000)	-1.289 (0.357)	2,747.823 (0.000)	0.5559
GPV_2	n/a (0.198)	-0.0015 (0.002)	1.9577 (0.004)	n/a (0.461)	0.2593 (0.027)	0.0121 (0.000)	-0.0099 (0.000)	-0.0151 (0.000)	n/a (0.257)	2,776.521 (0.000)	0.5325
GPV_3	n/a (0.105)	n/a	2.9261 (0.000)	n/a (0.238)	n/a (0.290)	0.0035 (0.004)	n/a	-0.0081 (0.000)	n/a (0.220)	1,395.436 (0.000)	0.4221
GPV_4	n/a (0.826)	n/a	n/a (0.764)	-0.7785 (0.006)	n/a (0.050)	n/a	n/a	n/a	n/a	3,042.512 (0.000)	0.0947

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

รูปที่ 7 สัดส่วนการใช้น้ำมันเบนซิน และสถิติจำนวนรถยนต์เบนซินจดทะเบียนใหม่
(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)



รูปที่ 6 การใช้น้ำมันเบนซินเฉลี่ย และจำนวนบ้านในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล
(สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

5.2.7 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ดังตารางที่ 42 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง GPS_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ดังสมการ 5.14

GPS_2 =168.1563 + 1.2484 Den + 0.0953 Travel - 0.0006 Car - 0.9022 Station,

R^2 = 0.7664 (5.14)

จากสมการ 5.14 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นสถานีละ 1.2484 พันลิตร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวงเพิ่มขึ้น 1 คัน – กิโลเมตร แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นสถานีละ 0.0953 พันลิตร หรือ 95.3 ลิตร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น 1 คัน แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงสถานีละ 0.0006 พันลิตร หรือ 0.6 ลิตร และจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 1 สถานี แนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินลดลงสถานีละ 0.9022 พันลิตร หรือ 902.2 ลิตร แสดงว่า ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ร้อยละ 76.64

แบบจำลอง GPS_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำมันเบนซิน ควรแปรผันตามจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 42 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	RW	Travel	GPP	GPPPC	Car	Station	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
GPS_1	0.0217 (0.181)	8.31×10^{-5} (0.709)	1.2967 (0.000)	-0.1444 (0.396)	0.0703 (0.031)	-0.0003 (0.728)	0.0008 (0.288)	-0.0004 (0.574)	-0.7992 (0.042)	85.4851 (0.549)	0.7803
GPS_2	n/a (0.279)	n/a (0.790)	1.2484 (0.000)	n/a (0.430)	0.0953 (0.000)	n/a (0.728)	n/a (0.130)	-0.0006 (0.004)	-0.9022 (0.000)	168.1563 (0.034)	0.7664
GPS_3	n/a (0.301)	n/a	1.0190 (0.000)	n/a	n/a (0.417)	n/a	0.0010 (0.002)	n/a	n/a	31.2834 (0.600)	0.7005

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

5.3 แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็น 5 แบบ ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน ดังตารางที่ 43 โดยใช้ตัวแปรอิสระทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมในจังหวัดต่อประชากร และจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า ดังตารางที่ 26

ตารางที่ 43 ตัวแปรตามใช้ในแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ตัวแปรตาม	ตัวย่อ	หน่วย
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อคน	EPC (Electricity per capita)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อคน
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อพื้นที่	EPA (Electricity per area)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	EPG (Electricity per GPP)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อล้านบาท
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า	EPP (Electricity per person)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อราย
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย	EPR (Electricity per Residential)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อราย
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน	EPF (Electricity per Factory)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อโรงงาน

5.3.1 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 4 แบบจำลอง ดังตารางที่ 44 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากรเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง EPC_2

ตารางที่ 44 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Person	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPC_1	- 0.0353 (0.505)	- 0.0007 (0.569)	2.0221 (0.017)	- 0.0032 (0.013)	0.0182 (0.000)	0.0032 (0.471)	- 353.4791 (0.426)	0.7985
EPC_2	n/a (0.668)	n/a (0.569)	2.4310 (0.000)	- 0.0026 (0.000)	0.0184 (0.000)	n/a (0.619)	- 523.5116 (0.024)	0.7963
EPC_3	n/a (0.967)	n/a (0.513)	1.4802 (0.008)	n/a	0.0164 (0.000)	- 0.0024 (0.007)	189.0263 (0.454)	0.7782
EPC_4	n/a (0.293)	- 0.0022 (0.001)	n/a (0.573)	0.0049 (0.000)	n/a	n/a (0.555)	3297.402 (0.000)	0.2896

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร ดังสมการ 5.15

EPC_2 = - 523.5116 + 2.4310 Den - 0.0026 GPP + 0.0184 GPPC, R^2 = 0.7963 (5.15)

จากสมการ 5.15 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคนละ 2.4310 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงคนละ 0.0026 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 2.6 วัตต์ – ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นคนละ 0.0184 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 18.4 วัตต์ – ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิภัณฑ์มวลรวมจังหวัด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากรได้ ร้อยละ 79.63

แบบจำลอง EPC_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

5.3.2 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 45 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่เหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง EPA_2

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 5.16

EPA_2 = - 736,806.9 + 4,978.679 Den + 0.8384 GPP + 2.9002 GPPPC, R^2= 0.9355 (5.16)

จากสมการ 5.16 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 4,978.679 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 0.8384 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 838.4 วัตต์ – ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น 1 บาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตารางกิโลเมตรละ 2.9002 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ได้ ร้อยละ 93.55

ตารางที่ 45 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Person	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPA_1	38.9426 (0.222)	0.2007 (0.784)	5,337.053 (0.000)	1.9113 (0.013)	2.5281 (0.003)	- 2.7664 (0.302)	- 623,919.1 (0.021)	0.9389
EPA_2	n/a (0.222)	n/a (0.784)	4,978.679 (0.000)	0.8384 (0.048)	2.9002 (0.000)	n/a (0.130)	- 736,806.9 (0.000)	0.9355
EPA_3	n/a (0.408)	n/a (0.870)	4,712.854 (0.000)	2.6538 (0.000)	n/a	- 2.1044 (0.005)	13,007.43 (0.938)	0.9302
EPA_4	n/a (0.601)	n/a (0.363)	5,651.996 (0.000)	n/a	3.5835 (0.000)	n/a (0.596)	- 851,764.8 (0.000)	0.9319
EPA_5	n/a (0.126)	n/a	4,649.425 (0.000)	1.5656 (0.000)	n/a	n/a	-361,406.1 (0.001)	0.9223

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

แบบจำลอง EPA_2 เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย การเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร ส่งผลให้การผลิตสินค้าและบริการเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ไฟฟ้าที่ปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการผลิตสินค้าและการให้บริการเพิ่มขึ้นตามด้วย หลังการเข้าควบคุมอำนาจการปกครองของคณะรักษาความสงบแห่งชาติ (คสช.) และการออกมาตรการกระตุ้น เศรษฐกิจ ทำให้ความเชื่อมั่นของผู้บริโภคและการขยายตัวทางเศรษฐกิจเริ่มปรับตัวดีขึ้น ส่งผลให้ทุกสาขาเศรษฐกิจมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วงไตรมาสสาม และทำให้การใช้ไฟฟ้าปี 2557 ทุกสาขาเศรษฐกิจมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปีก่อน โดยการใช้ไฟฟ้าใน ภาคอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาขาหลักที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 44 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.7 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558) โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 8

การใช้ไฟฟ้ารายสาขา

หน่วย : กิกะวัตต์ชั่วโมง

สาขา	2554	2555	2556	2557		
				ปริมาณ	เปลี่ยนแปลง	สัดส่วน (%)
ครัวเรือน	32,799	36,447	37,657	38,993	3.5	23
กิจการขนาดเล็ก	15,446	17,013	18,374	18,807	2.4	11
ธุรกิจ	23,660	27,088	30,413	31,362	3.1	19
อุตสาหกรรม	67,942	72,336	72,536	73,782	1.7	44
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	4,888	3,799	149	152	2.0	0.1
เกษตรกรรม	297	377	354	414	17.2	0.2
ไฟฟ้าไม่คิดมูลค่า	2,168	2,191	2,379	2,517	5.8	1.5
อื่นๆ	1,655	2,527	2,479	2,592	4.6	2
รวม	**148,855**	**161,779**	**164,341**	**168,620**	**2.6**	**100**

รูปที่ 8 การใช้ไฟฟ้าในรายสาขา (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

5.3.3 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ดังตารางที่ 46 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง EPG_2

ตารางที่ 46 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Person	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPG_1	- 0.2273 (0.179)	-0.0067 (0.089)	2.1120 (0.424)	- 0.0122 (0.003)	0.0075 (0.094)	0.0297 (0.039)	13,068 (0.000)	0.1670
EPG_2	- 0.2980 (0.031)	- 0.0079 (0.041)	n/a (0.424)	- 0.0094 (0.012)	n/a (0.126)	0.0327 (0.017)	14,891.62 (0.000)	0.1310
EPG_3	n/a	n/a (0.099)	4.9742 (0.020)	- 0.0062 (0.006)	0.0083 (0.041)	n/a (0.586)	12,237.85 (0.000)	0.1078

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ดังสมการ 5.17

EPG_2 = 14,891.62 - 0.2980 Area - 0.0079 Pop - 0.0094 GPP + 0.0327 Person, R^2= 0.1310 (5.16)

จากสมการ 5.17 พบว่า เมื่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1 ตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลง 1 ล้านบาทละ 0.2980 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลง 1 ล้านบาทละ 0.0079 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 7.9 วัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาทละ 0.0094 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 9.4 วัตต์ – ชั่วโมง และจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1 ราย แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาทละ 0.0327 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 32.7 วัตต์ – ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด มีความสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด แต่แปรผันตามจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดได้ร้อยละ 13.10

แบบจำลอง EPG_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

5.3.4 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 5 แบบจำลอง ดังตารางที่ 47 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง EPP_2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า ดังสมการ 5.18

EPP_2 = - 62.0202 + 6.0743 Den - 0.0067 GPP + 0.0430 GPPPC, R^2= 0.7156 (5.18)

จากสมการ 5.18 พบว่า เมื่อความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น 1 คนต่อตารางกิโลเมตร แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นรายละ 6.0743 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น 1 ล้านบาท แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าลดลงรายละ 0.0067 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 6.7 วัตต์ – ชั่วโมง และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นรายละ 0.0430 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 43 วัตต์ – ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า แปรผันตามความหนาแน่นของประชากร

ตารางที่ 47 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Person	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPP_1	- 0.0947 (0.535)	0.0022 (0.535)	5.4612 (0.025)	- 0.0059 (0.104)	0.0429 (0.000)	- 0.0055 (0.669)	262.2394 (0.837)	0.7189
EPP_2	n/a (0.573)	n/a (0.567)	6.0743 (0.002)	- 0.0067 (0.001)	0.0430 (0.000)	n/a (0.669)	- 62.0202 (0.925)	0.7156
EPP_3	n/a (0.866)	n/a (0.131)	3.7867 (0.016)	n/a	0.0380 (0.000)	- 0.0064 (0.011)	1,806.577 (0.014)	0.6984
EPP_4	n/a (0.203)	- 0.0050 (0.002)	n/a (0.735)	0.0111 (0.000)	n/a	n/a (0.950)	8,823.372 (0.000)	0.2455
EPP_5	n/a (0.593)	n/a (0.300)	n/a (0.057)	n/a	0.0384 (0.000)	n/a	897.5172 (0.161)	0.6682

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าได้ ร้อยละ 71.56

แบบจำลอง EPP_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากมีตัวแปรอิสระ GPPPC เป็นตัวแปรที่มาจาก GPP จึงควรมีแนวโน้มไปทางเดียวกัน

5.3.5 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย

สามารถสร้างแบบจำลองแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ดังตารางที่ 48 แล้วจึงทำการคัดเลือกแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัยเหมาะสมที่สุด จึงเลือกแบบจำลอง EPR_3

- แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย ดังสมการ 5.19

$$EPR_3 = 1{,}988.455 - 0.0024\ Pop,\ R^2 = 0.1216 \quad (5.19)$$

จากสมการ 5.19 พบว่า เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น 1 คน แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยลดลงรายละ 0.0024 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง หรือ 2.4 วัตต์ – ชั่วโมง แสดงว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย มีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร ซึ่งสามารถอธิบายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัยได้ ร้อยละ 12.16

แบบจำลอง EPR_2 ไม่เหมาะสมกับการใช้แบบจำลองนี้ในการทำนาย เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น การใช้ไฟฟ้าจึงควรมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย

5.3.6 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน

ไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ เนื่องจากตัวแปรอิสระทั้ง 6 ตัวแปร มีระดับนัยสำคัญมากกว่า 0.05 แสดงว่า แสดงว่าตัวแปรอิสระทุกตัวแปร ไม่มีนัยสำคัญกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน ดังตารางที่ 49

ตารางที่ 48 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Person	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPR_1	- 0.0301 (0.564)	- 0.0017 (0.157)	0.6590 (0.420)	- 0.0010 (0.440)	0.0015 (0.282)	0.0052 (0.240)	1,741.811 (0.000)	0.1599
EPR_2	n/a (0.564)	n/a (0.070)	0.7733 (0.016)	n/a (0.522)	n/a (0.136)	n/a (0.398)	1,537.799 (0.000)	0.0754
EPR_3	n/a (0.206)	- 0.0024 (0.004)	n/a (0.598)	n/a (0.709)	n/a	0.0064 (0.002)	1,988.455 (0.000)	0.1216

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

ตารางที่ 49 แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน

ตัวแปรอิสระ / ตัวแปรตาม	Area	Pop	Den	GPP	GPPPC	Factory	Constant	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
EPF_1	- 46.14025 (0.701)	- 1.2045 (0.418)	- 858.982 (0.654)	1.9640 (0.373)	0.3343 (0.925)	60.4023 (0.875)	2,084,210 (0.060)	0.0501
EPF_2	n/a (0.678)	n/a (0.353)	n/a (0.752)	n/a (0.107)	n/a (0.925)	n/a (0.841)	1,049,242 (0.003)	0.0000

( ) คือ ระดับนัยสำคัญ (p-value)

บทที่ 6
สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำศึกษาการคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานทั้งของต่างประเทศ และประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้พลังงาน และเป็นแนวทางในการเสนอแนวนโยบายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย

6.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างประเทศกับประเทศไทย

6.1.1 การเปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงระดับประเทศแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา และทุกประเทศ โดยสร้างแบบจำลองกลุ่มประเทศละ 3 แบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ แนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละกลุ่มประเทศ ส่วนใหญ่แปรผันตาม ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ตัวแปรสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ส่วนตัวแปรที่ไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ จำนวนประชากร ระยะทางถนน และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ซึ่งแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่มมีดังนี้

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำเพลิงต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.1

$$OPA_{O2} = -1.5370 + 0.0420\ Den,\ R^2 = 0.8788 \quad (6.1)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำเพลิงต่อจำนวนประชากร ดังสมการ 6.2

$$OPC_{N2} = -0.1305 + 0.0018\ GDPPC + 0.0076\ Den,\ R^2 = 0.7722 \quad (6.2)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของทุกประเทศ คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำเพลิงต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.3

$$OPA_{W2} = -18.4022 + 0.1478\ Den,\ R^2 = 0.7038 \quad (6.3)$$

เมื่อนำตัวแปรอิสระแต่ละประเทศในทุกประเทศแทนค่าลงในสมการ 6.3 พบว่า ประเทศสิงคโปร์ แนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดในทุกประเทศ และประเทศไทยอยู่ในลำดับที่ 22

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของไทยแบ่งเป็นชนิด 2 ชนิดน้ำมัน คือ น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน โดยสร้างแบบจำลองชนิดน้ำมันละ 7 แบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อประชากร ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อระยะทางถนน ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง แนวโน้มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน ได้แก่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และจำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งแบบจำลองที่ได้มีทั้งแบบแปรผันตาม และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแปรอิสระที่ไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ซึ่งแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เหมาะสมของประเทศไทยมีดังนี้

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน คือ แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ดังสมการ 6.4 และ 6.5 ตามลำดับ

$$DPT_2 = 0.0496 + 2.45 \times 10^{-8}\ GPP,\ R^2 = 0.2244 \quad (6.4)$$

$$GPT_2 = 0.0170 + 2.94 \times 10^{-5}\ Den + 2.24 \times 10^{-8}\ GPPPC,\ R^2 = 0.6842 \quad (6.5)$$

เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงระหว่างต่างประเทศกับประเทศไทย พบว่า แนวโน้มการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร และระดับประเทศขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ซึ่งแปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวม และความหนาแน่นของประชากร ส่วนในประเทศไทย พบว่า แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลขึ้นอยู่กับปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ซึ่งแปรผันตาม ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และแนวโน้มการใช้น้ำมันเบนซินขึ้นอยู่กับปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ซึ่งแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร

6.1.2 แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานในระดับประเทศ

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานระดับประเทศแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา และทุกประเทศ โดยสร้างแบบจำลอง

กลุ่มประเทศละ 3 แบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อประชากร ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลของการสร้างแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานของแต่ละกลุ่มประเทศ ส่วนมากขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งแบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่มมีดังนี้

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.6

$$PPA_{O2} = - 105.2934 + 4.2780\ Den,\ R^2 = 0.9041 \quad (6.6)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา คือ แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร ดังสมการ 6.7

$$PPC_{N2} = 0.1766 + 2.508 \times 10^{-4}\ GDPPC - 4.399 \times 10^{-4}\ Den,\ R^2 = 0.9120 \quad (6.7)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานของทุกประเทศ คือ แบบจำลองปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.8

$$PPA_{W2} = - 940.0794 + 9.2243\ Den,\ R^2 = 0.7526 \quad (6.8)$$

6.1.3 การเปรียบเทียบแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าระดับประเทศแบ่งเป็น 3 กลุ่มได้แก่ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา และทุกประเทศ โดยสร้างแบบจำลองกลุ่มประเทศละ 3 แบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลของการสร้างแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มประเทศ ส่วนมากขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร ซึ่งแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่มมีดังนี้

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.9

$$EPA_{O2} = - 148,000,000 + 7,222,341\ Den,\ R^2 = 0.8746 \quad (6.9)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร ดังสมการ 6.10

$$EPC_{N2} = 798,178.1 + 239.7320\ GDPPC,\ R^2 = 0.8121 \quad (6.10)$$

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของทุกประเทศ คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.11

$$EPA_{W2} = - 152,000,000 - 1.4624\ Pop + 6,647,430\ Den + 71.8868\ GDP,\ R^2 = 0.8109 \quad (6.11)$$

การคัดเลือกแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าของไทย โดยสร้างแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ 6 แบบจำลอง ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อประชากร ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยต่อจำนวนที่อยู่อาศัย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในกิจการต่อจำนวนโรงงาน แนวโน้มปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งแบบจำลองที่ได้มีทั้งแบบแปรผันตาม และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับตัวแปรอิสระ

- แบบจำลองที่เหมาะสมในการทำนายแนวโน้มการใช้ไฟฟ้า คือ แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ดังสมการ 6.12

$$EPA_2 = - 736,806.9 + 4,978.679\ Den + 0.8384\ GPP + 2.9002\ GPPPC,\ R^2 = 0.9355 \quad (6.12)$$

เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองการใช้ไฟฟ้าระหว่างต่างประเทศกับประเทศไทย พบว่าแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาขึ้นอยู่กับจำนวนประชากร และระดับประเทศขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับจำนวนประชากร แต่แปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร ส่วนในประเทศไทย พบว่า แนวโน้มการใช้การใช้ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ซึ่งแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร

Chulalongkorn University

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายของประเทศไทย

6.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงโยบายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

จากแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในระดับประเทศขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากร หากความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น ก็ส่งให้ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งสามารถคำนวณการใช้ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคตได้ และเพื่อทำนายระยะเวลาของการสร้างโรงกลั่นน้ำมันใหม่ ปัจจุบันมีกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงสูงสุดอยู่ที่ 1,180,000 บาร์เรลต่อวัน แต่เนื่องแบบจำลองการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในระดับนานาประเทศที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนสูง จึงควรทำการศึกษาการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง หรือแบบจำลองจากข้อมูลจริงในประเทศไทย เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากกว่านี้

6.2.2 ข้อเสนอนะเชิงนโยบายปริมาณการใช้ไฟฟ้า

จากแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระดับประเทศขึ้นอยู่กับประชากร ความหนาแน่นของประชากร ผลิตภัณฑ์มวลในประเทศ หากจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น การใช้ไฟฟ้าจะลดลง และความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศเพิ่มขึ้น การใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตาม ซึ่งแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้า เปรียบเทียบปริมาณการผลิตไฟฟ้าในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2015) ว่ามีความแตกต่างของปริมาณการใช้กับการผลิตไฟฟ้าในอนาคตได้ ภาครัฐจึงสามารถออกมาตรการ หรือแผนอนุรักษ์พลังงานให้สอดคล้องตามสถานการณ์ แต่เนื่องแบบจำลองการใช้ไฟฟ้าในระดับนานาประเทศที่ใช้มีความคลาดเคลื่อนสูง จึงควรทำการศึกษาการใช้ไฟฟ้า หรือแบบจำลองจากข้อมูลจริงในประเทศไทย เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากกว่านี้

Chulalongkorn University

6.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย

เนื่องจากขนาดของกลุ่มประเทศที่นำมาสร้างแบบจำลองมีน้อยไป จึงให้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองบางแบบจำลองได้ อาจต้องเพิ่มจำนวนประเทศให้มากขึ้น เพื่อการสร้างแบบจำลองให้ถูกต้องชัดเจนมากขึ้น การเปรียบเทียบจำนวนตัวแปรอิสระระดับประเทศมีน้อยกว่าของไทย ทำให้ความละเอียดในการสร้างแบบจำลองน้อยลง ควรปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มจำนวนตัวแปรอิสระให้เท่ากัน เพื่อให้การเปรียบเทียบชัดเจนมากขึ้น ในการสร้างแบบจำลองของประเทศไทย การจัดประเภทในตัวแปรอิสระ อาจจัดประเภทไม่เหมือนกัน เช่น การแบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 8 ประเภท ตามลักษณะการใช้งาน ซึ่งข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ แบ่งตามประเภทผู้ใช้เพียง 5 ประเภท เป็นต้น จำนวนประชากรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง เป็นข้อมูลตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ของกรมการปกครอง ซึ่งไม่ใช่

จำนวนประชากรที่อาศัยในจังหวัดนั้นจริง และปริมาณการเดินทางบนทางหลวงไม่สามารถแยกประเภทของเครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องยนต์เบนซินได้ จึงต้องใช้การเทียบเคียงกับประเภทรถยนต์กับประเภทของเครื่องยนต์แทน

6.4 แนวทางงานวิจัยขั้นต่อไป

การสร้างแบบจำลองจากกลุ่มประเทศอื่น เช่น กลุ่มประเทศอาเซียน (ASEAN) กลุ่มประเทศสหภาพยุโรป (European Union: EU) กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง (Middle East) เป็นต้น เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพด้านพลังงาน ควรปรับจำนวนตัวแปรอิสระ หรือเปลี่ยนปัจจัยที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองให้สอดคล้องกัน เพื่อให้การเปรียบเทียบโครงสร้างด้านพลังงานที่ถูกต้องมากขึ้น การนำข้อมูลของตัวแปรย้อนหลังอย่างน้อย 5 ปีขึ้นไป มาสร้างแบบจำลอง เพื่อให้เห็นแนวโน้มโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานชัดเจนมากขึ้น และการสร้างแบบจำลองการใช้พลังงานด้านอื่นๆ เช่น ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Al-Ghandoor, A., Jaber, J., Al-Hinti, I., & Y., Abdallat. (2013). Statistical assessment and analyses of the determinants of transportation sector gasoline demand in Jordan. *Transportation Research Part A*(50), 129–138.

Chang, Y., Lee, J., & Yoon, H. (2012). Alternative projection of the world energy consumption-in comparison with the 2010 international energy outlook. *Energy Policy*(50), 154–160.

González, P.F., Landajo, M., & Presno, M.J. (2014). Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate energy consumption. A cross country analysis in the EU-27. *Energy Policy*(68), 576–584.

International Energy Agency. (2014). *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making*(n.p.).

Liimatainen, H., & al., et. (2014). Energy efficiency of road freight hauliers—A Nordic comparison. *Energy Policy*(67), 378–387.

Melaina, M., & Bremson, J. (2008). Refueling availability for alternative fuel vehicle markets: Sufficient urban station coverage. *Energy Policy*(36), 3233– 3241.

Mraihi, R., Abdallah, K., & Abid, M. (2013). Road transport-related energy consumption: Analysis of driving factors in Tunisia. *Energy Policy*(62), 247–253.

Phylipsen, G.M. (2010). *Energy Efficiency Indicators Best practice and potential use in developing country policy making*(n.p.).

Vincenzo, B., Oronzio, M., & Sergio, N. (2009). Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models. *Energy*(34), 1413-1421.

Yin, Y., Mizokami, S., & Maruyama, T. (2013). An analysis of the influence of urban form on energy consumption by individual consumption behaviors from a microeconomic viewpoint. *Energy Policy*(61), 909–919.

สำนักความปลอดภัย. (2558). รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ประจำป 2557

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทยเปรียบเทียบกับต่างประเทศ Retrieved from http://km.eppo.go.th/e-learning.php?kc=104

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2558). สถานการณ์พลังงานไทย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
บทความการประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12 (ENETT 12th)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมเพื่อการเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

Selection of Suitable Indices for Energy Infrastructure Comparison

สุวรรณา เหมือนสอาด[1]*, และ จิตติชัย รุจนกนกนาฏ[2]

[1] สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

[2] รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาบันการขนส่ง, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

*ผู้ติดต่อ: su_chem001@hotmail.com, 085-128-2309

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระหว่างประเทศ โดยพิจารณาคัดเลือกจากดัชนีชี้วัดต่าง ๆ เพื่อให้ได้ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดสถานการณ์ด้านโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทย เพื่อนำมาซึ่งข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการวางแผน ซึ่งการศึกษานี้จะเน้นไปที่พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้า เป็นหลัก โดยใช้ข้อมูลในพ.ศ. 2557 ในระดับประเทศ ประมาณ 60 ประเทศในโลก และในระดับจังหวัด ใช้ข้อมูลทั้ง 77 จังหวัด ของไทย เพื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งพิจารณาจากระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และคัดเลือกสมการแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีสูงสุดในแบบจำลองที่มีความสมเหตุสมผล พบว่า ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร และดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทย ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ ดัชนีเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากกับหน่วยงานภาครัฐของไทยในการกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศต่อไป ได้แก่ การวางแผนสร้างสถานีบริการน้ำมัน การตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้ารายจังหวัด เป็นต้น

คำหลัก: โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน การคัดเลือกดัชนี น้ำมันเชื้อเพลิง ไฟฟ้า การวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นเชิงพหุ

Abstract

This research's objective is to compare energy infrastructures through the selection of indices and use these indices to point out situations regarding Thailand's energy infrastructures and propose recommendation for planning and policy. This study focuses on fuel and electricity only by the use of data from approximately 60 countries around the world (for country scale) and all 77 provinces in Thailand (for provincial scale). These data are analyzed by multiple linear regression with the statistical significance (p-value) at 0.05 and high coefficients of determination. Then, the models are obtained with reasonableness. The findings show that the appropriate indices for country-level comparison are fuel consumption and primary energy consumption per country area, and electricity consumption per capita; however, the appropriate ones for provincial level comparison are diesel, gasoline and electricity consumption per provincial area. These indices will be useful if the government agents has used them for policy determination regarding energy infrastructure planning such as planning of gas stations in each province, investigation of electricity usage by province, etc.

Keywords: Energy Infrastructure, Index Selection, Fuel, Electricity, Multiple Linear Regression Analysis

1. บทนำ

จากการที่องค์กรด้านพลังงานในต่างประเทศได้จัดทำดัชนีเกี่ยวกับพลังงาน ซึ่งดัชนีเหล่านี้จะมีส่วนสำคัญในการชี้วัดความเพียงพอต่อพื้นที่ ต่อประชากร และใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างประเทศ หรือระหว่างพื้นที่ภายในประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำไปสู่แนวทางกำหนดนโยบายและแนวโน้มด้านพลังงานของประเทศนั้น ๆ ในส่วนของประเทศไทยนั้น แม้ว่าจะได้มีการจัดทำแผนบูรณการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2558 – 2579 ทั้งหมด 5 แผน ได้แก่ แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP) แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEDP) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan) และแผนบริหารจัดการ ก๊าซธรรมชาติ (Gas Plan) โดยพิจารณาความสำคัญด้าน ความมั่นคงทางพลังงาน เศรษฐกิจ และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินภาพรวมความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการลดใช้พลังงาน และการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต แต่การจัดทำแผนพัฒนาเหล่านั้น ยังไม่ได้มีการสร้างดัชนีชี้วัดเพื่อใช้ในการประเมินโครงสร้างพื้นฐาน ด้านพลังงานของไทย การจัดทำดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศ โดยคัดเลือกหาดัชนีที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้หน่วยงานที่กำหนดนโยบายชาติได้เห็นภาพรวม และศักยภาพโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในเชิงพื้นที่ และเชิงเปรียบเทียบได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นแนวทางกำหนดนโยบายให้กับประเทศได้

ในปัจจุบัน ดัชนีชี้วัดพลังงานของไทย ส่วนใหญ่จะวัดการใช้พลังงานในภาพรวมของประเทศ ได้แก่ การใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) หรือความเข้มข้นของการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) ความยืดหยุ่นของการใช้พลังงานต่อ GDP (Energy Elasticity: EE) และการใช้พลังงานต่อประชากร (Energy Consumption per capita) จัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ซึ่งเป็นดัชนีวัดพลังงานในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยเป็นดัชนีที่ใช้วัดในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง และภาคครัวเรือน จากการศึกษางานวิจัยในประเทศไทยที่ผ่านมา การใช้ดัชนีด้านพลังงานส่วนมากจะใช้ในภาคอุตสาหกรรม หรือศึกษาในระดับโรงงาน ซึ่งงานศึกษาวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานในประเทศยังมีไม่มาก งานวิจัยนี้จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ในรายจังหวัด นำมาคัดเลือกสร้างเป็นดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย เพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานภายในประเทศ และเสนอแนวทาง ในการวางแผนเชิงนโยบายต่อไป

2. ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Indicator)

ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงานเป็นการวัดประสิทธิภาพของพลังงาน สามารถใช้ประเมินประสิทธิภาพพลังงานในระดับมหภาคและจุลภาคได้ ทั้งในระดับประเทศ ระดับกลุ่มอุตสาหกรรม จนกระทั่งระดับโรงงาน ซึ่งในระดับประเทศได้มีการสร้างดัชนีประสิทธิภาพพลังงานหลายแบบ

2.1 ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานระดับประเทศ

ในการสร้างดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพระดับประเทศ มีองค์กรด้านพลังงาน ได้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองและทำนายความต้องการพลังงานในอนาคต ได้แก่ องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency: IEA) เป็นความร่วมมือของเครือข่ายองค์การเพื่อความร่วมมือ ทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ส่วนใหญ่สมาชิกในเครือข่ายองค์การนี้ เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว

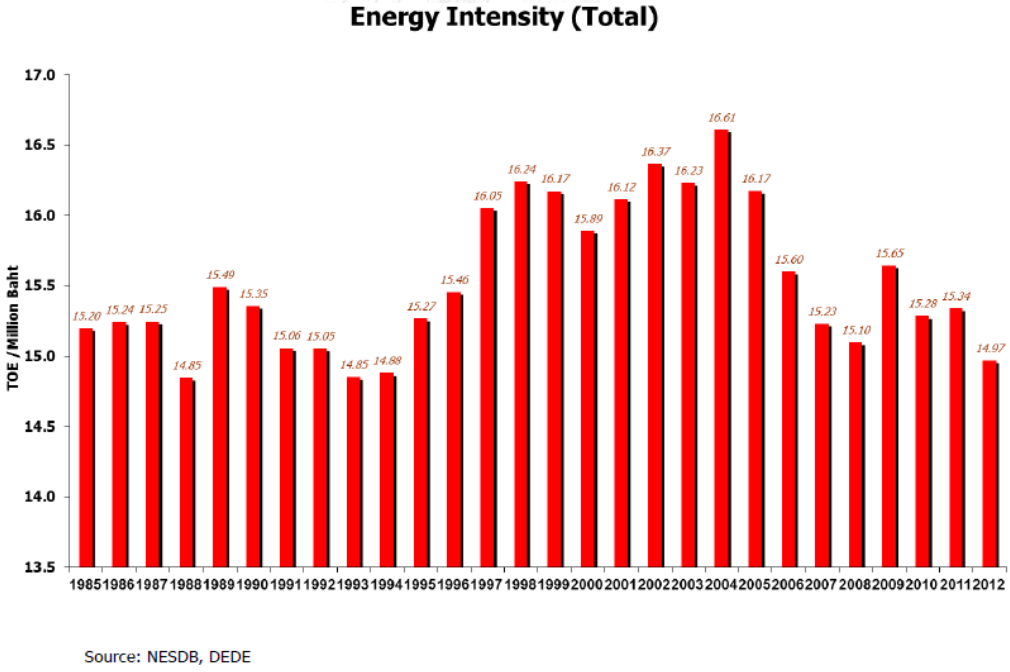
คณะกรรมาธิการพลังงานโลก (World Energy Council: WEC) ร่วมกับสำนักงานการจัดการสิ่งแวดล้อมและพลังงานแห่งประเทศฝรั่งเศส (The French Agency for Environment and Energy Management: ADEME) WEC ให้บริการทางเทคนิคนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงานและมีโครงการตัวชี้วัดร่วมกับ ADEME โดยมุ่งเน้นประเมินแนวโน้มประสิทธิภาพพลังงานทั่วโลกและการทำงานร่วมกันระหว่างประเทศ เกี่ยวกับนโยบายประสิทธิภาพพลังงาน และสมรรถนะประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency performance) โดยมีประเทศที่เข้าร่วมเป็นสมาชิก WEC 70 ประเทศสมาชิก WEC 70 ประเทศ

ธนาคารโลก (The World Bank) ได้กล่าวว่าประสิทธิภาพพลังงานมีความสำคัญต่อการเข้าถึงพลังงานและการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานในประเทศกำลังพัฒนา จึงต้องมีภาคเอกชนเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพพลังงาน

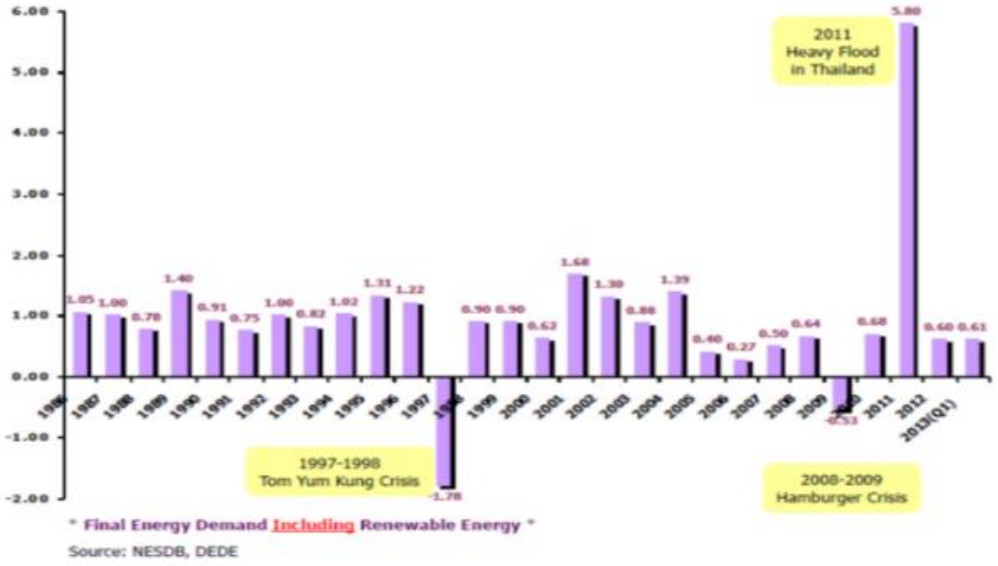
วัตถุประสงค์ของทุกองค์กรที่สร้างดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงาน เพื่อให้ความช่วยเหลือ และแนะนำให้คำปรึกษาด้านพลังงานให้แก่ประเทศต่างๆ และดูแนวโน้มสมรรถนะประสิทธิภาพพลังงานในปัจจุบัน

2.2. ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานของไทย

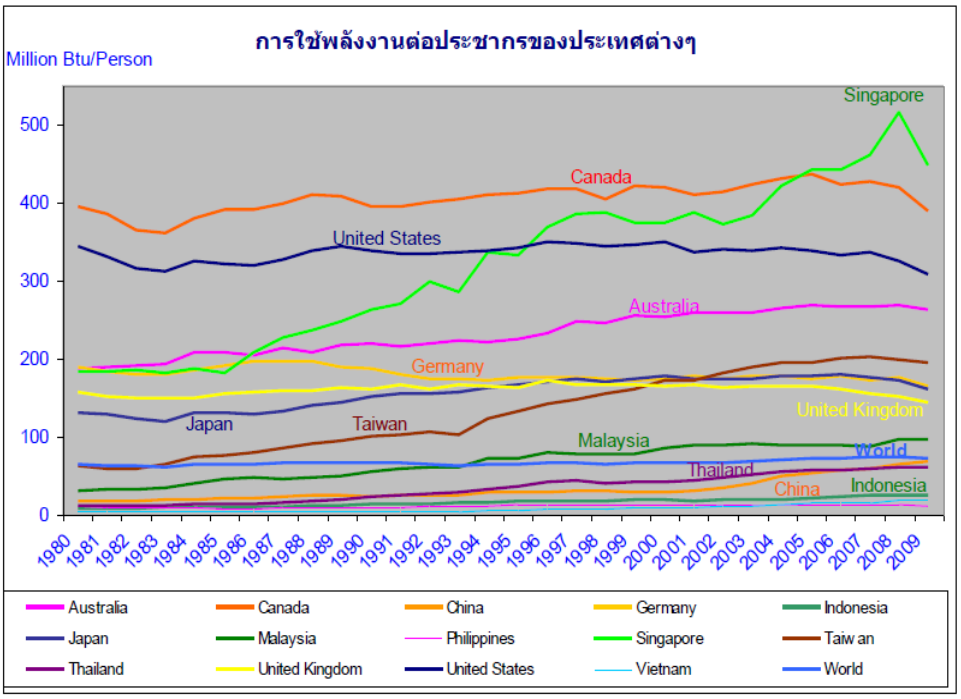
ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพด้านพลังงานของไทย จัดทำโดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างประเทศ ได้แก่ ดัชนีความเข้มพลังงาน(Energy Intensity: EI) คือ การใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ เป็นการวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตของประเทศโดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพื่อให้เกิด GDP 1 หน่วย โดยนำมาเปรียบเทียบในช่วงเวลาต่างๆกัน ดังรูปที่ 1 ซึ่งดัชนีความเข้มพลังงาน สามารถวัดได้ในรายสาขาเศรษฐกิจ การขนส่ง และอุตสาหกรรม ดัชนี ความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity: EE) คือ ความยืดหยุ่นของการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของ GDP ดังรูปที่ 2 เป็นตัวชี้วัดว่าประเทศมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และการใช้พลังงานต่อประชากร (Energy Consumption per capita) เป็นตัวชี้วัดการใช้พลังงานต่อประชากร 1 คน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 ดัชนีความเข้มพลังงาน(Energy Intensity)ของไทย [3]



รูปที่ 2 ดัชนีความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity) ของไทย [3]



รูปที่ 3 การใช้พลังงานต่อประชากร (Energy Consumption per capita) ของไทย [3]

3. ขั้นตอนงานวิจัย

3.1 กำหนดปัจจัยที่ศึกษา

แหล่งข้อมูลของปัจจัยที่ใช้ศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลในพ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2014) ในระดับประเทศ ประมาณ 40-60 ประเทศ จากธนาคารโลก (The World Bank) เดอะเวิลด์แฟกต์บุ๊ก (The World Factbook) การทบทวนข้อมูลทางสถิติโลกของ บีพี ปี พ.ศ. 2558 (BP Data workbook

Statistical Review of World 2015) และหนังสือสถิติพลังงานโลกประจำพ.ศ. 2558 (Global Energy Statistical Yearbook 2015) ข้อมูลของไทย จำนวน 77 จังหวัด จากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และกรมการขนส่ง ทางบก กระทรวงคมนาคม สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักบัญชีประชาชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ปัจจัยหลักที่ใช้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน ซึ่งใช้ข้อมูลปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน ดังตารางที่ 1 โดยนำปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกายภาพ และปัจจัยด้านพลังงานเปรียบเทียบกับด้านกิจกรรม

ตารางที่ 1 ปัจจัยที่ใช้ศึกษาการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

ปัจจัย	ต่างประเทศ	ไทย
กายภาพ	1. ขนาดพื้นที่ 2. จำนวนประชากร 3. ระยะทางของถนน 4. ความหนาแน่นของประชากร	1. ขนาดพื้นที่ 2. จำนวนประชากร 3. ระยะทางของถนน 4. ความหนาแน่นของประชากร 5. จำนวนรถที่จดทะเบียน 6. จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า
กิจกรรม	1. ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP) 2. ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร (GDP per capita)	1.ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) 2. ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร (GPP per capita) 3. ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง
พลังงาน	1. ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 2. ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน 3. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	1. ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเบนซิน และดีเซล 2. พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่าย 3. จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล และการคัดเลือกดัชนีเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน

รวบรวมข้อมูลจากปัจจัยด้านกายภาพ กิจกรรม และพลังงาน นำมาวิเคราะห์สมการถดถอยพหุ (Multiple regression analysis) ด้วยโปรแกรม STATA โดยคัดเลือกตัวแปรอิสระด้วยวิธีแบบขั้นตอน (Stepwise) ซึ่งพิจารณาจากระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value) ที่ 0.05 และนำแบบจำลองมาใช้ในการนำเสนอแนะนโยบายโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย เพื่อให้นโยบายด้านพลังงานของประเทศมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล และคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมระดับประเทศ

การวิเคราะห์ข้อมูลในระดับประเทศ กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) และกำลังพัฒนา (Non-OECD) โดยทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Consumption) พลังงานขั้นพื้นฐาน (Primary Energy) และไฟฟ้า (Electricity Consumption) ซึ่งพิจารณาระดับนัยสำคัญที่ (p-value) 0.05 และสมการที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากที่สุด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แบบจำลองระดับประเทศ

แบบจำลอง (ตัวย่อ)	R^2	Adjusted R^2
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อจำนวนประชากร (OPP_W)	0.5809	0.5670
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ (OPA_W)	0.7038	0.6989
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (OPG_W)	0.1721	0.1445
ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อจำนวนประชากร (PPP_W)	0.5137	0.5058
ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ (PPA_W)	0.7526	0.7485
ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (PPG_W)	0.1824	0.1690
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร (EPP_W)	0.8107	0.8005
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ (EPA_W)	0.7332	0.7188
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (EPG_W)	0.2076	0.1868

แบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และพลังงานขั้นพื้นฐานของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา รวมจำนวน 63 ประเทศ ซึ่งใช้ตัวแปรอิสระ 6 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ความยาวถนน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการ ดังสมการ (1) และ (2)

$$OPA_W = -18.40216+0.1478106Density, (R^2=0.7038) \quad (1)$$

$$PPA_W = - 940.0794 + 9.224327\ Density, (R^2=0.7526) \quad (2)$$

เมื่อ OPA_W = ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อพื้นที่, บาร์เรลต่อวันต่อตร.กม.

PPA_W = ปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อพื้นที่, ตันน้ำมันดิบต่อตร.กม.

Density = ความหนาแน่นของประชากร, คนต่อตร.กม.

จากสมการ (1) และ (2) พบว่า ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.7038 และ 0.7526 ตามลำดับ แสดงว่า ความหนาแน่นของประชากร สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานได้ ร้อยละ 70.38 และ 75.26 ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

จากแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงและพลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่ จะแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร อาจเกิดจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมที่มากขึ้น การท่องเที่ยวเดินทางสะดวกมากขึ้น ส่งผลให้การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และพลังงานเพิ่มขึ้น

แบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา จำนวน 40 ประเทศ ซึ่งใช้ตัวแปรอิสระ 5 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร จำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการ ดังสมการ (3)

$$EPP_W = 1,547,970 + 183.2131\ GDP - 4940.409\ Density, (R^2=0.8107) \quad (3)$$

เมื่อ EPP_W = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร, วัตต์-ชั่วโมงต่อคน

GDPC= ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร, ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา

Density= ความหนาแน่นของประชากร, คนต่อตร.กม.

จากสมการ (3) พบว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรลดลง โดยมี ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.8107 แสดงว่า ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ ร้อยละ 81.07 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

สาเหตุที่ความหนาแน่นของประชากรเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากรลดลง เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ใช้ชีวิต ในที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก เช่น คอนโดมิเนียม เป็นต้น ความต้องการใช้ไฟฟ้า จึงมีน้อยกว่าที่อยู่อาศัยขนาดใหญ่ เช่น บ้านเดี่ยว เป็นต้น เพราะหนึ่งห้องของคอนโดมิเนียมมีบริเวณพื้นที่ใช้สอยจำกัด และมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่า จึงใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าบ้านเดี่ยว ซึ่งมีบริเวณพื้นที่กว้างการใช้แสงสว่างจากหลอดไฟ และสิ่งอำนวยความสะดวกเครื่องใช้ไฟฟ้ามีมากกว่าที่อยู่อาศัยขนาดเล็ก

การพัฒนาเครื่องใช้ไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพประหยัดไฟฟ้ามากขึ้น การเลือกใช้เครื่องไฟฟ้าที่มีศักยภาพใช้ไฟฟ้าน้อย และการรณรงค์การลดใช้ไฟฟ้าของภาครัฐ มีส่วนทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงด้วย

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล และคัดเลือกดัชนีที่เหมาะสมของประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูลในไทย โดยทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล เบนซิน และไฟฟ้า จำนวน 77 จังหวัด ซึ่งพิจารณาระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และสมการที่ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากที่สุด ดังตารางที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แบบจำลองประเทศไทย

แบบจำลอง (ตัวย่อ)	R^2	Adjusted R^2
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อจำนวนประชากร (DPP_T)	0.6003	0.5895
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ (DPA_T)	0.9815	0.9808
ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (DPG_T)	0.1241	0.1124
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อจำนวนประชากร (GPP_T)	0.6274	0.6121

ตารางที่ 3 ผลการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แบบจำลองประเทศไทย

แบบจำลอง (ตัวย่อ)	**R^2**	**Adjusted R^2**
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ (GPA_T)	0.9887	0.9884
ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPG_T)	0.1544	0.1316
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อจำนวนประชากร (EPP_T)	0.7521	0.7488
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ (EPA_T)	0.9319	0.9301
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (EPG_T)	0.1310	0.0827

แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล เบนซิน ซึ่งใช้ตัวแปรอิสระ 9 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ความยาวถนน จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ทำการคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการ ดังสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$DPA_T = - 98.79116 + 0.3945145\ Density + 0.0005075\ Vehicle + 0.0003117\ GPP, \quad (R^2 = 0.9815) \qquad (4)$$

$$GPA_T = - 25.98286 + 0.2264036\ Density + 0.000279\ Vehicle, \quad (R^2 = 0.9887) \qquad (5)$$

เมื่อ DPA_T = ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อพื้นที่, พันลิตรต่อตร.กม.

GPA_T= ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อพื้นที่, พันลิตรต่อตร.กม.

Density= ความหนาแน่นของประชากร, คนต่อตร.กม.

GPP = ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด, ล้านบาท

Vehicle = จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน, คัน

จากสมการ (4) พบว่า ความหนาแน่นของประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่า

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.9887 แสดงว่า ความหนาแน่นของประชากร จำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลได้ ร้อยละ 98.87 ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05

จากสมการ (5) พบว่า ความหนาแน่นของประชากร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.9887 แสดงว่า ความหนาแน่นของประชากร และจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียน สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินได้ ร้อยละ 98.87

จากแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลและเบนซินต่อขนาดพื้นที่จะแปรผันตามความหนาแน่นของประชากร เนื่องจากการระบบขนส่งสาธารณะยังไม่ครอบคลุมในทุกพื้นที่เพื่อความสะดวกในการเดินทาง ส่งผลให้ประชาชนยังคงใช้รถยนต์ส่วนบุคคล ซึ่งจำนวนรถยนต์ที่จดทะเบียนที่เพิ่มขึ้นจึงเกิดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

แบบจำลองเพื่อทำนายปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยคัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสู่สมการจากทั้งหมด 6 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากรผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และจำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้าดังสมการ (6)

$$EPA_T = - 851{,}764.8 + 3.583543\ GPPC + 5{,}651.996\ Density,\ (R^2 = 0.9319) \qquad (6)$$

เมื่อ EPA_T = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่, กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางกิโลเมตร

GPPC = ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร, บาท

Density= ความหนาแน่นของประชากร, คนต่อตร.กม.

จากสมการ (6) พบว่า ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) 0.9319 แสดงว่า ความหนาแน่นของประชากร และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 93.19

จากแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ จะแปรผันตามผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร และความหนาแน่นของประชากร การเติบโตในภาคอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น และสภาพอากาศที่ร้อนขึ้น ส่งผลให้จำนวนการใช้เครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้น

5. สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานระดับประเทศ ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐานต่อขนาดพื้นที่และความหนาแน่นของประชากร เป็นปัจจัยที่มีอิทธิต่อทุกดัชนี ซึ่งทำให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้าในโลก และสามารถเปรียบเทียบระดับการใช้พลังงานในระดับประเทศได้

ดัชนีที่เหมาะสมในการชี้วัดโครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของไทย ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลต่อขนาดพื้นที่ ปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินต่อขนาดพื้นที่ และปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อขนาดพื้นที่ แสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และไฟฟ้าในไทย และความหนาแน่นของประชากร เป็นปัจจัยที่มีอิทธิต่อทุกดัชนี ซึ่งนำมาสู่การวางแนวนโยบาย ได้แก่ การเพิ่มสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละพื้นที่ การวางระบบขนส่งน้ำมันเชื้อเพลิง การวางระบบสายส่งไฟฟ้า และการตรวจสอบการใช้พลังงาน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณข้อมูลจากกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย กรมทางหลวง กรมทางหลวงชนบท และกรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักบัญชีประชาชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัยฉบับนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

7. เอกสารอ้างอิง

[1] International Energy Agency. (2014) *Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making.*

[2] Phylipsen, G.M. (2010) *Energy Efficiency Indicators Best practice and potential use in developing country policy making.*

[3] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน (ไม่ระบุปี), *ดัชนีชี้วัดด้านพลังงานของไทยเปรียบเทียบกับต่างประเทศ* (ไม่ระบุปี) [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: http://km.eppo.go.th/e-learning.php?kc=104 เข้า เข้าดูเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2558

[4] Al-Ghandoor, A., Jaber, J., Al-Hinti, I. and Abdallat. Y. (2013). Statistical assessment and analyses of the determinants of transportation sector gasoline demand in Jordan, *Transportation Research Part A*, Vol. 50, pp.129–138.

[5] Chang, Y., Lee, J. and Yoon, H. (2012). Alternative projection of the world energy consumption-in comparison with the 2010 international energy outlook, *Energy Policy*, Vol. 50, pp. 154–160

[6] González, P.F., Landajo, M. and Presno, M.J. (2014), Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate energy consumption. A cross country analysis in the EU-27. *Energy Policy*, Vol. 68, pp. 576–584

[7] Liimatainen, H. et al. (2014). Energy efficiency of road freight hauliers—A Nordic comparison. *Energy Policy*, Vol. 67, pp. 378–387

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
ที่มาของปัจจัยด้านการภาพ กิจกรรม และพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.1 ที่มาของปัจจัยต่างประเทศ

ตัวแปร	ที่มา	แหล่งข้อมูล
กายภาพ		
ขนาดพื้นที่	Surface area (sq. km) (http://data.worldbank.org/indicator/AG.SRF.TOTL.K2?name_desc=false)	ธนาคารโลก
จำนวนประชากร	Population, total (http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?end=2015&start=1960&view=chart&year_high_desc=true)	
ความหนาแน่นของประชากร	Population density (people per sq. km of land area) (http://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST?name_desc=false)	
ระยะทางถนน	Roadway (https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2085rank.html)	เดอะเวิลด์แฟกต์บุ๊ก
กิจกรรม		
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (GDP)	GDP (current US$) (http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?name_desc=false)	ธนาคารโลก
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อประชากร (GDP per capita)	GDP per capita (current US$) (http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?name_desc=false)	

ตัวแปร	ที่มา	แหล่งข้อมูล
พลังงาน		
ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง	http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html	BP Data workbook Statistical Review of World 2015
ปริมาณกำลังการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิง		
ปริมาณการใช้พลังงาน		
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	https://yearbook.enerdata.net/	Global Energy Statistical Yearbook 2015
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า		

ตารางที่ ข.2 ที่มาของปัจจัยประเทศไทย

ตัวแปร	ที่มา	แหล่งข้อมูล
กายภาพ		
ขนาดพื้นที่	บัญชีสรุปจำนวนจังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน ประจำปี 2558	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
จำนวนประชากร	ประกาศสำนักทะเบียนกลาง เรื่อง จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร แยกเป็นกรุงเทพมหานครและจังหวัดต่าง ๆ ตามหลักฐานการทะเบียนราษฎร ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2557	
ระยะทางของถนน	รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ป 2557 และโครงข่ายทางหลวงชนบท สำหรับปีงบประมาณ 2557	กรมทางหลวง และกรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม
จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสม	สถิติจำนวนรถจำแนกตามชนิดเชื้อเพลิงสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2557 (http://apps.dlt.go.th/statistics_web/fuel.html)	กรมการขนส่ง กระทรวงคมนาคม

ตัวแปร	ที่มา	แหล่งข้อมูล
จำนวนรายผู้ใช้ไฟฟ้า	สถิติผู้ใช้ไฟฟ้า และการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า จำแนกตามประเภทผู้ใช้ พ.ศ. 2548 – 2557 (http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries18.html)	สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม	สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงาน พ.ศ. 2535 จำแนกตามจังหวัด ณ สิ้นปี 2557 (http://www.diw.go.th/hawk/data/58/cumulative_prov.xls)	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
จำนวนสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง	ข้อมูลสถานีบริการน้ำมัน	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
กิจกรรม		
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP)	ตารางผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด แบบลูกโซ่ อนุกรมเวลา 2538-2557 (http://www.nesdb.go.th/ewt_dl_link.php?nid=5627&filename=gross_regional)	สำนักบัญชีประชาชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อประชากร (GPP per capita)		
ปริมาณการเดินทางบนทางหลวง	รายงานปริมาณการเดินทางบนทางหลวง ป 2557	กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
พลังงาน		
ปริมาณการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง	สรุปการจัดหาและการจำหน่ายน้ำมันเชื้อเพลิง 2557	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
ปริมาณการผลิตไฟฟ้า	แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. 2558 – 2579	สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

ตัวแปร	ที่มา	แหล่งข้อมูล
พลังงานไฟฟ้าที่จำหน่ายและใช้	สถิติผู้ใช้ไฟฟ้า และการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า จำแนกตามประเภทผู้ใช้ พ.ศ. 2548 – 2557 (http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries18.html)	สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีและสารสนเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
รายชื่อกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) และกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค.1 รายชื่อกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) และกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) ที่ใช้สร้างแบบจำลองปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และปริมาณการใช้พลังงานขั้นพื้นฐาน

กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) (29 ประเทศ)	แคนนาดา	ชิลี	แมกซิโก	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น
	เกาหลีใต้	อิสราเอล	ออสเตรเลีย	นิวซีแลนด์	ออสเตรีย
	เบลเยียม	สาธารณรัฐเช็ก	เดนมาร์ก	ฟินแลนด์	ฝรั่งเศส
	เยอรมันนี	กรีซ	ฮังการี	ไอร์แลนด์	อิตาลี
	เนเธอร์แลนด์	นอร์เวย์	โปแลนด์	โปรตุเกส	สเปน
	สวีเดน	สวิตเซอร์แลนด์	ตุรกี	สหราชอาณาจักร	
กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) (34 ประเทศ)	อาเซอร์ไบจาน	บังกลาเทศ	จีน	ฮ่องกง	อินเดีย
	อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	ปากีสถาน	ฟิลิปปินส์	สิงคโปร์
	เวียดนาม	เบลารุส	บัลแกเรีย	คาซัคสถาน	ลิทัวเนีย
	โรมาเนีย	รัสเซีย	เติร์กเมนิสถาน	ยูเครน	อุซเบกิสถาน
	อาร์เจนตินา	บราซิล	โคลอมเบีย	เอกวาดอร์	เปรู
	เวเนซุเอลา	แอลจิเรีย	อียิปต์	แอฟริกาใต้	อิหร่าน
	กาตาร์	ซาอุดิอารเบีย	สหรัฐอาหรับ เอมิเรตส์	ไทย	

ตารางที่ ค.2 รายชื่อกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) และกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) ที่ใช้สร้างแบบจำลองปริมาณการใช้ไฟฟ้า

กลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว (OECD) (21 ประเทศ)	แคนนาดา	ชิลี	แมกซิโก	สหรัฐอเมริกา	ญี่ปุ่น
	เกาหลีใต้	ออสเตรเลีย	นิวซีแลนด์	เบลเยียม	สาธารณรัฐเช็ก
	ฝรั่งเศส	เยอรมันนี	อิตาลี	เนเธอร์แลนด์	นอร์เวย์
	โปแลนด์	โปรตุเกส	สเปน	สวีเดน	ตุรกี
	สหราชอาณาจักร				
กลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Non-OECD) (19 ประเทศ)	จีน	อินเดีย	อินโดนีเซีย	มาเลเซีย	คาซัคสถาน
	ยูเครน	อุซเบกิสถาน	อาร์เจนตินา	บราซิล	โคลอมเบีย
	เวเนซุเอลา	แอลจิเรีย	อียิปต์	ไนจีเรีย	แอฟริกาใต้
	อิหร่าน	ซาอุดิอารเบีย	สหรัฐอาหรับ เอมิเรตส์	ไทย	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสุวรรณา เหมือนสอาด เป็นบุตรของ นายพงษ์ศักดิ์ เหมือนสอาด และนางบุบผา เหมือนสอาด เกิดเมื่อวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนวัดตาล ระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เมื่อปีการศึกษา 2549 และได้เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University