

ปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทย
โดยใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

FACTORS AFFECTING TO THE TRANSPORTATION ENERGY
CONSUMPTION IN NORTHERN REGION OF THAILAND
USING MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS MODELS

เจษฎา โพธิ์จันทร์^{1*}, วชิระ วิจิตรพงษ์¹, ปรีดา พิชยาพันธ์²,
และ เกียรติกร อรุณทยานันท์²

Jessada Pochan^{1*}, Wachira Wichitphongsa¹, Preda Pichayapan²,
and Kriangkrai Arunotayanun²

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ประเทศไทย 50200

¹Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang, Phitsanulok, Thailand, 65000

²Faculty of Engineering, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai, Thailand, 50200

*Corresponding author E-mail: markpochan@gmail.com

วันที่เข้ารับ 12 มกราคม 2562

วันที่แก้ไขบทความ 14 กุมภาพันธ์ 2562

วันที่ตอบรับบทความ 19 เมษายน 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่ง และระบุปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทย โดยในการวิจัยนี้ได้นำแบบจำลอง 2 แบบ ได้แก่ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง และแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทย 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองการใช้พลังงานดีเซล แบบจำลองการใช้พลังงานเบนซิน และ แบบจำลองการใช้พลังงานแอลพีจี ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองได้ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2561 โดยมีตัวแปรตาม ได้แก่ การใช้พลังงานดีเซล เบนซิน และแอลพีจี และตัวแปรอิสระ ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน ลักษณะภูมิประเทศ และผลิตภัณฑ์มวลรวมของแต่ละจังหวัด ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลองเส้นตรงให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองลอการิทึม ซึ่งปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานดีเซลโดยแบบจำลองเส้นตรง คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน และ รถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลกับพลังงานเบนซิน คือ จำนวนประชากร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ ลักษณะภูมิประเทศ และปัจจัยที่มีผลกับพลังงานแอลพีจี คือ จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงานรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และลักษณะภูมิประเทศ

คำสำคัญ: การใช้พลังงานในการขนส่ง, การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ, ข้อมูลภาคตัดขวาง

Abstract

The objectives of this research were to formulate models of energy consumption in transportation and to define the factors that affect the amount of provincial energy consumption in northern region of Thailand. Multiple linear regression analysis models and multiple log-linear regression analysis models were applied to develop three transportation energy consumption models; diesel consumption model, petrol consumption model, and LPG consumption model. Also, the models were separately developed to investigate the factors affecting the consumption of Diesel, Petrol, and LPG by using previous data in 2018. The independent variables include the number of populations, the number of registered vehicles, the number of gas stations, terrain of each province, and gross provincial product. It was revealed that the result of the multiple linear regression analysis models was more accurate than that of the multiple log-linear analysis regression models. The factors that affect the consumption of diesel are gross provincial product, the number of gas stations, and the number of trucks. The factors affecting the consumption of petrol are the number of populations, the number of sedans with no more than 7 passengers, and the terrain. Finally, the consumption of LPG is affected by the number of gas stations, the number of sedans with no more than 7 passengers, and the terrain.

Keywords: Transportation energy consumption, Multiple regression analysis, Cross sectional data

1. บทนำ

ปัจจุบันการใช้พลังงานในภาคการขนส่งของประเทศไทยสูงถึงร้อยละ 37 ของการใช้พลังงานทั้งประเทศ ซึ่งเป็นลำดับ 1 ส่วนอันดับ 2 คือภาคอุตสาหกรรม (ร้อยละ 36) (Energy policy and planning office, 2017) โดยพลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่งประกอบไปด้วย พลังงานดีเซล (39 %) พลังงานเบนซิน (22 %) พลังงานแอลพีจี (8 %) และ พลังงานอื่นๆ (31 %) เช่น น้ำมันเตา และ น้ำมันเครื่องบิน เป็นต้น (Energy policy and planning office, 2016) ซึ่งจากปริมาณการใช้พลังงานดังกล่าวทำให้ภาครัฐมีความจำเป็นต้องจัดทำแผนและมาตรการที่จะช่วยลดการใช้พลังงานและส่งเสริมการลงทุนด้านพลังงานทดแทนให้มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานให้กับประเทศ (Energy policy and planning office, 2015)

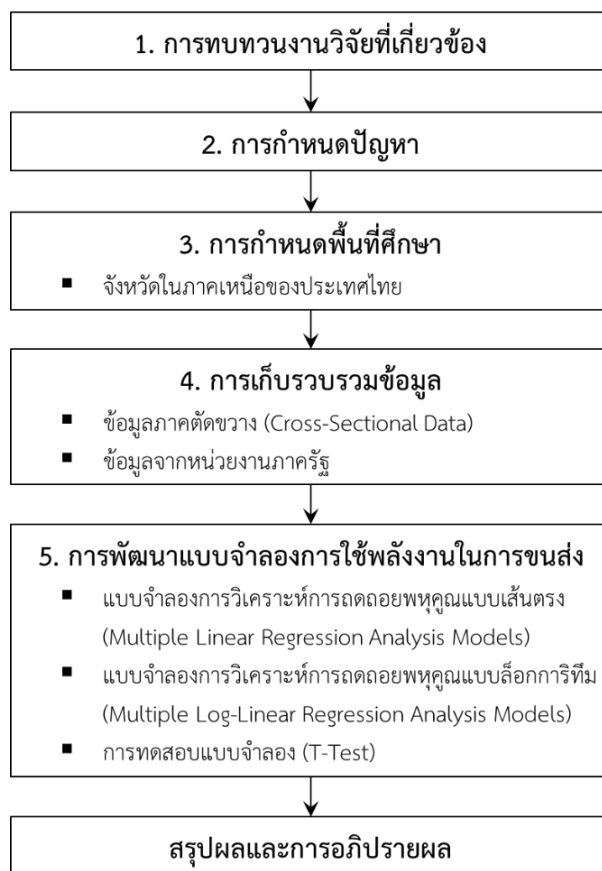
คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญในการจัดทำแผนและมาตรการด้านการใช้พลังงาน จึงได้ทำการศึกษาความต้องการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน การกำหนดนโยบาย และการกำหนดแผนงานด้านการใช้พลังงานในอนาคต อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ได้พัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่ง 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง (Multiple linear regression analysis models) และ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม (Multiple log-linear regression analysis models) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทย รวมไปถึงเพื่อคาดการณ์การใช้พลังงานในอีก 20 ปีข้างหน้า

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทย
- 2.2 เพื่อคาดการณ์การใช้พลังงานในอีก 20 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2581)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งวิธีการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย 1) การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) การกำหนดปัญหา 3) การกำหนดพื้นที่ศึกษา 4) การเก็บรวบรวมข้อมูล และ 5) การพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่ง ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่วางไว้ โดยกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

3.1 การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวโน้มและเทคนิคการคาดการณ์การใช้พลังงานมีความสำคัญในการพิจารณาเพื่อวางแผนการลงทุนในการผลิตพลังงานและการจัดจำหน่ายในแต่ละประเทศ โดยทั่วไปได้มีการนำแบบจำลองความต้องการพลังงานในการขนส่ง (Transport energy demand models) มาประยุกต์ใช้ในการคาดการณ์การใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม โดยแต่ละแบบจำลองมีการใช้ตัวแปรอิสระที่แตกต่างกัน อาทิเช่น Haldenbilen, S., & Ceylan, H. (2005) พัฒนาแบบจำลอง Genetic Algorithm โดยใช้ ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) จำนวนประชากร และกิโลเมตรยานพาหนะเดินทาง (Vehicle – Kilometer: VKT) Murat, Y. S., & Ceylan, H. (2006) พัฒนาแบบจำลอง Artificial neural networks โดยใช้ จำนวนประชากร และกิโลเมตรยานพาหนะเดินทาง ในการคาดการณ์การใช้พลังงานในประเทศตุรกี Ceylan, H. *et al.* (2008) พัฒนาแบบจำลอง Harmony search โดยใช้ ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ จำนวนประชากร และกิโลเมตรยานพาหนะเดินทาง Zhang, M. *et al.* (2009) พัฒนาแบบจำลอง Partial least square regression โดยใช้ ผลิตภัณฑ์มวลรวมของ

ประเทศ อัตราการขยายตัวของเมือง กิโลเมตรคนเดินทาง (Person – Kilometer: PKT) และ กิโลเมตรสินค้าเดินทาง (Ton – Kilometer: TKT) ในการคาดการณ์การใช้พลังงานในประเทศจีน Limanond, T. *et al.* (2011) พัฒนาแบบจำลอง Log – linear regression และ Feed – forward neural network โดยใช้ ผลผลิตมวลรวมของประเทศ จำนวนประชากร และจำนวนยานพาหนะจดทะเบียน ในการคาดการณ์การใช้พลังงานในประเทศไทย และ Zong, W.G. (2011) พัฒนาแบบจำลอง Artificial neural network โดยใช้ ผลผลิตมวลรวมของประเทศ จำนวนประชากร ราคาน้ำมัน จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน และกิโลเมตรคนเดินทาง ในการคาดการณ์การใช้พลังงาน

อย่างไรก็ตามชนิดและจำนวนของข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองความต้องการการใช้พลังงานในการขนส่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการศึกษาซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละการศึกษา โดยในการวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคมเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลอง อาทิเช่น ผลผลิตมวลรวม และจำนวนประชากร เป็นต้น รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่ถูกรวบรวมโดยหน่วยงานของภาครัฐ อาทิเช่น จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน เป็นต้น โดยตัวแปรอิสระที่เลือกใช้เป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในการขนส่งโดยตรง อาทิเช่น ผลผลิตมวลรวมซึ่งเป็นตัวแทนของแนวโน้มของความเจริญทางเศรษฐกิจในพื้นที่และมีอิทธิพลต่อการเพิ่ม-ลดการใช้พลังงานในการขนส่ง เช่นเดียวกับประชากรที่เป็นตัวแปรที่บ่งชี้ในการใช้พลังงาน คือ ยิ่งมีประชากรมากขึ้นก็จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานมากขึ้นด้วย และในทำนองเดียวกันถ้าจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

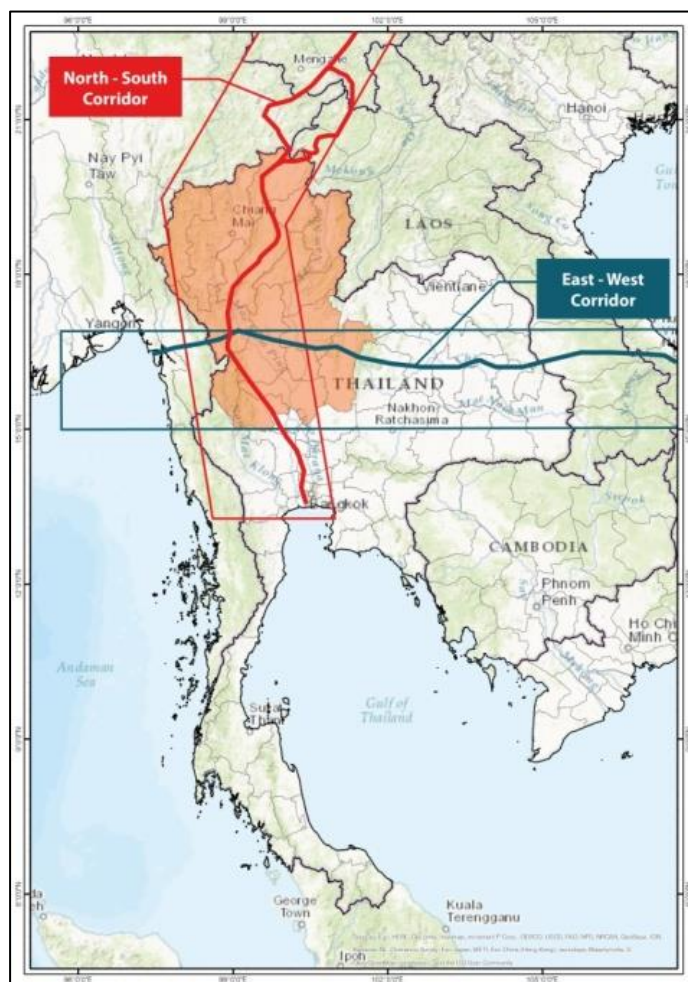
3.2 การกำหนดปัญหา

แนวทางการพิจารณาปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งจะพิจารณาโดยการพัฒนาแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานกับข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม โดยในเบื้องต้นจะกำหนดปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลกับการใช้พลังงานก่อน แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองและการตรวจสอบแบบจำลองเพื่อให้ได้ปัจจัยที่มีผลการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้มาใช้ในการคาดการณ์ความต้องการใช้พลังงานในอนาคตเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนและกำหนดนโยบายด้านพลังงานในอนาคตต่อไป

3.3 การกำหนดพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้เลือกพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยที่แบ่งตามเขตการปกครอง (ประกอบด้วย 17 จังหวัด) ดังแสดงในภาพที่ 2 เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากเป็นภูมิภาคที่ครอบคลุมทั้งแนวพื้นที่เศรษฐกิจเหนือ-ใต้ (North-south economic corridor: NSEC) และแนวพื้นที่เศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก (East-west economic corridor: EWEC) จึงเป็นภูมิภาคที่มีแนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงกับการใช้พลังงานในอนาคต อีกทั้งยังเป็นภูมิภาคที่มีลักษณะภูมิ

ประเทศทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ภูเขา จึงทำให้การพิจารณาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในการขนส่งมีปัจจัยที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษาของงานวิจัย

3.4 ข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานในการขนส่ง (ตัวแปรตาม) โดยตรง อาทิเช่น ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน และ ลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น โดยข้อมูลที่คาดว่าจะมีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งแสดงในตารางที่ 1



ตารางที่ 1 ข้อมูลที่คาดว่าจะมีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่ง

ข้อมูล	แหล่งรวบรวมข้อมูล
การใช้พลังงานดีเซล	กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน
การใช้พลังงานเบนซิน	
การใช้พลังงานแอลพีจี	
จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน	
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
จำนวนประชากร	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
จำนวนนักท่องเที่ยว	กรมการท่องเที่ยว กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา
จำนวนยานพาหนะจดทะเบียน ▪ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ▪ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลเกิน 7 คน ▪ รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล ▪ รถยนต์สามล้อส่วนบุคคล ▪ รถยนต์รับจ้างระหว่างจังหวัด ▪ รถยนต์รับจ้างบรรทุกคน ▪ รถจักรยานยนต์ ▪ รถโดยสารประจำทาง/ไม่ประจำทาง ▪ รถบรรทุก (เล็ก/กลาง/ใหญ่) ▪ ฯลฯ	กรมการขนส่งทางบก กระทรวงคมนาคม
ลักษณะภูมิประเทศ	กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมนี้เป็นข้อมูลแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional data) คือเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวม ณ เวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลรายจังหวัดในปี พ.ศ. 2561 เพื่อการพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่ง อย่างไรก็ตามการใช้ตัวแปรจำนวนยานพาหนะจดทะเบียนอาจไม่ถูกต้องมากนัก เนื่องจากในพื้นที่ใดๆ จะมียานพาหนะจากภายนอกเข้ามาในพื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้มีการพิจารณาตัวแปรจำนวนสถานีจำหน่ายพลังงานเข้ามาในแบบจำลองร่วมด้วย ซึ่งจะสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้

3.5 การพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่ง

การพัฒนาแบบจำลองการใช้พลังงานในการขนส่งสำหรับการศึกษานี้ เป็นการพัฒนาเพื่อหาแบบจำลองตัวแทนของจังหวัดในภาคเหนือ (แบ่งตามเขตการปกครอง) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

หลัก คือ 1) การสร้างแบบจำลอง ซึ่งมี 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง (Multiple linear regression analysis models) และ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม (Multiple log-linear regression analysis models) และ 2) การทดสอบแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง

แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง (Multiple linear regression analysis models) เป็นเทคนิคทางเศรษฐมิติ (Econometric technique) ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent variable) และตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) โดยมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง (Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J. *et al.*, 1996) ซึ่งเทคนิคนี้สามารถช่วยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันและอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีทางสถิติที่มีการพิสูจน์แล้ว นอกจากนี้การพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรงยังสามารถใช้เพื่อประมาณหรือคาดการณ์ค่าของตัวแปรตามภายใต้สถานการณ์อนาคต ซึ่งทำได้โดยการประมาณค่าของตัวแปรต้นในอนาคต โดยรูปแบบของแบบจำลองแสดงในสมการที่ (1)

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

เมื่อ

Y = ตัวแปรตาม

Y_i = ตัวแปรต้น โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

β_i = ค่าสัมประสิทธิ์ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

ε = ค่าความคลาดเคลื่อน

ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองสามารถหาค่าโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) เป็นกระบวนการทดลองสุ่มเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าผลต่างกำลังสองน้อยที่สุดระหว่างค่าจากแบบจำลอง (Y_i) และค่าจากข้อมูลจริง ($\hat{Y}_i$) ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \text{Minimize } \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_1 X_i - \dots - \beta_n X_n)^2 \quad (2)$$

โดยมีสมมุติฐานดังนี้

- 1) ในแต่ละค่าความคลาดเคลื่อน (ε_i) มีค่าเป็น 0
- 2) $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ เป็นอิสระจากกัน
- 3) ε สำหรับการกำหนดตัวแปรต้น (X) ให้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal distribution) ด้วย ค่าเฉลี่ย 0 และ ความแปรปรวน

2. แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม

แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม (Multiple log-linear regression analysis models) เป็นแบบจำลองการวิเคราะห์ที่ง่ายโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ระหว่างตัวแปรตาม (Dependent variable) และ ตัวแปรต้น (Independent variable) ในรูปแบบของลอการิทึมธรรมชาติ (Natural logarithms) ซึ่งการประมาณค่าสัมประสิทธิ์แสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของตัวแปรตามที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรต้น โดยรูปแบบของแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม ดังแสดงในสมการที่ (3)

$$\ln(Y) = \beta_1 \ln(X_1) + \beta_2 \ln(X_2) + \dots + \beta_n \ln(X_n) + \varepsilon \quad (3)$$

เมื่อ

Y = ตัวแปรตาม

X_i = ตัวแปรต้น โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

β_i = ค่าสัมประสิทธิ์ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

ε = ค่าความคลาดเคลื่อน

ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึมสามารถหาค่าโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square method) เช่นเดียวกับแบบจำลองเส้นตรง

3. การทดสอบแบบจำลอง

การวิจัยนี้ได้ทดสอบระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองจากค่า Coefficient of determination (R^2) และมีการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ไม่เท่ากับศูนย์ (T-test) ที่ช่วงความเชื่อมั่น (Level of confident) 95 % โดยค่า T-Statistic หาได้จากสมการที่ (4)

$$\text{สำหรับ } \beta_i : T = \frac{\hat{\beta}_i}{\frac{s_e}{\sqrt{S_{xx}}}} \quad (4)$$

การทดสอบทางสถิติสำหรับ β_i จะใช้ T-Test ในรูปของ $T = \text{Estimate} / \text{Standard Error}$ สำหรับ $H_0: \beta_i = 0, H_a: \beta_i \neq 0$

นอกจากนี้ในการศึกษายังได้มีการทดสอบสหสัมพันธ์ (Correlation) โดยเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ว่ามีความอิสระต่อการหรือไม่ (ไม่เกี่ยวพัน ไม่ความสอดคล้อง ไม่การแปรผันร่วมกัน) ซึ่งเป็นสิ่งคุณสมบัติที่พึงมีสำหรับตัวแปรต้นที่จะนำมาใช้เพื่อการสร้างแบบจำลอง โดยในการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร จะใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) หาได้จากสมการที่ (5) และใช้เกณฑ์ดังตารางที่ 2

$$r_{xy} = \frac{N \cdot \sum(XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{[N \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2] \cdot [N \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (5)$$



เมื่อ r_{xy} = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน
 ΣX = ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 1 (X)
 ΣY = ผลรวมของข้อมูลที่วัดได้จากตัวแปรตัวที่ 2 (Y)
 $\Sigma(XY)$ = ผลรวมของผลคูณระหว่างข้อมูลตัวแปรที่ 1
 และ 2
 ΣX^2 = ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จากตัว
 แปรตัวที่ 1
 ΣY^2 = ผลรวมของกำลังสองของข้อมูลที่วัดได้จาก
 ตัวแปรตัวที่ 2
 N = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 2 เกณฑ์พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

(Hinkle, D. E., William, W. & Stephen G. J., 1998)

4. ผลการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย 1) ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น 2) ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง 3) ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม และ 4) ผลการคาดการณ์การใช้พลังงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์เบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญกับการใช้พลังงานประกอบด้วย จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด จำนวนประชากร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รถบรรทุก และ ลักษณะภูมิประเทศ โดยผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของปัจจัยแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของปัจจัย

		STA	GPP	POP	SE	TRUCK	TER
STA	Pearson Correlation	1.00	0.23	0.76**	0.19	0.29	-0.18
	Sig. (2-tailed)	.	0.38	0.00	0.43	0.33	0.44
	N	17	17	17	17	17	17
GPP	Pearson Correlation	0.23	1.00	0.89**	0.24	0.26	-0.24
	Sig. (2-tailed)	0.38	.	0.00	0.37	0.35	0.36
	N	17	17	17	17	17	17
POP	Pearson Correlation	0.76**	0.89**	1.00	0.26	0.21	-0.09
	Sig. (2-tailed)	0.00	0.00	.	0.35	0.40	0.73
	N	17	17	17	17	17	17
SE	Pearson Correlation	0.19	0.24	0.26	1.00	0.17	0.12
	Sig. (2-tailed)	0.43	0.37	0.35	.	0.46	0.64
	N	17	17	17	17	17	17
TRUCK	Pearson Correlation	0.29	0.26	0.21	0.17	1.00	-0.13
	Sig. (2-tailed)	0.33	0.35	0.40	0.46	.	0.55
	N	17	17	17	17	17	17
TER	Pearson Correlation	-0.18	-0.24	-0.09	0.12	-0.13	1.00
	Sig. (2-tailed)	0.44	0.36	0.73	0.64	0.55	.
	N	17	17	17	17	17	17

หมายเหตุ: ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

เครื่องหมาย บวก (+) หมายถึง มีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกัน

เครื่องหมาย ลบ (-) หมายถึง มีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางตรงกันข้าม

STA หมายถึง จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน

POP หมายถึง จำนวนประชากร

SE หมายถึง รอยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง

TRUCK หมายถึง รถบรรทุก

TER หมายถึง ลักษณะภูมิประเทศ

จากตารางผลการทดสอบสหสัมพันธ์ของปัจจัย พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก ยกเว้น จำนวนประชากร ที่มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงกับ จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน และผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด ดังนั้นในการวิเคราะห์แบบจำลองจึงควรเลือกใช้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) ประกอบด้วย ค่าต่ำสุด (Min) ค่าสูงสุด (Max) ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ของปัจจัย โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์สถิติพรรณนา

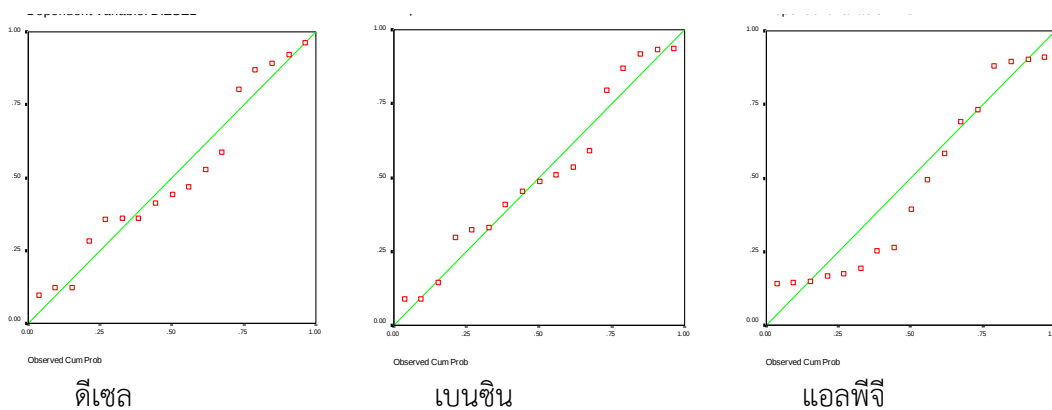
ปัจจัย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน (สถานี)	27	745	390	185
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (ล้านบาท)	13,190	233,503	84,714	43,488
จำนวนประชากร (คน)	254,322	1,719,438	717,575	355,212
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง (คัน)	2,691	321,834	63,046	52,990
รถบรรทุก (คัน)	779	22,894	9,473	5,115
ลักษณะภูมิประเทศ (0=พื้นที่ราบ 1=พื้นที่ภูเขา)	0	1	0.59	0.49

หมายเหตุ: ปีฐาน พ.ศ. 2561 (ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล)

4.2 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง พบว่า ปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานดีเซล คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน และ รถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลกับพลังงานเบนซิน คือ จำนวนประชากร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ ลักษณะภูมิประเทศ และปัจจัยที่มีผลกับพลังงานแอลพีจี คือ จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ ลักษณะภูมิประเทศ โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5 และการตรวจสอบข้อสมมุติฐานของการวิเคราะห์โดยกราฟ Normal P-P plot of regression

standardized residual ของแต่ละพลังงาน พบว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเข้าใกล้การแจกแจงปกติ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟ P-P Plot of Regression Standardized Residual
(แบบจำลองเส้นตรง)

4.3 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองการถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม พบว่า ปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานดีเซล คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด และ รถบรรทุก ส่วนปัจจัยที่มีผลกับพลังงานเบนซิน คือ จำนวนประชากร และ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และปัจจัยที่มีผลกับพลังงานแอลพีจี คือ จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน และ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 6 และการตรวจสอบข้อสมมุติฐานของการวิเคราะห์โดยกราฟ Normal P-P plot of regression standardized residual ของแต่ละพลังงาน พบว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเข้าใกล้การแจกแจงปกติ ดังแสดงในภาพที่ 4

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงาน (แบบจำลองลอการิทึม)

พลังงาน	ผลการวิเคราะห์		
	สมการ	R ²	T-Statistic
ดีเซล	$\ln(Y_1) = 0.768 \ln(X_1) + 0.292 \ln(X_5)$	0.999	2.695, 2.025
เบนซิน	$\ln(Y_2) = 0.423 \ln(X_2) + 0.466 \ln(X_4)$	0.999	6.547, 5.610
แอลพีจี	$\ln(Y_3) = 0.294 \ln(X_3) + 0.899 \ln(X_4)$	0.997	2.365, 21.125

โดยที่ Y_1 = การใช้พลังงานดีเซล (1,000 ลิตร)

Y_2 = การใช้พลังงานเบนซิน (1,000 ลิตร)

Y_3 = การใช้พลังงานแอลพีจี (1,000 ลิตร)

X_1 = ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (ล้านบาท)

X_2 = จำนวนประชากร (คน)

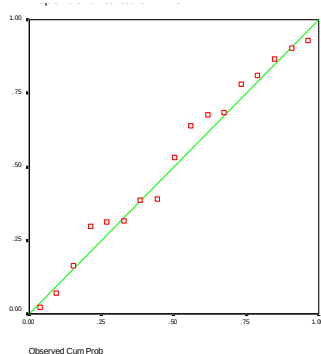
X_3 = จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน (สถานี)

X_4 = รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง (คัน)

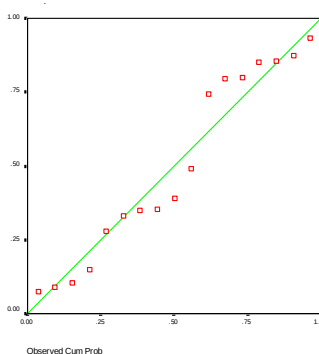
X_5 = รถบรรทุก (คัน)

T – Statistic = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % 2-tails > | $t_{0.025}$ | (1.96)

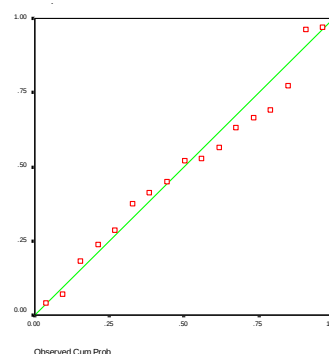
$\ln(X) = \log_e(X)$, โดยที่ $e=2.718$



ดีเซล



เบนซิน



แอลพีจี

ภาพที่ 4 กราฟ P-P Plot of Regression Standardized Residual
(แบบจำลองลอการิทึม)

4.4 ผลการคาดการณ์การใช้พลังงาน

ผู้วิจัยได้นำปริมาณการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือที่ได้จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง และ แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม มาเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง ปี พ.ศ. 2561 ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือ

พลังงาน	ข้อมูล ปี พ.ศ. 2561 (1,000 ลิตร)	แบบจำลองเส้นตรง		แบบจำลองลอการิทึม	
		พลังงาน (1,000 ลิตร)	ความแตกต่าง (%)	พลังงาน (1,000 ลิตร)	ความแตกต่าง (%)
ดีเซล	2,472,260	2,417,376	2.22	2,551,125	3.19
เบนซิน	930,808	917,125	1.47	877,565	5.72
แอลพีจี	633,644	646,254	1.99	672,296	6.10

จากตารางที่ 7 พบว่า แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรงให้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกว่าแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึม ดังนั้นในการคาดการณ์ปริมาณการใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือสำหรับปีอนาคต จึงใช้แบบจำลองเส้นตรง มีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี (Growth rate) ของปัจจัย (ตัวแปรต้น) เป็นไปตามตารางที่ 8 โดยจะคาดการณ์ทุกๆ 5 ปี นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 ไปจนถึง 20 ปี หรือ พ.ศ. 2581 ซึ่งผลการคาดการณ์แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 8 อัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี (Growth Rate) ของปัจจัย

ปัจจัย	อัตราการเพิ่มขึ้น (%)
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	8.24
จำนวนประชากร	1.04
จำนวนสถานีจำหน่ายพลังงาน	4.39
รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง	10.14
รถบรรทุก	1.64

(วิเคราะห์จากข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี พ.ศ. 2552 – พ.ศ. 2561)

ตารางที่ 9 ผลการคาดการณ์การใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือ

พลังงาน	การใช้พลังงานในการขนส่งในภาคเหนือ (1,000 ลิตร)				
	พ.ศ. 2561**	พ.ศ. 2566	พ.ศ. 2571	พ.ศ. 2576	พ.ศ. 2581
ดีเซล	2,472,260	3,103,429	3,986,646	5,199,558	6,562,049
เบนซิน	930,808	1,325,268	1,962,657	2,986,047	4,191,713
แอลพีจี	633,644	874,864	1,233,125	1,781,525	2,418,953

หมายเหตุ: ** ปีฐาน พ.ศ. 2561 (ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูล

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากการพัฒนาแบบจำลองความต้องการการใช้พลังงานทั้ง 2 แบบจำลอง พบว่า ปัจจัยที่มีผลกับการใช้พลังงานในการขนส่งของทั้ง 2 แบบจำลองไม่แตกต่างกันมากนัก กล่าวคือปัจจัยที่ได้จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบลอการิทึมจะเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยที่ได้จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรง โดยแบบจำลองแบบเส้นตรง ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานดีเซล ประกอบด้วย ผลัดภณัฒม์วบรวมจ้งหวัด จ้งนวนสถำนิจำหน้งยพลังงาน และ รถบรรทุก ส่วนปัจจัยจ้งนวนประชากร รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ ลักษณะภูมิประเทศ มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานเบนซิน และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานแอลพีจี คือ จ้งนวนสถำนิจำหน้งยพลังงาน รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ ลักษณะภูมิประเทศ ส่วนแบบจำลองลอการิทึม ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานดีเซล ประกอบด้วย ผลัดภณัฒม์วบรวมจ้งหวัด และ รถบรรทุก ส่วนปัจจัยจ้งนวนประชากร และ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานเบนซิน และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานแอลพีจี คือ จ้งนวนสถำนิจำหน้งยพลังงาน และ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง ซึ่งแบบจำลองแบบเส้นตรงสามารถคาดการณ์การใช้พลังงานในภาคการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทยได้ใกล้เคียงกว่าแบบจำลองแบบลอการิทึม

การคาดการณ์การใช้พลังงานในภาคการขนส่งในภาคเหนือของประเทศไทยโดยแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบเส้นตรงในอีก 20 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2581) พบว่า มีการใช้พลังงานดีเซล เบนซิน และ แอลพีจี ประมาณ 6,562,049 พันลิตร 4,191,713 พันลิตร และ 2,418,953 พันลิตร ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมากจากปี พ.ศ. 2561 ที่มีการใช้พลังงานเพียง 2,472,260 พันลิตร 930,808 พันลิตร และ 633,644 พันลิตร ตามลำดับ หรือคิดเป็น 2.65 4.50 และ 3.82 เท่า ตามลำดับ ดังนั้นหากภาครัฐต้องการจะควบคุมการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ควรจะให้ความสำคัญกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับจำนวนยานพาหนะเป็นหลัก ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 ที่นั่ง และ รถบรรทุก

เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ภาครัฐสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าปัจจัยอื่นๆ โดยการส่งเสริมให้มีการใช้ระบบขนส่งสาธารณะให้มากยิ่งขึ้น อาทิเช่น ระบบการขนส่งทางราง เป็นต้น ซึ่งจะช่วยทำให้การใช้จำนวนยานพาหนะในการขนส่งลดลง และส่งผลให้มีการใช้พลังงานลดลงด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิชาเอกเทคโนโลยีก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมา ตลอดจนข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการทำการศึกษาในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S., & Baskan, O. (2008). Transport energy modeling with meta-heuristic harmony search algorithm, an application to Turkey. **Energy Policy**, 36, 2527 – 2535.
- Energy Policy and Planning Office. (2015). **Journal of energy policy No. 109**. Ministry of Energy. (in Thai)
- Energy Policy and Planning Office. (2016). **Oil management plan 2015-2036**. Ministry of Energy. (in Thai)
- Energy Policy and Planning Office. (2017). **Strategic plan of office of energy policy and planning 2017-2021**. Ministry of Energy. (in Thai)
- Haldenbilen, S., & Ceylan, H. (2005). Genetic algorithm approach to estimate transport energy demand in Turkey. **Energy Policy**, 33, 89 – 98.
- Hinkle, D. E., William, W., & Stephen G. J. (1998). **Applied statistics for the behavior sciences** (4th ed). New York: Houghton Mifflin, 118.
- Limanond, T., Jomnonkwao, S., & Srikaew, A. (2011). The projection of future transport energy demand of Thailand. **Energy Policy**, 39, 2754 – 2763.
- Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., & Wasserman, W. (1996). **Applied Linear 40 Statistical Models (4th Ed.)**. IL: IRWIN, Chicago.
- Zhang, M., Mu, H., Li, G., & Ning, Y. (2009). Forecasting the transport energy demand based on PLSR method in China. **Energy Policy**, 34, 1396 – 1400.



Zong, W.G. (2011). Transport energy demand modeling of South Korea using artificial Neural network. **Energy Policy**, 39, 4644 – 4650.