

ผลกระทบของยานยนต์อัตโนมัติต่อการใช้จ่ายพลังงานในภาคการขนส่งไทย



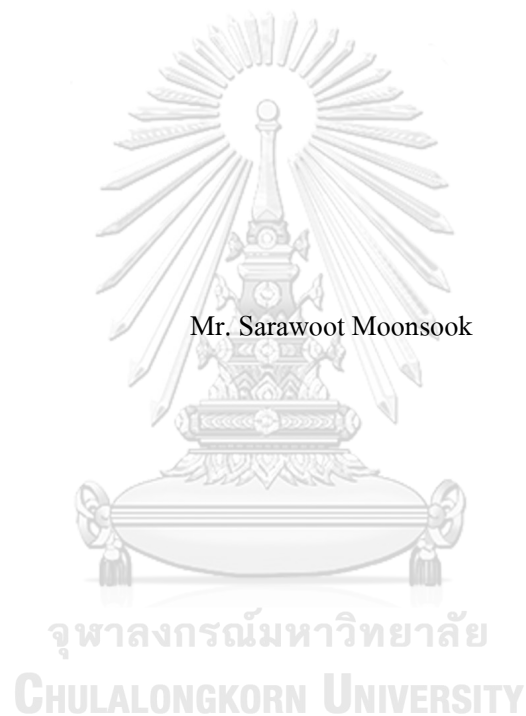
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF AUTONOMOUS VEHICLES ON THAILAND ENERGY CONSUMPTION IN
TRANSPORT SECTOR



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2019
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของยานยนต์อัตโนมัติต่อการใช้พลังงานในภาค การขนส่งไทย
โดย	นายสรายุทธิ มูลสุข
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรมนุญ หนูจักร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติศักดิ์ บุญปราโมทย์)

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต จินดาวงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

..... กรรมการ
(ดร.วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.สมภพ พัฒนอริยางกูร)

6087607020 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

KEYWORD: Autonomous Vehicles, Energy Consumption, Transport Sector, Thailand

Sarawoot Moonsook : EFFECTS OF AUTONOMOUS VEHICLES ON THAILAND ENERGY CONSUMPTION IN TRANSPORT SECTOR. Advisor: Assoc. Prof. JITTICHAIRUDJANAKANOKNAD, Ph.D.

This research aims to investigate energy consumption forecasts in Thailand's transport sector and consider how the entry of autonomous vehicle in Thailand market would affect them through the use of End-use Energy Demand Model, related literature reviews and interviews of specialists. The findings show that there are two main factors affecting energy demand, i.e., travel demand factor and vehicle efficiency factor. Based on the scenario analysis of these two factors, the entry of autonomous vehicle would affect referred future forecasts from -3.01% to -14.74% (probable case) and from -50.00% to +40.66% (extreme case). In addition, this study analyzes two comparative cases which the future autonomous vehicles might be either sharing or non-sharing. However, both forecasts are not significantly different. Subsequently, this study applies the Autonomous Vehicles Readiness Index (AVRI) to Thailand and found that Thailand's score is only 6.29, which is much lower than 24.75 of the US' one. Nevertheless, Thailand's score is trending up in the future and highly sensitive on the social acceptance pillar. These findings would be very useful for energy planning to achieve a balance of energy efficiency and security in the transport sector from the coming of autonomous vehicle in Thailand.

Field of Study: Energy Technology and
Management

Student's Signature

Academic Year: 2019

Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีหากขาดความช่วยเหลือและไมตรีจิตทั้งทางตรงและทางอ้อมจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ดังต่อไปนี้

1. รศ. ดร. จิตติชัย รุจนกนกนาฏ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
2. ผศ. ดร. ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
3. รศ. ดร. ธนิต จินดาวงศ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
4. รศ. ดร. สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
5. ดร. วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
6. ดร. สมภพ พัฒนอริยางกูร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
7. ดร.จักรพงษ์ พงษ์ไฉสวรรย์ นักวิจัย จากสถาบันวิจัยพลังงาน
8. กองทุนเงินอุดหนุนจากสัญญาโรงกลั่นปิโตรเลียม
9. ผู้แทนสถาบันยานยนต์
10. ผู้แทนจากกองพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร สนข.
11. คุณอรพิน ศิริวงศศิลป์ เจ้าหน้าที่ประจำสาขาฯ

ตลอดจนจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแหล่งประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และกัลยาณมิตรที่ดีที่คอยสนับสนุนด้วยดีเสมอมา

ในการนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเกิดประโยชน์สมดังเจตนาของการจัดทำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สราวุฒิ มูลสุข

สารบัญ

	หน้า
.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ขั้นตอนการวิจัย	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร	4
2.1 ยานยนต์อัตโนมัติ	4
2.1.1 ระดับของเทคโนโลยีอัตโนมัติ	5
2.1.2 ระบบเทคโนโลยีอัตโนมัติ	7
2.2 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงาน	11
2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานภาคขนส่งของโลกจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ	19
2.3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง	19

2.3.2	ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์	30
2.4	ความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ	51
บทที่ 3	วิธีการดำเนินการวิจัย	64
3.1	ภาพรวมของงานวิจัย.....	64
3.2	ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	65
3.3	กำหนดปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานของการวิจัย.....	66
3.3.1	การพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	66
3.3.2	การพยากรณ์แนวโน้มความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด (Scenario Analysis)	78
3.3.3	การพยากรณ์ความต้องการพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของไทย (Scenario Analysis) เทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	81
3.4	รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	82
3.5	ดำเนินการวิจัยตามปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานการวิจัย	82
3.6	สรุปผลการศึกษา	83
บทที่ 4	พยากรณ์ความต้องการพลังงานของไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) 84	
4.1	รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	84
4.2	การพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita).....	88
4.3	การพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่	94
4.4	การพยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์.....	98
4.5	การพยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมในปีที่พยากรณ์.....	106
4.6	การพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง	119
4.7	การทวนสอบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง	125

4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้องการพลังงานของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	136
บทที่ 5 พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ความต้องการพลังงานของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด.....	149
5.1 การวิเคราะห์ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นกรณีฐาน	149
5.2 การสร้างดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย	163
5.3 การวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญต่อการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด	180
5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย	181
5.5 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นประเทศกรณีฐาน.....	186
5.6 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย	190
บทที่ 6 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	199
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ	213
7.1 ผลกระทบของยานยนต์อัตโนมัติต่อการใช้พลังงานภาคขนส่งไทย.....	213
7.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับประเทศ	217
7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	218
7.4 แนวทางการวิจัยขั้นต่อไป.....	219
บรรณานุกรม	220
ภาคผนวก	225
ประวัติผู้เขียน	230

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจุบันที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง	49
ตารางที่ 2-2 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจุบันที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์.....	50
ตารางที่ 2-3 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านนโยบายและกฎหมาย	53
ตารางที่ 2-4 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม.....	55
ตารางที่ 2-5 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านโครงสร้างพื้นฐาน	58
ตารางที่ 2-6 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านการยอมรับทางสังคม.....	60
ตารางที่ 2-7 ตารางแสดงค่าคะแนนรวมในแต่ละด้านและดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ	62
ตารางที่ 3-1 การแบ่งประเภทของยานยนต์ในงานวิจัย	67
ตารางที่ 3-2 การแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงในงานวิจัย	67
ตารางที่ 3-3 ร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ.....	68
ตารางที่ 3-4 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการของตัวแปรในการคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์และระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปี	75
ตารางที่ 3-5 อัตราการใช้เชื้อเพลิงปีแยกตามประเภทยานยนต์และประเภทเชื้อเพลิง	77
ตารางที่ 3-6 สูตรสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม	80
ตารางที่ 3-7 ตารางสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	82
ตารางที่ 4-1 จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยแยกตามประเภทตามสมมติฐาน ..	84
ตารางที่ 4-2 จำนวนยานยนต์ที่สะสมจำแนกตามอายุยานยนต์ในปี พ.ศ. 2550.....	85
ตารางที่ 4-3 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) และราคาเชื้อเพลิงของประเทศไทยตามประเภทเชื้อเพลิง	86

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี	92
ตารางที่ 4-5 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) จากการพยากรณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580.....	93
ตารางที่ 4-6 สมการพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่แยกตามประเภทของยานยนต์ตาม สมมติฐาน.....	95
ตารางที่ 4-7 พยากรณ์จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยแยกตามประเภทตาม สมมติฐาน.....	96
ตารางที่ 4-8 ร้อยละอัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์.....	98
ตารางที่ 4-9 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและ แก๊สโซฮอล์แยกตามปี พ.ศ.	100
ตารางที่ 4-10 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลแยกตามปี พ.ศ.	101
ตารางที่ 4-11 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ ปีโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.....	102
ตารางที่ 4-12 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ สำหรับยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.	103
ตารางที่ 4-13 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมแยกประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฟฟ้าแยกตามปี พ.ศ.	104
ตารางที่ 4-14 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์รวมสะสมตามประเภทยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.	105
ตารางที่ 4-15 ระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์ตามอายุปีแยกตามประเภทยานยนต์.....	106
ตารางที่ 4-16 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและ แก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.	108
ตารางที่ 4-17 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลตามปี พ.ศ.	109
ตารางที่ 4-18 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ ปีโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.	110

ตารางที่ 4-19 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.	111
ตารางที่ 4-20 สมการพยากรณ์ราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแยกตามประเภทของเชื้อเพลิงตามสมมติฐาน	114
ตารางที่ 4-21 สมการพยากรณ์ค่าแก๊วระยะการเดินทางสะสมต่อปีตามสมมติฐาน	115
ตารางที่ 4-22 พยากรณ์ราคาเฉลี่ยเชื้อเพลิงและค่าแก๊วสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อของยานยนต์ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามปี พ.ศ.	116
ตารางที่ 4-23 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้วแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.	117
ตารางที่ 4-24 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้วแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.....	118
ตารางที่ 4-25 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.....	119
ตารางที่ 4-26 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลตามปี พ.ศ..	120
ตารางที่ 4-27 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.....	121
ตารางที่ 4-28 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.....	122
ตารางที่ 4-29 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ.....	123
ตารางที่ 4-30 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PC)	126
ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU)	126
ตารางที่ 4-32 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (TAXI)	127

ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์เชิงพาณิชย์ (COMC)	128
ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์รับจ้างสามล้อ (3WL)	128
ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถจักรยานยนต์ (MC).....	129
ตารางที่ 4-39 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถโดยสารประจำทาง (BUS)	130
ตารางที่ 4-37 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถบรรทุกสาธารณะ (TRK)	130
ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์รวมสะสม.....	131
ตารางที่ 4-40 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G)	133
ตารางที่ 4-31 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D).....	133
ตารางที่ 4-42 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG).....	134
ตารางที่ 4-43 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG).....	135
ตารางที่ 4-43 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita).....	142
ตารางที่ 5-1 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านนโยบายและกฎหมาย	150
ตารางที่ 5-2 ค่าตัวแปรที่ศึกษาในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม.....	152
ตารางที่ 5-3 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านโครงสร้างพื้นฐาน	155
ตารางที่ 5-4 ค่าตัวแปรที่ศึกษาในการยอมรับทางสังคม	157
ตารางที่ 5-5 ตารางแสดงค่าคะแนนรวมในแต่ละด้านและดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ	160

ตารางที่ 5-6 ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติและค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ด้านของประเทศไทย	168
ตารางที่ 5-7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index).....	182
ตารางที่ 5-8 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ศึกษาในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index).....	185
ตารางที่ 5-9 สรุปช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของประเทศกรณีฐาน....	186
ตารางที่ 5-10 สรุปช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของประเทศไทย	190
ตารางที่ 5-11 สรุปร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย	194
ตารางที่ 5-12 สรุปพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย	195
ตารางที่ 5-13 พยากรณ์สัดส่วนการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน ของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยตามสมมติฐาน	196
ตารางที่ 5-14 การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตามสมมติฐานของ PC และ TAXI กรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing).....	197
ตารางที่ 6-1 พยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) (กรมธุรกิจพลังงาน, 2558)	200
ตารางที่ 6-2 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการแบบ Probable Case	201
ตารางที่ 6-3 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Extreme Case	202
ตารางที่ 6-4 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Probable Case	203
ตารางที่ 6-5 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Extreme Case	204



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แผนภาพแสดงความแตกต่างของเทคโนโลยีอัตโนมัติ ในแต่ละระดับ	5
รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างเทคโนโลยี ADAS เต็มรูปแบบพร้อมกับอุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน	7
รูปที่ 2-3 พยากรณ์ความต้องการพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด	18
รูปที่ 2-4 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายของแต่ละประเทศที่ศึกษา	52
รูปที่ 2-5 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของแต่ละประเทศที่ศึกษา..	55
รูปที่ 2-6 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐานของแต่ละประเทศที่ศึกษา	57
รูปที่ 2-7 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคมของแต่ละประเทศที่ศึกษา.....	60
รูปที่ 3-1 แนวโน้มการพัฒนายานยนต์จากการวิจัยของบริษัทเทอร์แกน สแตนลีย์.....	79
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมใน ประเทศต่อหัว (GDP per capita) ระหว่างปี พ.ศ. 2534 - พ.ศ. 2561	88
รูปที่ 4-2 ผลการตรวจสอบข้อมูลโดยวิธีบ็อกพล็อต (Box plot) โปรแกรม MINITAB	89
รูปที่ 4-3 กราฟแสดงผลการพยากรณ์ GDP per capita ด้วยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์	93
รูปที่ 4-4 กราฟแสดงผลการพยากรณ์จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยแยกตาม ประเภทตามสมมติฐาน ระหว่างปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580	97
รูปที่ 4-5 ผลการตรวจสอบข้อมูลราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท โดยวิธีบ็อกพล็อต (Box plot) โปรแกรม MINITAB	112
รูปที่ 4-6 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ.	124
รูปที่ 4-7 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ของประเทศไทย สำหรับวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการพลังงานของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	137

รูปที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	138
รูปที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ของไทย เทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	139
รูปที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับ ยานยนต์ (LPG) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)	140
รูปที่ 4-11 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis).....	141
รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่ +10%	146
รูปที่ 4-13 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ณ ปี พ.ศ. 2580.....	147
รูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านนโยบายและกฎหมายของประเทศไทยเทียบ กับประเทศที่ศึกษา.....	170
รูปที่ 5-2 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา	171
รูปที่ 5-3 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทย เทียบกับประเทศที่ศึกษา.....	173
รูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทยเทียบกับ ประเทศที่ศึกษา.....	174
รูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยเทียบกับ ประเทศที่ศึกษา.....	175
รูปที่ 5-6 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐาน ของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา	176
รูปที่ 5-7 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านการยอมรับทางสังคมของประเทศไทยเทียบ กับประเทศที่ศึกษา.....	177

รูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคมของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา	178
รูปที่ 5-9 กราฟเปรียบเทียบดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยในการรองรับ การเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติเมื่อเทียบกับประเทศอื่น	179
รูปที่ 5-10 กราฟเปรียบเทียบความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไปต่อดัชนีความ พร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)	184
รูปที่ 5-11 กราฟแสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามา ของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศกรณีฐาน	188
รูปที่ 5-12 กราฟแสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามา ของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย.....	192
รูปที่ 6-1 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิง ประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน	205
รูปที่ 6-2 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิง ประเภทดีเซล (D) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน	207
รูปที่ 6-3 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิง ประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน	209
รูปที่ 6-4 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิง ประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน.....	211

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous vehicle) เป็นยานยนต์เทคโนโลยีสำหรับอนาคตที่สามารถขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง มีความสามารถในการวางแผนการเดินทาง และตรวจจับวัตถุ ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณและความรุนแรงของอุบัติเหตุ เพิ่มความปลอดภัยสำหรับผู้พิการและผู้สูงอายุ ลดการปลดปล่อยมลพิษ และใช้โครงสร้างพื้นฐานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้หนึ่งในแรงจูงใจที่สำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีรถยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติคือการไม่สามารถคาดเดาพฤติกรรมของมนุษย์ขณะขับขี่ เช่น ใจลอย ความเมื่อยล้า และการขับรดด้วยอารมณ์ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุถึง 94% จากรายงานทางสถิติของ National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (Van Brummelen, O'Brien, Gruyer, & Najjaran, 2018) เทคโนโลยีนี้ยังไม่ไกลจากความเป็นจริง เมื่อผู้ผลิตรถหลายบริษัทเริ่มให้ความสำคัญกับยานยนต์อัตโนมัติมีการวางแผนวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว และมีแผนที่จะนำรถออกวิ่งจริงบนท้องถนนประมาณปี พ.ศ. 2565 และหากประสบความสำเร็จ ยานยนต์อัตโนมัติจะเปลี่ยนวิธีการเดินทางของมนุษย์จากเดิมผู้การเดินทางในโลกอนาคต

จากความก้าวหน้าในการพัฒนายานยนต์อัตโนมัติ คาดการณ์ว่าในอนาคตจะมีการใช้ยานยนต์ชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถตอบสนองผู้เดินทางทั้งในเรื่องของความสะดวกสบาย ความปลอดภัย และความรวดเร็ว เพื่อให้เกิดความสมดุลของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และความมั่นคงทางพลังงานในมิติด้านการขนส่งของประเทศ จึงจำเป็นต้องวางแผนและเตรียมความพร้อมเพื่อรองรับการเข้ามาของเทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติในตลาด ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติหลายด้านทั้งกฎหมาย พลังงาน ความปลอดภัย หรือทางวิศวกรรมงานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นในมิติของทั้งโลกหรือศึกษาในบางประเทศ แต่ในมิติของประเทศไทยนั้นยังมีผู้ที่ศึกษาอยู่เป็นจำนวนน้อย โดยเฉพาะด้านที่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของภาคการขนส่งไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการ

ประกอบการตัดสินใจเพื่อวางแผนเชิงนโยบายและกำหนดทิศทางการศึกษาด้านพลังงานของประเทศไทยในระยะยาว

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาโดยเน้นเรื่องผลกระทบต่อการใช้พลังงานและพยากรณ์การใช้พลังงานของภาคการขนส่งไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ ในมิติของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อให้เห็นภาพและได้ข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายด้านพลังงานและการวางแผนเชิงนโยบายของประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพยากรณ์การใช้พลังงานของภาคการขนส่งไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด โดยวิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) ด้วยแบบจำลอง Transport Stock Turnover Model

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นพยากรณ์การใช้พลังงานภาคการขนส่งของประเทศไทยโดยศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) โดยวิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) ด้วยแบบจำลอง Transport Stock Turnover Model (Pongthanasawan & Sorapipatana, 2012) ใช้สมมติฐานของการพยากรณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้บริบทสถานการณ์ปัจจุบันสำหรับปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580 ซึ่งเป็นช่วงปีที่เห็นผลกระทบกระทบชัดเจนจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดตามการคาดการณ์ของ U.S.EIA. (U.S.EIA, 2017) โดยใช้ข้อมูลสถิติภูมิสำหรับการพยากรณ์จาก กรมการขนส่งทางบก ธนาคารโลก และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2561

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ที่กำหนดขึ้น โดยอ้างอิงปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานภาคการขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ จากงานวิจัยจากวารสารวิชาการหรือรายงานที่สืบค้นได้ด้วยวิธีการทบทวนวรรณกรรม จากนั้นประเมินบริบทของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยโดยอ้างอิงจากดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)

เมื่อได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) และพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ของไทยนำมาประเมินผลรวมกันจะทำให้ทราบข้อมูลพยากรณ์แนวโน้มความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายด้านการบริหารจัดการน้ำมันของไทยในอนาคต

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบแนวโน้มการใช้พลังงานภาคการขนส่งของไทยในอนาคตจากผลการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด
2. ได้ข้อมูลสำหรับประกอบการวางแผนเชิงนโยบายและกำหนดทิศทางการพัฒนาพลังงานของไทยในระยะยาวเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงาน

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) กำหนดปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานของการวิจัย
- 3) รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย
- 4) การทดสอบความสมเหตุสมผลของวิธีที่ใช้และข้อมูล
- 5) การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis)
- 6) สรุปผลการศึกษา

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

ในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึง

1) ยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่งจะครอบคลุมถึงระดับของเทคโนโลยีอัตโนมัติ และระบบเทคโนโลยีอัตโนมัติ เพื่อให้เข้าใจเบื้องต้นในเทคโนโลยีและหลักการทำงานของระบบต่างๆในยานยนต์อัตโนมัติ

2) การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงาน เพื่อให้เข้าใจวิธีการพยากรณ์ในแบบต่างๆ และตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3) ปัจจัยที่อาจส่งต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความต้องการพลังงานเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

4) ความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการพลังงานตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

2.1 ยานยนต์อัตโนมัติ

จากกฎหมาย SB-1298 ส่วนที่ 570 ประกาศใช้วันที่ 25 กันยายน ค.ศ. 2012 ของมลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้นิยามบัญญัติเกี่ยวกับยานยนต์อัตโนมัติ ไว้ดังนี้

“เทคโนโลยีอัตโนมัติ (Autonomous Technology)” หมายถึง เทคโนโลยีที่มีความสามารถในการขับจี (Drive) ยานพาหนะ โดยปราศจากการควบคุมทางกายภาพหรือการเฝ้าระวังโดยผู้ควบคุมที่เป็นมนุษย์ (Human operator)

“ยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle : AV)” หมายถึง ยานพาหนะที่ประกอบด้วยเทคโนโลยีอัตโนมัติ ที่ถูกติดตั้งให้เป็นส่วนหนึ่งของยานพาหนะ

“ผู้ควบคุม (Operator)” ของยานพาหนะที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ คือ บุคคลที่นั่งอยู่ในตำแหน่งที่นั่งคนขับหรือในกรณีที่ไม่มีบุคคลนั่งอยู่ในตำแหน่งคนขับให้หมายถึงเทคโนโลยีอัตโนมัติทำงานอยู่

นอกจากนี้ยานยนต์อัตโนมัติยังถูกบัญญัติในพระราชบัญญัติการจราจรทางบก (ตอนที่ 276) ปี ค.ศ. 2017 ของประเทศสิงคโปร์ ที่ประกาศใช้วันที่ 24 สิงหาคม ค.ศ. 2017 ซึ่งได้นิยามบัญญัติเกี่ยวกับยานยนต์อัตโนมัติ ไว้ดังนี้

“เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติ (Automated Vehicle Technology)” หมายถึง เทคโนโลยีใดๆ ที่ (ก) เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การสร้างหรือการใช้ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ หรือ

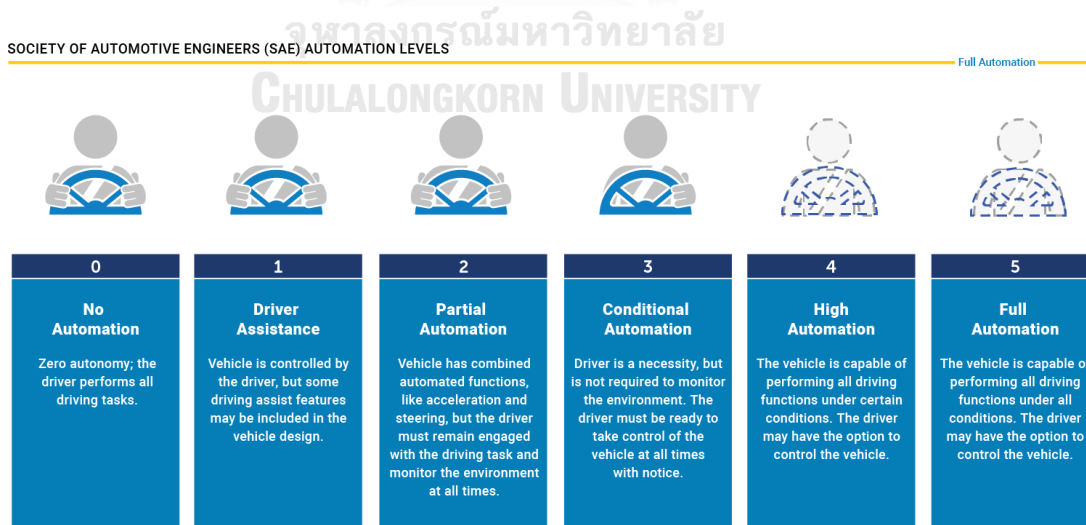
(ข) เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าในการออกแบบ หรือการสร้างยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ

“ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Autonomous Motor Vehicle)” หมายถึง ยานยนต์ที่ประกอบด้วยระบบอัตโนมัติทั้งหมด หรือส่วนใหญ่ (รู้จักกันดีในชื่อ ยานยนต์ไร้คนขับ) รวมถึงรถบรรทุกสาธารณะที่ประกอบด้วยระบบอัตโนมัติ

“ระบบอัตโนมัติ (Autonomous System)” สำหรับยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ หมายถึง ระบบที่ช่วยในการขับเคลื่อนยานยนต์โดยปราศจากการควบคุมทางกายภาพหรือการเฝ้าระวังโดยผู้ควบคุมที่เป็นมนุษย์

2.1.1 ระดับของเทคโนโลยีอัตโนมัติ

ปัจจุบันมีการจัดระดับของเทคโนโลยีอัตโนมัติ ออกเป็นหลายเกณฑ์ เช่น สมาคมวิศวกรรมยานยนต์นานาชาติ (Society of Automotive Engineers : SAE) องค์การบริหารความปลอดภัยจากรบบทางหลวงของสหรัฐอเมริกา (National Highway Traffic Safety Administration : NHTSA) โดยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้เกณฑ์ตามสมาคมวิศวกรรมยานยนต์นานาชาติ ซึ่งแบ่งระดับของของเทคโนโลยีอัตโนมัติเป็น 6 ระดับ โดยเริ่มจากระดับ 0 ถึงระดับ 5 ซึ่งแบ่งระดับตาม เทคโนโลยีที่สูงขึ้นกับภาระหน้าที่ในการควบคุมยานยนต์ของมนุษย์ซึ่งสวนทางกัน ตามรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 แผนภาพแสดงความแตกต่างของเทคโนโลยีอัตโนมัติ ในแต่ละระดับ

(NHTSA, 2019)

เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 0 (No Automation) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 0 หมายความว่า ยานยนต์นั้นไม่ได้ติดตั้งเทคโนโลยีอัตโนมัติ ความคุมการทำงานโดยคนขับทั้งหมด ทั้งการควบคุมทางกายภาพ และการเฝ้าระวัง

เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 1 (Driver Assistances) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 1 หมายความว่า ยานยนต์นั้นเริ่มมีกระบวนการทำงานบางอย่างมาช่วยเหลือคนขับ โดยผู้ขับขี่ยังคงมีหน้าที่บังคับทิศทาง เฝ้าระวังสภาพแวดล้อมต่างๆ รอบข้างและทำการตัดสินใจ เทคโนโลยีอัตโนมัติ ในระดับนี้สามารถแนะนำทิศทางและเส้นทางที่เหมาะสมให้ผู้ขับขี่ได้โดยระบบนี้จะทำงานพื้นฐานด้วยเรดาร์ในการควบคุมระยะห่างระหว่างรถของตนและรถคันหน้าตามระบบควบคุมความเร็ว

เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 หมายความว่า ยานยนต์นั้นเริ่มมีเทคโนโลยีอัตโนมัติเข้ามาช่วยควบคุมพวงมาลัย การเร่งคันเร่ง และการลดความเร็วแต่ผู้ขับขี่ยังคงทำหน้าที่อื่นๆ ตามปกติ ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนช่องจราจร การเข้าออกจากทางด่วน การเลี้ยวดูถนนและสภาพแวดล้อมรอบข้าง

เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 3 (Condition Automation) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 3 หมายความว่า ยานยนต์นั้นมีเทคโนโลยีอัตโนมัติเข้ามาช่วยทำหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมสภาพการขับขี่ ควบคุมการเร่งความเร็ว การหยุดรถและการขับเคลื่อน แต่ยังคงมีผู้ขับขี่นั่งอยู่ในตำแหน่งเพื่อตรวจสอบสภาพถนนเบื้องหน้าตามปกติ เพียงแต่การขับขี่จะดำเนินไปด้วยระบบ โดยผู้ขับขี่ไม่ต้องสนใจ จนกว่าจะระบบจะมีสัญญาณแจ้งเพื่อขอให้เข้าควบคุมระบบการทำงาน กรณีที่ระบบประเมินแล้วว่า จะไม่สามารถจัดการกับสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อม ณ ช่วงเวลานั้นได้

เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 (high Automation) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 หมายความว่า ยานยนต์นั้นมีเทคโนโลยีอัตโนมัติทำหน้าที่ทุกสิ่งในการขับขี่รวมทั้งเมื่อระบบร้องขอแล้วผู้ขับขี่ไม่ทำตามระบบก็จะทำการลดความเร็วอัตโนมัติ แต่ในระดับนี้ ยังเป็นต้องมีผู้ขับขี่อยู่เพื่อเข้าควบคุมการทำงานในสถานการณ์ฉุกเฉินเป็นครั้งคราว

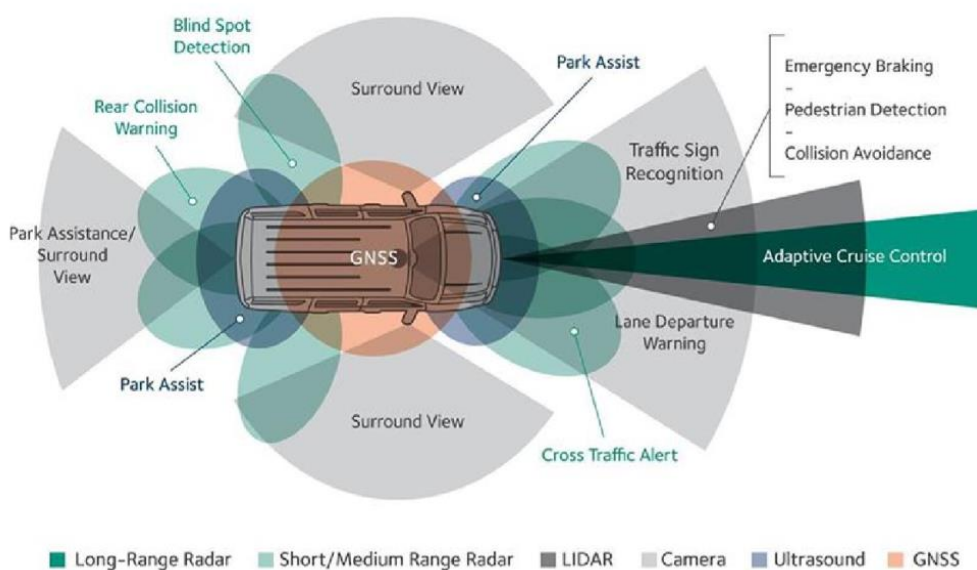
เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 5 (Full Automation) ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 5 หมายความว่า ยานยนต์นั้นมีเทคโนโลยีอัตโนมัติทำหน้าที่ตลอดเวลาด้วยระบบการขับขี่

อัตโนมัติสามารถทำงานได้เทียบเท่ามนุษย์ ในทุกสถานการณ์และทุกสภาพแวดล้อม สามารถจัดการควบคุมและตัดสินใจในเหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ จากข้อมูลที่ได้รับจากส่วนต่างๆ บนรถ ทั้งเซนเซอร์ กล้องถ่ายภาพระบบนำทางผ่านดาวเทียม โดยมีหน่วยประมวลผลข้อมูลทั้งหมด และทำหน้าที่ควบคุมการขับขี่โดยไม่จำเป็นต้องมีผู้ขับขี่

สำหรับงานวิจัยนี้จะเน้นศึกษาเทคโนโลยีอัตโนมัติระดับที่ 4 และเทคโนโลยีอัตโนมัติระดับที่ 5 เนื่องจากเป็นระดับเทคโนโลยีที่ผู้ผลิตยานยนต์มุ่งเน้นพัฒนา และคาดการณ์ว่าส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้งานจริงในช่วงปี ค.ศ. 2022 (U.S.EIA, 2017)

2.1.2 ระบบเทคโนโลยีอัตโนมัติ

ยานยนต์อัตโนมัติเกิดจากทำงานร่วมกันหลายระบบ เช่น ระบบเซนเซอร์ ระบบเทคโนโลยีสื่อสาร (เช่น การสื่อสารระยะสั้น 5.9 กิกะเฮิรตซ์) เทคโนโลยีเครื่องยนต์ (เช่น ระบบคันเร่งไฟฟ้า) ระบบควบคุมและความสามารถในการจัดการข้อมูลขั้นสูง (เช่น neural networks, Machine learning และปัญญาประดิษฐ์) ยานยนต์อัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) และยานยนต์อัตโนมัติระดับที่ 5 (Full Automation) ถือเป็นจุดสูงสุดที่เทคโนโลยีนี้ต่างๆ ที่กล่าวมาทำงานร่วมกัน และได้รับความนิยมนในเชิงพาณิชย์มากขึ้นเรื่อยๆ เรียกเทคโนโลยีนี้ว่า Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) ดังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 แสดงตัวอย่างเทคโนโลยี ADAS เต็มรูปแบบพร้อมทั้งอุปกรณ์และหน้าที่การทำงาน (U.S.EIA, 2017)

1. ระบบแผนที่และการระบุตำแหน่ง

ยานยนต์อัตโนมัติต้องสามารถรับรู้และเข้าใจการทำงานทั้งในรูปแบบกระทำและถูกกระทำต่อส่วนที่อยู่รอบๆ ตัวรถ ต้องสามารถสร้างแผนที่ 3 มิติ รอบๆตัวแบบทันทีทันใด และมีระบบ GPS ที่มีความแม่นยำอย่างน้อย 1 เมตรสำหรับการนำทาง หรืออาจต้องการความแม่นยำถึงระดับ 10 หรือ 15 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงเพื่อประมวลผลด้านความปลอดภัย อย่างไรก็ตามทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแนวเซนเซอร์ของตัวรถแต่ละรุ่นด้วย

การตรวจจับตำแหน่ง การตรวจจับ Radar จะใช้คลื่นวิทยุตรวจจับลักษณะทางกายภาพ (ระยะ มุม และความเร็ว) ของยานยนต์อัตโนมัติ Radar จะส่งการสั่นสะเทือนเป็นจังหวะออกไป วัดระยะเวลาการสะท้อนกลับของสัญญาณ และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาคำนวณเป็นระยะทาง มุม และความเร็ว เทคโนโลยี Radar นี้เป็นเทคโนโลยีเฉพาะของฟังก์ชันอัตโนมัติในช่วงกลางและช่วงยาวของยานยนต์อัตโนมัติ ระบบ Radar นั้นถูกใช้สำหรับการเตือนการชนด้านหน้า เป็นระบบควบคุมความเร็วในการขับขี่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของการจราจรอย่างอัตโนมัติ (adaptive cruise control) หรือระบบเทคโนโลยีความปลอดภัยอื่น

Light detecting and ranging (LiDAR) ก็เป็นอีกส่วนสำคัญของยานยนต์อัตโนมัติ โดย LiDAR จะเป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณแสงการสั่นสะเทือนเป็นจังหวะออกไปจับเวลาการสะท้อนกลับ และคำนวณค่าออกมาเป็นระยะทางและสร้างออกมาเป็น แผนภาพสามมิติรอบตัวรถ เทคโนโลยี LiDAR ทำงานคล้ายกับเรดาร์ตรวจจับแต่มีความละเอียดสูงกว่าเพราะความยาวคลื่นของแสงนั้นน้อยกว่าคลื่นวิทยุประมาณ 100,000 เท่าแต่อย่างไรก็ดีเทคโนโลยีนี้ก็ยังมีราคาที่สูงเป็นระบบเชิงกลที่ต้องหมุนและสั่นในระหว่างทำงาน หลายๆ บริษัทพยายามทำให้ LiDAR มีราคาที่ถูกลง น่าเชื่อถือ และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากเป็นส่วนที่จำเป็นสำหรับยานยนต์อัตโนมัติ เช่น บริษัท Waymo บริษัท HERE บริษัท TomTom และ บริษัท Zenrin นักวิเคราะห์คาดการณ์ว่าการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ จะทำให้ตลาดของ LiDAR เติบโตขึ้นเป็น 223.2 ล้านดอลลาร์สหรัฐในปี ค.ศ. 2040 และจะมีราคาที่ถูกลง เกือบ 90% เหลือประมาณ 250 ดอลลาร์ต่ออัน

นอกจากนี้ ยังมีเทคโนโลยี Ultrasonic Sonar Sensor (Sonar) ซึ่งถูกใช้ในยนต์มาระยะหนึ่ง สำหรับในยานยนต์อัตโนมัติ นั้นจะใช้เป็นระบบเตือนภัยสำรองและระบบช่วยจอด เนื่องจาก

เซนเซอร์นี้สามารถลดความซ้ำซ้อนของระบบการนำทางและระบบการเตือนการชน ทั้งนี้ระบบ Sonar จะทำงานตรวจจับสิ่งกีดขวางโดยการจับคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่อยู่รอบๆตัว

ระบบกล้องความปลอดภัย เป็นระบบที่มีราคาแพงที่สุดและต้องการความน่าเชื่อถือที่สุดในยานยนต์อัตโนมัติในทุกวันนี้ โดยกล้องจะตรวจจับสีกับอัลกอริทึมที่ถูกตั้งโปรแกรมไว้และส่งข้อมูลกลับไปยังตัวยานยนต์ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลสัญญาณไฟจราจรเครื่องหมายถนนป้ายบอกทางถนนคนเดินเท้านักปั่นจักรยานและอื่นและอาศัยการอ่านข้อมูลจากวิดีโอสดๆ ผ่านระบบคอมพิวเตอร์ ใช้ Machine learning ในการตีความทำให้ได้ข้อมูลสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบตัวยานยนต์ ซึ่งความสามารถดังกล่าวไม่สามารถทำได้ในระบบ LiDAR และระบบ Radar และด้วยความที่ระบบกล้องความปลอดภัยนั้นมีราคาที่ถูกกว่าและหาง่ายกว่า จึงได้รับความนิยมมากกว่าระบบ LiDAR และระบบ Radar โดยปัจจุบัน Mobileye ซึ่งเป็นผู้ผลิตเทคโนโลยีสำหรับยานยนต์อัตโนมัติ กำลังพัฒนาโปรแกรมการระบุตำแหน่งและแผนที่ถนนจากกล้องจำนวน 8 กล้อง ซึ่งให้รายละเอียดที่สูงและเสถียรกว่าระบบ LiDAR

Absolute localization ระบบ Radar, LiDAR, and Sonar สามารถทำให้ความแม่นยำของ Relative Localization ลดลงอยู่ที่ 10-16 ซม. ส่วน GPS จะทำหน้าที่ในการช่วยติดตามยานยนต์อัตโนมัติผ่านระบบดาวเทียมเพื่อกำหนดวิธีการเดินทางไปยังปลายทางตามที่กำหนด ระบบ GPS นี้จะนำทางผ่านดาวเทียมที่มีความแม่นยำสูงและน่าเชื่อถือทั่วโลก ในสภาพแวดล้อมในเมืองที่มีสิ่งรบกวนสัญญาณและกีดขวางสัญญาณ GPS อาจต้องใช้เซนเซอร์หลายความถี่ เพื่อแก้ปัญหาความล่าช้าของสัญญาณ

2. ระบบการสื่อสาร V2V/V2I

ระบบเทคโนโลยีการสื่อสารขั้นสูง ที่รู้จักกันดีในยานยนต์อัตโนมัติมี 2 แบบ คือ วิธีการสื่อสารแบบ Vehicle-to-Vehicle (V2V) เป็นการสื่อสารระหว่างยานยนต์อัตโนมัติกับยานยนต์อัตโนมัติอื่นที่อยู่ในระยะใกล้เคียง เกี่ยวกับการจัดการควบคุมและตัดสินใจในเหตุการณ์ต่างๆ ยกตัวอย่าง เช่น การต้องหยุดเคลื่อนที่กะทันหัน ยานยนต์อัตโนมัติจะแจ้งเตือนไปยังยานยนต์และผู้ขับขี่ที่อยู่ใกล้เคียงระมัดระวัง อีกประเภทหนึ่งคือวิธีการสื่อสารแบบ Vehicle-To-Infrastructure (V2I) เป็นการสื่อสารระหว่างยานยนต์อัตโนมัติกับโครงสร้างพื้นฐานการจราจร เช่น สัญญาณไฟ

จราจร การสื่อสารประเภทนี้จะช่วยเปลี่ยนแปลงรูปแบบของการเคลื่อนตัวของรถบนท้องถนน บางครั้งเราเรียกยานยนต์ที่มีการระบบสื่อสารขั้นสูงนี้ว่า Connected Vehicles (CV)

วิธีการสื่อสารแบบไร้สายทั้งสองแบบที่กล่าวข้างต้นกำลังเป็นที่สนใจของผู้ผลิตรายานยนต์อัตโนมัติเทคโนโลยีแรกเป็นสื่อสารแบบระยะสั้นที่ใช้คลื่นความถี่เฉพาะสำหรับการสื่อสารในระยะไม่ไกลมาก สามารถใช้ได้ทั้งการสื่อสารแบบ V2V และ V2I ซึ่งองค์การบริหารความปลอดภัยจราจรบนทางหลวงของสหรัฐอเมริกา(NHTSA) จะเน้นในระบบการสื่อสารแบบ V2V โดยประกาศเป็นข้อกำหนดออกมาในเดือน ธันวาคม ค.ศ. 2016 เทคโนโลยีที่สอง คือ การเชื่อมต่อระบบคลาวด์ที่มีอัตราการส่งถ่ายข้อมูลสูง (High-Bandwidth Cloud Connectivity) ซึ่งจะช่วยให้ยานยนต์อัตโนมัติและโครงสร้างพื้นฐานการจราจร สามารถส่งข้อมูลการสภาพการจราจร สภาพถนน เส้นทางการเดินทาง สภาพอากาศ สัญญาณไฟจราจร เครื่องหมายบนทางเท้า และข้อมูลจำเป็นอื่นๆ ไปยังฐานข้อมูลบนคลาวด์ผ่านการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยฐานข้อมูลบนคลาวด์นี้จะสามารถถ่ายทอดข้อมูลกลับไปยังยานยนต์อัตโนมัติที่ติดตั้งระบบสื่อสารแบบ V2I และ โครงสร้างพื้นฐานการจราจรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

3. ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเป็นเทคโนโลยีที่จะช่วยควบคุมความปลอดภัยในการใช้งานของยานยนต์อัตโนมัติในหลายๆ ระบบ เช่น ระบบพวงมาลัย ระบบบังคับเลี้ยว ระบบหยุดรถ เป็นต้น การบังคับเลี้ยวของยานยนต์อัตโนมัติถูกควบคุมผ่านระบบบังคับเลี้ยวแบบไฟฟ้าที่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าควบคุมไปกับคอปวงมาลัย โดยมีระบบควบคุมกำหนดแรงบิดที่ใช้กับพวงมาลัย รวมถึงการเฝ้าระวังด้านความปลอดภัย สำหรับการหยุดรถในยานยนต์อัตโนมัติ นั้นควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าเช่นกัน โดยรับสัญญาณจากเซนเซอร์หลายๆจุดที่ แปลงการเหยียบเบรกเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนระบบคันเร่งไฟฟ้า (Throttle Position Function) จะส่งสัญญาณความต่างศักย์แบบแอนะล็อกไปยังคันเร่งเพื่อเพิ่มหรือลดความเร็ว

4. ระบบควบคุม ระบบควบคุมคือหัวใจสำคัญของยานยนต์อัตโนมัติ ที่ประกอบด้วยระบบย่อย 3 ส่วน ได้แก่ เซนเซอร์ ตัวประมวลผลภาพ และตัวควบคุมยานยนต์ ชุดเซนเซอร์จะเป็นการทำงานร่วมกันของ Radar LiDAR Sonar และ กล้องความปลอดภัย จะให้ข้อมูลจริงทั้งหมดเพื่อกำหนดและจำลองสถานการณ์การขับขี่ เช่น เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง สัญญาณไฟจราจร ป้ายสัญลักษณ์ คนเดินเท้า ยานยนต์อื่น ตลอดจนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นบนท้องถนนในระหว่างการขับขี่

ระบบประมวลผลจะรวบรวมข้อมูลเข้าด้วยกันโดยใช้ข้อมูลจริง จากกล้องความปลอดภัยและกำหนด ประกอบกับข้อมูลจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจาก Radar LiDAR Sonar

หลายบริษัท เช่น บริษัท Mobileye SAIPS Cruise Automation กำลังนำเอาเทคโนโลยี Machine learning และ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence :AI) เข้ามาช่วยกระบวนการการตัดสินใจในยานยนต์อัตโนมัติผ่านการจดจำรูปภาพและรูปแบบต่างๆ จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ประมวลผลได้ไปยังระบบควบคุมยานยนต์ เพื่อควบคุมระบบขับเคลื่อนไฟฟ้า และระบบพวงมาลัยไฟฟ้า โดยตรง ทั้งนี้มีกลไกที่เกี่ยวข้องหลายส่วน เช่น

- ข้อมูลวิธีการควบคุม (method control input) จะมาจาก ระบบขับเคลื่อนสองล้อ ระบบขับเคลื่อนสี่ล้อ หรือจากตัวควบคุมการเลี้ยวโดยตรง เพื่อติดตามยานยนต์
- วิธีการออกแบบตัวควบคุม (controller design method) เช่น ระบบโครงข่าย และระบบการนำเข้าข้อมูล จะต้องใช้ระบบการสื่อสารแบบ V2V และ V2I เพื่อกำหนดแผนการเดินทางที่เหมาะสม สำหรับ ยานยนต์อัตโนมัติ
- โครงสร้างการใช้งานตัวควบคุม (controller implementation structure) นำไปใช้ประโยชน์ด้านการประมวลผลรวมของข้อมูลส่งต่อและข้อมูลป้อนกลับเพื่อควบคุมลักษณะทางกายภาพของยานยนต์อัตโนมัติ (U.S.EIA, 2017)

2.2 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงาน

การพยากรณ์การใช้พลังงานในระดับประเทศนั้นที่นิยมส่วนใหญ่มี 2 เทคนิคคือการพยากรณ์ทางเศรษฐมิติ และการประมาณจากการใช้ปลายทาง

การพยากรณ์ทางเศรษฐมิติ (Econometric Model) นิยมใช้ในการพยากรณ์ในระดับมหภาค เช่น ความต้องการพลังงานรวมของประเทศ เป็นต้น การพยากรณ์นี้จะใช้ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างพลังงานการบริโภค และตัวแปรทางเศรษฐศาสตร์เพื่อมาสร้างแบบจำลองความต้องการ เทคนิคนี้จะอาศัยความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลในอดีต ที่มีนัยสำคัญและเป็นเหตุเป็นผลกัน (Casual Relationship) และใช้ความสัมพันธ์แบบเดียวกันนี้พยากรณ์ความต้องการในอนาคต โดยอาศัยการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งความต้องการพลังงานจะถูกจำลองด้วยตัวแปรหรือปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น รายได้ต่อหัวประชากร (GDP) จำนวนประชากร ราคาพลังงาน แนวโน้มเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป เป็นต้น

ตัวอย่างสมการ เช่น

$$ED=f(Y, P_i, P_j, POP, T) \quad (\text{สมการที่ 2-1})$$

โดยที่

ED	คือ	ความต้องการพลังงาน (ลิตร)
Y	คือ	รายได้ต่อหัวประชากร (บาท)
P _i	คือ	ราคาพลังงาน (บาทต่อลิตร)
P _j	คือ	ราคาพลังงานทดแทน (บาท)
POP	คือ	จำนวนประชากร (คน)
T	คือ	เทคโนโลยี

อย่างไรก็ดีการพยากรณ์ในลักษณะนี้ จะให้ข้อมูลในลักษณะที่เป็นภาพกว้างไม่สามารถให้รายละเอียดในระดับของการใช้พลังงานสุดท้าย

ส่วนการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและผู้ใช้พลังงานลำดับสุดท้าย วิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทางนี้มีข้อดี คือสามารถจำลองปัจจัยในแต่ละตัวแปรเพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงสมมติฐานที่ใช้ในแบบจำลองได้อย่างอิสระ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือต้องเก็บข้อมูลที่จำเป็นจำนวนมากและค่าสถิติที่นำมาใช้ต้องมีความทันสมัยครอบคลุม และเชื่อถือได้

ตัวอย่างสมการ เช่น

$$ED= V_{\text{stock}} \times VKT_{\text{stock}} \times FE^{-1}_{\text{stock}} \quad (\text{สมการที่ 2-2})$$

โดยที่

ED	คือ	ความต้องการพลังงาน (ลิตร)
V _{stock}	คือ	ปริมาณยานยนต์สะสมในปีนั้นๆ (คัน)
VKT _{stock}	คือ	ระยะการเดินทางสะสมต่อปี (กิโลเมตร)
FE ⁻¹ _{stock}	คือ	ระยะทางเฉลี่ยต่อพลังงาน (กิโลเมตร/ลิตร)

สำหรับวิทยานิพนธ์จะใช้วิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) เนื่องจากเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศและประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธีนี้ได้แก่

Chollacoop et al. (2011) ใช้วิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทางสำหรับการวิเคราะห์เพื่อสร้างภาพฉายสำหรับความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยจากการใช้เอทานอล 95% ทดแทนน้ำมันดีเซล จากปี ค.ศ. 2010 ถึง ค.ศ. 2030 โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2-3

$$ED_{ij} = NV_{ij} \times VKT_j \times FE_{ij} \quad (\text{สมการที่ 2-3})$$

โดยที่

ED_{ij}	คือ	ความต้องการพลังงาน (ลิตร)
NV_{ij}	คือ	ปริมาณยานยนต์สะสมในปีนั้นๆ (คัน)
VKT_j	คือ	ระยะการเดินทางสะสมต่อปี (กิโลเมตร)
FE_{ij}	คือ	ระยะทางเฉลี่ยต่อพลังงาน (กิโลเมตร/ลิตร)
i	คือ	ประเภทของเชื้อเพลิง
j	คือ	ประเภทของยานยนต์

ได้ใช้ระบบ Long range Energy Alternatives Planning system (LEAP) สำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลโดยใช้พื้นฐานจากสมการข้างต้น ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสรุปผลได้ว่า

- การนำเอทานอล 95% มาทดแทนน้ำมันดีเซลจะทำให้ความต้องการเอทานอลเพิ่มขึ้นเป็น 9 ล้านลิตร ในต่อวัน ณ ปี สุดท้ายตาม แผนยุทธศาสตร์พลังงานทางเลือกของไทย (ค.ศ. 2022)
- ในปี ค.ศ. 2010 ควรใช้เอทานอล 95% ใช้ในรถโดยสารประจำทางในกรุงเทพมหานครและขยายไปยังส่วนภูมิภาคในปี ค.ศ. 2015 เพื่อให้เกิดความเป็นไปได้และมีประสิทธิภาพมากที่สุด
- สามารถใช้เอทานอล 95% แทนเชื้อเพลิงฟอสซิลและเพิ่มความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศด้วยพลังงานหมุนเวียนในประเทศ เช่น เอทานอล นอกจากนี้การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอาจลดลงโดยเปลี่ยนจาก ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (NGV) เป็นเทคโนโลยีเอทานอล 95% (Chollacoop, Saisirirat, Fukuda, & Fukuda, 2011)

The World Bank (2012) ได้ออกระเบียบปฏิบัติชื่อ “Greenhouse Gas Analysis at the World Bank” เพื่อใช้เป็นแนวทางวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเทศ โดยมีจุดเริ่มต้นจากคณะทำงานยุทธศาสตร์เพื่อการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (SFDECC) ของ

The World Bank ต้องการสร้างเครื่องมือและวิธีการในการเฝ้าระวังการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับในภาคพลังงานการขนส่งและป่าไม้ ระเบียบปฏิบัติ ดังกล่าวได้ใช้วิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทางเพื่อประมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังสมการที่ 2-4

$$G_s = \sum_b A_s \times B_s \times C_s \quad (\text{สมการที่ 2-4})$$

โดยที่

G_s คือ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมในภาคขนส่งในแต่ละภาพฉาย

A_s คือ ระยะการเดินทางสะสมต่อปี (กิโลเมตร)

B_s คือ ระยะทางเฉลี่ยต่อพลังงาน (กิโลเมตร/ลิตร)

C_s คือ ปริมาณคาร์บอนในเชื้อเพลิงต่อหน่วยของพลังงานที่ใช้

s คือ ภาพฉายที่สร้างขึ้นแตกต่างกันไปตามสมมติฐาน

b คือ ลักษณะรวมเฉพาะของยานยนต์ เช่น ขนาด ประเภท เชื้อเพลิงที่ใช้

ซึ่งแนวทางนี้ได้ถูกนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในหลายประเทศ เช่น ประเทศอินเดีย ประเทศอิหร่าน เป็นต้น (The World Bank, 2012)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Pongthanaissawan และ Sorapipatana (2012) ทำการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการขนส่งทางของไทย เพื่อการประเมินเทคโนโลยีสำหรับลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในไทย ได้ใช้วิธี Transport Stock Turnover Model ซึ่งเป็นวิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทางในการประเมินความต้องการพลังงานของประเทศภาคการขนส่งภายใต้สมมติฐานของแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEDP) และสมการที่ 2-5 ดังนี้

$$ED(t) = \sum_i \sum_j [V_{stock,i,j}(t) \times [VKT_{stock,i,j} \times CF_{VKT_{j,t}}] \times FE_{stock,i,j}^{-1}(t)] \quad (\text{สมการที่ 2-5})$$

โดยที่

$V_{stock,i,j}(t)$ คือ ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่ยพยากรณ์ (t) (คัน)

$VKT_{stock,i,j}(t)$ คือ ระยะการเดินทางสะสมต่อปีในหน่วย กิโลเมตรตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตร)

$CF_{VKT_{j,t}}$ คือ ค่าแก้ไขสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อของยานยนต์ตามประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่ยพยากรณ์ (t)

$FE_{stock,i,j}^{-1}(t)$ คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยตามประเภทยานยนต์ (i)
และประเภทเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน)

โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อประมาณการปริมาณการขายยานยนต์ในแต่ละปี และ อัตราการคงอยู่ของยานยนต์แต่ละประเภทเพื่อใช้ในการประเมินความต้องการพลังงานดังกล่าว และ ทวนสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยชุดข้อมูลปัจจุบัน นำผลที่ได้ไปพยากรณ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งงานวิจัยนี้เสนอแนวทางสำหรับการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก สองแนวทางคือ ในระยะสั้นคือสนับสนุนการเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ ส่วนในระยะยาวคือการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Pongthanaisawan & Sorapipatana, 2012)

Moshiri et al. (2012) ได้ทำการวิจัยเพื่อพยากรณ์ความต้องการการใช้พลังงานของประเทศอิหร่าน ภายใต้ภาพฉายการอนุรักษ์พลังงาน ค.ศ. 2005 ถึง ค.ศ. 2030 โดยแยกการศึกษาออกเป็น 4 ภาคของการใช้พลังงานที่สำคัญ คือ ภาคครัวเรือน ภาคการผลิตในอุตสาหกรรม ภาคขนส่ง และภาคอื่นๆ ในภาคขนส่งนั้น Moshiri et al. (2012) ได้ใช้วิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง ตามสมการที่ 2-6 ดังนี้

$$E_t = \sum_i V_{it} \times T_{it} \times e_{it} \quad (\text{สมการที่ 2-6})$$

โดยที่

- E_t คือ ปริมาณความต้องการพลังงานในปีที่พยากรณ์
- V_{it} คือ ปริมาณยานยนต์แยกตามประเภทที่ศึกษาในปีที่พยากรณ์ (คัน)
- T_{it} คือ ระยะการเดินทางของยานยนต์ที่ศึกษา (กิโลเมตร)
- e_{it} คือ ปริมาณการใช้พลังงานเฉพาะตามประเภทของยานยนต์ในปีที่พยากรณ์ (กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน)
- i คือ ประเภทของยานยนต์ที่ศึกษา
- t คือ ปีที่พยากรณ์

โดยพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ตามประเภทที่ศึกษาจากปัจจัยของ จำนวนประชากรในประเทศและผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) แยกศึกษาเชื้อเพลิงทั้งที่เป็นน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ โดยงานวิจัยนี้จะประมาณการครอบคลุมถึงการเดินทางโดยรถไฟ ทางเครื่องบิน และทางเรือ ผลการศึกษาพบว่าประเทศอิหร่านมีศักยภาพสูงมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งจากสมมติฐานสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 40% ใน

ปี ค.ศ. 2030 และความเข้มของการใช้พลังงานลดลง 60% ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลกในปัจจุบัน นอกจากนี้การประหยัดพลังงานภายใต้สมมติฐานดังกล่าวจะนำไปสู่การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 40% (Moshiri, Atabi, Hassan Panjehshahi, & Lechtenböehmer, 2012)

Azam et al. (2016) ได้พยากรณ์การใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษสำหรับภาคการขนส่งทางบกในมาเลเซียโดยใช้แบบจำลอง Long-Range Energy Alternatives Planning (LEAP) บนเงื่อนไขของใช้วิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง ตามสมการที่ 2-7 และสมการที่ 2-8

$$\text{Energy consumption} = \sum TD_i(t) \times EI_{ij}(t) \quad (\text{สมการที่ 2-7})$$

$$\text{Travel demand (pass - km)} = \sum V_i(t) \times VKT_i(t) \times VO_i(t) \quad (\text{สมการที่ 2-8})$$

โดยที่

$TD_i(t)$ คือ ระยะการเดินทางของยานยนต์แต่ละประเภท (กิโลเมตร)

$EI_{ij}(t)$ คือ ปริมาณการใช้พลังงานเฉพาะตามประเภทของยานยนต์ และเชื้อเพลิงในปีที่พยากรณ์ (กิโลเมตรต่อลิตรต่อคัน)

$V_i(t)$ คือ จำนวนยานยนต์รวมแยกตามประเภทที่ศึกษาในปีที่พยากรณ์ (คัน)

$VKT_i(t)$ คือ ค่าเฉลี่ยระยะการเดินทางสะสมต่อปี (กิโลเมตร)

$VO_i(t)$ คือ สัดส่วนการเป็นเจ้าของของยานยนต์แต่ละประเภท

i คือ ประเภทของยานยนต์ที่ศึกษา

j คือ ประเภทเชื้อเพลิงที่ศึกษา

งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีศักยภาพพอที่จะลดการเติบโตของการใช้พลังงานในภาคขนส่งในอนาคตของประเทศมาเลเซีย ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) มีส่วนในการลดการใช้พลังงานในภาคขนส่งมากที่สุด ตามด้วยยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซล และยานยนต์ไฟฟ้าแบบไฮบริด นอกจากนี้ ยานยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ (NGV) ยังช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด ตามด้วยยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันไบโอดีเซล ลดลงเป็นอันดับสอง (Azam, Othman, Begum, Abdullah, & Nor, 2016)

Malla และ Timilsina (2016) ซึ่งเป็นหนึ่งในสมาชิกกลุ่มพัฒนางานวิจัย ทิมลิ่งแควดล้อมและพลังงาน ของ The World Bank ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการพลังงานของประเทศโรมาเนีย ด้วยวิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง โดยแยกการศึกษาออกเป็น 4 ภาคของการใช้พลังงานที่สำคัญ

คือ ภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการ และภาคขนส่ง ซึ่งใช้สมการที่สอดคล้องกับหลายๆ งานวิจัยก่อนหน้านี้ โดย

$$E_{x,y}(t) = A_{y,x}(t) \times S_{y,x}(t) \times E_{y,x}(t) \quad (\text{สมการที่ 2-9})$$

โดยที่

- $E_{x,y}(t)$ คือ ความต้องการพลังงานรวมของแต่ละภาคส่วน (ลิตร)
- $A_{y,x}(t)$ คือ ระดับการทำกิจกรรม โดยในภาคขนส่งคือระยะทางการเดินทาง สะสม (กิโลเมตร)
- $S_{y,x}(t)$ คือ โครงสร้างการใช้พลังงานในแต่ละภาคส่วน โดยในภาคขนส่งจะ สะท้อน ด้วยปริมาณยานยนต์ (คัน)
- $E_{y,x}(t)$ คือ ความเข้มของการใช้พลังงานในแต่ละภาคส่วนที่ศึกษา (กิโลเมตรต่อ ลิตรต่อคัน)
- y คือ ภาคส่วนย่อยของ x ที่ทำการศึกษา
- x คือ ภาคส่วนที่ทำการศึกษาแบ่งออกเป็น 4 ภาค
- t คือ ปีที่ทำการพยากรณ์

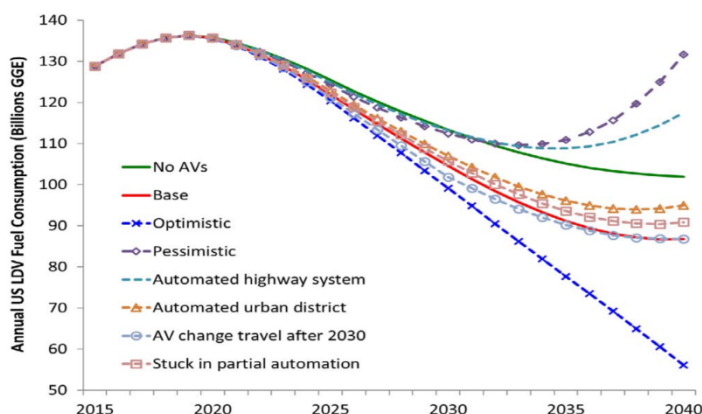
ผลการศึกษาพบว่าความต้องการพลังงานของประเทศโรมาเนียในปี ค.ศ. 2050 จะสูงกว่าปี ค.ศ. 2015 ร้อยละ 34 ภาคอุตสาหกรรมจะเป็นภาคที่มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายมากที่สุดและสูงกว่าภาคครัวเรือน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2025 เป็นต้นไป ที่น่าสนใจคือแม้ว่าประมาณการจำนวนประชากรของประเทศโรมาเนีย ในปี ค.ศ. 2050 จะลดลงจาก ค.ศ. 2013 ประมาณ 7% แต่ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้ากลับเพิ่มขึ้นถึง 46% ส่วนในด้านการขนส่งการเดินทางทางบกยังเป็นกลุ่มที่ใช้พลังงานสูงสุดในภาคขนส่ง (Malla & Timilsina, 2016)

ยังมีงานวิจัยของ Chen et al. (2017) พยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยวิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง ซึ่งคำนวณจากสมการ

$$TFC_y = \sum_{l \in L} \sum_{r \in R} \sum_{h \in H} \sum_{w \in W} \sum_{t \in T} [VMT_{l,r,h,w,y} * SVM_{t,y} * FC_{t,y}(V_{l,h,w}) + VMT_{l,r,h,w,y} * SVM_{a,t,y}^{AV} * FC_{t,y}(V_{l,h,w}) * (1 + \Delta FC_{a,t,r,h,w} * f_2(SVM_{a,t,y}^{AV})) * (1 + \Delta VMT_{l,r,h,w}^a * f_1(SVM_{a,t,y}^{AV}))] \quad (\text{สมการที่ 2-10})$$

โดยที่

- TFC_y คือ ความต้องการพลังงานรวมของประเทศในปีที่พยากรณ์ (ลิตร)
- $VMT_{l,r,r,w,y}$ คือ ค่าเฉลี่ยระยะการเดินทางสะสมต่อปี (กิโลเมตร)
- $SVMT_{t,y}$ คือ สัดส่วนของค่าเฉลี่ยระยะการเดินทางสะสมต่อปีกับยานยนต์ประเภทต่างๆ
- $FC_{t,y}$ คือ ปริมาณการใช้พลังงานเฉพาะตามประเภทของยานยนต์ในปีที่พยากรณ์
- $\Delta FC_{a,t,r,h,w}^{AV}$ คือ การเปลี่ยนแปลงความต้องการพลังงานจากปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์จากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด
- $\Delta VMT_{t,r,h,w}^a$ คือ การเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงาน จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด
- งานวิจัยมีการตั้งสมมติฐานที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทที่คาดการณ์ว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตโดยผลจากการพยากรณ์แสดง ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 พยากรณ์ความต้องการพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดของยานยนต์กลุ่ม Light Duty Vehicle ในประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี ค.ศ. 2015 ถึง ค.ศ. 2040 ภายใต้สมมติฐานต่างๆ (Chen, Gonder, Young, & Wood, 2017)

Chen et al. (2017) สรุปผลงานวิจัยนี้ว่าการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดจะทำให้ความต้องการพลังงานของประเทศนั้นจะลดลงต่ำ 45% ในกรณี และเพิ่มขึ้นสูงสุด 30% ตามสมมติฐาน (Chen et al., 2017)

2.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานภาคขนส่งของโลกจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

มีงานวิจัยที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติหลายๆ แหล่งเปรียบเทียบกัน โดยแต่ละงานวิจัยนั้นแบ่งประเภทของปัจจัยออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก ดังนี้

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์

2.3.1 ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง

ปัจจัยดังกล่าวนี้มีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยย่อย ดังนี้ **ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด**

Brown et al. (2014) ให้ข้อมูลว่า จากระบบงานของสถาบันการขนส่งของรัฐเท็กซัสประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงไปกับการเคลื่อนที่เพื่อค้นหาที่จอดรถประมาณ 19 แกลลอนต่อคนต่อปีซึ่งคิดเป็น 4% โดยเฉลี่ยของเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานยนต์ (Brown, Gonder, & Repac, 2014)

งานวิจัยของ Shoup ซึ่งอ้างอิงโดย Stephens et al. (2016) ว่ายานยนต์อัตโนมัติ นั้นจะช่วยลดความต้องการพลังงานลง 2 ถึง 11% จากการใช้เวลาน้อยลงในการหาที่จอดรถซึ่งเป็นผลมาจากเลือกเส้นทางที่เหมาะสมของยานยนต์อัตโนมัติ โดยอาศัยการสื่อสารระหว่างตัวยานยนต์กับโครงสร้างพื้นฐาน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จอดรถที่แม่นยำและช่วยลดการขับเคลื่อนยานยนต์ในขณะที่หาที่จอดรถในระบบที่มีการใช้ยานยนต์อัตโนมัติแบบสมบูรณ์จะช่วยลดความต้องการพื้นที่จอดรถซึ่งจากข้อสันนิษฐานของ Shoup จะสามารถลดความต้องการพลังงานลง 5 ถึง 11% ในการขับขี่ในเขตเมืองเท่าๆกัน ทั้งในกรณีที่การจราจรหนาแน่น หรือการจราจรเบาบางแต่ที่จอดรถเต็ม สำหรับในเทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) นั้นการลดลงของความต้องการพลังงานอาจจะไม่ได้มาจากการใช้เวลาน้อยลงในการหาที่จอดรถ แต่มาจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นของตัวยานยนต์เอง ซึ่ง Stephens et al.(2016) ประเมินการว่าเทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) อาจลดลงแค่ประมาณ 2% ถึง 5% (Stephens, Gonder, ChenZ., Liu, & Gohlke, 2016)

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lee และ Kockelman (2018) กล่าวถึงในรายงานว่าการเดินทางด้วยยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ จะช่วยให้การเลือกเส้นทางมีประสิทธิภาพมากกว่าหาก

เปรียบเทียบกับการเดินทางในปัจจุบัน โดยยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติจะเลือกเส้นทางจากการเปรียบเทียบสภาพการจราจรตามอัลกอริทึมที่ตั้งค่าการใช้งานตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานแบบในทันทีทันใด ตัวอย่าง เช่น การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด หรือการค้นหาเส้นทางที่มีการหยุดรถน้อยที่สุด สำหรับยานยนต์อัตโนมัติในระบบโดยสาธารณะ จะมีการใช้ระบบ Dynamic Ride-Sharing (DRS) ในการวางแผนการเดินทางสำหรับผู้โดยสาร ระยะทางหรือเวลามีความสำคัญสำหรับการเดินทางดังนั้นระบบยานยนต์อัตโนมัติจะเลือกเส้นทางโดยพิจารณาสภาพการจราจร โดยกระจายเส้นทางเพื่อหลีกเลี่ยงสภาพการจราจรที่แออัด Lee และ Kockelman (2018) อ้างถึงรายงานของ Gonder et al. (2016) และ Guo et al. (2013) การเลือกเส้นทางการเดินทางที่มีประสิทธิภาพของยานยนต์อัตโนมัติจะช่วยลดความต้องการพลังงานลง 5 ถึง 20% (Lee & Kockelman, 2018)

การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน

จากงานวิจัยของ Stephens et al.(2016) ให้ความเห็นว่าการโดยสารยานยนต์ร่วมกันนั้นจะช่วยลดระยะเวลาการเดินทางสะสมของยานยนต์ต่อปี โดยอ้างอิงงานวิจัยของ Santi et al. (2014) ที่ทำการวิเคราะห์การเดินทางโดยรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (Taxi) ในรัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าหลายเส้นทางเมื่อเปรียบเทียบโดยจุดหมายเดียวกัน การโดยสารยานยนต์ร่วมกันนั้นจะทำให้ระยะเวลาการเดินทางลดลงถึง 40% จากระยะทางปกติ โดยในงานวิจัยของ Brown et al. (2014) อ้างถึงงานวิจัยของ Porter et al. (2013) ว่าการโดยสารยานยนต์ร่วมกันนั้นสามารถลด ระยะเวลาการเดินทางสะสมของยานยนต์ต่อปี ได้มากถึง 12% ต่อปี ซึ่งต่างจากงานวิจัยในอดีตที่สรุปว่าการโดยสารยานยนต์ร่วมกันส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อระยะเวลาการเดินทางสะสมของยานยนต์ต่อปี (Stephens et al., 2016)

และจากรายงานของ U.S. EIA (2017) ได้รายงานว่ามีแนวโน้มการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติเพิ่มมากขึ้น และการโดยสารยานยนต์ร่วมกันก็กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่องจากให้บริการของบริษัทเครือข่ายการขนส่งอย่าง บริษัท Uber และ บริษัท Lyft ซึ่งครอบคลุมการให้บริการทั่วประเทศสหรัฐอเมริกาในขณะนี้ รูปแบบธุรกิจปัจจุบันของบริษัทดังกล่าวยังพึ่งพาการใช้มนุษย์ในการควบคุมยานยนต์ แต่ในอนาคตยานยนต์อัตโนมัติกำลังจะเข้ามาแทนที่รูปแบบธุรกิจปัจจุบัน เพื่อลดต้นทุนการให้บริการและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของยานยนต์ ซึ่งประมาณการได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับยานพาหนะต่อระยะเวลาการเดินทางของบริษัท Uber สามารถลดลงได้มากกว่า 80%

เมื่อใช้ยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่งหากมีการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติแบบเต็มรูปแบบจะทำให้ ค่าใช้จ่ายต่อระยะการเดินทางในการเป็นเจ้าของยานยนต์ส่วนบุคคลลดลงถึง 50% ละครจากการวิเคราะห์ของสถาบัน Rocky Mountain คาดการณ์ว่าการเดินทางด้วย รถยนต์สี่ล้อเล็กปรับอากาศ (Taxi) จะมีค่าใช้จ่ายใกล้เคียงกับการเป็นเจ้าของรถและขับเอง นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ The National Renewable Energy Laboratory's (NREL) เกี่ยวกับยานยนต์อัตโนมัติในปี 2016 พบว่าการเข้ามาของยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติจะช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการเดินทางลงถึง 60% และนั่นเป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้คนส่วนใหญ่หันมาใช้บริการขนส่งสาธารณะมากขึ้น งานวิจัยของประเทศสิงคโปร์ก็พบว่าการโดยสารร่วมกันจะช่วยลดจำนวนยานยนต์ของประเทศลง 2 ใน 3 และ Fagnant และ Kockelman (2014) สรุปผลการศึกษาว่า การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน 1 คัน จะช่วยลดจำนวนยานพาหนะ ในเมือง 9 ถึง 13 คัน ซึ่งการโดยสารยานยนต์ร่วมกันและการครอบครองยานพาหนะลดลงนั้นจะทำให้มีโอกาสสูงในการลดระยะการเดินทางสะสมของยานยนต์ต่อปี โดยงานวิจัยของ Fagnant และ Kockelman (2014) ซึ่งรายงาน โดย Lee และ Kockelman (2018) จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานลดลง 5% ถึง 12% เมื่อเทียบกับปัจจุบัน (U.S.EIA, 2017)

เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า

จากงานวิจัยของ Stephens et al.(2016) กล่าวว่า การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเดินทางเป็นไปได้ในการเดินทางที่สูญเปล่าจากการใช้ยานยนต์อัตโนมัตินั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างละเอียด ทั้งนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ล้วนกล่าวไปในทางเดียวกันว่ายานยนต์อัตโนมัติสาธารณะนั้น จะเข้ามาแทนที่ยานยนต์ส่วนบุคคลเพื่อตอบสนองความต้องการในด้านการเดินทางแบบเดียวกัน Stephens et al.(2016) พุดถึงรายงานของ Fagnant และ Kockelman (2014) ซึ่งทำการทดลองโดย ยานยนต์ที่มีรูปแบบการทำงานคล้ายยานยนต์อัตโนมัติ เดินทางในเส้นทางที่กำหนดให้เป็นตัวแทนของการการเดินทางในเขตเมือง โดยใช้อัตราและระยะทางตามที่กำหนดในมาตรฐานของ The National Household Travel Survey (NHTS) ประเทศสหรัฐอเมริกาปี 2009 รายงานดังกล่าวสรุปได้ว่า การใช้ยานยนต์อัตโนมัติระบบโดยสารสาธารณะ สามารถทดแทนยานยนต์เทคโนโลยีปัจจุบัน ได้ประมาณ 11 คัน และเพิ่มระยะการเดินทางสะสมต่อปี 5% ถึง 11% ซึ่งเป็นการเดินทางที่สูญเปล่า นอกจากนี้ในปี 2015 ยังได้มีการศึกษาเพิ่มเติมโดยจำลองการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติในแบบการโดยสารร่วมกัน ในรัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของระยะการเดินทางสะสมต่อปี

8.7% ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ยานยนต์ร่วมกัน 4.5% สำหรับยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติระดับที่ 2 (Partial Automation) นั้น ไม่มีการเพิ่มขึ้นการเดินทางที่สูญเสียไป Stephens et al.(2016) ได้สรุปขอบเขตของการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปี ว่าอยู่ที่ระหว่าง 0% ถึง 11% โคนอ้างอิงจากงานวิจัยของ Fagnant และ Kockelman (2014) ซึ่งระยะที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากการที่ยานยนต์ต้องวิ่งไปเพื่อรับและส่งผู้โดยสาร (Stephens et al., 2016)

สำหรับในงานของ Lee และ Kockelman (2018) การใช้นั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางจากยานยนต์ส่วนบุคคลมาเป็นการใช้บริการยานยนต์สาธารณะตามความต้องการใช้ยานยนต์อัตโนมัติสามารถตอบสนองรูปแบบการเดินทางดังกล่าวได้มากกว่ายานยนต์เทคโนโลยีปัจจุบัน และทำให้ประชาชนเข้าถึงการเดินทางที่มากขึ้น ยานยนต์อัตโนมัติในระบบโดยสารสาธารณะจะทำหน้าที่คล้ายกับรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (Taxi) ซึ่งจะให้บริการตามความต้องการของลูกค้าอย่างไรก็ตามรูปแบบการให้บริการดังกล่าวจะเพิ่มการเดินทางที่สูญเสียไปมากขึ้นซึ่งจะเกิดขึ้นทันทีที่ลูกค้ามีความต้องการใช้บริการ และมียานยนต์อัตโนมัติเคลื่อนที่เพื่อไปรับผู้โดยสาร และเนื่องจากยานยนต์อัตโนมัติจะมีขนาดเล็กกว่ายานยนต์ที่ใช้ในปัจจุบัน จึงทำให้ยานยนต์เทคโนโลยีหนึ่งคันสามารถแทนที่ได้ด้วยยานยนต์อัตโนมัติหลายๆคัน และนั่นก็เป็นสาเหตุที่ทำให้มีการเดินทางที่สูญเสียไปเพิ่มตามมา ในตอนสุดท้ายของงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่โอกาสที่จะมีการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการใช้ยานยนต์อัตโนมัติในระบบโดยสารสาธารณะ ซึ่งทำให้เกิดการเดินทางที่สูญเสียไปมากขึ้น ส่งผลต่อระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์ ซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะส่งผลต่อการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการลดการเดินทางที่สูญเสียไปจึงมีความจำเป็นสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานในยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ โดย Lee และ Kockelman (2018) อ้างถึงงานวิจัยของ Loeb et al. (2016) และ Loeb et al. (2017) ที่มีการประมาณการการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานจากยานยนต์อัตโนมัติอย่างน้อย 6% และมากถึง 14% เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานปัจจุบัน (Lee & Kockelman, 2018)

รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส

งานวิจัยของ Brown et al. (2014) ได้ศึกษาข้อมูลจาก National Highway Transportation Survey ของปี ค.ศ. 2009 และรายงานชื่อ “Freedom to Travel” ตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 2003 พบว่า การเดินทางของประชากรจะอายุจะเพิ่มขึ้นตามอายุ และสูงสุดที่อายุประมาณ 40 ปี จากนั้นจะค่อยๆ ลดลงตาม

อายุที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากพยากรณ์ความต้องการพลังงานที่จากการเข้ามาของยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติภายใต้สมมติฐานดังกล่าวจะต้องการพลังงานมากขึ้นถึง 40% จากการศึกษาในกลุ่มอายุ 16 ปี ถึง 85 ปี นอกจากนั้น 19% ของคนพิการมีแนวโน้มที่จะเดินทางด้วยยานยนต์ส่วนบุคคลน้อยลง และใช้ระยะทางในการเดินทางที่น้อยลง ซึ่งหากมีการใช้ยานยนต์อัตโนมัติอาจทำให้ประชากรกลุ่มดังกล่าวมีการเดินทางที่เพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต้องการพลังงานมากขึ้นถึง 50% แต่เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่สามารถสรุปได้ชัดเจน ดังนั้น Brown et al. (2014) จึงคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 40% (Brown et al., 2014)

งานวิจัย Stephens et al.(2016) ได้ศึกษางานวิจัยของ MacKenzie et al. (2014) ที่รายงานข้อมูลจากการสำรวจของ The National Household Travel Survey (NHTS) ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้การดูแลของ Federal Highway Administration (FHWA) ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2014 ว่าสัดส่วนระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อจำนวนผู้ขับขี่ สูงสุดเมื่ออายุ 44 ปีจากนั้นลดลงเรื่อยๆ จนถึงอายุ 62 ปี และสูงขึ้นอย่างมากหลังจากนั้น โดย MacKenzie et al. (2014) สันนิษฐานจากข้อมูลว่าการที่สัดส่วนดังกล่าวลดลงสาเหตุมาจากความสามารถในการขับขี่ที่ลดลงตามธรรมชาติ ทั้งนี้ยานยนต์อัตโนมัติจะเข้ามาตอบสนองความต้องการเดินทางนี้ ทำให้การคาดการณ์แนวโน้มของการใช้ยานยนต์ในช่วงอายุ 44 ปี ถึง 62 ปีเพิ่มมากขึ้นจากอัตราความต้องการเดินทางที่ลดลงตามธรรมชาติประมาณ 2% ถึง 10% ซึ่งต่างจากการคาดการณ์ของ The National Household Travel Survey (NHTS) ในปี ค.ศ. 2009 เพียงเล็กน้อย ในงานวิจัยของ Stephens et al.(2016) ยังกล่าวถึงงานของ Harper et al. (2015) ซึ่งศึกษาโดยแบ่งประชากรออกเป็น 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มผู้ที่ไม่ขับขี่ยานยนต์ช่วงอายุ 19 ปี ถึง 62 ปี
2. กลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์ช่วงอายุ 19 ปี ถึง 62 ปีและไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ
3. กลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์อายุมากกว่า 62 ปี และไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ
4. กลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์ช่วงอายุ 19 ปี ถึง 62 ปี ที่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ

ผลการศึกษาพบว่า

1. ประชาชนมีแนวโน้มการใช้ระบบโดยสารณะที่ไม่ขับขี่ยานยนต์มากขึ้นทำให้สัดส่วนกลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์อายุมากกว่า 62 ปี และไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพสูงกว่าผู้ที่ขับขี่ยานยนต์เองในทุกๆกลุ่ม

2. กลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์อายุมากกว่า 62 ปี และไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพจะมีการเดินทางเท่ากับกลุ่มผู้ที่ขับขี่ยานยนต์ช่วงอายุ 19 ปี ถึง 62 ปีและไม่มีข้อจำกัดด้านสุขภาพ
 3. กลุ่มผู้ที่ขับที่มีเงื่อนไขทางด้านสุขภาพจะมีการเดินทางมากเท่ากับจำนวนของผู้ขับขี่ที่ไม่มีเงื่อนไขทางด้านสุขภาพในแต่ละกลุ่ม
- และประมาณการว่าระยะการเดินทางสะสมของยานยนต์ต่อปีจะเพิ่มขึ้น 12% หากมีการใช้ยานยนต์อัตโนมัติ

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Wadud et al. (2016) กล่าวว่ายานยนต์อัตโนมัติจะช่วยย้ให้กลุ่มที่ไม่ได้ขับขี่ยานยนต์ประจำมีการเดินทางที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้นักวางแผนและผู้ผลิตรายานยนต์ได้ใช้ประเด็นข้อจำกัดด้านการเดินทางของผู้สูงอายุ เป็นแรงจูงใจสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีอัตโนมัติ มีการสังเกตว่าแนวโน้มที่การถือใบอนุญาตขับขี่ยานยนต์และระยะทางการเดินทางของผู้สูงลดลงเนื่องจากจะทำให้เกิดความเสียหายด้านการขับขี่ Wadud et al. (2016) อ้างถึงรายงานของ The National Household Travel Survey (NHTS) ในปี ค.ศ. 2009 ว่าประชากรส่วนใหญ่ที่เดินทางด้วยการขับขี่ยานยนต์นั้นมีอายุระหว่าง 35 ปี ถึง 55 ปี และมีแนวโน้มว่าการที่มียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาจะทำให้ช่วงขอบเขตอายุของประชากรที่เดินทางด้วยการขับขี่ยานยนต์ขยายออกไป อาจะเริ่มตั้งแต่อายุ 16 ปี ซึ่งจะให้มีจำนวนผู้ขับขี่ยานยนต์บนท้องถนนเพิ่มมากขึ้น โดยการที่มีกลุ่มใหม่ๆเข้ามาใช้ยานยนต์เพิ่มมากขึ้นนั้น จะให้ความต้องการพลังงานเพิ่มขึ้น 2% ถึง 40% (Wadud, MacKenzie, & Leiby, 2016)

รายงานของ U.S. EIA (2017) ก็กล่าวเช่นกันว่ายานยนต์อัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) และ เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 5 (Full Automation) จะเพิ่มตัวเลือกและความคล่องตัวสำหรับประชาชนมากขึ้น คนที่เคยจำกัดหรือไม่มีตัวเลือกการเดินทาง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้พิการ หรือแม้แต่คนหนุ่มสาว จะมีตัวเลือกการเดินทางที่เพิ่มขึ้น นี่ก็ผลกระทบโดยตรงจากการเข้าถึงการบริการด้านการขนส่งและการเติบโตของประชากร ในอีก 25 ปีข้างหน้า Deloitte คาดการณ์ว่าระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์จะเพิ่มขึ้นสูงถึง 25% เนื่องจากการเติบโตของประชากรและการขยายการตัวของระบบขนส่งซึ่งครอบคลุมไปยังประชากรที่ไม่เคยใช้บริการก่อนหน้านี้ มหาวิทยาลัย Carnegie Mellon ประมาณการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการนี้จะรวมถึงประชาชนที่ไม่สามารถมีใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ เนื่องจากสูงอายุและเงื่อนไขทางการแพทย์ที่ ซึ่ง

สามารถเพิ่มระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์ได้ถึง 14% ซึ่งจะเพิ่มขึ้น 295 พันล้านไมล์ใน ทุกๆปี แต่อย่างไรก็ดีรายงานนี้ได้อ้างอิงการคาดการณ์ของ Chong et al. (2011) ว่าก็มีความเป็นไปได้ ยานยนต์อัตโนมัติที่หน้าทีเพียงแค่เชื่อมต่อการเดินทางของประชาชนที่ด้อยโอกาสไปยัง บริการสาธารณะ เช่น สถานีรถไฟ หรือ สถานีขนส่ง ซึ่งทำให้การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาเดินทาง สะสมต่อปีของยานยนต์นั้นยากต่อการตรวจสอบ (U.S.EIA, 2017)

งานวิจัยของ Lee และ Kockelman (2018) กล่าวว่ายานยนต์อัตโนมัติสามารถทำให้ผู้ที่ไม่สามารถขับขี่ยานยนต์ได้สามารถเข้าถึงการเดินทางที่สะดวกสบายได้ โดยเฉพาะผู้สูงอายุ ผู้พิการ หรือผู้มีปัญหาทางการแพทย์ งานวิจัยได้อ้างอิงข้อมูลของ Harper et al. (2016) ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2573 จะมีผู้สูงอายุในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณ 74 ล้านคน คิดเป็น 26% ของประชากร ทั้งประเทศ ประชากรกลุ่มนี้อาจเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณยานยนต์สะสมในประเทศสหรัฐอเมริกา เพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะผู้สูงอายุส่วนใหญ่มักเดินทางด้วยยานยนต์ส่วนบุคคลซึ่ง ข้อมูลสอดคล้องกับ งานวิจัยของ Stephens et al.(2016) อีกประการคือการใช้บริการยานยนต์อัตโนมัติไม่ต้องใช้ ใบอนุญาตขับขี่ยานยนต์ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้ทักษะในการขับขี่เมื่อเทียบกับยานยนต์ทั่วไป และเมื่อมีการพัฒนาของยานยนต์อัตโนมัติมากขึ้นก็จะชักนำให้เกิดการเดินทางของประชากร กลุ่มใหม่ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามการคาดการณ์ในรายงานของ (U.S.EIA, 2017) และการเดินทางที่ เพิ่มขึ้นจากทั้งผู้สูงและผู้พิการก็จะทำให้การใช้พลังงานและการปลดปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่ง Lee และ Kockelman (2018) ประมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 10 ถึง 14% จากปัจจุบัน (Lee & Kockelman, 2018)

เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง

งานวิจัยของ Wadud et al. (2016) กล่าวว่า รูปแบบของการเดินทางใหม่ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ ยานยนต์ร่วมกัน หรือการเดินทางตามความต้องการนั้น จะถูกผลักดันด้วยยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่ง โดยทั่วไปบริการดังกล่าวจะถูกเรียกเก็บค่าโดยสารจากผู้ใช้เป็นแบบครั้งต่อครั้งไม่ว่าจะเป็น ตาม ระยะทางหรือตามเวลา ซึ่งมีข้อมูลเปรียบเทียบว่า การเดินทางด้วยรูปแบบดังกล่าวนี้จะช่วยลดความ ต้องการในการเดินทางลง และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้วยการเดินทางรูปแบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายที่ เกิดขึ้นถูกกว่าการใช้ยานยนต์ส่วนบุคคล การใช้ยานยนต์ร่วมกันในเชิงพาณิชย์นั้นกำลังได้รับความนิยมมากขึ้น แต่ยังคงยังเป็นค่อยไปอยู่สาเหตุจากการที่รูปแบบของการบริการนั้นยังไม่ตอบโจทย์กับผู้

งานรายใหม่และปริมาณยานยนต์นั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งหากในอนาคตบริการรูปแบบนี้ประสบความสำเร็จจะทำให้การครอบครองยานยนต์ส่วนตัวของผู้ขับขี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่รูปแบบการให้บริการของรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (Taxi) ถูกรวมเข้ากับการใช้ยานยนต์ร่วมกัน Spieser et al. (2014) กล่าวว่าขนาดของยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติที่ใช้ในระบบโดยสาธารณะในประเทศสิงคโปร์นั้น มีขนาดเพียง 1 ใน 3 ของยานยนต์ในปัจจุบัน แต่สามารถตอบสนองทุกความต้องการในการเดินทาง มีการอ้างถึงงานวิจัยของ Martin และ Shaheen (2011) ซึ่งประมาณการใช้ยานยนต์ร่วมกันหรือรถเช่า นั้น จะสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์ 0.84 ตันต่อครอบครัว หรือลดลง 8.8% เมื่อเทียบกับการใช้ยานยนต์ส่วนบุคคลในการเดินทาง งานวิจัยระบุว่า การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน นั้นจะมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากกว่าเดินทางด้วยยานยนต์ส่วนบุคคล และลดเวลาในการเดินทางน้อยกว่า 8.8% (Wadud et al., 2016) การศึกษาของ Stephens et al. (2016) คาดการณ์ว่ายานยนต์อัตโนมัติจะเข้ามาเปลี่ยน รูปแบบการเดินทางจาก จากการเดินทาง การเดินทางผ่าน หรือการเดินทางโดยสายการบิน ในประเทศ เป็นยานยนต์อัตโนมัติ โดยประมาณการในช่วงระหว่างกรณีการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมาเป็นยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ 100% กับรูปแบบการเดินทางเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปี แม้ว่ายานยนต์อัตโนมัตินั้นมีโอกาสที่จะเพิ่มการเดินทางและการเข้าถึงบริการสาธารณะ Stephens et al. (2016) ศึกษารายงานของ U.S. Energy Information Administration ที่ตีพิมพ์ในปี 2014 พบว่ากลุ่ม Light Duty Vehicle มีระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปี 2.785 ล้านไมล์ และจากรายงานของ The National Household Travel Survey (NHTS) ในปี ค.ศ. 2009 รายงานว่า มีระยะทางการเดินทางรวมสะสม 27.943 พันล้านไมล์ต่อปี โดย 16.4 พันล้านไมล์นั้นมีระยะทางต่อรอบมากกว่า 1 ไมล์ ซึ่งคิดเป็น 0.59% ของระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปี ของกลุ่ม Light Duty Vehicle ส่วนระยะเวลาการเดินทางที่น้อยกว่า 1 ไมล์นั้นส่วนใหญ่เป็นการออกกำลังกายไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ และศึกษารายงานของ The National Transit Database ของปี 2013 รายงานระยะเวลาการเดินทางผ่านเท่ากับ 56.5 พันล้านไมล์ ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มขึ้น 2.0% ของระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปี สำหรับการเดินทางโดยสายการบินในประเทศนั้นหากเปลี่ยนรูปแบบมาเป็นการใช้ยานยนต์อัตโนมัติ จะทำให้ระยะเวลาการเดินทางสะสมเพิ่ม 3.7% คิดเป็นระยะทางการเดินทางรวมสะสม 79.8 พันล้านไมล์ต่อปีจากฐานข้อมูลของ Bureau of

Transportation Statistics ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี 2014 Stephens et al. (2016) สรุปในงานวิจัยว่า หากพิจารณาการเพิ่มระยะการเดินทางสะสมเฉพาะบนทางหลวงจะเพิ่มขึ้น 2.9% (Stephens et al., 2016)

การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์

ทั้งในรายงานของ U.S. EIA (2017) และ Wadud et al. (2016) ต่างอ้างถึงในข้อมูลของ MacKenzie และ Heywood (2012) ว่ายานยนต์ปัจจุบันสามารถเร่งความเร็วจาก 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมาเป็น 97 กิโลเมตรต่อชั่วโมงนั้นจะใช้เวลาลดลง 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับยานยนต์ใหม่ในยุคหลังปี ค.ศ. 1980 หากแนวโน้มจากข้อมูลในอดีตยังคงมีอยู่ต่อเนื่อง การเร่งความเร็วโดยเฉลี่ยของยานพาหนะใหม่จะลดลงจากประมาณ จาก 8.8 วินาทีในปัจจุบัน เป็นถึง 7.8 วินาที จากข้อมูลของ MacKenzie และ Heywood (2012) นอกจากนี้ MacKenzie (2013) ประมาณการว่าหากเวลาการเร่ง 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมาเป็น 97 กิโลเมตรต่อชั่วโมงลดลง 1% จะช่วยลดการใช้เชื้อเพลิงถึง 0.44% และหากยังคงเป็นเช่นนี้ในอนาคตอาจมีความเข้มจากการใช้พลังงานลดลง 5% และหากเทียบกับการเร่งในช่วงปี ค.ศ. 1982 ซึ่ง เร่งความเร็วจาก 0 กิโลเมตรต่อชั่วโมงมาเป็น 97 กิโลเมตรต่อชั่วโมงใช้เวลา 14 ถึง 15 วินาทีการใช้พลังงานจะลดลงถึง 23% อย่างไรก็ตามการเร่งความเร็วในช่วงปี ค.ศ. 1982 นั้นยังคงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ให้ทำความเร็วเกิน 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมงได้ หากมีการลดเวลาการเร่งลงมากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อความเร็วบนท้องถนนได้ (U.S.EIA, 2017)

ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง

งานวิจัยของ Brown et al. (2014) ภายใต้ผลการสำรวจของ Schafer et al. (2009) พบว่าประชาชนมีแนวโน้มที่จะเดินทางไปยังสถานที่ใหม่ๆ ซึ่งอาจไกลจากจุดหมายเดิมถ้าการเดินทางนั้นรวดเร็วขึ้น ภายใต้วิธีการนี้เองทำให้ Brown et al. (2014) ประเมินว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของระยะการเดินทางสะสม 50%

Stephens et al. (2016) กล่าวในการศึกษาของเขาว่า การเดินทางที่จะสะดวกขึ้นจากยานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดนั้น หมายความว่าถึงจุดหมายได้รวดเร็วขึ้นเนื่องจากการที่ประสิทธิภาพที่มากขึ้นและความผิดพลาดที่น้อยลง ซึ่งได้อ้างอิงถึงผลจากการศึกษาของ Childress et al. (2015) โดยใช้ การวิเคราะห์จากแบบจำลอง Activity-Based Travel Model ในพื้นที่ Puget

Sound ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ถ้าความผิดพลาดและการแออัดจากการเดินทางลดน้อยลงจะทำให้การเดินทางรวดเร็ว น่าเชื่อถือ และทำให้ปริมาณการเดินทางเพิ่มมากขึ้น โดยในแบบจำลองได้ วิเคราะห์โดยเพิ่มการเดินทางทางบก 30% ผลการศึกษาทำให้ ระยะการเดินทางสะสมเพิ่มขึ้น 3.6% และลดการต้นทุนเวลาในการเดินทางลง 35% สำหรับกลุ่มประชากรที่มีรายได้สูงนั้น อาจทำให้ระยะการเดินทางสะสมเพิ่มขึ้น 5.0% Childress et al. (2015) ยังศึกษาเพิ่มเติมภายใต้สมมติฐานที่ประชากรทุกคนใช้ยานยนต์อัตโนมัติส่วนบุคคล ไม่มีการใช้ยานยนต์ร่วมกันและวิเคราะห์โดยเพิ่มการเดินทางทางบก 30% พบว่า สามารถลดค่าที่จอดรถลงถึง 50% ระยะการเดินทางสะสมเพิ่มขึ้น 19.6% และเพิ่มระยะการเดินทางเฉลี่ย 60% ในสมมติฐานดังกล่าวนี้ผู้วิจัยพบว่าแม้จะมีการล่าช้าจากการเดินทางเพิ่มขึ้น 17.3% แต่ประชาชนก็เต็มใจที่จะเดินทางด้วยสภาพการจราจรที่ติดขัดภายในยานยนต์อัตโนมัติ Stephens et al. (2016) ได้อ้างถึงงานของ Gucwa (2014) ที่ใช้แบบจำลอง Activity-Based Travel Model จำลองการเดินทางในพื้นที่แอวซานฟรานซิสโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ภายใต้สมมติฐานที่แตกต่างกันซึ่งให้ผลไปในทางเดียวกันคือ การเดินมีสมรรถนะที่เพิ่มมากขึ้นจากเทคโนโลยีอัตโนมัติ และใช้เวลาในการเดินทางลดลง 50% เมื่อเทียบกับการเดินทางปกติ Gucwa (2014) ได้ประมาณการจากสมมติฐานดังกล่าวว่าจะมีระยะการเดินทางสะสมเพิ่มขึ้น 4% ถึง 8% Stephens et al. (2016) กล่าวว่า ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาของ Childress et al. (2015) หรือ Gucwa (2014) ต่างสรุปไปในทิศทางเดียวกันจากผลของแบบจำลองพบว่าจะมีการเปลี่ยนรูปแบบของการใช้พื้นที่ เกิดการกระจายตัวของที่อยู่อาศัยหรือสถานที่ทำงาน และสาเหตุดังกล่าวก็จะทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระยะการเดินทางสะสมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่รายงานของ KPMG (2015a) พยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวของประเทศสหรัฐอเมริกาว่าจะเพิ่มขึ้นราว 500 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 จากการเติบโตของจำนวนประชากร และพยากรณ์ว่าประชากรดังกล่าวจะมีการเดินทางเพิ่มขึ้นถึงสองเท่าเมื่อมีการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประชากรที่มีอายุระหว่าง 16 ปี ถึง 24 ปีและอายุ 65 ปี ถึง 84 ปี Stephens et al. (2016) ให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการศึกษาของ MacKenzie et al. (2014) ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของระยะการเดินทางสะสมอย่างกว้างๆ ที่ 4% ถึง 13% สำหรับเทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) และ 30% ถึง 160% สำหรับยานยนต์อัตโนมัติที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป โดยปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่มากขึ้นนี้เกิดจากต้นทุนการเดินทางที่ถูกมองไม่ว่าจะเป็นจากค่าประกันภัย

การเดินทางที่ลดลงเพราะโอกาสในการเกิดอุบัติเหตุลดลง รวมไปถึงลดลงของการใช้พลังงาน เพราะประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ดีขึ้น ผู้วิจัยได้พยากรณ์เพิ่มเติมภายใต้สมมติฐานที่ความสัมพันธ์ของความยืดหยุ่นเกิดระหว่างระยะการเดินทางสะสมกับค่าใช้จ่ายทั่วไป พบว่าระยะการเดินทางสะสมเพิ่มขึ้นจากช่วงถึง 156% และมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ -2.0 ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าเทคโนโลยีอัตโนมัติ ไม่ได้เป็นต้นทุนทำให้ราคายานยนต์เพิ่มขึ้น (Stephens et al., 2016)

Wadud et al. (2016) ได้ศึกษาผลของการใช้ยานยนต์อัตโนมัติ พบว่าการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ นั้นจะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเดินทางของยานยนต์ส่วนบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ ประการแรกคือช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนนอันมีสาเหตุจากข้อผิดพลาดของคนขับได้ถึง 90% ถึง 95% (NHTSA, 2008) ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายสำหรับประกันการเดินทาง โดยอ้างอิงประมาณการของ Celent's (2012) ว่าค่าประกันภัยจะลดลงประมาณ 60% ถึง 80% ประการที่สองคือลดค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมงของผู้ขับขี่ ซึ่งเป็นองค์ประกอบใหญ่ที่สุดของค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั่วไปนอกจากนี้ยังรวมไปถึงต้นทุนพลังงานต่อกิโลเมตรที่จะลดลง นอกจากนี้ Wadud et al. (2016) ยังศึกษาจากหลายงานวิจัยในเรื่องค่าของเวลาในการเดินทางทั้งจาก การศึกษาของ Batley et al.(2010) Lyons et al. (2007) และ ของ Ian Wallis Associates Ltd. (2014) พบว่าผู้โดยสารส่วนใหญ่เลือกวิธีการเดินทาง โดยให้ความสำคัญกับคุณค่าของเวลาในระหว่างการเดินทาง ผลดังกล่าวมีแนวโน้มว่าจะมีการเดินทางโดยยานยนต์อัตโนมัติมากขึ้นหากเข้ามาในตลาด (Wadud et al., 2016)

การศึกษาของ Lee และ Kockelman (2018) การที่ยานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดนั้นจะทำให้บทบาทของผู้ขับขี่คนน้อยลง และสามารถให้ความสนใจหรือตอบโต้ผ่านกิจกรรมอื่นในระหว่างขับขี่ได้ เช่น การเล่นเกม การดูหนัง หรือการสนทนากับผู้อื่น หรือแม้กระทั่งการนอน ขับขี่จะใช้เวลาในการตัดสินใจน้อยลงเมื่อต้องเดินทางในระยะไกลๆ ดังนั้นประชาชนอาจใช้ยานยนต์อัตโนมัติสำหรับการเดินทางเดินทางระหว่างเมืองหรือระหว่างประเทศมากขึ้น โดย Lee และ Kockelman (2018) ได้อ้างอิงการศึกษาของ LaMondia et al. (2016) ว่าการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ นั้น จะทำให้ผลประกอบการของบริษัทสายการบินลดลง 53%, และการเดินทางด้วยยานยนต์ส่วนบุคคลจะเพิ่มขึ้นจากเดิม 9.6% และการเดินทางในระยะที่มากกว่า 500 ไมล์จะถูกแทนที่ด้วยยานยนต์อัตโนมัติ ส่วนระยะที่มากกว่า 1000 ไมล์ยังคงเดินทางด้วยเครื่องบินจากการศึกษาของ Perrine et al.(2016) ทั้งนี้ Lee และ Kockelman (2018) สรุปผลการศึกษาว่า การเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ นั้น จะทำให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 6% ถึง 18% จากปัจจุบัน (Lee & Kockelman, 2018)

2.3.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์

ปัจจัยดังกล่าวนี้มีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานลดลง ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยย่อย ดังนี้ การขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

Brown et al. (2014) กล่าวในการศึกษาของเขาว่า ผลกระทบจากการขับขี่ที่มีประสิทธิภาพนี้จะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ บางครั้งเราอาจไม่จำเป็นต้องหยุดตรงทางแยกเนื่องจากการควบคุมด้วยระบบอัจฉริยะ ตรงทางแยก ซึ่งการเดินทางโดยที่ไม่ต้องหยุดตรงทางแยกรวมถึงการสื่อสารด้านการจราจรอย่างสมบูรณ์จะช่วยลดความเข้มของการใช้พลังงานลงถึง 40% แต่เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวยังไม่ได้รวมกับตัวเลขสะสมก่อนหน้านี้ ดังนั้น Brown et al. (2014) จึงประเมินตัวเลขผลกระทบจริงอยู่ที่ 30% (Brown et al., 2014)

Wadud et al. (2016) ได้ศึกษาเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ ในมิติของการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเน้นการลดการใช้เชื้อเพลิงในยานยนต์ และสามารถทำให้ยานยนต์นั้นขับเคลื่อนไปได้ไกลมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อีกปัจจัยหนึ่งก็คือการลดการเร่ง และความเร็วในการเหยียบเบรกซ้ำๆ เนื่องจากการเบรกทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานอย่างเปล่าประโยชน์ โดยอ้างถึงงานวิจัยของ Barth และ Boriboonsomsin (2009) โดย Wadud et al. (2016) ศึกษาการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยวิธีการทบทวนวรรณกรรม แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือสรุปได้ดังนี้

ด้านแรกศึกษาวิธีการขับขี่ที่ลดการใช้เชื้อเพลิงและประสิทธิภาพในการฝึกอบรมผู้ขับขี่จากการศึกษาของ Barth และ Boriboonsomsin (2009) พบว่า การให้คำแนะนำในการขับขี่แบบทันทีทันใดนั้นจะช่วยลดการใช้พลังงานถึง 10% ถึง 20% ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Wu et al. (2011) ที่ศึกษาโดยใช้เครื่องจำลองการขับขี่ โดยมีอัตราการใช้พลังงานลดลง 0% ถึง 26% เมื่อผู้ขับขี่ได้รับคำแนะนำแบบทันทีทันใดเกี่ยวกับการเร่งความเร็วและพฤติกรรมการลดความเร็วที่เหมาะสม และ Degraeuwe and Beusen (2013) กล่าวในงานของเขาว่าหากขาดการกระตุ้นเตือนผู้ที่เข้ารับฝึกอบรมการขับขี่การอย่างต่อเนื่องจะทำให้ประสิทธิภาพการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมลดลง โดย Berry (2010) ให้ผลการศึกษาว่า การเรียนรู้ขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจะช่วยประหยัดในระยะสั้นได้ 20% และเมื่อยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติเข้ามาในตลาด อาจช่วยคงปริมาณการประหยัดดังกล่าวไว้เพราะตัวยานยนต์อัตโนมัติเองก็มีรูปแบบการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และในระยะยาวคาดการณ์ว่าจะช่วยประหยัดประมาณ 10%

ด้านที่สองศึกษาการปรับรอบการขับขี่ให้เหมาะสมเพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ภายใต้ข้อจำกัดด้านเทคนิคและกฎหมายรวมไปถึงการรักษาเวลาในการเดินทาง อ้างถึงในรายงานของ He et al. (2012) ให้ข้อมูลว่าในการจราจรที่ติดขัด การขับขี่ด้วยความเร็วรอบที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 35% ถึง 50% เช่นกันกับการศึกษาของ Mensing et al. (2011) ว่าการขับขี่ด้วยความเหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ 16% เมื่อเปรียบเทียบรอบการขับขี่ของ New European Driving Cycle (NEDC) โดยยังรักษาเวลาในการเดินทางและมีการควบคุมความเร็วตามที่กำหนด และเมื่อเปรียบเทียบกับรอบการขับขี่เฉลี่ยในชีวิตจริงอาจจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 34% หากมีข้อจำกัดด้านระยะทาง และจำนวนยานยนต์บนท้องถนนอาจทำให้เกิดการลดการใช้พลังงานได้แค่ 15% Mensing et al. (2011) ได้ศึกษายานยนต์ของบริษัท Toyota รุ่น Prius hybrid พบว่าหากมีการปรับรอบการขับขี่ให้เหมาะสมจะลดพลังงานลง 10% เมื่อเปรียบเทียบกับรอบการขับขี่เฉลี่ยในชีวิตจริง ผลศึกษาดังกล่าวไม่ได้สร้างความประหลาดใจมากนักเพราะยานยนต์แบบไฮบริดสามารถทำควบคุมการเบรกได้อย่างต่อเนื่องทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นตลอดเวลา Wadud et al. (2016) ได้กล่าวถึงผลการศึกษาของ Orfila (2011) Qian และ Chung (2011) และ Kobayashi et al. (2007) ซึ่งพบว่าการเบรคนั้นมีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับขี่ในสภาพการจราจรที่ติดขัด แต่ก็พบความจริงอย่างหนึ่งว่าการจะประหยัดพลังงานหรือไม่ขึ้นอยู่กับอัลกอริทึมที่ถูกรอกแบบในแต่ละยานยนต์อัตโนมัติซึ่งเป็นไปได้ว่ารูปแบบคำสั่ง นั้นอาจส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานเพียงเล็กน้อย (Wadud et al., 2016) วิทยาลัย

Stephens et al. (2016) ศึกษาการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการประหยัดเชื้อเพลิง นั้น เป็นสิ่งที่รู้กันดีจากงานวิจัยด้านการขนส่ง เทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติ Barth และ Boriboonsomsin (2009) ได้ใช้แบบจำลอง เพื่อศึกษาผลกระทบการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้ระบบจำลองควบคุมพฤติกรรมการใช้ความเร็วและอัตราเร่งของยานยนต์ บนถนนหลวงในเขตแคลิฟอร์เนียตอนใต้ ซึ่งผลการศึกษาสามารถลด การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 10% ถึง 20% แม้ว่าการจราจรบนถนนจะคับคั่ง อย่างไรก็ตาม Barth และ Boriboonsomsin (2009) พบว่าการจราจรที่มีการเคลื่อนที่อย่างอิสระ จะทำให้การใช้ประโยชน์จากเชื้อเพลิงนั้นลดลง มีการศึกษาที่มีลักษณะคล้ายกันของ Barth (2013) พบว่าการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในเมืองที่การจราจรหนาแน่นนั้นจะช่วยลดการใช้พลังงานลง 5% ถึง 10% Li และ Gao

(2013) ศึกษาผลกระทบจากการเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันของความเร็วที่เชื่อมต่อในชุดจำลองขนาดเล็ก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาการควบคุมความเร็วที่เหมาะสมที่จะช่วยเพิ่มการประหยัดเชื้อเพลิงเฉลี่ยในยานยนต์ที่เชื่อมต่อกับ โครงสร้างพื้นฐานการจราจร ผลการศึกษาพบว่าในยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันเบนซินนั้นสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ถึง 10% และในยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฟฟ้าแบบไฮบริดสามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้สูงถึง 33% Stephens et al. (2016) กล่าวว่ามีการวิจัย 2 งานดำเนินการที่ Tech Transportation Institute ซึ่งเป็นการศึกษาของ Rakha, Ahn และ Park (2012) และ Rakha, Kamalanathsharma และ Ahn (2012) เพื่อศึกษาผลกระทบด้านพลังงานจากการเชื่อมต่อระหว่างยานยนต์อัตโนมัติกับยานยนต์อัตโนมัติอื่นที่อยู่ในระยะใกล้เคียง ระบบได้ใช้ระบบประมวลผลจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมถึงสภาพการจราจร รวมถึงข้อมูลยานพาหนะ นำไปสู่การสร้างแบบจำลองความเร็วของยานพาหนะและรูปแบบของการใช้เชื้อเพลิงแบบไมโครสโคปเพื่อสร้างโปรไฟล์การใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับยานยนต์แต่ละคัน ผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าการประหยัดเชื้อเพลิงลดลงระหว่าง 8% ถึง 23% งานวิจัยดังกล่าวนี้ จะนำไปสู่การเลือกสมมติฐานและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อให้เกิดการความคล่องตัวในการเดินทางบนท้องถนนต่อไป (Stephens et al., 2016)

U.S. EIA (2017) การขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากต่อการประหยัดเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์อัตโนมัติ ในรายงานงานวิจัยเรื่อง “Eco-Coaching” ที่กล่าวว่าให้การให้คำแนะนำในการขับขี่แบบทันทีทันใดนั้นจะช่วยลดการใช้พลังงานถึง 10 ถึง 20% ดังที่ปรากฏในการศึกษาของ Wadud et al. (2016) เช่นกัน ยานยนต์แต่ละคันจะถูกป้อนคำสั่งให้จดจำรูปแบบการขับขี่สำหรับยานยนต์แต่ละคัน ตัวอย่างรูปแบบการขับขี่ของยานยนต์อัตโนมัติที่ส่งผลต่อการประหยัดน้ำมัน เช่น การควบคุมความเร็วแบบปรับได้ (adaptive cruise control) ระบบการสื่อสาร V2V/V2I ระบบการแจ้งเตือนเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นแบบทันทีทันใด และระบบการแจ้งเตือนผลจากการเบรก ซึ่งการเบรคนั้นจะเป็นการสูญเสียพลังงานอย่างมาก ดังนั้นหากลดการเบรกได้ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ การลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงนั้น U.S. EIA (2017) ให้ความเห็นว่าสามารถทำได้โดยการลดความเร็วการขับขี่ และการฝึกนิสัยให้มีการขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทคโนโลยีถูกผสมผสานเข้ากับรูปแบบยานยนต์ของประเทศ

Lee และ Kockelman (2018) กล่าวในการศึกษาของเขาว่า ยานยนต์อัตโนมัติจะมีการขับขี้นุ่มนวลมากกว่าการขับขี้นองมนุษย์ เพราะมีเทคนิคในการควบคุมและลรอบของการขับขี้นที่มากขึ้นไป นอกจากนี้ยังมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมากกว่ายานยนต์เนื่องจากสามารถรู้สภาพการจราจรรวมไปถึงจังหวะการหยุดและเคลื่อนที่ที่สามารถทำนุมนวลกว่าเนื่องจากสามารถคาดการณ์เหตุการณ์ต่างๆได้ ในแง่ของการเร่งความเร็ว ยานยนต์อัตโนมัติสามารถรักษาความเร็วได้อย่างต่อเนื่องมากกว่าทำให้ไม่มีเสียงรบกวนขณะขับขี้นและปล่อยมลพิษน้อยกว่ายานยนต์ที่มีรอบจังหวะการเร่งที่เสียงดังกว่าจากรายงานของ Liu et al. (2017). อีกประเด็น คือการขับขี้นที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งแตกต่างจากการขับขี้นที่นุ่มนวล เนื่องจากยานยนต์อัตโนมัติถูกออกแบบมาเพื่อให้ประสิทธิภาพในการขับขี้นเพิ่มสูงขึ้น และการขับขี้นที่เป็นมิตรก็ช่วยให้ประสิทธิภาพในการขับขี้นดีขึ้น ทั้งยังทำให้เกิดการขับขี้นที่นุ่มนวลเนื่องจากการได้รับข้อมูลสภาพการจราจรจากเพื่อประกอบการตัดสินใจจากระบบสื่อสารและเซนเซอร์ ทั้งยังช่วยลดการปลดปล่อยมลพิษอีกด้วยจากการศึกษาของ Barth et al. (2009). เมื่อยานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดจะช่วยประหยัดพลังงานมากกว่าการขับขี้นโดยมนุษย์ และ Lee และ Kockelman (2018) ก็คาดการณ์ว่าการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัตินี้จะทำให้เกิดผลกระทบต่อการใช้พลังงานในแง่ของการขับขี้นนุ่มนวล อยู่ที่ -10% ถึง -20% จากรายงานของ Liu et al. (2017) Barth et al. (2009). (Lee & Kockelman, 2018)

ลดการความหนาแน่นของการจราจร

งานวิจัยของ Brown et al. (2014) การวางแผนการเดินทางที่เหมาะสมจะช่วยให้ เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในเส้นทางนั้นๆ ทั้งนี้อาจจะเป็นการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด หรือเส้นทางมีระยะทางมากกว่าแต่สามารถหลีกเลี่ยงการจราจรที่หนาแน่น หรือการเลือกเส้นทางที่มีการหยุดรถน้อยที่สุด งานวิจัยของ Brown et al. (2014) ได้การประเมินผลกระทบจากการเดินทางในเส้นทางที่มีการวางแผนมาอย่างคินั้น โดยจากการผลศึกษา ในพื้นที่บัพพาโล รัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา ประมาณการว่าสามารถลดความเข้มของการใช้พลังงานลงอยู่ที่ 20% อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นการศึกษาผลกระทบจากการจัดเส้นทางการเดินทางใหม่เพื่อศึกษาผลกระทบการจราจรในระบบ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของการกำหนดเส้นทางอย่างมีประสิทธิภาพ ในยานยนต์ประเภท plug-in electrified vehicle (PEV) พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานในภาพรวมลงถึง 5% จากเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากยานยนต์ดังกล่าวนี้เชื่อมต่อดัวยระบบ

global positioning system (GPS) ทำให้ทราบข้อมูลจราจรตามเวลาจริงและสามารถแนะนำผู้ขับขี่ตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีดีที่สุดได้ ซึ่งการเชื่อมต่อกับระบบ GPS นั้นเป็นเพียงระบบเดียวที่มีอยู่ ณ ตอนนั้นหาก ยานยนต์อัตโนมัติซึ่งมีระบบที่เชื่อมต่อกันมากกว่า เข้ามาในตลาด Brown et al. (2014) เชื่อว่าจะทำให้ประสิทธิภาพในการเลือกเส้นทางดีขึ้นไปอีก (Brown et al., 2014)

นอกจากนี้ Wadud et al. (2016) ได้ศึกษาและพบว่ายานยนต์อัตโนมัตินั้นสามารถช่วยลดการสูญเสียของพลังงานไปเนื่องจากความหนาแน่นของการจราจร โดยการแก้ไขการเคลื่อนตัวของ การจราจร และการลดความถี่ของการเกิดอุบัติเหตุซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้การจราจรมีความหนาแน่น Wadud et al. (2016) ได้กล่าวถึงการศึกษาของ Schrank et al. (2012) ที่ประเมินการเปลี่ยนแปลงของพลังงานอันเนื่องมาจากการจราจรที่หนาแน่นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 โดยศึกษาการเดินทางบนทางหลวง พบว่ามีการสิ้นเปลืองของพลังงานจากการจราจรที่หนาแน่นเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันดีเซลและเบนซินในปีนั้นๆ อย่างต่อเนื่อง โดยในปี ค.ศ. 1984 อยู่ที่ 0.5% ในปี ค.ศ. 2005 อยู่ที่ 1.8% และคาดว่าปี ค.ศ. 2020 จะอยู่ที่ 2.6% Wadud et al. (2016) ทำการขยายขอบเขตออกไปนอกจากช่วงที่ Schrank et al. (2012) ศึกษาพบว่าในปี ค.ศ. 2050 แนวโน้มการสิ้นเปลืองของพลังงานจากการจราจรที่หนาแน่นจะอยู่ที่ 4.2% ของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันดีเซลและเบนซินในปี ค.ศ. 2050 ซึ่งการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่งจากประมาณการดังกล่าวนี้จะทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานอยู่ที่ 2.0% ณ ปัจจุบัน และที่ 4% ในปี ค.ศ. 2050 (Wadud et al., 2016)

หลักเลี่ยงการชน

Wadud et al. (2016) กล่าวว่าจากการศึกษาของ (NHTSA, 2008) พบว่า กว่า 90% ของการเกิดอุบัติเหตุเกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ โดยการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดนั้นสามารถช่วยลดอัตราการชนและความกังวลในเรื่องการเกิดอุบัติเหตุที่หายไปในอนาคต ซึ่งจะทำให้ยานยนต์มีขนาดที่เล็กลงและอุปกรณ์ความปลอดภัยบางรายการอาจถูกตัดออก เนื่องจากไม่มีการใช้งาน อย่างไรก็ตามเป็นเพียงแต่การประเมินสำหรับอนาคตเท่านั้นและจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าการประเมินความเสี่ยงด้านการจราจรจะลดลงอย่างชัดเจนและน่าเชื่อถือ Wadud et al. (2016) ศึกษาของ MacKenzie et al. (2014) ซึ่งศึกษาพบว่าอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยนั้นมีขนาดถึง 112 กิโลกรัมจาก 1452 ซึ่งเป็นน้ำหนักเฉลี่ยของยานยนต์ในปี ค.ศ. 2011 ซึ่งคิดเป็น 7.7% และจากการ

ประมาณการระหว่างน้ำหนักและการใช้เชื้อเพลิง พบว่าหากนำเอาอุปกรณ์เหล่านี้ออกจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 5.5% และคาดการณ์ว่าหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการชนให้มีความปลอดภัยมากขึ้นจะทำให้ผู้บริโภคนำมาใช้ยานยนต์ยานยนต์ที่มีขนาดเล็กมากขึ้นตามด้วย ในระหว่างปี ค.ศ. 2010 ถึง ค.ศ. 2012 EPA (2013) ได้รายงาน อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยของยานยนต์ประเภท Light-Duty Vehicles ในประเทศสหรัฐอเมริกา อยู่ที่ 28.8 ไมล์ ต่อแกลลอน (8.17 ลิตร ต่อ 100 กิโลเมตร) และสำหรับยานยนต์ประเภท Compact Cars อยู่ที่ 35.3 ไมล์ต่อแกลลอน (6.66 ลิตร/100 กิโลเมตร) ซึ่งหากมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของยานยนต์ให้มีความสามารถในการหลีกเลี่ยงการชน จะทำให้ผู้คนส่วนใหญ่หันมาใช้ Compact Cars มากขึ้น ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อกิโลเมตรลงประมาณ 18% หากประกอบกับการที่ยานยนต์มีขนาดเล็กลงเนื่องจากการลดขนาดของอุปกรณ์ความปลอดภัยนั้นมีแนวโน้มว่าจะทำให้เกิดการลดลงของพลังงานถึง 23% แต่เนื่องจากเรื่องความปลอดภัยไม่ใช่สาเหตุเดียวที่ผู้คนส่วนใหญ่เลือกยานยนต์ที่มีขนาดใหญ่กว่า จึงทำให้ขอบเขตของการเปลี่ยนแปลงจากการประเมินในรายงานของ Wadud et al. (2016) ก่อนข้างสูง (Wadud et al., 2016)

ในงานวิจัยของ Stephens et al. (2016) ได้กล่าวไว้ว่า ระบบหลีกเลี่ยงการชน นั้น ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปะทะกันของยานยนต์ เทคโนโลยีนี้จะทำงานโดยอาศัยเซนเซอร์ที่ติดตั้งในยานยนต์ซึ่งจะเฝ้าระวังยานพาหนะที่อยู่รอบๆ รวมถึงสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ที่อาจทำให้เกิดอุบัติเหตุ นอกจากการหลีกเลี่ยงการชนโดยตรงแล้วการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดยังสามารถลดการจราจรที่ติดขัดที่มีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุบนท้องถนนได้อีกด้วย Schrank et al. (2012) ได้ศึกษาเชิงลึกจากรายงานของ Texas A&M Transportation Institute (TTI) ซึ่งทำการวิเคราะห์สภาพการจราจร ครอบคลุมมากกว่า 400 แห่งกระจายทั่วประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2012 โดยใช้ข้อมูลความเร็วการจราจรเฉลี่ยทุกๆ 15 นาทีในแต่ละวัน บริษัท INRIX ซึ่งเป็นบริษัทเอกชนที่ทำการจัดเก็บข้อมูล Texas A&M Transportation Institute (TTI) ได้ใช้ข้อมูลความเร็วประเมินร่วมกับปริมาณยานยนต์สะสมจากระบบติดตามสมรรถนะยานยนต์บนท้องถนนเพื่อคำนวณสถิติการล่าช้าบนแต่ละช่วงของถนน ตามงานวิจัยของ Schrank et al. (2012) ให้ข้อมูลว่า 1.9% ของเชื้อเพลิงถูกใช้ไปกับการจราจรที่ติดขัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ มีการศึกษาที่เกี่ยวข้องของ Najm et al. (2006) จาก the U.S. Department of Transportation's Volpe National

Transportation System Center ที่ศึกษาประสิทธิภาพของระบบหลีกเลี่ยงการชนด้านหลังอัตโนมัติ (Automotive rear-end Collision Avoidance System (ACAS)) โดย ACAS นั้นจะผสมการทำงานระหว่าง ระบบเตือนการชนและระบบการควบคุมความเร็วคงที่ (adaptive cruise control functions) ทำการศึกษาโดยใช้ยานพาหนะ 10 คันและใช้ผู้ขับขี่จำนวน 66 คนที่มีความแตกต่างกันทั้งเรื่องอายุและเพศ ผลการศึกษาพบว่า ระบบ ACAS มีศักยภาพที่จะช่วยป้องกันการชนจากด้านหลังกว่า 10% โดยอ้างอิงรายงานจาก The National Transportation Safety Board ซึ่งรายงานว่ามี การชนจากด้านหลังมากกว่า 1.7 ล้านครั้งในประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2012 ซึ่ง Stephens et al. (2016) ยังพบว่า Moore และ Zubly (2013) จาก the Insurance Institute for Highway Safety ก็ได้ ทำการศึกษาและก็ได้ให้ผลการศึกษาที่คล้ายกันแม้ว่าจะใช้วิธีศึกษาที่แตกต่างกันก็ตาม โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาเรื่องนี้ก็เพื่อ ศึกษาผลกระทบจากการหลีกเลี่ยงการชนของแต่ละคนนั้น จะส่งผลกระทบต่อประกันภัยและความเสียหายต่อตัวยานยนต์หรือไม่ โดยใช้แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อประเมินผลกระทบของระบบป้องกันการชนต่ออัตราการเกิดอุบัติเหตุและ ใช้ชุดข้อมูลจากบริษัทประกันภัยยานยนต์ ผลการศึกษาพบว่าระบบป้องกันการชนสามารถทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลง 10% ถึง 14% โดยการศึกษา Stephens et al. (2016) นี้สามารถนำมาใช้ ประเมินการลดจำนวนอุบัติเหตุที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งการพัฒนาของยานยนต์อัตโนมัติจะทำให้มี ประสิทธิภาพในการป้องกันการชนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและอาจลดจำนวนอุบัติเหตุลดลงถึง 50% ซึ่งคิดเป็นปริมาณการประหยัดเชื้อเพลิงลงถึง 0.95% (จำนวนอุบัติเหตุลดลงถึง 50% ซึ่ง 1.9% ของ เชื้อเพลิงถูกใช้ไปกับการจราจรที่ติดขัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุบัติเหตุ) อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณ ตัวเลขการประหยัดเชื้อเพลิงนั้นค่อนข้างน้อย ดังนั้นหากพิจารณาในเรื่องของความไม่แน่นอนมา ประกอบด้วยแล้วอาจทำให้ตัวเลขดังกล่าวนี้ลดลงกว่านี้อีกได้ (Stephens et al., 2016)

ระบบการสื่อสาร V2V/V2I

Stephens et al. (2016) กล่าวในการศึกษาของเขาว่าระบบอัตโนมัติที่สามารถทำให้เกิดการ สื่อสารระหว่างยานยนต์กับระบบโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะกับสัญญาณไฟจราจรตรงทางแยก การสื่อสารนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขับขี่ ตามรูปแบบการขับขี่ที่ตั้งค่าไว้ การสื่อสาร ดังกล่าวนี้อาจจะช่วยลดพลังงานการใช้เชื้อเพลิง โดยการช่วยลดการหยุดบริเวณทางแยกซึ่ง ยานพาหนะจะใช้เชื้อเพลิงสูงมากที่ความเร็วรอบต่ำๆ มีการศึกษาของมหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนีย

ประเทศสหรัฐอเมริกา และมหาวิทยาลัยนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย (Yelchuru et al. 2014, Yelchuru and Waller 2014) ได้ใช้แบบจำลองยานยนต์ขนาดเล็กสำหรับศึกษาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการกำหนดเวลาสัญญาณไฟต่อการประหยัดเชื้อเพลิง และหาที่เหมาะสมสำหรับการกำหนดสัญญาณไฟ ผลการศึกษาของ Yelchuru et al. (2014) Yelchuru และ Waller (2014) พบว่าระบบที่เชื่อมต่อกัน 100% สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 2% ถึง 6% เมื่อเทียบกับยานพาหนะทั่วไป และ Zimmerman et al. (2000) อ่างการศึกษาที่ดำเนินการโดย FHWA เปรียบเทียบก่อนและหลังการติดตั้งระบบแจ้งเตือนผู้ขับขี่บริเวณทางแยกต่างๆ ในเขตเมืองฟีนิกซ์ ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่ามีความล่าช้าจากการเดินทางลดลง 6.2% และสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 1.8% Stephens et al. (2016) ประเมินแนวโน้มการใช้พลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติว่า จะมีการใช้พลังงานลดลง 1.8% ถึง 2% เมื่อใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) และลดลง 2% ถึง 6% เมื่อใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 5 (Full Automation) (Stephens et al., 2016)

Lee และ Kockelman (2018) ก็กล่าวในงานของเขาเองว่า ระบบสื่อสารแบบ Vehicle-to-Vehicle (V2V) เป็นการสื่อสารระหว่างยานยนต์อัตโนมัติกับยานยนต์อัตโนมัติอื่นที่อยู่ในระยะใกล้เคียง ซึ่งจะทำงานคล้ายกับวิธีการสื่อสารแบบ Vehicle-To-Infrastructure (V2I) เป็นการสื่อสารระหว่างยานยนต์อัตโนมัติกับโครงสร้างพื้นฐานการจราจร โดย Lee และ Kockelman (2018) จะเน้นศึกษาเฉพาะการเชื่อมต่อกับโครงสร้างพื้นฐานเพื่อจัดการจราจรโดยไม่ใช้สัญญาณไฟจราจร ระบบจัดการที่ชาญฉลาดนี้จะจัดการความเร็วของยานยนต์แต่ละคันให้สอดคล้องกับที่ระบบแนะนำให้สามารถลดความล่าช้าจากการหยุดของยานพาหนะบริเวณทางแยกได้ Lee et al. (2012) Niu et al. (2013a) ทางแยกที่ใช้ระบบ Autonomous Intersection Management (AIM) จะสามารถวางแผนและจัดการยานพาหนะและเป้าหมายตลอดจนเส้นทางที่ควรผ่าน โดยระบบจัดการดังกล่าวนี้จะช่วยให้ลดความล่าช้าในการเดินทางจากการหยุด ลดพลังงาน และการปลดปล่อยมลพิษ จากการศึกษาหลายๆงาน Lee et al. (2012) Niu et al. (2013a) Qian et al. (2011) Rakha et al. (2011) Niu et al. (2013b) Sanchez et al. (2006) Carlino et al. (2013) Fajardo et al. (2011) Sharon et al. (2017) ทำให้ Lee และ Kockelman (2018) ได้ข้อมูลว่าระบบนี้สามารถลดการใช้พลังงานลง 13 % และมากถึง 44% สอดคล้องกับกับระบบ Vehicle-to-Vehicle (V2V) การลดลงดังกล่าวนี้เป็นการศึกษาในเส้นทางหลวง สำหรับเส้นทางในชนบทซึ่งมีความแตกต่างของอัตราเปรียบเทียบกับจากเส้นทางหลวง

ประมาณ 45% ถึง 67% จากรายงานของ FHWA ประเทศสหรัฐอเมริกา จะทำให้มีการลดพลังงานลง 6% ($=13\%*45\%$) และมากถึง 30% ($=44\%*67\%$) เมื่อเปรียบเทียบกับยานยนต์ที่ใช้ในปัจจุบัน (Lee & Kockelman, 2018)

ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning)

Brown et al. (2014) ระบบพลาทูนนิ่งเป็นรูปแบบการเดินทางใกล้ชิดกันและใช้ความเร็วสูงของกลุ่มยานยนต์ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดความเข้มข้นการใช้พลังงานอันเป็นผลจากการลดแรงเสียดทานตามหลักอากาศพลศาสตร์ โดยปัจจัยที่กระทบต่อการใช้พลังงานนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของยานยนต์ จำนวนของยานยนต์ ระยะเวลาและระยะทางที่ใช้บนท้องถนน และส่วนของอัลกอริทึมที่ใช้ในยานยนต์นั้น Brown et al. (2014) กล่าวว่าจากการศึกษาข้อมูลจาก 3 แหล่งสามารถประมาณการประหยัดการใช้เชื้อเพลิงจากระบบพลาทูนนิ่งลง 10 % ของการใช้พลังงานในภาพรวม (หรือการประหยัด 20 % ในช่วงประมาณ 50% ของการเดินทางบนเส้นทางหลวง) โดยแต่ละการศึกษาเน้นเฉพาะในส่วนของยานยนต์กลุ่ม Light Duty Vehicle ซึ่งเป็นยานยนต์กลุ่มใหญ่ที่สุดบนท้องถนนและใช้พลังงานประมาณ 59 % ของการใช้พลังงานในภาคขนส่งนอกจากนี้ยังคาดหวังว่าระบบพลาทูนนิ่งจะเป็นประโยชน์ในกรณีของรถเทรลเลอร์รุ่นที่ 8 ซึ่งเป็นยานยนต์ในกลุ่ม Heavy-Duty Vehicle ที่ใช้เชื้อเพลิงมากที่สุด (Brown et al., 2014)

Wadud et al. (2016) กล่าวในการศึกษาของเขาเช่นกันว่า ระบบพลาทูนนิ่งเป็นระบบที่ลดแรงเสียดทานตามหลักอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์โดยเฉพาะกับยานยนต์คันที่อยู่ระหว่างกลาง ระบบพลาทูนนิ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ถนน ลดการขยายพื้นที่ถนนและลดการจราจรที่ติดขัด ซึ่งระบบพลาทูนนิ่งนั้นจะไม่มีความปลอดภัยหากไม่มีใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ทั้งนี้เพราะการขับขี่โดยมนุษย์นั้นมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วของยานยนต์ที่ช้ากว่าเทคโนโลยีอัตโนมัติ การลดการใช้พลังงานในระบบพลาทูนนิ่งนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของยานยนต์ ลำดับของยานยนต์และระยะห่างของยานยนต์แต่ละคันในระบบนั้นๆ โดยปริมาณพลังงานที่ลดนั้นก็ขึ้นอยู่กับจำนวนของยานยนต์ในระบบซึ่งเป็นไปได้ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาของ Brown et al. (2014) นอกจากนี้ Wadud et al. (2016) ศึกษาของ Zhu และ Yang, (2011) พบว่าที่ยานยนต์กลุ่ม Light Duty Vehicle ที่ห่างกันแค่ 1 เมตรจะมีการลดการลากลง 10% และจะมีการลดลง 20% ถึง 60% สำหรับระบบพลาทูนนิ่งที่มียานยนต์หลากหลายประเภทตามการศึกษาของ Schito และ

Braghin (2012) Duan et al. (2007) สำหรับระบบพลาทูนนิ่งในยานยนต์ประเภทรถตู้ที่มากกว่า 5 คันในขบวนและมีระยะห่างระหว่างคันประมาณ 0.5 ถึง 1.0 เมตรนั้นสามารถลดการลากลง 45% ถึง 55% จากรายงานของ Schito และ Braghin (2012) และจะสูงถึง 60% สำหรับคันที่อยู่ตรงกลาง และมีระยะห่างระหว่างคันสั้น ตามการศึกษาของ Zabat et al. (1995). สำหรับการคาดคะเนผลกระทบต่อความเข้มการใช้พลังงานนั้น Wadud et al. (2016) ได้ใช้สัดส่วนของการใช้พลังงานที่จะเอาชนะแรงลากตามหลักอากาศพลศาสตร์ คำนวณร่วมกับสถิติการเดินทางของ FHWA โดยมีระยะการเดินทางในเส้นทางหลวงเท่ากับ 33% ทั้งนี้รวมถึงเส้นทางหลวงระหว่างเมืองและเส้นทางด่วน ส่วนระยะทางในทั้งหมดซึ่งรวมถึงถนนสายหลักด้วยเท่ากับ 55% ของถนนทั้งหมด จากรายงานของ U.S. Kasseris (2006) ในการทดสอบในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า ที่รอบการใช้พลังงานบนทางหลวง 50% ของแรงที่ต้องการเพื่อเอาชนะแรงลาก ส่วนในการเดินทางที่ความเร็วคงที่บนถนนทั่วไปนั้น เท่ากับจะ 75% ของแรงที่ต้องการเพื่อเอาชนะแรงลาก Wadud et al. (2016) ใช้ข้อมูลสัดส่วนข้างต้นประเมินการใช้พลังงานที่จะลดลงเมื่อยานยนต์กลุ่ม Light Duty Vehicle ใช้ระบบพลาทูนนิ่งจะอยู่ที่ประมาณ 3% (20% แรงลาก/50% รอบการใช้พลังงาน/33% ระยะการเดินทาง)และอาจมากถึง 25% (60% แรงลาก/75% รอบการใช้พลังงาน/55% ระยะการเดินทาง) สำหรับยานยนต์ในกลุ่ม Heavy-Duty Vehicle นั้น Tsugawa (2013) รายงานว่าจะมีการลดการใช้พลังงานลง 10% ในยานยนต์ที่เชื่อมกันด้วยระบบพลาทูนนิ่ง 3 คันในขบวนและวิ่งด้วยความเร็วคงที่ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยมีระยะห่างระหว่างคันที่ 20 เมตร และมีใช้พลังงานลงถึง 15% หากลดเหลือ 5 เมตร สำหรับยานยนต์คันที่อยู่ตรงกลางนั้นจะมีการใช้พลังงานลงถึง 25% Lu and Shladover (2013) ได้ศึกษาและให้ข้อมูลว่า ยานยนต์ที่เชื่อมกันด้วยระบบพลาทูนนิ่ง 3 คันนั้นสามารถลดการใช้พลังงานได้ลง 4% สำหรับคันแรก 10% สำหรับคันที่ 2 และ 14% สำหรับคันสุดท้าย และจากงานวิจัยข้างต้น Wadud et al. (2016) ได้สรุปประมาณการใช้พลังงานยานยนต์ในกลุ่ม Heavy-Duty Vehicle ที่เชื่อมกันด้วยระบบพลาทูนนิ่งว่าจะทำให้มีความเข้มการใช้พลังงานลดลงประมาณ 10 ถึง 25% (Wadud et al., 2016)

ในการศึกษาของ Stephens et al. (2016) กล่าวไปในทางเดียวกันกับหลายๆงานก่อนหน้านี้ว่ายานยนต์ที่เชื่อมกันด้วยระบบพลาทูนนิ่งจะช่วยลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เนื่องจากการจับขั้วที่ใกล้กันเป็นขบวนจะช่วยลดความต้านทานของอากาศตามหลักอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์โดย

ในการศึกษาของ Stephens et al. (2016) นี้ได้กล่าวถึงการศึกษาของ Zabot et al. (1995) ทำการทดลองเรื่องการประหยัดเชื้อเพลิงของระบบพลาทอนิ่งโดยใช้รถตู้โดยทดสอบในอุโมงค์ลมร่วมกับและแบบจำลองเชิงตัวเลข พบว่ามีการลดการใช้เชื้อเพลิงลง 10% ถึง 30% โดยค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 20%–25% ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างคัน จำนวนยานยนต์ และตัวแปรอื่นๆ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงงาน Wadud et al. (2016) ที่ให้ผลการศึกษาว่ายานยนต์กลุ่ม Light Duty Vehicle จะมีการลดการใช้เชื้อเพลิงลง 3% ถึง 25% เมื่อเชื่อมต่อกับระบบพลาทอนิ่ง โดย Stephens et al. (2016) ประมาณการว่าจะมีการลดการใช้เชื้อเพลิงลง 3.0% ถึง 12.5% (ครึ่งหนึ่งของการลดการใช้เชื้อเพลิงสูงสุดคือ 25%) สำหรับยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 2 (Partial Automation) และ 12.5% ถึง 25% สำหรับยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป (Stephens et al., 2016)

Lee และ Kockelman (2018) กล่าวในการศึกษาของเขาว่า ระบบการสื่อสารแบบ Vehicle-to-Vehicle (V2V) เป็นรูปแบบการทำงานจะช่วยทำให้เกิดระบบพลาทอนิ่งโดยการควบคุมความเร็วและระยะห่างระหว่างคันให้เหมาะสม Lee และ Kockelman (2018) สรุปข้อดีของระบบนี้จากการทบทวนวรรณกรรมว่า ระบบพลาทอนิ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ถนนโดยรักษา ระยะห่างให้ใกล้เคียงกับรถคันหน้ามากขึ้น และลดเสียงรบกวนจากการเร่งเครื่องตลอดจน ช่วยปรับการไหลของการจราจรให้ดีขึ้น ลดการใช้เชื้อเพลิงและการปลดปล่อยมลพิษผ่านรอบการขับขี่ที่นุ่มนวลขึ้น รวมถึงการลดแรงลากจากการเดินทางเป็นขบวน ระบบพลาทอนิ่งจะมีการสื่อสารระหว่าง ปลายทางกับยังต้นทาง ทำให้รับรู้สภาพการจราจรตลอดการเดินทางและมีการปรับรูปแบบการ เดินทางที่เหมาะสมกับสภาพการจราจรนั้นๆ นอกจากนี้การรักษา ระยะห่างให้ใกล้เคียงกับรถคันหน้ามากขึ้นจะช่วยลด ความต้านทานของอากาศตามหลักอากาศพลศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับหลายๆ การศึกษาที่มีมาก่อนหน้านี้ และจากปัจจัยสนับสนุนดังกล่าวมานี้ Lee และ Kockelman (2018) จึง คาดการณ์ว่าระบบพลาทอนิ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยมลพิษลง 7% ถึง 35% (อ้างอิงใน Li et al. (2017) Talebpour et al.(2016) Zhao et al. (2013) Gonder et al. (2012) Li et al. (2015) Alsabaan et al. (2013) อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ เป็นการศึกษาในเส้นทางหลวง แต่อย่างไร ก็ตามในความเป็นจริงยานยนต์ส่วนใหญ่ ไม่ได้ใช้เส้นทางแคบในเส้นทางหลวงเท่านั้น ยังมี เส้นทางชนบทที่มีการเดินทางดังนั้น Lee และ Kockelman (2018) จึงใช้ข้อมูลสถิติการเดินทางของ

FHWA เพื่อคาดการณ์พลังงานที่จะเปลี่ยนแปลงในเส้นทางทั้งหมดคาดว่าจะลดลง 2% (จาก 7% ของระยะการเดินทางในเส้นทางหลวงเท่ากับ 33%) ถึง 19% (จาก 35% ของระยะทางในทั้งหมดเท่ากับ 55%) เมื่อเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงในปัจจุบัน (Lee & Kockelman, 2018)

ยานยนต์มีขนาดเล็กลง

Brown et al. (2014) กล่าวว่ายานยนต์อัตโนมัติจะถูกพัฒนาให้มีน้ำหนักเบาขึ้นและมีระบบส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในอนาคตยานยนต์ไม่จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่เพื่อวัตถุประสงค์ด้านความปลอดภัยต่อไป อุปกรณ์ด้านความปลอดภัยบางส่วนจะถูกยกเลิกเพราะยานยนต์สามารถเชื่อมต่อและสื่อสารกันทำให้การชนลดลง ซึ่งทำให้น้ำหนักส่วนใหญ่ของยานยนต์ลดลง Brown et al. (2014) ทำการศึกษาผลกระทบจากการที่ยานยนต์มีน้ำหนักเบาขึ้นและการใช้ยานยนต์ให้พอดีกับจำนวนผู้โดยสาร โดยคาดการณ์จากผลการศึกษาของ Burns et al. (2013) ที่ได้ศึกษาพบว่าการที่น้ำหนักยานยนต์ลดลง 10% นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 6% ถึง 8% ซึ่ง Brown et al. (2014) สรุปเบื้องต้นว่าหากมียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดจะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 50% ทั้งนี้เนื่องจากในอนาคตน้ำหนักยานยนต์นั้นอาจจะลดลงจากเดิมถึง 75% คาดการณ์จากข้อมูลในปี ค.ศ. 1994 ที่ยานยนต์ที่ผลิตออกมาจะมีน้ำหนักเป็นครึ่งหนึ่งของน้ำหนักในอดีต (Brown et al., 2014)

Stephens et al. (2016) ได้อ้างอิงถึงการศึกษาของ (Wadud et al. 2016) ว่าเทคโนโลยีอัตโนมัติมีศักยภาพในการช่วยลดขนาดของยานยนต์ขณะยังคงรักษาระดับความปลอดภัย ซึ่งการลดขนาดนี้อาจนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ MacKenzie et al. (2014) ได้ศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักยานยนต์ในแง่ของการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีและการปรับปรุงด้านการใช้งานในยานยนต์สองกลุ่มการศึกษาให้ผลว่า เทคโนโลยีการประหยัดน้ำมันนั้นกำลังถูกแทนที่ด้วยความก้าวหน้าด้านขนาดยานยนต์และรูปแบบการใช้งาน โดยพบว่ายานยนต์ใหม่ในช่วงปี ค.ศ. 2011 ระบบความปลอดภัยจะมีน้ำหนักประมาณ 7.7% ของน้ำหนักยานยนต์ และการลดขนาดของอุปกรณ์ความปลอดภัยนั้นจะช่วยประหยัดการใช้พลังงานลงถึง 5.5% และซึ่งเหมาะสมการที่ยานยนต์มีขนาดเล็กลงจะทำให้เหมาะสมกับการเดินทางคนเดียวมากขึ้น Wadud et al. (2016) ทำการศึกษาโดยจัดกลุ่มผู้โดยสารและยานยนต์ดังนี้

- ผู้โดยสาร 1 คน ให้โดยสารโดยรถยนต์แบบคนนั่งคนเดียว
- ผู้โดยสาร 2 คน ให้เดินทางด้วยรถยนต์นั่งขนาดเล็ก
- ผู้โดยสาร 3-4 คน ให้เดินทางด้วยรถยนต์นั่งขนาดกลาง
- ผู้โดยสาร 5-7 คน ให้เดินทางด้วยรถผู้โดยสารขนาดเล็ก

โดยให้รถยนต์แบบคนนั่งคนเดียวใช้พลังงานเป็นครึ่งหนึ่งของรถยนต์นั่งขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่า 45% ของการประหยัดเกิดจากการถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางและการใช้เชื้อเพลิงของทั้งกลุ่มยานยนต์นั้น สอดคล้องกับงานของ Brown et al. (2014) ดังรายละเอียดข้างต้น ซึ่ง Stephens et al. (2016) สรุปผลกระทบจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดในแง่ของการที่ยานพาหนะมีขนาดเล็กลงนั้น จะส่งผลให้มีการใช้เชื้อเพลิงลดลง 50% แต่อย่างไรก็ตาม Stephens et al. (2016) ให้ข้อสังเกตว่าเนื่องจากจากยานยนต์อัตโนมัติขนาดใหญ่ไม่ได้ถูกกล่าวถึงในหลายๆงานวิจัยดังนั้น การที่ยานพาหนะมีขนาดเล็กลงนั้นอาจไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้เชื้อเพลิงก็ได้ (Stephens et al., 2016)

ในรายงานของ U.S. EIA (2017) ก็มีการกล่าวถึงประเด็นผลการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงานเมื่อยานยนต์มีขนาดเล็กลง ว่าหากมีอัตราการชนที่ลดลง ผู้ผลิตยานยนต์สามารถผลิตยานยนต์ที่มีน้ำหนักเบาได้หากเป็นไปตามเงื่อนไขความปลอดภัยแม้ว่าจะมีอุปกรณ์ความปลอดภัยที่น้อยลงกว่าเดิมโดยอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยนั้นจะเปลี่ยนจากโครงสร้างแบบเดิมสู่ระบบอัตโนมัติ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีการแก้ไขข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของรัฐบาลกลาง นอกจากนี้ยานยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 5 (Full Automation) ยังสามารถถอดพวงมาลัยคันเร่ง ตัวเปลี่ยนเกียร์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการขับขี่ เพื่อให้ยานยนต์มีน้ำหนักที่เบาขึ้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าจะเกิดขึ้นในไม่ช้า ในทางกลับกันการใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ อาจทำให้น้ำหนักยานยนต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์ด้านความบันเทิงและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอย่างอื่นซึ่งยังไม่สามารถวัดผลกระทบดังกล่าวในเวลานี้ได้ (U.S.EIA, 2017)

การใช้ขนาดรถให้พอดีกับจำนวนคน

Wadud et al. (2016) ได้กล่าวถึงข้อมูลของ Davis et al. (2012) ว่าในปี ค.ศ. 2009 ยานยนต์ขนาดเล็กที่ขนาด 4 ที่นั่งขึ้นไปที่ใช้เดินทางในประเทศสหรัฐอเมริกา มีผู้โดยสารเฉลี่ยเพียง 1.67 คนต่อคันเท่านั้นซึ่งหากปรับความสามารถและความจุของยานยนต์ให้สอดคล้องกับความต้องการ

ในการเดินทางได้ จะช่วยลดความเข้มการใช้พลังงานลงอย่างมากและจากหลักการนี้ได้มีการเสนอแบบจำลองยานยนต์อัตโนมัติที่ใช้เดินทางร่วมกันโดยมีขนาดพอดีกับจำนวนคน โดยใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 (high Automation) เพื่อรองรับการเดินทาง ในการประเมินการลดความเข้มของการใช้พลังงานนั้นจะใช้การเดินทางปัจจุบันเปรียบเทียบกับรถที่พอดีกับจำนวนผู้โดยสาร ซึ่งจากข้อมูลของ National Household Transportation Survey (NHTS) ในปี ค.ศ. 2009 รายงานค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานยนต์ส่วนบุคคลเท่ากับ 9.50 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองพบว่ายานยนต์ส่วนบุคคลที่มีผู้โดยสาร 1 ถึง 2 คนโดยสารโดยรถยนต์นั่งขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิง เท่ากับ 7.33 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร ส่วนยานยนต์ที่มีผู้โดยสาร 3 ถึง 4 คนโดยสารโดยรถยนต์นั่งขนาดกลางมีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิงเท่ากับ 8.00 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร และยานยนต์ที่มีผู้โดยสาร 5 ถึง 7 คนโดยสารโดยรถตู้โดยสารขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิงเท่ากับ 9.72 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร โดยมีสมมติฐานว่าการมีผู้โดยสารมากกว่า 7 คน (ซึ่งเป็นไปได้้น้อยมาก) จะมีการใช้ขนาดรถที่ไม่พอดีกับจำนวนคน ซึ่งจากแบบจำลองดังกล่าวนี้จะทำให้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิงของยานยนต์เฉลี่ยเท่ากับ 7.49 ลิตรต่อ 100 กิโลเมตร ซึ่งเท่ากับมีความเข้มของการใช้พลังงานลดลง 21% เนื่องจากการเดินทางหลายครั้งนั้นเป็นการเดินทางที่มีผู้โดยสารเพียงคนเดียวดังนั้นจึงมีการพัฒนายานยนต์สำหรับผู้โดยสารคนเดียวแบบใหม่ๆ มากขึ้น ซึ่ง Wadud et al. (2016) ยอมรับในการศึกษาของเขาว่าการประมาณการใช้เชื้อเพลิงในยานยนต์สมมตินั้นเป็นเรื่องที่ยาก ซึ่ง Wadud et al. (2016) เริ่มต้นจากประมาณการใช้พลังงานในจกรยานยนต์เป็นครั้งหนึ่งของค่าเฉลี่ยของยานยนต์ส่วนบุคคลเท่ากับ 1,889 กิโลจูลต่อกิโลเมตรกับ 3,502 กิโลจูลต่อกิโลเมตร จากข้อมูลของ Davis et al.(2012) บนสมมติฐานที่ว่ายานยนต์ใหม่นั้นมีความสามารถประหยัดการใช้เชื้อเพลิงเป็นครั้งหนึ่งของรถยนต์นั่งขนาดเล็กและ ผู้โดยสาร 1 คน ให้โดยสารโดยรถยนต์แบบคนนั่งคนเดียว ผู้โดยสาร 2 คนให้เดินทางด้วยรถยนต์นั่งขนาดเล็ก ผู้โดยสาร 3 ถึง 4 คนให้เดินทางด้วยรถยนต์นั่งขนาดกลางผู้โดยสาร 5 ถึง 7 คนให้เดินทางด้วยรถตู้โดยสารขนาดเล็ก ผลคือจะทำให้ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระหว่างระยะทางกับปริมาณเชื้อเพลิงของยานยนต์ลดลง 45% แม้ว่าศักยภาพของยานยนต์นั้นจะเป็นเรื่องที่ดีและที่น่าสนใจ แต่ก็ยังเป็นเพียงการศึกษาในแง่ของการ

เดินทางเท่านั้นไม่ได้คำนึงในแง่ของการบรรทุกสินค้า การลากจูง และการใช้งานวัตถุประสงค์อื่น และแม้ว่าจะมีการลดขนาดของอุปกรณ์ความปลอดภัยแต่ผู้ขับขี่อาจมีการติดตั้งที่นั่งสำหรับเด็ก ชั้นวางจักรยาน หรืออย่างอื่น อีกประเด็นที่น่าสนใจคือการที่แต่ละครอบครัวมียานยนต์มากกว่า 1 คันสำหรับการใช้เดินทางเพื่อพักผ่อนซึ่งต้องใช้ยานยนต์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติแม้ว่าจะมียานยนต์ใหม่ๆ ที่ออกแบบมาเพื่อให้พอดีกับจำนวนคนแต่ก็ไม่อาจทำให้จำนวนยานยนต์ขนาดใหญ่นี้ลดลงมากนัก

จากรายงานของ U.S. EIA (2017) ซึ่งรายงานสอดคล้องกับ Wadud et al. (2016) ที่สรุปว่า หากมีการปรับขนาดยานยนต์ที่ใช้เดินทางร่วมกันให้พอดีกับจำนวนผู้โดยสารในแต่ละครั้งจะช่วยลดอัตราการใช้เชื้อเพลิงลง 21% และการใช้งานยานพาหนะแบบคนนั่งคนเดียว ที่มีน้ำหนักและขนาดที่เหมาะสม การคาดการณ์ว่าจะลดการใช้เชื้อเพลิงต่อคันลง 45% แต่อย่างไรก็ดีรายงานให้ความเห็นสอดคล้องกันว่าปัจจัยหลักอาจไม่ใช่แค่ผู้โดยสารเท่านั้น ต้องพิจารณาถึงอุปกรณ์ความสะดวกอื่นๆ ในยานยนต์ด้วย (U.S.EIA, 2017)

ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น

Brown et al. (2014) ด้วยความปลอดภัยที่เพิ่มมากขึ้นของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle: AV) อาจส่งผลให้เกิดการเดินทางบนทางหลวงที่รวดเร็วยิ่งขึ้นได้ เป็นที่รู้กันว่าเพิ่มความเร็วในการเดินทางเกิดขึ้นได้ด้วยการลดแรงต้านอากาศ ด้วยเหตุนี้การสูญเสียแรงต้านอากาศมีผลอย่างมากต่อการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ เพื่อตรวจสอบผลกระทบที่เป็นไปได้ ผู้วิจัยได้ทำการคาดคะเนจากผลการสังเกตในช่วงหลายปีที่ผ่านมาบนทางหลวงฮอโตบาห์นในประเทศเยอรมัน ซึ่งเป็นทางหลวงไม่จำกัดความเร็วและถือว่าการเดินทางด้วยความเร็ว 100 ไมล์ต่อชั่วโมง (ประมาณ 160 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) บนทางหลวงเป็นเรื่องปกติและถูกกฎหมายในการเดินทาง ซึ่ง fueleconomy.gov ได้ทำการศึกษาเพื่อวัดผลกระทบจากการเพิ่มความเร็วจาก 10 ไมล์ต่อชั่วโมงเป็น 80 ไมล์ต่อชั่วโมง ผลที่ได้พบว่า การเพิ่มความเร็วขึ้น 10 ไมล์ต่อชั่วโมงแต่ละครั้งจะต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 13.9% และเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการวัดการใช้พลังงานเมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นเป็น 100 ไมล์ต่อชั่วโมง จึงต้องมีการตั้งสมมติฐานโดยละเอียดเกี่ยวกับการพัฒนาหลักอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์ (Vehicle Aerodynamic) ที่มักเกิดขึ้นพร้อมกับการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้น รวมถึงรายละเอียดอื่นๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบส่งกำลังในยานยนต์อัตโนมัติ (AV) ใน

การวิเคราะห์ขั้นสูงนี้ ผู้วิจัยใช้การคาดการณ์ผลลัพธ์อย่างคร่าวๆ จากข้อมูลที่มีอยู่ และสันนิษฐานว่าพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มความเร็วในการขับขี่แต่ละไมล์บนทางหลวงอาจส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 30% (Brown et al., 2014)

Stephens et al. (2016) กล่าวว่าระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติสามารถช่วยรักษาความปลอดภัยในระหว่างการขับขี่ด้วยความเร็วสูง เนื่องจากโดยปกติแล้วผู้เดินทางมักจะเลือกตัวเลือกการเดินทางที่รวดเร็วกว่าเสมอ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติจะนำไปสู่การขับขี่บนทางหลวงด้วยความเร็วที่สูงกว่าการขับขี่ด้วยมนุษย์ เป็นที่ทราบกันว่าเมื่อความเร็วในการขับขี่เพิ่มขึ้นสูงกว่า 50 หรือ 60 ไมล์ต่อชั่วโมง จะเกิดแรงเสียดทานอากาศขึ้นและส่งผลต่อการใช้พลังงานของยานยนต์ และแรงเสียดทานอากาศนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณเมื่อความเร็วเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง Wadud et al. (2016) ได้ศึกษาผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากความเร็วที่เพิ่มขึ้นในการเดินทางบนทางหลวงด้วยเทคโนโลยีระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติผ่านการวิเคราะห์มูลค่าของเวลาของผู้ขับขี่ โดยสันนิษฐานว่าการขับขี่ยานยนต์ภายใต้ระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ ผู้ขับขี่จะเพิ่มความเร็วของรถจนกว่าระยะเวลาในการเดินทางที่ลดลงจะคุ้มค่ากับต้นทุนเชื้อเพลิงที่เสียไป โดยเชื่อว่าผู้ขับขี่จะเพิ่มความเร็วขึ้นเป็นประมาณ 80 ไมล์ต่อชั่วโมงหากไม่มีการจำกัดความเร็ว ซึ่งเป็นข้อสังเกตว่าข้อมูลนี้สอดคล้องกับการสำรวจของ Scholz et al. (2007) ที่พบว่า ผู้ขับขี่บนทางหลวงออโตบาห์นในประเทศเยอรมัน ซึ่งเป็นทางหลวงไม่จำกัดความเร็ว ใช้ความเร็วในการขับขี่โดยเฉลี่ยที่ 88 ไมล์ต่อชั่วโมง นอกจากนี้ Berry (2010) ยังได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในยานยนต์ทั่วไป และพบว่าปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงบนทางหลวงอาจเพิ่มขึ้น 20% ถึง 40% เช่นกันกับ Brown et al. (2014) ที่ศึกษาเกี่ยวกับความเร็วที่ใช้ในการเดินทางบนทางหลวง โดยคาดว่าความเร็วจะเพิ่มขึ้นเป็น 100 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าความเร็วโดยเฉลี่ยของผู้ขับขี่ในปัจจุบันบนทางหลวงออโตบาห์นในประเทศเยอรมัน จากผลการวิเคราะห์ของ Hwang et al. (2013) แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วในการขับขี่ทุกๆ 10 ไมล์ต่อชั่วโมง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการประหยัดน้ำมันลดลงประมาณ 14% ขณะที่ Brown et al. คาดว่าจะมีการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นกว่า 40% เมื่อเพิ่มความเร็วในการเดินทางบนทางหลวง จากผลการศึกษาได้รับการรับรองโดย Brown et al. พบว่าการเพิ่มความเร็วอย่างมากเช่นนี้มักจะมาพร้อมการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศพลศาสตร์ของยานยนต์และ/หรือระบบส่งกำลังอันส่งผลกระทบต่อการใช้เชื้อเพลิงของยานยนต์ รายงานการวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลที่ว่า จะเกิดการสิ้นเปลือง

น้ำมันเพิ่มขึ้น 40% เมื่อมีการเพิ่มความเร็วในการขับขี่ โดยใช้เฉพาะกรณีที่ไม่ใช่การเดินทางใน ชั่วโมงเร่งด่วนบนทางหลวงเท่านั้น เนื่องจากภายใต้ระบบขับขี่อัตโนมัติแบบบางส่วนผู้ขับขี่อาจไม่สามารถเพิ่มความเร็วได้ถึง 10 ไมล์ต่อชั่วโมงเนื่องจากการควบคุมรถโดยส่วนใหญ่ยังต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ขับขี่กับระบบขับขี่อัตโนมัติ และกำหนดให้การสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้น 10% เป็นขอบเขตบน และการสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้น 0% เป็นขอบเขตล่าง ของการสิ้นเปลืองน้ำมันเมื่อเพิ่มความเร็วในการขับขี่ด้วยระบบขับขี่อัตโนมัติแบบบางส่วนในกรณีที่ไม่ใช่การเดินทางใน ชั่วโมงเร่งด่วนบนทางหลวง และเนื่องจากยังไม่มีหลักฐานชัดเจนในการกำหนดขอบเขตล่างของผลกระทบต่อการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงในการเพิ่มความเร็วของรถในระบบขับขี่อัตโนมัติเต็มรูปแบบ ผู้วิจัยจึงนำขอบเขตบนจากระบบขับขี่อัตโนมัติบางส่วน คือ การสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้น 10% มาใช้สำหรับกำหนดขอบเขตล่างในการศึกษานี้ การดำเนินการเช่นนี้จะคงความแตกต่างระหว่างสมมติฐานของระบบขับขี่อัตโนมัติแบบบางส่วนกับระบบขับขี่อัตโนมัติเต็มรูปแบบ และการตั้งสมมติฐานทางเลือกแบบเทียบเคียงนี้จะนำไปใช้ในส่วนอื่นๆ ที่ไม่พบข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมการสิ้นเปลืองน้ำมันจากเพิ่มความเร็วในการเดินทางด้วยยานยนต์อัตโนมัติ (Connected and Automated Vehicle: CAVs) จะเพิ่มขึ้นอย่างน้อย 7% และมากที่สุดที่ 30% เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบัน (Stephens et al., 2016)

U.S. EIA (2017) และ Wadud et al. (2016) กล่าวว่า เมื่อเวลาในการตอบสนองและช่วง ความสนใจของมนุษย์มีผลต่อการตัดสินใจขับขี่ลดลงและความเร็วสูงสุดในการขับขี่ตามกฎหมาย เพิ่มขึ้น ความต้องการลดความแออัดบนท้องถนนอย่างมีประสิทธิภาพและความเชื่อมั่นต่อ เทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ปัจจัยเหล่านี้ล้วนมีส่วนเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น การเพิ่มความเร็วสูงสุดในการขับขี่ตามกฎหมายบนทางหลวงนำไปสู่การพัฒนาการลดความเสียดทานอากาศให้มากขึ้นและการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นต่อระยะทางที่รถแต่ละคัน วิ่ง (VMT = Vehicle Mile Driven) ผู้วิจัยประเมินผลกระทบนี้ด้วยการคาดคะเนว่ายานยนต์จะเดินทางได้เร็วขึ้นเพียงใด โดยสมมติว่าผู้ขับขี่เข้าใจการแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น และระยะเวลาในการเดินทางที่ลดลง ซึ่งผลที่ได้พบว่าความเร็วของยานยนต์ประเภท LDV เพิ่มขึ้น จาก 65-70 ไมล์ต่อชั่วโมงเป็น 79 ไมล์ต่อชั่วโมง โดยให้เป็นการเดินทางบนทางหลวง 33% ถึง 55%

ของระยะทางทั้งหมดโดยอ้างอิงข้อมูลจาก Federal Highway Administration data ซึ่งส่งผลให้การใช้เชื้อเพลิงในยานยนต์ประเภท LDV เพิ่มสูงขึ้นเป็น 7% ถึง 22%

Lee และ Kockelman (2018) กล่าวว่า หนึ่งในข้อดีของระบบอัตโนมัติในยานยนต์ คือ เทคนิคการควบคุมด้วยเซนเซอร์ขั้นสูง ความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่าย และปัญญาประดิษฐ์ ด้วยความช่วยเหลือหรือการควบคุมยานพาหนะอย่างเต็มที่จากเทคนิคเหล่านี้ ทักษะการขับขี่ของยานยนต์อัตโนมัติ (Connected and Automated Vehicle: CAVs) จะได้รับการพัฒนาให้ดีขึ้นซึ่งต่างจากยานยนต์ทั่วไปที่มนุษย์เป็นคนขับ ยกตัวอย่าง เช่น ยานยนต์อัตโนมัติ (CAVs) อาจเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากขึ้น โดยยังเว้นระยะห่างที่ปลอดภัยจากยานยนต์คันข้างหน้า เมื่อความเร็วในการเดินทางเพิ่มขึ้นย่อมมีแนวโน้มส่งผลให้ความสะดวกสบายเพิ่มขึ้นตามมา ดังนั้นโครงสร้างพื้นฐานของถนนที่มียานยนต์อัตโนมัติ (CAVs) ในอนาคต ย่อมมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีความแออัดน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบัน การเดินทางที่เร็วขึ้นย่อมทำให้ใช้เวลาในการเดินทางน้อยลง ดังนั้นผู้ขับขี่ยานยนต์อัตโนมัติจะได้รับประโยชน์จากสภาพการจราจรที่ดีขึ้นอันเป็นผลมาจากยานยนต์อัตโนมัติ (CAVs) แต่หากประสิทธิภาพของระบบส่งกำลังและแหล่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในยานยนต์อัตโนมัติ นั้นไม่ต่างจากยานยนต์ในปัจจุบัน การเดินทางที่เร็วขึ้นของยานยนต์อัตโนมัติ (CAVs) ย่อมสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นและปล่อยมลพิษมากขึ้น เป็นข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมของ Lee et al. (2018) และ Brown et al. (2014) ซึ่งงานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน (Lee & Kockelman, 2018)

การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ UNIVERSITY

Wadud et al. (2016) กล่าวจากการศึกษาของเขาว่าการขับขี่ยานยนต์อัตโนมัติอาจทำให้เสียเวลาในการเดินทางไปกับกิจกรรมอื่นในยานยนต์เพิ่มมากขึ้น อาจมีการเดินทางไกลและใช้เวลาในยานยนต์มากขึ้น ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวจะนำไปสู่การปรับปรุงการใช้งานรูปแบบต่างๆ ในยานยนต์ให้มีความสะดวกสบายเพิ่มมากขึ้น โดยเขาได้อ้างการศึกษาของ MacKenzie et al. (2014) ว่าการเพิ่มคุณสมบัติด้านความปลอดภัย และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกอื่นๆ จะทำให้ยานยนต์มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น 200 กิโลกรัมจากน้ำหนักยานยนต์เฉลี่ยในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1980 ถึงปี ค.ศ. 2010 และหากมีความต้องการอุปกรณ์ดังกล่าวนี้เพิ่มขึ้นสองเท่า อาจทำให้ยานยนต์มีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น 240 กิโลกรัมในปี ค.ศ. 2050 โดยน้ำหนักจากน้ำหนักฐานที่ 1,142 กิโลกรัม ซึ่งการที่ยานยนต์

มีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นนี้จะทำให้เกิดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น 11% ในปี ค.ศ. 2050 นอกจากนี้การที่ยานยนต์พัฒนาใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ระดับที่ 4 (high Automation) จะทำให้ยานยนต์มีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวก

จากการศึกษาของ Lee และ Kockelman (2018) พบว่าในยานยนต์อัตโนมัตินั้นจะมีอุปกรณ์อัตโนมัติที่ใช้พลังงานเพิ่มเติมเข้ามา เช่น เครื่องปรับอากาศปรับเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้สะดวกสบาย แต่อาจทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องใช้โหลดเพิ่มเติมในการเปิดเครื่องปรับอากาศและรักษาอุณหภูมิให้คงที่ โดยความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้น 1000 วัตต์ จะเพิ่มการใช้เชื้อเพลิง 15% เมื่อเทียบกับพลังงานฐานที่ 500 วัตต์จากข้อมูล (Farrington & Rugh, 2000) การใช้พลังงานเมื่อใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติ ในระดับที่แตกต่างกันจะพบว่าใช้พลังงานต่างกัน ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจว่าจะต้องใช้พลังงานเท่าไร โดยจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของยานยนต์อัตโนมัติ นั้นพบว่าการปลดปล่อยมลพิษเพิ่มขึ้น 4% เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีปัจจุบันจากการศึกษาของ (Gawron et al., 2018) สำหรับการศึกษาของ Lee และ Kockelman (2018) ตั้งสมมติฐานว่าหากยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติเข้ามาในตลาดจะทำให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นในแง่ของการเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกทั้งจากตัวระบบประมวลผล อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 4% ถึง 15% จากประมาณการ

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง ในแต่ละปัจจัยย่อย สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงานได้ ดังนี้

ตารางที่ 2-1 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)				
	Brown et al. (2014)	Wadud et al. (2016)	Stephens et al. (2016)	U.S. EIA (2017)	Lee และ Kockelman (2018)
ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด	(4)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(11) - (5)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(20) - (5)
การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน	ไม่ได้ศึกษา	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(12) - 0	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(12) - (5)
เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า	ไม่ได้ศึกษา	ไม่ได้ศึกษา	0 - 11	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	6 - 14
รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส	40	2 - 40	12	14 - 25	10 - 14
เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	ไม่ได้ศึกษา	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	2.0 - 3.7	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ไม่ได้ศึกษา
ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น	30	7 - 22	0 - 40	7 - 22	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ
ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง	50	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	19.6 - 160	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	6 - 18

หมายเหตุ

- ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ปัจจัยนั้นมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานที่เป็นลบ
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ ในแต่ละปัจจัยย่อย สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงานได้ ดังนี้

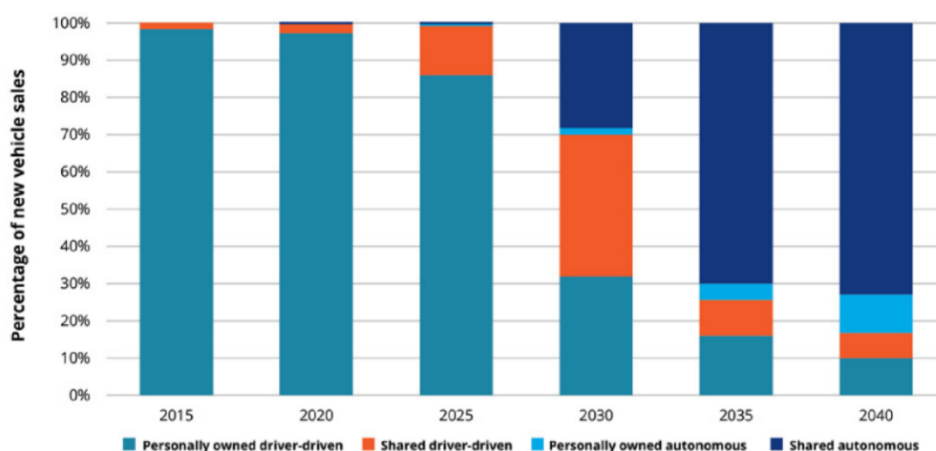
ตารางที่ 2-2 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)				
	Brown et al. (2014)	Wadud et al. (2016)	Stephens et al. (2016)	U.S. EIA (2017)	Lee และ Kockelman (2018)
การจับจีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	(30)	(50) - 0	(33) - (5)	(20) - (10)	(20) - (10)
ลดการความหนาแน่นของการจราจร	(5)	(4) - (2)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ไม่ได้ศึกษา
หลีกเลี่ยงการชน	ไม่ได้ศึกษา	(23.0) - (5.5)	(1.9) - 0	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ
ระบบการสื่อสาร V2V/V2I	ไม่ได้ศึกษา	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(6) - (2)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(30) - (6)
ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning)	(10)	(25) - (3)	(25.0) - (12.5)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(19) - (2)
การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์	ไม่ได้ศึกษา	(23) - (5)	ไม่ได้ศึกษา	(23) - (5)	ไม่ได้ศึกษา
ยานพาหนะมีขนาดเล็กลง	(50)	ไม่ได้ศึกษา	(50) - 0	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ
การใช้ขนาดรถให้พอดีกับจำนวนคน	ไม่ได้ศึกษา	(45) - (21)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	(45)	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ
การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ	ไม่ได้ศึกษา	0 - 11	ศึกษาแต่ไม่ระบุร้อยละ	ไม่ได้ศึกษา	4 - 15

หมายเหตุ

- ตัวเลขในวงเล็บ หมายถึง ปัจจัยนั้นมีร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานที่เป็นลบ

จากการศึกษาพบแนวโน้มที่น่าสนใจซึ่งรายงาน U.S. EIA (2017) พบว่าการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน จะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานที่สำคัญในอนาคตอันใกล้นี้ เนื่องจากความเป็นเจ้าของครอบครองยานยนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกามีแนวโน้มลดลง และจะมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากรายงานพบว่า ในปี ค.ศ. 2035 สัดส่วนของยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่นั้นจะมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน เกือบร้อยละ 70 และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 2-1 พยากรณ์สัดส่วนของยานยนต์ใหม่แต่ละรูปแบบในตลาดระหว่างปี

ค.ศ. 2015 ถึง ค.ศ. 2040 (U.S.EIA, 2017)

จากแนวโน้มดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของการเพิ่มขึ้นจากการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน ของยานยนต์อัตโนมัติโดยกำหนดในสมมติฐานเพื่อศึกษาปัจจัยของการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน ต่อความการพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

2.4 ความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

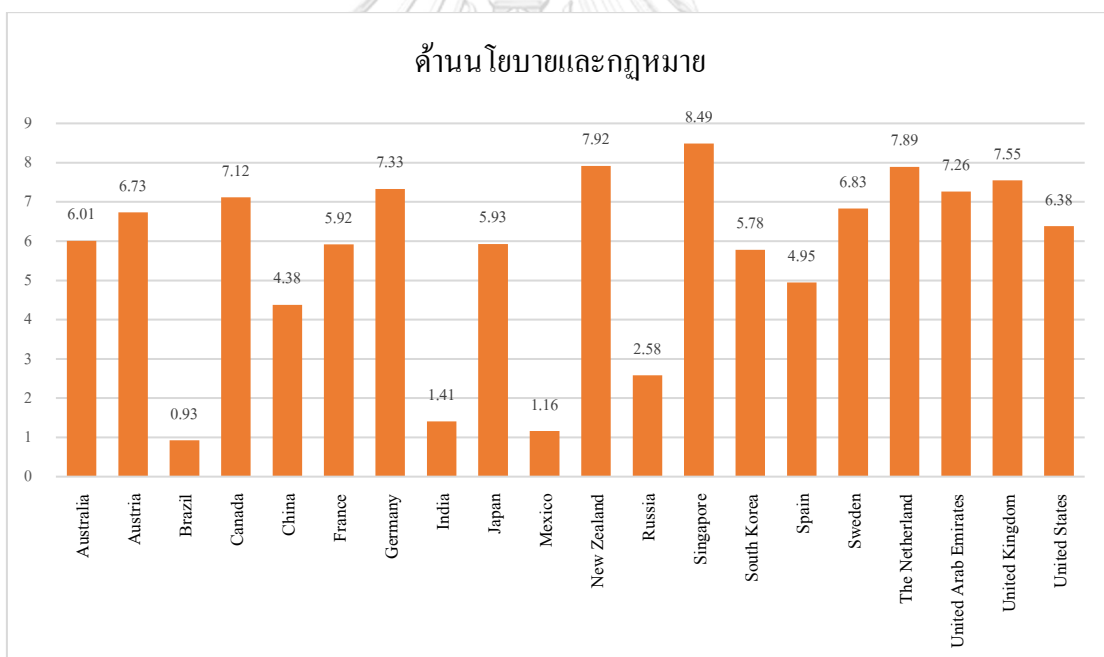
บริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล ได้เผยแพร่รายงานเรื่อง ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) (KPMG, 2018) ในปี ค.ศ. 2018 วัดอุปสงค์เพื่อประเมินความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด โดยประเมินจาก 26 ตัวแปรที่เป็นข้อมูลเผยแพร่สาธารณะ ตัวแปรแต่ละตัวจะถูกจัดออกเป็น 4 ด้านสำคัญ คือ ด้านนโยบายและกฎหมาย ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ด้านโครงสร้างพื้นฐาน และด้านการยอมรับทางสังคม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ด้านนโยบายและกฎหมาย

ด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วยตัวแปร 7 ตัวแปรดังนี้คือ การมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ

- การมีหน่วยงานราชการด้านการขนส่งที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ
- การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติของรัฐบาล
- จำนวนของกองทุนรัฐบาลที่ดำเนินการเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ
- การเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล
- ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย
- ประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำนาย

โดยแต่ละประเทศมีความพร้อมด้านนโยบายและกฎหมายที่จะรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดดังนี้



รูปที่ 2-4 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายของแต่ละประเทศที่ศึกษา

ตารางที่ 2-3 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านนโยบายและกฎหมาย

	AV regulations	AV department within government transportation department	Government investment in AV infrastructure	Number of government funded AV pilots	KPMG Change Readiness government capability	WEF NRI Effectiveness of law-making bodies	WEF NRI Efficiency of the legal system in challenging regulations
Australia	5.0	5.0	5.0	4.0	0.710	4.822	4.654
Austria	5.0	6.5	6.5	6.0	0.704	4.177	4.718
Brazil	2.0	1.0	1.0	1.0	0.451	2.398	2.937
Canada	5.0	5.0	6.5	7.0	0.694	5.254	5.040
China	4.0	4.5	4.0	4.0	0.594	4.192	3.492
France	5.5	5.0	4.0	6.0	0.638	4.833	4.391
Germany	5.5	6.0	6.0	6.0	0.755	5.048	5.187
India	0.0	0.0	0.0	0.0	0.537	4.026	4.086
Japan	3.0	4.5	5.0	6.0	0.661	5.441	4.584
Mexico	1.0	1.0	1.0	1.0	0.488	3.178	3.012
New Zealand	6.5	6.5	6.0	5.0	0.781	5.837	5.484
Russia	4.0	1.0	4.0	2.0	0.503	3.584	2.915
Singapore	7.0	7.0	5.0	7.0	0.841	6.299	5.194
South Korea	6.0	6.0	7.0	7.0	0.600	3.242	3.386
Spain	6.0	5.0	5.0	4.0	0.584	4.056	3.507
Sweden	5.0	5.0	4.0	5.0	0.829	5.460	5.081
The Netherlands	7.0	5.0	7.0	6.5	0.750	5.251	5.463
United Arab Emirates	6.0	6.5	5.0	5.0	0.837	5.316	4.707
United Kingdom	6.0	6.0	6.0	6.0	0.714	5.701	5.292
United States	6.0	5.0	5.5	6.5	0.657	4.042	4.792

การศึกษาความพร้อมด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วย 4 ตัวแปรที่มีความเฉพาะสำหรับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติและ 3 ตัวแปรที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่มีอยู่ ประเทศสิงคโปร์เป็นประเทศที่มีความพร้อมในด้านนโยบายและกฎหมายของยานยนต์อัตโนมัติกว่าประเทศอื่นๆ ในโลก ตามด้วยประเทศนิวซีแลนด์ และประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีอันดับที่ต่ำกว่าประเทศอื่นอย่างมีนัยสำคัญ 4 ตัวแปรมีความเฉพาะสำหรับยานยนต์อัตโนมัติที่ถูกใช้ให้คะแนนสำหรับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ ได้แก่ การมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ การมีหน่วยงานราชการด้านการขนส่งที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติของรัฐบาล และจำนวนของกองทุนรัฐบาลที่ดำเนินการเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ

ประเทศสิงคโปร์นั้นมีคะแนนสูงสุดถึงสามตัวแปรส่วนประเทศประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นอันดับที่สอง ประเทศอินเดียมีคะแนนเท่ากับ 0 ในทั้งสี่ตัวแปร เนื่องจากได้รับการห้ามไม่ให้ใช้ยานยนต์อัตโนมัติในประเทศ

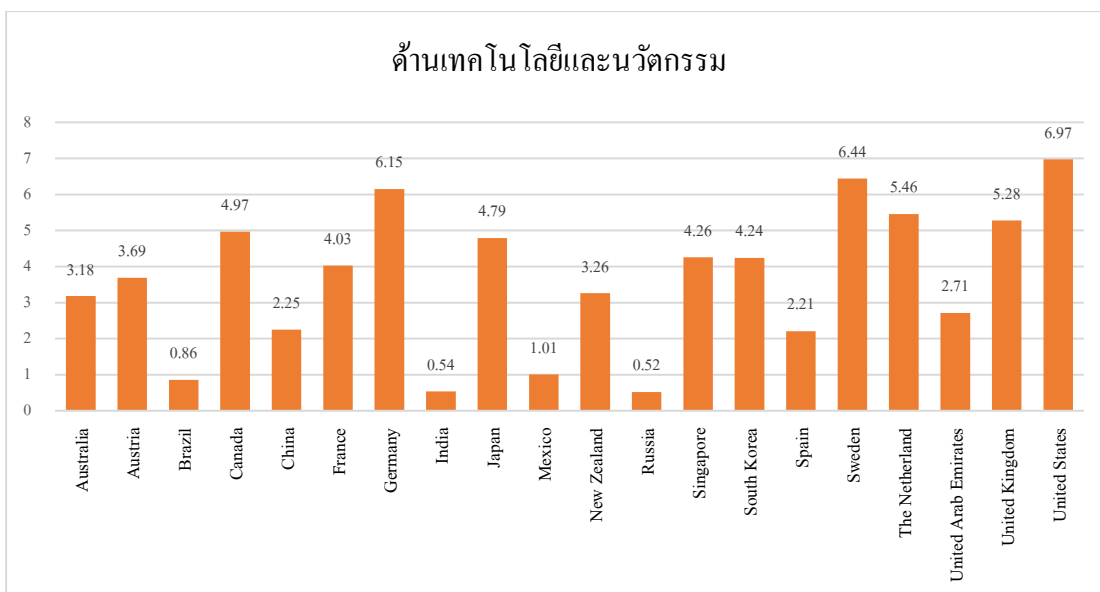
สำหรับ 3 ตัวแปรที่เหลือประกอบด้วยตัวแปร คือ การเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย และประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำนาย ซึ่งจากรายงานเผยแพร่เรื่อง ดัชนีความพร้อมเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลง ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเรชั่นแนล ที่จัดทำขึ้นเพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล และข้อมูลการจัดอันดับจากการประชุม World Economic Forum 2017 ในเรื่องของสำหรับประสิทธิภาพของหน่วยงานด้านกฎหมายและประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำนาย ประเทศสิงคโปร์ได้รับคะแนนสูงสุด และประเทศรัสเซียได้คะแนนอันดับน้อยที่สุดจากการประเมินในแง่ของระบบกฎหมายที่มีประสิทธิภาพ

ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ประเมินจากตัวแปรที่สำคัญ 9 ตัวแปร ที่ประกอบด้วย

- พันธมิตรด้านอุตสาหกรรม
- งานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ
- จำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร
- สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร
- การลงทุนรวมด้านยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร
- ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า
- ตลาดของบริษัท อุเบอร์ ในประเทศนั้นๆ
- ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด
- ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม

โดยแต่ละประเทศมีความพร้อมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดดังนี้



รูปที่ 2-5 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของแต่ละประเทศที่ศึกษา

ตารางที่ 2-4 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

	Industry partnerships	Research and development AV Hubs	AV technology firm headquarters per million people	AV related patents per million people	Total investments per million people	IEA Market share of electric cars	Uber market presence	WEF NRI Availability of the latest technology	WEF NRI Capacity for innovation
Australia	4.0	4.0	0.084	1.387	0.000	0.10%	75%	5.909	4.814
Austria	5.0	6.0	0.115	0.230	0.000	0.16%	45%	6.088	5.401
Brazil	2.0	1.0	0.000	0.000	0.000	0.00%	56%	4.469	3.818
Canada	7.0	6.0	0.417	0.223	0.111	0.59%	50%	6.244	4.879
China	5.0	6.0	0.009	0.603	0.004	1.37%	29%	4.301	4.196
France	6.0	5.5	0.109	1.707	0.078	1.46%	36%	6.048	5.067
Germany	7.0	7.0	0.269	17526	0.220	0.73%	35%	6.223	5.640
India	2.0	2.0	0.008	0.004	0.000	0.02%	14%	4.025	4.178
Japan	6.0	5.0	0.109	24.138	0.063	0.59%	32%	6.157	5.266
Mexico	1.0	1.0	0.000	0.008	0.000	1.11%	46%	4.954	3.972
New Zealand	5.0	4.0	0.000	0.000	0.000	2.00%	44%	5.895	5.263
Russia	2.0	2.0	0.000	0.007	0.000	0.00%	23%	4.223	3.767
Singapore	6.0	6.5	0.000	0.000	0.000	0.07%	100%	6.202	5.140
South Korea	7.0	7.0	0.099	14.014	0.059	0.34%	20%	5.641	4.823
Spain	4.0	4.0	0.000	0.108	0.065	0.40%	28%	5.520	4.092
Sweden	5.0	5.0	0.512	8.808	0.205	3.41%	66%	6.482	5.687
The Netherlands	5.0	6.0	0.413	0.236	0.059	6.39%	43%	6.300	5.246
United Arab Emirates	4.0	4.0	0.000	0.000	0.000	1.11%	31%	6.327	4.693
United Kingdom	6.0	6.0	0.291	2.752	0.153	1.41%	52%	6.477	5.383
United States	7.0	7.0	0.509	2.860	0.275	0.91%	75%	6.544	5.944

ซึ่ง 2 ตัวแปรเป็นตัวแปรเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ 5 ตัวแปรที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่มีอยู่ และตัวแปรที่เหลือเกิดจากการคำนวณจากข้อมูลที่เคยเผยแพร่โดยผู้ให้บริการเกี่ยวกับยานยนต์อย่าง UBER

ประเทศสิงคโปร์และประเทศสหรัฐอเมริกาหรับอเมริกามีอันดับที่ค่อนข้างต่ำโดยอยู่ในลำดับที่ 8 และลำดับที่ 14 ซึ่งต่างจากค่านโยบายและกฎหมายซึ่งทั้งสองประเทศมีอันดับที่ดีกว่า ประเทศที่มีความพร้อมในเรื่องเทคโนโลยีและนวัตกรรมของยานยนต์อัตโนมัติ คือประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศสวีเดน ส่วนประเทศเม็กซิโก ประเทศบราซิล ประเทศอินเดีย และประเทศรัสเซียยังคงอยู่ในสี่อันดับสุดท้ายเช่นเดิม

ประเทศสหรัฐอเมริกามีคะแนนรวมสูงที่สุดที่ประเมินจาก 9 ตัวแปร และมีคะแนนสูงที่สุดใน 5 ตัวแปรได้แก่ พันธมิตรด้านอุตสาหกรรม งานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ การลงทุนในยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด และความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม โดยสองตัวแปรสุดท้ายเกิดจากการจัดอันดับในการประชุม World Economic Forum 2017 ส่วนประเทศเยอรมนีและประเทศเกาหลีใต้ได้คะแนนสูงที่สุดเท่ากับ ประเทศสหรัฐอเมริกาในตัวแปรพันธมิตรด้านอุตสาหกรรม และตัวแปรงานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ ประเทศสวีเดนมีคะแนนสูงในตัวแปร จำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร ซึ่งมีอันดับที่สูงกว่าประเทศสหรัฐอเมริกาเนื่องจากมีจำนวนประชากรที่น้อยกว่า

ในส่วนของตัวแปรตลาดของบริษัทอูเบอร์ ในประเทศนั้นๆ นั้นสิงคโปร์ได้คะแนน 100 เปอร์เซ็นต์จากการเปิดตัวของบริษัท อูเบอร์ ในประเทศสิงคโปร์ซึ่งสามารถให้บริการได้ครบทั่วทั้งประเทศ

ในตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัตินั้นพบว่ามีสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติเกือบ 7,500 รายการใน 20 ประเทศ โดยเป็น สิทธิบัตร จากประเทศญี่ปุ่นถึง 3,089 รายการของประเทศเยอรมนี 1,482 รายการและ 915 รายการจากประเทศสหรัฐอเมริกา และเมื่อเทียบกับสัดส่วนประชากรแล้วทำให้ประเทศเกาหลีใต้และประเทศสวีเดนมีคะแนนที่สูงกว่าประเทศสหรัฐอเมริกา

สำหรับตัวแปรเรื่องการลงทุนในยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร มีข้อมูลที่น่าสนใจจาก Brookings Institution ซึ่งพบการลงทุนในยานยนต์อัตโนมัติประมาณ 160 รายการในช่วง 3 ปีที่

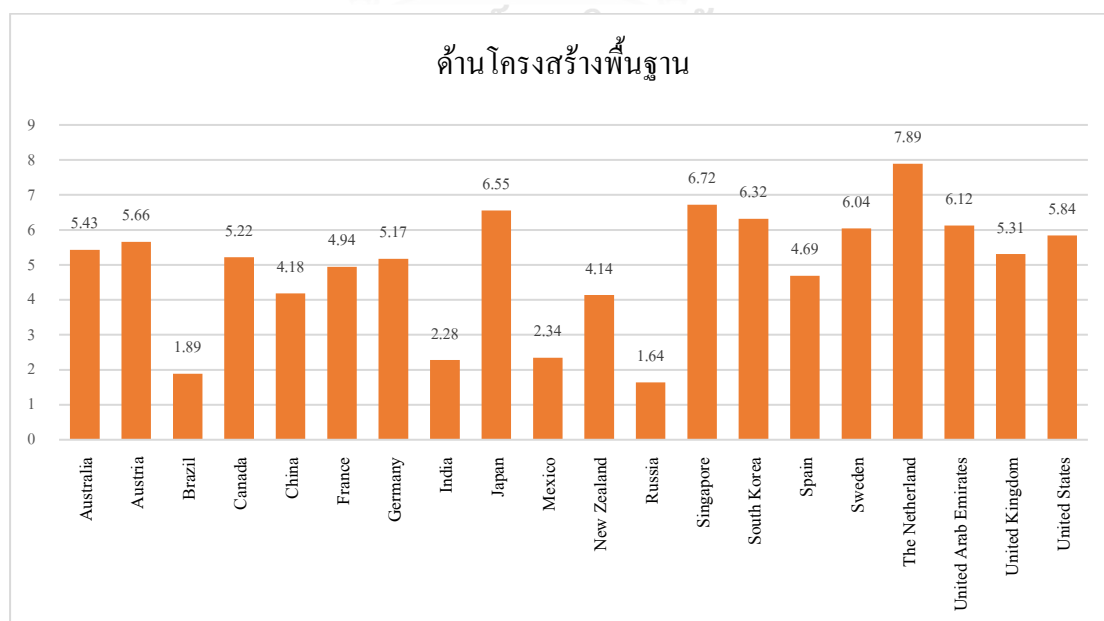
ผ่านมาแต่เมื่อเทียบกับขนาดของประชากรแล้วทำให้จึงทำให้มีไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่มีคะแนนมากกว่า 0.1 และมีประเทศที่มีคะแนนเท่ากับ 0 ถึง 9 ประเทศ

ในตัวแปรส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้าขึ้นจากรายงาน Global EV Outlook พบว่าประเทศเนเธอร์แลนด์มีส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้าอยู่ที่ ร้อยละ 6.39 ประเทศสวีเดนอยู่ที่ 3.41% มีการตั้งข้อสังเกตว่าประเทศนอร์เวย์ ซึ่งไม่ได้เป็นประเทศที่ถูกประเมินดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในรายงานนี้มี ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้าสูงถึงร้อยละ 28.76 ของยานยนต์ที่กำลังใช้งานอยู่

ด้านโครงสร้างพื้นฐาน

ด้านโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยตัวแปร 6 ตัวแปรที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่มีอยู่ ประกอบด้วยตัวแปร

- ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง
- ดัชนีการเชื่อมต่อทั่วโลกสำหรับ โครงสร้างพื้นฐาน
- ความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G
- คุณภาพของถนน
- ดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่ง
- ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี



รูปที่ 2-6 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐานของแต่ละประเทศที่ศึกษา

ประเทศเนเธอร์แลนด์เป็นถูกจัดอันดับให้มีความพร้อมที่สุดด้านโครงสร้างพื้นฐานตามมาด้วยประเทศสิงคโปร์ ส่วนอันดับสามและสี่ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่นและเกาหลีใต้

ตารางที่ 2-5 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านโครงสร้างพื้นฐาน

	IEA Density of electric vehicle charging stations per 100km	GSMA Global Connectivity Index for infrastructure	OpenSignal 4G coverage	WEF GCI Quality of roads	World Bank LPI infrastructure	KPMG Change Readiness technology infrastructure
Australia	0.134	83.320	79%	4.814	3.820	0.750
Austria	0.937	76.240	73%	5.954	4.080	0.730
Brazil	0.072	55.750	55%	3.115	3.110	0.600
Canada	1.014	75.380	81%	5.379	4.140	0.560
China	3.491	63.510	83%	4.579	3.750	0.470
France	1.540	73.660	58%	6.050	4.010	0.690
Germany	2.783	77.500	59%	5.510	4.440	0.650
India	0.008	39.990	82%	4.311	3.340	0.350
Japan	2.342	73.840	93%	6.107	4.100	0.750
Mexico	0.509	55.670	69%	4.373	2.890	0.440
New Zealand	0.081	81.260	58%	4.662	3.550	0.690
Russia	0.070	51.560	59%	2.897	2.430	0.720
Singapore	2.161	81.140	82%	6.346	4.200	0.800
South Korea	2.001	78.260	96%	5.555	3.790	0.750
Spain	0.120	71.530	72%	5.496	3.720	0.650
Sweden	1.954	78.740	84%	5.481	4.270	0.690
The Netherlands	19.255	77.440	86%	6.136	4.290	0.750
United Arab Emirates	2.451	68.140	75%	6.367	4.070	0.860
United Kingdom	3.108	74.760	66%	5.108	4.210	0.750
United States	0.940	69.600	87%	5.734	4.150	0.710

โดยหนึ่งตัวแปรนี้มีนัยสำคัญกับ ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ คือ ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง ซึ่งมีแนวโน้มว่ายานยนต์อัตโนมัติส่วนใหญ่จะใช้เพลิงที่เป็นไฟฟ้า ส่วนหนึ่งเป็นเพราะแต่ละประเทศพร้อมที่จะปรับปรุงโครงสร้างของถนนเพื่อรองรับเทคโนโลยียานยนต์นี้ ตัวแปรนี้จะขึ้นอยู่กับจำนวนสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าหารด้วยจำนวนถนนลาดยางของแต่ละประเทศ ซึ่งพบว่ามีประเด็นที่มีความแตกต่างกันให้เห็นชัดเจนคือในประเทศเนเธอร์แลนด์มีสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าประมาณ 19 แห่งในทุกๆ ระยะทาง 100 กิโลเมตร ส่วนประเทศจีนและประเทศสหราชอาณาจักรเป็นประเทศที่มีสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้า 3 แห่งในทุกๆ ระยะทาง 100 กิโลเมตร และมีถึง 8 ประเทศจาก 20 ประเทศที่ประเมินดัชนีนี้มีจำนวนสถานี

ซาร์จายานยนต์ไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1 สถานีต่อระยะทาง 100 กิโลเมตร ซึ่งนี่คือตัวแปรที่ช่วยให้ประเทศเนเธอร์แลนด์ได้รับคะแนนรวมสูงที่สุดในดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ

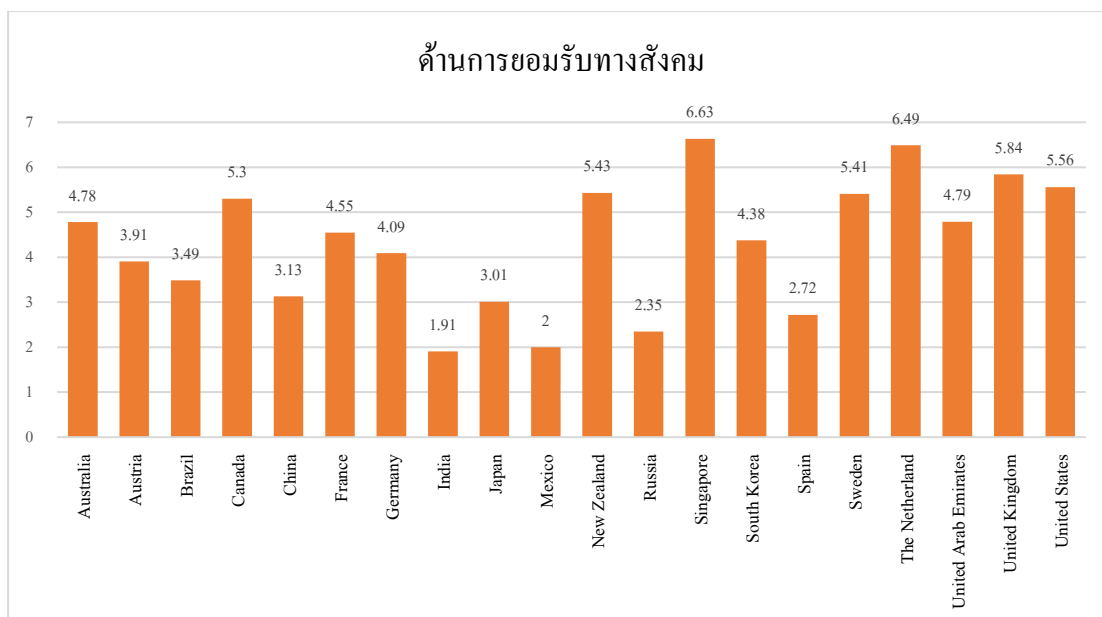
สำหรับตัวแปรอื่นๆ ที่ช่วยประเมินความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศนั้น ความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G ซึ่งจำเป็นต้องมีเครือข่ายมือถือที่มีความเร็วสูงเพื่อให้ใช้งานยานยนต์อัตโนมัติได้ดี โดยในปัจจุบันมีความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G ในแต่ละประเทศตั้งแต่ ร้อยละ 55 ในประเทศบราซิล ไปจนถึง ร้อยละ 96 ในประเทศเกาหลีใต้ เป็นที่น่าสังเกตว่าบางประเทศที่มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างประเทศฝรั่งเศส ประเทศเยอรมนี ประเทศนิวซีแลนด์หรือประเทศสหราชอาณาจักรเองนั้น ยังขาดความพร้อมของพื้นที่ให้บริการ 4G ดังกล่าวนี

อีกสองตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจราจรทางบกหนึ่งตัวแปรนั้นได้แก่ คุณภาพของถนน ซึ่งอ้างอิงจากการจัดอันดับของในการประชุม World Economic Forum 2017 และตัวแปรดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่งจากดัชนีประสิทธิภาพการขนส่งของธนาคารโลก ประเทศสหรัฐอเมริกาได้รับเอมิเรตส์เป็นประเทศที่มีคุณภาพของถนนดีที่สุดจากการจัดอันดับ ส่วนประเทศเยอรมนีเป็นประเทศที่ดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่งดีที่สุดตามด้วยประเทศเนเธอร์แลนด์ ประเทศสิงคโปร์ ประเทศญี่ปุ่น และประเทศออสเตรีย ส่วนประเทศที่มีความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G อย่างประเทศเกาหลีใต้และ ประเทศที่มีสถานีซาร์จายานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทางสูงอย่างประเทศสหราชอาณาจักรกลับมีความการจราจรทางบกที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับหลายๆประเทศ

ด้านการยอมรับทางสังคม

ด้านการยอมรับทางสังคม ประเมินจาก 4 ตัวแปรที่อ้างอิงจากงานวิจัยที่มีอยู่ ประกอบด้วยตัวแปร

- จำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ
- ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ
- ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม
- ดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี



รูปที่ 2-7 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคมของแต่ละประเทศที่ศึกษา

ตารางที่ 2-6 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านการยอมรับทางสังคม

	Population living in test areas	Consumer survey data on AV acceptance	KPMG Change Readiness people and civil society technology use	WEF GCI technology readiness
Australia	5.5%	0.500	0.870	5.718
Austria	0.0%	0.440	0.680	5.971
Brazil	10.3%	0.950	0.310	4.568
Canada	32.2%	0.520	0.800	5.880
China	0.9%	0.750	0.520	4.183
France	19.4%	0.580	0.620	5.899
Germany	0.0%	0.440	0.690	6.169
India	0.0%	0.850	0.310	3.116
Japan	0.8%	0.360	0.500	6.006
Mexico	0.0%	0.560	0.390	4.209
New Zealand	28.2%	0.500	0.840	6.092
Russia	0.0%	0.560	0.420	4.548
Singapore	100.0%	0.620	0.620	6.089
South Korea	2.0%	0.620	0.690	5.648
Spain	0.0%	0.280	0.560	5.676
Sweden	10.4%	0.580	0.830	6.302
The Netherlands	77.5%	0.410	0.860	6.344
United Arab Emirates	21.9%	0.700	0.580	5.811
United Kingdom	28.8%	0.490	0.910	6.329
United States	19.8%	0.520	0.880	6.235

จากการประเมินพบว่าประเทศสิงคโปร์มีความพร้อมในด้านการยอมรับทางสังคมสูงกว่าประเทศอื่น ตามด้วยประเทศเนเธอร์แลนด์และประเทศสหราชอาณาจักร ประเทศเยอรมนีอยู่ในลำดับที่ 12 และประเทศญี่ปุ่นอยู่ในลำดับที่ 15 ซึ่งความพร้อมในด้านการยอมรับทางสังคมนั้นค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับด้านอื่นๆ ประเทศออสเตรเลียอยู่ในลำดับที่ 9 ซึ่งค่อนข้างดีกว่าหลายๆประเทศที่ถูกจัดอันดับ เช่นเดียวกับประเทศบราซิลซึ่งเคยอยู่ที่ลำดับสุดท้ายในด้านอื่นๆ แต่ในด้านการยอมรับทางสังคมแล้วมีความพร้อมสูงอยู่ในอันดับที่ 14


ในด้านการยอมรับทางสังคมนี้ มีการประเมินตัวแปรที่เป็นสัดส่วนของประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ โดยอ้างอิงจากรายงาน Global Atlas of Autonomous Vehicles ประเทศสิงคโปร์มีอันดับสูงที่สุดในตัวแปรเนื่องจากถูกใช้เป็นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติทั้งประเทศ เช่นเดียวกับประเทศเนเธอร์แลนด์ซึ่งมีการทดสอบในเมืองหลักๆ เช่น Amsterdam Eindhoven Haarlem Rotterdam และ Wageningen โดยมีประชาชนประมาณ 78 เปอร์เซ็นต์อยู่ในพื้นที่ทดสอบ ส่วนประเทศสหรัฐอเมริกามีการทดสอบยานยนต์อัตโนมัติในประเทศจำนวน 23 ครั้ง ซึ่งมีประชาชนเพียง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่อยู่ในพื้นที่ทดสอบในครั้งนั้น ในการประเมินตัวแปรนี้มีถึง 6 ประเทศ คือ ประเทศออสเตรีย ประเทศเยอรมนี ประเทศอินเดีย ประเทศเม็กซิโก ประเทศรัสเซียและประเทศสเปนที่ยังไม่มีการทดสอบยานยนต์อัตโนมัติในประเทศ จึงมีคะแนนศูนย์ในตัวแปรนี้

จากการสำรวจข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ แสดงให้เห็นว่าหลายๆประเทศมีการเตรียมความพร้อมสำหรับการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติอย่างมาก ซึ่งสวนทางกับประเทศที่มีดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติอยู่ในห้าอันดับท้ายอย่าง ประเทศบราซิล ประเทศอินเดียและประเทศที่ผู้บริโภคยอมรับยานยนต์อัตโนมัติสูงและจัดอยู่ใน 3 อันดับแรก ในขณะที่ในขณะที่ประเทศที่มีดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติอันดับที่ 1 อย่างประเทศเนเธอร์แลนด์และอีกหลายๆประเทศ ผู้บริโภคยังมีขาดความตื่นตัวกับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่งผลสำรวจที่สวนทางนี้อาจเป็นเพราะผู้บริโภคในประเทศที่มีระบบขนส่งทางบกที่ยังต้องพัฒนาเชื่อว่า ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติจะเข้ามาช่วยในการเดินทางและการขนส่งให้ดีขึ้น ซึ่งในประเทศที่มีระบบการขนส่งดีอยู่แล้วอาจจะยังไม่เห็นประโยชน์ของยานยนต์อัตโนมัติมากนัก

วิธีการประเมินดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)

ตัวแปรแต่ละตัวจะถูกคิดคะแนนรวมกันในแต่ละด้านโดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักแบบเท่ากัน โดยก่อนการรวมคะแนนแต่ละตัวแปรนั้นจะถูกปรับบรรทัดฐาน (Normalization) แบบวิธีสูง-ต่ำ เพื่อให้แต่ละตัวแปรมีค่าน้ำหนักที่เท่ากันเมื่อรวมคะแนน คะแนนรวมที่ได้จะเป็นดัชนีแสดงความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด เปรียบเทียบกัน 20 ประเทศในรายงาน

ตารางที่ 2-7 ตารางแสดงค่าคะแนนรวมในแต่ละด้านและดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ



Overall rank	Country	Total score	Policy and legislation		Technology & innovation		Infrastructure		Consumer acceptance	
			Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score
1	The Netherlands	27.73	3	7.89	4	5.46	1	7.89	2	6.49
2	Singapore	26.08	1	8.49	8	4.26	2	6.72	1	6.63
3	United States	24.75	10	6.38	1	6.97	7	5.84	4	5.56
4	Sweden	24.73	8	6.83	2	6.44	6	6.04	6	5.41
5	United Kingdom	23.99	4	7.55	5	5.28	10	5.31	3	5.84
6	Germany	22.74	5	7.33	3	6.15	12	5.17	12	4.09
7	Canada	22.61	7	7.12	6	4.97	11	5.22	7	5.30
8	United Arab Emirates	20.89	6	7.26	14	2.71	5	6.12	8	4.79
9	New Zealand	20.75	2	7.92	12	3.26	16	4.14	5	5.43
10	South Korea	20.71	14	5.78	9	4.24	4	6.32	11	4.38
11	Japan	20.28	12	5.93	7	4.79	3	6.55	16	3.01
12	Austria	20.00	9	6.73	11	3.69	8	5.66	13	3.91
13	France	19.44	13	5.92	10	4.03	13	4.94	10	4.55
14	Australia	19.40	11	6.01	13	3.18	9	5.43	9	4.78
15	Spain	14.58	15	4.95	16	2.21	14	4.69	17	2.72
16	China	13.94	16	4.38	15	2.25	15	4.18	15	3.13
17	Brazil	7.17	20	0.93	18	0.86	19	1.89	14	3.49
18	Russia	7.09	17	2.58	20	0.52	20	1.64	18	2.35
19	Mexico	6.51	19	1.16	17	1.01	17	2.34	19	2.00
20	India	6.14	18	1.41	19	0.54	18	2.28	20	1.91

พบว่าประเทศที่มีความพร้อมมากที่สุดจากการประเมินทั้ง 4 ด้านคือ ประเทศเนเธอร์แลนด์ ตามด้วยประเทศสิงคโปร์และประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับประเทศไทยไม่มีการรายงานในรายงานดังกล่าว

จากการทบทวนเอกสารในบทที่ 2 นี้ทำให้เข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับเข้าใจเบื้องต้นในเทคโนโลยีและหลักการทำงานของระบบต่างๆในยานยนต์อัตโนมัติ ฐวิธีพยากรณ์การใช้พลังงานของภาคการขนส่งแบบต่างๆ รวมไปถึงปัจจัยที่ส่งต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความต้องการพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดในมิติต่างๆ และความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ เพื่อสำหรับกำหนดปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานของการวิจัย รวมไปถึงใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ต่อไป



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

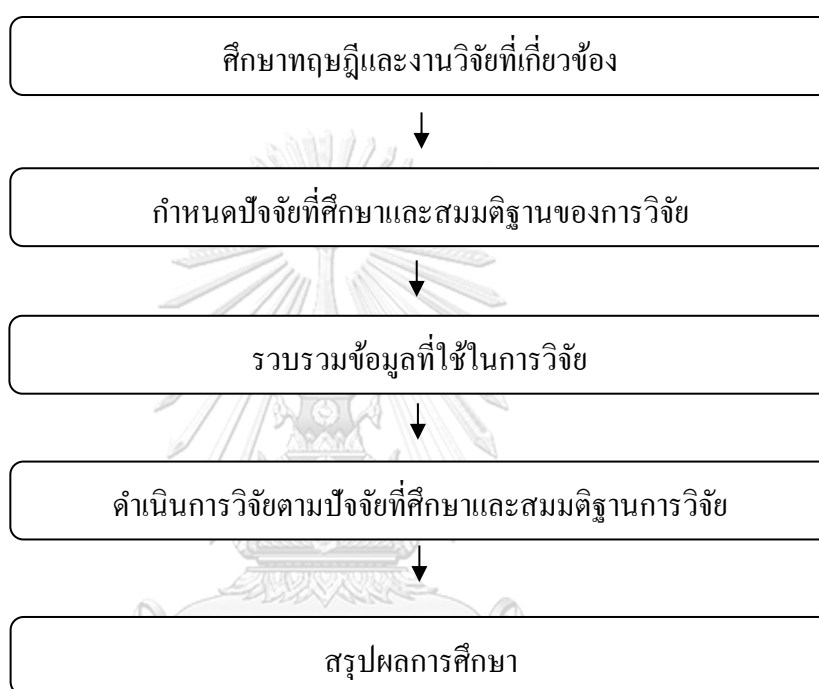
3.1 ภาพรวมของงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย เริ่มจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่ง ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการทวนสอบข้อมูล จากนั้นการพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่งของไทย โดยศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ

1. การพยากรณ์เพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) การใช้พลังงานของภาคการขนส่งไทยโดยวิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) ด้วยแบบจำลอง Transport Stock Turnover Model เป็นต้นแบบ (Pongthanaisawan and Sorapipatana, 2012) ใช้สมมติฐานของการพยากรณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้บริบทสถานการณ์ปัจจุบันสำหรับปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580 ซึ่งเป็นช่วงปีที่จะเห็นผลกระทบกระทบชัดเจนจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด ตามการคาดการณ์ของ U.S.EIA. (U.S.EIA, 2017) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิสำหรับการพยากรณ์จาก กรมการขนส่งทางบก ธนาคารโลก และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ระหว่างปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2561
2. พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ที่กำหนดขึ้น โดยอ้างอิงปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติจากงานวิจัยจากสารวิชาการหรือรายงานที่สืบค้นได้ด้วยวิธีการทบทวนวรรณกรรม จากนั้นประเมินบริบทของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยโดยอ้างอิงจากดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) เทียบกับประเทศกรณีฐาน โดยศึกษาผลกระทบจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่งทั้งในมิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางและปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์

เมื่อได้พยากรณ์ทั้ง 2 ส่วน ทั้งพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) และพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการ

เข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ของไทย นำมาประเมินผลรวมกันจะทำให้ทราบข้อมูลพยากรณ์แนวโน้มความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเชิงนโยบายด้านการบริหารจัดการน้ำมันของไทยในอนาคต สรุปได้เป็นแผนผัง ดังนี้



3.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษาวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคขนส่งระดับประเทศ และ การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

3.2.1 การศึกษาวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคขนส่งระดับประเทศ

- การพยากรณ์ทางเศรษฐมิติ (Econometric Model)
- การพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model)

3.2.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยากรณ์การใช้พลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลักดังนี้

- ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง ประกอบด้วยปัจจัยย่อย ดังนี้
 - ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด
 - การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน
 - เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า
 - รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส
 - เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง
 - ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น
 - ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ ประกอบด้วยปัจจัยย่อย ดังนี้
 - การขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
 - ลดการความหนาแน่นของการจราจร
 - หลีกเลี่ยงการชน
 - ระบบการสื่อสาร V2V/V2I
 - ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning)
 - การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์
 - ยานพาหนะมีขนาดเล็กลง
 - การใช้นาครถให้พอดีกับจำนวนคน
 - การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ

3.3 กำหนดปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานของการวิจัย

ในการศึกษางานวิจัยนี้ได้กำหนดปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานของการวิจัย โดยแบ่งเป็น 3 หัวข้อสำคัญ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง

(Baseline Scenario Analysis)

ประเภทของยานยนต์ที่ศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งประเภทของยานยนต์ ออกเป็นดังนี้

ตารางที่ 3-1 การแบ่งประเภทของยานยนต์ในงานวิจัย

กลุ่มของยานยนต์	ประเภทย่อย (i)	อักษรย่อ
Light Duty Vehicle หมายถึง ยานยนต์ที่มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 3,856 กิโลกรัม	รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	PC
	รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล	PU
	รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง	TAXI
	รถยนต์เชิงพาณิชย์	COMC
	รถยนต์รับจ้างสามล้อ	3WL
	รถจักรยานยนต์	MC
Heavy Duty Vehicle หมายถึง ยานยนต์ที่มีน้ำหนักรวมมากกว่า 3,856 กิโลกรัม	รถโดยสารประจำทาง	BUS
	รถบรรทุกสาธารณะ	TRK

การศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นศึกษาการใช้พลังงานภาคขนส่งที่ไม่ครอบคลุมถึงยานยนต์ที่จดทะเบียนในกลุ่ม รย.13 รถแทรกเตอร์ รย.14 รถบดถนน และ รย.15 รถใช้งานเกษตรกรรม ซึ่งเป็นยานยนต์เฉพาะกลุ่มที่อยู่นอกขอบเขตของการศึกษา

ประเภทของเชื้อเพลิงที่ศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งประเภทของเชื้อเพลิง ออกเป็นดังนี้

ตารางที่ 3-2 การแบ่งประเภทของเชื้อเพลิงในงานวิจัย

ประเภทย่อย (j)	อักษรย่อ
เบนซินและแก๊สโซฮอล์	G
ดีเซล	D
แก๊สปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์	LPG
แก๊สธรรมชาติสำหรับยานยนต์	CNG
ไฟฟ้า	E

การกำหนดสัดส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดตามประเภทยานยนต์ (ψ_i) ในแต่ละปีที่พยากรณ์ จากสถิติจำนวนรถจดทะเบียนสะสมจำแนกชนิดเชื้อเพลิงประจำปี ของกองแผนงานกรมการขนส่งทางบก ระหว่างปี พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 ทั้งนี้หากมีการจดทะเบียนด้วยเชื้อเพลิงที่มากกว่า 1 ประเภทจะถือว่ายานยนต์นั้นใช้เชื้อเพลิงทางเลือกเป็นหลัก สำหรับสัดส่วนของยานยนต์ที่

ประเภท	ประเภท เชื้อเพลิง	ร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. (ψ_i)									
		2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569
	E	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
COMC	G	41.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%
	D	30.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%	32.00%
	LPG	26.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%	24.00%
	CNG	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
	E	2.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
3WL	G	49.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%	12.00%
	D	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	LPG	51.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%	81.00%
	CNG	0.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%	7.00%
	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
MC	G	100.00%	100.00%	100.00%	99.88%	99.88%	99.88%	99.88%	99.57%	99.57%	99.57%
	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.12%	0.12%	0.12%	0.12%	0.43%	0.43%	0.43%
BUS	G	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
	D	74.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%	75.00%
	LPG	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
	CNG	20.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%
	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
TRK	G	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	D	95.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%	96.00%
	LPG	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	CNG	5.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

ตารางที่ 3-3 ร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. (ต่อ)

ประเภท	ประเภท เชื้อเพลิง	ร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. (ψ_i)										
		2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
PC	G	57.89%	57.51%	57.11%	56.69%	56.25%	55.80%	55.38%	54.98%	54.60%	54.25%	53.87%
	D	29.44%	29.24%	29.04%	28.82%	28.60%	28.37%	28.16%	27.96%	27.76%	27.59%	27.39%
	LPG	7.85%	7.80%	7.74%	7.69%	7.63%	7.57%	7.51%	7.46%	7.40%	7.36%	7.31%
	CNG	1.96%	1.95%	1.94%	1.92%	1.91%	1.89%	1.88%	1.86%	1.85%	1.84%	1.83%

ประเภท	ประเภทเชื้อเพลิง	ร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. (ψ_i)										
		2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580
	CNG	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
	E	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

สำหรับยานยนต์ประเภทที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นไฟฟ้า ถูกลำนำมาเป็นส่วนหนึ่งของสมมติฐานงานวิจัย แต่จะไม่ถูกนำมาคำนวณในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานในปีที่พยากรณ์ในหน่วย ktoe

วิธีการพยากรณ์ความต้องการพลังงาน

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) เนื่องจากสามารถจำลองปัจจัยในแต่ละตัวแปรเพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงสมมติฐานที่ใช้ในแบบจำลองได้อย่างอิสระ สำหรับในประเทศไทยนั้น มีการพยากรณ์การใช้พลังงานในภาคขนส่งระดับประเทศ โดยใช้วิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (Pongthanasawan & Sorapipatana, 2012) ตามสมการที่ 2-5 ดังนี้

$$ED(t) = \sum_i \sum_j [V_{stock,i,j}(t) \times [VKT_{stock,i,j} \times CF_{VKT,j,t}] \times FE_{stock,i,j}^{-1}(t)] \quad (\text{สมการที่ 2-5})$$

โดยที่ ED คือ ความต้องการพลังงานในปีที่พยากรณ์ในหน่วย ktoe คำนวณจากตัวแปรที่สำคัญดังนี้

ปริมาณยานยนต์สะสมระหว่างปี ($V_{stock,i,j}(t)$)

ปริมาณยานยนต์สะสมระหว่างปี ($V_{stock,i,j}(t)$) คือ ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์ ในหน่วย คัน แยกตามประเภทยานยนต์ โดยคำนวณจากจำนวนยานยนต์ใหม่ในปีที่จดทะเบียน คูณกับอัตราการคงอยู่ของยานยนต์นั้นตามจำนวนปีหลังจากที่จดทะเบียนใหม่ ซึ่งจำนวนยานยนต์จะค่อยๆหายไปจากระบบเมื่อมีอายุเพิ่มมากขึ้น ดังสมการที่ 3-1

$$V_{stock,i,j}(t) = \sum_{v=v'}^{v=t} [V_{remain,i,j}(t,v)] = \sum_{v=v'}^{v=t} [V_{sale,i}(t) \times \varphi_i(k) \times \psi_{i,j}(v)] \quad (\text{สมการที่ 3-1})$$

โดยที่

$V_{stock,i,j}(t)$ คือ ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่พยากรณ์ (t) (คัน)

$V_{remain,i}(t,v)$ คือ ปริมาณยานยนต์คงเหลือตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) จากปีที่ v' ถึง t (คัน)

$V_{sale,i}(t)$	คือ ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ตามประเภทยานยนต์ (i) ในปีที่ พยากรณ์ (ค.น)
φ_i	คือ อัตราการคงอยู่ของยานยนต์นั้นตามจำนวนปีหลังจากที่จดทะเบียนใหม่
i	คือ ประเภทของยานยนต์ที่ใช้ในงานวิจัย แบ่งออกเป็น 7 ประเภท
j	คือ ประเภทของเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย แบ่งออกเป็น 6 ประเภท
t	คือ ปีที่พยากรณ์
k	คือ อายุของยานยนต์โดย ที่ $k = t - v$ ในหน่วย ปี
v	คือ อายุคงเหลือของยานยนต์นับจากปีที่จดทะเบียน
v'	คือ อายุคงเหลือของยานยนต์ที่มากที่สุดนับจากปีที่จดทะเบียน
ψ_i	คือ สัดส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ตามประเภทยานยนต์ (i)

ทั้งนี้ $V_{sale,i}(t)$ มีความสัมพันธ์กับผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (GDP) และหาได้จากสมการที่ 3-2 ดังนี้

$$\ln V_{sale,i}(t) = a_i + b_i \ln G_{cap}(t) + C_i D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 3-2})$$

โดยที่

$V_{sale,i}(t)$	คือ ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ตามประเภทยานยนต์ (i) ในปีที่พยากรณ์ (t) (ค.น)
a_i	คือ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการ
b_i	คือ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการ
$G_{cap}(t)$	คือ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ในปีที่พยากรณ์ (t)
C_i	คือ สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการ
$D_{econ}(t)$	คือ ตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) สำหรับปรับวิกฤติทางเศรษฐกิจ ในปีที่พยากรณ์โดย จะแทนค่า $D_{econ}(t)$ เท่ากับ 1 ในทุกประเภทยานยนต์ ระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2543 เนื่องจากเกิดวิกฤตการณ์การเงินในเอเชีย (ต้มยำกุ้ง) ส่วนปีอื่นๆ แทนค่าเท่ากับ 0 สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PC) และรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU) แทนค่าเท่ากับ 1 เพิ่มเติม ในปี พ.ศ.

2555 ถึง พ.ศ. 2556 อันเป็นผลกระทบจากนโยบายรถคันแรก

ในงานวิจัยนี้จะสร้างสมการเพื่อพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่โดยอาศัยความสัมพันธ์ตามสมการที่ 3-2 โดยใช้ชุดข้อมูลใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2534 ถึง พ.ศ. 2560 และหาวิธีการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่เหมาะสมด้วยวิธีดังต่อไปนี้

- การพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น
- การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์

และจะใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่พยากรณ์ได้จากวิธีที่เหมาะสมข้างต้นนี้ ในการพยากรณ์ความต้องการพลังงานต่อไป

$$\varphi_i(k) = \exp \left[- \left(\frac{k+b_i}{T_i} \right)^{b_i} \right], \varphi_i(0) \equiv 1 \quad (\text{สมการที่ 3-3})$$

โดยที่

$\varphi_i(k)$ คือ อัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์ (i) คัดจากจำนวนปีหลังจากที่จดทะเบียนใหม่

k คือ อายุของยานยนต์โดย (ปี)

b_i คือ สัมประสิทธิ์ค่าความผิดพลาดสำหรับยานยนต์แต่ละประเภท

T_i คือ สัมประสิทธิ์ลักษณะอายุการใช้งานสำหรับยานยนต์แต่ละประเภท

สำหรับสัมประสิทธิ์ในการคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์และระยะการเดินทางสะสมต่อปีนั้น ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงจากการศึกษาของ Pongthanasawan และ Sorapipatana, (2012) (Pongthanasawan & Sorapipatana, 2012) ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 สัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการของตัวแปรในการคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์และระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปี

รายการ	อัตราการคงอยู่ของยานยนต์ ($\varphi_i(k)$)			ระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปี ($VKT_{veh,i,j}$)			
	bi	Ti	R ²	New Vehicle	α_i	β_i	R ²
PC	4.02	39.70	0.79	23,248	0.907	-0.202	0.98
PU	2.04	55.17	0.91	37,955	0.900	-0.215	0.98
TAXI	7623.24	7634.32	0.94	72,154	0.953	-0.106	0.99
COMC	2.66	18.09	0.77	26,758	0.939	-0.132	0.99
3WL	2.22	15.68	0.90	13,766	0.946	-0.120	0.99
MC	2.18	15.42	0.97	14,690	0.853	-0.307	0.98
BUS	2.80	24.46	0.84	98,395	0.811	-0.387	0.98
TRK	2.22	30.05	0.84	98,111	0.689	-0.594	0.97

ระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปี ($VKT_{stock,i,j}(t)$)

ระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปี ($VKT_{stock,i,j}(t)$) คือ ระยะทางที่ยานยนต์เดินทางได้ทั้งหมดในหนึ่งปี ในหน่วย กิโลเมตร แยกประเภทยานยนต์ i โดยระยะทางสะสมของยานยนต์แต่ละประเภทจะแปรผันตามอายุของยานยนต์นั้น ดังสมการที่ 3-4

$$VKT_{stock,i,j}(t) = \frac{\sum_{v=v}^t [V_{remain,i,j}(t,v) \times VKT_{veh,i,j}(k)]}{V_{stock,i,j}(t)} \quad (\text{สมการที่ 3-4})$$

โดยที่

$VKT_{stock,i,j}(t)$ คือ ระยะเวลาเดินทางสะสมต่อปีในหน่วย กิโลเมตร ตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตร)

$V_{remain,i,j}(t,v)$ คือ ปริมาณยานยนต์สะสมต่อปีตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) จากปีที่ v' ถึง t (คัน)

$V_{stock,i,j}(t)$ คือ ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่ยกมา (t) (คัน)

t คือ ปีที่ยกมา

- v คือ อายุคงเหลือของยานยนต์นับจากปีที่จดทะเบียน
- v' คือ อายุคงเหลือของยานยนต์ที่มากที่สุดนับจากปีที่จดทะเบียน
- $VKT_{veh,i,j}(k)$ คือ ระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์เมื่อมีอายุ k ปี ตามประเภทยานยนต์ (i) และเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตร)

ทั้งนี้ $VKT_{veh,i,j}(k)$ คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$VKT_{veh,i,j}(k) = \alpha_{i,j} k^{\beta_{i,j}} \times VKT_{veh,i,j}(0) \quad (\text{สมการที่ 3-5})$$

โดยที่

- $VKT_{veh,i,j}(k)$ คือ ระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์เมื่อมีอายุ k ปี ตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตร)
- $VKT_{veh,i,j}(0)$ คือ ระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) (กิโลเมตร)
- $\alpha_{i,j}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของอายุยานยนต์ปี ตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) ตารางที่ 3-6
- $\beta_{i,j}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของอายุยานยนต์ปี ตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j)
- k คือ อายุของยานยนต์

และสำหรับตัวแปร $VKT_{stock,i,j}(t)$ จากการศึกษาของ Chollacoop et al. (2011) และ Pongthanasawan และ Sorapipatana (2012) พบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับราคาเชื้อเพลิง ดังนั้นสองการศึกษาดังกล่าวจึงมีการปรับแก้ค่า $VKT_{stock,i,j}(t)$ โดยใช้ตัวแปรราคาเชื้อเพลิงในกรณีที่ค่าที่พยากรณ์ได้แตกต่างจากความเป็นจริงอย่างมีนัยสำคัญ ได้ดังสมการที่ 3-6

$$\left[VKT_{stock,i,j} \times CF_{VKT_{j,t}} \right]$$

$$CF_{VKT_{j,t}} = a_j + bp_{j,t} \quad (\text{สมการที่ 3-6})$$

โดยที่

- $CF_{VKT_{j,t}}$ คือ ค่าแก้ไขสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อของยานยนต์ตามประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่พยากรณ์ (t)
- a_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าแก้ไขตามประเภทเชื้อเพลิง (j)
- b_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของค่าแก้ไขตามประเภทเชื้อเพลิง (j)

$p_{j,t}$ คือ ราคาเชื้อเพลิงตามประเภทเชื้อเพลิง (j) ในปีที่ยพยากรณ์ (t)

ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงวิธีการปรับค่าแก้ไขสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีจากการศึกษาของ Pongthanasawan และ Sorapipatana (2012) (Pongthanasawan & Sorapipatana, 2012) สำหรับแต่ละประเภทเชื้อเพลิง และจะใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ในปีที่ยพยากรณ์ (t) ในการพยากรณ์ราคาเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย ($FE_{stock,i,j}^{-1}(t)$)

อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย ($FE_{stock,i,j}^{-1}(t)$) คือ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยตามประเภทยานยนต์ (i) และประเภทเชื้อเพลิง (j) สำหรับอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยนั้น ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงจากการศึกษาของ Pongthanasawan และ Sorapipatana, (2012) (Pongthanasawan & Sorapipatana, 2012) และอ้างอิงค่าการแปลงหน่วยจากรายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2562 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2019a) ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 อัตราการใช้เชื้อเพลิงปีแยกตามประเภทยานยนต์และประเภทเชื้อเพลิง

ประเภทเชื้อเพลิง	อัตราการใช้เชื้อเพลิง (กิโลเมตร ต่อ ลิตร)								ต้นเทียบเท่าน้ำมันดิบ (toe) ต่อหนึ่งล้านหน่วยเชื้อเพลิง
	PC	PU	TAXI	3WL	COMC	MC	BUS	TRK	
G	12.27	11.82	13.50	17.68	9.31	28.71	-	-	745.07
D	11.31	11.93	10.00	15.37	8.34	-	3.91	4.14	861.98
LPG	10.69	11.06	9.66	10.80	11.22	-	-	-	630.14
CNG*	10.86	10.78	11.16	10.25	8.71	-	2.26	1.67	24.57**

* อัตราการใช้เชื้อเพลิงในหน่วยกิโลเมตรต่อกิโลกรัม

** ต้นเทียบเท่าน้ำมันดิบต่อหนึ่งล้านลูกบาศก์ฟุตของ CNG

*** หนึ่งล้านลูกบาศก์ฟุตของ CNG เท่ากับ 3,630,220 กิโลกรัมของ CNG

งานวิจัยนี้ศึกษาพยากรณ์แนวโน้ม ระหว่างปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580 ตามการคาดการณ์ของช่วงเวลาที่ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติจะเข้ามาในตลาดจากงานวิจัยและรายงานหลายฉบับที่สืบค้นได้

3.3.2 การพยากรณ์แนวโน้มความต้องการพลังงานภาคขนส่งของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด (Scenario Analysis)

โดยแบ่งเป็น 3 หัวข้อสำคัญ ดังต่อไปนี้

การประเมินความพร้อมของประเทศกรณีฐานและประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

ใช้ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) (KPMG, 2018) ประเมินความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ

ในส่วนดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในรายงานจะสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของตัวแปรในแต่ละด้านของประเทศที่รายงานศึกษา เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ และใช้ข้อมูลของประเทศไทยชุดเดียวกับที่รายงานศึกษาในการประเมินดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยต่อไป

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นกรณีฐาน

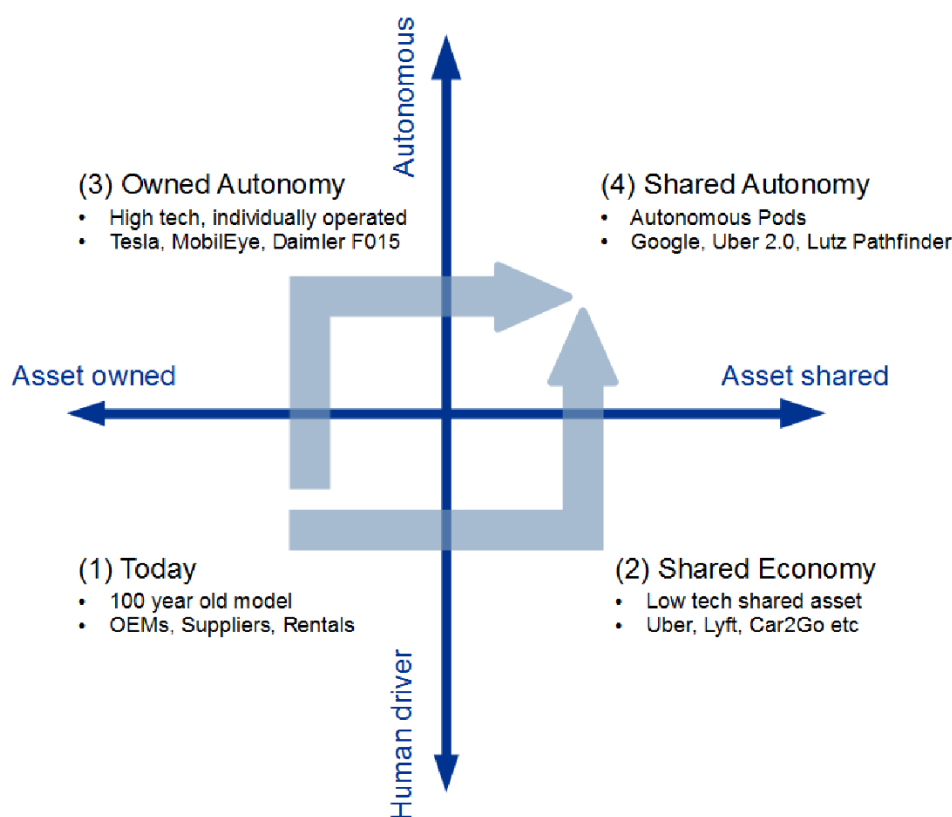
ใช้ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานภาคขนส่งของโลกจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติซึ่งรวบรวมจากงานวิจัยที่อ้างอิงด้วยวิธีการทบทวนวรรณกรรม ที่แยกออกเป็น 2 ปัจจัยหลักคือ

1. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น
2. ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานลดลง

พลังงานลดลง

ดังแสดงในตารางที่ 2-1 และตารางที่ 2-2 ในการพยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงานของพลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นกรณีฐาน โดยกำหนดให้ยานยนต์ประเภท Light Duty Vehicle กลุ่ม PC TAXI ที่ใช้เชื้อเพลิง G D LPG และ CNG เท่านั้นที่มีการติดตั้งเทคโนโลยีอัตโนมัติซึ่งสอดคล้องกับการใช้งานจริงตามงานวิจัยอ้างอิง และกำหนดประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศกรณีฐาน ด้วยเพราะงานวิจัยที่อ้างอิงนั้นได้วิจัยขึ้นภายใต้บริบทของประเทศสหรัฐอเมริกาคือเป็นส่วนใหญ่ อีกทั้งยังมีความพร้อมในด้านเทคโนโลยีและ

นวัตกรรมมากกว่าประเทศอื่นๆ ใช้สมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มโดยอ้างอิงจากแนวโน้มในการพัฒนาขนส่งจากการวิจัยของบริษัทเมอร์แกน สแตนลีย์ ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แนวโน้มการพัฒนาขนส่งจากการวิจัยของบริษัทเมอร์แกน สแตนลีย์
(Martin Röhrleef 2015)

จากรูปที่ 3-1 พบว่าแนวโน้มในการพัฒนาขนส่งมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึง 2 ปัจจัยหลัก คือ

1. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบ (Impact) คือ สิทธิในการควบคุมขนส่ง ซึ่งในปัจจุบันมนุษย์ยังเป็นผู้ควบคุมขนส่ง แต่ในอนาคตหากมีการใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติในการควบคุมขนส่ง จะทำให้เทคโนโลยีอัตโนมัติมีสิทธิในการควบคุมขนส่งโดยที่ไม่ต้องมีมนุษย์ควบคุมอีกต่อไป

2. ปัจจัยจากความไม่แน่นอน (Uncertainty) คือ ความเป็นเจ้าของขนส่ง ซึ่งในปัจจุบันยังเป็นไปในลักษณะการใช้งานส่วนบุคคล ที่ผู้ควบคุมขนส่งเป็นเจ้าของขนส่ง แต่ในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีการขนส่งร่วมกันมากขึ้น และความเป็นเจ้าของของขนส่งจะอยู่ที่ผู้ให้บริการ

แทน ทั้งนี้สอดคล้องกับ รายงาน U.S. EIA (2017) พบว่าการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆและอาจสูงถึงร้อยละ 70 ของยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ใน ปี ค.ศ. 2035

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นสรุปเป็นสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ได้ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 สรุปสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม

การวิเคราะห์ พยากรณ์แนวโน้ม	ระดับของ เทคโนโลยี การขับเคลื่อน อัตโนมัติ	ขอบเขต	ร้อยละของ การ เปลี่ยนแปลง พลังงานจาก ปัจจัยที่ส่งผล ต่อการเดินทาง (ΔAV_{Dem})	ร้อยละของการ เปลี่ยนแปลง พลังงานจากปัจจัยที่ ส่งผลต่อ ประสิทธิภาพการใช้ พลังงานในยานยนต์ (ΔAV_{eff})
กรณีอ้างอิง (Base)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กรณีใช้ยานยนต์ อัตโนมัติโดยไม่มี การโดยสารยาน ยนต์ร่วมกัน (Non- Sharing)	เทคโนโลยี อัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป	Probable Case	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
		Extreme Case	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
กรณีใช้ยานยนต์ อัตโนมัติโดยมีการ โดยสารยานยนต์ ร่วมกัน (Sharing)	เทคโนโลยี อัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป	Probable Case	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
		Extreme Case	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม แบบกรณีอ้างอิง เป็นการพยากรณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้
บริบทสถานการณ์ปัจจุบันที่ไม่มียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดของประเทศกรณีฐาน

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม แบบกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติ โดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน เป็นการพยากรณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อมียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในภาคขนส่งของประเทศกรณีฐานแต่ยังคงเป็นการใช้งานส่วนบุคคลไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกันที่เป็นยานยนต์อัตโนมัติ

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม แบบกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน เป็นการพยากรณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อมียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในภาคขนส่งของประเทศกรณีและมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน อ้างอิงสัดส่วนของการโดยสารยานยนต์ร่วมกันของประเทศกรณีฐานจากรายงานของ U.S. EIA (2017) ดังรูปที่ 3-1

การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของไทย

จากผลการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยที่ใช้เป็นกรณีฐานในข้อ 3.2.2 นำมาประเมินบริบทของประเทศไทยผ่านดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติด้วยวิธีการเปรียบเทียบเชิงเส้น โดยใช้สมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario) ตามประเทศไทยที่ใช้เป็นกรณีฐาน

ในขั้นตอนนี้จะได้ผลการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของไทย ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นภายใต้บริบทสถานการณ์ปัจจุบันในแบบต่างๆ เพื่อใช้ในขั้นตอนต่อไป

3.3.3 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของไทย (Scenario Analysis) เทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)

จากพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของประเทศไทยอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) จากข้อ 3.3.1 และพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ของไทย จากข้อ 3.3.2 นำมาประเมินผลรวมกันจะทำให้ทราบขอบเขตความต้องการพลังงานภาคขนส่งของประเทศไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

3.4 รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยหลายแหล่งทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังแสดงในตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ตารางสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ข้อมูล	ปี (พ.ศ.)	ที่มา
จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศ ไทย	2534-2561	(กรมการขนส่งทางบก, 2019c)
ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศไทย (GDP)	2534-2560	(ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2019)
ราคาเชื้อเพลิงของประเทศไทยตามประเภทเชื้อเพลิง	2539-2561	(ปตท., 2019)
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงพยากรณ์การ ใช้พลังงานภาคขนส่งจากการเข้ามาของยาน ยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ	2562- 2583	<ul style="list-style-type: none"> ● Brown et al. (2014) ● Wadud et al. (2016) ● Stephens et al. (2016) ● U.S. EIA (2017) ● Lee และ Kockelman (2018)
สัดส่วนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดที่ใช้ ตามประเภทยานยนต์ (ψ_i)	2540-2551	<ul style="list-style-type: none"> ● Pongthanaisawan และ Sorapipatana (2012) ● สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2015) ● กรมการขนส่งทางบก (2019a)
ข้อมูลตัวแปรแต่ละตัวแปรเพื่อสร้างดัชนีความ พร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของไทย	-	อ้างอิงแหล่งที่มาของแต่ละตัวแปรจาก (KPMG, 2018)

3.5 ดำเนินการวิจัยตามปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานการวิจัย

นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อ 3.4 ดำเนินการวิจัยตามปัจจัยที่ศึกษาและสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ในข้อ 3.3 วิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาที่ได้เพื่อสรุปผลการศึกษาต่อไป

3.6 สรุปผลการศึกษา

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการใช้พลังงานภาคขนส่งของไทยในอนาคตจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติสรุปผลการศึกษาเพื่อประกอบการวางแผนเชิงนโยบาย กำหนดทิศทางยุทธศาสตร์ และพิจารณาทางเลือกสำหรับการบริการจัดการด้านพลังงานของประเทศไทยในระยะยาว เพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงาน ต่อไป



บทที่ 4

พยากรณ์ความต้องการพลังงานของไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง

(Baseline Scenario Analysis)

4.1 รวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

รวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในงานวิจัยตามตารางที่ 3-7 ตารางสรุปข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย โดยข้อมูลจำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยนั้น จะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับนำไปพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ร่วมกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ตามสมการที่ 12 สำหรับนำไปพยากรณ์ยานยนต์สะสมระยะการเดินทางสะสม และปรับแก้ระยะการเดินทางสะสมด้วยราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ตามสมการที่ 17 ถึงสมการที่ 20 จากนั้นนำไปคำนวณเพื่อพยากรณ์ความต้องการพลังงานต่อไป ทั้งนี้จะเห็นว่าข้อมูลจำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทย ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) และราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท มีอิทธิพลโดยตรงกับพยากรณ์ความต้องการพลังงาน โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยรวบรวมได้ดังนี้ ตารางที่ 4-1 ถึง ตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยแยกตามประเภทตามสมมติฐาน

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2534	117,402	142,757	2	165	65	693,241	6,067	39,264
2535	134,938	161,025	5,304	11,817	5,396	715,877	7,000	34,734
2536	192,982	205,302	22,832	13,026	22,930	859,176	5,001	38,043
2537	199,479	251,673	7,689	2,515	7,701	1,091,216	5,683	45,177
2538	193,175	312,879	5,361	123	5,367	1,339,076	6,035	60,918
2539	204,014	338,080	5,661	106	5,754	1,247,906	5,054	70,619
2540	188,755	239,661	4,150	86	4,150	988,472	4,849	49,616
2541	60,113	83,599	2,823	5	2,850	534,458	3,248	15,378
2542	81,621	106,622	1,570	64	1,601	497,478	1,660	11,463
2543	112,847	133,270	3,476	204	3,526	682,930	1,928	17,970
2544	149,714	122,182	4,929	28	4,934	849,929	2,811	19,189

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2545	196,106	167,310	7,550	58	7,669	1,186,957	3,960	29,641
2546	245,796	231,828	7,016	25	7,138	1,643,179	7,727	46,355
2547	299,000	289,489	7,840	66	8,034	1,943,590	7,366	58,280
2548	329,467	328,614	12,002	292	12,284	2,011,816	6,055	49,963
2549	321,392	328,266	12,165	535	12,460	2,004,170	8,799	56,822
2550	327,076	308,500	10,810	1,541	10,759	1,667,939	9,474	56,506
2551	350,619	287,568	12,062	322	11,267	1,799,029	10,934	55,050
2552	325,992	206,068	11,045	269	11,106	1,638,155	9,930	54,013
2553	489,306	263,500	8,891	262	8,938	1,981,320	14,225	64,299
2554	566,643	293,635	9,473	279	9,648	2,137,209	11,199	77,219
2555	922,305	351,721	11,098	346	11,230	2,259,915	11,542	93,935
2556	949,148	350,360	11,918	432	12,359	2,123,904	11,785	108,529
2557	623,250	281,719	8,159	321	8,945	1,823,359	13,114	80,963
2558	540,852	255,237	9,918	292	10,473	1,819,949	15,966	68,981
2559	566,081	245,437	8,409	552	8,811	1,918,856	11,482	65,163
2560	656,825	262,995	8,598	300	9,018	2,005,542	11,006	65,556
2561	714,060	273,264	14,882	226	15,603	1,946,811	12,820	70,405

ที่มา : กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (กรมการขนส่งทางบก, 2019c)

ตารางที่ 4-2 จำนวนยานยนต์ที่สะสมจำแนกตามอายุยานยนต์ในปี พ.ศ. 2550

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
1 ปี	308,780	314,722	410	12,050	391	1,942,324	5,301	27,109
2 ปี	324,877	322,593	188	12,491	175	1,993,434	6,654	44,169
3 ปี	299,428	287,688	80	8,370	190	1,954,041	7,654	52,732
4 ปี	247,271	230,082	22	7,566	146	1,557,601	7,611	41,157
5 ปี	194,787	166,739	21	8,242	121	1,089,133	6,746	29,518
6 ปี	150,684	124,628	56	5,399	43	732,803	6,673	22,619

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
7 ปี	116,031	134,957	46	3,864	19	549,471	4,920	21,271
8 ปี	82,206	107,022	69	1,737	28	361,590	3,623	14,376
9 ปี	60,497	82,426	14	766	33	347,802	3,632	13,562
10 ปี	183,709	227,703	44	3,143	78	591,152	4,156	31,527
11-15 ปี	893,633	1,230,010	5,431	5,814	792	2,352,189	20,124	148,210
16-20 ปี	-	473,575	3,421	396	191	707,149	12,977	83,236

ที่มา : กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (กรมการขนส่งทางบก, 2019b)

ตารางที่ 4-3 ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) และราคาเชื้อเพลิงของประเทศไทยตามประเภทเชื้อเพลิง

ปี พ.ศ.	GDP per capita (บาทต่อคน)	ราคาเฉลี่ยของ G (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ D (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ LPG (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ CNG (บาท)
2534	45,084.00	-	-	-	-
2535	50,506.00	-	-	-	-
2536	55,622.00	-	-	-	-
2537	62,133.00	-	-	-	-
2538	70,160.00	-	-	-	-
2539	75,875.00	9.20	8.56	-	-
2540	75,856.00	10.46	9.48	-	-
2541	74,202.00	11.79	9.13	-	-
2542	75,413.00	12.06	9.05	-	-
2543	79,852.00	15.75	13.08	-	-
2544	83,000.00	15.54	13.52	-	-
2545	88,420.00	15.33	13.27	-	-
2546	95,689.00	15.96	13.75	8.05	7.22
2547	104,452.00	19.48	14.6	8.9	7.64

ปี พ.ศ.	GDP per capita (บาทต่อคน)	ราคาเฉลี่ยของ G (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ D (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ LPG (บาท)	ราคาเฉลี่ยของ CNG (บาท)
2548	113,546.00	22.66	20.26	9.09	8.52
2549	125,550.00	24.52	24.54	9.09	8.50
2550	135,312.00	26.09	25.53	9.14	8.50
2551	143,520.00	29.38	31.75	9.79	8.50
2552	142,200.00	26.99	24.35	9.79	8.50
2553	157,088.00	32.58	28.88	9.79	8.50
2554	166,644.50	36.53	29.28	9.79	8.50
2555	177,331.80	37.71	30.28	11.21	10.16
2556	181,105.10	39.17	29.97	11.55	10.50
2557	187,299.20	37.50	29.44	11.77	11.16
2558	193,861.80	27.53	24.47	12.63	13.09
2559	205,606.80	24.38	23.31	11.06	12.82
2560	218,200.30	27.09	25.58	11.22	13.12
2561	-	29.05	28.45	11.46	13.71

ที่มา : 1) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) จากธนาคารแห่งประเทศไทย (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2019)

2) ราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท อ้างอิงจากราคาขายปลีก กทม. และปริมณฑล คำนวณค่าเฉลี่ยด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) (ปตท., 2019)

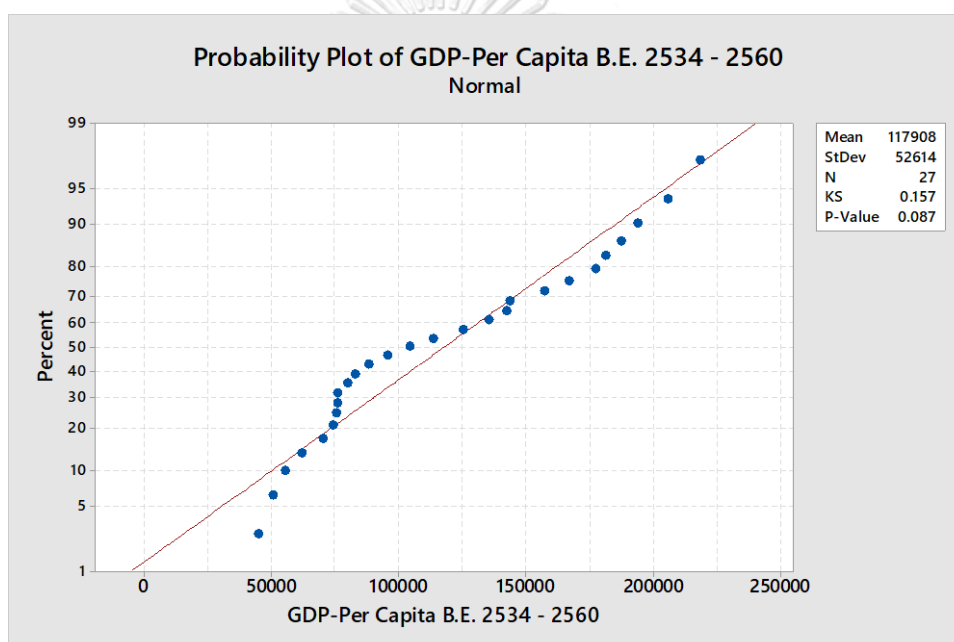
4.2 การพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita)

วิเคราะห์ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ในอดีตเพื่อหา รูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์การกระจายตัวแบบปกติ โดยใช้โปรแกรม MINITAB (ปรัชญา พลະพันธ์ุ, 2560) โดยจะให้ค่า P-Value ที่คำนวณได้จากโปรแกรมเป็นการสรุปผลการทดสอบสมมติฐานที่ว่า

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

H_a : ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ($\alpha=0.05$) การกระจายตัว โดยใช้ MINITAB จะได้กราฟดังภาพที่ 4-1

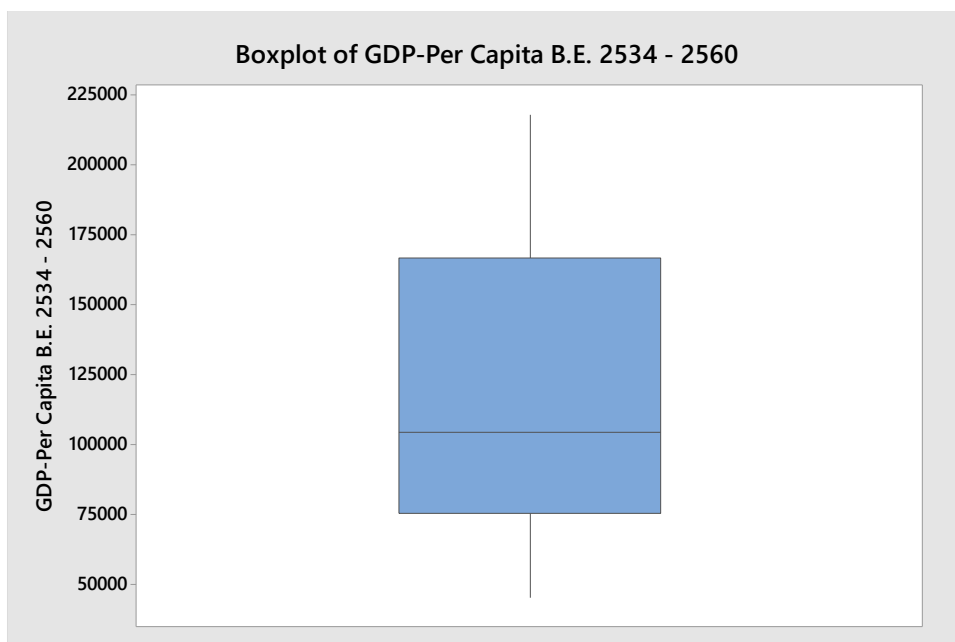


รูปที่ 4-1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ระหว่างปี พ.ศ. 2534 - พ.ศ. 2561

จากภาพที่ 4-1 ผลจากการหาค่าสถิติโดยใช้ โปรแกรม MINITAB การแจกแจง ดังกล่าวมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 117,908 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 52,614 และมีค่า P-Value เท่ากับ 0.087 ซึ่งมีค่ามากกว่า α ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก

(H_0) และปฏิเสธสมมติฐานรอง (H_a) คือ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

และตรวจสอบชุดข้อมูลด้วย โปรแกรม MINITAB วิธีบ็อกพล็อต (Box plot) ดังแสดงในรูปที่ 4-2 พบว่าไม่มีค่าผิดปกติ จึงสามารถใช้ชุดข้อมูลเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ต่อไปได้



รูปที่ 4-2 ผลการตรวจสอบข้อมูล โดยวิธีบ็อกพล็อต (Box plot) โปรแกรม MINITAB

หาเทคนิคการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ GDP per capita โดยเทคนิคการพยากรณ์สำหรับงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

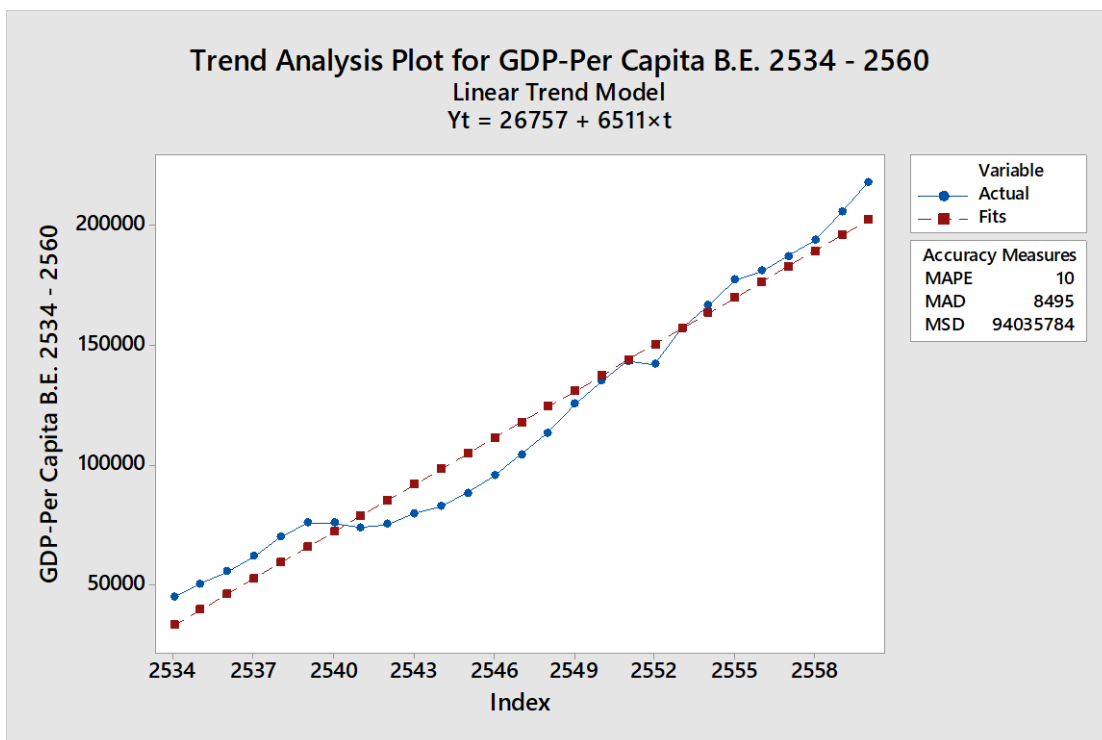
- การพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น
- การพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบ โฮลท์
- การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์

การวิเคราะห์ว่าเทคนิคใดเหมาะสมนั้นจัดจากความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะอาศัยหลักการง่ายๆ คือการเปรียบเทียบระหว่างค่า พยากรณ์ที่คำนวณได้กับข้อมูลจริงในช่วงเวลา t หากค่าพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนมาก อาจหมายถึงวิธีการที่ใช้ยังไม่เหมาะสม หรืออาจจำเป็นต้องเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์บาง ค่าให้เหมาะสม งานวิจัยนี้จะใช้วิธีวัดความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์ 2 วิธีคือ

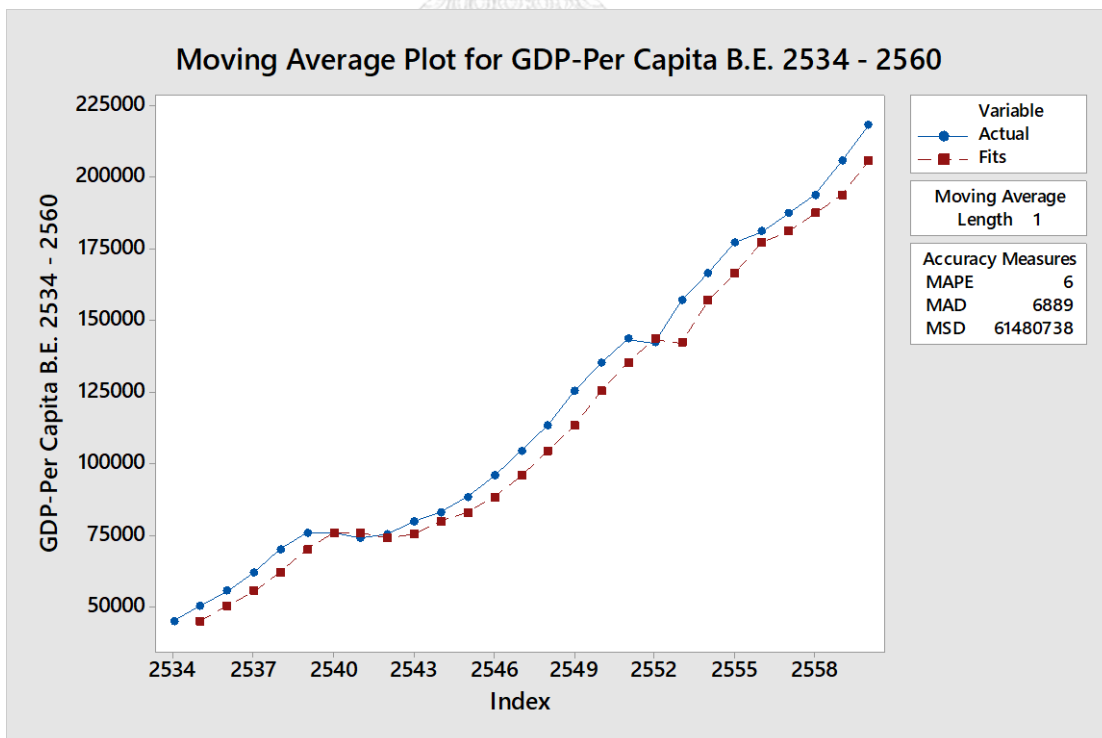
- ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation: MAD)
- ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE)

โดยที่ค่า MAD และ MAPE ยิ่งน้อยก็แสดงว่าการพยากรณ์มีความแม่นยำสูง

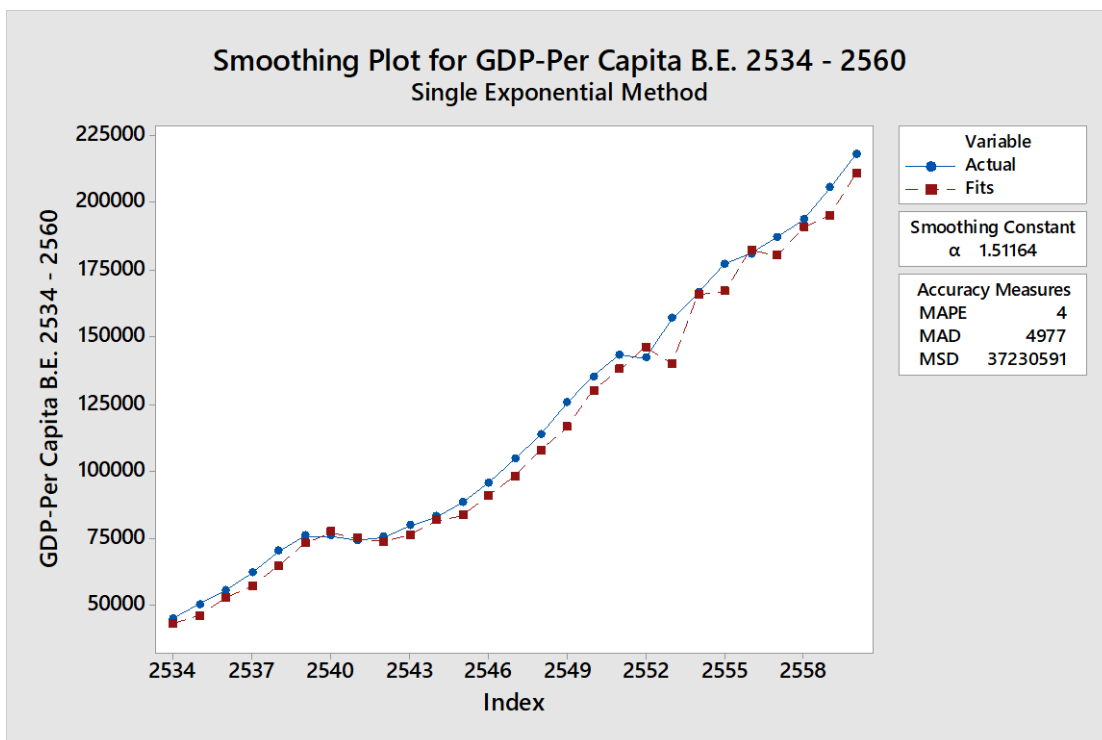
1. ผลการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น



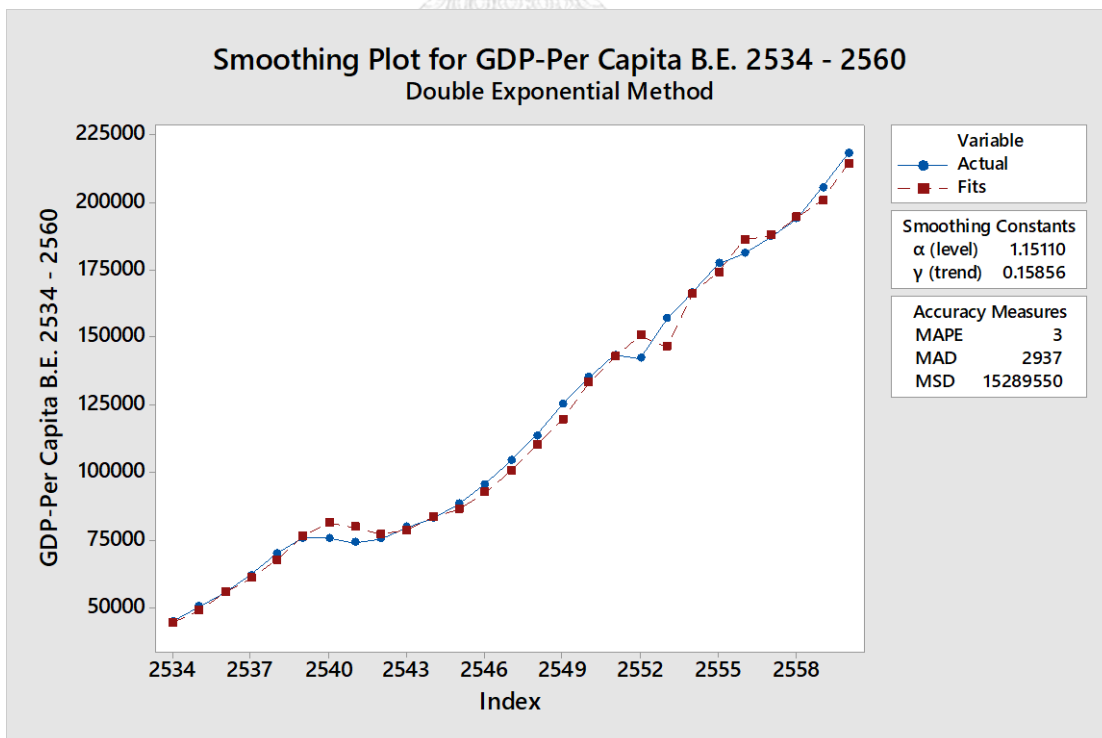
2. ผลการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่



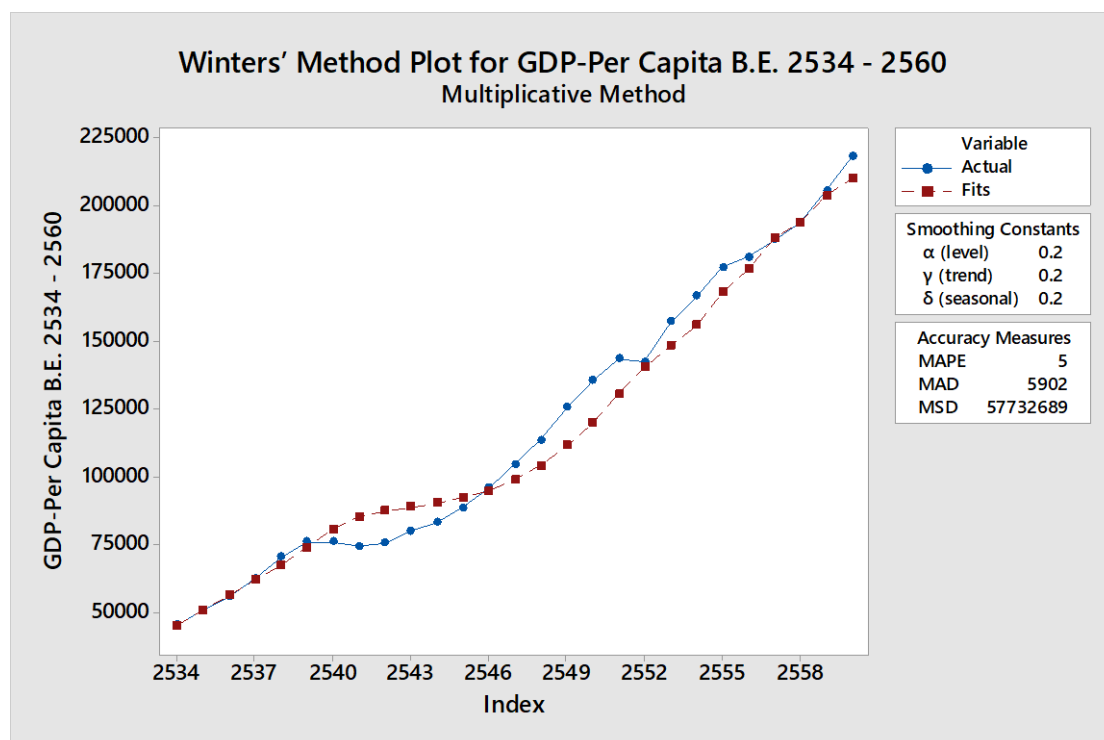
3. การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย



4. การพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์



5. ผลการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์



ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ทั้ง 5 วิธี

วิธีการพยากรณ์	ค่า MAPE	ค่า MAD
วิธีวิเคราะห์แนวโน้มเชิงเส้น	10	8,495
วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่	6	6,889
วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	4	4,977
วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์	3	2,937
วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบวินเทอร์	5	5,092

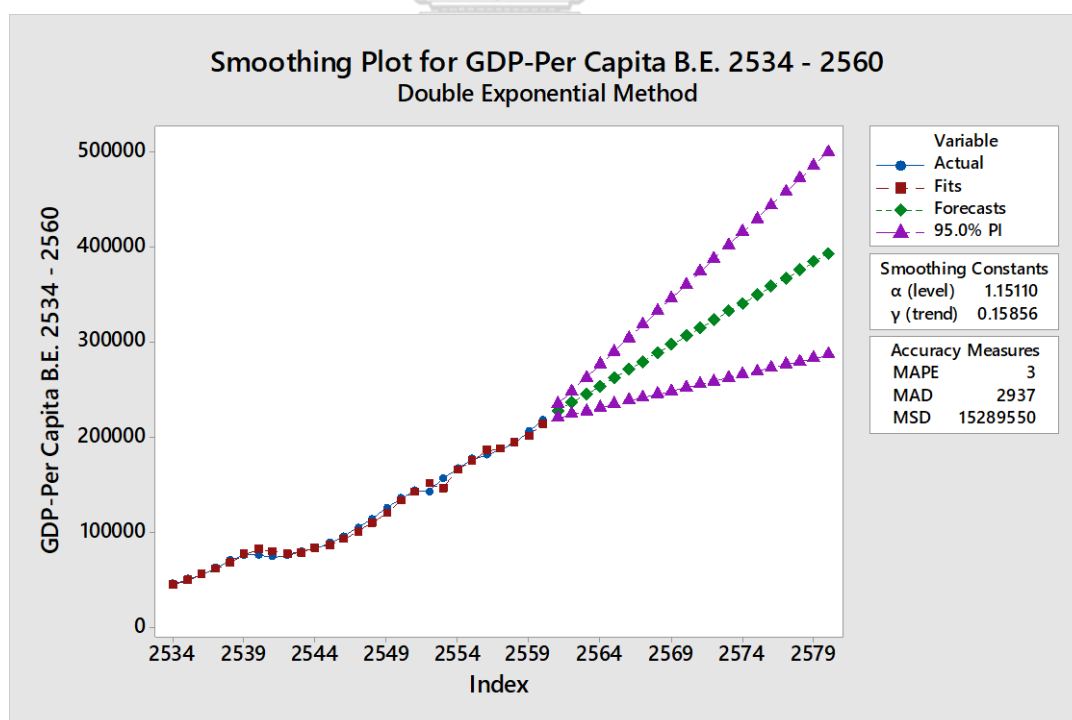
ผลการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของ การพยากรณ์พบว่าการศึกษาครั้งนี้ วิธีการพยากรณ์โดยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์มีความแม่นยำมากที่สุดเนื่องจากค่า MAD และ MAPE น้อยที่สุด ดังนั้นจึงใช้ วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ในการพยากรณ์ค่า GDP per capita ในปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580

ใช้วิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบโฮลท์ในการพยากรณ์ค่า GDP per capita ในปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580 จะได้อ้างอิงแสดงใน ตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) จากการพยากรณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 ถึง พ.ศ. 2580

ปี พ.ศ.	GDP per capita จากการพยากรณ์	ปี พ.ศ.	GDP per capita จากการพยากรณ์
2561	227,499.50	2571	314,629.84
2562	236,212.54	2572	323,342.87
2563	244,925.57	2573	332,055.90
2564	253,638.60	2574	340,768.94
2565	262,351.64	2575	349,481.97
2566	271,064.67	2576	358,195.00
2567	279,777.70	2577	366,908.04
2568	288,490.74	2578	375,621.07
2569	297,203.77	2579	384,334.10
2570	305,916.80	2580	393,047.14

และสามารถแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 กราฟแสดงผลการพยากรณ์ GDP per capita ด้วยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์

4.3 การพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่น่ามาพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ คือ ข้อมูล GDP Per Capita และจำนวนยานยนต์รวมที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทย ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และแปรผลความสอดคล้อง แปรผันร่วมหรือสัมพันธ์กันของข้อมูล โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการคำนวณ ได้ผลดังแสดง

Correlation: GDP-Per Capita, Total registered vehicles

Correlations

Pearson correlation	0.854
P-value	0.000

จากความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลระหว่าง GDP Per Capita และจำนวนยานยนต์รวมที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทย พบว่า

- มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) เท่ากับ 0.854 แสดงว่า GDP Per Capita และจำนวนยานยนต์รวมที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทย มีความสัมพันธ์กันอย่างสูง
- ค่า P-Value เท่ากับ 0.000 โดยตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ดังนี้

H_0 : ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_a : ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นค่า P-Value เท่ากับ 0.000 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ในงานวิจัยนี้จึงจะพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ตามประเภทยานยนต์ (i) ในปีที่พยากรณ์ ($V_{sale,i}(t)$) จากผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันของข้อมูลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ใช้โปรแกรม MINITAB เพื่อวิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ตามสมการที่ 3-2 โดยใช้ชุดข้อมูลจากตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 ในการวิเคราะห์แยกตามประเภทของยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยตามสมมติฐาน

$$\ln V_{sale,i}(t) = a_i + b_i \ln G_{cap}(t) + C_i D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 3-2})$$

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม MINITAB สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 สมการพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่แยกตามประเภทของยานยนต์ตามสมมติฐาน

ตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์	a_i	b_i	C_i	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
$\ln V_{sale,PC}(t)$	0.821	1.0174	-0.672	94.84% (0.000)
$\ln V_{sale,PU}(t)$	9.180	0.2819	-0.782	69.98% (0.000)
$\ln V_{sale,TAXI}(t)$	3.650	0.4610	-0.601	67.89% (0.000)
$\ln V_{sale,COMC}(t)$	3.330	0.4900	-0.781	76.49% (0.000)
$\ln V_{sale,3WL}(t)$	-9.530	1.2670	0.088	48.55% (0.004)
$\ln V_{sale,MC}(t)$	6.467	0.6677	-0.729	89.30% (0.000)
$\ln V_{sale,BUS}(t)$	1.526	0.6466	-1.317	90.42% (0.000)
$\ln V_{sale,TRK}(t)$	5.981	0.4262	-0.974	89.94% (0.000)

- ตัวเลขในวงเล็บคือค่า P-Value ของ Regression

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ $\ln V_{sale,i}(t) = a_i + b_i \ln G_{cap}(t) + C_i D_{econ}(t)$

H_0 : สัมประสิทธิ์ b_i และ C_i เท่ากับ 0

H_a : สัมประสิทธิ์ b_i และ C_i ไม่เท่ากับ 0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ b_i และ C_i ไม่เท่ากับ 0

จากตารางที่ 4-6 พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ b_i และ C_i ไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการของตัวแปรต้น มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

จะได้สมการสมการพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ แยกตามประเภทของยานยนต์ตามสมมติฐานได้ดังนี้

$$\ln V_{sale,PC}(t) = 0.821 + 1.0174 \ln G_{cap}(t) - 0.672 D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-1})$$

$$\ln V_{sale,PU}(t) = 9.180 + 0.2819 \ln G_{cap}(t) - 0.782 D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-2})$$

$$\ln V_{sale,TAXI}(t) = 3.650 + 0.4610 \ln G_{cap}(t) - 0.601D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-3})$$

$$\ln V_{sale,COMC}(t) = 3.330 + 0.4900 \ln G_{cap}(t) - 0.781D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-4})$$

$$\ln V_{sale,3WL}(t) = -9.530 + 1.2670 \ln G_{cap}(t) - 0.088D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-5})$$

$$\ln V_{sale,MC}(t) = 6.467 + 0.6677 \ln G_{cap}(t) - 0.729D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-6})$$

$$\ln V_{sale,BUS}(t) = 1.526 + 0.6466 \ln G_{cap}(t) - 1.317D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-7})$$

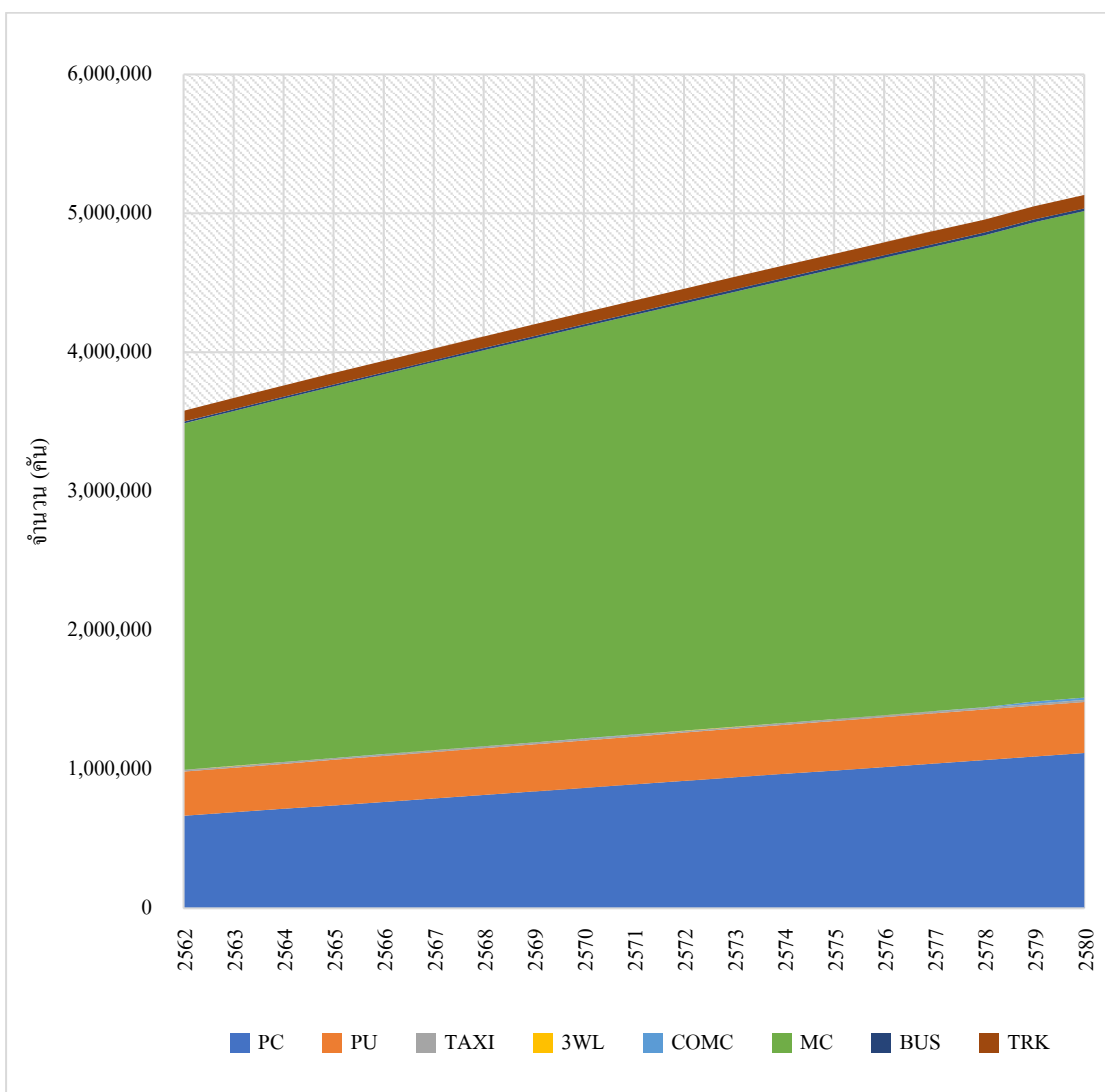
$$\ln V_{sale,TRK}(t) = 5.981 + 0.4262 \ln G_{cap}(t) - 0.974D_{econ}(t) \quad (\text{สมการที่ 4-8})$$

แทนค่า ตัวแปร $G_{cap}(t)$ ด้วยค่า GDP per capita จากการพยากรณ์ในตารางที่ 4-4 แยกตามปีที่พยากรณ์จะได้ ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ที่พยากรณ์ระหว่าง พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580 ดังแสดงในตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 พยากรณ์จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยแยกตามประเภทตามสมมติฐาน

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	665,793	318,053	11,552	467	571	2,492,082	13,713	77,435
2563	690,787	321,317	11,746	489	601	2,553,094	14,038	78,640
2564	715,797	324,499	11,937	511	631	2,613,389	14,358	79,821
2565	740,821	327,603	12,124	534	662	2,672,999	14,675	80,979
2566	765,860	330,634	12,308	556	693	2,731,955	14,989	82,115
2567	790,913	333,596	12,489	579	725	2,790,285	15,299	83,231
2568	815,979	336,493	12,667	602	757	2,848,014	15,605	84,326
2569	841,059	339,327	12,842	625	789	2,905,167	15,908	85,403
2570	866,152	342,102	13,014	649	822	2,961,765	16,208	86,462
2571	891,256	344,821	13,184	672	855	3,017,830	16,505	87,503
2572	916,373	347,486	13,351	696	888	3,073,382	16,799	88,528
2573	941,502	350,101	13,515	720	922	3,128,439	17,091	89,538
2574	966,642	352,666	13,678	744	957	3,183,017	17,379	90,532
2575	991,794	355,185	13,838	768	991	3,237,134	17,665	91,512
2576	1,016,956	357,659	13,996	792	1026	3,290,805	17,949	92,478
2577	1,042,129	360,090	14,152	817	1062	3,344,043	18,230	93,431

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2578	1,067,313	362,481	14,306	841	1097	3,396,863	18,509	94,370
2579	1,092,506	364,831	14,458	866	15,219	3,449,277	18,785	95,298
2580	1,117,710	367,144	14,608	891	15,387	3,501,298	19,059	96,213



รูปที่ 4-4 กราฟแสดงการพยากรณ์จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ในประเทศไทยแยกตามประเภทตามสมมติฐาน ระหว่างปี พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580

4.4 การพยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์

จากสมการที่ 3-3

$$\varphi_i(k) = \exp \left[- \left(\frac{k+b_i}{T_i} \right)^{b_i} \right], \varphi_i(0) \equiv 1 \quad (\text{สมการที่ 3-3})$$

และสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการของตัวแปรในการคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์และระยะการเดินทางสะสมต่อปีในตารางที่ 3-4 สามารถนำมาคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์ (i) คัดจากจำนวนปีหลังจากที่จดทะเบียนใหม่ได้ดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ร้อยละอัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์

ปีที่	PC	PU	TAXI	3WL	COMC	MC	BUS	TRK
0	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%	100.000%
1	99.9755%	99.7300%	99.9958%	97.0669%	98.5843%	96.8498%	98.6656%	99.3000%
2	99.9491%	99.5182%	99.9885%	94.7180%	97.3255%	94.3560%	97.6179%	98.7277%
3	99.9056%	99.2445%	99.9688%	91.6670%	95.5550%	91.1441%	96.2677%	97.9678%
4	99.8388%	98.9089%	99.9153%	87.9506%	93.2310%	87.2626%	94.6225%	97.0157%
5	99.7416%	98.5116%	99.7700%	83.6302%	90.3313%	82.7835%	92.6935%	95.8694%
6	99.6060%	98.0529%	99.3764%	78.7870%	86.8548%	77.7975%	90.4957%	94.5293%
7	99.4230%	97.5334%	98.3154%	73.5184%	82.8222%	72.4097%	88.0469%	92.9980%
8	99.1829%	96.9538%	95.4912%	67.9332%	78.2757%	66.7343%	85.3678%	91.2802%
9	98.8750%	96.3149%	88.2256%	62.1462%	73.2781%	60.8894%	82.4813%	89.3825%
10	98.4882%	95.6176%	71.1698%	56.2733%	67.9106%	54.9921%	79.4120%	87.3131%
11	98.0106%	94.8632%	39.7237%	50.4269%	62.2688%	49.1537%	76.1861%	85.0820%
12	97.4298%	94.0529%	8.1610%	44.7110%	56.4593%	43.4755%	72.8307%	82.7007%
13	96.7332%	93.1879%	0.1113%	39.2180%	50.5942%	38.0457%	69.3734%	80.1817%
14	95.9078%	92.2698%	0.0000%	34.0254%	44.7856%	32.9368%	65.8420%	77.5390%
15	94.9410%	91.3002%	0.0000%	29.1945%	39.1405%	28.2045%	62.2638%	74.7873%
16	93.8203%	90.2807%	0.0000%	24.7694%	33.7557%	23.8872%	58.6657%	71.9421%
17	92.5337%	89.2131%	0.0000%	20.7771%	28.7135%	20.0065%	55.0733%	69.0195%
18	91.0703%	88.0993%	0.0000%	17.2287%	24.0789%	16.5688%	51.5110%	66.0358%
19	89.4204%	86.9411%	0.0000%	14.1208%	19.8970%	13.5669%	48.0013%	63.0077%
20	87.5756%	85.7407%	0.0000%	11.4381%	16.1935%	10.9824%	44.5651%	59.9517%

ปีที่	PC	PU	TAXI	3WL	COMC	MC	BUS	TRK
21	85.5297%	84.5000%	0.0000%	9.1555%	12.9746%	8.7881%	41.2211%	56.8840%
22	83.2787%	83.2213%	0.0000%	7.2410%	10.2295%	6.9508%	37.9858%	53.8205%
23	80.8213%	81.9066%	0.0000%	5.6578%	7.9327%	5.4335%	34.8734%	50.7766%
24	78.1590%	80.5583%	0.0000%	4.3670%	6.0480%	4.1976%	31.8958%	47.7668%
25	75.2970%	79.1786%	0.0000%	3.3294%	4.5314%	3.2044%	29.0626%	44.8048%
26	72.2436%	77.7699%	0.0000%	2.5069%	3.3350%	2.4171%	26.3809%	41.9033%
27	69.0110%	76.3344%	0.0000%	1.8641%	2.4100%	1.8014%	23.8560%	39.0740%
28	65.6152%	74.8745%	0.0000%	1.3688%	1.7093%	1.3263%	21.4908%	36.3272%
29	62.0760%	73.3926%	0.0000%	0.9923%	1.1894%	0.9647%	19.2863%	33.6723%
30	58.4167%	71.8910%	0.0000%	0.7102%	0.8116%	0.6931%	17.2418%	31.1171%

จากตารางหมายความว่าในจำนวนปีที่อายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้นจะมีจำนวนยานยนต์ที่คงอยู่ในระบบลดลงตามจำนวนปีที่เพิ่มขึ้นซึ่งแปรผกผันกันไปตามประเภทยานยนต์

นำข้อมูลอัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์จากตารางที่ 4-7 ข้อมูลพยากรณ์จำนวนยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ในประเทศไทยแยกตามประเภทตามสมมติฐานจากตารางที่ 4-7 และข้อมูลร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. จากตารางที่ 3-3 คำนวณตามสมการที่ 3-1

$$V_{stock,i,j}(t) = \sum_{v=v'}^{v=t} [V_{remain,i,j}(t, v)] = \sum_{v=v'}^{v=t} [V_{sale,i}(t) \times \varphi_i(k) \times \psi_{i,j}(v)] \quad (\text{สมการที่ 3-1})$$

ทั้งนี้กำหนด ปี พ.ศ. 2550 เป็นปีเริ่มต้นในการคำนวณเนื่องจากเป็นชุดข้อมูลที่จำแนกยานยนต์ตามอายุยานยนต์ในอดีตที่สุดที่สามารถสืบค้นได้ดังแสดงในตารางที่ 4-2 ข้อมูลดังกล่าวนี้จะทำให้ทราบปริมาณยานยนต์ที่สะสมจากในอดีต จนถึงปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการคำนวณยานยนต์สะสมที่ถูกต้องในอนาคต สำหรับในปีหลังจากนั้นจะใช้ยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ที่ได้จากตารางที่ 4-6 ในการพยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมได้ผลการคำนวณจำแนกตามปีที่พยากรณ์แยกตามประเภทเชื้อเพลิง ดังแสดงในดังตารางที่ 4-9 ถึง ตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-9 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและ
แก๊สโซฮอล์แยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	6,065,343	201,692	3,114	2,098	500	20,885,968	5,241	-
2563	6,424,323	209,261	3,161	2,224	513	21,659,467	5,460	-
2564	6,791,675	216,800	3,224	2,352	528	22,455,626	5,676	-
2565	7,166,878	224,303	3,279	2,481	546	23,248,979	5,889	-
2566	7,542,607	231,767	3,332	2,613	565	24,038,758	6,101	-
2567	7,907,198	239,185	3,406	2,747	587	24,746,866	6,310	-
2568	8,206,196	236,557	3,505	2,882	610	25,517,170	6,489	-
2569	8,280,737	218,125	3,605	3,018	632	26,277,278	6,604	-
2570	8,596,560	221,364	3,692	3,157	659	27,040,362	6,800	-
2571	8,950,601	227,721	3,744	3,299	687	27,704,991	6,997	-
2572	9,293,765	233,539	3,771	3,443	716	28,444,807	7,192	-
2573	9,623,051	238,755	3,816	3,589	745	29,171,353	7,379	-
2574	9,937,181	244,185	3,868	3,737	775	29,884,393	7,557	-
2575	10,236,516	248,715	3,919	3,889	806	30,490,521	7,734	-
2576	10,524,064	251,912	3,970	4,043	837	31,172,312	7,906	-
2577	10,800,768	253,924	4,020	4,200	869	31,840,358	8,078	-
2578	11,076,005	255,252	4,069	4,360	900	32,496,934	8,254	-
2579	11,362,933	256,815	4,118	4,522	932	33,052,160	8,436	-
2580	11,640,127	258,571	4,165	4,688	964	33,686,468	8,596	-

ตารางที่ 4-10 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลแยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	3,084,073	6,319,686	1,038	1,678	-	-	131,037	1,115,096
2563	3,266,605	6,556,848	1,054	1,779	-	-	136,489	1,160,905
2564	3,453,394	6,793,062	1,075	1,881	-	-	141,889	1,205,907
2565	3,644,175	7,028,170	1,093	1,985	-	-	147,235	1,250,062
2566	3,835,224	7,262,021	1,111	2,091	-	-	152,523	1,293,337
2567	4,020,609	7,494,476	1,135	2,197	-	-	157,752	1,335,707
2568	4,172,642	7,412,131	1,168	2,306	-	-	162,225	1,360,386
2569	4,210,544	6,834,580	1,202	2,414	-	-	165,092	1,361,468
2570	4,371,132	6,936,070	1,231	2,526	-	-	169,992	1,396,975
2571	4,551,153	7,135,253	1,248	2,639	-	-	174,916	1,436,951
2572	4,725,643	7,317,551	1,257	2,754	-	-	179,794	1,475,787
2573	4,893,077	7,480,982	1,272	2,871	-	-	184,474	1,511,817
2574	5,052,804	7,651,141	1,289	2,990	-	-	188,920	1,546,715
2575	5,205,008	7,793,082	1,306	3,111	-	-	193,346	1,578,977
2576	5,351,219	7,893,257	1,323	3,234	-	-	197,657	1,607,449
2577	5,491,916	7,956,280	1,340	3,360	-	-	201,957	1,632,402
2578	5,631,867	7,997,911	1,356	3,488	-	-	206,362	1,659,622
2579	5,777,762	8,046,872	1,373	3,618	-	-	210,897	1,691,230
2580	5,918,709	8,101,888	1,388	3,751	-	-	214,906	1,714,044

ตารางที่ 4-11 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ
ปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	822,419	134,461	28,028	1,259	3,377	-	5,241	-
2563	871,095	139,507	28,450	1,334	3,463	-	5,460	-
2564	920,905	144,533	29,014	1,411	3,566	-	5,676	-
2565	971,780	149,536	29,512	1,489	3,685	-	5,889	-
2566	1,022,726	154,511	29,984	1,568	3,817	-	6,101	-
2567	1,072,162	159,457	30,652	1,648	3,962	-	6,310	-
2568	1,112,705	157,705	31,547	1,729	4,119	-	6,489	-
2569	1,122,812	145,417	32,441	1,811	4,264	-	6,604	-
2570	1,165,635	147,576	33,231	1,894	4,447	-	6,800	-
2571	1,213,641	151,814	33,697	1,979	4,636	-	6,997	-
2572	1,260,172	155,693	33,938	2,066	4,831	-	7,192	-
2573	1,304,820	159,170	34,340	2,153	5,030	-	7,379	-
2574	1,347,414	162,790	34,810	2,242	5,233	-	7,557	-
2575	1,388,002	165,810	35,273	2,333	5,440	-	7,734	-
2576	1,426,992	167,942	35,729	2,426	5,650	-	7,906	-
2577	1,464,511	169,283	36,178	2,520	5,862	-	8,078	-
2578	1,501,831	170,168	36,621	2,616	6,076	-	8,254	-
2579	1,540,737	171,210	37,058	2,713	6,292	-	8,436	-
2580	1,578,322	172,381	37,489	2,813	6,504	-	8,596	-

ตารางที่ 4-12 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมตามประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ
สำหรับยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	205,605	67,231	70,588	52	292	-	33,196	46,462
2563	217,774	69,754	71,653	56	299	-	34,577	48,371
2564	230,226	72,267	73,072	59	308	-	35,945	50,246
2565	242,945	74,768	74,327	62	318	-	37,300	52,086
2566	255,682	77,256	75,516	65	330	-	38,639	53,889
2567	268,041	79,728	77,197	69	342	-	39,964	55,654
2568	278,176	78,852	79,451	72	356	-	41,097	56,683
2569	280,703	72,708	81,703	75	369	-	41,823	56,728
2570	291,409	73,788	83,693	79	384	-	43,065	58,207
2571	303,410	75,907	84,868	82	401	-	44,312	59,873
2572	315,043	77,846	85,474	86	417	-	45,548	61,491
2573	326,205	79,585	86,487	90	435	-	46,733	62,992
2574	336,854	81,395	87,669	93	452	-	47,860	64,446
2575	347,001	82,905	88,836	97	470	-	48,981	65,791
2576	356,748	83,971	89,984	101	488	-	50,073	66,977
2577	366,128	84,641	91,116	105	507	-	51,163	68,017
2578	375,458	85,084	92,231	109	525	-	52,278	69,151
2579	385,184	85,605	93,331	113	544	-	53,427	70,468
2580	394,581	86,190	94,416	117	562	-	54,443	71,419

ตารางที่ 4-13 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมแยกประเภทของยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงไฟฟ้าแยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	102,802	-	1,038	157	-	-	-	-
2563	108,887	-	1,054	167	-	26,023	-	-
2564	115,113	-	1,075	176	-	26,979	-	-
2565	121,473	-	1,093	186	-	27,932	-	-
2566	139,364	-	1,111	196	-	28,881	-	-
2567	187,471	-	1,135	206	-	106,871	-	-
2568	250,683	-	1,168	216	-	110,198	-	-
2569	324,766	-	1,202	226	-	113,480	-	-
2570	425,140	-	1,231	237	-	116,776	-	-
2571	544,113	-	1,248	247	-	209,358	-	-
2572	679,036	-	1,257	258	-	214,948	-	-
2573	827,970	-	1,272	269	-	220,438	-	-
2574	992,740	-	1,289	280	-	225,827	-	-
2575	1,167,780	-	1,306	292	-	323,548	-	-
2576	1,344,066	-	1,323	303	-	330,782	-	-
2577	1,521,166	-	1,340	315	-	337,871	-	-
2578	1,698,947	-	1,356	327	-	344,839	-	-
2579	1,878,075	-	1,373	339	-	442,125	-	-
2580	2,074,167	-	1,388	352	-	450,609	-	-

ตารางที่ 4-14 พยากรณ์ปริมาณยานยนต์รวมสะสมตามประเภทยานยนต์แยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (คัน)	PU (คัน)	TAXI (คัน)	3WL (คัน)	COMC (คัน)	MC (คัน)	BUS (คัน)	TRK (คัน)
2562	10,280,242	6,723,070	103,806	5,245	4,169	20,885,968	174,716	1,161,558
2563	10,888,684	6,975,371	105,372	5,559	4,276	21,685,490	181,985	1,209,276
2564	11,511,314	7,226,662	107,459	5,879	4,403	22,482,605	189,186	1,256,153
2565	12,147,251	7,476,776	109,305	6,204	4,549	23,276,911	196,313	1,302,148
2566	12,795,603	7,725,554	111,053	6,533	4,712	24,067,639	203,364	1,347,226
2567	13,455,481	7,972,847	113,524	6,867	4,892	24,853,737	210,336	1,391,361
2568	14,020,401	7,885,246	116,839	7,205	5,085	25,627,368	216,300	1,417,068
2569	14,219,562	7,270,829	120,152	7,544	5,264	26,390,758	220,123	1,418,196
2570	14,849,876	7,378,798	123,078	7,893	5,490	27,157,137	226,656	1,455,183
2571	15,562,918	7,590,695	124,805	8,247	5,724	27,914,349	233,221	1,496,824
2572	16,273,659	7,784,629	125,697	8,606	5,964	28,659,755	239,725	1,537,278
2573	16,975,123	7,958,492	127,186	8,972	6,210	29,391,792	245,966	1,574,809
2574	17,666,993	8,139,512	128,925	9,343	6,461	30,110,220	251,894	1,611,162
2575	18,344,307	8,290,512	130,640	9,721	6,716	30,814,069	257,795	1,644,768
2576	19,003,089	8,397,082	132,330	10,107	6,975	31,503,094	263,543	1,674,426
2577	19,644,488	8,464,128	133,994	10,499	7,238	32,178,230	269,276	1,700,419
2578	20,284,109	8,508,415	135,634	10,899	7,502	32,841,772	275,150	1,728,773
2579	20,944,691	8,560,502	137,251	11,306	7,767	33,494,285	281,196	1,761,698
2580	21,605,906	8,619,030	138,846	11,721	8,030	34,137,077	286,541	1,785,463

4.5 การพยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมในปีที่พยากรณ์

จากสมการที่ 3-5

$$VKT_{veh,i,j}(k) = \alpha_{i,j} k^{\beta_{i,j}} \times VKT_{veh,i,j}(0) \quad (\text{สมการที่ 3-5})$$

และสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ตามสมการของแปรในการคำนวณอัตราการคงอยู่ของยานยนต์และระยะการเดินทางสะสมต่อปีในตารางที่ 3-4 สามารถนำมาคำนวณระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์เมื่อมีอายุที่เพิ่มขึ้นตามประเภทยานยนต์ (i) และเชื้อเพลิง (j) ได้ดังแสดงในตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ระยะการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์ตามอายุปีแยกตามประเภทยานยนต์

ปีที่	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
0	23,248	37,955	72,154	13,766	26,758	14,690	98,359	98,111
1	21,086	34,160	68,763	13,023	25,500	12,531	79,769	67,598
2	18,331	29,430	63,892	11,983	23,271	10,129	61,001	44,784
3	16,889	26,973	61,204	11,414	22,058	8,943	52,142	35,199
4	15,936	25,355	59,366	11,027	21,236	8,187	46,649	29,670
5	15,234	24,168	57,978	10,736	20,620	7,645	42,789	25,987
6	14,683	23,239	56,868	10,503	20,129	7,229	39,874	23,319
7	14,233	22,481	55,946	10,311	19,724	6,895	37,565	21,279
8	13,854	21,845	55,160	10,147	19,379	6,618	35,673	19,656
9	13,528	21,299	54,476	10,004	19,080	6,383	34,083	18,328
10	13,243	20,821	53,871	9,879	18,817	6,180	32,722	17,216
11	12,991	20,399	53,329	9,766	18,582	6,002	31,537	16,269
12	12,764	20,021	52,840	9,665	18,369	5,843	30,492	15,449
13	12,560	19,679	52,393	9,573	18,176	5,702	29,562	14,732
14	12,373	19,368	51,983	9,488	17,999	5,573	28,727	14,097
15	12,202	19,083	51,605	9,410	17,836	5,456	27,970	13,531
16	12,044	18,820	51,253	9,337	17,685	5,349	27,280	13,022
17	11,897	18,577	50,924	9,269	17,544	5,251	26,647	12,562
18	11,761	18,350	50,617	9,206	17,412	5,159	26,064	12,142

ปีที่	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
19	11,633	18,138	50,328	9,146	17,288	5,075	25,525	11,759
20	11,513	17,939	50,055	9,090	17,172	4,995	25,023	11,406
21	11,400	17,751	49,796	9,037	17,061	4,921	24,555	11,080
22	11,293	17,575	49,551	8,987	16,957	4,851	24,117	10,778
23	11,192	17,408	49,319	8,939	16,858	4,785	23,705	10,497
24	11,097	17,249	49,097	8,894	16,763	4,723	23,318	10,235
25	11,005	17,098	48,885	8,850	16,673	4,664	22,953	9,990
26	10,919	16,955	48,682	8,809	16,587	4,609	22,607	9,760
27	10,836	16,818	48,487	8,769	16,505	4,556	22,279	9,543
28	10,756	16,687	48,301	8,731	16,426	4,505	21,968	9,340
29	10,680	16,561	48,121	8,694	16,350	4,457	21,671	9,147
30	10,608	16,441	47,949	8,659	16,277	4,411	21,389	8,965

จากตารางหมายความว่าในจำนวนปีที่อายุการใช้งานเพิ่มมากขึ้นจะมีจำนวนยานยนต์ที่คงอยู่ในระบบลดลงตามจำนวนปีที่เพิ่มขึ้นซึ่งแปรผกผันกันไปตามประเภทยานยนต์

นำข้อมูลระยะเวลาการเดินทางสะสมต่อปีของยานยนต์ตามอายุปีแยกตามประเภทยานยนต์ตารางที่ 4-14 และปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์แยกตามประเภทเชื้อเพลิงได้ดังตารางที่ 4-8 ถึง ตารางที่ 4-11 คำนวณตามสมการที่ 3-4

$$VKT_{stock,i,j}(t) = \frac{\sum_{v=0}^{t-1} [V_{remain,i,j}(t,v) \times VKT_{veh,i,j}(k)]}{V_{stock,i,j}(t)} \quad (\text{สมการที่ 3-4})$$

จะได้ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์แยกตามประเภทเชื้อเพลิงได้ดังตารางที่ 4-16 ถึง ตารางที่ 4-19

ตารางที่ 4-16 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	9.15E+10	4.44E+09	1.90E+08	4.57E+07	5.44E+06	1.79E+11	2.38E+08	-
2563	9.61E+10	4.59E+09	1.93E+08	4.81E+07	5.63E+06	1.88E+11	2.47E+08	-
2564	1.01E+11	4.74E+09	1.97E+08	5.07E+07	5.83E+06	1.95E+11	2.55E+08	-
2565	1.06E+11	4.88E+09	2.00E+08	5.33E+07	6.05E+06	2.02E+11	2.63E+08	-
2566	1.11E+11	5.02E+09	2.03E+08	5.60E+07	6.29E+06	2.09E+11	2.71E+08	-
2567	1.16E+11	5.16E+09	2.08E+08	5.88E+07	6.54E+06	2.15E+11	2.79E+08	-
2568	1.20E+11	5.13E+09	2.13E+08	6.16E+07	6.81E+06	2.22E+11	2.86E+08	-
2569	1.21E+11	4.84E+09	2.19E+08	6.44E+07	7.06E+06	2.28E+11	2.92E+08	-
2570	1.26E+11	4.91E+09	2.24E+08	6.73E+07	7.37E+06	2.34E+11	3.00E+08	-
2571	1.30E+11	5.03E+09	2.27E+08	7.03E+07	7.68E+06	2.39E+11	3.07E+08	-
2572	1.35E+11	5.14E+09	2.29E+08	7.33E+07	8.00E+06	2.45E+11	3.15E+08	-
2573	1.39E+11	5.24E+09	2.32E+08	7.63E+07	8.33E+06	2.51E+11	3.22E+08	-
2574	1.43E+11	5.34E+09	2.35E+08	7.95E+07	8.66E+06	2.57E+11	3.29E+08	-
2575	1.47E+11	5.43E+09	2.38E+08	8.26E+07	9.00E+06	2.61E+11	3.36E+08	-
2576	1.51E+11	5.50E+09	2.41E+08	8.59E+07	9.34E+06	2.67E+11	3.42E+08	-
2577	1.54E+11	5.54E+09	2.44E+08	8.92E+07	9.69E+06	2.72E+11	3.49E+08	-
2578	1.58E+11	5.57E+09	2.47E+08	9.26E+07	1.00E+07	2.77E+11	3.56E+08	-
2579	1.62E+11	5.61E+09	2.50E+08	9.60E+07	1.04E+07	2.82E+11	3.63E+08	-
2580	1.66E+11	5.65E+09	2.53E+08	9.95E+07	1.07E+07	2.87E+11	3.69E+08	-

ตารางที่ 4-17 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	4.65E+10	1.39E+11	6.33E+07	3.66E+07	-	-	5.95E+09	3.23E+10
2563	4.89E+10	1.44E+11	6.43E+07	3.85E+07	-	-	6.17E+09	3.34E+10
2564	5.13E+10	1.48E+11	6.55E+07	4.05E+07	-	-	6.38E+09	3.43E+10
2565	5.38E+10	1.53E+11	6.66E+07	4.26E+07	-	-	6.58E+09	3.51E+10
2566	5.63E+10	1.57E+11	6.77E+07	4.48E+07	-	-	6.78E+09	3.59E+10
2567	5.88E+10	1.62E+11	6.92E+07	4.70E+07	-	-	6.98E+09	3.67E+10
2568	6.08E+10	1.61E+11	7.11E+07	4.92E+07	-	-	7.16E+09	3.73E+10
2569	6.17E+10	1.52E+11	7.30E+07	5.15E+07	-	-	7.30E+09	3.77E+10
2570	6.38E+10	1.54E+11	7.47E+07	5.38E+07	-	-	7.49E+09	3.84E+10
2571	6.62E+10	1.58E+11	7.57E+07	5.62E+07	-	-	7.68E+09	3.91E+10
2572	6.84E+10	1.61E+11	7.63E+07	5.86E+07	-	-	7.86E+09	3.98E+10
2573	7.06E+10	1.64E+11	7.73E+07	6.11E+07	-	-	8.04E+09	4.05E+10
2574	7.27E+10	1.67E+11	7.83E+07	6.36E+07	-	-	8.22E+09	4.12E+10
2575	7.47E+10	1.70E+11	7.93E+07	6.61E+07	-	-	8.39E+09	4.18E+10
2576	7.66E+10	1.72E+11	8.04E+07	6.87E+07	-	-	8.56E+09	4.24E+10
2577	7.85E+10	1.74E+11	8.14E+07	7.14E+07	-	-	8.73E+09	4.29E+10
2578	8.04E+10	1.75E+11	8.24E+07	7.40E+07	-	-	8.90E+09	4.35E+10
2579	8.24E+10	1.76E+11	8.33E+07	7.68E+07	-	-	9.07E+09	4.41E+10
2580	8.42E+10	1.77E+11	8.43E+07	7.96E+07	-	-	9.23E+09	4.46E+10

ตารางที่ 4-18 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ
ปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	1.24E+10	2.96E+09	1.71E+09	2.74E+07	3.67E+07	-	2.38E+08	-
2563	1.30E+10	3.06E+09	1.73E+09	2.89E+07	3.80E+07	-	2.47E+08	-
2564	1.37E+10	3.16E+09	1.77E+09	3.04E+07	3.94E+07	-	2.55E+08	-
2565	1.44E+10	3.25E+09	1.80E+09	3.20E+07	4.08E+07	-	2.63E+08	-
2566	1.50E+10	3.35E+09	1.83E+09	3.36E+07	4.24E+07	-	2.71E+08	-
2567	1.57E+10	3.44E+09	1.87E+09	3.53E+07	4.41E+07	-	2.79E+08	-
2568	1.62E+10	3.42E+09	1.92E+09	3.69E+07	4.60E+07	-	2.86E+08	-
2569	1.64E+10	3.23E+09	1.97E+09	3.86E+07	4.77E+07	-	2.92E+08	-
2570	1.70E+10	3.27E+09	2.02E+09	4.04E+07	4.97E+07	-	3.00E+08	-
2571	1.76E+10	3.35E+09	2.05E+09	4.22E+07	5.19E+07	-	3.07E+08	-
2572	1.82E+10	3.43E+09	2.06E+09	4.40E+07	5.40E+07	-	3.15E+08	-
2573	1.88E+10	3.49E+09	2.09E+09	4.58E+07	5.62E+07	-	3.22E+08	-
2574	1.94E+10	3.56E+09	2.11E+09	4.77E+07	5.85E+07	-	3.29E+08	-
2575	1.99E+10	3.62E+09	2.14E+09	4.96E+07	6.07E+07	-	3.36E+08	-
2576	2.04E+10	3.66E+09	2.17E+09	5.15E+07	6.31E+07	-	3.42E+08	-
2577	2.09E+10	3.69E+09	2.20E+09	5.35E+07	6.54E+07	-	3.49E+08	-
2578	2.14E+10	3.72E+09	2.22E+09	5.55E+07	6.77E+07	-	3.56E+08	-
2579	2.20E+10	3.74E+09	2.25E+09	5.76E+07	7.01E+07	-	3.63E+08	-
2580	2.25E+10	3.77E+09	2.28E+09	5.97E+07	7.24E+07	-	3.69E+08	-

ตารางที่ 4-19 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.

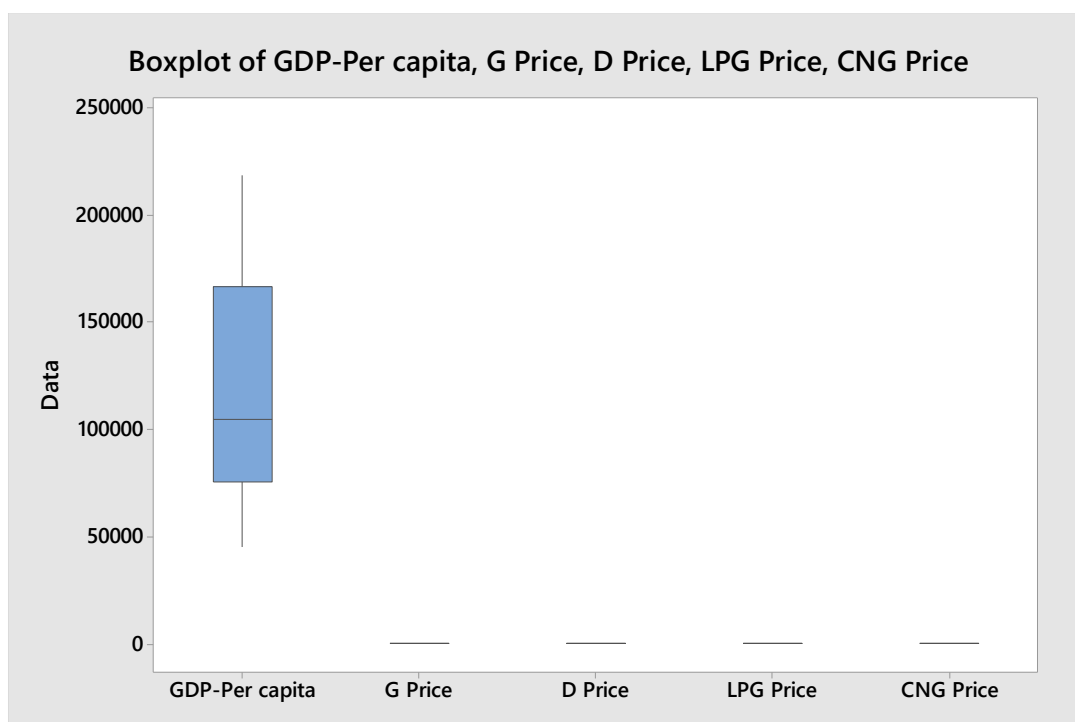
ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	3.10E+09	1.48E+09	4.31E+09	1.14E+06	3.17E+06	-	1.51E+09	1.35E+09
2563	3.26E+09	1.53E+09	4.37E+09	1.20E+06	3.28E+06	-	1.56E+09	1.39E+09
2564	3.42E+09	1.58E+09	4.45E+09	1.27E+06	3.40E+06	-	1.62E+09	1.43E+09
2565	3.59E+09	1.63E+09	4.53E+09	1.33E+06	3.53E+06	-	1.67E+09	1.46E+09
2566	3.76E+09	1.67E+09	4.61E+09	1.40E+06	3.67E+06	-	1.72E+09	1.50E+09
2567	3.92E+09	1.72E+09	4.71E+09	1.47E+06	3.81E+06	-	1.77E+09	1.53E+09
2568	4.06E+09	1.71E+09	4.84E+09	1.54E+06	3.97E+06	-	1.81E+09	1.56E+09
2569	4.11E+09	1.61E+09	4.97E+09	1.61E+06	4.12E+06	-	1.85E+09	1.57E+09
2570	4.25E+09	1.64E+09	5.08E+09	1.68E+06	4.30E+06	-	1.90E+09	1.60E+09
2571	4.41E+09	1.68E+09	5.15E+09	1.76E+06	4.48E+06	-	1.95E+09	1.63E+09
2572	4.56E+09	1.71E+09	5.19E+09	1.83E+06	4.67E+06	-	1.99E+09	1.66E+09
2573	4.71E+09	1.75E+09	5.25E+09	1.91E+06	4.86E+06	-	2.04E+09	1.69E+09
2574	4.85E+09	1.78E+09	5.32E+09	1.99E+06	5.05E+06	-	2.08E+09	1.72E+09
2575	4.98E+09	1.81E+09	5.40E+09	2.07E+06	5.25E+06	-	2.13E+09	1.74E+09
2576	5.11E+09	1.83E+09	5.46E+09	2.15E+06	5.45E+06	-	2.17E+09	1.77E+09
2577	5.24E+09	1.85E+09	5.53E+09	2.23E+06	5.65E+06	-	2.21E+09	1.79E+09
2578	5.36E+09	1.86E+09	5.60E+09	2.31E+06	5.85E+06	-	2.25E+09	1.81E+09
2579	5.49E+09	1.87E+09	5.67E+09	2.40E+06	6.06E+06	-	2.30E+09	1.84E+09
2580	5.62E+09	1.88E+09	5.73E+09	2.49E+06	6.26E+06	-	2.34E+09	1.86E+09

จากสมการที่ 2-5 ซึ่งเป็นสมการในการคำนวณความต้องการของพลังงานในปีที่พยากรณ์พบว่าตัวแปร $VKT_{stock,i,j}(t)$ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับราคาเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงมีการปรับแก้ค่า $VKT_{stock,i,j}(t)$ โดยใช้ตัวแปรราคาเชื้อเพลิง ดังสมการที่ 3-6

$$ED(t) = \sum_i \sum_j [V_{stock,i,j}(t) \times [VKT_{stock,i,j} \times CF_{VKT,j,t}] \times FE_{stock,i,j}^{-1}(t)] \quad (\text{สมการที่ 2-5})$$

$$CF_{VKT_{j,t}} = a_j + bp_{j,t} \quad (\text{สมการที่ 3-6})$$

ก่อนการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์ราคาของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท ทำการวิเคราะห์ความผิดปกติของชุดข้อมูลราคาเฉลี่ยของเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB วิธีบ็อกพล็อต (Box plot) ดังแสดงในรูปที่ 4-5 พบว่าไม่มีค่าผิดปกติ จึงสามารถใช้ชุดข้อมูลเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับการพยากรณ์ต่อไปได้



รูปที่ 4-5 ผลการตรวจสอบข้อมูลราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท

โดยวิธีบ็อกพล็อต (Box plot) โปรแกรม MINITAB

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลที่นำมาพยากรณ์พยากรณ์ราคาเชื้อเพลิงแต่ละประเภท คือ ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ข้อมูลราคาเฉลี่ยของเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ ด้วยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และแปรผลความสัมพันธ์ แปรผันร่วมหรือสัมพันธ์กันของข้อมูลโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ในการคำนวณ ได้ผลดังแสดง

Correlation: GDP-Per capita, G Price, D Price, LPG Price, CNG Price

Correlations

	GDP-Per capita	G Price	D Price	LPG Price
G Price	0.836	0.000		
D Price	0.849	0.957	0.000	
LPG Price	0.891	0.602	0.562	0.000
CNG Price	0.907	0.261	0.335	0.872
	0.000	0.329	0.204	0.000

Cell Contents
Pearson correlation
P-Value

จากความสัมพันธ์ของชุดข้อมูลระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) กับ ข้อมูลราคาเฉลี่ยของเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ พบว่า

- มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) เท่ากับ 0.836 0.849 0.891 และ 0.907 แสดงว่า GDP Per Capita กับ ข้อมูลราคาเฉลี่ยของเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ มีความสัมพันธ์กันอย่างสูง
- ค่า P-Value ในแต่ละความสัมพันธ์ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) กับ ข้อมูลราคาเฉลี่ยของเบนซินและแก๊สโซฮอล์ ดีเซล ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ เท่ากับ 0.000 โดยตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ดังนี้

H_0 : ตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_a : ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นค่า P-Value เท่ากับ 0.000 แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

ดังนั้นจึงจะพยากรณ์ราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงจากผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันของข้อมูลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ข้างต้น

ใช้โปรแกรม MINITAB เพื่อวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression) โดยใช้ชุดข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) และ ราคาเชื้อเพลิงเฉลี่ยของประเทศไทยในอดีตตามประเภทเชื้อเพลิงจากรายที่ 4-2 ด้วยสมการ

$$p_{Fuel,t} = a_i + b_i G_{cap} \quad (\text{สมการที่ 4-9})$$

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม MINITAB สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-20

ตารางที่ 4-20 สมการพยากรณ์ราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแยกตามประเภทของเชื้อเพลิงตามสมมติฐาน

ตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์	a_i	b_i	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
$p_{G,t}$	3.670	0.000148	65.71% (0.000)
$p_{D,t}$	2.330	0.000133	76.06% (0.000)
$p_{LPG,t}$	5.986	0.000026	83.16% (0.000)
$p_{CNG,t}$	1.595	0.000053	89.39% (0.000)

- ตัวเลขในวงเล็บคือค่า P-Value ของ Regression

พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) พบว่าทั้งราคาเชื้อเพลิงมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกกับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้มากกว่าร้อยละ 50 ในทุกราคาเชื้อเพลิง

พิจารณาค่า P-Value จากตารางที่ตารางที่ 4-20 จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้ จากสมการ $p_{Fuel,t} = a_i + b_i G_{cap}$

H_0 : สัมประสิทธิ์ b_i เท่ากับ 0

H_a : สัมประสิทธิ์ b_i ไม่เท่ากับ 0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ b_i ไม่เท่ากับ 0 จากตารางที่ 4-19 พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ b_i ไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการของตัวแปรต้น มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม

จะได้สมการสมการราคาเฉลี่ยของเชื้อเพลิงแยกตามประเภทของเชื้อเพลิงตามสมมติฐานเพื่อนำไปใช้ในการปรับแก้ค่าหากความต้องการพลังงานนั้นมีค่าแตกต่างจากพลังงานที่ใช้จริงจากข้อมูล ดังนี้

$$p_{G,t} = 3.670 + 0.000148G_{cap} \quad (\text{สมการที่ 4-10})$$

$$p_{D,t} = 2.330 + 0.000133G_{cap} \quad (\text{สมการที่ 4-11})$$

$$p_{G,t} = 3.670 + 0.000148G_{cap} \quad (\text{สมการที่ 4-12})$$

$$p_{D,t} = 2.330 + 0.000133G_{cap} \quad (\text{สมการที่ 4-13})$$

พิจารณาค่าความต้องการพลังงานในตอนสุดท้ายในหน่วย ktoe เทียบกับการใช้พลังงานจริงจะพบว่าความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ มีความแตกต่างของการใช้พลังงานที่สูงหรือมีแนวโน้มของความแตกต่างที่เพิ่มขึ้นตามปีที่พยากรณ์ ดังนั้นจึงมีการปรับแก้ค่าระยะการเดินทางสะสมต่อปีเพื่อให้ข้อมูลพยากรณ์มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยใช้รูปแบบของสมการที่ 3-6

$$CF_{VKT_{j,t}} = a_j + bp_{j,t} \quad (\text{สมการที่ 3-6})$$

โดยค่า $CF_{VKT_{j,t}}$ จะเป็นสัดส่วนระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับราคาของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด แต่การปรับแก้ค่าระยะการเดินทางสะสมต่อปีของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์นั้น จะใช้ราคาของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ในการพยากรณ์ค่า $CF_{VKT_{j,t}}$ ด้วยเพราะราคาของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ถูกควบคุมเพดานราคาและอุดหนุนราคาขายทำให้ราคาของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของชุดข้อมูลในการพยากรณ์ค่า $CF_{VKT_{j,t}}$ ของก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ได้ ดังนั้นจึงจะใช้ราคาเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ซึ่งเป็นอิสระมากกว่าในการพยากรณ์ ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม MINITAB สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4-21

ตารางที่ 4-21 สมการพยากรณ์ค่าแก้ไขระยะการเดินทางสะสมต่อปีตามสมมติฐาน

ตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์	a_i	b_i	ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)
$CF_{VKT_{G,t}}$	1.10	-0.010	83.61% (0.000)
$CF_{VKT_{CNG,t}}$	0.14	0.001	72.14% (0.002)

- ตัวเลขในวงเล็บคือค่า P-Value ของ Regression

และจากตารางข้างต้นเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังต่อไปนี้

$$CF_{VKT_{G,t}} = 1.10 - 0.01p_{G,t} \quad (\text{สมการที่ 4-14})$$

$$CF_{VKT_{CNG,t}} = 0.14 + 0.001p_{G,t} \quad (\text{สมการที่ 4-15})$$

แทนค่าตัวแปร $G_{cap}(t)$ ด้วยค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) จากการพยากรณ์ในตารางที่ 4-4 แยกตามปีที่พยากรณ์จะได้ ราคาเฉลี่ยเชื้อเพลิงพยากรณ์ระหว่าง พ.ศ. 2562 ถึง พ.ศ. 2580

ตารางที่ 4-22 พยากรณ์ราคาเฉลี่ยเชื้อเพลิงและค่าแก้ไขสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อของ ยานยนต์ แยกตามประเภทเชื้อเพลิงตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	ราคาเฉลี่ย ของ G (บาท)	ค่าแก้ไขสำหรับ G	ค่าแก้ไขสำหรับ CNG
2562	38.63	0.71	0.14
2563	39.92	0.70	0.14
2564	41.21	0.69	0.14
2565	42.50	0.68	0.14
2566	43.79	0.66	0.14
2567	45.08	0.65	0.14
2568	46.37	0.64	0.14
2569	47.66	0.62	0.14
2570	48.95	0.61	0.14
2571	50.24	0.60	0.14
2572	51.52	0.58	0.14
2573	52.81	0.57	0.14
2574	54.10	0.56	0.14
2575	55.39	0.55	0.14
2576	56.68	0.53	0.14
2577	57.97	0.52	0.14
2578	59.26	0.51	0.14
2579	60.55	0.49	0.14
2580	61.84	0.48	0.14

จากข้อมูลค่าแก้ไขสำหรับระยะการเดินทางสะสมต่อปีต่อของยานยนต์ แยกตามประเภท เชื้อเพลิงตารางที่ 4-22 นำมาคูณกับข้อมูลปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์แยกตามประเภท เชื้อเพลิงจากตารางที่ 4-15 และ ตารางที่ 4-18 จะได้พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้ว แยกตามประเภทยานยนต์และเชื้อเพลิงที่ใช้ดังแสดงในตารางที่ 4-23 ถึง ตารางที่ 4-24 ส่วน พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล และก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับ ยานยนต์นั้นจะใช้ค่าพยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่ยังไม่แก้ไขค่าในการพยากรณ์ความต้องการ พลังงานต่อไป

ตารางที่ 4-23 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้วแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้ เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	6.53E+10	3.17E+09	1.36E+08	3.26E+07	3.88E+06	1.28E+11	1.70E+08	0.00E+00
2563	6.74E+10	3.22E+09	1.35E+08	3.37E+07	3.95E+06	1.32E+11	1.73E+08	0.00E+00
2564	6.94E+10	3.26E+09	1.35E+08	3.49E+07	4.01E+06	1.34E+11	1.75E+08	0.00E+00
2565	7.14E+10	3.29E+09	1.35E+08	3.60E+07	4.08E+06	1.37E+11	1.78E+08	0.00E+00
2566	7.34E+10	3.32E+09	1.35E+08	3.71E+07	4.16E+06	1.38E+11	1.80E+08	0.00E+00
2567	7.50E+10	3.35E+09	1.35E+08	3.81E+07	4.25E+06	1.40E+11	1.81E+08	0.00E+00
2568	7.61E+10	3.26E+09	1.36E+08	3.92E+07	4.33E+06	1.41E+11	1.82E+08	0.00E+00
2569	7.56E+10	3.02E+09	1.37E+08	4.01E+07	4.40E+06	1.42E+11	1.82E+08	0.00E+00
2570	7.66E+10	3.00E+09	1.37E+08	4.11E+07	4.50E+06	1.43E+11	1.83E+08	0.00E+00
2571	7.78E+10	3.01E+09	1.36E+08	4.20E+07	4.59E+06	1.43E+11	1.84E+08	0.00E+00
2572	7.87E+10	3.01E+09	1.34E+08	4.28E+07	4.68E+06	1.43E+11	1.84E+08	0.00E+00
2573	7.94E+10	3.00E+09	1.33E+08	4.37E+07	4.76E+06	1.44E+11	1.84E+08	0.00E+00
2574	7.99E+10	2.99E+09	1.31E+08	4.44E+07	4.84E+06	1.43E+11	1.84E+08	0.00E+00
2575	8.02E+10	2.97E+09	1.30E+08	4.51E+07	4.91E+06	1.43E+11	1.83E+08	0.00E+00
2576	8.04E+10	2.93E+09	1.29E+08	4.58E+07	4.98E+06	1.42E+11	1.83E+08	0.00E+00
2577	8.03E+10	2.88E+09	1.27E+08	4.64E+07	5.04E+06	1.42E+11	1.82E+08	0.00E+00
2578	8.02E+10	2.83E+09	1.25E+08	4.70E+07	5.09E+06	1.41E+11	1.81E+08	0.00E+00

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2579	8.01E+10	2.77E+09	1.24E+08	4.75E+07	5.13E+06	1.39E+11	1.79E+08	0.00E+00
2580	7.98E+10	2.72E+09	1.22E+08	4.79E+07	5.17E+06	1.38E+11	1.78E+08	0.00E+00

ตารางที่ 4-24 พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้วแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้
เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (กม.)	PU (กม.)	TAXI (กม.)	3WL (กม.)	COMC (กม.)	MC (กม.)	BUS (กม.)	TRK (กม.)
2562	4.46E+08	2.13E+08	6.19E+08	1.64E+05	4.56E+05	0.00E+00	2.16E+08	1.94E+08
2563	4.68E+08	2.20E+08	6.28E+08	1.73E+05	4.72E+05	0.00E+00	2.24E+08	2.00E+08
2564	4.91E+08	2.27E+08	6.40E+08	1.82E+05	4.89E+05	0.00E+00	2.32E+08	2.05E+08
2565	5.15E+08	2.34E+08	6.51E+08	1.91E+05	5.07E+05	0.00E+00	2.40E+08	2.10E+08
2566	5.40E+08	2.40E+08	6.62E+08	2.01E+05	5.27E+05	0.00E+00	2.47E+08	2.15E+08
2567	5.63E+08	2.47E+08	6.76E+08	2.11E+05	5.48E+05	0.00E+00	2.54E+08	2.20E+08
2568	5.83E+08	2.46E+08	6.95E+08	2.21E+05	5.71E+05	0.00E+00	2.61E+08	2.23E+08
2569	5.91E+08	2.32E+08	7.14E+08	2.31E+05	5.92E+05	0.00E+00	2.66E+08	2.26E+08
2570	6.11E+08	2.35E+08	7.30E+08	2.42E+05	6.18E+05	0.00E+00	2.73E+08	2.30E+08
2571	6.34E+08	2.41E+08	7.40E+08	2.52E+05	6.44E+05	0.00E+00	2.79E+08	2.34E+08
2572	6.55E+08	2.46E+08	7.46E+08	2.63E+05	6.71E+05	0.00E+00	2.86E+08	2.39E+08
2573	6.76E+08	2.51E+08	7.55E+08	2.74E+05	6.98E+05	0.00E+00	2.93E+08	2.43E+08
2574	6.96E+08	2.56E+08	7.65E+08	2.85E+05	7.26E+05	0.00E+00	2.99E+08	2.46E+08
2575	7.16E+08	2.60E+08	7.75E+08	2.97E+05	7.54E+05	0.00E+00	3.05E+08	2.50E+08
2576	7.34E+08	2.63E+08	7.85E+08	3.08E+05	7.83E+05	0.00E+00	3.12E+08	2.54E+08
2577	7.52E+08	2.65E+08	7.95E+08	3.20E+05	8.12E+05	0.00E+00	3.18E+08	2.57E+08
2578	7.70E+08	2.67E+08	8.05E+08	3.32E+05	8.41E+05	0.00E+00	3.24E+08	2.60E+08
2579	7.89E+08	2.69E+08	8.14E+08	3.45E+05	8.70E+05	0.00E+00	3.30E+08	2.64E+08
2580	8.07E+08	2.71E+08	8.23E+08	3.57E+05	8.99E+05	0.00E+00	3.36E+08	2.67E+08

4.6 การพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง

จากข้อมูลพยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมที่แก้ไขค่าแล้วแยกตามประเภทยานยนต์และเชื้อเพลิงที่ใช้ดังแสดงใน ตารางที่ 4-21 ถึง ตารางที่ 4-24 เมื่อนำมาคูณกับอัตราการใช้เชื้อเพลิงปีแยกตามประเภทยานยนต์จากตารางที่ 3-5 ตามสมการที่ 5

$$ED(t) = \sum_i \sum_j [V_{stock,i,j}(t) \times [VKT_{stock,i,j} \times CF_{VKT_{j,t}}] \times FE_{stock,i,j}^{-1}(t)] \text{ (สมการที่ 2-5)}$$

และแปลงหน่วยด้วยการแปลงหน่วยจากตารางที่ 3-5 จะได้ความต้องการพลังงานในปีที่พยากรณ์ในหน่วย ktoe ของแต่ละประเภทเชื้อเพลิง ตามประเภทยานยนต์ ดังแสดงในตารางที่ 4-25 ถึง ตารางที่ 4-28

ตารางที่ 4-25 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเบนซินและแก๊สโซฮอล์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2562	3,965.95	199.70	7.48	2.60	0.16	3,323.84	1,265.21	-
2563	4,090.08	202.83	7.46	2.68	0.17	3,413.42	1,288.14	-
2564	4,215.05	205.44	7.46	2.77	0.17	3,484.89	1,307.36	-
2565	4,338.17	207.66	7.45	2.86	0.17	3,543.92	1,323.96	-
2566	4,454.14	209.53	7.43	2.95	0.18	3,593.62	1,338.27	-
2567	4,555.95	211.09	7.44	3.03	0.18	3,624.12	1,350.46	-
2568	4,622.76	205.74	7.49	3.11	0.18	3,658.18	1,357.79	-
2569	4,592.20	190.23	7.54	3.19	0.19	3,685.38	1,357.16	-
2570	4,653.57	188.98	7.55	3.27	0.19	3,707.08	1,363.21	-
2571	4,722.24	189.52	7.50	3.34	0.19	3,710.76	1,367.71	-
2572	4,778.74	189.51	7.39	3.41	0.20	3,720.40	1,370.42	-
2573	4,822.41	188.92	7.32	3.47	0.20	3,724.23	1,370.82	-
2574	4,853.03	188.28	7.25	3.53	0.20	3,722.49	1,368.86	-
2575	4,871.54	186.94	7.17	3.59	0.21	3,704.07	1,365.36	-

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2576	4,880.00	184.70	7.09	3.64	0.21	3,691.66	1,360.01	-
2577	4,878.99	181.70	7.01	3.69	0.21	3,674.23	1,353.22	-
2578	4,871.93	178.27	6.92	3.73	0.21	3,652.09	1,345.36	-
2579	4,863.09	174.89	6.82	3.77	0.22	3,615.51	1,336.50	-
2580	4,844.38	171.55	6.72	3.81	0.22	3,584.56	1,324.60	-

ตารางที่ 4-26 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซลตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2562	3,546.33	10,049.61	5.46	3.78	-	-	1,311.31	2,336.29
2563	3,724.62	10,394.75	5.54	3.98	-	-	1,359.65	2,410.41
2564	3,910.39	10,725.77	5.65	4.19	-	-	1,405.80	2,475.55
2565	4,101.49	11,048.73	5.74	4.41	-	-	1,450.85	2,536.83
2566	4,293.14	11,365.64	5.84	4.63	-	-	1,495.10	2,595.62
2567	4,478.50	11,677.42	5.97	4.86	-	-	1,538.68	2,652.47
2568	4,636.26	11,612.39	6.13	5.09	-	-	1,578.38	2,696.80
2569	4,700.87	10,959.21	6.30	5.32	-	-	1,610.28	2,725.14
2570	4,864.31	11,116.96	6.44	5.56	-	-	1,651.62	2,775.42
2571	5,042.60	11,389.31	6.53	5.81	-	-	1,692.82	2,827.86
2572	5,215.46	11,639.49	6.58	6.06	-	-	1,733.59	2,878.82
2573	5,381.81	11,865.43	6.66	6.31	-	-	1,773.20	2,927.30
2574	5,540.92	12,097.80	6.75	6.57	-	-	1,811.51	2,974.46
2575	5,693.41	12,295.12	6.84	6.83	-	-	1,849.54	3,019.37
2576	5,841.22	12,441.63	6.93	7.10	-	-	1,886.86	3,061.35

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2577	5,984.77	12,543.20	7.01	7.37	-	-	1,923.97	3,100.64
2578	6,127.99	12,618.89	7.10	7.65	-	-	1,961.41	3,141.04
2579	6,276.39	12,703.00	7.18	7.94	-	-	1,999.31	3,183.92
2580	6,419.66	12,793.97	7.27	8.22	-	-	2,034.56	3,220.69

ตารางที่ 4-27 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2562	731.43	168.61	111.51	1.54	2.14	-	1,499.28	-
2563	768.20	174.40	113.17	1.62	2.22	-	1,554.54	-
2564	806.52	179.95	115.38	1.71	2.30	-	1,607.31	-
2565	845.93	185.37	117.38	1.80	2.38	-	1,658.81	-
2566	885.46	190.69	119.30	1.89	2.48	-	1,709.41	-
2567	923.69	195.92	121.90	1.98	2.58	-	1,759.24	-
2568	956.23	194.83	125.28	2.07	2.68	-	1,804.63	-
2569	969.55	183.87	128.63	2.17	2.78	-	1,841.10	-
2570	1,003.26	186.51	131.60	2.27	2.90	-	1,888.37	-
2571	1,040.03	191.08	133.41	2.37	3.03	-	1,935.48	-
2572	1,075.69	195.28	134.46	2.47	3.15	-	1,982.08	-
2573	1,110.00	199.07	136.07	2.57	3.28	-	2,027.37	-
2574	1,142.81	202.97	137.92	2.68	3.41	-	2,071.17	-
2575	1,174.26	206.28	139.74	2.78	3.54	-	2,114.66	-
2576	1,204.75	208.74	141.53	2.89	3.68	-	2,157.33	-
2577	1,234.36	210.44	143.30	3.01	3.81	-	2,199.76	-

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2578	1,263.90	211.71	145.04	3.12	3.95	-	2,242.57	-
2579	1,294.50	213.12	146.76	3.23	4.09	-	2,285.89	-
2580	1,324.05	214.65	148.45	3.35	4.23	-	2,326.20	-

ตารางที่ 4-28 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทยานยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ
สำหรับยานยนต์ตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2562	277.76	133.47	375.13	0.13	0.30	-	648.35	784.48
2563	291.72	138.05	380.70	0.13	0.31	-	672.25	809.37
2564	306.27	142.45	388.15	0.14	0.32	-	695.07	831.24
2565	321.24	146.74	394.88	0.15	0.33	-	717.34	851.82
2566	336.25	150.95	401.33	0.16	0.35	-	739.22	871.56
2567	350.76	155.09	410.08	0.16	0.36	-	760.77	890.65
2568	363.12	154.23	421.45	0.17	0.38	-	780.40	905.53
2569	368.18	145.55	432.73	0.18	0.39	-	796.16	915.05
2570	380.98	147.65	442.70	0.19	0.41	-	816.60	931.93
2571	394.95	151.26	448.81	0.20	0.43	-	836.98	949.54
2572	408.48	154.59	452.32	0.20	0.44	-	857.13	966.65
2573	421.51	157.59	457.75	0.21	0.46	-	876.72	982.93
2574	433.98	160.67	463.96	0.22	0.48	-	895.66	998.76
2575	445.92	163.29	470.09	0.23	0.50	-	914.46	1,013.84
2576	457.50	165.24	476.12	0.24	0.52	-	932.92	1,027.94
2577	468.74	166.59	482.07	0.25	0.54	-	951.26	1,041.13

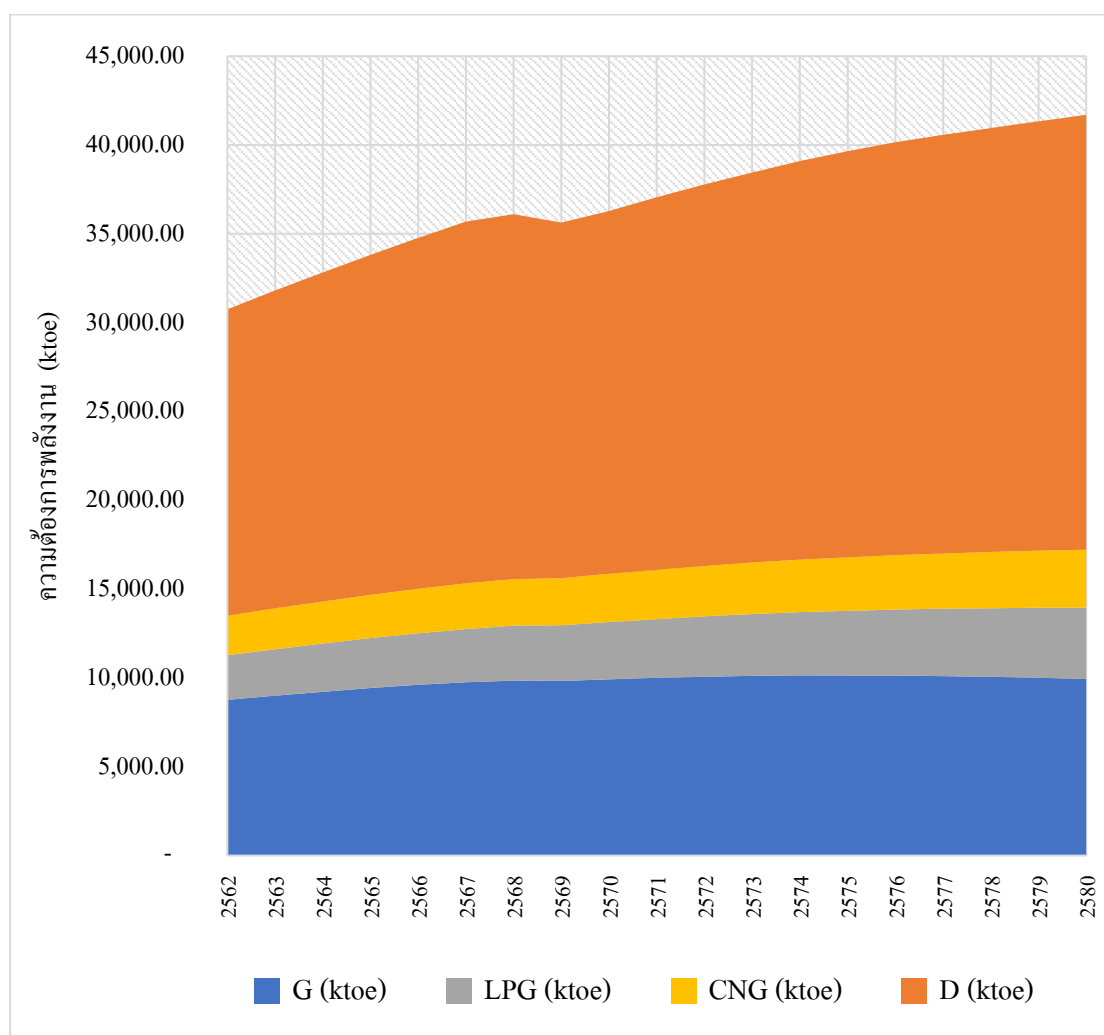
ปี พ.ศ.	PC (ktoe)	PU (ktoe)	TAXI (ktoe)	3WL (ktoe)	COMC (ktoe)	MC (ktoe)	BUS (ktoe)	TRK (ktoe)
2578	479.96	167.59	487.93	0.26	0.56	-	969.78	1,054.70
2579	491.58	168.71	493.71	0.27	0.57	-	988.51	1,069.09
2580	502.80	169.92	499.41	0.28	0.59	-	1,005.94	1,081.44

และเมื่อรวมการใช้พลังงานของยานยนต์แต่ละประเภทจะได้พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทเชื้อเพลิงดังแสดงในตารางที่ 4-29

ตารางที่ 4-29 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ.

ปี พ.ศ.	ความต้องการของ G (ktoe)	ความต้องการของ D (ktoe)	ความต้องการของ LPG (ktoe)	ความต้องการของ CNG (ktoe)
2562	8,764.94	17,252.79	2,514.52	2,219.61
2563	9,004.77	17,898.95	2,614.15	2,292.53
2564	9,223.14	18,527.35	2,713.17	2,363.64
2565	9,424.19	19,148.05	2,811.68	2,432.49
2566	9,606.11	19,759.97	2,909.22	2,499.80
2567	9,752.27	20,357.89	3,005.30	2,567.87
2568	9,855.27	20,535.06	3,085.73	2,625.27
2569	9,835.89	20,007.12	3,128.11	2,658.25
2570	9,923.85	20,420.31	3,214.91	2,720.45
2571	10,001.26	20,964.93	3,305.40	2,782.16
2572	10,070.06	21,480.00	3,393.13	2,839.82
2573	10,117.38	21,960.70	3,478.37	2,897.17
2574	10,143.64	22,438.00	3,560.97	2,953.73
2575	10,138.87	22,871.11	3,641.27	3,008.34
2576	10,127.31	23,245.10	3,718.93	3,060.47
2577	10,099.06	23,566.97	3,794.68	3,110.57

ปี พ.ศ.	ความต้องการของ G (ktoe)	ความต้องการของ D (ktoe)	ความต้องการของ LPG (ktoe)	ความต้องการของ CNG (ktoe)
2578	10,058.52	23,864.09	3,870.29	3,160.76
2579	10,000.81	24,177.74	3,947.61	3,212.44
2580	9,935.84	24,484.37	4,020.93	3,260.38



รูปที่ 4-6 พยากรณ์ความต้องการพลังงานแยกตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ.

จากรูปข้างต้นจะพบว่าความต้องการพลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกชนิดโดยมีความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) มากที่สุด ตามด้วยเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) และก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อเพลิงประเภทดีเซลมีความสำคัญและมีความต้องการสูงในภาคขนส่งจาก

บริบทปัจจุบัน และจากรูปเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ในช่วงท้ายจะมีความต้องการพลังงานดังกล่าวในอัตราที่ลดลงและค่อนข้างคงที่สาเหตุจากการที่หน่วยงานภาครัฐมีนโยบายในการสนับสนุนการใช้ยานยนต์ชนิดที่ใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิงทำให้ความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงดังกล่าวนี้ถูกทดแทนด้วยเชื้อเพลิงชนิดไฟฟ้า

สำหรับในกรณีของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) จะพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2569 มีความต้องการดีเซลลดลงจากปีก่อนหน้า 527.94 ktoe มีผลมาจากการที่ในช่วงปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2540 รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลเป็นหลักมีการเข้าในตลาดเป็นจำนวนมากและมีการลดลงอย่างรวดเร็วในปีถัดมา โดยระหว่าง พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2541 มียานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ลดลงถึง -65.11% ดังแสดงในตารางที่ ตารางที่ 4-1 ทั้งนี้เป็นอิทธิพลโดยตรงจากวิกฤตการณ์การเงินในเอเชียใน พ.ศ. 2540 หลังจากปี พ.ศ. 2542 ยานยนต์จดทะเบียนใหม่มีอัตราที่เพิ่มขึ้นจนเป็นปกติ รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU) ที่เข้ามาในตลาดในช่วงปี พ.ศ. 2538 ถึง พ.ศ. 2540 เมื่อพิจารณาตามอายุการใช้งานแล้วจะส่วนใหญ่หายไปจากระบบในช่วง พ.ศ. 2569 ดังนั้น เมื่อยานยนต์หายไปจากระบบดังนั้นก็จึงเป็นผลทำให้ความต้องการพลังงานในช่วงปีดังกล่าวลดลงตามไปด้วย

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานของไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) ที่กล่าวมาในข้างต้น จะใช้สำหรับการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงของประเทศไทยตามสมมติฐานต่อไป

4.7 การทวนสอบการพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง

การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสม ($V_{stock,ij}(t)$)

การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมจะใช้วิธีการทวนสอบโดยการแทนค่าตัวแปร $G_{cap}(t)$ ด้วยค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ของ พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 จากตารางที่ 4-3 ลงในสมการที่ 4-1 ถึง สมการที่ 4-8 จะได้ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ที่พยากรณ์ระหว่าง พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 นำคำนวณต่อกับข้อมูลอัตราการคงอยู่ของยานยนต์ตามประเภทยานยนต์จากตารางที่ 4-7 และข้อมูลร้อยละของยานยนต์สะสมตามประเภทเชื้อเพลิงแยกตามปี พ.ศ. จากตารางที่ 3-3 ตามสมการที่ 3-1 จะได้ปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ดังแสดงในตารางที่ 4-30 ถึงตารางที่ 4-37 ทวนสอบเปรียบเทียบข้อมูลกับสถิติยานยนต์สะสมจำแนกตามประเภทยานยนต์จากกลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (กรมการขนส่งทางบก, 2019b) ผลการเปรียบเทียบดังแสดง

ตารางที่ 4-30 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PC)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	3,915,203	3,375,764	-13.78%
2551	4,165,503	3,682,032	-11.61%
2552	4,440,633	3,993,681	-10.07%
2553	4,862,487	4,465,571	-8.16%
2554	5,367,285	5,011,263	-6.63%
2555	6,078,571	5,908,494	-2.80%
2556	7,098,332	6,827,882	-3.81%
2557	7,638,580	7,416,112	-2.91%
2558	8,081,767	7,915,994	-2.05%
2559	8,518,721	8,434,426	-0.99%
2560	9,154,635	9,036,150	-1.29%
2561	9,774,729	9,686,854	-0.90%
		ค่าเฉลี่ย	-5.42%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4-31 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	4,338,326	4,009,812	-7.57%
2551	4,522,833	4,125,545	-8.78%
2552	4,670,088	4,302,717	-7.87%
2553	4,869,967	4,534,311	-6.89%
2554	5,114,469	4,792,901	-6.29%
2555	5,379,875	5,106,188	-5.09%

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2556	5,713,731	5,414,639	-5.23%
2557	5,934,862	5,651,006	-4.78%
2558	6,117,292	5,857,331	-4.25%
2559	6,260,490	6,050,208	-3.36%
2560	6,419,980	6,256,867	-2.54%
2561	6,598,155	6,469,938	-1.94%
ค่าเฉลี่ย			-5.38%

ตารางที่ 4-32 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (TAXI)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	85,016	80,646	-5.14%
2551	89,798	81,737	-8.98%
2552	95,812	90,309	-5.74%
2553	101,133	95,474	-5.60%
2554	106,747	99,491	-6.80%
2555	43,090	103,533	140.27%
2556	117,777	107,170	-9.01%
2557	115,657	106,135	-8.23%
2558	106,369	105,509	-0.81%
2559	97,476	102,315	4.96%
2560	84,629	99,416	17.47%
2561	88,607	103,127	16.39%
ค่าเฉลี่ย			10.73%

ตารางที่ 4-33 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์เชิงพาณิชย์ (COMC)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	2,749	2,066	-24.85%
2551	2,717	2,144	-21.07%
2552	2,696	2,170	-19.49%
2553	2,656	2,325	-12.46%
2554	2,954	2,423	-17.98%
2555	4,619	2,802	-39.35%
2556	6,346	3,476	-45.22%
2557	7,829	3,915	-50.00%
2558	8,685	4,178	-51.89%
2559	9,319	4,415	-52.62%
2560	10,040	4,936	-50.83%
2561	2,749	2,066	-24.85%
		<u>ค่าเฉลี่ย</u>	-34.30%

ตารางที่ 4-34 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถยนต์รับจ้างสามล้อ (3WL)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	24,945	11,297	-54.71%
2551	23,225	4,716	-79.69%
2552	22,959	4,592	-80.00%
2553	22,688	4,459	-80.35%
2554	22,417	4,342	-80.63%
2555	22,149	4,293	-80.62%
2556	22,169	4,329	-80.47%

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2557	22,029	4,258	-80.67%
2558	21,921	4,162	-81.02%
2559	22,017	4,322	-80.37%
2560	4,272	4,237	-0.81%
2561	21,576	4,084	-81.07%
ค่าเฉลี่ย			-71.70%

ตารางที่ 4-35 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถจักรยานยนต์ (MC)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	16,117,895	15,794,087	-2.01%
2551	16,425,111	13,230,397	-19.45%
2552	16,706,360	13,978,936	-16.33%
2553	17,299,724	14,976,695	-13.43%
2554	18,152,383	16,036,720	-11.66%
2555	19,147,149	17,124,525	-10.56%
2556	19,964,920	17,987,920	-9.90%
2557	20,305,644	18,472,475	-9.03%
2558	20,497,502	18,876,903	-7.91%
2559	20,475,215	19,306,766	-5.71%
2560	20,693,358	19,754,652	-4.54%
2561	21,075,825	20,084,014	-4.71%
ค่าเฉลี่ย			-9.60%

ตารางที่ 4-36 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถโดยสารประจำทาง (BUS)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	120,527	99,418	-17.51%
2551	125,184	87,717	-29.93%
2552	127,352	94,869	-25.51%
2553	131,552	105,967	-19.45%
2554	134,804	113,736	-15.63%
2555	120,814	121,513	0.58%
2556	139,657	129,187	-7.50%
2557	144,577	137,821	-4.67%
2558	152,649	148,900	-2.46%
2559	156,824	155,147	-1.07%
2560	158,423	160,552	1.34%
2561	162,235	167,383	3.17%
		ค่าเฉลี่ย	-9.89%

ตารางที่ 4-37 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์ประเภทรถบรรทุกสาธารณะ (TRK)

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	649,758	585,596	-9.87%
2551	653,276	552,667	-15.40%
2552	665,866	595,049	-10.64%
2553	683,640	646,383	-5.45%
2554	709,077	709,178	0.01%
2555	738,379	787,064	6.59%
2556	787,349	877,756	11.48%

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2557	819,542	939,201	14.60%
2558	834,447	986,900	18.27%
2559	851,387	1,028,960	20.86%
2560	875,456	1,069,543	22.17%
2561	896,911	1,113,049	24.10%
ค่าเฉลี่ย			6.39%

ตารางที่ 4-38 การทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์รวมสะสม

ปี พ.ศ.	ค่าจากสถิติของ กรมการขนส่งทางบก	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละ ความแตกต่าง
2550	25,255,066	23,959,138	-5.13%
2551	26,007,679	21,766,877	-16.31%
2552	26,731,787	23,062,298	-13.73%
2553	27,973,887	24,831,031	-11.23%
2554	29,609,838	26,769,957	-9.59%
2555	31,532,981	29,158,032	-7.53%
2556	33,848,554	31,351,684	-7.38%
2557	34,987,237	32,730,484	-6.45%
2558	35,819,776	33,899,613	-5.36%
2559	36,390,815	35,086,323	-3.58%
2560	37,400,072	36,385,833	-2.71%
2561	38,628,078	37,633,384	-2.58%
ค่าเฉลี่ย			-7.63%

ผลการทวนสอบยานยนต์สะสมเทียบที่พยากรณ์กับสถิติยานยนต์สะสมจากกลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก (กรมการขนส่งทางบก, 2019b) ระหว่างพ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 จากตารางข้างต้นพบว่ายานยนต์ประเภทรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PC) ผลการพยากรณ์กับค่าสถิติมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ -5.42% ประเภทรถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ -5.38% ประเภทรถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (TAXI) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 10.73% ประเภทรถยนต์เชิงพาณิชย์ (COMC) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ -34.30% ประเภทรถยนต์รับจ้างสามล้อ (3WL) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ -71.70% ประเภทรถจักรยานยนต์ (MC) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ -9.60% ประเภทรถโดยสารประจำทาง (BUS) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ -9.89% ประเภทรถบรรทุกสาธารณะ (TRK) โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 6.39% และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณยานยนต์สะสมของยานยนต์รวมสะสมพบว่าค่าที่พยากรณ์กับสถิติจากกรมการขนส่งทางบกมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ -7.63% สำหรับกรณีของรถยนต์เชิงพาณิชย์ (COMC) และรถยนต์รับจ้างสามล้อ (3WL) มีความแตกต่างค่อนข้างสูงสาเหตุจากการที่ยานยนต์ทั้งสองประเภทนี้ไม่ใช่ยานยนต์หลักที่ใช้ในการเดินทางของประชาชนส่วนใหญ่ ดังนั้นแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นของยานยนต์จึงไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับนโยบายสนับสนุนในช่วงเวลานั้น จะเห็นจากจำนวนจดทะเบียนของยานยนต์ดังกล่าวที่มีสัดส่วนน้อยกว่ายานยนต์ประเภทอื่นมาก ดังนั้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจะมีอิทธิพลกระทบกับร้อยละความแตกต่างที่มากกว่ายานยนต์ประเภทอื่น ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ในสมการการพยากรณ์ที่ค่อนข้างต่ำ

การทวนสอบความต้องการพลังงาน $ED(t)$

การทวนสอบความต้องการพลังงานจะใช้วิธีการทวนสอบโดยการแทนค่าตัวแปรปริมาณยานยนต์สะสมของ พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 ลงในสมการที่ 3-4 จะได้ระยะการเดินทางสะสมต่อปีเพื่อแทนค่าในสมการที่ 2-5 สำหรับพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงาน ผลการพยากรณ์ดังกล่าวจะทวนสอบเปรียบเทียบข้อมูลจำแนกตามประเภทเชื้อเพลิงกับสถิติการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาขนส่งยานยนต์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2019b) ดังแสดงในตารางที่ 4-40 ถึงตารางที่ 4-43

ตารางที่ 4-39 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G)

ปี พ.ศ.	ค่าสถิติจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละความแตกต่าง
2550	5,394	7,096.93	31.57%
2551	5,233	6,005.20	14.76%
2552	5,543	6,493.87	17.15%
2553	5,463	6,220.08	13.87%
2554	5,399	6,323.21	17.12%
2555	5,568	6,947.07	24.76%
2556	6,002	7,179.38	19.61%
2557	6,332	7,262.23	14.70%
2558	7,179	8,596.11	19.74%
2559	7,884	9,169.85	16.30%
2560	8,118	9,193.05	13.24%
2561	8,369	8,496.53	1.53%
		ค่าเฉลี่ย	17.03%

ตารางที่ 4-40 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D)

ปี พ.ศ.	ค่าสถิติจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละความแตกต่าง
2550	11,771	10,083.60	-14.34%
2551	10,846	10,251.02	-5.49%
2552	11,458	10,571.63	-7.74%
2553	11,516	11,288.91	-1.97%
2554	11,774	11,852.66	0.67%
2555	12,038	13,266.78	10.21%
2556	12,900	14,243.33	10.41%

ปี พ.ศ.	ค่าสถิติจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละความแตกต่าง
2557	13,078	14,635.76	11.91%
2558	13,837	14,974.41	8.22%
2559	15,280	15,354.45	0.48%
2560	16,090	15,988.61	-0.63%
2561	16,397	16,583.89	1.14%
ค่าเฉลี่ย			1.07%

ตารางที่ 4-41 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG)

ปี พ.ศ.	ค่าสถิติจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละความแตกต่าง
2550	667	898.04	34.64%
2551	904	1,751.76	93.78%
2552	778	1,812.02	132.91%
2553	794	1,719.73	116.69%
2554	1,073	1,996.39	85.98%
2555	1,238	2,769.35	123.74%
2556	2,071	2,337.23	12.84%
2557	2,304	2,530.96	9.86%
2558	2,020	2,670.51	32.19%
2559	1,711	2,649.44	54.86%
2560	1,539	2,471.60	60.56%
2561	1,366	2,412.70	76.66%
ค่าเฉลี่ย			69.56%

ตารางที่ 4-42 การทวนสอบความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG)

ปี พ.ศ.	ค่าสถิติจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน	ค่าจากการพยากรณ์	ร้อยละความแตกต่าง
2550	208	123.06	-40.84%
2551	654	637.80	-2.48%
2552	1,259	827.34	-34.29%
2553	1,623	1,363.77	-15.98%
2554	2,072	1,931.77	-6.75%
2555	2,500	1,278.98	-48.84%
2556	2,753	2,832.12	2.87%
2557	2,843	2,926.43	2.94%
2558	2,726	2,707.76	-0.68%
2559	2,500	2,657.56	6.30%
2560	2,179	2,670.23	22.53%
2561	1,973	2,142.93	8.61%
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ค่าเฉลี่ย			-8.88%

ผลการทวนสอบความต้องการพลังงานจำแนกตามประเภทเชื้อเพลิงกับสถิติการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาขนส่งยานยนต์จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2019b) ระหว่างพ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2561 จากตารางข้างต้นพบว่าความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ผลการพยากรณ์กับค่าสถิติมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 17.03% ความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1.07% ความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 69.56% และความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยอยู่ที่ -8.88% สำหรับกรณีของเชื้อเพลิงที่มีค่าพยากรณ์แตกต่าง

จากค่าสถิตินั้น เป็นผลจากการที่ยานยนต์สามารถจดทะเบียนด้วยเชื้อเพลิงที่มากกว่า 1 ประเภท อ้างอิงจากสถิติประจำปีของกองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก ดังนั้นจึงหมายความว่าผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้เชื้อเพลิงได้มากกว่าหนึ่งชนิดเช่นกัน โดยที่ในความเป็นจริงนั้นไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าผู้ใช้งานจะเลือกประเภทใด ซึ่งต่างจากสมมติฐานของงานวิจัยนี้ที่หากมีการจดทะเบียนด้วยเชื้อเพลิงที่มากกว่า 1 ประเภทจะใช้สัดส่วนเชื้อเพลิงทางเลือกที่อ้างอิงจากสถิติประจำปีของกองแผนงาน กรมการขนส่งทางบกเป็นหลัก ทำให้เมื่อทวนสอบกับสถิติการใช้เชื้อเพลิงจริงมีความแตกต่างกัน

ในส่วนเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) และเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) มีข้อสังเกตเมื่อพิจารณาจากบริบทปัจจุบันจะพบว่าในระยะหลังมีการใช้ลดลงเนื่องจากราคาน้ำมันดิบที่ปรับตัวลดลงตั้งแต่ต้นปี 2559 ทำให้ประชาชนและกลุ่มรถบรรทุกสินค้าหันมาใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) และประเภทดีเซล (D) เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นข้อตระหนักที่ต้องระมัดระวังหากนำนำผลพยากรณ์นี้ไปใช้งาน

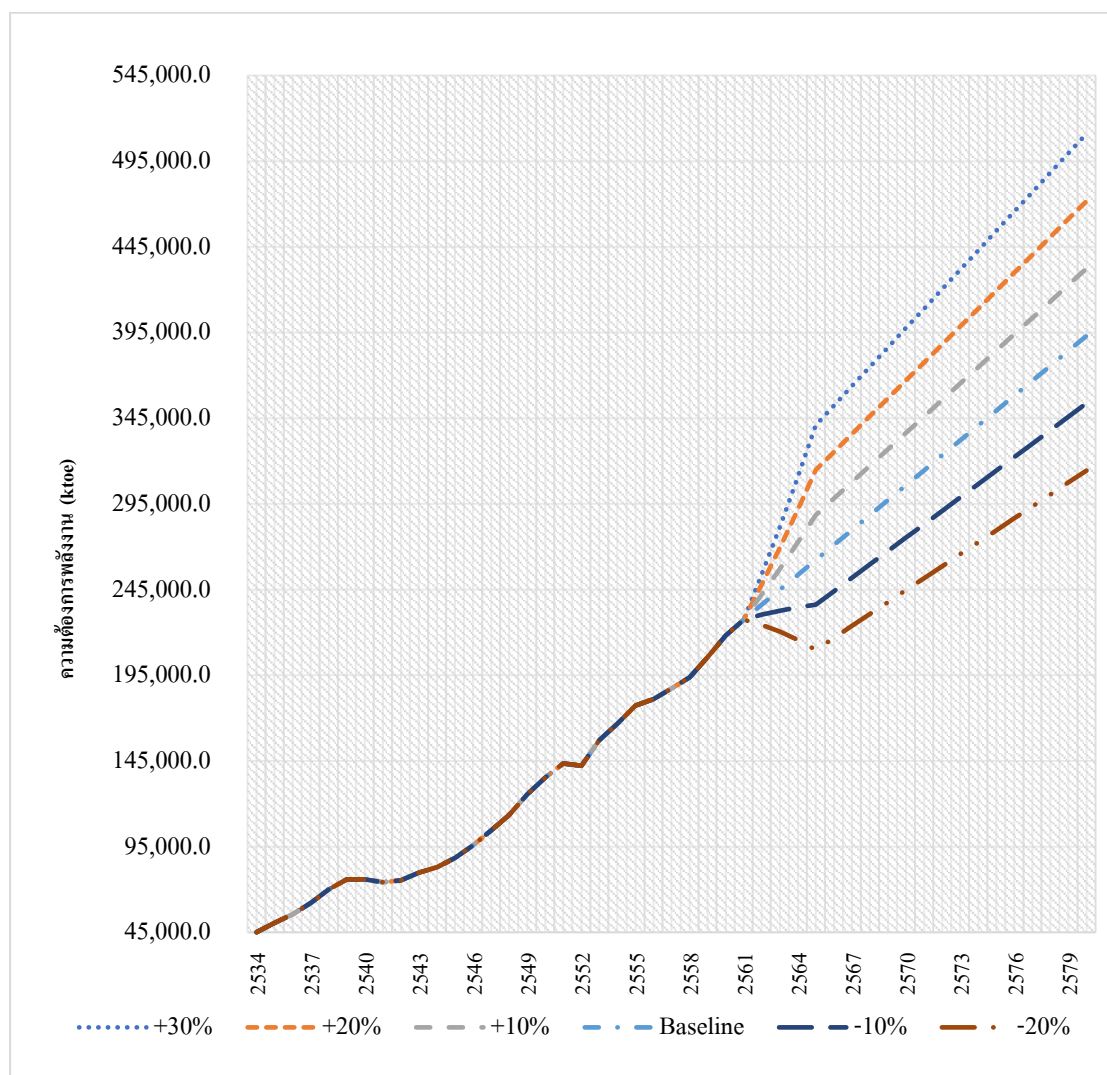
จากการทวนสอบปริมาณยานยนต์สะสมและความต้องการพลังงานทำให้เข้าใจผลการพยากรณ์ และระมัดระวังรวมทั้งตระหนักถึงข้อจำกัดในการนำผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไปใช้เพื่อเป็นกรณีอ้างอิงมากขึ้น

4.8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้องการพลังงานของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้องการพลังงานของไทยกรณีอ้างอิงเป็นการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง โดยการศึกษานี้จะวิเคราะห์จากปัจจัยของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) เพราะปัจจัยดังกล่าวนี้แปรผันโดยตรงต่อพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ อันจะส่งผลต่อพยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์ พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมในปีที่พยากรณ์ และส่งผลต่อเนื่องยังพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิงซึ่งเป็นผลสุดท้ายของการศึกษาในขั้นนี้

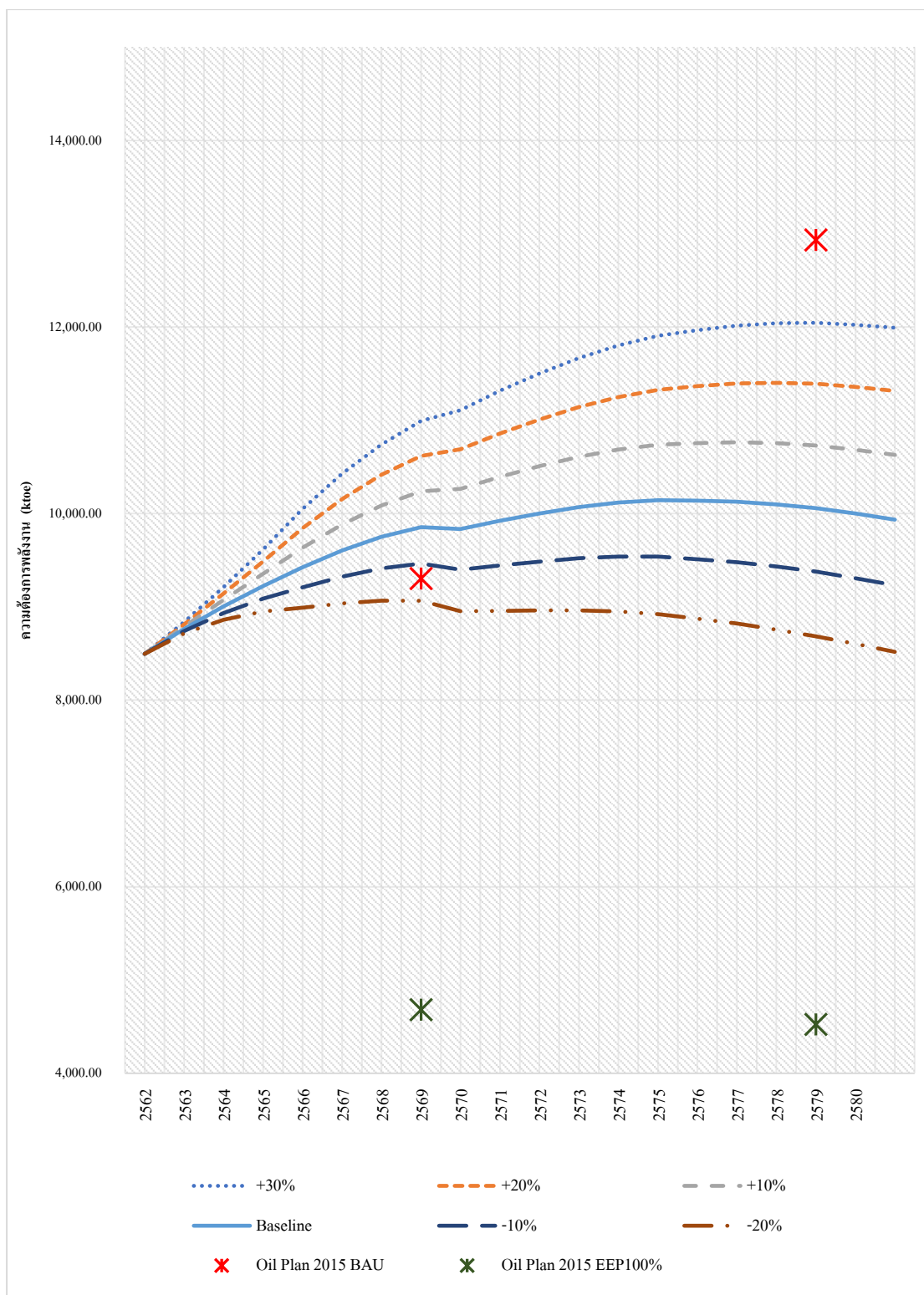
ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวนี้จะศึกษาอิทธิพลของเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ภายใต้บริบทที่ตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นคงที่ โดยศึกษาจากผลพยากรณ์ด้วยวิธีปรับเรียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮลท์ ดังแสดงในตารางที่ 4-4 แยกกรณีศึกษาออกเป็น 5 กรณีตามประเภทของเชื้อเพลิงที่ศึกษาได้แก่ กรณีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมใน

ประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่ -20% -10% +10% +20% +30% เปรียบเทียบกับกรณีฐาน ผลการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) แต่ละกรณีเปรียบเทียบกับกรณีฐาน แสดงดังรูปที่ 4-7 การวิเคราะห์จะนำค่าการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) แต่ละกรณี เข้าสู่การคำนวณค่าใหม่ตั้งแต่พยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์ พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมในปีที่พยากรณ์ และสุดท้ายพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิงเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของแต่ละกรณีจำแนกตามประเภทของเชื้อเพลิงตามรูปที่ 4-8 ถึงรูปที่ 4-11

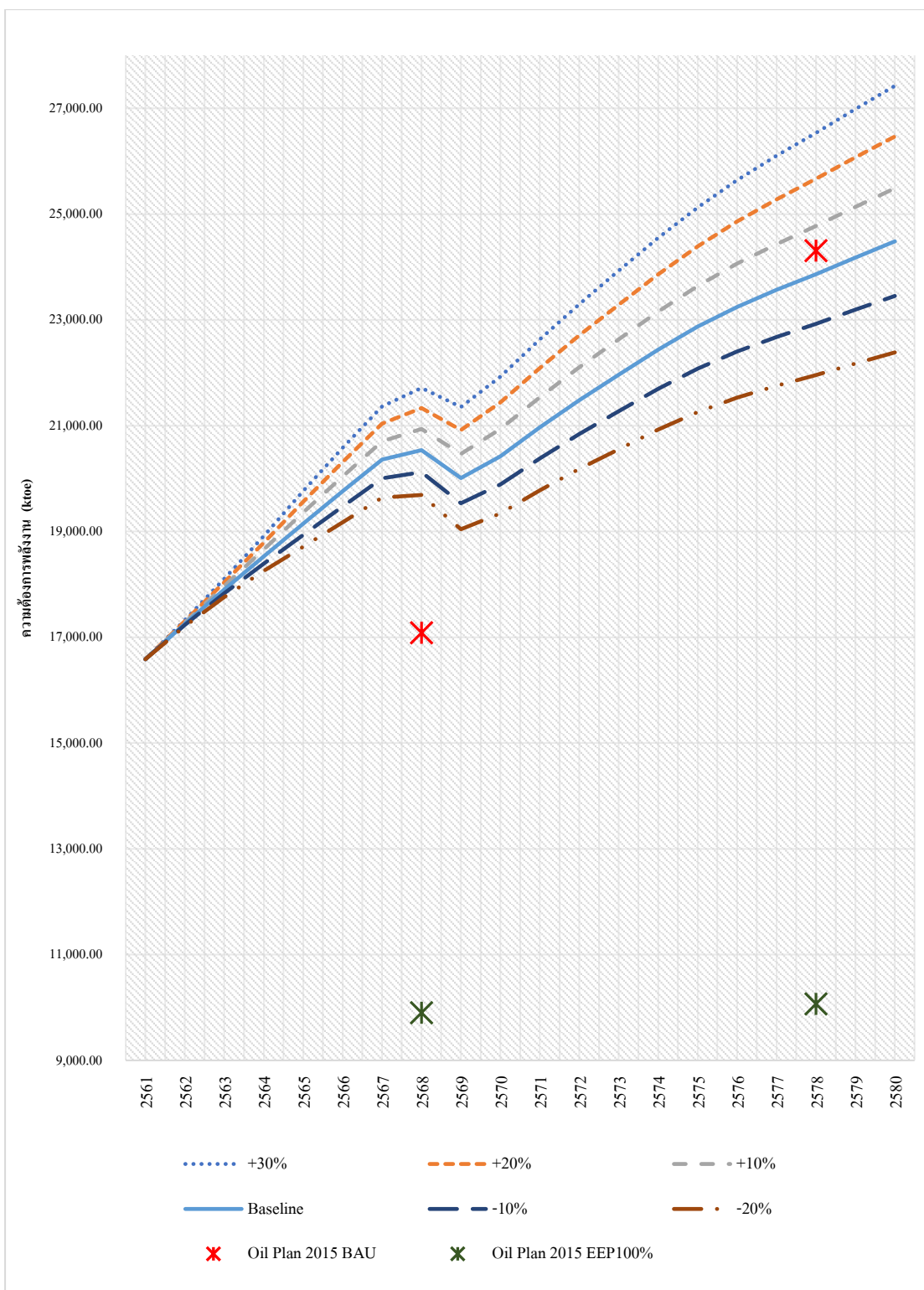


รูปที่ 4-7 กราฟเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ของประเทศไทย สำหรับวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการพลังงานของไทยกรณีอ้างอิง

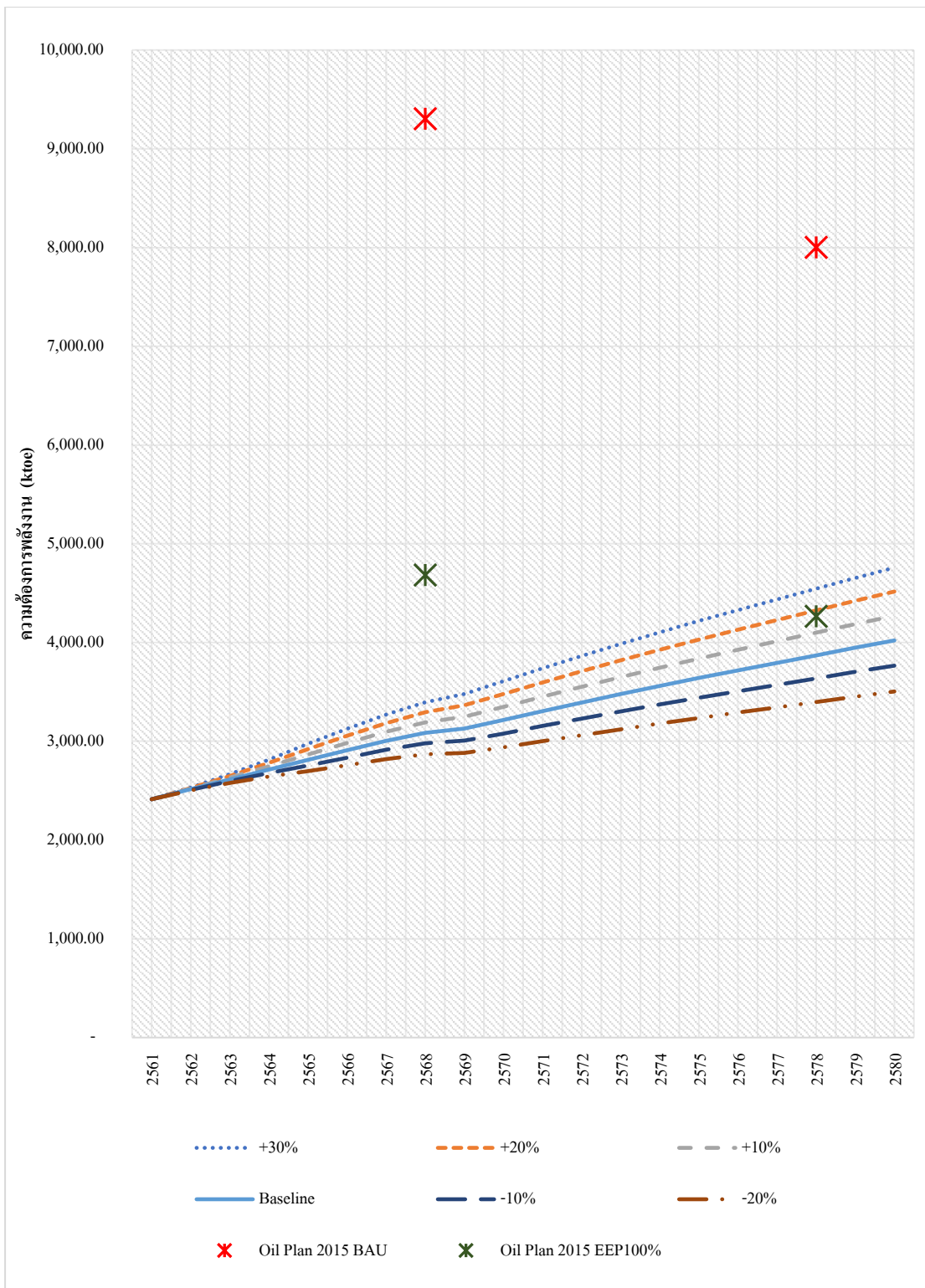
(Baseline Scenario Analysis)



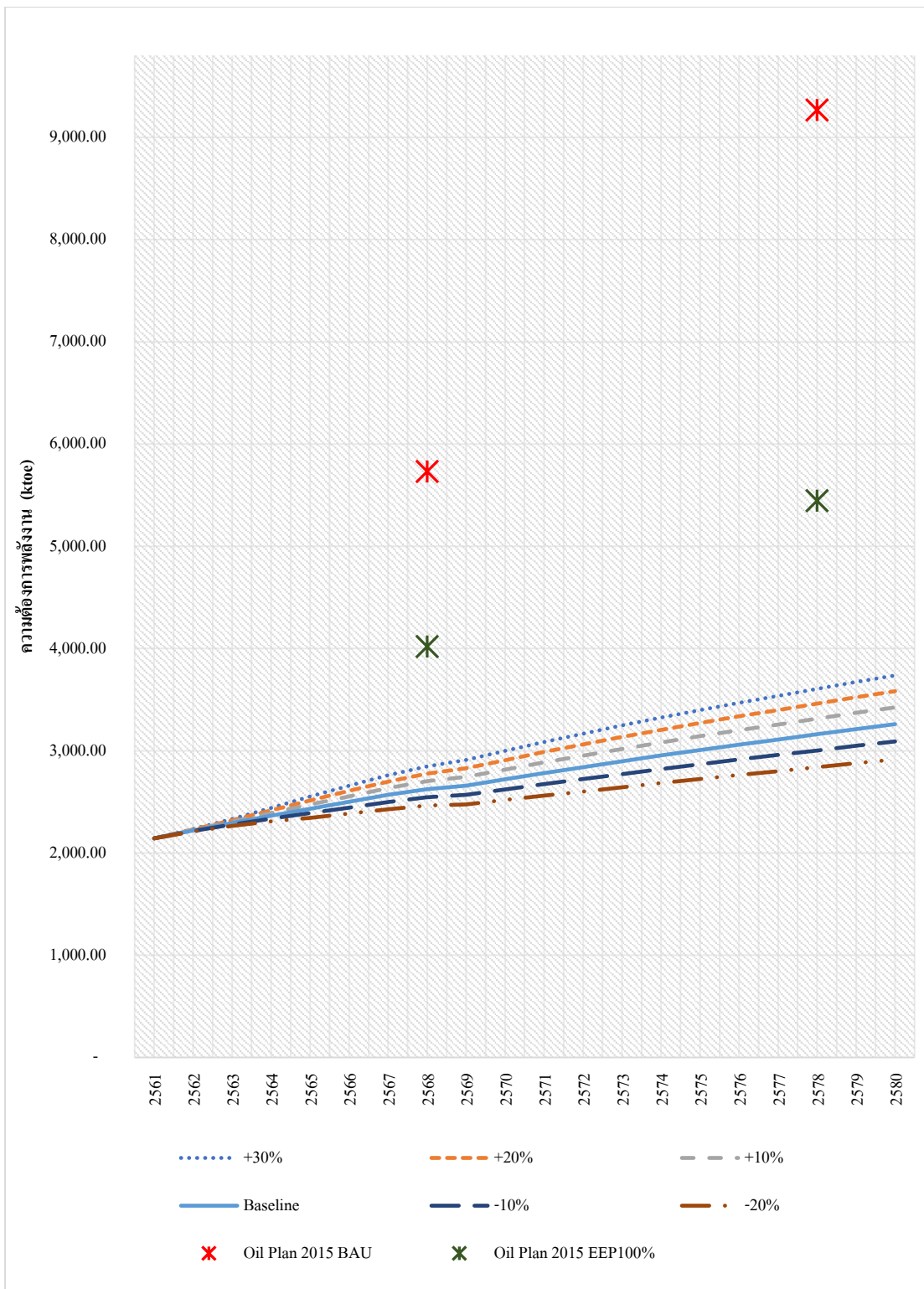
รูปที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)



รูปที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ของไทย เทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)



รูปที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)



รูปที่ 4-11 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)

จากผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวข้างต้นจะเห็นว่าความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงทุกประเภทแปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) โดยเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) จะมีอิทธิพลทำให้ความต้องการพลังงานเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของประเทศไทยเพิ่มขึ้นตาม เพราะผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวคือเครื่องบ่งชี้อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ เมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวสูงขึ้นนั้นหมายความว่ามีการเพิ่มกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสาขาเศรษฐกิจที่ใช้พลังงานมากที่สุด คือ ภาคการขนส่ง ดังนั้นหากมีการเพิ่มกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เพิ่มสูงขึ้นความต้องการพลังงานด้านการขนส่งย่อมสูงตามมา ในทางตรงกันข้ามเมื่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ลดลงหมายความว่ามีการลดลงของกิจกรรมทางเศรษฐกิจดังนั้นก็ทำให้ความต้องการพลังงานลดลง ซึ่งแสดงได้จากกราฟข้างต้น และผลเปรียบเทียบร้อยละความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ได้ดังแสดงในตารางที่ 4-43

ตารางที่ 4-43 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita)

ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง 30%				กรณีเปลี่ยนแปลง 20%			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2562	0.84%	0.41%	0.73%	0.66%	0.56%	0.27%	0.49%	0.44%
2563	2.32%	1.13%	2.03%	1.80%	1.55%	0.76%	1.36%	1.21%
2564	4.28%	2.08%	3.74%	3.27%	2.87%	1.40%	2.51%	2.20%
2565	6.63%	3.22%	5.77%	5.00%	4.45%	2.17%	3.88%	3.38%
2566	8.55%	4.15%	7.42%	6.36%	5.74%	2.80%	4.99%	4.30%
2567	10.14%	4.94%	8.78%	7.47%	6.80%	3.33%	5.91%	5.06%
2568	11.55%	5.74%	10.02%	8.47%	7.75%	3.87%	6.74%	5.73%
2569	12.94%	6.73%	11.25%	9.44%	8.68%	4.54%	7.57%	6.39%
2570	14.04%	7.38%	12.22%	10.22%	9.42%	4.98%	8.22%	6.92%
2571	15.00%	7.94%	13.09%	10.92%	10.07%	5.35%	8.80%	7.39%

ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง 30%				กรณีเปลี่ยนแปลง 20%			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2572	15.87%	8.46%	13.87%	11.55%	10.65%	5.70%	9.33%	7.82%
2573	16.65%	8.95%	14.59%	12.10%	11.17%	6.04%	9.81%	8.19%
2574	17.37%	9.41%	15.25%	12.57%	11.66%	6.35%	10.25%	8.50%
2575	18.03%	9.86%	15.85%	12.98%	12.10%	6.65%	10.66%	8.78%
2576	18.65%	10.30%	16.42%	13.35%	12.51%	6.95%	11.04%	9.03%
2577	19.22%	10.75%	16.95%	13.70%	12.90%	7.25%	11.40%	9.27%
2578	19.76%	11.19%	17.44%	14.03%	13.25%	7.55%	11.73%	9.49%
2579	20.24%	11.61%	17.89%	14.32%	13.58%	7.83%	12.03%	9.69%
2580	20.69%	12.01%	18.33%	14.61%	13.88%	8.10%	12.32%	9.88%

ตารางที่ 4-43 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) (ต่อ)

ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง 10%				กรณีเปลี่ยนแปลง -10%			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2562	0.28%	0.14%	0.25%	0.22%	-0.28%	-0.14%	-0.25%	-0.23%
2563	0.78%	0.38%	0.68%	0.61%	-0.79%	-0.39%	-0.69%	-0.62%
2564	1.44%	0.71%	1.26%	1.12%	-1.46%	-0.72%	-1.28%	-1.14%
2565	2.24%	1.10%	1.96%	1.71%	-2.27%	-1.13%	-2.00%	-1.77%
2566	2.89%	1.42%	2.52%	2.19%	-2.94%	-1.46%	-2.57%	-2.26%
2567	3.43%	1.69%	2.98%	2.57%	-3.48%	-1.74%	-3.05%	-2.66%
2568	3.90%	1.96%	3.40%	2.91%	-3.97%	-2.02%	-3.48%	-3.02%
2569	4.37%	2.30%	3.82%	3.25%	-4.45%	-2.37%	-3.91%	-3.37%
2570	4.75%	2.52%	4.15%	3.52%	-4.82%	-2.60%	-4.24%	-3.65%
2571	5.07%	2.71%	4.44%	3.76%	-5.15%	-2.79%	-4.54%	-3.90%

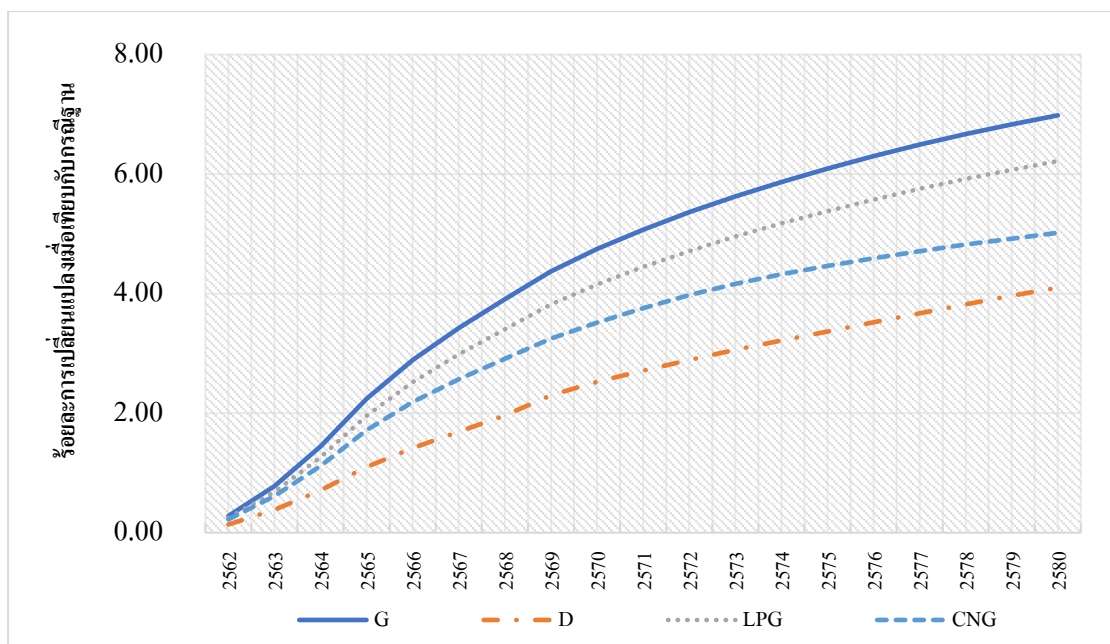
ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง 10%				กรณีเปลี่ยนแปลง -10%			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2572	5.36%	2.89%	4.71%	3.97%	-5.45%	-2.98%	-4.82%	-4.12%
2573	5.63%	3.06%	4.95%	4.16%	-5.72%	-3.15%	-5.06%	-4.32%
2574	5.87%	3.21%	5.18%	4.32%	-5.96%	-3.31%	-5.29%	-4.48%
2575	6.09%	3.37%	5.38%	4.46%	-6.19%	-3.47%	-5.50%	-4.63%
2576	6.30%	3.52%	5.57%	4.59%	-6.39%	-3.62%	-5.69%	-4.76%
2577	6.49%	3.67%	5.75%	4.71%	-6.59%	-3.78%	-5.87%	-4.88%
2578	6.67%	3.82%	5.92%	4.82%	-6.77%	-3.93%	-6.04%	-4.99%
2579	6.83%	3.96%	6.07%	4.92%	-6.93%	-4.08%	-6.20%	-5.10%
2580	6.98%	4.10%	6.22%	5.02%	-7.08%	-4.22%	-6.35%	-5.20%

ตารางที่ 4-43 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) (ต่อ)

ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง -20%			
	G	D	LPG	CNG
2562	-0.56%	-0.28%	-0.50%	-0.45%
2563	-1.58%	-0.78%	-1.39%	-1.25%
2564	-2.94%	-1.46%	-2.58%	-2.32%
2565	-4.58%	-2.29%	-4.03%	-3.61%
2566	-5.92%	-2.97%	-5.21%	-4.62%
2567	-7.03%	-3.53%	-6.17%	-5.43%
2568	-8.01%	-4.11%	-7.04%	-6.16%
2569	-8.97%	-4.82%	-7.91%	-6.87%
2570	-9.74%	-5.29%	-8.59%	-7.44%
2571	-10.40%	-5.68%	-9.20%	-7.95%

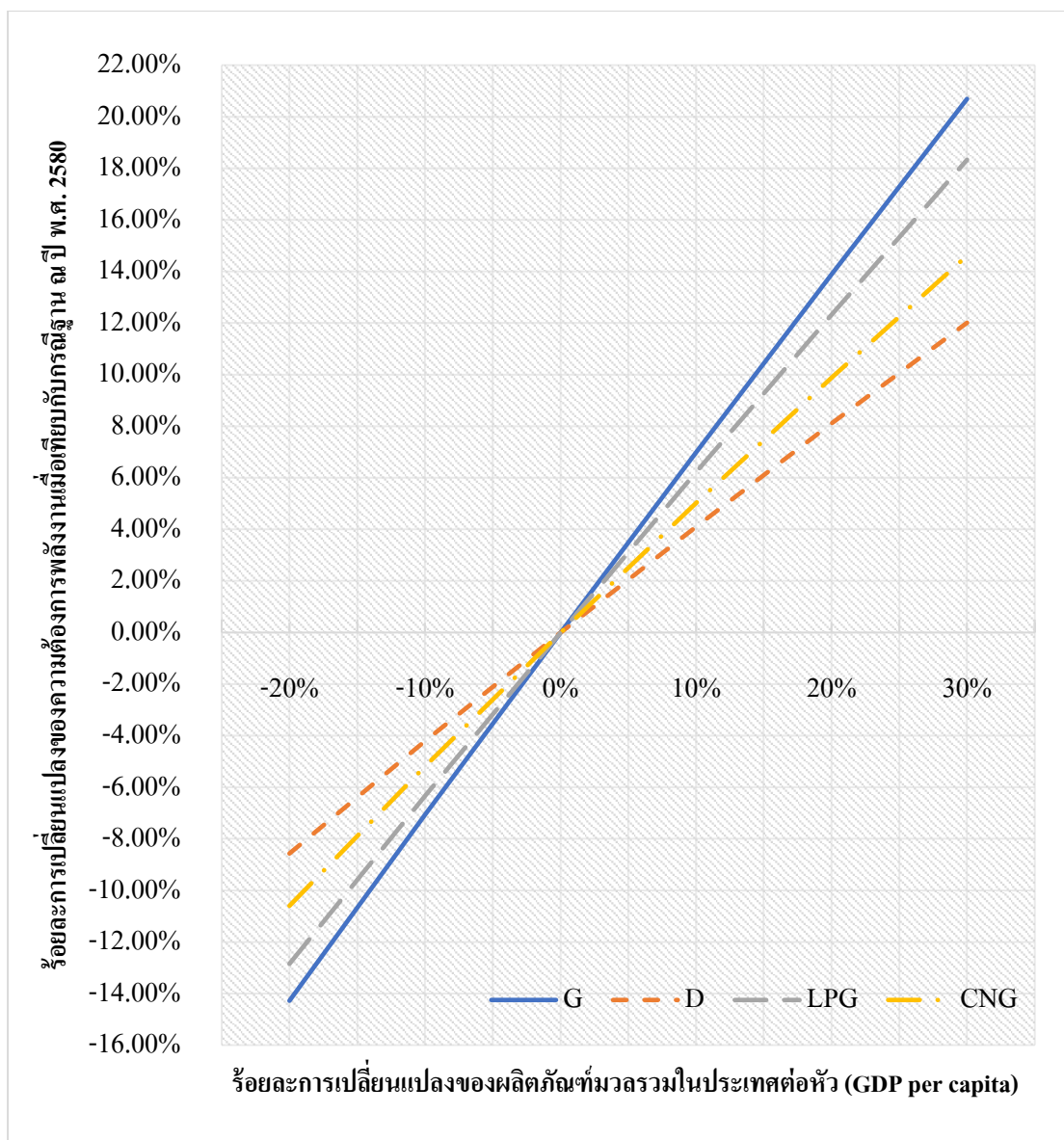
ปี พ.ศ.	กรณีเปลี่ยนแปลง -20%			
	G	D	LPG	CNG
2572	-10.99%	-6.05%	-9.75%	-8.41%
2573	-11.53%	-6.40%	-10.25%	-8.81%
2574	-12.03%	-6.73%	-10.71%	-9.15%
2575	-12.48%	-7.05%	-11.13%	-9.45%
2576	-12.90%	-7.37%	-11.52%	-9.71%
2577	-13.29%	-7.69%	-11.89%	-9.96%
2578	-13.65%	-8.00%	-12.23%	-10.19%
2579	-13.98%	-8.29%	-12.55%	-10.40%
2580	-14.28%	-8.57%	-12.85%	-10.60%

จากรายงานสามารถแสดงให้เห็นว่าเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) มีผลความต้องการพลังงานเชื้อเพลิงแต่ละประเภทในทิศทางที่แปรผันตรงกับทิศทางของการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) แต่อย่างไรก็ดี หากพิจารณาเปรียบเทียบความอ่อนไหวต่อกรณีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทพบว่าเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) มีความอ่อนไหวต่อการมากที่สุด ตามด้วยเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) และเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) มีความอ่อนไหวต่อกรณีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) น้อยที่สุด



รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่ +10%

ความอ่อนไหวที่กล่าวถึงหมายความว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ในอัตราที่เท่ากันเชื้อเพลิงแต่ละประเภทก็จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการพลังงานที่ตามมาแตกต่างกัน ยกตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 4-12 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่ +10% หมายความว่าความต้องการพลังงานของเชื้อเพลิงทุกชนิดจะถูกคิดจากผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 เท่ากันแต่พบว่าเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) จะมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการในกรอบที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทอื่นตามด้วยเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) และเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ที่มีการเปลี่ยนแปลงในกรอบที่แคบ การเปลี่ยนแปลงนี้อธิบายได้ว่า เชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ที่มีกลุ่มผู้ใช้หลักคือ รถยนต์ส่วนบุคคล (PC) ซึ่งผู้บริโภคมีความยืดหยุ่นและทางเลือกสำหรับการใช้งานที่หลากหลายมากกว่า ไม่ว่าจะเป็นการใช้บริการขนส่งสาธารณะ หรือใช้พลังงานทางเลือกชนิดอื่นๆ แทนได้ แต่เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) เป็นเชื้อเพลิงหลักในภาคขนส่ง ที่มีความจำเป็นและความยืดหยุ่นของการใช้งานต่ำเพราะวิธีการเดินทางทางเลือกอื่นยังไม่ตอบโจทย์และยังไม่สามารถแทนที่ได้ ดังนั้นไม่ว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) อย่างไร เชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ก็ยังมีความต้องการที่เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น



รูปที่ 4-13 เปรียบเทียบพยากรณ์ความต้องการพลังงานกับกรณีอ้างอิงจากการเปลี่ยนแปลง
ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ณ ปี พ.ศ. 2580

จากรูปที่ 4-13 แสดงเปรียบเทียบร้อยละการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) กับร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานเมื่อเทียบกับกรณีฐาน ณ ปี พ.ศ. 2580 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของสมมติฐานที่พยากรณ์ จากกราฟจะมีความสอดคล้องกับรูปที่ 4-12 ว่าเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) มีความอ่อนไหวต่อการมากที่สุด ตามด้วยเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) และเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์

มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) น้อยที่สุด ดังจะเห็นได้จากกราฟที่มีความชันมากที่สุด โดยหากต้องการทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่คาดการณ์นั้นจะส่งผลต่อร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานในแต่ละประเภทอย่างไร ให้ลากเส้นร้อยละประมาณการนั้นจากแกนร้อยละการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ไปตัดเส้นกราฟของเชื้อเพลิงที่ต้องการพิจารณา จากนั้นลากไปตัดแกนร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานอ่านค่าที่ได้ จะทำให้ทราบถึงร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงานตามประเภทเชื้อเพลิง

การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของความต้องการพลังงานข้างต้น ซึ่งให้เห็นประเด็นสำคัญซึ่งอาจถือเป็นข้อสังเกตได้ 2 ข้อ คือ ประเด็นแรก ความต้องการพลังงานในทุกกลุ่มเชื้อเพลิงมีความยืดหยุ่นหรือการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) โดยเฉพาะกลุ่มเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ประการที่สองการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ณ ร้อยละหนึ่งๆจะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในร้อยละที่น้อยกว่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) นั้นๆ

บทที่ 5

พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ความต้องการพลังงานของไทยจากการเข้ามาของ ยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

5.1 การวิเคราะห์ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นกรณีฐาน

จากรายงานเรื่อง ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (KPMG, 2018) นั้น แยกประเมินออกเป็น 4 ด้านสำคัญ คือ ด้านนโยบายและกฎหมาย ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ด้านโครงสร้างพื้นฐาน และด้านการยอมรับทางสังคม โดยในแต่ละด้านจะมีตัวแปรที่ประเมินเฉพาะในแต่ละด้านแตกต่างกันออกไป ตัวแปรแต่ละตัวจะถูกคิดคะแนนรวมกันในแต่ละด้านโดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักแบบเท่ากัน รวมคะแนนรวมในแต่ละด้าน จะได้เป็นดัชนีแสดงความพร้อมของแต่ละประเทศในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

ในงานวิจัยนี้จะนำค่าตัวแปรแต่ละด้านจากรายงานข้างต้น มาวิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินคะแนนรวมกันในแต่ละด้าน จากนั้นจะนำคะแนนรวมแต่ละด้านมาวิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม MINITAB ต่อ เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการคะแนนรวมในแต่ละด้านกับดัชนีแสดงความพร้อมของแต่ละประเทศ เพื่อใช้เป็นสมการสำหรับการประเมินดัชนีความพร้อมของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดต่อไป

5.1.1 วิเคราะห์คะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมาย

ด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วยตัวแปร 7 ตัวแปรดังนี้คือ

ตัวแปร 1 การมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย A_1

ตัวแปร 2 การมีหน่วยงานราชการด้านการขนส่งที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย A_2

ตัวแปร 3 การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติของรัฐบาล แทนด้วย A_3

ตัวแปร 4 จำนวนของกองทุนรัฐบาลที่ดำเนินการเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย A_4

ตัวแปร 5 การเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล แทนด้วย A_5

ตัวแปร 6 ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย แทนด้วย A_6

ตัวแปร 7 ประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ท้าทาย แทนด้วย A_7

ในแต่ละตัวแปรจะมีค่าเฉพาะและคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายซึ่งอ้างอิงจากรายงาน ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ต (KPMG, 2018) ดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านนโยบายและกฎหมาย

ประเทศ	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	Total A score
ออสเตรเลีย	5.00	5.00	5.00	4.00	0.710	4.822	4.654	6.01
ออสเตรีย	5.00	6.50	6.50	6.00	0.704	4.177	4.718	6.73
บราซิล	2.00	1.00	1.00	1.00	0.451	2.398	2.937	0.93
แคนาดา	5.00	5.00	6.50	7.00	0.694	5.254	5.040	7.12
จีน	4.00	4.50	4.00	4.00	0.594	4.192	3.492	4.38
ฝรั่งเศส	5.50	5.00	4.00	6.00	0.638	4.833	4.391	5.92
เยอรมนี	5.50	6.00	6.00	6.00	0.755	5.048	5.187	7.33
อินเดีย	0.00	0.00	0.00	0.00	0.537	4.026	4.086	1.41
ญี่ปุ่น	3.00	4.50	5.00	6.00	0.661	5.441	4.584	5.93
เม็กซิโก	1.00	1.00	1.00	1.00	0.488	3.178	3.012	1.16
นิวซีแลนด์	6.50	6.50	6.00	5.00	0.781	5.837	5.484	7.92
รัสเซีย	4.00	1.00	4.00	2.00	0.503	3.584	2.915	2.58
สิงคโปร์	7.00	7.00	5.00	7.00	0.841	6.299	5.194	8.49
เกาหลีใต้	6.00	6.00	7.00	7.00	0.600	3.242	3.386	5.78
สเปน	6.00	5.00	5.00	4.00	0.584	4.056	3.507	4.95
สวีเดน	5.00	5.00	4.00	5.00	0.829	5.460	5.081	6.83
เนเธอร์แลนด์	7.00	5.00	7.00	6.50	0.750	5.251	5.463	7.89
สหรัฐอเมริกา	6.00	6.50	5.00	5.00	0.837	5.316	4.707	7.26
สหราชอาณาจักร	6.00	6.00	6.00	6.00	0.714	5.701	5.292	7.55
สหรัฐอเมริกา	6.00	5.00	5.50	6.50	0.657	4.042	4.792	6.38

วิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของข้อมูลในตารางที่ 5-1 ระหว่างตัวแปรตามกับคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมาย ด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินคะแนนรวมกันในแต่ละด้านได้ดังต่อไปนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	7	104.745	14.9635	1412266.36	0.000
A ₁	1	0.421	0.4207	39710.55	0.000
A ₂	1	0.269	0.2691	25396.43	0.000
A ₃	1	0.355	0.3547	33477.58	0.000
A ₄	1	0.395	0.3948	37265.37	0.000
A ₅	1	0.257	0.2568	24239.38	0.000
A ₆	1	0.378	0.3781	35687.07	0.000
A ₇	1	0.554	0.5535	52243.29	0.000
Error	12	0.000	0.0000		
Total	19	104.745			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0032551	100.00%	100.00%	100.00%

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Total A score} = & -3.74564 + 0.183291 A_1 + 0.18293 A_2 + 0.18398 A_3 + 0.183502 A_4 \\ & + 3.3056 A_5 + 0.32952 A_6 + 0.50229 A_7 \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-1})$$

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ

$$\text{Total A score} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7$$

H_0 : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรเท่ากับ 0

H_a : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

จากข้อมูล Analysis of Variance พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สอดคล้องกับค่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าเท่ากับ 100%

5.1.2 วิเคราะห์คะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

ด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วยตัวแปร 9 ตัวแปรดังนี้คือ

ตัวแปร 1 พันธมิตรด้านอุตสาหกรรม แทนด้วย B_1

ตัวแปร 2 งานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย B_2

ตัวแปร 3 จำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากรแทนด้วย B_3

ตัวแปร 4 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร แทนด้วย B_4

ตัวแปร 5 การลงทุนรวมด้านยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร แทนด้วย B_5

ตัวแปร 6 ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า แทนด้วย B_6

ตัวแปร 7 ตลาดของบริษัท อุเบอร์ ในประเทศนั้นๆ แทนด้วย B_7

ตัวแปร 8 ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด แทนด้วย B_8

ตัวแปร 9 ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม แทนด้วย B_9

ในแต่ละตัวแปรจะมีค่าเฉพาะและคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมซึ่งอ้างอิงจากรายงาน ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (KPMG, 2018) ดังแสดงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 ค่าตัวแปรที่ศึกษาในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

ประเทศ	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	Total B score
ออสเตรเลีย	4.00	4.00	0.084	1.387	0.000	0.10%	75%	5.909	4.814	3.18
ออสเตรีย	5.00	6.00	0.115	0.230	0.000	0.16%	45%	6.088	5.401	3.69
บราซิล	2.00	1.00	0.000	0.000	0.000	0.00%	56%	4.469	3.818	0.86
แคนาดา	7.00	6.00	0.417	0.223	0.111	0.59%	50%	6.244	4.879	4.97
จีน	5.00	6.00	0.009	0.603	0.004	1.37%	29%	4.301	4.196	2.25

ประเทศ	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	Total B score
ฝรั่งเศส	6.00	5.50	0.109	1.707	0.078	1.46%	36%	6.048	5.067	4.03
เยอรมนี	7.00	7.00	0.269	17.526	0.220	0.73%	35%	6.223	5.640	6.15
อินเดีย	2.00	2.00	0.008	0.004	0.000	0.02%	14%	4.025	4.178	0.54
ญี่ปุ่น	6.00	5.00	0.109	24.138	0.063	0.59%	32%	6.157	5.266	4.79
เม็กซิโก	1.00	1.00	0.000	0.008	0.000	1.11%	46%	4.954	3.972	1.01
นิวซีแลนด์	5.00	4.00	0.000	0.000	0.000	2.00%	44%	5.895	5.263	3.26
รัสเซีย	2.00	2.00	0.000	0.007	0.000	0.00%	23%	4.223	3.767	0.52
สิงคโปร์	6.00	6.50	0.000	0.000	0.000	0.07%	100%	6.202	5.140	4.26
เกาหลีใต้	7.00	7.00	0.099	14.014	0.059	0.34%	20%	5.641	4.823	4.24
สเปน	4.00	4.00	0.000	0.108	0.065	0.40%	28%	5.520	4.092	2.21
สวีเดน	5.00	5.00	0.512	8.808	0.205	3.41%	66%	6.482	5.687	6.44
เนเธอร์แลนด์	5.00	6.00	0.413	0.236	0.059	6.39%	43%	6.300	5.246	5.46
สหรัฐอเมริกาเหนือ	4.00	4.00	0.000	0.000	0.000	1.11%	31%	6.327	4.693	2.71
สหราชอาณาจักร	6.00	6.00	0.291	2.752	0.153	1.41%	52%	6.477	5.383	5.28
สหรัฐอเมริกา	7.00	7.00	0.509	2.860	0.275	0.91%	75%	6.544	5.944	6.97

วิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของข้อมูลในตารางที่ 5-2 ระหว่างตัวแปรตามกับคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินคะแนนรวมกันในแต่ละด้านได้ดังต่อไปนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	9	74.4088	8.26765	477785.68	0.000
B ₁	1	0.1147	0.11469	6627.90	0.000
B ₂	1	0.1586	0.15864	9167.63	0.000
B ₃	1	0.3863	0.38626	22322.14	0.000
B ₄	1	0.8581	0.85810	49589.48	0.000
B ₅	1	0.3474	0.34744	20078.47	0.000
B ₆	1	0.4626	0.46257	26731.96	0.000
B ₇	1	0.6534	0.65338	37758.79	0.000
B ₈	1	0.4228	0.42281	24433.85	0.000
B ₉	1	0.2507	0.25071	14488.66	0.000

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Error	10	0.0002	0.00002		
Total	19	74.4090			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0041598	100.00%	100.00%	100.00%

Regression Equation

$$\text{Total B score} = -3.8166 + 0.16751 B_1 + 0.16582 B_2 + 1.9730 B_3 + 0.041886 B_4 + 3.6010 B_5 + 15.6542 B_6 + 1.17062 B_7 + 0.39705 B_8 + 0.45698 B_9 \quad (\text{สมการที่ 5-2})$$

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ

$$\text{Total B score} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9$$

$$H_0 : \text{สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรเท่ากับ 0}$$

$$H_a : \text{สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0}$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

จากข้อมูล Analysis of Variance พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สอดคล้องกับค่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าเท่ากับ 100%

5.1.3 วิเคราะห์คะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐาน

ด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วยตัวแปร 6 ตัวแปรดังนี้คือ

ตัวแปร 1 ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง แทนด้วย C_1

ตัวแปร 2 ดัชนีการเชื่อมต่อทั่วโลกสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน แทนด้วย C_2

ตัวแปร 3 ความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G แทนด้วย C_3

ตัวแปร 4 คุณภาพของถนน แทนด้วย C_4

ตัวแปร 5 ดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่ง แทนด้วย C_5

ตัวแปร 6 ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี แทนด้วย C_6

ในแต่ละตัวแปรจะมีค่าเฉพาะและคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งอ้างอิงจากรายงานดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล (KPMG, 2018) ดังแสดงในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ละตัวแปรในด้านโครงสร้างพื้นฐาน

ประเทศ	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	Total C score
ออสเตรเลีย	0.134	83.32	79%	4.814	3.82	0.75	5.43
ออสเตรีย	0.937	76.24	73%	5.954	4.08	0.73	5.66
บราซิล	0.072	55.75	55%	3.115	3.11	0.6	1.89
แคนาดา	1.014	75.38	81%	5.379	4.14	0.56	5.22
จีน	3.491	63.51	83%	4.579	3.75	0.47	4.18
ฝรั่งเศส	1.54	73.66	58%	6.05	4.01	0.69	4.94
เยอรมนี	2.783	77.5	59%	5.51	4.44	0.65	5.17
อินเดีย	0.008	39.99	82%	4.311	3.34	0.35	2.28
ญี่ปุ่น	2.342	73.84	93%	6.107	4.1	0.75	6.55
เม็กซิโก	0.509	55.67	69%	4.373	2.89	0.44	2.34
นิวซีแลนด์	0.081	81.26	58%	4.662	3.55	0.69	4.14
รัสเซีย	0.07	51.56	59%	2.897	2.43	0.72	1.64
สิงคโปร์	2.161	81.14	82%	6.346	4.2	0.8	6.72
เกาหลีใต้	2.001	78.26	96%	5.555	3.79	0.75	6.32
สเปน	0.12	71.53	72%	5.496	3.72	0.65	4.69
สวีเดน	1.954	78.74	84%	5.481	4.27	0.69	6.04
เนเธอร์แลนด์	19.255	77.44	86%	6.136	4.29	0.75	7.89
สหรัฐอเมริกาเหนือ	2.451	68.14	75%	6.367	4.07	0.86	6.12
สหราชอาณาจักร	3.108	74.76	66%	5.108	4.21	0.75	5.31
สหรัฐอเมริกา	0.94	69.6	87%	5.734	4.15	0.71	5.84

วิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของข้อมูลในตารางที่ 5-3 ระหว่างตัวแปรตามกับคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐาน ด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินคะแนนรวมกันในแต่ละด้านได้ดังต่อไปนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	6	56.1053	9.35089	915593.25	0.000
C ₁	1	1.6375	1.63751	160337.25	0.000
C ₂	1	0.9043	0.90430	88545.10	0.000
C ₃	1	2.8102	2.81022	275162.55	0.000
C ₄	1	0.7432	0.74321	72771.27	0.000
C ₅	1	0.5639	0.56390	55214.27	0.000
C ₆	1	1.2886	1.28860	126173.41	0.000
Error	13	0.0001	0.00001		
Total	19	56.1055			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0031958	100.00%	100.00%	100.00%

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Total C score} = & -7.48891 + 0.077653 C_1 + 0.034497 C_2 + 3.65628 C_3 \\ & + 0.43268 C_4 + 0.74748 C_5 + 2.94231 C_6 \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-3})$$

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ

$$\text{Total C score} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6$$

H_0 : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรเท่ากับ 0

H_a : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

จากข้อมูล Analysis of Variance พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการคะแนนรวมด้านโครงสร้างพื้นฐาน มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สอดคล้องกับค่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าเท่ากับ 100%

5.1.4 วิเคราะห์คะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคม

ด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัวแปรดังนี้คือ

ตัวแปร 1 จำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย D_1

ตัวแปร 2 ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ แทนด้วย D_2

ตัวแปร 3 ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม แทนด้วย D_3

ตัวแปร 4 ดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี แทนด้วย D_4

ในแต่ละตัวแปรจะมีค่าเฉพาะและคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคม ซึ่งอ้างอิงจากรายงาน ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (KPMG, 2018) ดังแสดงในตารางที่ 5-4

ตารางที่ 5-4 ค่าตัวแปรที่ศึกษาในด้านการยอมรับทางสังคม

ประเทศ	D_1	D_2	D_3	D_4	Total D score
ออสเตรเลีย	5.50%	0.5	0.87	5.718	4.78
ออสเตรเลีย	0.00%	0.44	0.68	5.971	3.91
บราซิล	10.30%	0.95	0.31	4.568	3.49
แคนาดา	32.20%	0.52	0.8	5.88	5.30
จีน	0.90%	0.75	0.52	4.183	3.13
ฝรั่งเศส	19.40%	0.58	0.62	5.899	4.55
เยอรมนี	0.00%	0.44	0.69	6.169	4.09
อินเดีย	0.00%	0.85	0.31	3.116	1.91
ญี่ปุ่น	0.80%	0.36	0.5	6.006	3.01

ประเทศ	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	Total D score
เม็กซิโก	0.00%	0.56	0.39	4.209	2.00
นิวซีแลนด์	28.20%	0.5	0.84	6.092	5.43
รัสเซีย	0.00%	0.56	0.42	4.548	2.35
สิงคโปร์	100.00%	0.62	0.62	6.089	6.63
เกาหลีใต้	2.00%	0.62	0.69	5.648	4.38
สเปน	0.00%	0.28	0.56	5.676	2.72
สวีเดน	10.40%	0.58	0.83	6.302	5.41
เนเธอร์แลนด์	77.50%	0.41	0.86	6.344	6.49
สหรัฐอเมริกา	21.90%	0.7	0.58	5.811	4.79
สหราชอาณาจักร	28.80%	0.49	0.91	6.329	5.84
สหรัฐอเมริกา	19.80%	0.52	0.88	6.23	5.56

วิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของข้อมูลในตารางที่ 5-4 ระหว่างตัวแปรตามกับคะแนนรวม ด้านการยอมรับทางสังคมด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินคะแนนรวมกันในแต่ละด้านได้ดังต่อไปนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	39.4161	9.85402	796988.70	0.000
D ₁	1	5.2500	5.25001	424618.53	0.000
D ₂	1	2.9277	2.92772	236792.45	0.000
D ₃	1	3.5122	3.51225	284069.01	0.000
D ₄	1	1.8674	1.86737	151032.10	0.000
Error	15	0.0002	0.00001		
Total	19	39.4163			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.0035163	100.00%	100.00%	100.00%

Regression Equation

$$\text{Total D score} = -4.2774 + 2.25186 D_1 + 3.35923 D_2 + 3.75607 D_3 + 0.69648 D_4 \quad (\text{สมการที่ 5-4})$$

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ

$$\text{Total D score} = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

H_0 : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรเท่ากับ 0

H_a : สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ แล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0

จากข้อมูล Analysis of Variance พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการคะแนนด้านการยอมรับทางสังคม มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สอดคล้องกับค่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าเท่ากับ 100%

5.1.5 วิเคราะห์คะแนนรวมแต่ละด้านเพื่อสร้างดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ

จากการวิเคราะห์ในข้อ 4.2.1.1 ถึง 4.2.1.4 จะได้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรในแต่ละด้านกับคะแนนรวมในแต่ละด้าน นำคะแนนรวมแต่ละด้านมาวิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ด้วยโปรแกรม MINITAB ต่อ เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการคะแนนรวมในแต่ละด้านกับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ

ในการประเมินนั้นคะแนนรวมจะแบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านนโยบายและกฎหมาย แทนด้วย Total A score

ด้านที่ 2 ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม แทนด้วย Total B score

ด้านที่ 3 ด้านโครงสร้างพื้นฐาน แทนด้วย Total C score

ด้านที่ 4 ด้านการยอมรับทางสังคม แทนด้วย Total D score

คะแนนรวมในแต่ละด้านและดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ จะมีค่าเฉพาะซึ่งอ้างอิงจากรายงาน ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของ บริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (KPMG, 2018) ดังแสดงในตารางที่ 5-5 ตารางที่ 5-5 ตารางแสดงค่าคะแนนรวมในแต่ละด้านและดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ

ประเทศ	Total A score	Total B score	Total C score	Total D score	Autonomous Vehicle Readiness Index
เนเธอร์แลนด์	7.89	5.46	7.89	6.49	27.73
สิงคโปร์	8.49	4.26	6.72	6.63	26.08
สหรัฐอเมริกา	6.38	6.97	5.84	5.56	24.75
สวีเดน	6.83	6.44	6.04	5.41	24.73
สหราชอาณาจักร	7.55	5.28	5.31	5.84	23.99
เยอรมนี	7.33	6.15	5.17	4.09	22.74
แคนาดา	7.12	4.97	5.22	5.30	22.61
สหรัฐอเมริกาฮับเอมิเรตส์	7.26	2.71	6.12	4.79	20.89
นิวซีแลนด์	7.92	3.26	4.14	5.43	20.75
เกาหลีใต้	5.78	4.24	6.32	4.38	20.71
ญี่ปุ่น	5.93	4.79	6.55	3.01	20.28
ออสเตรเลีย	6.73	3.69	5.66	3.91	20.00
ฝรั่งเศส	5.92	4.03	4.94	4.55	19.44
ออสเตรเลีย	6.01	3.18	5.43	4.78	19.40
สเปน	4.95	2.21	4.69	2.72	14.58
จีน	4.38	2.25	4.18	3.13	13.94
บราซิล	0.93	0.86	1.89	3.49	7.17
รัสเซีย	2.58	0.52	1.64	2.35	7.09
เม็กซิโก	1.16	1.01	2.34	2.00	6.51
อินเดีย	1.41	0.54	2.28	1.91	6.14

วิเคราะห์การถดถอยหลายเชิง (Multiple Linear Regression) ของข้อมูลในตารางที่ 5-5 ระหว่างคะแนนรวมในแต่ละด้านกับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ ด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการสำหรับใช้ประเมินดัชนีแสดงความพร้อมของแต่ละประเทศได้ดังต่อไปนี้

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	4	899.540	224.885	3912695.77	0.000
Error	15	0.001	0.000		
Total	19	899.541			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)
0.0075813	100.00%	100.00%

Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Autonomous Vehicle Readiness Index} = & 0.00737 + 1.00155 \text{ Total A score} \\ & + 1.00101 \text{ Total B score} + 0.99871 \text{ Total C score} \\ & + 0.99710 \text{ Total D score} \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-5})$$

ในส่วนการพิจารณาค่า P-Value นั้น จะมีการตั้งสมมติฐานความสัมพันธ์ ดังนี้

จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{Autonomous Vehicle Readiness Index} = & \text{Total A score} + \text{Total B score} \\ & + \text{Total C score} + \text{Total D score} \end{aligned}$$

$$H_0 : \text{สัมประสิทธิ์ของคะแนนรวมในแต่ละด้านเท่ากับ 0}$$

$$H_a : \text{สัมประสิทธิ์ของคะแนนรวมในแต่ละด้านไม่เท่ากับ 0}$$

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยรับความผิดพลาดที่ 5 % ถ้าค่า P-Value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญแล้วให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของคะแนนรวมในแต่ละด้านไม่เท่ากับ 0

จากข้อมูล Analysis of Variance พบว่าทุกสมการของการพยากรณ์ยานยนต์มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และยอมรับสมมติฐานรอง (H_a) คือ สัมประสิทธิ์ของคะแนนรวมในแต่ละด้านไม่เท่ากับ 0 ซึ่งหมายความว่าสมการคะแนนรวมในแต่ละด้านกับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติในแต่ละประเทศ มีความสัมพันธ์กัน สอดคล้องกับ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ที่มีค่าเท่ากับ 100%

จากการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness) ของประเทศที่ใช้เป็นกรณีฐาน จะได้สมการความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{Total A score} &= -3.74564 + 0.183291 A_1 + 0.18293 A_2 + 0.18398 A_3 + 0.183502 A_4 \\ &+ 3.3056 A_5 + 0.32952 A_6 + 0.50229 A_7 \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-1})$$

$$\begin{aligned} \text{Total B score} &= -3.8166 + 0.16751 B_1 + 0.16582 B_2 + 1.9730 B_3 + 0.041886 B_4 \\ &+ 3.6010 B_5 + 15.6542 B_6 + 1.17062 B_7 + 0.39705 B_8 + 0.45698 B_9 \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-2})$$

$$\begin{aligned} \text{Total C score} &= -7.48891 + 0.077653 C_1 + 0.034497 C_2 + 3.65628 C_3 \\ &+ 0.43268 C_4 + 0.74748 C_5 + 2.94231 C_6 \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-3})$$

$$\text{Total D score} = -4.2774 + 2.25186 D_1 + 3.35923 D_2 + 3.75607 D_3 + 0.69648 D_4 \quad (\text{สมการที่ 5-4})$$

$$\begin{aligned} \text{Autonomous Vehicle Readiness Index} &= 0.00737 + 1.00155 \text{ Total A score} \\ &+ 1.00101 \text{ Total B score} + 0.99871 \text{ Total C score} \\ &+ 0.99710 \text{ Total D score} \end{aligned} \quad (\text{สมการที่ 5-5})$$

ความสัมพันธ์ตามสมการที่ 5-1 ถึง สมการที่ 5-5 นี้ จะใช้สำหรับการสร้างดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศไทย ต่อไป

5.2 การสร้างดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

จากความสัมพันธ์ตามสมการที่ 5-1 ถึง สมการที่ 5-5 รวบรวมข้อมูลของตัวแปรแต่ละตัวแปรเพื่อประเมินบริบทของประเทศไทยตามวิธีการและการประเมินชุดข้อมูลจากรายงานเผยแพร่เรื่องดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) (KPMG, 2018) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล โดยแบ่งออกเป็น 2 การศึกษาตามช่วงเวลา เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย คือ

1. Thailand KPMG 2018 จะประเมินชุดข้อมูลในปีเดียวกันจากแหล่งเดียวกับรายงานเผยแพร่เรื่องดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ปี ค.ศ. 2018 (KPMG, 2018) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล ซึ่งรวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2561
2. Thailand 2019 จะประเมินชุดข้อมูลจากแหล่งเดียวกับรายงานเผยแพร่เรื่องดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) (KPMG, 2018) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล ซึ่งรวบรวมข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2562 ซึ่งทั้งสองดัชนีจะประกอบด้วยแต่ละด้าน คือ

ด้านนโยบายและกฎหมาย ประกอบด้วยตัวแปร 7 ตัวแปร แต่ละตัวแปรนั้นประเมินค่าตัวแปรได้ดังนี้ คือ

ตัวแปร 1 การมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ (A_1) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ ข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และกฎหมายที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานของรัฐ

ตัวแปร 2 การมีหน่วยงานราชการด้านการขนส่งที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ (A_2) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 3 การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติของรัฐบาล (A_3) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและบทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 4 จำนวนของกองทุนรัฐบาลที่ดำเนินการเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ (A_4) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 5 การเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล (A_5) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อการเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล ในรายงานเผยแพร่เรื่อง ดัชนีความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลง (Change Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนลซึ่งมีการจัดทำรายงานทุกๆ 2 ปี (KPMG, 2017) ,(KPMG, 2019)

ตัวแปร 6 ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย (A_6) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย ในรายงานเผยแพร่เรื่อง Global Information Technology จากการประชุม World Economic Forum (Silja Baller, 2016) และข้อมูลประกอบในรายงานเผยแพร่เรื่อง Network Readiness Index จากการประชุม World Economic Forum (World Economic Forum, 2019b)

ตัวแปร 7 ประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำทนาย (A_7) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำทนายในรายงานเผยแพร่เรื่อง Global Information Technology จากการประชุม World Economic Forum (Silja Baller, 2016) และข้อมูลประกอบในรายงานเผยแพร่เรื่อง Network Readiness Index จากการประชุม World Economic Forum (World Economic Forum, 2019b)

ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ประกอบด้วยตัวแปร 9 ตัวแปร แต่ละตัวแปรนั้นประเมินค่าตัวแปรได้ดังนี้

ตัวแปร 1 พันธมิตรด้านอุตสาหกรรม (B_1) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 2 งานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ (B_2) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 3 จำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร (B_3) ประเมินค่าตัวแปรจากจำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติที่มีอยู่ในรายการในบทความของ Vision System Intelligence และ Comet Labs หาดด้วยสัดส่วนของจำนวนประชากรในประเทศ และความเห็นเพิ่มเติมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศ (Stewart, 2019) และ (MINNEAPOLIS, 2016)

ตัวแปร 4 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร (B_4) ประเมินค่าตัวแปรจากจำนวนสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติรายประเทศจากรายงานเผยแพร่เรื่อง Autonomous Car-Control Mechanism จากโปรแกรมสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลสิทธิบัตร Patent iNSIGHT Pro ของบริษัท กริด โลจิก เทคโนโลยี (Gridlogics Technologies Pvt. Ltd.) (Patent iNSIGHT Pro, 2016) และข้อมูลสิทธิบัตรที่จดทะเบียนกับกรมทรัพย์สินทางปัญญาประเทศไทย (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2019) ที่ใช้เงื่อนไขการสืบค้นเดียวกับรายงานเรื่อง Autonomous Car-Control Mechanism หาดด้วยสัดส่วนของจำนวนประชากรในประเทศในหน่วยล้านคน และความเห็นเพิ่มเติมความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปร 5 การลงทุนรวมด้านยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร (B_5) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 6 ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า (B_6) ประเมินค่าตัวแปรจากข้อมูลยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ที่จำแนกชนิดเชื้อเพลิงของกรมการขนส่งทางบก (กรมการขนส่งทางบก, 2019a) และจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 7 ตลาดของบริษัท อุเบอร์ ในประเทศนั้นๆ (B_7) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 8 ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด (B_8) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อ ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด ในรายงานเผยแพร่เรื่อง Global Information Technology จากการประชุม World Economic Forum (Silja Baller, 2016) และข้อมูลประกอบใน

รายงานเผยแพร่เรื่อง Network Readiness Index จากการประชุม World Economic Forum (World Economic Forum, 2019b)

ตัวแปร 9 ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม (B₉) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรมในรายงานเผยแพร่เรื่อง Global Information Technology จากการประชุม World Economic Forum (Silja Baller, 2016) และข้อมูลประกอบในรายงานเผยแพร่เรื่อง Network Readiness Index จากการประชุม World Economic Forum (World Economic Forum, 2019a)

ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบด้วยตัวแปร 6 ตัวแปร แต่ละตัวแปรนั้นประเมินค่าตัวแปรได้ดังนี้

ตัวแปร 1 ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง (C₁) ประเมินค่าตัวแปรจากข้อมูลของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทยในรายงาน Global EV Outlook บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล และความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ ทารด้วยระยะทางหลวงจากข้อมูลเผยแพร่เรื่อง The World Factbook ของสำนักข่าวกรองกลาง (The Central Intelligence Agency) ประเทศสหรัฐอเมริกา

ตัวแปร 2 ดัชนีการเชื่อมต่อทั่วโลกสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน (C₂) ประเมินค่าตัวแปรจากค่า ดัชนีการเชื่อมต่อโทรศัพท์ไร้สาย (Mobile Connectivity Index) จากสมาคมจีเอสเอ็ม (GSM Association) (GSMA, 2016, 2018)

ตัวแปร 3 ความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G (C₃) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G ในเว็บไซต์เผยแพร่เรื่อง The State of LTE ของบริษัท โอเพนซิกแนล (Open Signal) (Open Signal, 2016, 2019)

ตัวแปร 4 คุณภาพของถนน (C₄) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อคุณภาพของถนน ในรายงานเผยแพร่เรื่อง The Global Competitiveness Report จากการประชุม World Economic Forum (Klaus Schwab, 2018) (Klaus Schwab, 2019)

ตัวแปร 5 ดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่ง (C₅) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่ง ในรายงานเผยแพร่เรื่อง The Logistics

Performance Index and Its Indicators ของธนาคารโลก (Jean-François Arvis, 2016) ,(The World Bank, 2018)

ตัวแปร 6 ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี (C_6) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี ในข้อมูล Change Readiness Index tool ที่ประกอบรายงานเผยแพร่เรื่องดัชนีความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลง (Change Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเตอร์เนชั่นแนลซึ่งมีการจัดทำรายงานทุกๆ 2 ปี (KPMG, 2017) ,(KPMG, 2019)

ด้านการยอมรับทางสังคม ประกอบด้วยตัวแปร 4 ตัวแปร แต่ละตัวแปรนั้นประเมินค่าตัวแปรได้ดังนี้

ตัวแปร 1 จำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ (D_1) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 2 ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ (D_2) ประเมินค่าตัวแปรจากการทบทวนและสังเคราะห์บทความสื่อ รายงานข่าวจากสื่อท้องถิ่น ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ และข่าวประชาสัมพันธ์ของรัฐบาล

ตัวแปร 3 ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม (D_3) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม ในข้อมูล Change Readiness Index tool ที่ประกอบรายงานเผยแพร่เรื่อง ดัชนีความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลง (Change Readiness Index) ของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเตอร์เนชั่นแนล (KPMG, 2017) ,(KPMG, 2019)

ตัวแปร 4 ดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี (D_4) ประเมินค่าตัวแปรจากหัวข้อดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี ในรายงานเผยแพร่เรื่อง The Global Competitiveness Report จากการประชุม World Economic Forum (Klaus Schwab, 2018) (Klaus Schwab, 2019)

ประเมินค่าตัวแปรตามปัจจัยในจากวิธีการข้างต้น และแทนค่าคำนวณตามสมการที่ 5-1 ถึงสมการที่ 5-5 ได้ดังตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติและค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ด้านของประเทศไทย

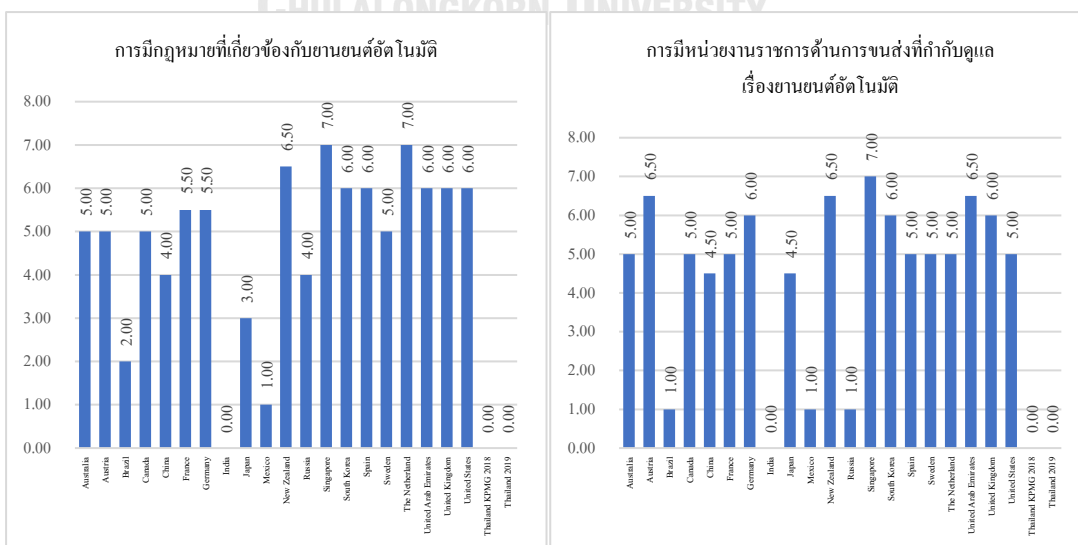
สัญลักษณ์	ตัวแปรที่ศึกษา	Thailand KPMG 2018	Thailand 2019
ด้านนโยบายและกฎหมาย			
A ₁	การมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติ	0.00	0.00
A ₂	การมีหน่วยงานราชการด้านการขนส่งที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ	0.00	0.00
A ₃	การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติของรัฐบาล	0.00	0.00
A ₄	จำนวนของกองทุนรัฐบาลที่ดำเนินการเรื่องยานยนต์อัตโนมัติ	0.00	0.00
A ₅	การเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล	0.479	0.450
A ₆	ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย	3.40	3.36
A ₇	ประสิทธิภาพของระบบกฎหมายในกฎระเบียบที่ทำหาย	3.7	3.3
ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม			
B ₁	พันธมิตรด้านอุตสาหกรรม	2.00	3.00
B ₂	งานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์อัตโนมัติ	1.00	1.00
B ₃	จำนวนสำนักงานด้านเทคโนโลยีของยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร	0.00	0.00
B ₄	สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร	0.666	0.768
B ₅	การลงทุนรวมด้านยานยนต์อัตโนมัติต่อจำนวนประชากร	0.000	0.000
B ₆	ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า	0.000	0.004
B ₇	ตลาดของบริษัท อูเบอร์ ในประเทศนั้นๆ	0.000	0.000
B ₈	ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด	4.7	5.11
B ₉	ความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม	4.1	4.39
ด้านโครงสร้างพื้นฐาน			
C ₁	ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง	0.000	0.007
C ₂	ดัชนีการเชื่อมต่อทั่วโลกสำหรับโครงสร้างพื้นฐาน	61.90	68.30
C ₃	ความครอบคลุมของพื้นที่ให้บริการ 4G	75.92	87.93
C ₄	คุณภาพของถนน	4.30	4.40
C ₅	ดัชนีโครงสร้างพื้นฐานและประสิทธิภาพการขนส่ง	3.12	3.14
C ₆	ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี	0.60	0.69
ด้านการยอมรับทางสังคม			
D ₁	จำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ	0.0	0.0
D ₂	ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ	0.36	0.36
D ₃	ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม	0.42	0.43
D ₄	ดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี	4.50	4.48

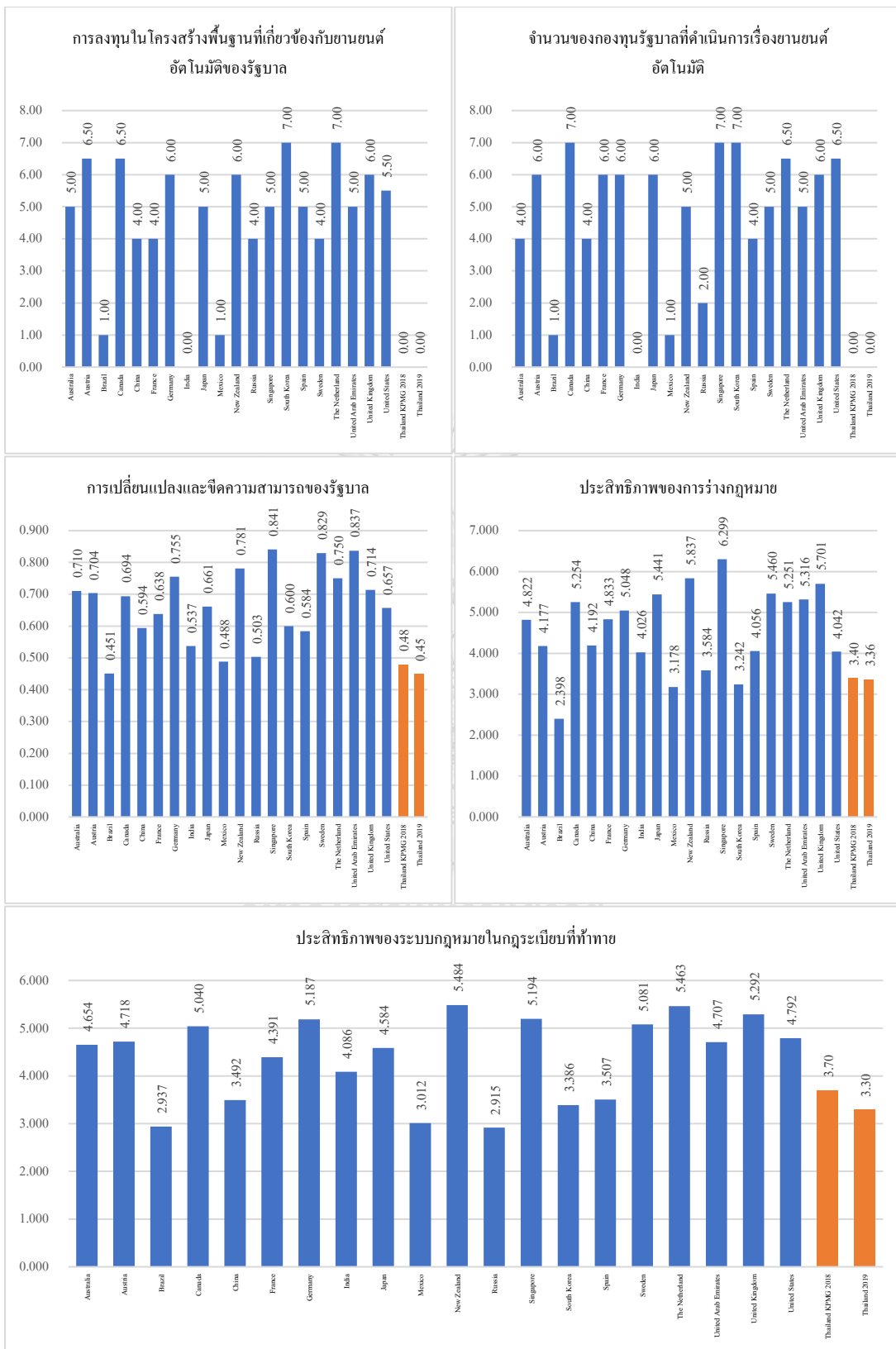
สัญลักษณ์	ตัวแปรที่ศึกษา	Thailand KPMG 2018	Thailand 2019
Total A score	ด้านนโยบายและกฎหมาย	0.82	0.51
Total A score	ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม	0.45	0.97
Total A score	ด้านโครงสร้างพื้นฐาน	3.38	4.36
Total A score	ด้านการยอมรับทางสังคม	1.64	1.67
Autonomous Vehicle Readiness Index	ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ	6.29	7.51

จากค่าตัวแปรที่ศึกษาแต่ด้านของประเทศไทยซึ่งประเมินตามตามวิธีการและการประเมินชุดครั้งที่กล่าวถึงในข้างต้นแล้วนั้น สามารถแยกเปรียบเทียบให้เห็นในแต่ละตัวแปรได้ดังนี้

ด้านนโยบายและกฎหมาย

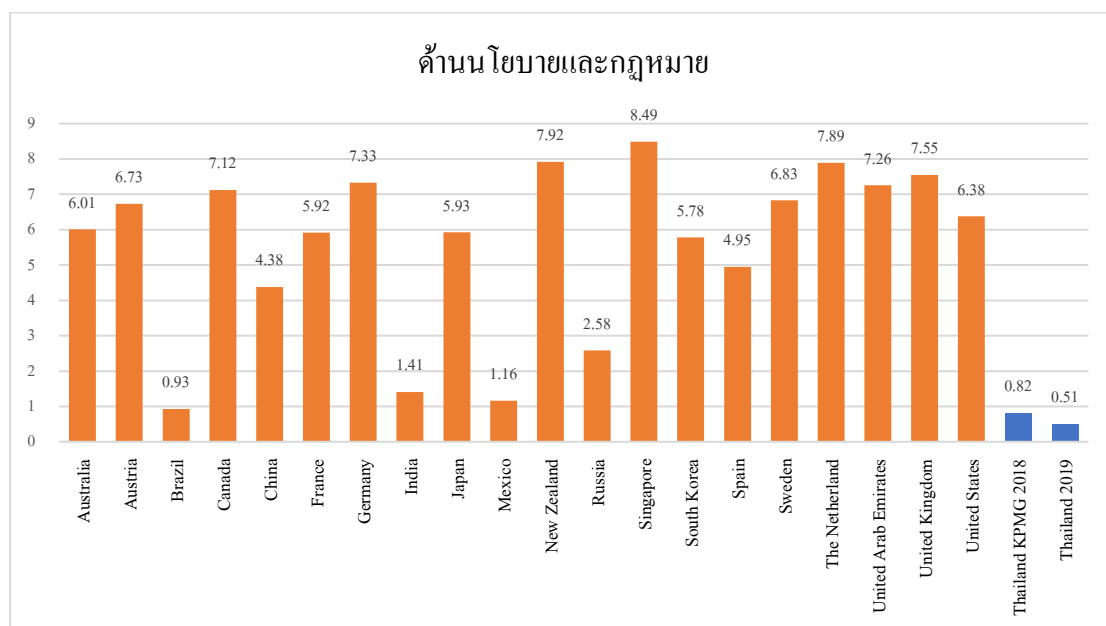
ในด้านนโยบายและกฎหมายประกอบด้วย 7 ตัวแปร แสดงค่าแต่ละตัวแปรของ 20 ประเทศซึ่งถูกประเมินดังแสดงในรายงานเผยแพร่ที่กล่าวมาแล้วเปรียบเทียบกับประเทศไทยใน 2 ช่วงเวลา คือ Thailand KPMG 2018 และ Thailand 2019 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของประเทศไทยตามช่วงเวลาที่ศึกษา พบว่าแต่ละประเทศมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของแต่ละประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบประเทศไทยในต่างช่วงเวลา พบว่ามีค่าลดลงในตัวแปรการเปลี่ยนแปลงและขีดความสามารถของรัฐบาล ประสิทธิภาพของการร่างกฎหมาย และประสิทธิภาพของระบบกฎหมาย ในกฎระเบียบที่ท้าทาย ส่วนตัวแปรอื่นๆ ยังคงประเมินให้มีค่าคงเดิมจากบริบท ณ ช่วงที่ศึกษาตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงเปรียบเทียบแต่ละตัวแปรดังต่อไปนี้





รูปที่ 5-1 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านนโยบายและกฎหมายของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายจะได้ดังแสดงในรูปที่ 5-2

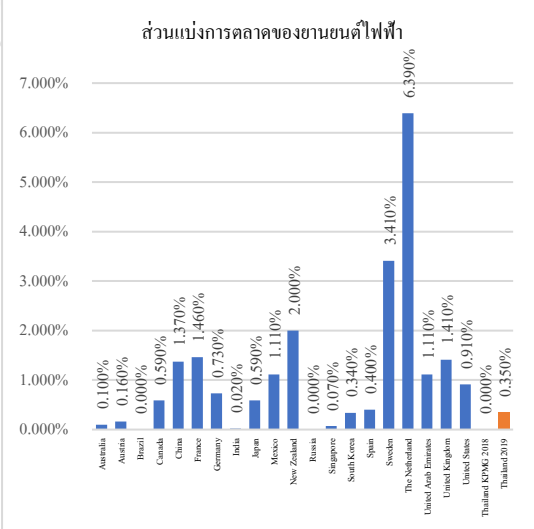
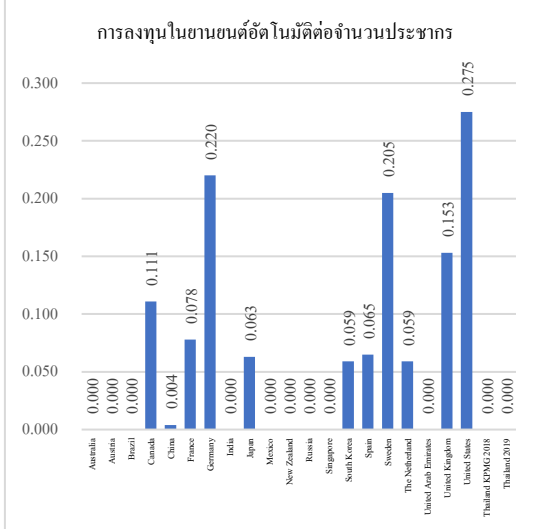
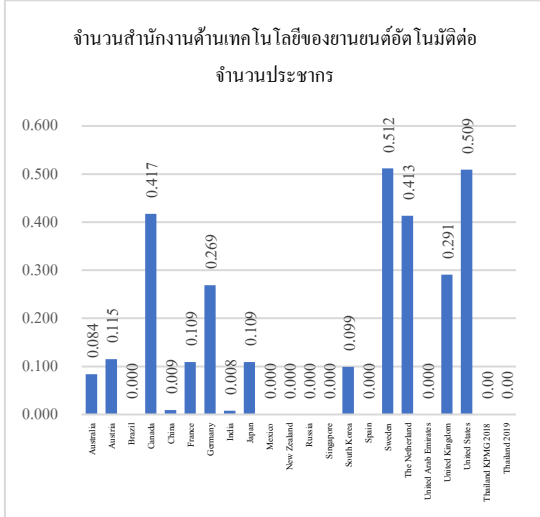
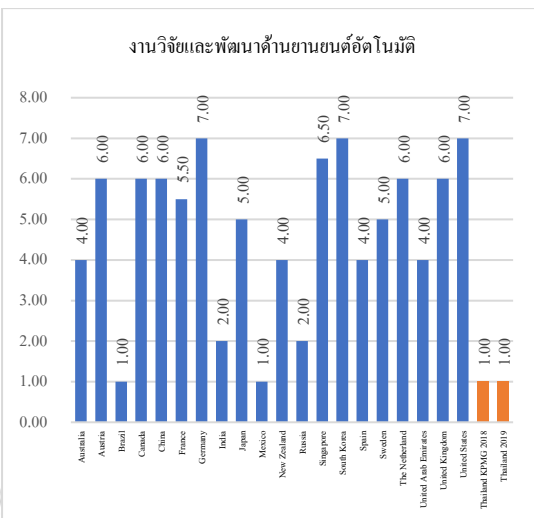
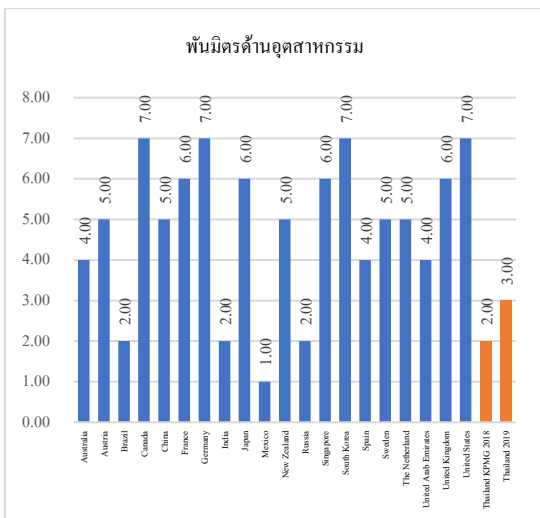


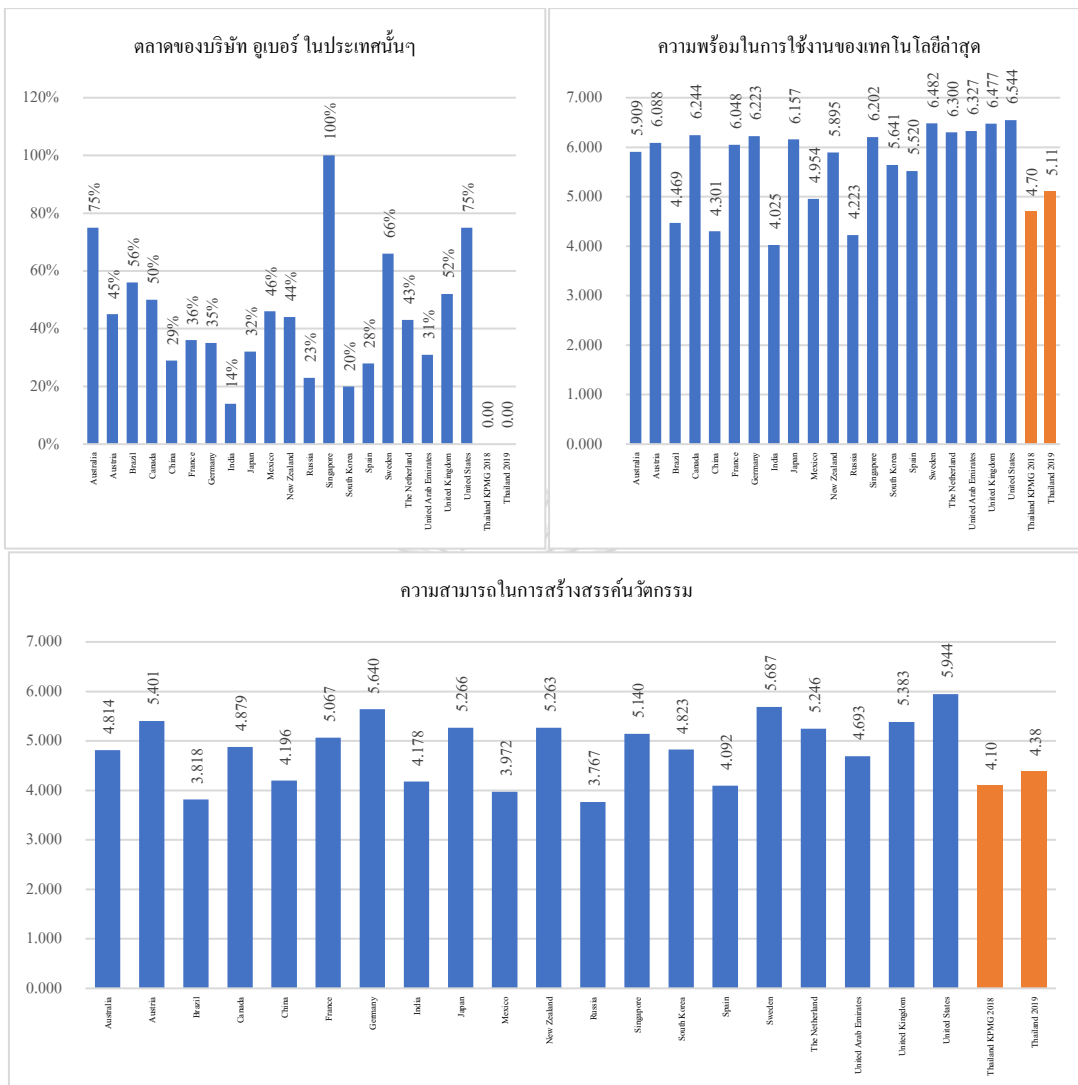
รูปที่ 5-2 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านนโยบายและกฎหมายของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา

จากกราฟจะเห็นว่าในด้านนโยบายและกฎหมายสำหรับยานยนต์อัตโนมัติ นั้น ประเทศสิงคโปร์อยู่ในระดับต้นของโลก จะเห็นได้ชัดจากการแก้ไขพระราชบัญญัติการจราจรทางบกในปี พ.ศ. 2560 ทำให้สามารถทดสอบรถยนต์ที่ขับขี่ด้วยตนเองบนถนนสาธารณะ สำหรับประเทศไทย เมื่อเทียบกับประเทศอื่นแล้วยังไม่มีความชัดเจนในเรื่องนโยบายและกฎหมาย ตลอดจนหน่วยงานที่กำกับดูแลเรื่องยานยนต์เมื่อเทียบกับหลายๆ ประเทศในรายงานและเมื่อเปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่าประเทศไทยมีศักยภาพในด้านนโยบายและกฎหมายที่ลดลง

ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม

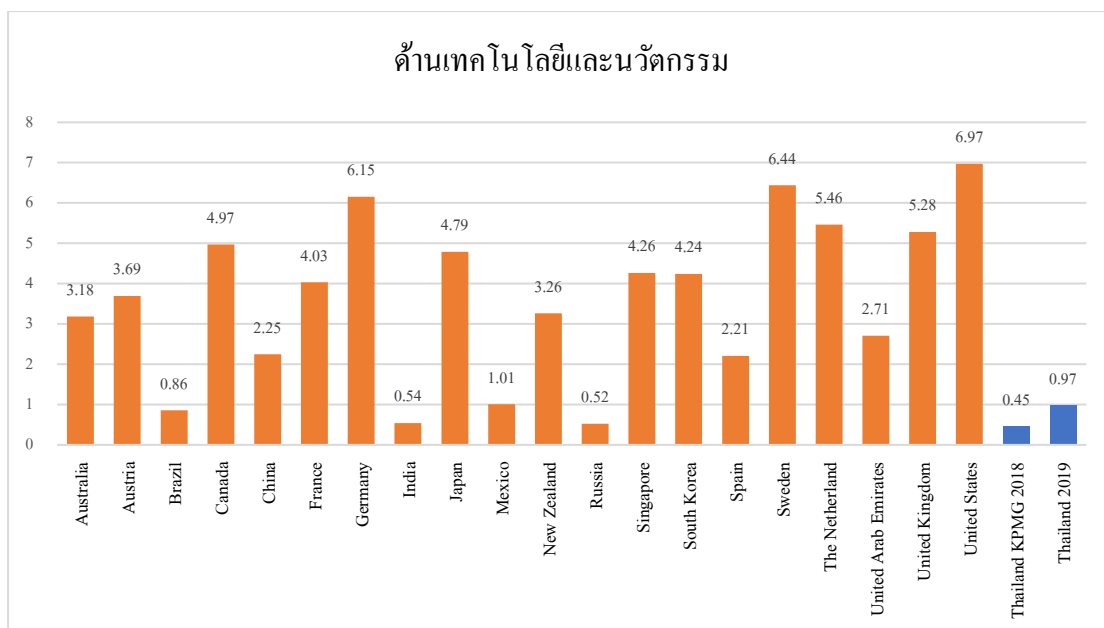
ในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมประกอบด้วย 9 ตัวแปร แสดงค่าแต่ละตัวแปรของ 20 ประเทศซึ่งถูกประเมินเปรียบเทียบเช่นเดียวกับด้านก่อนหน้านี้ พบว่าแต่ละประเทศมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของแต่ละประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบประเทศไทยในต่างช่วงเวลาพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในตัวแปรพันธุมิตรด้านอุตสาหกรรม ส่วนแบ่งการตลาดของยานยนต์ไฟฟ้า ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด และความสามารถในการสร้างสรรค์นวัตกรรม ส่วนตัวแปรอื่นๆ ยังคงประเมินให้มีค่าคงเดิมจากบริบทในช่วงที่ศึกษาและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงเปรียบเทียบแต่ละตัวแปรดังต่อไปนี้





รูปที่ 5-3 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทย เทียบกับประเทศที่ศึกษา

และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ได้ดังแสดงในรูปที่ 5-4

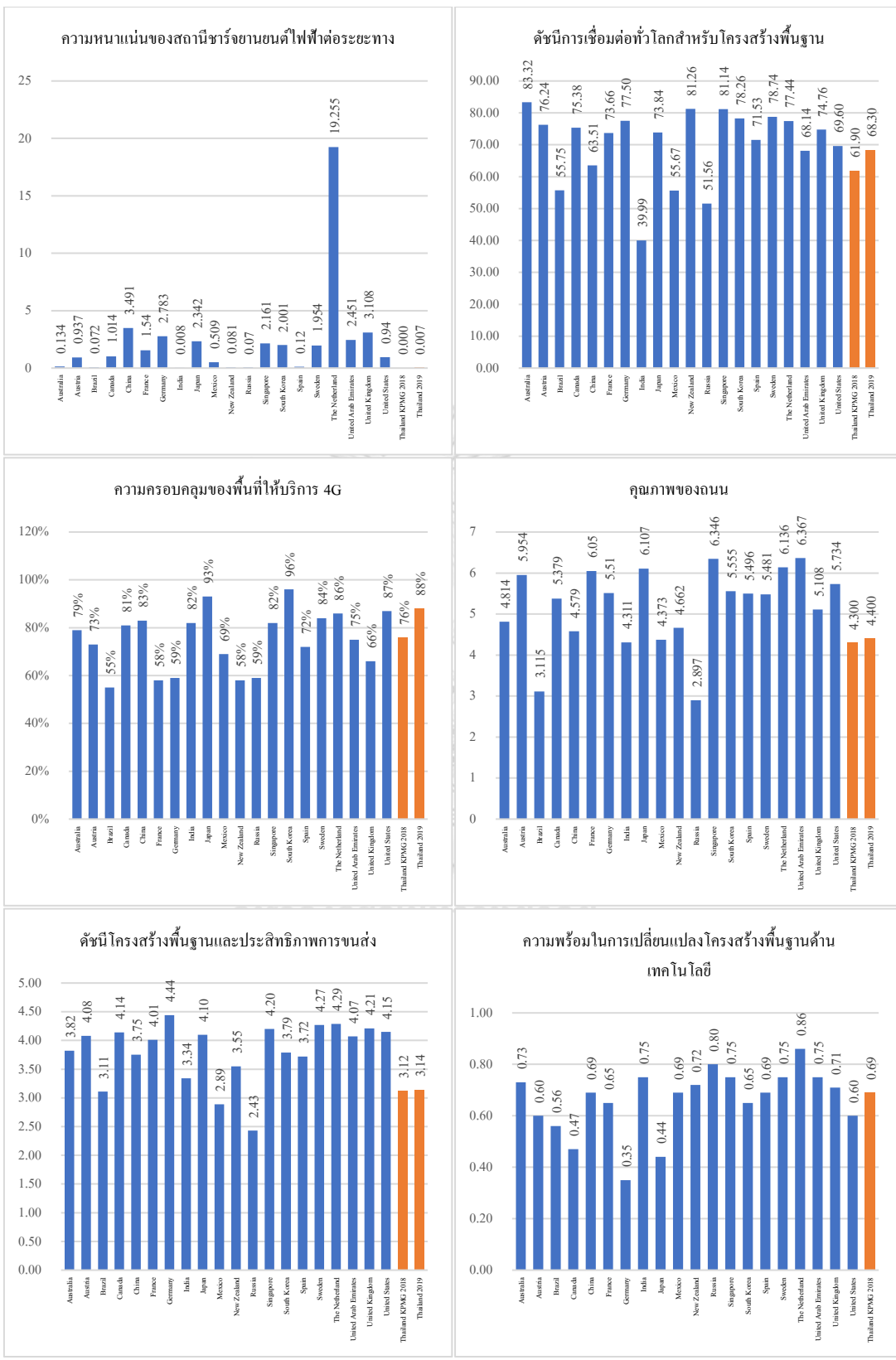


รูปที่ 5-4 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา

จากกราฟจะเห็นว่าในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ประเทศสหรัฐอเมริกามีผลการจัดอันดับอยู่ในอันดับหนึ่งของรายงานเนื่องจากเป็นประเทศมีการสนับสนุนส่งเสริมด้านการวิจัยในยานยนต์อัตโนมัติ และมีหน่วยงานด้านยานยนต์ที่เป็นที่ยอมรับมีพันธมิตรทางด้านอุตสาหกรรมที่แข็งแกร่ง เป็นที่ตั้งของสำนักงานใหญ่กว่า 168 หน่วยงาน สำหรับประเทศไทยเนื่องจากยานยนต์อัตโนมัติเป็นเทคโนโลยีใหม่ ดังนั้นขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมของยานยนต์อัตโนมัติจึงอยู่ในระดับไม่สูงมากเมื่อเทียบกับประเทศอื่น และเมื่อเปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่าประเทศไทยมีความพร้อมในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เพิ่มขึ้น

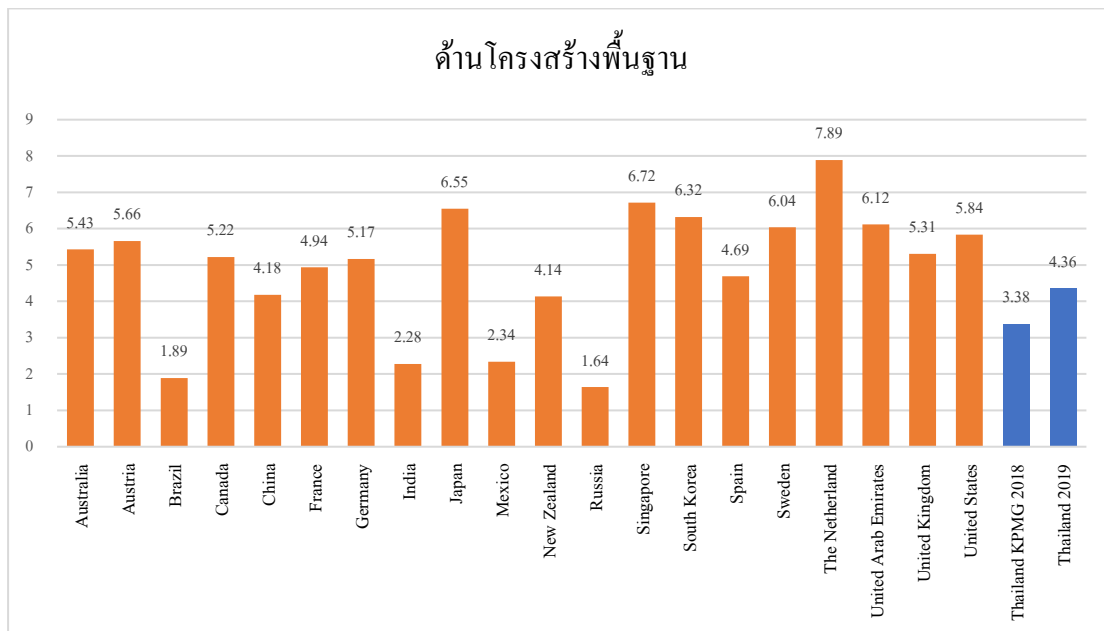
ด้านโครงสร้างพื้นฐาน

ในโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วย 6 ตัวแปร แสดงค่าแต่ละตัวแปรของ 20 ประเทศซึ่งถูกประเมินเปรียบเทียบเช่นเดียวกับแต่ละด้านก่อนหน้า พบว่าแต่ละประเทศมีค่าที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของแต่ละประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบประเทศไทยในต่างช่วงเวลาพบว่ามิในทุกตัวแปรมีค่าตัวแปรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพด้านโครงสร้างพื้นฐานในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติที่เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงเปรียบเทียบแต่ละตัวแปรดัง ต่อไปนี้



รูปที่ 5-5 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้าน โครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยเทียบกับ ประเทศที่ศึกษา

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมด้าน โครงสร้างพื้นฐาน จะได้ดังแสดงในรูปที่ 5-6

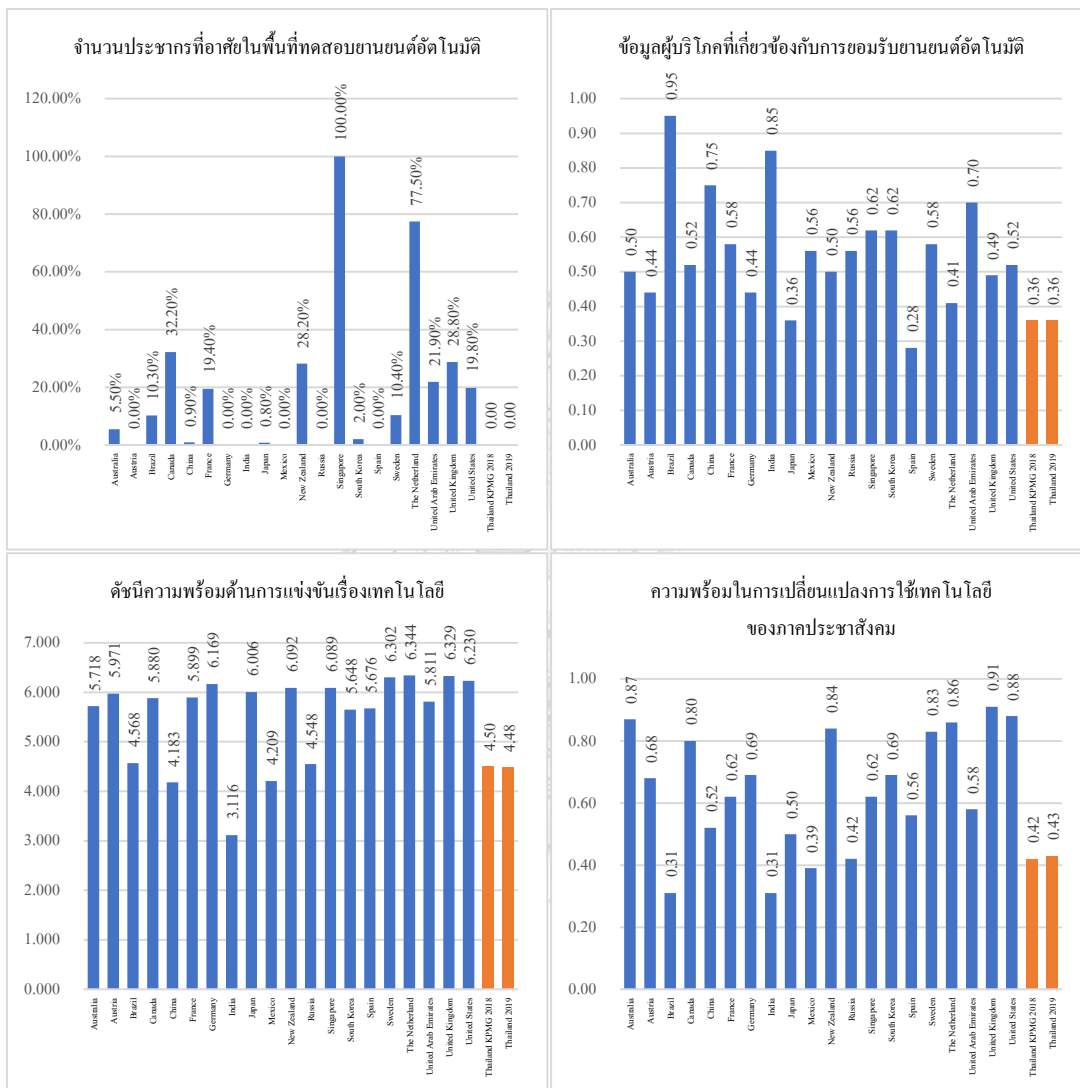


รูปที่ 5-6 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้าน โครงสร้างพื้นฐาน ของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา จากกราฟจะเห็นว่าในด้าน โครงสร้างพื้นฐาน ประเทศเนเธอร์แลนด์มีอยู่ในระดับต้นของโลก ชัดเจนจากการที่เป็นต้นแบบในการสร้างแบบจำลองความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติที่หลากหลาย ประเทศในโลกรู้ใช้และมีความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทางมากกว่าประเทศอันดับอย่างประเทศสิงคโปร์ถึง 10 เท่า ส่วนประเทศไทยนั้นเมื่อเทียบกับหลายประเทศพบว่ามีความ ได้เปรียบในเรื่อง โครงสร้างพื้นฐานของประเทศซึ่งเห็น ได้จากการลงทุนในโครงการขนาดใหญ่ใน รอบหลายปีที่ผ่านมา แต่โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงาน เช่นสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าที่จะเป็นแหล่ง พลังงานหลักของยานยนต์อัตโนมัติในอนาคตนั้นยังต้องได้รับการดูแลจากส่วนที่เกี่ยวข้อง และเมื่อ เปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่าประเทศไทยมีความพร้อมใน โครงสร้างพื้นฐานที่เพิ่มขึ้นจาก นโยบายที่ส่งเสริมการลงทุนของภาครัฐ

ด้านการยอมรับทางสังคม

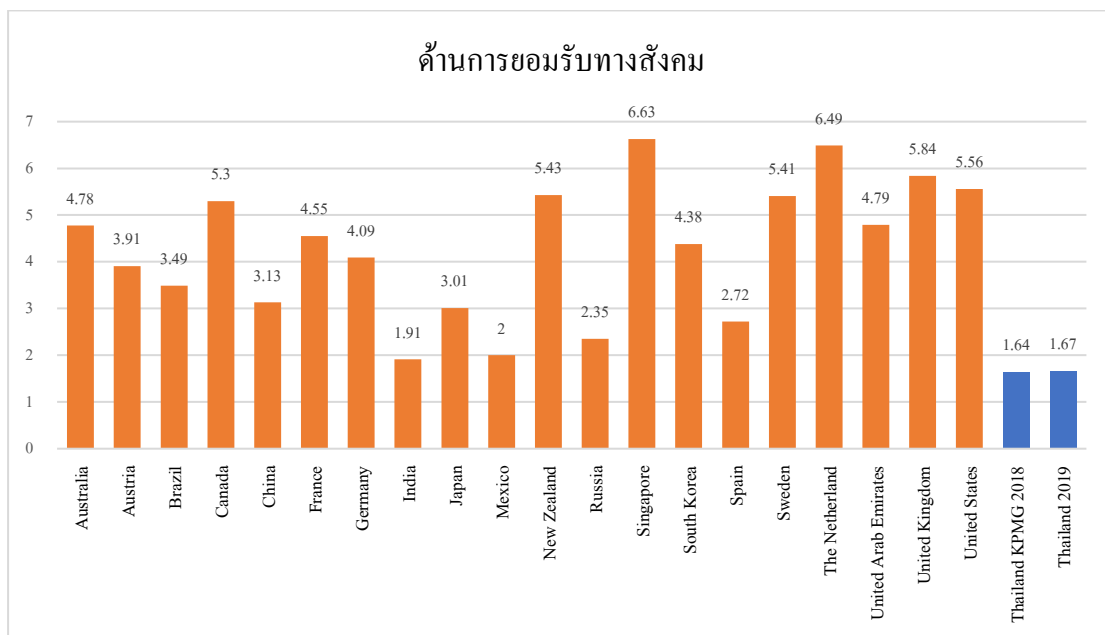
ในด้านการยอมรับทางสังคมประกอบด้วย 4 ตัวแปร แสดงค่าแต่ละตัวแปรของ 20 ประเทศ ซึ่งถูกประเมินเปรียบเทียบเช่นเดียวกับแต่ละด้านก่อนหน้า พบว่าแต่ละประเทศมีค่าที่แตกต่างกัน ออกไปตามบริบทของแต่ละประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบประเทศไทยในต่างช่วงเวลาพบว่ามีความ เพิ่มขึ้นในตัวแปรความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม และลดลง

ในตัวแปรดัชนีความพร้อมด้านการแข่งขันเรื่องเทคโนโลยี ส่วนตัวแปรอื่นๆ ยังคงประเมินให้มีค่าคงเดิมจากบริบทในช่วงที่ศึกษาและความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังแสดงเปรียบเทียบแต่ละตัวแปรดังต่อไปนี้



รูปที่ 5-7 กราฟเปรียบเทียบคะแนนแต่ละตัวแปรด้านการยอมรับทางสังคมของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา

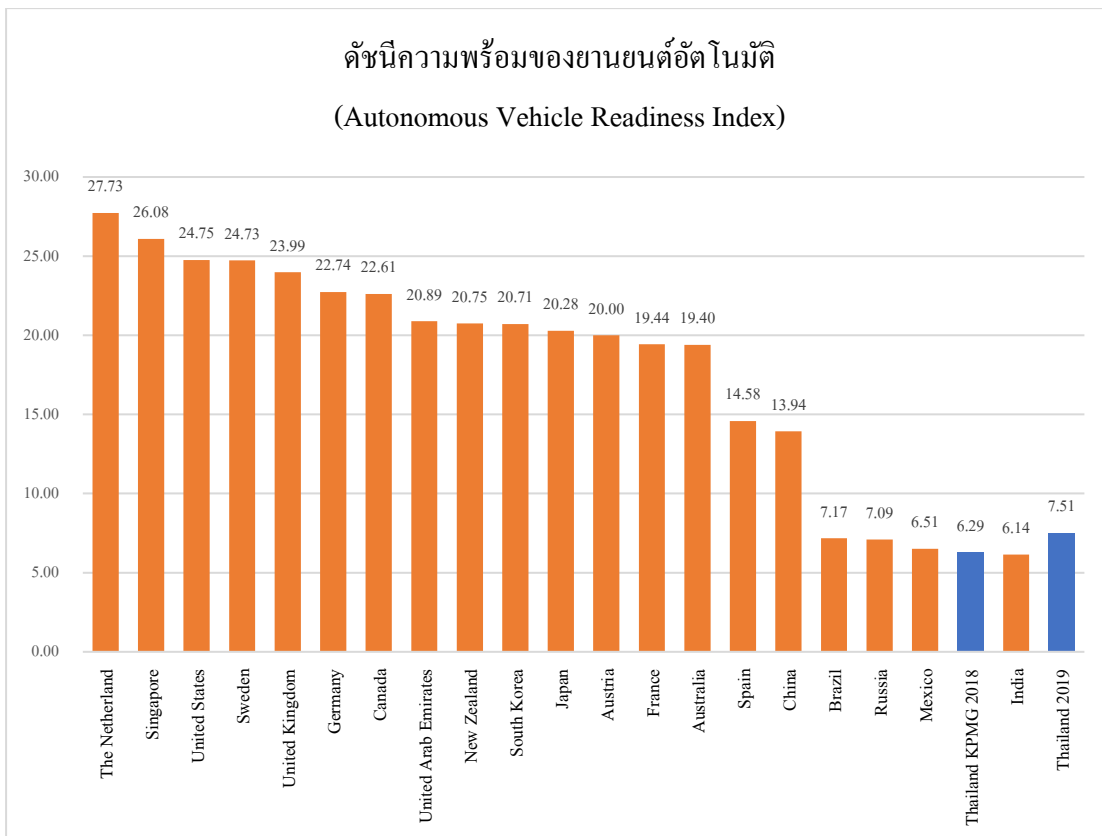
เมื่อเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคม จะได้ดังแสดงในรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 กราฟเปรียบเทียบคะแนนรวมด้านการยอมรับทางสังคมของประเทศไทยเทียบกับประเทศที่ศึกษา

จากกราฟจะเห็นว่าในด้านกรยอมรับทางสังคม เนื่องจากประเทศสิงคโปร์มีกฎหมายใช้งานยานยนต์อัตโนมัติรองรับ ดังนั้นการยอมรับทางสังคมและการรับรู้ของประชาชนในเรื่องยานยนต์อัตโนมัติจึงมีสูงเป็นอันดับต้นของโลก ต่างจากในประเทศไทยที่เรื่องยานยนต์อัตโนมัติยังไม่ถูกกล่าวถึงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่าความพร้อมของด้านการยอมรับทางสังคมของประเทศไทยยังไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

และเมื่อนำตัวแปร 4 ด้านสำคัญไปประเมินเปรียบเทียบดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติจะแสดงได้ ดังรูปที่ 5-9



รูปที่ 5-9 กราฟเปรียบเทียบดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติเมื่อเทียบกับประเทศอื่น

ผลเปรียบเทียบกับหลายประเทศตามรายงานของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเตอร์เนชั่นแนล จะเห็นว่าประเทศไทยมีความพร้อมใกล้เคียงกับในภูมิภาคอย่างประเทศอินเดีย ด้วยปัจจัยดังกล่าวมาแล้วว่าประเทศไทยมีความได้เปรียบด้านโครงสร้างพื้นฐานของเทศ แต่ยังคงขาดความชัดเจนในเรื่องด้านนโยบาย และอาจต้องพัฒนาด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม รวมถึงการส่งเสริมการรับรู้ทางสังคมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในอนาคต ส่วนเมื่อเปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาที่ศึกษาพบว่าความพร้อมของประเทศไทยโดยภาพรวมแล้วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5.3 การวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญต่อการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

งานวิจัยนี้ได้ประเมินบริบทของประเทศไทยและการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มด้วยวิธีการการสัมภาษณ์ความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับยานยนต์อัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย ผู้แทนจากสถาบันยานยนต์ จำนวน 1 ท่านและผู้แทนจากกองพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม จำนวน 5 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งสองหน่วยงานมีความเห็นแยกเป็นประเด็นดังนี้

ด้านนโยบายและกฎหมาย ทั้งสองหน่วยงานมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานหรือกฎหมายในการกำกับดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติที่ชัดเจน การที่ไม่มีหน่วยงานกำกับดูแลที่ชัดเจนนี้จะส่งผลให้ไทยขาดแนวทางที่ชัดเจนในการพัฒนาหรือส่งเสริมการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติเชิงนโยบาย ส่วนในด้านกฎหมายไทยควรมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติที่ชัดเจนทั้งในเรื่องการใช้งานและความรับผิดชอบกฎหมายจากอุบัติเหตุ ซึ่งผู้แทนจากสถาบันยานยนต์ให้ความเห็นว่าหากต้องการให้เกิดการส่งเสริมการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติให้เกิดการใช้งานโดยเร่งด่วนนั้น จริงๆจะต้องตั้งอยู่ในรูปคณะกรรมการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์แห่งชาติ และมีคณะกรรมการที่ดูแลเรื่องยานยนต์อัตโนมัติโดยเฉพาะ ที่สามารถกำหนดทิศทางในการนำยานยนต์อัตโนมัติมาใช้งาน ไม่ว่าจะในด้านอุตสาหกรรม ด้านสังคมและด้านพลังงาน ซึ่งหากมีนโยบายที่ชัดเจนแล้วย่อมมีมาตรการต่างๆ ที่สอดคล้องกับความต้องการและสอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยออกมาเพื่อส่งเสริมการใช้งานจริงตามมา

ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ณ ปัจจุบันโดยภาพรวมของประเทศในด้านนี้จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้ข้อมูลว่ามีการศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับยานยนต์อัตโนมัติในส่วนของสถาบันการศึกษา และในหน่วยงานรัฐบางส่วนแต่ยังมาชัดเจนนัก โดยส่วนใหญ่แล้วจะถูกบรรจุอยู่ในแผนงานวิจัยและพัฒนาด้านยานยนต์สมัยใหม่ หรือแผนการพัฒนาเมืองอัจฉริยะ (SMART CITY) ในส่วนของภาคเอกชนยังมีจำนวนน้อย ถ้าเป็นการลงทุนในระดับอุตสาหกรรมยังไม่มีการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศ รวมถึงยังไม่มีการลงทุนระบบโครงสร้างพื้นฐานและระบบการทดสอบสำหรับยานยนต์อัตโนมัติ ผู้แทนจากสถาบันยานยนต์ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่าการส่งเสริมให้มีการวิจัยในประเทศเป็นสิ่งจำเป็นกับเพราะยานยนต์อัตโนมัติมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละประเทศ และด้านผู้แทนจากกองพัฒนาระบบการขนส่งและ

จรรยาให้ข้อเสนอแนะว่าไทยควรเร่งเปิดพื้นที่ทดลองใช้ (sandbox) ที่มีกฎเกณฑ์ใหม่ที่ผ่อนปรน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้เกิดการสร้างสรรคและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติเพิ่มมากขึ้น จากการสัมภาษณ์ในครั้งนี้ได้ข้อมูลจากผู้แทนจากสถาบันยานยนต์ว่าปัจจุบันในประเทศไทยเริ่มมีการติดตั้งเทคโนโลยีอัตโนมัติระดับที่ 1-2 ในรถยนต์ที่จำหน่ายในประเทศบ้างแล้วแต่ในระดับที่สูงกว่านี้ ยังอยู่ในขั้นวิจัย พัฒนา และทดสอบในต่างประเทศ

ด้านโครงสร้างพื้นฐาน ผู้แทนจากสถาบันยานยนต์ให้ความเห็นว่าควรมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ทำงานร่วมกันทั้งองค์ภาพพ ซึ่งการทำงานในรูปแบบปัจจุบันนั้นยังไม่เพียงพอด้วยยานยนต์อัตโนมัตินั้นต้องทำงานบนโครงสร้างพื้นฐานที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหน่วยงานที่รับผิดชอบหลาย

ด้านการยอมรับทางสังคม ทั้งสองหน่วยงานมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกันว่าควรมีการสร้างความรู้ให้เกิดการยอมรับ โดยเฉพาะในด้านความปลอดภัยของการใช้งาน และความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cyber Security) เนื่องจากต้องมีการเชื่อมต่อบรรยากาศที่มีอัตราการส่งถ่ายข้อมูลสูง และพัฒนาศักยภาพของบุคลากรด้านยานยนต์อัตโนมัติควบคู่ไปพร้อมกัน

5.4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศไทย โดยการศึกษานี้จะวิเคราะห์จากตัวแปรในแต่ละด้านเฉพาะในกรณี Thailand KPMG 2018 ทั้งนี้เพราะเป็นกรณีที่ต้องใช้เปรียบเทียบเชิงเส้นกับประเทศกรณีฐานที่มีบริบทเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบอิทธิพลของเปลี่ยนแปลงของแต่ละตัวแปรต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศไทย และเปรียบเทียบการเปลี่ยนของแต่ละตัวแปรเพื่อประเมินว่าตัวแปรนั้นมีอิทธิพลมากน้อยเพียงใดต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) การศึกษานี้จะกำหนดตัวแปรแต่ละตัวให้มีการเปลี่ยนภายใต้บริบทที่ตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นคงที่ โดยแบ่งกรณีของการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นจากค่าตัวแปรของประเทศไทยเป็น 10 กรณี ได้แก่ 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% และ 100% นำไปคำนวณตามสมการที่ 5-1 ถึง สมการที่ 5-5 เปรียบเทียบกับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศไทยที่สร้างขึ้น โดยกำหนดให้การเปลี่ยนแปลง 100% คือ ค่าสูงสุดของแต่ละตัวแปรในแต่ละด้าน

อ้างอิงจากรายงานเผยแพร่เรื่อง ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของ บริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล (KPMG, 2018) จะได้ผลจากการคำนวณดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ใหม่ที่อ่อนไหวตามร้อยละการเปลี่ยนแปลงของแต่ละค่าตัวแปรดังแสดงใน ตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)

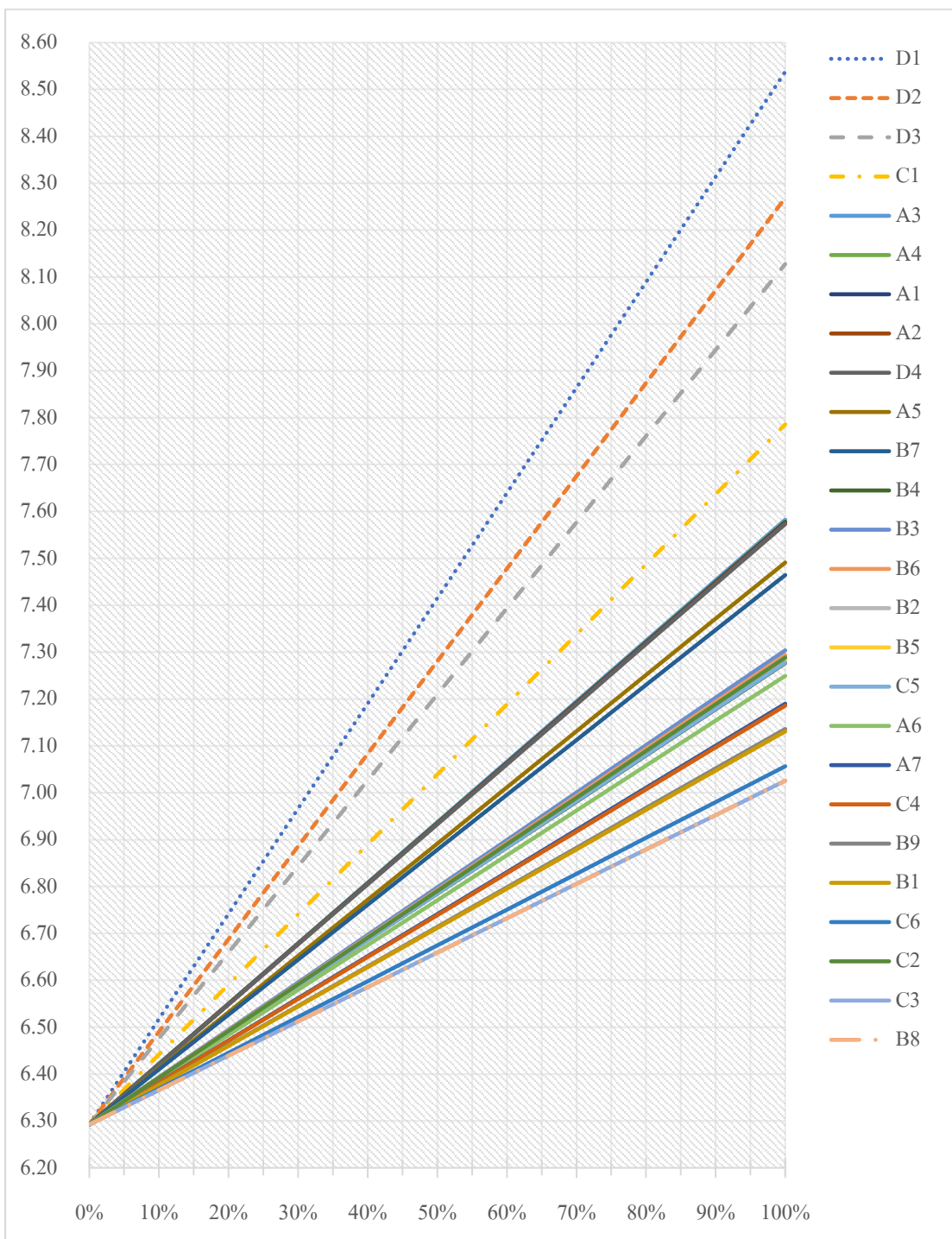
การเปลี่ยนแปลง	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
A ₁	6.42	6.55	6.68	6.81	6.93	7.06	7.19	7.32	7.45	7.58
A ₂	6.42	6.55	6.68	6.81	6.93	7.06	7.19	7.32	7.45	7.57
A ₃	6.42	6.55	6.68	6.81	6.94	7.07	7.20	7.32	7.45	7.58
A ₄	6.42	6.55	6.68	6.81	6.94	7.06	7.19	7.32	7.45	7.58
A ₅	6.41	6.53	6.65	6.77	6.89	7.01	7.13	7.25	7.37	7.49
A ₆	6.39	6.48	6.58	6.68	6.77	6.87	6.96	7.06	7.15	7.25
A ₇	6.38	6.47	6.56	6.65	6.74	6.83	6.92	7.01	7.10	7.19
B ₁	6.38	6.46	6.54	6.63	6.71	6.80	6.88	6.96	7.05	7.13
B ₂	6.39	6.49	6.59	6.69	6.79	6.89	6.99	7.09	7.19	7.29
B ₃	6.39	6.49	6.60	6.70	6.80	6.90	7.00	7.10	7.20	7.30
B ₄	6.39	6.49	6.59	6.69	6.78	6.88	6.98	7.08	7.18	7.28
B ₅	6.39	6.49	6.59	6.69	6.79	6.89	6.99	7.09	7.18	7.28
B ₆	6.39	6.49	6.59	6.69	6.79	6.89	6.99	7.09	7.19	7.29
B ₇	6.41	6.53	6.64	6.76	6.88	7.00	7.11	7.23	7.35	7.46
B ₈	6.37	6.44	6.51	6.59	6.66	6.73	6.81	6.88	6.95	7.03
B ₉	6.38	6.46	6.55	6.63	6.71	6.80	6.88	6.97	7.05	7.14
C ₁	6.44	6.59	6.74	6.89	7.04	7.19	7.34	7.49	7.64	7.79
C ₂	6.39	6.49	6.59	6.69	6.79	6.89	6.99	7.09	7.19	7.29
C ₃	6.37	6.44	6.51	6.59	6.66	6.73	6.81	6.88	6.95	7.03

การเปลี่ยนแปลง	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
C ₄	6.38	6.47	6.56	6.65	6.74	6.83	6.92	7.01	7.10	7.19
C ₅	6.39	6.49	6.59	6.69	6.79	6.88	6.98	7.08	7.18	7.28
C ₆	6.37	6.45	6.52	6.60	6.67	6.75	6.83	6.90	6.98	7.06
D ₁	6.52	6.74	6.97	7.19	7.42	7.64	7.86	8.09	8.31	8.54
D ₂	6.49	6.69	6.89	7.08	7.28	7.48	7.68	7.87	8.07	8.27
D ₃	6.48	6.66	6.84	7.03	7.21	7.39	7.58	7.76	7.94	8.13
D ₄	6.42	6.55	6.68	6.80	6.93	7.06	7.19	7.32	7.44	7.57

จากตารางการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ข้างต้น สามารถเปรียบเทียบความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไปต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ในรูปของกราฟได้ดังรูปที่ 5-7

จากรูปที่ 5-10 จะพบว่าแม้ว่าจะมีเพิ่มขึ้นของแต่ละค่าตัวแปรในร้อยละที่เท่ากันแต่การเปลี่ยนแปลงต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) จะแตกต่างกัน โดยตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) มากที่สุด ดังจะเห็นได้จากได้จากเส้นกราฟมีความชันมากที่สุด คือ ตัวแปรจำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ (D₁) ตามด้วย ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ (D₂) ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม (D₃) และ ความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง (C₁) ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) น้อยที่สุด คือ ความพร้อมในการทำงานของเทคโนโลยีล่าสุด (B₈) การวิเคราะห์ความอ่อนไหวนี้จะทำให้ทราบว่าในการเพิ่มศักยภาพของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศให้ทัน ควรมุ่งไปในประเด็นของการทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ การให้ข้อมูลผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ ตลอดจนการสร้างความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคมเพื่อรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติใน

ตลาด รวมไปถึงการเพิ่มความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทางซึ่งจะเป็น
 เชื้อเพลิงหลักของยานยนต์อัตโนมัติในอนาคต



รูปที่ 5-10 กราฟเปรียบเทียบความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไปต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)

จากตารางที่ 5-7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรที่ศึกษาต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) สามารถเปรียบเทียบผลจากการคำนวณดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ใหม่ที่อ่อนไหวตามร้อยละการเปลี่ยนแปลงของแต่ละค่าตัวกับดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศไทยที่สร้างขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.29 ดังแสดงในตารางที่ 5-8

ตารางที่ 5-8 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ศึกษาในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index)

การเปลี่ยนแปลง	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
A ₁	2.04%	4.08%	6.13%	8.17%	10.21%	12.25%	14.30%	16.34%	18.38%	20.42%
A ₂	2.04%	4.08%	6.11%	8.15%	10.19%	12.23%	14.27%	16.31%	18.34%	20.38%
A ₃	2.05%	4.10%	6.15%	8.20%	10.25%	12.30%	14.35%	16.40%	18.45%	20.50%
A ₄	2.04%	4.09%	6.13%	8.18%	10.22%	12.27%	14.31%	16.36%	18.40%	20.45%
A ₅	1.90%	3.81%	5.71%	7.62%	9.52%	11.43%	13.33%	15.24%	17.14%	19.05%
A ₆	1.52%	3.04%	4.56%	6.08%	7.60%	9.12%	10.64%	12.16%	13.68%	15.20%
A ₇	1.43%	2.85%	4.28%	5.71%	7.13%	8.56%	9.98%	11.41%	12.84%	14.26%
B ₁	1.33%	2.66%	4.00%	5.33%	6.66%	7.99%	9.33%	10.66%	11.99%	13.32%
B ₂	1.58%	3.17%	4.75%	6.33%	7.91%	9.50%	11.08%	12.66%	14.24%	15.83%
B ₃	1.61%	3.21%	4.82%	6.43%	8.04%	9.64%	11.25%	12.86%	14.46%	16.07%
B ₄	1.56%	3.13%	4.69%	6.26%	7.82%	9.38%	10.95%	12.51%	14.08%	15.64%
B ₅	1.58%	3.15%	4.73%	6.30%	7.88%	9.45%	11.03%	12.60%	14.18%	15.75%
B ₆	1.59%	3.18%	4.77%	6.37%	7.96%	9.55%	11.14%	12.73%	14.32%	15.91%
B ₇	1.86%	3.72%	5.59%	7.45%	9.31%	11.17%	13.04%	14.90%	16.76%	18.62%
B ₈	1.16%	2.33%	3.49%	4.66%	5.82%	6.99%	8.15%	9.32%	10.48%	11.65%
B ₉	1.34%	2.68%	4.02%	5.36%	6.70%	8.04%	9.38%	10.72%	12.06%	13.41%
C ₁	2.37%	4.75%	7.12%	9.49%	11.87%	14.24%	16.61%	18.99%	21.36%	23.73%
C ₂	1.58%	3.17%	4.75%	6.33%	7.91%	9.50%	11.08%	12.66%	14.24%	15.83%
C ₃	1.17%	2.33%	3.50%	4.66%	5.83%	6.99%	8.16%	9.32%	10.49%	11.65%
C ₄	1.42%	2.84%	4.26%	5.68%	7.10%	8.52%	9.94%	11.36%	12.78%	14.19%
C ₅	1.57%	3.13%	4.70%	6.26%	7.83%	9.40%	10.96%	12.53%	14.09%	15.66%
C ₆	1.21%	2.43%	3.64%	4.86%	6.07%	7.29%	8.50%	9.71%	10.93%	12.14%
D ₁	3.57%	7.14%	10.70%	14.27%	17.84%	21.41%	24.98%	28.55%	32.11%	35.68%
D ₂	3.14%	6.28%	9.42%	12.56%	15.70%	18.84%	21.98%	25.12%	28.27%	31.41%
D ₃	2.92%	5.83%	8.75%	11.67%	14.58%	17.50%	20.41%	23.33%	26.25%	29.16%
D ₄	2.04%	4.07%	6.11%	8.14%	10.18%	12.21%	14.25%	16.28%	18.32%	20.35%

5.5 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศที่ใช้เป็นประเทศกรณีฐาน

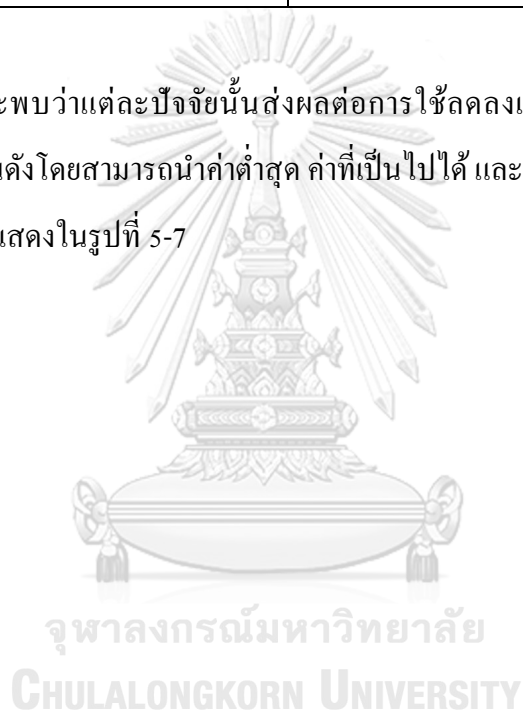
งานวิจัยนี้กำหนดให้ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศกรณีฐาน วิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติจากตารางที่ 2-1 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางและตารางที่ 2-2 ร้อยละการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานในปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ โดยหาช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากค่าต่ำสุด ค่าที่เป็นไปได้ และค่าสูงสุดในแต่ละปัจจัยย่อย ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตาราง ตารางที่ 5-9

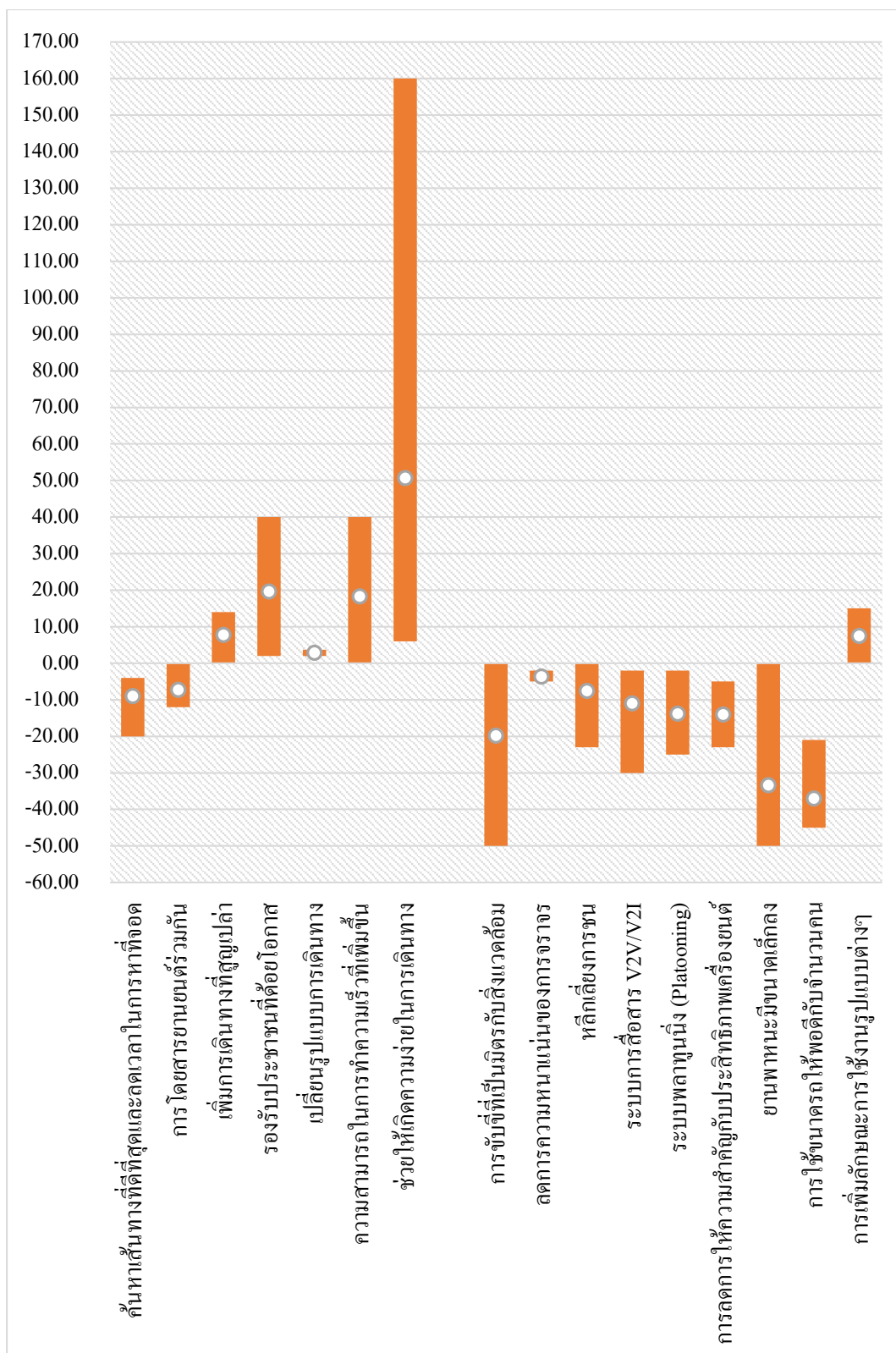
ตารางที่ 5-9 สรุปช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของประเทศกรณีฐาน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)		
	ค่าต่ำสุด (ω_{min})	ค่าที่เป็นไปได้ (ω)	ค่าสูงสุด (ω_{max})
ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง			
ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด	-20.00	-9.00	-4.00
การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน	-12.00	-7.25	0.00
เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า	0.00	7.75	14.00
รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส	2.00	19.63	40.00
เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	2.00	2.85	3.70
ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น	0.00	18.29	40.00
ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง	6.00	50.72	160.00
ค่าเฉลี่ย (ω_A)	11.85		
ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์			
การขับขี่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	-50.00	-19.78	0.00
ลดการความหนาแน่นของการจราจร	-5.00	-3.67	-2.00
หลีกเลี่ยงการชน	-23.00	-7.60	0.00
ระบบการสื่อสาร V2V/V2I	-30.00	-11.00	-2.00
ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning)	-25.00	-13.79	-2.00

ปัจจัยที่ส่งผลต่อช่วงร้อยละ การเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)		
	ค่าต่ำสุด (ω_{min})	ค่าที่เป็นไปได้ (ω)	ค่าสูงสุด (ω_{max})
การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์	-23.00	-14.00	-5.00
ยานพาหนะมีขนาดเล็กลง	-50.00	-33.33	0.00
การใช้ขนาดรถให้พอดีกับจำนวนคน	-45.00	-37.00	-21.00
การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ	0.00	7.50	15.00
ค่าเฉลี่ย (ω_A)	-14.74		

จากตารางจะพบว่าแต่ละปัจจัยนั้นส่งผลต่อการใช้ลดลงและเพิ่มขึ้นของความต้องการพลังงานที่แตกต่างกันดังโดยสามารถนำค่าต่ำสุด ค่าที่เป็นไปได้ และค่าสูงสุดในแต่ละปัจจัยย่อย มาแสดงเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 5-7





รูปที่ 5-11 กราฟแสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบจะเห็นว่าในปัจจุบันที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางเมื่อยานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดส่วนใหญ่มีแนวโน้มจะทำให้การใช้พลังงานในภาคขนส่งเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสาเหตุจากความง่ายในการเดินทาง การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมีการขยายการใช้งานครอบคลุมไปยังกลุ่มผู้ใช้ใหม่ๆ และปัจจัยจากการเดินทางที่สูญญเปล่า โดยมีช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางที่มากที่สุดอยู่ที่ร้อยละ -20 ถึงร้อยละ 160 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.85 สอดคล้องไปตามแนวโน้มที่คาดการณ์

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์พบว่าปัจจัยนี้ส่วนใหญ่มีแนวโน้มทำให้การใช้งานในภาคขนส่งลดลงเพราะยานยนต์อัตโนมัติมีการใช้ระบบสื่อสาร ระบบเซนเซอร์ และระบบประมวลผลขั้นสูงช่วยจัดการการใช้งานให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นจากเทคโนโลยีปัจจุบัน โดยมีช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางอยู่ที่ร้อยละ -50 ถึงร้อยละ 15 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ -14.74 สอดคล้องไปตามแนวโน้มที่คาดการณ์

ซึ่งทั้งสองปัจจัยหลักที่กล่าวมานี้จะเป็นตัวแปรสำคัญสำหรับการวางแผนพัฒนารูปแบบและประสิทธิภาพด้านการใช้งานให้ดียิ่งขึ้นไปในอนาคต

5.6 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์ อัตโนมัติของประเทศไทย

ประเมินบริบทของประเทศไทยผ่านดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติเทียบกับประเทศกรณีฐานตามปัจจัยที่ศึกษาซึ่งแสดงในตารางที่ 5-7 ด้วยวิธีการเปรียบเทียบเชิงเส้นโดยกำหนดให้

- ประเทศสหรัฐอเมริกา (ประเทศกรณีฐาน) มีดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติเท่ากับ 24.75
- ประเทศไทย มีดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติเท่ากับ 6.29

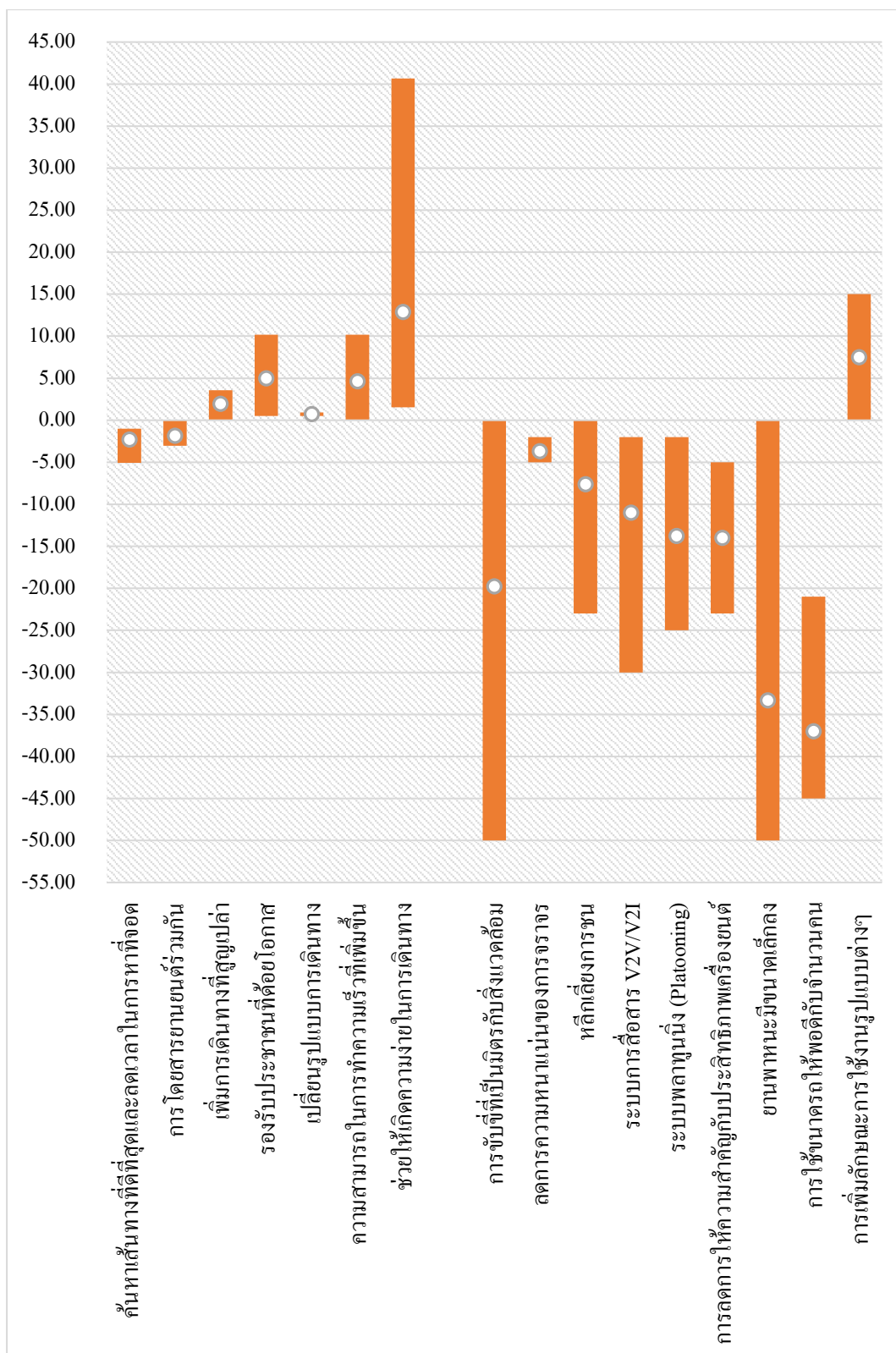
ในการเปรียบเทียบเชิงเส้นเพื่อประเมินความต้องการพลังงานไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติจะเปรียบเทียบเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางด้วยเพราะเป็นปัจจัยที่เฉพาะและจะขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละประเทศ ส่วนในปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์เป็นปัจจัยทางเทคนิคของตัวยานยนต์เองไม่ขึ้นอยู่กับบริบทของประเทศ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์จึงจะอ้างอิงช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของกรณีฐาน

ผลจากการเปรียบเทียบเชิงเส้นจะได้ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย โดยแสดงในตารางที่ 5-10 ตารางที่ 5-10 สรุปช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของประเทศไทย

ปัจจัยที่ส่งผลต่อช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)		
	ค่าต่ำสุด (ω_{min})	ค่าที่เป็นไปได้ (ω)	ค่าสูงสุด (ω_{max})
ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง			
ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด	-5.08	-2.29	-1.02
การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน	-3.05	-1.84	0.00
เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า	0.00	1.97	3.56
รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส	0.51	4.99	10.17
เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง	0.51	0.72	0.94
ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น	0.00	4.65	0.00

ปัจจัยที่ส่งผลต่อช่วงร้อยละ การเปลี่ยนแปลงพลังงาน	ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน (ω)		
	ค่าต่ำสุด (ω_{min})	ค่าที่เป็นไปได้ (ω)	ค่าสูงสุด (ω_{max})
ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง	1.52	12.89	40.66
ค่าเฉลี่ย (ω_A)	3.01		
ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์			
การจับจี้ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม	-50.00	-19.78	0.00
ลดการความหนาแน่นของการจราจร	-5.00	-3.67	-2.00
หลีกเลี่ยงการชน	-23.00	-7.60	0.00
ระบบการสื่อสาร V2V/V2I	-30.00	-11.00	-2.00
ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning)	-25.00	-13.79	-2.00
การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์	-23.00	-14.00	-5.00
ยานพาหนะมีขนาดเล็กกลง	-50.00	-33.33	0.00
การใช้ขนาดรถให้พอดีกับจำนวนคน	-45.00	-37.00	-21.00
การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ	0.00	7.50	15.00
ค่าเฉลี่ย (ω_A)	-14.74		

จากตารางนำค่าต่ำสุด ค่าที่เป็นไปได้ และค่าสูงสุดในแต่ละปัจจัยย่อยมาสร้างเป็นช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน แสดงเปรียบเทียบดังแสดงในรูปที่ 5-12



รูปที่ 5-12 กราฟแสดงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

จากกราฟเมื่อเปรียบเทียบจะเห็นว่าในปัจจุบันที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางเมื่อยานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดส่วนใหญ่มีแนวโน้มจะทำให้การใช้พลังงานในภาคขนส่งเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสาเหตุจากความง่ายในการเดินทาง การเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางมีการขยายการใช้งานครอบคลุมไปยังกลุ่มผู้ใช้ใหม่ๆ และปัจจัยจากการเดินทางที่สูญเสียเปล่าเปล่า เช่นเดียวกับประเทศกรีซ โดยในช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จากปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง อยู่ระหว่างร้อยละ -5.08 ถึงร้อยละ 40.66 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.01 สอดคล้องไปตามแนวโน้มที่คาดการณ์

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ศึกษาภายใต้สมมติฐานการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานเช่นเดียวกับประเทศกรีซ ด้วยเพราะเป็นปัจจัยทางเทคนิคของตัวยานยนต์เองไม่ขึ้นอยู่กับบริบทของประเทศ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทางจะอยู่ที่ร้อยละ -50.00 ถึงร้อยละ 15.00 โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ -14.74 สอดคล้องไปตามแนวโน้มที่คาดการณ์และมีค่าเท่ากับประเทศกรีซ

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบประเทศไทยกับประเทศกรีซอย่างประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าประเทศไทยมีในอนาคตมีแนวโน้มการใช้พลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติโดยภาพรวมลดลงโดยมีสาเหตุหลักมาจากประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นทำให้การใช้พลังงานที่ลดลงแต่จากบริบทของประเทศไทยที่ความพร้อมในการรองรับยานยนต์อัตโนมัติยังไม่สูงเมื่อเทียบกับประเทศกรีซ ดังนั้นความต้องการในการเดินทางที่เพิ่มขึ้นจากการใช้งานของยานยนต์อัตโนมัติจึงต่ำกว่า หากในอนาคตประเทศไทยมีความพร้อมในการใช้งานยานยนต์อัตโนมัติเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้ความต้องการในการเดินทางเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นปัจจัยที่ทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้นตามมา

จากการศึกษาข้างต้นจะสรุปเปรียบเทียบขอบเขตของการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ได้ดังตารางที่ 5-11

ตารางที่ 5-11 สรุปร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

สมมติฐาน	ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ	ขอบเขต	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากปัจจัยที่ส่งผลต่อการเดินทาง (ΔAV_{Dem})	ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงพลังงานจากปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ (ΔAV_{eff})
ประเทศสหรัฐอเมริกา	24.75	ค่าสูงสุด (ω_{max})	160	15.00
		ค่าเฉลี่ย (ω_A)	11.85	-14.74
		ค่าต่ำสุด (ω_{min})	-20	-50.00
ประเทศไทย	6.29	ค่าสูงสุด (ω_{max})	40.66	15.00
		ค่าเฉลี่ย (ω_A)	3.01	-14.74
		ค่าต่ำสุด (ω_{min})	-5.08	-50.00

จากข้อมูลข้างต้นเมื่อนำไปพิจารณาในพยากรณ์ของแต่ละกรณีจะได้แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยจะเป็นไปดังตารางที่ 5-12

ตารางที่ 5-12 สรุปพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย

การวิเคราะห์ พยากรณ์ แนวโน้ม	ระดับของ เทคโนโลยี การขับเคลื่อน อัตโนมัติ	ขอบเขต	ร้อยละของการ เปลี่ยนแปลง พลังงานจาก ปัจจัยที่ส่งผล ต่อการเดินทาง (ΔAV_{Dem})	ร้อยละของการ เปลี่ยนแปลง พลังงานจากปัจจัยที่ ส่งผลต่อ ประสิทธิภาพการใช้ พลังงานในยานยนต์ (ΔAV_{eff})
กรณีอ้างอิง (Base)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กรณีใช้ยานยนต์ อัตโนมัติโดยไม่มี การโดยสาร ยานยนต์ร่วมกัน (Non- Sharing)	เทคโนโลยี อัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป	Probable Case	3.01 (ค่าเฉลี่ย=ค่าสูงสุด) (ω_A)	-14.74 (ค่าเฉลี่ย=ค่าต่ำสุด) (ω_A)
		Extreme Case	40.66 (ค่าสูงสุด) (ω_{max})	-50.00 (ค่าต่ำสุด) (ω_{min})
กรณีใช้ยานยนต์ อัตโนมัติโดยมี การโดยสารยาน ยนต์ร่วมกัน (Sharing)	เทคโนโลยี อัตโนมัติระดับที่ 4 (high Automation) ขึ้นไป	Probable Case	3.01 (ค่าเฉลี่ย=ค่าสูงสุด) (ω_A)	-14.74 (ค่าเฉลี่ย=ค่าต่ำสุด) (ω_A)
		Extreme Case	40.66 (ค่าสูงสุด) (ω_{max})	-50.00 (ค่าต่ำสุด) (ω_{min})

ในกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกันนั้น การเปลี่ยนแปลงพลังงานจะคำนวณโดยใช้สมมติฐานเปรียบเทียบเชิงดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ จากรูปที่ 3-1 พยากรณ์สัดส่วนของยานยนต์ใหม่แต่ละรูปแบบในตลาดระหว่างปี ซึ่งเป็นสัดส่วนของประเทศกรณีฐานเป็นสัดส่วนของประเทศไทยได้ ดังตารางที่ 5-13

ตารางที่ 5-13 พยากรณ์สัดส่วนการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน ของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ของประเทศไทยตามสมมติฐาน

ปี พ.ศ. ที่พยากรณ์	ประเทศกรณีฐาน (ประเทศสหรัฐอเมริกา)		ประเทศไทย	
	ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ	สัดส่วนการโดยสารยานยนต์ร่วมกันของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ ($\theta_{t,Base}$)	ดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ	สัดส่วนการโดยสารยานยนต์ร่วมกันของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ ($\theta_{t,TH}$)
2563	24.75	1.35	6.29	0.34
2568		1.35		0.34
2573		27.70		7.04
2580		71.35		18.13

จากสัดส่วนสัดส่วนการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน ของยานยนต์จดทะเบียนใหม่ข้างต้นนี้ สามารถนำมาคำนวณหาช่วงของการเปลี่ยนแปลงพลังงานงานตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มในกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) ได้ดังสมการที่ 5-6

$$\Delta ED(t)_{Sharing,i} = \sum_i \sum_j [\theta_{t,TH} \times \omega_{(\omega_{max}, \omega_A, \omega_{max})} \times ED(t)_{PC,Taxi,t}] \quad (\text{สมการที่ 5-6})$$

โดยที่ ω คือ ช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงาน โดยการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มจะศึกษาเพิ่มเติมเฉพาะปัจจัยการโดยสารยานยนต์ร่วมกันของประเทศไทย โดยอ้างอิงจากข้อมูลในตารางที่ 5-10 สรุปช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของประเทศไทย ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ -3.05 โดยคำนวณตามยานยนต์ประเภท Light Duty Vehicle กลุ่ม PC TAXI ตามที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน โดยผลของการคำนวณจะทำให้ทราบผลการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตามสมมติฐานดังตารางที่ 5-14

ตารางที่ 5-14 การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตามสมมติฐานของ PC และ TAXI กรณีใช้ยานยนต์
อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing)

ปี พ.ศ.	การเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตามสมมติฐานของ PC และ TAXI (ktoe)			
	G	D	LPG	CNG
2562	-0.42	-0.37	-0.09	-0.07
2563	-0.43	-0.39	-0.09	-0.07
2564	-0.44	-0.41	-0.10	-0.07
2565	-0.45	-0.43	-0.10	-0.07
2566	-0.47	-0.45	-0.11	-0.08
2567	-0.48	-0.47	-0.11	-0.08
2568	-0.48	-0.49	-0.11	-0.08
2569	-0.48	-0.49	-0.11	-0.08
2570	-0.49	-0.51	-0.12	-0.09
2571	-0.49	-0.53	-0.12	-0.09
2572	-0.50	-0.55	-0.13	-0.09
2573	-10.37	-11.57	-2.68	-1.89
2574	-10.44	-11.91	-2.75	-1.93
2575	-10.48	-12.24	-2.82	-1.97
2576	-10.49	-12.56	-2.89	-2.00
2577	-10.49	-12.87	-2.96	-2.04
2578	-10.48	-13.17	-3.03	-2.08
2579	-10.46	-13.49	-3.09	-2.12
2580	-26.83	-35.54	-8.14	-5.54

จากตารางเมื่อเปรียบเทียบกับพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิงของประเทศไทยนั้น พบว่าในส่วนในช่วงของการเปลี่ยนแปลงพลังงานนั้น ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกรณีที่เปรียบเทียบด้วยเพราะมียานยนต์สะสมที่ยังไม่มีการติดตั้งเทคโนโลยีอัตโนมัติ

ในปริมาณมาก ทั้งบริบทของประเทศไทยในปัจจุบันยังขาดความพร้อมในด้านการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติเมื่อเทียบกับประเทศกรณัฐาน นอกจากนี้รื้อยสะการลดลงของพลังงานจากปัจจัยการโดยสารยานยนต์ร่วมกันยังมีน้อยเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่ต้องพัฒนาของประเทศไทยในอนาคตคือการเพิ่มความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติและการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดพลังงานจากปัจจัยการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน



บทที่ 6

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)

จากพยากรณ์ความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) จากข้อ 3.3.1 และพยากรณ์แนวโน้มตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ (Scenario Analysis) ตามสมมติฐานการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มแบบต่างๆ (Scenario) ของประเทศไทยดังตารางที่ 5-12 โดยคำนวณตามสมการที่ 6-1 และ สมการที่ 6-2

$$ED(t)_{t,Base,Non-sharing} = ED(t)_{i,t} + \sum_{PC,Taxi} [\Delta AV_{Dem,eff} \times ED(t)_{i,t}] \quad (\text{สมการที่ 6-1})$$

$$ED(t)_{t,Sharing} = ED(t)_{t,Non-sharing} + \Delta ED(t)_{Sharing \text{ Scenario},i} \quad (\text{สมการที่ 6-2})$$

จากคำนวณตามสมการจะได้แนวโน้ม 3 กรณีของแต่ละเชื้อเพลิงตามสมมติฐานเพื่อนำไปสร้างเป็นกราฟได้ ดังนี้

1. กรณีอ้างอิง (Base) ประกอบด้วย เส้นกราฟความต้องการพลังงานกรณีฐาน จำนวน 1 เส้น
2. กรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) ประกอบด้วย เส้นกราฟความต้องการพลังงาน จำนวน 4 เส้น คือ
 - เส้นกราฟความต้องการพลังงานของ Probable Case จำนวน 2 เส้นซึ่งประกอบด้วย เส้นค่าสูงสุดและเส้นค่าต่ำสุด
 - เส้นกราฟความต้องการพลังงานของ Extreme Case จำนวน 2 เส้นซึ่งประกอบด้วย เส้นค่าสูงสุดและเส้นค่าต่ำสุด
3. กรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) ประกอบด้วย เส้นกราฟความต้องการพลังงาน จำนวน 4 เส้น คือ
 - เส้นกราฟความต้องการพลังงานของ Probable Case จำนวน 2 เส้นซึ่งประกอบด้วย เส้นค่าสูงสุดและเส้นค่าต่ำสุด
 - เส้นกราฟความต้องการพลังงานของ Extreme Case จำนวน 2 เส้นซึ่งประกอบด้วย เส้นค่าสูงสุดและเส้นค่าต่ำสุด

พิจารณาค่าที่ได้จากการคำนวณตามสมการในแต่ละการวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มและเปรียบเทียบกันในรูปแบบของกราฟ อภิปรายผลการศึกษาและเปรียบเทียบผลการศึกษากับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 ซึ่งปริมาณความต้องการแสดงในตารางที่ 6-1

ตารางที่ 6-1 พยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) (กรมธุรกิจพลังงาน, 2558)

สาขาเศรษฐกิจ	ชนิดน้ำมัน	BAU		EEP100%	
		ปี 2569	ปี 2579	ปี 2569	ปี 2579
สาขาขนส่ง	เบนซิน	9,303	12,934	4,683	4,523
	ดีเซล	17,086	24,309	9,898	10,067
	LPG	4,601	8,001	2,785	4,264
	ก๊าซธรรมชาติ	5,731	9,269	4,020	5,447
	น้ำมันเครื่องบิน	7,206	10,036	7,206	10,036
	น้ำมันเตา	1,010	909	1,010	909
	รวมสาขาขนส่ง		44,937	65,459	29,602
รวมทุกสาขา	เบนซิน	9,381	13,012	4,760	4,600
	ดีเซล	23,972	32,389	16,784	18,147
	LPG	8,986	13,022	7,170	9,285
	ก๊าซธรรมชาติ	5,731	9,269	4,020	5,447
	น้ำมันเครื่องบิน	7,217	10,047	7,217	10,047
	น้ำมันเตา	1,699	1,598	1,699	1,598
	รวม		56,985	79,338	41,650

หมายเหตุ: BAU = Business as Usual

หน่วย: ktoe

ค่าจากการคำนวณตามสมการที่ 6-1 และสมการที่ 6-2 แสดงในตารางที่ ตารางที่ 6-2 ถึงตารางที่ 6-7

ตารางที่ 6-2 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการแบบ Probable Case

ปี พ.ศ.	ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าต่ำสุดตามสมมติฐาน (ktoe)				ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าสูงสุดตามสมมติฐาน (ktoe)			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2562	8,771.24	17,258.42	2,515.85	2,220.64	8,734.11	17,225.24	2,507.98	2,214.54
2563	9,017.76	17,910.78	2,616.94	2,294.67	8,941.19	17,841.07	2,600.47	2,282.10
2564	9,243.23	18,545.97	2,717.55	2,366.94	9,124.87	18,436.20	2,691.71	2,347.48
2565	9,451.75	19,174.10	2,817.79	2,437.03	9,289.33	19,020.59	2,781.78	2,410.27
2566	9,641.48	19,794.05	2,917.18	2,505.65	9,433.05	19,593.21	2,870.24	2,471.19
2567	9,795.69	20,400.55	3,015.25	2,575.11	9,539.85	20,149.14	2,956.63	2,532.46
2568	9,906.66	20,586.58	3,097.73	2,633.98	9,603.81	20,282.94	3,026.99	2,582.67
2569	9,894.24	20,066.83	3,142.04	2,668.41	9,550.41	19,714.97	3,059.95	2,608.54
2570	9,990.37	20,489.82	3,231.10	2,732.21	9,598.40	20,080.22	3,135.67	2,662.94
2571	10,076.25	21,044.99	3,324.01	2,795.53	9,634.32	20,573.21	3,214.37	2,716.70
2572	10,153.54	21,571.08	3,414.24	2,854.84	9,661.62	21,034.36	3,289.86	2,766.36
2573	10,209.28	22,063.23	3,502.08	2,913.90	9,667.75	21,459.05	3,362.36	2,815.32
2574	10,243.82	22,552.36	3,587.37	2,972.24	9,653.45	21,878.49	3,431.80	2,863.17
2575	10,247.17	22,997.65	3,670.44	3,028.67	9,608.98	22,251.99	3,498.55	2,908.85
2576	10,243.55	23,384.19	3,750.95	3,082.68	9,558.59	22,564.54	3,562.26	2,951.82
2577	10,223.02	23,718.98	3,829.63	3,134.69	9,492.56	22,823.21	3,623.67	2,992.55
2578	10,190.03	24,029.46	3,908.27	3,186.85	9,415.06	23,054.94	3,684.47	3,033.11
2579	10,139.80	24,357.08	3,988.74	3,240.56	9,320.75	23,300.26	3,746.34	3,074.85
2580	10,081.99	24,677.99	4,065.30	3,290.57	9,220.77	23,537.01	3,803.88	3,112.65

ตารางที่ 6-3 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Extreme Case

ปี พ.ศ.	ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าต่ำสุดตามสมมติฐาน (ktoe)				ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าสูงสุดตามสมมติฐาน (ktoe)			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2562	8,660.38	17,159.32	2,492.33	2,202.43	8,849.98	17,328.81	2,532.56	2,233.58
2563	8,789.11	17,702.62	2,567.76	2,257.14	9,180.15	18,058.61	2,651.87	2,321.31
2564	8,889.79	18,218.19	2,640.39	2,308.82	9,494.25	18,778.77	2,772.36	2,408.23
2565	8,966.76	18,715.70	2,710.28	2,357.11	9,796.20	19,499.65	2,894.14	2,493.79
2566	9,019.06	19,194.31	2,777.01	2,402.75	10,083.53	20,219.99	3,016.73	2,578.72
2567	9,031.74	19,649.81	2,840.21	2,447.74	10,338.25	20,933.73	3,139.57	2,665.57
2568	9,002.32	19,679.88	2,886.50	2,480.75	10,548.92	21,230.53	3,247.75	2,742.81
2569	8,867.52	19,016.14	2,896.91	2,489.63	10,623.42	20,813.04	3,316.13	2,795.37
2570	8,819.90	19,266.71	2,946.13	2,525.37	10,821.64	21,358.48	3,433.50	2,879.10
2571	8,756.59	19,636.21	2,996.60	2,560.11	11,013.49	22,045.51	3,556.54	2,962.73
2572	8,684.60	19,968.36	3,042.83	2,590.64	11,196.79	22,709.35	3,678.02	3,042.47
2573	8,592.20	20,259.08	3,084.87	2,619.51	11,357.73	23,344.55	3,798.38	3,122.98
2574	8,480.91	20,540.12	3,122.82	2,646.54	11,495.85	23,981.47	3,917.29	3,203.56
2575	8,341.45	20,771.02	3,157.17	2,670.86	11,600.63	24,579.02	4,034.97	3,282.79
2576	8,198.20	20,936.62	3,187.50	2,691.94	11,696.17	25,122.47	4,151.11	3,360.18
2577	8,041.80	21,044.11	3,214.61	2,710.23	11,772.13	25,618.68	4,266.42	3,436.15
2578	7,875.88	21,119.44	3,239.98	2,727.76	11,833.56	26,096.18	4,382.90	3,512.90
2579	7,694.01	21,201.31	3,264.90	2,745.73	11,876.82	26,598.32	4,502.82	3,592.00
2580	7,510.29	21,270.90	3,284.68	2,759.28	11,905.69	27,097.73	4,619.69	3,667.90

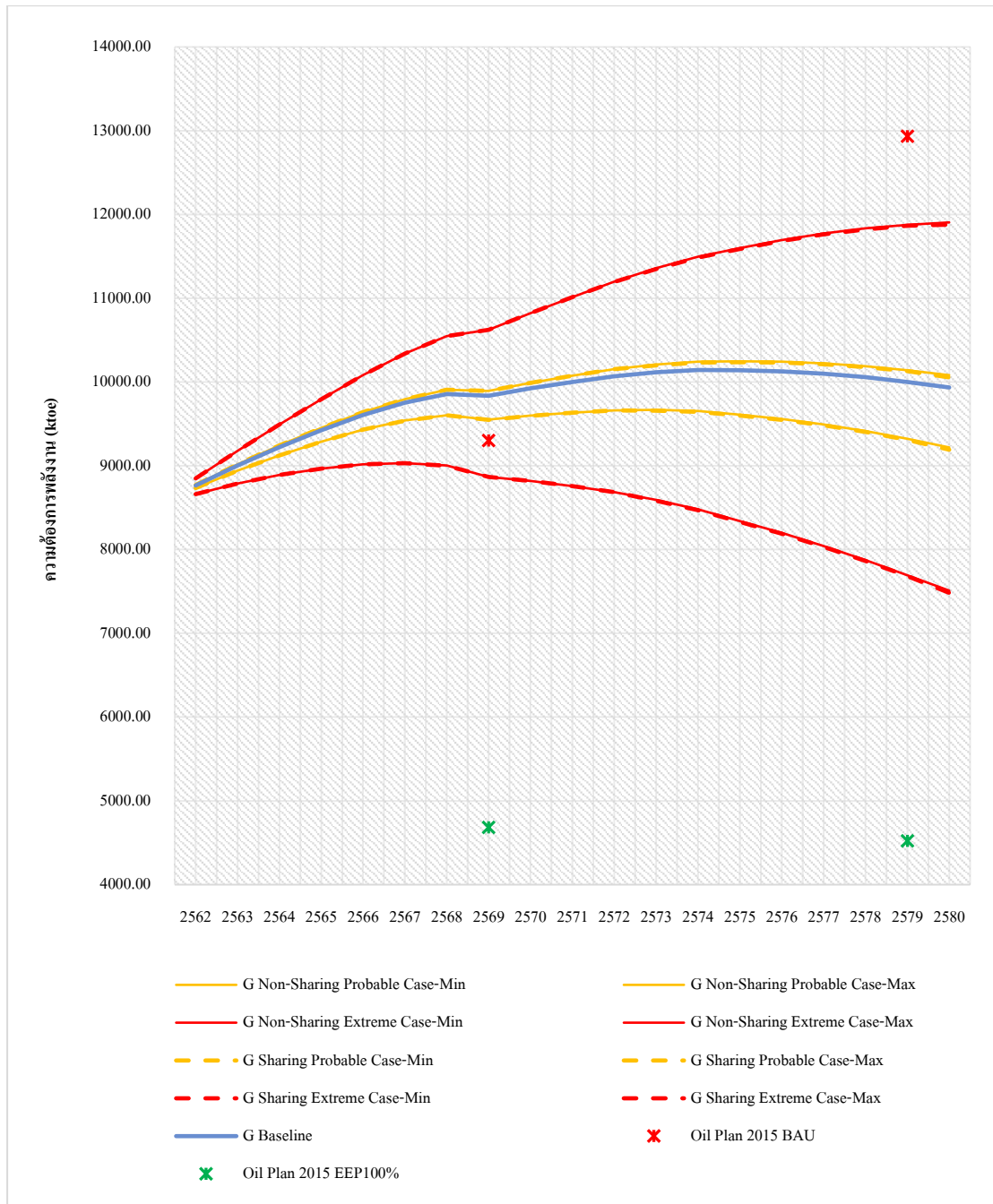
ตารางที่ 6-4 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing)
กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Probable Case

ปี	ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าต่ำสุดตามสมมติฐาน (ktoe)				ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าสูงสุดตามสมมติฐาน (ktoe)			
	พ.ศ.	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG
2562	8,770.82	17,258.05	2,515.76	2,220.58	8,733.70	17,224.87	2,507.89	2,214.48
2563	9,017.33	17,910.38	2,616.85	2,294.60	8,940.76	17,840.68	2,600.38	2,282.03
2564	9,242.79	18,545.56	2,717.46	2,366.87	9,124.43	18,435.79	2,691.61	2,347.41
2565	9,451.30	19,173.67	2,817.69	2,436.95	9,288.88	19,020.16	2,781.68	2,410.19
2566	9,641.02	19,793.60	2,917.08	2,505.57	9,432.58	19,592.76	2,870.14	2,471.11
2567	9,795.21	20,400.08	3,015.14	2,575.03	9,539.37	20,148.67	2,956.52	2,532.38
2568	9,906.17	20,586.10	3,097.62	2,633.90	9,603.33	20,282.46	3,026.88	2,582.58
2569	9,893.76	20,066.34	3,141.92	2,668.32	9,549.93	19,714.48	3,059.83	2,608.45
2570	9,989.88	20,489.31	3,230.99	2,732.12	9,597.91	20,079.71	3,135.55	2,662.86
2571	10,075.76	21,044.46	3,323.89	2,795.45	9,633.82	20,572.68	3,214.24	2,716.61
2572	10,153.04	21,570.54	3,414.11	2,854.75	9,661.12	21,033.81	3,289.73	2,766.27
2573	10,198.91	22,051.66	3,499.40	2,912.02	9,657.38	21,447.48	3,359.69	2,813.43
2574	10,233.39	22,540.45	3,584.62	2,970.32	9,643.02	21,866.58	3,429.05	2,861.24
2575	10,236.70	22,985.41	3,667.62	3,026.70	9,598.50	22,239.75	3,495.73	2,906.88
2576	10,233.05	23,371.63	3,748.06	3,080.67	9,548.10	22,551.98	3,559.37	2,949.82
2577	10,212.53	23,706.11	3,826.67	3,132.65	9,482.07	22,810.34	3,620.71	2,990.51
2578	10,179.56	24,016.29	3,905.24	3,184.78	9,404.59	23,041.77	3,681.44	3,031.03
2579	10,129.35	24,343.59	3,985.65	3,238.45	9,310.29	23,286.77	3,743.25	3,072.74
2580	10,055.16	24,642.45	4,057.15	3,285.03	9,193.94	23,501.47	3,795.74	3,107.11

ตารางที่ 6-5 ค่าคำนวณกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing)
กรณีเส้นกราฟความต้องการพลังงานแบบ Extreme Case

ปี พ.ศ.	ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าต่ำสุดตามสมมติฐาน (ktoe)				ความต้องการการใช้พลังงานจาก ค่าสูงสุดตามสมมติฐาน (ktoe)			
	G	D	LPG	CNG	G	D	LPG	CNG
2562	8,659.96	17,158.95	2,492.24	2,202.36	8,849.56	17,328.43	2,532.47	2,233.51
2563	8,788.68	17,702.23	2,567.67	2,257.07	9,179.72	18,058.22	2,651.78	2,321.24
2564	8,889.35	18,217.78	2,640.29	2,308.75	9,493.80	18,778.36	2,772.26	2,408.15
2565	8,966.30	18,715.27	2,710.17	2,357.03	9,795.74	19,499.22	2,894.04	2,493.72
2566	9,018.60	19,193.86	2,776.91	2,402.67	10,083.06	20,219.54	3,016.63	2,578.65
2567	9,031.26	19,649.35	2,840.10	2,447.66	10,337.77	20,933.26	3,139.46	2,665.49
2568	9,001.84	19,679.39	2,886.39	2,480.66	10,548.44	21,230.04	3,247.63	2,742.73
2569	8,867.04	19,015.64	2,896.80	2,489.55	10,622.94	20,812.55	3,316.02	2,795.29
2570	8,819.41	19,266.20	2,946.01	2,525.29	10,821.15	21,357.97	3,433.38	2,879.02
2571	8,756.09	19,635.68	2,996.48	2,560.03	11,012.99	22,044.98	3,556.42	2,962.64
2572	8,684.10	19,967.81	3,042.70	2,590.55	11,196.29	22,708.80	3,677.89	3,042.38
2573	8,581.83	20,247.51	3,082.20	2,617.62	11,347.36	23,332.98	3,795.70	3,121.10
2574	8,470.48	20,528.20	3,120.07	2,644.62	11,485.42	23,969.55	3,914.54	3,201.63
2575	8,330.98	20,758.78	3,154.35	2,668.89	11,590.16	24,566.78	4,032.15	3,280.82
2576	8,187.70	20,924.06	3,184.61	2,689.93	11,685.67	25,109.92	4,148.22	3,358.18
2577	8,031.30	21,031.24	3,211.65	2,708.19	11,761.64	25,605.82	4,263.46	3,434.11
2578	7,865.40	21,106.27	3,236.95	2,725.68	11,823.09	26,083.01	4,379.87	3,510.82
2579	7,683.55	21,187.81	3,261.81	2,743.61	11,866.37	26,584.83	4,499.72	3,589.88
2580	7,483.46	21,235.36	3,276.54	2,753.73	11,878.86	27,062.18	4,611.55	3,662.36

นำค่าคำนวณจากตารางทั้งหมดข้างต้น ไปสร้างกราฟตามแต่ละประเภทเชื้อเพลิงที่ศึกษาได้
ดังต่อไปนี้



รูปที่ 6-1 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน

จากรูปเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ของประเทศไทยโดยแบ่งเป็น 2 สมมติฐานคือ กรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) และกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติที่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) แต่ละสมมติฐานจะแบ่งออกเป็น 2 Case คือ Probable Case และ Extreme Case

จากการเปรียบเทียบในทุกกรณีและทุก Case พบว่า กรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสาร ยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) และกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) มีความต้องการพลังงานไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเพราะหากพิจารณาตามบริบทของ ประเทศไทยในปัจจุบัน ไทยยังต้องเพิ่มศักยภาพเพื่อให้ความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของ ยานยนต์อัตโนมัติเพิ่มขึ้นอีกจำนวนมาก อีกทั้งผลการศึกษาร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตาม ปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในกรณีของการโดยสารยานยนต์ ร่วมกัน นั้นยังมีปริมาณ ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นๆ ดังนั้นจึงส่งผลให้ไม่เกิดความแตกต่าง อย่างมีนัยสำคัญให้เห็นอย่างชัดเจน สำหรับการศึกษาในส่วนของ Probable Case และ Extreme Case พบว่าในส่วนของ Probable Case จะทำให้เกิดช่วงของการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานอยู่ ระหว่าง 3.01% ถึง -14.74% และอาจการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานจากยานยนต์อัตโนมัติได้ถึง ช่วง -50.00% ถึง 40.66% หากเป็นไปตามสมมติฐาน Extreme Case และเมื่อเปรียบเทียบกับความ ต้องการพลังงานกับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการ น้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2569 ขอบเขตความต้องการ เชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊ส โซซอล์ (G) กรณี Probable Case มีความต้องการพลังงานสูงเกิน กรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้ ส่วนในปี พ.ศ. 2579 ในขอบเขตความต้องการเชื้อเพลิงประเภทเบนซิน และแก๊สโซซอล์ (G) กรณี Probable Case และ Extreme Case กลับเข้าสู่การคาดการณ์ปกติคือมี ความต้องการไม่สูงเกินกรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มนี้แสดงให้เห็นว่าในช่วงปี พ.ศ. 2569 แม้ว่ามียานยนต์อัตโนมัติเข้า มาใช้งานจริงในตลาดก็ยังไม่ทำให้ความต้องการเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊ส โซซอล์ (G) ต่ำลงกว่าที่คาดการณ์ ดังนั้นในช่วงต้นนี้ ผู้กำหนดนโยบายจึงควรจัดหาเชื้อเพลิงประเภทดังกล่าวนี้ เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้น หรือรณรงค์ลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊ส โซซอล์ (G) ไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะหรือมาตรการอื่นใด รวมทั้งเพิ่ม ประสิทธิภาพแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) ส่วนในระยะยาวปี พ.ศ. 2579 ผลการพยากรณ์ แสดงให้เห็นว่าความต้องการอยู่ในขอบเขตที่แผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงคาดการณ์ ระยะนี้ผู้ กำหนดนโยบายอาจเพียงกำกับดูแลให้การใช้งานไม่สูงขึ้นไปกว่าเดิม และมุ่งเน้นส่งเสริมการใช้ ยานยนต์อัตโนมัติเพิ่มขึ้น

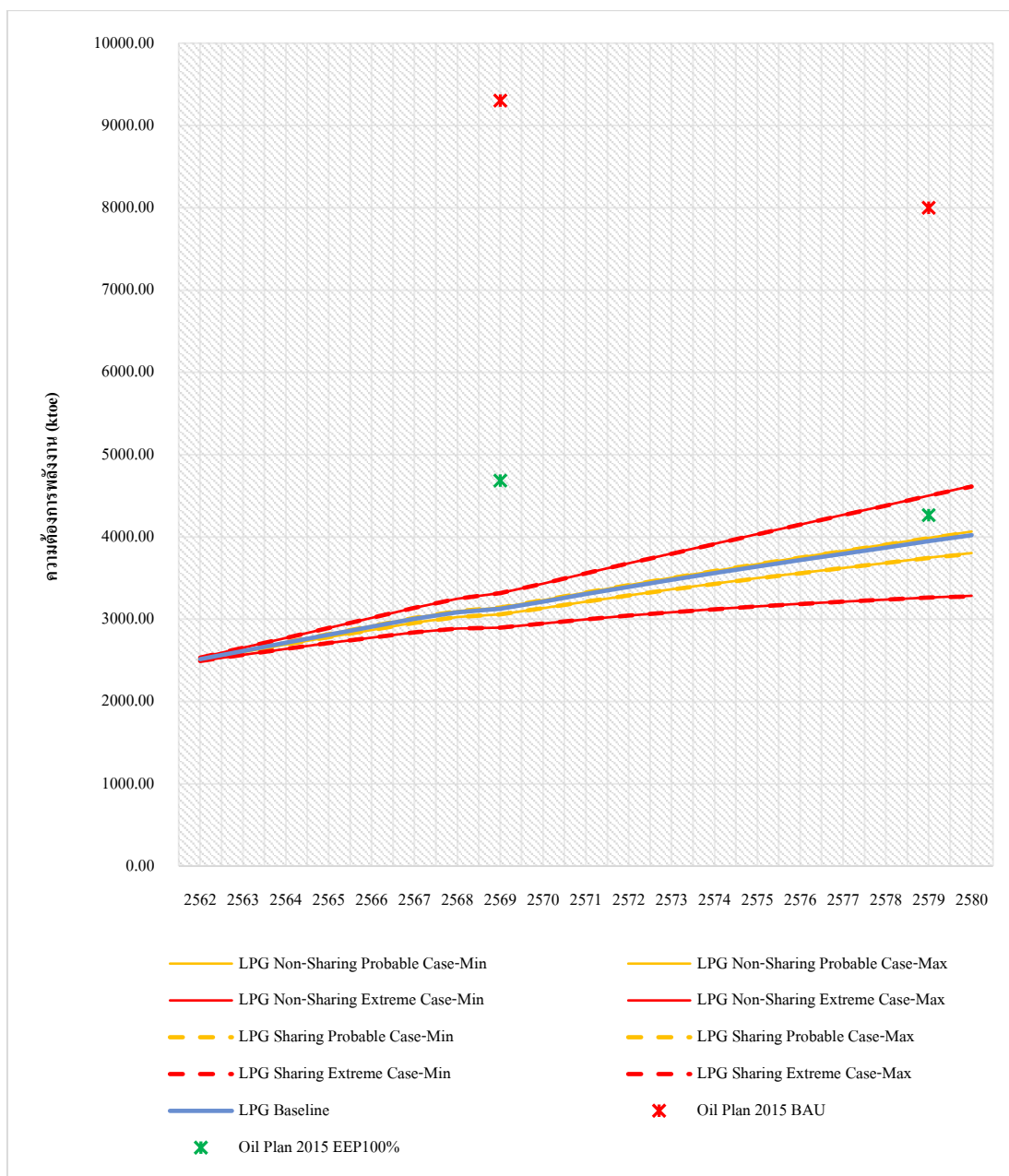


รูปที่ 6-2 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน

จากรูปเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ของประเทศไทยโดยแบ่งเป็นสมมติฐาน และขอบเขตของการศึกษา (Case) เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นและให้ผลเปรียบเทียบเช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นดั่งที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว และเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานกับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหาร

จัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2569 ขอบเขตความต้องการพลังงานเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) กรณี Probable Case และ Extreme Case ทั้ง 2 กรณี มีความต้องการพลังงานสูงเกินกรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้ แต่ในปี พ.ศ. 2579 ขอบเขตความต้องการพลังงานประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) กรณี Probable Case จะอยู่ในช่วง BAU ที่คาดการณ์ไว้

โดยผลการวิเคราะห์แนวโน้มแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) ยังค่อนข้างสูงและเพิ่มขึ้นกว่าการคาดการณ์เดิมตามแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะในช่วงปีพ.ศ. 2569 ดังนั้นทิศทางในการกำหนดนโยบายจึงควรมุ่งเน้นการจัดการเพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้ ขณะเดียวกันต้องตระหนักว่าการนำเข้าการพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศมากเกินไปจนอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงด้านพลังงานและยังส่งผลกระทบต่อดุลการค้าของประเทศด้วย ดังนั้นการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกอื่นทดแทนจึงเป็นมาตรการที่ควรเกิดขึ้นควบคู่กัน รวมทั้งมุ่งเน้นการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) ให้มีประสิทธิภาพตลอดระยะเวลาการพยากรณ์นี้ สำหรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในอนาคตนั้นอาจจะไม่ครอบคลุมการใช้งานของกลุ่มผู้ใช้เชื้อเพลิงประเภทดีเซลเดิมมากนัก ด้วยเพราะส่วนใหญ่เชื้อเพลิงชนิดนี้จะใช้ในกลุ่มรถบรรทุก แต่หากมีการปรับเทคโนโลยีให้เข้ากับการใช้งานบรรทุกมากขึ้นเชื่อว่าจะมีแนวโน้มทำให้ความต้องการพลังงานลดลงดังผลจากการวิเคราะห์แนวโน้มตามสมมติฐาน และหากต้องมีการทบทวนแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต ผู้กำหนดนโยบายควรมีการเพิ่มสัดส่วนความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซลเพื่อให้สอดคล้องการใช้งานจริงจากบริบทปัจจุบัน

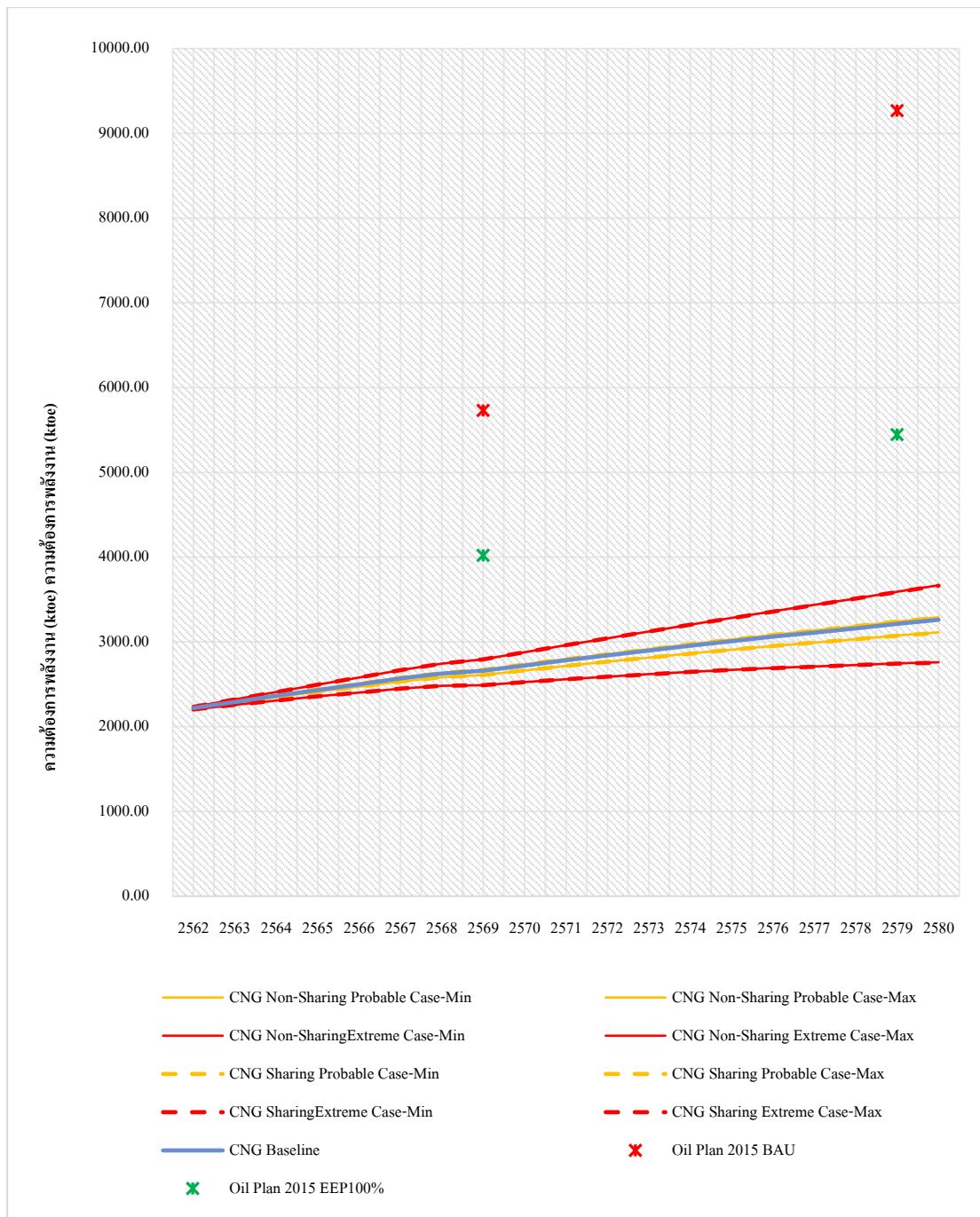


รูปที่ 6-3 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ของประเทศไทยตามสมมติฐาน

จากรูปเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ของประเทศไทยโดยแบ่งเป็นสมมติฐาน และขอบเขตของการศึกษา (Case) เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นและให้ผลเปรียบเทียบเช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานกับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) พบว่าใน

ขอบเขตความต้องการพลังงานประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) กรณีของ Probable Case และ Extreme Case ในช่วงปี พ.ศ. 2569 และในช่วงปี พ.ศ. 2579 มีความต้องการพลังงานไม่เกินกรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้ ทั้งยังมีค่าต่ำกว่าการคาดการณ์ในกรณีที่แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) ประสบความสำเร็จ 100% ที่พยากรณ์ไว้ ซึ่งการคาดการณ์ที่ต่ำกว่านี้เป็นผลมาจากการที่แผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงถูกพยากรณ์ขึ้นก่อน พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นช่วงที่ความต้องการก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ยังสูงมากเนื่องจากเป็นพลังงานทางเลือกที่ใช้ทดแทนเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์และประเภทดีเซลที่มีราคาสูง ภายหลังจากปี พ.ศ. 2558 เกิดการขุดค้นพบ Shale oil จำนวนมหาศาลของสหรัฐทำให้อุปทานน้ำมันล้นตลาดดั่งนั้นหลังปี พ.ศ. 2558 พลังงานทางเลือกอย่างก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ จึงถูกใช้ลดลง ผู้บริโภคจะกลับไปใช้เชื้อเพลิงหลักคือประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ และประเภทดีเซล แทนดั่งนั้น ดั่งนั้นจึงทำให้สมมติฐาน ณ ปีที่พยากรณ์ พ.ศ. 2562 จึงมีส่วนส่วนของความต้องการก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับสมมติฐานของแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มแสดงให้เห็นชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) นั้นมีอัตราการขยายตัวในภาคขนส่งที่ลดลงโดยมีสาเหตุสำคัญดังที่กล่าวไปในข้างต้น และหากมียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาดจะทำให้ความต้องการเชื้อเพลิงกลุ่มนี้ยิ่งลดลง ดังนั้นหากต้องมีการทบทวนแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต ผู้กำหนดนโยบายควรลดสัดส่วนความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ลง เพื่อให้สอดคล้องการใช้งานจริงจากบริบทปัจจุบัน และลดแผนในการจัดหาปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ลงจากเดิมตามคาดการณ์การใช้งานที่พยากรณ์ขึ้นทั้งนี้เพื่อรักษาสมดุลการใช้พลังงานในประเทศและลดการพึ่งพาต่างประเทศต่อไป



รูปที่ 6-4 การวิเคราะห์พยากรณ์แนวโน้มเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ของประเทศไทยตามสมมติฐานจากรูปเปรียบเทียบความต้องการพลังงานรวมของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ของประเทศไทยโดยแบ่งเป็นสมมติฐาน และขอบเขตของการศึกษา (Case) เช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นและให้ผลเปรียบเทียบเช่นเดียวกับเชื้อเพลิงชนิดอื่นดังที่กล่าวมาแล้ว

ข้างต้น และเมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการพลังงานกับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) พบว่าในขอบเขตความต้องการพลังงานประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) กรณี Probable Case และ Extreme Case ในช่วงปี พ.ศ. 2569 และในช่วงปี พ.ศ. 2579 มีความต้องการพลังงานไม่เกินกรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้ ทั้งยังมีค่าต่ำกว่าการคาดการณ์ในกรณีที่แผนอนุรักษ์พลังงาน (EEP) ประสบความสำเร็จ 100% ที่พยากรณ์ไว้ ซึ่งการคาดการณ์ที่ต่ำกว่านี้เป็นผลของความต้องการก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ที่ลดลงจากอุปทานน้ำมันล้นตลาดในช่วงหลังปี พ.ศ. 2558 เช่นเดียวกับกรณีของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ดังที่อภิปรายไปก่อนหน้านี้

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มแสดงให้เห็นชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญและสอดคล้องกับกรณีเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ที่มีอัตราการขยายตัวในภาคขนส่งลดลง ทำให้ความต้องการประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ค่อนข้างคงที่และอาจลดลงหากมียานยนต์อัตโนมัติเข้ามาในตลาด ดังนั้นหากต้องมีการทบทวนแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต ผู้กำหนดนโยบายควรลดสัดส่วนความต้องการก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ลง เพื่อให้สอดคล้องการใช้งานจริงจากบริบทปัจจุบัน และลดแผนในการจัดหาก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ลงจากเดิมตามคาดการณ์การใช้งานที่พยากรณ์ขึ้น ทั้งนี้ต้องสอดคล้องกับการส่งเสริมพลังงานทางเลือกเพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์และเชื้อเพลิงประเภทดีเซลเพื่อรักษาสมดุลการใช้พลังงานในประเทศ

จากทุกชนิดเชื้อเพลิงที่กล่าวมาข้างต้นแล้วสามารถสรุปการเปรียบเทียบความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) กับกรณีการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติว่ามีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non-Sharing) กับกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) ตามสมมติฐานการพยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ที่กำหนดทั้ง Probable Case และ Extreme Case พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพยากรณ์ วิเคราะห์บทบาทและสังเคราะห์งานวิจัยเชิงประจักษ์ ถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของภาคขนส่ง ตลอดจนประเมินบริบทของไทยเพื่อรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด ได้ผลการวิจัย ดังนี้

7.1 ผลกระทบของยานยนต์อัตโนมัติต่อการใช้พลังงานภาคขนส่งไทย

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง

การพยากรณ์การใช้พลังงานของภาคขนส่งไทยเพื่อใช้เป็นกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) โดยวิธีการพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) ด้วยแบบจำลอง Transport Stock Turnover Model เป็นต้นแบบ และใช้วิธีการพยากรณ์โดยวิธีปรับเทียบเอกซ์โพเนนเชียลแบบไฮโลท์ในการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) เพื่อพยากรณ์ปริมาณยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่ พยากรณ์ปริมาณยานยนต์สะสมในปีที่พยากรณ์ พยากรณ์ระยะการเดินทางสะสมในปีที่พยากรณ์ และสุดท้ายพยากรณ์ความต้องการพลังงาน โดยแบ่งประเภทของยานยนต์ที่ศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม Light Duty Vehicle ที่ยานยนต์มีน้ำหนักรวมไม่เกิน 3,856 กิโลกรัม ประกอบด้วยยานยนต์ 6 ประเภทคือ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (PC) รถยนต์บรรทุกส่วนบุคคล (PU) รถยนต์สี่ล้อเล็กรับจ้าง (TAXI) รถยนต์เชิงพาณิชย์ (COMC) รถยนต์รับจ้างสามล้อ (3WL) และรถจักรยานยนต์ (MC) และกลุ่มของ Heavy Duty Vehicle ที่ยานยนต์มีน้ำหนักรวมมากกว่า 3,856 กิโลกรัม ประกอบด้วยยานยนต์ 2 ประเภทคือ รถโดยสารประจำทาง (BUS) และรถบรรทุกสาธารณะ (TRK) แต่ละยานยนต์การใช้เชื้อเพลิง 5 ประเภท คือ เบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) ดีเซล (D) ก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) ก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ส่วนไฟฟ้า (E) กำหนดเป็นแค่เพียงเป็นส่วนหนึ่งของสมมติฐาน ผลการพยากรณ์ความต้องการพลังงานรวมทั้งสองกลุ่มยานยนต์ตามบริบทของไทยในปัจจุบันและสมมติฐานที่กำหนด พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2562 ถึง ปี พ.ศ. 2580 จะมีความต้องการเชื้อเพลิงในภาคขนส่งประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) อยู่ที่ 8,764.94 ktoe ถึง 9,935.84 ktoe โดยมีความต้องการสูงสุดอยู่ที่ 10,143.64 ktoe ความต้องการเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) อยู่ที่

17,252.79 ktoe ถึง 24,484.37 ktoe ความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) อยู่ที่ 2,514.52 ktoe ถึง 4,020.93 ktoe และความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) จะอยู่ที่ 2,219.61 ktoe ถึง 3,260.38 ktoe โดยเมื่อเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่ -20% -10% +10% +20% +30% เปรียบเทียบกับกรณีฐานเพื่อวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความต้องการพลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ที่เปลี่ยนแปลงไป พบว่าเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) มากที่สุดตามด้วยเชื้อเพลิงก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) เชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) และเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) น้อยที่สุด

พยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ความต้องการพลังงานของไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

ผลการทบทวนและสังเคราะห์งานวิจัยเชิงประจักษ์ ถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งถูกกำหนดเป็นประเทศกรณีฐานจากวิจัยที่อ้างอิง ซึ่งในการศึกษาจะแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น และปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานลดลง พบว่าในปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง จะเกิดจากปัจจัยย่อยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของประเทศกรณีฐาน 7 ปัจจัย และในปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์จะเกิดจากปัจจัยย่อยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของประเทศกรณีฐาน 9 ปัจจัย

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานตามปัจจัยต่างๆ ข้างต้นในบริบทของประเทศไทยเทียบกับประเทศกรณีฐานด้วยดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) โดยใช้วิธีการประเมินของบริษัท เคพีเอ็มจี อินเทอร์เน็ตเซ็นแนล ที่แยกประเมินออกเป็น 4 ด้านสำคัญ คือ ด้านนโยบายและกฎหมาย ด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม ด้านโครงสร้างพื้นฐาน และด้านการยอมรับทางสังคม จำนวน 26 ตัวแปร ผลการประเมินพบว่าดัชนีความพร้อม

ของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ของประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศกรณีสฐานมีค่าเท่ากับ 24.75 สำหรับประเทศไทยมีดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติเท่ากับ 6.29 โดยตัวแปรที่มีความอ่อนไหวต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) มากที่สุดคือ ตัวแปรจำนวนประชากรที่อาศัยในพื้นที่ทดสอบยานยนต์อัตโนมัติ (D_1) ตามด้วย ข้อมูลผู้บริโภครถที่เกี่ยวเนื่องกับการยอมรับยานยนต์อัตโนมัติ (D_2) ความพร้อมในการเปลี่ยนแปลงการใช้เทคโนโลยีของภาคประชาสังคม (D_3) ซึ่งเป็นตัวแปรด้านการยอมรับทางสังคม และความหนาแน่นของสถานีชาร์จยานยนต์ไฟฟ้าต่อระยะทาง (C_1) ในด้านโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงต่อดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) น้อยที่สุด คือ ความพร้อมในการใช้งานของเทคโนโลยีล่าสุด (B_9) ในด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม และเมื่อเปรียบเทียบ 2 ช่วงเวลาพบว่าในช่วงเวลาที่ผ่านมามีความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติที่เพิ่มขึ้นในทุกด้าน ยกเว้นด้านนโยบายและกฎหมาย

ใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงเส้นผ่านดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ข้างต้น เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยย่อยต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานภาคการขนส่งในบริบทของไทยเฉพาะปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความต้องการในการเดินทาง ส่วนส่วนในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์เป็นปัจจัยทางเทคนิคของตัวยานยนต์เองไม่ขึ้นอยู่กับริบทของประเทศ ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์จึงจะอ้างอิงช่วงร้อยละการเปลี่ยนแปลงพลังงานตามปัจจัยที่ศึกษาของกรณีสฐาน

ผลการเปรียบเทียบจะพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในภาคขนส่งไทยจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดของประเทศไทย

ในปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความต้องการในการเดินทางระหว่าง -5.08% ถึง 40.66% โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.01 จากกรณีอ้างอิง ที่เกิดจากปัจจัยย่อย ดังนี้

- ค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาที่จอด เปลี่ยนแปลง -5.08% ถึง -1.02% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ -2.29 %
- การโดยสารยานยนต์ร่วมกัน เปลี่ยนแปลง -3.05% ถึง 0.00% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ -1.84 %
- เพิ่มการเดินทางที่สูญเปล่า เปลี่ยนแปลง 0.00% ถึง 3.56% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ 1.97 %

- รองรับประชาชนที่ด้อยโอกาส เปลี่ยนแปลง 0.51% ถึง 10.17% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ 4.99%
- เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง เปลี่ยนแปลง 0.51% ถึง 0.94% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ 0.72%
- ความสามารถในการทำความเร็วที่เพิ่มขึ้น เปลี่ยนแปลง 0.00% ถึง 10.17% โดยมีความเป็นไปได้อยู่ที่ 4.65%
- ช่วยให้เกิดความง่ายในการเดินทาง เปลี่ยนแปลง 1.52% ถึง 40.66% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ 12.89%

และในปีจายที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ ระหว่าง -50.00% ถึง 15.00 % โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ -14.74 % จากกรณีอ้างอิง ที่เกิดจากปัจจัยย่อย ดังนี้

- การจับจีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เปลี่ยนแปลง -50.00% ถึง 0.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -19.78%
- ลดการความหนาแน่นของการจราจร เปลี่ยนแปลง -5.00% ถึง -2.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -3.67%
- หลีกเลี่ยงการชน เปลี่ยนแปลง -23.00% ถึง 0.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -7.60%
- ระบบการสื่อสาร V2V/V2I เปลี่ยนแปลง -30.00% ถึง -2.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -11.00%
- ระบบพลาทูนนิ่ง (Platooning) เปลี่ยนแปลง -25.00% ถึง -2.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -13.79%
- การลดการให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพเครื่องยนต์ เปลี่ยนแปลง -23.00% ถึง -5.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -14.00%
- ยานพาหนะมีขนาดเล็กลง เปลี่ยนแปลง -50.00% ถึง 0.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -33.33%
- การใช้ขนาดรถให้พอดีกับจำนวนคน เปลี่ยนแปลง -45.00% ถึง -21.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ -37.00%
- การเพิ่มลักษณะการใช้งานรูปแบบต่างๆ เปลี่ยนแปลง 0.00% ถึง 15.00% โดยมีความเป็นไปได้ อยู่ที่ 7.50%

สร้างสมมติฐานการพยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) จากอิทธิพลดังกล่าวข้างต้น โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ Probable Case มีช่วงการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน -3.01% ถึง -14.74% และ Extreme Case มีช่วงการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงาน -50.00% ถึง 40.66% จากกรณีอ้างอิง แต่ละกรณีจะถูกศึกษาด้วยแนวโน้มใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยมีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing)

ซึ่งมีจำนวน 18.13% ของยานยนต์ที่จดทะเบียนใหม่และมีการใช้พลังงานลดลง 3.05% ของกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non- Sharing)

การพยากรณ์ความต้องการพลังงานตามปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติของไทยเทียบกับกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis)

พยากรณ์แนวโน้มตามสมมติฐานการพยากรณ์แนวโน้ม (Scenario Analysis) ที่กำหนดพบว่าความต้องการพลังงานภาคการขนส่งของไทยกรณีอ้างอิง (Baseline Scenario Analysis) กับกรณีการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติที่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติโดยไม่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Non- Sharing) กับกรณีใช้ยานยนต์อัตโนมัติที่มีการโดยสารยานยนต์ร่วมกัน (Sharing) ทั้ง Probable Case และ Extreme Case พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

7.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับประเทศ

ความต้องการพลังงานของประเทศไทยที่วิเคราะห์โดยวิธีพยากรณ์จากการใช้ปลายทาง (End-use Energy Demand Model) ด้วยแบบจำลอง Transport Stock Turnover Model ตามสมมติฐานที่กำหนดในงานวิจัยนี้พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2569 จะมีความต้องการเชื้อเพลิงประเภทเบนซินและแก๊สโซฮอล์ (G) และเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (D) สูงกว่าค่า BAU ที่คาดการณ์ไว้ในแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (Oil Plan 2015) แต่ในช่วง พ.ศ. 2579 ความต้องการจะกลับเข้าสู่การคาดการณ์ปกติคือมีความต้องการไม่สูงเกินกรณี BAU ที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งหากเป็นไปตามผลการพยากรณ์นี้ ในช่วงที่มีความต้องการพลังงานสูงกว่าการคาดการณ์ภาครัฐอาจต้องวางแผนในเชิงนโยบายหรือบริหารจัดการให้เพื่อให้เกิดความสมดุลของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งนั้นสูงมากและเป็นปัจจัยสำคัญของกิจกรรมทางเศรษฐกิจอื่น ที่อาจเกิดความเล็งอันจะกระทบต่อการพัฒนาประเทศทั้งทางตรงและทางอ้อมในอนาคตได้ สำหรับในกรณีของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ (LPG) และของเชื้อเพลิงประเภทก๊าซธรรมชาติสำหรับยานยนต์ (CNG) ผลการพยากรณ์แสดงให้เห็นชัดเจนอย่างมีอัตราขยายตัวในภาคขนส่งที่ลดลงและมีความต้องการที่คงที่ ดังนั้นหากต้องมีการทบทวนแผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงในอนาคต ผู้กำหนดนโยบายควรลดสัดส่วน

ความต้องการเชื้อเพลิงประเภทก๊าซปิโตรเลียมเหลวสำหรับยานยนต์ลง เพื่อให้สอดคล้องการใช้งานจริงจากบริบทปัจจุบัน

ในส่วนของยานยนต์อัด โนมัติเมื่อเข้ามาในตลาดของไทยจะมีอิทธิพลทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงไปด้วย 2 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการในการเดินทาง ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น และปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในยานยนต์ซึ่งมีแนวโน้มทำให้การใช้พลังงานลดลง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ณ บริบทปัจจุบันการเข้ามาของยานยนต์อัด โนมัติในตลาดของไทยส่งผลทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานลดลง แต่ในอนาคตหากไทยมีความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัด โนมัติมากขึ้น ก็จะทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานสูงขึ้นตาม ดังนั้นการกำหนดนโยบายจึงควรมุ่งเน้นให้เหมาะสมทั้งสองปัจจัย อันจะส่งผลต่อสมดุลในการใช้พลังงานของประเทศในภาพรวม และสิ่งสำคัญในการดำเนินนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้งานยานยนต์อะนันทจุด/ถดจต โนมัติของไทยนั้น ภาครัฐควรคำนึงถึงเรื่องการยอมรับทางสังคมซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความอ่อนไหวจากการศึกษา อันส่งผลต่อความพร้อมของประเทศในการนำยานยนต์อัด โนมัติเข้ามาใช้งานจริงในตลาด นอกจากนี้ภาครัฐยังควรส่งเสริมให้มีการวิจัยในประเทศด้านยานยนต์อัด โนมัติเพื่อปรับการใช้งานให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย รวมไปถึงการพัฒนาศักยภาพของประเทศด้านนโยบายและกฎหมายซึ่งมีแนวโน้มลดลงให้เพิ่มสูงขึ้น

7.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

การเปลี่ยนแปลงความต้องการการใช้พลังงานในแต่ละปัจจัยย่อยตาม สมมติฐานของงานวิจัยที่อ้างอิงจากต่างประเทศนั้นจะศึกษาโดยคาดการณ์ถึงข้อดีและความท้าทายที่จะเกิดขึ้นจากการนำยานยนต์อัด โนมัติมาใช้งานจริงและวิเคราะห์ผลที่ได้ตามสมมติฐานที่กำหนดภายใต้บริบทปัจจุบัน ซึ่งความไม่แน่นอนนี้อาจส่งผลต่อความแตกต่างจากหรืออาจสอดคล้องกับการใช้งานจริงของยานยนต์อัด โนมัติในอนาคตได้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานของประเทศจากการเข้ามาของยานยนต์อัด โนมัติในตลาดเฉพาะในเชิงเทคนิคจากบริบทเป็นอยู่ในปัจจุบันเพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้น หากแต่ยังมีปัจจัยด้านนโยบายภาครัฐและมิติทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งจะส่งผลโดยตรงเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานในอนาคต

7.4 แนวทางงานวิจัยขั้นต่อไป

งานวิจัยนี้เห็นได้ชัดว่าการประเมินความต้องการการใช้พลังงานและความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัตินั้นไม่ได้มีเพียงแค่มิติทางด้านเทคนิคซึ่งอยู่ในสมมติฐานของการศึกษาในครั้งนี้เท่านั้น หากแต่ยังมีมิติอื่นทั้งในมิติทางเศรษฐศาสตร์และการยอมรับจากภาคประชาสังคมซึ่งเป็นปัจจัยที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป



บรรณานุกรม

- Azam, M., Othman, J., Begum, R. A., Abdullah, S. M. S., & Nor, N. G. M. (2016). Energy consumption and emission projection for the road transport sector in Malaysia: an application of the LEAP model. *Environment, Development and Sustainability*, 18(4), 1027-1047. doi:10.1007/s10668-015-9684-4
- Brown, A., Gonder, J., & Repac, B. (2014). Erratum to: An Analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicles. In G. Meyer & S. Beiker (Eds.), *Road Vehicle Automation* (pp. E1-E1). Cham: Springer International Publishing.
- Chen, Y., Gonder, J., Young, S., & Wood, E. (2017). Quantifying autonomous vehicles national fuel consumption impacts: A data-rich approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.10.012>
- Chollacoop, N., Saisirirat, P., Fukuda, T., & Fukuda, A. (2011). Scenario Analyses of Road Transport Energy Demand: A Case Study of Ethanol as a Diesel Substitute in Thailand. *Energies*, 4, 108-125. doi:10.3390/en4010108
- GSMA. (2016). Mobile Connectivity Index. Retrieved from <http://www.mobileconnectivityindex.com/#year=2016&dataSet=enabler>
- GSMA. (2018). Mobile Connectivity Index. Retrieved from <http://www.mobileconnectivityindex.com/#year=2018&dataSet=enabler>
- Klaus Schwab, X. S.-i.-M., Richard Samans. (2018). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. Retrieved from <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018>
- Klaus Schwab, X. S.-i.-M., Richard Samans. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Retrieved from <https://www.weforum.org/reports/global-competitiveness-report-2019>
- KPMG. (2017). *KPMG 2017 Change Readiness Index*. Retrieved from <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2017/06/2017-change-readiness-index.html>
- KPMG. (2018). *KPMG Autonomous Vehicles Readiness Index :Assessing countries' openness and preparedness for autonomous vehicles*. Retrieved from <https://home.kpmg/uk/en/home/insights/2018/01/2018-autonomous-vehicles-readiness-index.html>

- KPMG. (2019). 2019 Change Readiness Index tool. Retrieved from <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2019/06/2019-change-readiness-index-tool.html>
- Lee, J., & Kockelman, K. M. (2018). *Energy And Emissions Implications Of Self-Driving Vehicles*. Paper presented at the 98th Annual Meeting of the Transportation Research Board and for publication in Transportation Research Record. .
- Malla, S., & Timilsina, G. R. (2016). *Long-Term Energy Demand Forecasting in Romania Modeling Approach*. (WPS7697). World Bank Group Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/982171467993734307/Long-term-energy-demand-forecasting-in-Romania-an-end-use-demand>
- Martin Röhrleef, V. D., Till Ackermann (2015). *Scenarios for Autonomous Vehicles – Opportunities and Risks for Transport Companies*. Retrieved from <https://www.vdv.de/position-autonom-mmm-praesidium-vdv-eng.pdf>
- MINNEAPOLIS. (2016). Segmenting the Autonomous Vehicle Value Chain: A Look at Who is in the "Driverless" Seat. Retrieved from <http://www.prweb.com/releases/vsi/segmentsautonomousvehicle/prweb13472308.htm>
- Moshiri, S., Atabi, F., Hassan Panjehshahi, M., & Lechtenböehmer, S. (2012). Long run energy demand in Iran: a scenario analysis. *International Journal of Energy Sector Management*, 6(1), 120-144. doi:doi:10.1108/17506221211216571
- NHTSA. (2019). The Road to Full Automation. Retrieved from <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- Open Signal. (2016). The State of LTE (June 2017). *4G Availability*. Retrieved from <https://www.opensignal.com/reports/2017/06/state-of-lte>
- Open Signal. (2019). Thailand รายงานประสบการณ์การใช้เครือข่ายมือถือ พฤษภาคม 2019 การเข้าถึง 4G. Retrieved from <https://www.opensignal.com/th/reports/2019/05/thailand/mobile-network-experience#regional-analysis>
- Patent iNSIGHT Pro. (2016). *Autonomous car-control mechanism*. Retrieved from <http://www.patentinsightpro.com/techreports/0416/Autonomous%20Car-Control%20Mechanism.pdf>
- Pongthanaisawan, J., & Sorapipatana, C. (2012, May 24 –26, 2012). *Technology Assessment for Life Cycle GHG Emissions Mitigation in Thailand's Road Transport Sector*. Paper presented at

- the International Conference on Green and Sustainable Innovation 2012 Chiang Mai, Thailand.
- Silja Baller, S. D., Bruno Lanvin,. (2016). *The Global Information Technology Report 2016*. Retrieved from <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/networked-readiness-index/>
- Stephens, T. S., Gonder, J., ChenZ., Y., Liu, L. a. C., & Gohlke, D. (2016). *Estimated Bounds and Important Factors for Fuel Use and Consumer Costs of Connected and Automated Vehicles*. Retrieved from www.nrel.gov/publications.
- Stewart, T. (2019). 263 Self-Driving Car Startups to Watch. Retrieved from <https://blog.cometlabs.io/263-self-driving-car-startups-to-watch-8a9976dc62b0>
- The World Bank. (2012). *Greenhouse Gas Analysis at the World Bank* (69711). The World Bank Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/260951468330293602/Greenhouse-gas-analysis-at-the-World-Bank>
- The World Bank. (2018). Logistics Performance Index 2018. Retrieved from <https://lpi.worldbank.org/>
- U.S.EIA. (2017). *Study of the Potential Energy Consumption Impacts of Connected and Automated Vehicles*. Retrieved from https://www.eia.gov/analysis/studies/transportation/automated/pdf/automated_vehicles.pdf
- Van Brummelen, J., O'Brien, M., Gruyer, D., & Najjaran, H. (2018). Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89, 384-406. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.02.012>
- Wadud, Z., MacKenzie, D., & Leiby, P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.12.001>
- World Economic Forum. (2019a). The Global Competitiveness Report 2019. Retrieved from <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2019/competitiveness-rankings/#series=GCI4.D.12>
- World Economic Forum. (2019b). Network Readiness Index Retrieved from <http://reports.weforum.org/network-readiness-index/>

- กรมการขนส่งทางบก, ก. ก. (2019a). จำนวนรถจดทะเบียน (สะสม) จำแนกชนิดเชื้อเพลิง ณ วันที่ 31 ธันวาคม. Retrieved from <https://web.dlt.go.th/statistics/>
- กรมการขนส่งทางบก, ก. ก. (2019b). จำนวนรถจดทะเบียน (สะสม) จำแนกตามอายุยานยนต์ ณ วันที่ 31 ธันวาคม. Retrieved from <https://web.dlt.go.th/statistics/>
- กรมการขนส่งทางบก, ก. ก. (2019c). จำนวนรถจดทะเบียนใหม่ ปี พ.ศ. 2534 - 2561. Retrieved from <https://web.dlt.go.th/statistics/>
- กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2019). ระบบสืบค้นข้อมูลสิทธิบัตรออนไลน์. Retrieved from <http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013/simplesearch.php>. Available from กรมทรัพย์สินทางปัญญา Retrieved 24 October, from กรมทรัพย์สินทางปัญญา <http://patentsearch.ipthailand.go.th/DIP2013/simplesearch.php>
- กรมธุรกิจพลังงาน. (2558). แผนการบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ. 2558 – 2579 (*Oil Plan 2015*). Retrieved from http://www.doeb.go.th/2017/services/info/oilplan/oil_plan58-79.pdf:
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). (2019a). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2562. Retrieved from https://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=50815
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). (2019b). สถิติและข้อมูลพลังงาน (Energy Statistics & Information) การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในสาขาขนส่ง (*FINAL ENERGY CONSUMPTION FOR TRANSPORTATION SECTOR*). Retrieved from https://www.dede.go.th/download/state_61/Consumption_Econ_61/8_Consumption_Transportation.pdf
- คณะกรรมการศึกษาและจัดทำแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. (2017). รายงานแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไฟฟ้าเพื่อรองรับยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย. Retrieved from <http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/12438-ev-plan>
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2019). เครื่องชี้เศรษฐกิจมหภาคของไทย. Retrieved from <https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/EconomicAndFinancial/Pages/StatMacroeconomicIndicators.aspx>
- ปตท. (2019). ราคาขายปลีก กทม. และปริมณฑล. Retrieved from <http://www.pttplc.com/th/Media-Center/Oil-Price/Pages/Bangkok-Oil-Price.aspx>

ปรัชญา พลະพันธ์. (2560). คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย *Minitab* ฉบับมืออาชีพ (Vol. 1):
ไอดีซีฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2015). โครงการศึกษาการเตรียมความพร้อมรองรับการใช้
ยานพาหนะไฟฟ้าในอนาคตสำหรับประเทศไทย. Retrieved from
<http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/7587-stu-re001>:





ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

สรุปคำถามสำคัญในการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเรื่องประเด็นความพร้อมและบริบทของประเทศไทย
ในการรองรับการเข้ามาของจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

1. การสัมภาษณ์ผู้แทนจากสถาบันยานยนต์

ชื่อ : ไม่ประสงค์ระบุนามจำนวน 1 ท่าน

วันที่ : 31 ตุลาคม 2562

ช่องทางและสถานที่สัมภาษณ์ : ทางไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

สรุปคำถามสำคัญในการสัมภาษณ์ :

- ประเด็นความพร้อมและบริบทของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

คำถาม 1. ในความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่าในบริบทของประเทศไทยปัจจุบัน มีความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดแล้วหรือยัง และประเทศไทยมีจุดแข็งและจุดอ่อนอย่างไรบ้างในการรองรับเทคโนโลยีนี้ในความคิดเห็นของท่าน

คำถาม 2. งานวิจัยนี้ประเมินบริบทของยานยนต์อัตโนมัติในไทยโดยอ้างอิงจากดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เหมาะสมหรือไม่ ต่อค่าตัวแปรที่ผู้วิจัยประเมิน

- ประเด็นเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยมีการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

คำถาม 2. ในมุมมองของท่าน ท่านคิดว่าการนำเทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติมาใช้ในประเทศไทยจะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานของไทยมากน้อยเพียงใด

- ประเด็นการลงทุนและอุตสาหกรรมยานยนต์ที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในภาพรวมของประเทศไทยปัจจุบันมีการลงทุนในด้านยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยมากน้อยเพียงใด

คำถาม 2. ในฐานะที่ท่านเป็นศูนย์กลางในพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศผู้ผลิตยานยนต์ในประเทศไทยมีแผนในการนำยานยนต์อัตโนมัติทดสอบหรือวางจำหน่ายในประเทศไทยหรือไม่อย่างไร

คำถาม 3. ในความคิดเห็นของท่านอะไรคืออุปสรรคสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย หรือปัจจัยที่ขัดขวางทำให้การงานจริงของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยเกิดขึ้นได้ยาก

คำถาม 4. ในความคิดเห็นของท่านมีนโยบายรัฐใดที่ต้องการสนับสนุนเพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดการใช้งานจริงของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

- ประเด็นประเด็นที่ต้องให้ความสนใจที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในความคิดเห็นของท่าน ความท้าทายในการนำยานยนต์อัตโนมัติมาใช้ในประเทศไทยคืออะไร มีประเด็นใดที่ต้องให้ความสนใจติดตามเพิ่มเติม หรือต้องเฝ้าระวังเกี่ยวกับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

- ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อวิทยานิพนธ์นี้และต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คำถาม 1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อวิทยานิพนธ์นี้ในส่วนของภาพรวมและการประเมินบริบทของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ ตลอดจนต่อหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การสัมภาษณ์ผู้แทนจากสถาบันยานยนต์

ชื่อ : ไม่ประสงค์ระบุนามจำนวน 5 ท่าน

วันที่ : 30 ตุลาคม 2562

ช่องทางและสถานที่และเวลาสัมภาษณ์ : ห้องกองพัฒนาระบบการขนส่งและจราจร ชั้น 4 อาคาร

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร เวลา 14.00 น.

สรุปคำถามสำคัญในการสัมภาษณ์ :

- ประเด็นความพร้อมและบริบทของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของจากการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

คำถาม 1. ในความคิดเห็นของท่าน ท่านคิดว่าในบริบทของประเทศไทยปัจจุบัน มีความพร้อมในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาดแล้วหรือยัง และประเทศไทยมีจุดแข็งและจุดอ่อนอย่างไรบ้างในการรองรับเทคโนโลยีนี้ในความคิดเห็นของท่าน

คำถาม 2. งานวิจัยนี้ประเมินบริบทของยานยนต์อัตโนมัติในไทยโดยอ้างอิงจากดัชนีความพร้อมของยานยนต์อัตโนมัติ (Autonomous Vehicle Readiness Index) ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร เหมาะสมหรือไม่ ต่อค่าตัวแปรที่ผู้วิจัยประเมิน

- ประเด็นเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

คำถาม 2. ในมุมมองของท่าน ท่านคิดว่าการนำเทคโนโลยียานยนต์อัตโนมัติมาใช้ในประเทศไทยจะส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานของไทยมากน้อยเพียงใด

- นโยบายภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในฐานะที่ท่านเป็นผู้กำกับดูแลนโยบายและแผนการขนส่งจราจรของประเทศไทย ประเทศไทยมีแผนในการอนุญาตนำยานยนต์อัตโนมัติทดสอบหรือวางจำหน่ายในประเทศไทยหรือไม่อย่างไร

คำถาม 2. ปัจจุบันภาครัฐมีนโยบายหรือหน่วยงานที่ช่วยสนับสนุน ส่งเสริมและกำกับดูแลให้เกิดการใช้งานจริงของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยหรือไม่ อย่างไร

คำถาม 3. ในความคิดเห็นของท่าน ภาครัฐควรมีแนวทางอย่างไรเพื่อการส่งเสริมให้เกิดการใช้งานจริงของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยในอนาคต

- ประเด็นประเด็นที่ต้องให้ความสนใจที่เกี่ยวข้องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย

คำถาม 1. ในความคิดเห็นของท่านอะไรคืออุปสรรคสำคัญในการพัฒนายานยนต์อัตโนมัติของประเทศไทย หรือปัจจัยที่ขัดขวางทำให้การงานจริงของยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทยเกิดขึ้นได้ยาก

คำถาม 2. ในความคิดเห็นของท่านมีประเด็นใดที่ต้องให้ความสนใจติดตามเพิ่มเติม หรือต้องเฝ้าระวังเกี่ยวกับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติในตลาด

- ข้อเสนอแนะอื่น ๆ ต่อวิทยานิพนธ์นี้และต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

คำถาม 1. ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อวิทายาวิทยานิพนธ์นี้ในส่วนของภาพรวมและการประเมินบริบทของประเทศไทยในการรองรับการเข้ามาของยานยนต์อัตโนมัติ ตลอดจนต่อหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องเนื่องกับยานยนต์อัตโนมัติในประเทศไทย



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ศราวุฒิ มูลสุข
วัน เดือน ปี เกิด	5 ตุลาคม 2532
สถานที่เกิด	แม่ฮ่องสอน
วุฒิการศึกษา	วท.บ. (เคมีอุตสาหกรรม) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
ผลงานตีพิมพ์	การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 15 วันที่ 21-23 พฤษภาคม 2562 ณ เดอะ กรีนเนอรี เขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา เรื่อง ผลกระทบของยานยนต์อัตโนมัติต่อการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง ไทย(Effects Of Autonomous Vehicles On Thailand Energy Consumption In Transport Sector)